VODA ZLÍN 2020

mezinárodní vodohospodářská konference

sborník přednášek

VODA ZLÍN2020

sborník přednášek

z konference
VODA ZLÍN 2020

5. – 6. 3. 2020

PAM SAINT-GOBAIN

www.pamlinecz.cz

SAINT-GOBAIN

NEJEN VODĚ UDÁVÁME SMĚR

VAG

Armatury z Hodonína prověřené ve více než 60 zemích světa

VAG s.r.o.
Lipová alej 3087/1, 695 01 Hodonín

www.vag-armaturka.cz
armaturka@vag-group.com

Sborník příspěvků

VODA ZLÍN 2020

Vydal: Moravská vodárenská, a.s., Tovární 41, 779 00 Olomouc
Grafická úprava a litografie: Produkce BPP s.r.o.
Tisk: H.R.G. spol. s r.o., Litomyšl

1. vydání, březen 2020

Náklad: 280 ks

ISBN 978-80-905716-6-2

OBSAH

Aktuální výzvy ve vodárenství II.
Vostrý Miloslav 5

Shrnutí dopadu nových legislativních opatření EU na obor VaK v ČR
Beneš Ondřej 9

Zásobování obyvatelstva vodou v deltě řeky Mekong a problematika klimatických změn
Kyncl Miroslav, Drabinová Silvie 15

Koncepce řízení provozních vodárenských dat a informačních systémů ve skupině VEOLIA ČR
Soukup Bohdan, Kašparec Jiří, Lindovský Milan 19

Aktuální problematika dozoru nad zásobováním pitnými a teplými vodami v hygienické praxi
Javoříková Eva 25

Význam biologických indikátorov kvality pitnej vody
Nagyová Viera, Chomová Lucia. 31

Odstraňovanie vybraných pesticídov z vody granulovaným aktívnym uhlím
Ilavský Ján, Barloková Danka, Marton Michal 37

Nástroje pro zmírnění dopadů sucha na systémy zásobování vodou
Kučera Tomáš, Raclavský Jaroslav 43

Rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3
Studničný Michal, Kasal Rostislav, Cihlář Jan 49

Regulační membránové ventily Cla-val a jejich využití ve funkci protirázové ochrany vodovodních řadů
Ševčík Jiří 55

Inovace v oblasti výrobků z tvárné litiny, vývoj a ukázky použití
Rychnová Vladěna, Barborik Juraj 61

Posuzování rizik veřejných vodovodů v působnosti SmVaK Ostrava a.s.
Kolářová Lenka, Bouda Roman 67

Filtrační náplň antracit – provozní a poloprovozní zkušenosti
Fendrych Adam 73

Vyhodnocení účinnosti sedimentací ve vazbě na instalaci hyperboloidního míchadla a uklidňovacího potrubí v technologii
Zamazal Marek, Vidlářová Petra 79

Provozní testování vlivu intenzity míchání flokulace na účinnost odstranění železa
Houdková Lucie, Jonášek Vladimír, Žíla Marek, Škorpíková Radka . . . . . -

Zhodnotenie stavu kvality vody a technológie úpravy vody v ÚV Turček
Barloková Danka, Ilavský Ján, Šimko Viliam. 85

Nezastupitelná úloha analyzátorů v procesu úpravy ÚV Plzeň
Klimtová Martina, Nováček Bohuslav, Pešková Marie 91

Odstranění železa a manganu z podzemních vod prostřednictvím keramické membránové filtrace
Munzar Tomáš, Brabenec Tomáš, Hrušková Petra 97

Tvorba halogénoctových kyselín v modelových vodách dezinfikovaných chlórnanom sodným vyrobeným chemickým postupom a elektrolýzou soľanky
Munka Karol, Bednáriková Alena, Šimovičová Katarína, Ilavský Ján, Barloková Danka, Tkáčová Jana, Varga Stanislav, Slovinská Margita, Vajíčeková Anna 103

Mikropolutanty s rozumem
Halešová Taťána, Václavíková Marta, Tomešová Daniela 109

Zkušenosti z realizací funkčních filtračních sestav systému větrání u vodojemů
Říha Jaroslav ml., Říhová Ambrožová Jana, Šimůnková Adéla, Říha Jaroslav st., Hloušek Tomáš 115

Dodatečná dezinfekce pitné vody na vodovodních sítích
Bábíček Richard, Douda Petr 121

Studie posílení vodárenské nádrže Klíčava na Rakovnicku podzemní vodou z bývalého dolu Tuchlovice (Jaroslav)
Cölba Miroslav, Lexa Martin, Kasal Rostislav, Cihlář Jan 127

Rekonstrukce vodárenského areálu Hrdlořezy
Ježková Michaela, Parkan Tomáš . . . . . -

Reálné využití dat z dálkových odečtů a digitalizace procesů ve vodárenství
Klučka Tomáš, Provazník Pavel 133

Optimalizace Čerpacích systémů z pohledu jejich provozních nákladů
Šťastný Bohumil, Horký Filip, Dvořáčková Nikola 139

Opatření provedená k zajištění dodávky surové vody z Vranovské nádrže pro období nízké hladiny v nádrži
Jedličková Zdeňka, Coufal Jan 145

Práce na modelu vodovodní sítě aneb je možné projektovat vodárenskou infrastrukturu snadněji?
Macek Lubomír 151

Stavební, technologický a architektonický vývoj věžových vodojemů na našem území
Kořínek Robert, Kristová Alena 157

Extrémní sucho jako hnací síla opatření vedoucí k efektivnímu využívání všech dostupných vodních zdrojů
Brabenec Tomáš, Munzar Tomáš, Hrušková Petra 165

ZERO WATERLOSS, vize budoucnosti
Ričl Michal 171

Poznámky 176

Inzerát Moravská vodárenská, a.s. 177
Inzerát Medmes, spol. s r.o. 178
Inzerát Zepris s.r.o. 178

Aktuální výzvy ve vodárenství II.

Ing. Miloslav Vostrý

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, z.s.

Jedním ze základních předpokladů pro zajištění nepřetržitých dodávek pitné vody a odvádění a čištění odpadních vod koncovým odběratelům je vybudování a následné udržování k tomuto účelu potřebné vodohospodářské infrastruktury. V České republice je v současné době vybudováno více jak 78 tis. km vodovodních sítí (z toho cca 1 250 km připadá na velké nadregionální skupinové vodovody) a cca 49 tis. km stokových sítí. Na veřejný vodovod je napojeno více jak 10 mil. obyvatel České republiky, což představuje podíl 94,7 % všech obyvatel. V domech napojených na veřejnou kanalizaci bydlí více jak 9 mil. obyvatel, což představuje podíl 85,5 %. Dále pro zajištění výroby pitné vody v České republice bylo vybudováno téměř 4 tisíce úpraven vod, produkované odpadní vody jsou čištěny na více než 3 tisících čistírnách odpadních vod. Z uvedených čísel je zřejmý značný rozsah vybudované vodohospodářské infrastruktury, jejíž celková hodnota dnes překračuje částku 1 bilion Kč.

Pro udržení infrastruktury v řádném a provozuschopné stavu je ale potřebné průběžně investovat i do jejích oprav, rekonstrukcí a obnovy. Jestliže budování nové infrastruktury je obvykle financováno z národních či evropských dotačních titulů, potom pro splnění podmínek udržitelnosti a zajištění samofinancovatelnosti oboru je nutné tyto nutné prostředky vygenerovat jejím provozem od jejich uživatelů, tedy z plateb za vodné a stočné. V této souvislosti došlo v posledních letech k výraznému posunu; řada vlastníků a provozovatelů vodohospodářské infrastruktury především z řad našeho oborového sdružení plně akceptovala tento požadavek a tyto prostředky zahrnuje do svých kalkulací pro výpočet výše plateb za vodné a stočné. Není bez zajímavosti, že v roce 2018 skupina padesáti největších provozovatelů vodohospodářské infrastruktury, kteří se podílejí z cca 90 % na veškerých dodávkách pitné vody a z cca 75 % na odvádění a čištění odpadních vod v ČR, vygenerovala ve svých platbách za vodné a stočné prostředky určené na opravy a obnovu jimi provozované infrastruktury více jak 14 mld. Kč. Tato částka tak v průměrných platbách za vodné a stočné dosáhla podílu 38,3 % (neboli z každé koruny vybrané za vodné a stočné směřuje cca 40 haléřů do infrastruktury) a stala se tak vůbec největší nákladovou položkou, která je koncovým zákazníkům v rámci plateb za vodné a stočné účtována. Za potěšující lze označit skutečnost, že prostředky určené na opravy a obnovu infrastruktury v posledních letech rostou jak v absolutních hodnotách, tak i v poměru k ostatním nákladovým položkám v platbách za vodné a stočné.

Náš obor se i přes dosažené úspěchy musí pokračovat v řešení důležitých oblastí, kterým dnes čelíme, nebo v blízké budoucnosti budeme čelit.

Výzva č. 1 – Sucho

Od roku 2015 je sucho velkým tématem nejen médií, veřejnosti či zodpovědných ministerstev, ale i nás vodohospodářů. Na mnoha lokalitách je realitou snížení vydatnosti

podzemních zdrojů vod či snížení průtoků vod povrchových, které slouží jako zdroje pro výrobu vody pitné. Některé lokality se musí i po řadu měsíců spolehnout na externí návoz pitné vody v cisternách. Je zřejmé, že do budoucna bude nutné se zaměřit na obnovu stávajících a budování nových nadregionálních skupinových vodovodů a jejich vzájemné propojování. Tyto vodárenské celky se pak neobejdou bez moderních dispečerských center.

Jinou kategorii pak tvoří vyčištěná odpadní voda a její další využití. Jedná se o stálý zdroj, který je na rozdíl od dešťové vody produkován i za suchých období. Svou kvalitou samozřejmě nenahradí zdroje povrchové a podzemní vody, ale pro řadu využití, jako průmysl nebo zavlažování (nepotravinová zemědělská produkce), je pro svou neustálou produkci vhodná.

Výzva č. 2 – Pesticidy ve vodách

Interní průzkum mezi členy SOVAK ČR potvrdil, že výskyt pesticidů ve zdrojích surové vody určené pro výrobu vody pitné je vážný celorepublikový problém. Z došlých odpovědí vyplývá, že jednotliví členové našeho spolku na řešení této problematiky již vynaložili více jak 450 mil Kč (bez DPH), dalších cca 1,7 mld. Kč je v rámci budování příslušných opatření naplánováno. Do budoucna je tak nutné pro zajištění kvalitní pitné vody splňující legislativní požadavky řadu úpraven vod doplnit o pokročilé technologie jako jsou membránové filtrace, ozonizace či filtrace přes aktivní uhlí, nebo nahradit stávající zdroj přepojením na jiný vodovod.

Výzva č. 3 – Odlehčovací komory

Odlehčovací komory jsou nedílnou součástí systému odvádění srážkových a odpadních vod jednotnou kanalizací na ČOV. Stávající znění vodního zákona a především výklad, který aplikuje Ministerstvo životního prostředí však bez jakéhokoliv přechodného období nově požaduje, aby odlehčovací komory umístěné na ČOV byly provozovány na základě povolení o vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Řada provozovatelů v současné době tak s příslušnými vodoprávními úřady a návazně i se správci toků řeší vydání povolení. Bohužel s nejednotným přístupem v povoleních. Tento proces se však neobejde bez výrazných stavebně technických úprav pro zajištění požadavku na měření objemu a složení takto odlehčovaných vod.

Výzva č. 4 – Kalové hospodářství

V roce 2020 měly začít platit přísnější požadavky na kvalitu kalů ukládaných na zemědělskou půdu, tak jak je definuje vyhláška č. 437/2016 Sb. Podařilo se jednání dosáhnout ještě dvouročního odkladu. Ale vodárenské společnosti musí začít tento problém. Zajištění nutné hygienizace čistírenských kalů v řadě případů přinese úplně novou koncepci kalového hospodářství spočívající především sušení a následné termické zpracování přebytečných kalů. Kalové hospodářství však v řadě případů nebude možné řešit pouze na úrovni vlastníka či provozovatele vodohospodářské infrastruktury, svou nezastupitelnou roli při řešení způsobu nakládání s čistírenskými kaly má i samospráva na minimálně krajské úrovni. Z prvotních odhadů je také patrný až 3x nárůst nákladů na zpracování přebytečných čistírenských kalů.

Výzva č. 5 – Dvousložková forma vodného a stočného

V současné době roste podíl fixních nákladů spojených s výrobou a distribucí pitné vody, jakož i odvádění a čištění odpadních vod, které mohou dosáhnout až 80 % z celkových nákladů. Zhruba 40 % celkových nákladů tvoří prostředky určené na opravu a obnovu vodohospodářské infrastruktury. Z šetření SOVAK ČR přitom vychází, že cca jedna čtvrtina všech odběrových míst má roční spotřebu nižší, než 36 m^3 za rok. Za této situace je zřejmé, že při uplatňování jednosložkové formy vodného a stočného nedochází k spravedlivému dělení nákladů mezi jednotlivé odběratele, a proto je nutné začít vážnou debatu nad navýšením stávající maximální hodnoty 15 % podle současného cenového výměru.

Výzva č. 6 – Posouzení rizik a hodnocení jeho výsledků, podle Vyhlášky MZe č.70/2018

Oproti loňsku další významná výzva. Zpracování těchto rizik není jednoduchá práce a je opět termínově limitována (konec roku 2023). Proto je nutno začít posuzování rizik co nejdříve tak, aby se zpracování nových provozních řádů a programů monitoringu s následným schválením na OOVZ včas stihlo.

Výzva č. 7 – Lidské zdroje

Byť to není na první pohled patrné, odchod dlouholetých zkušených pracovníků do zaslouženého důchodu ve spojení s chybějícími absolventy učňovských škol, středních a vysokých škol se zaměřením na vodní hospodářství může do budoucna vyústit ve velkou personální krizi. I z tohoto důvodu SOVAK ČR začal více spolupracovat s CzWA a jeho nově zformovanou skupinou mladých odborníků YWP Czech republic. Jednou z takových příležitostí byl i nový doprovodný program JOB-KA na loňské výstavě Vodovody a Kanalizace v Praze. SOVAK ČR také již počtvrté otevírá ve spolupráci s Vyšší odbornou školou stavební a Střední školou stavební ve Vysokém Mýtě (VOŠS a SŠS) a Institutem environmentálních služeb, a.s. (IES) studijní program Provozovatel vodovodů a kanalizací.

V roce 2019 se tento studijní program setkal opět s velkým zájmem a navštěvuje ho 18 účastníků. Poskytuje ucelené odborné vzdělání na středoškolské úrovni v oblasti provozování vodovodů a kanalizací. Absolventi tím splní kvalifikační požadavky podle zákona o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb. Na základě těchto podkladů představenstvo SOVAK ČR schválilo zastřešení studijního programu, který představuje minimální standardní kvalifikační požadavek pro provozovatele vodovodů a kanalizací.

Shrnutí dopadu nových legislativních opatření EU na obor VaK v ČR

Ing. Ondřej Beneš, Ph.D., MBA, LL.M.

VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA, a.s.

ABSTRAKT

Příspěvek se věnuje aktuálnímu stavu revize stávající a přípravě nové legislativy EU v oblasti vodního hospodářství. Hodnotí i stávající procesu transpozice legislativy EU do národního rámce a poskytuje i základní informace o paralelně připravovaných národních legislativních aktivitách v ČR v dotčené oblasti.

Přestože je environmentální ochrana pro EU obsažena již v jádru Smlouvy o fungování EU a jako taková je vzorem pro řadu států, které odpovědně přistupují k ochraně životního prostředí [1], je nutné neustále pokračovat v systému revizí a hledání optimální úrovně regulace, zajišťující dlouhodobě kvalitní životní prostředí pro občany EU při zachování konkurenceschopnosti států EU na světovém trhu. Při vlastním nastavování parametrizace novelizovaného předpisu je nyní zásadní, zda výsledná regulace přináší více benefitů pro identifikované stakeholderů, než jsou vyvolané náklady/dopady.

Článek mimo popis změn v základních přepisech, regulujících oblast vodního hospodářství v EU, určuje jako důležitý prvek pro vlastní implementaci v ČR i zapojení odborné veřejnosti do procesu revize/přípravy předpisů. Díky spolku SOVAK ČR, který využívá spolupráce v rámci evropské asociace EurEau, možné sledovat narůstající participaci odborníků z ČR na samotném procesu i zvýšené informovanosti zástupců našeho státu v institucích EU, které o formě regulace rozhodují.

ÚVOD

Legislativní smršť, kterou představila EU před samotným závěrem roku 2019 v oblasti vodního hospodářství je opravdu nevídaná. Můžeme začít dokončením tzv. fitness check Rámcové vodní směrnice [2], kterou v prosinci publikovala Evropská komise a pokračovat můžeme přes prosincové uvolnění konečného znění revidované směrnice o pitných vodách či cirkulaci prvního draftu revidované směrnice 91/271/EHS, které se staly okamžitě předmětem široké diskuze [3]. Paralelně je stále živá diskuze nad uvolněným kompromisním zněním nařízení o znovuvyužití odpadních vod z léta minulého roku. Show začíná….

Smlouva o EU

Ještě před popisem změn v dílčích směrnicích a nařízeních je vhodné začít shora a to otázkou, kterou si pokládá řada čtenářů bulvárního i běžného tisku – je pitná voda v pořádku? Je možné lépe vodu pitnou či odpadní čistit? A zde je nutné vrátit se k otázce, kterou řeší autoři legislativy nejenom v ČR, ale i v EU – je efektivnější zamezit vstupu znečištění u zdroje či odstraňovat jednotlivé polutanty až na čistírnách odpadních vod, příp. na úpravnách vod? Na první pohled otázka s jasnou odpovědí. Přesto je velmi obtížné najít v právu EU aktuálně přímý odkaz pro tuto preferenci. Z toho důvodu byla ze strany evropské asociace vodárenských společností EurEau zadána studie společnosti Deloitte, která vazbu požadavku tzv. „source control“ na čl. 191.2 Smlouvy o fungování

EU naprosto jasně prokázala. Závěr této studie [13] uvádí, že jak Evropská komise, tak i Evropský parlament a Rada Evropské unie se musí tímto principem řídit při přípravě legislativy, neboť je ze všech strany efektivnější, než řešení „end of pipe“. Jak bude dále uvedeno, Evropská komise tedy bude čím dále více využívat možnosti regulace využívání látek v rámci působení systému REACH pod hlavičkou Evropské chemické agentury (ECHA). Může to možná znít nadneseně, ale ve světle stále se zhoršující kvality využívaných surových vod i obsahu odpadních vod, které jsou vypouštěny do kanalizace [9], je zapotřebí přicházet s řešeními, která jsou efektivnější, než se snažit odstraňovat jeden specifický polutant v koktejlu s řadou dalších látek.

Fitness check Rámcové vodní směrnice

V prosinci minulého roku zveřejnila Evropská komise [2] výsledek komplexního posouzení (tzv. fitness check) vodohospodářské legislativy – Rámcové směrnice o vodách, směrnice o ochraně podzemních vod před znečištěním, směrnice o normách environmentální kvality a konečně směrnice o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik. Pro vodohospodáře je zásadní konstatování Komise, že hodnocený legislativní balík je považován za efektivní nástroj pro zlepšování vodního prostředí a nebude tak v budoucnosti uvažováno o úpravách formy regulace. Tato otázka byla řešena vzhledem k narůstající vážnosti témat, kterými jsou zejména klimatická změna, nedostatek vody či přítomnost tzv. mikropolutantů (vč. mikroplastů či farmak) ve vodách.

Komise se zároveň jasně vymezila proti nedostatečné implementaci požadavků zejména Rámcové vodní směrnice ze strany členských států (poslední zpráva z 2/2019), kdy je stále méně jak v 50 % vodních útvarů dosaženo dobrého stavu vod. Tento fakt lze dle Komise obecně přičíst zejména nízké úrovni investic a nedostatečné ochraně vod proti znečištění ze sektorů, jako je zemědělství. Zpráva se tak stává i varováním před tím, že Komise bude v následujících letech mnohem důsledněji uplatňovat požadavky na nápravná opatření, která plynou z jednotlivých implementačních zpráv a v případě nedosahování cílů členskými státy bude přistupovat k cílené sankcionaci. Přesto není ze strany různých nevládních organizací spokojenost s publikovaným textem a příkladem může být poslední aktivita [14], ke které se ale nepřipojil ani SOVAK ČR, ani samotná evropská vodárenská asociace EurEau.

Revize směrnice 271/91/EHS

Od doby vydání Směrnice už uplynulo 28 let bez zásadních revizí, což je pro legislativu EU málo obvyklá situace. Ovšem i pro tuto směrnici Evropská komise provádí pravidelné hodnocení jak účinnosti regulace, tak i vlastního průběhu implementace směrnice v jednotlivých členských státech EU [4], tak i dosahování stanovených cílů ochrany vod, integrovaných do směrnice 2000/60/EU [2]. Evropská komise již několikrát (naposledy před 3 roky) zahájila proces směřující k možné revizi textu, ovšem závěrem bylo doposud vždy konstatování, že řada i tzv. „starých“ členských států (Španělsko, Francie, Itáli, Řecko) má doposud významné problémy v plnění požadavků stávajícího znění Směrnice, často řešené dokonce v soudních sporech [5]. Ovšem 13.12.2019 bylo konečně uvolněno konečné znění posouzení revize stávajícího textu, které obsahuje úpravu následujících oblastí. První je doplnění požadavků na sledování a vyhodnocování energetické účinnosti odvádění a čištění odpadních vod. Právě tomuto tématu se věnují pravidelně přednášky od řady odborníků z velkých provozních společností [6,7], kteří agitují za zavádění systémů sledování a vyhodnocování konkrétních energetických účinností jednotlivých složek procesu odvádění a čištění odpadních vod. Druhou složkou je zanesený požadavek

na kvalitnější a numerickou regulaci odlehčování z veřejné kanalizace. Rozhodující pravomoc je ovšem ponechána na úrovni regulace členských států. Mimo revizi nezůstala ani oblast aglomerací pod 2000 EO, kde je navržen přístup obdobný pro větší aglomerace s cílem snížit vnosy z těchto aglomerací, které v některých členských státech (např. Španělsko, Francie, Rakousko) představují zásadní podíl na celkovém znečištění, odváděném do vodních útvarů. Prostor dostala i nová parametrizace tzv. mikropolutantů a také zavedení cost benefit analýzy pro realizaci opatření (autoři se zjevně inspirovali metodikou DWA) v kontextu dostupnosti služeb pro spotřebitele a udržitelnosti infrastruktury. Je zde zřetelná též inspirace závěry Evropského auditního dvora [4] právě v požadavku na udržitelnost budované infastruktury. Jako pozitivní je možné hodnotit i kompromisní úpravy právě v oblasti původně plošně vyžadovaného terciárního čištění (navázáno na paralelně běžící revizi Rámcové vodní směrnice a seznamu prioritních znečišťujících látek) v návaznosti na hodnocení [8] i slabší textace pro část nových požadavků pro oblast odlehčování (zamítnutí plošného numerického požadavku na max. povolený počet přepadů).

Revize směrnice o pitné vodě

Z pohledu kvality pitné vody, určené k lidské spotřebě, došlo v posledních měsících roku 2019 opět k zajímavému vývoji.

V první řadě je nutné uvést, že 19.12.2020 došlo k dohodě o konečném znění revidované směrnice, jejíž text v řadě bodů reaguje i na požadavky, vznesené první úspěšnou Evropskou iniciativou [10]. Co se týče vlastních úprav, tak se soustředily v čl. 7, 9 a 10 na přenos kontrolních bodů v rámci analýzy rizik z kontroly u spotřebitele na povinné kontroly pitné vody v průběhu výroby a transportu včetně toho, že získané údaje musí být dálkově zpřístupněny i veřejnosti. Takový přístup jde nad běžný rámec doporučení Světové zdravotnické organizace [11]. Nicméně se znalostí požadavků je možné konstatovat, že v ČR je již přístup 2 roky povinně zaveden v rámci novel zákona č. 258/2000 Sb. a vyhlášky č. 252/2004 Sb. z roku 2018. Další novinkou je vlastně následování českého vzoru a zavedení obecného celoevropského principu schvalování materiálů v novém čl. 10a , které přichází do styku s pitnou vodou tak, jak je v ČR upraveno v podobě vyhlášky č. 409/2005 Sb. a dříve např. vyhlášky 37/2001 Sb. Pravomoc je svěřena Evropské chemické agentuře, která je odpovědná za stanovení pravidel pro použití konkrétních materiálů a chem. látek. Změna v přílohách 1 a 2 je u limitů pro olovo, který byl upraven na 5 µg/l, což je stále 5 násobek našeho výrazně přísnějšího národního požadavku dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Dále zavedení limitu pro bisfenol A (2.5 µg/l) a sledování vyšších PFAS a kyseliny halooctové. U mikroplastů byla stanovena 3-letá lhůta pro nastavení dostatečně analytických metod s dostatečnou mírou správnosti a přesnosti. Opomenut nezůstal ani požadavek čl. 4.2a na snižování ztrát z veřejných vodovodů vč. ponechání delegované kompetence Evropské komisi pro možnost stanovení konkrétních cílů s vynutitelností po 2 letech od stanovení cíle pro státy, které budou vykazovat nadměrné ztráty pitné vody. Zapomenout není možné ani na novou informační povinnost dodavatelů pitné vody pro veřejnost (typ úpravy vody a použité hygienické zabezpečení, cena pro vodné, měrné množství dodané vody pro domácnost, struktura ceny, stížnosti zákazníků). Tyto povinnosti jsou stanoveny pro velké dodavatele pitné vody nad 50 tis. zásobovaných obyvatel. Opět je možno připomenout, že v ČR jsou ještě rozsáhlejší informační povinnosti zakotveny přímo v zákoně č. 274/2001 Sb. a prováděcí vyhlášce č. 428/2001 Sb.

Nyní zbývá již jen poslední krok a tím je formální souhlas Evropského parlamentu a poté publikace ve věstníku EU, kdy revidovaný text vejde v účinnost (s výjimkou částí upravených přechodnými ustanoveními) 20 dnů od zveřejnění.

Druhou novinkou je dohoda Evropské komise pod finským předsednictvím o zahrnutí Per a polyfluoroalkylů (PFAS) pod regulaci REACH s cílem zásadně omezit výrobu a uvádění na trh těchto látek, které se po a při využití dostávají do životního prostředí. Tyto látky jsou obsaženy v obalech, oblečení, obuvi a v řadě přípravků každodenního užití zejména díky skvělým mazacím a vodoodpudivým vlastnostem. Jejich perzistence a minimální degradabilita v půdě, vodě a částečně i ve vzduchu ve vázané formě na mikroprach představuje riziko pro lidské zdraví [12]. Ve vodním prostředí podléhají minimální přirozené degradaci a standardní systémy technologické uspořádání úpravy vod má minimální účinnost na jejich odstranění [12]. Zatím jedinými technologiemi použitelnými ve velkém měřítku zůstává filtrace přes granulované aktivní uhlí a proces reverzní osmózy. Druhá jmenovaná technologie je pro úpravu vody nevhodná díky demineralizaci vody. U první technologie zase nedochází k dostatečné sorpci krátkomolekulárních PFAS, jako perfluorobutylsulfonové kyseliny a perfloorobutyrátu. Proces iontové výměny je ponechán stranou z důvodu toho, že u PFAS nejsou všechny podřazené látky nabité kladně či záporně, což je základní podmínka pro úspěšnou aplikaci technologie.

Při vlastní aplikaci zpřísněných požadavků je tak vždy nutné trvat na tom, že musí existovat průkazná studie zdravotního či alespoň ekologického dopadu. Dále musí existovat i metodika odběru a stanovení konkrétního parametru. Z toho důvodu je aplikován proces, kdy jsou některé potenciálně velmi problematické látky zařazené na tzv. „Watch list“ látek ve směrnici 2008/105/ES (kam byl přiřazen např. v roce 2013 diklofenak, 17-beta-estradiol či 17-alpha-ethinylestradiol) a teprve po získání dostatečné evidence je rozhodnuto o přeřazení přímo do přílohy č. 10 Rámcové vodní. Pro oblast farmak, mikroplastů a dalších tzv. mikropolutantů je již nyní k dispozici široká řada studií a praktických provozních dat z účinnosti odstraňování. Na českém vodohospodářském oboru zůstává stanovit a při projednávání implementace se držet reálnosti dosáhnutí potřebných hodnot technicky a ekonomicky přijatelnými opatřeními.

Nařízení o znovuvyužití vody

Již počátkem července 2019 Rada EU schválila kompromisní text návrhu nařízení Evropského parlamentu a Rady o minimálních požadavcích na opětovné využívání vody. Přestože existuje řada kritických hlasů pro opětovné využívání (recyklaci) vod, právě nastavení přísného regulatorního prostředí umožní bezpečnou recyklaci zejména pro zemědělské účely. Nařízení v rámci uplatnění principu předběžné opatrnosti a analýzy rizik (odpovídající způsobu plánovaného využití) poskytuje vysokou ochranu jak pro životní prostředí, tak potenciálně i pro lidské zdraví. Navíc umožňuje efektivněji čelit klimatickým změnám, kterými je zasažena celá jižní Evropa a pro některé paradoxně, i Česká republika.

Účast zástupců ČR na procesu

Zásadní roli ve výše uvedených procesech hrají zástupci ČR v Evropském parlamentu, Radě EU, stálém zastoupení ČR při EU, ale i zástupci ČR z jednotlivých odborných ministerstev, kteří jsou zapojeni přímo do procesu přípravy textů a hledání kompromisů. Na druhé straně je možné sledovat čím dále aktivnější účast vodohospodářů z ČR, kteří

se aktivně do legislativního procesu EU zapojují jak v části veřejných konzultací, tak i přímým poskytováním stanovisek a guidance pro výše uváděné stakeholderů. Velmi aktivní je zde např. spolek SOVAK ČR, který ke klíčovým konzultacím poskytuje členské základně důležité informace na svých www stránkách.

Závěry

Článek shrnuje změny, která nás v horizontu několika let ve vodohospodářské oblasti v ČR čekají. V některých částech, jako je regulace kvality dodávané pitné vody, předpisy teprve dohánějí kvalitní a přísné regulatorní prostředí v ČR. V některých (recyklace vody, odkanalizování a čištění vod odpadních) tomu tak ale není a obor čekají další změny a výzvy.

Literatura

1. Selin, H. a VanDeveer, S.D. (2015). EU Environmental Policy Making and Implementation: Changing Processes and Mixed Outcomes. 14th konference of EUSA, Boston 3/2015.
2. EU (2019). Fitness check on Water Framework Directive implementation. Dostupné z https://ec.europa.eu/info/news.
3. Beneš, O. (2018) Evropský parlament se věnoval implementaci Směrnice o čištění městských odpadních vod. Časopis SOVAK 7-8/2018.
4. Beneš, O., Wanner, J. (2019). Výsledky revize směrnice 91/271 a terciární čištění odpadních vod. Konference Voda Zlín 2019, 4-5/3/2011
5. Beneš, O. (2019). Evropská unie a Česká republika - vodohospodářské legislativní aktuality. Dostupné z www.sovak.cz.
6. Beneš, O.; Rosenbergová, R.; Chudoba, P. (2014). Moderní řešení kalového hospodářství čistíren odpadních vod. Vodní hospodářství 6/2014.
7. Kavalír, J. (2014). Nový přístup k energetickému benchmarkingu ČOV popsal ve své přednášce. Nové metody a postupy při provozování čistíren odpadních vod XIX. 8-9/4/2014, Moravská Třebová.
8. Wood Plc. (2018) Podklady pro DG Environment k hodnocení implementace směrnice 91/271/EHS. Stakeholder konference k implementaci směrnice 91/271/EHS, 16/11/2018 Brusel.
9. Wanner J., Novák L. Kos M. (2019) Nový pohled na čištění odpadních vod jako nástroje k dosažení dobrého stavu vod. Časopis SOVAK 1/2019.
10. Beneš, O. (2014). Výstupy z jednání evropské občanské iniciativy „Right2Water" v Evropském parlamentu. Časopis SOVAK 5/2014.
11. WHO (2017). Guidelines for drinking-water quality, 4th edition.
12. EPA (2019). PFOA, PFOS and Other PFASs. Dostupné z www.epa.gov.
13. Deloitte (2019). Studey on the feasibility of applying extended producer responsibility to micropolutants and microplastics emitted in the aquatic environment from products during their life. Dostupné z www.eureau.org.
14. World Wide Fund For Nature (2019). Business statement WFD by WWF and other NGOs. Dostupné z http://www.wwf.eu/.

Zásobování obyvatelstva vodou v deltě řeky Mekong a problematika klimatických změn

prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl, Ing. Silvie Drabinová, Ph.D.

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Abstrakt

Článek se zabývá vodohospodářskými problémy v deltě řeky Mekong ve Vietnamu. Jedná se o oblast o minimální nadmořské výšce, jež je protkána sítí říčních koryt a kanálu. Je zde obtížná situace v zásobování obyvatelstva vodou. Jsou popisovány možnosti získávání vody, včetně zadržování dešťové vody, a jednoduché lokální způsoby úpravy povrchové vody. Zmíněny jsou důsledky klimatických změn, které se začínají projevovat. Jedná se o větší povodně i prohlubující se období sucha. Problémem začíná být i hlubší zasahování slané vody do vnitrozemí.

Klíčová slova

delta Mekong, zásobování vodou, dešťové vody

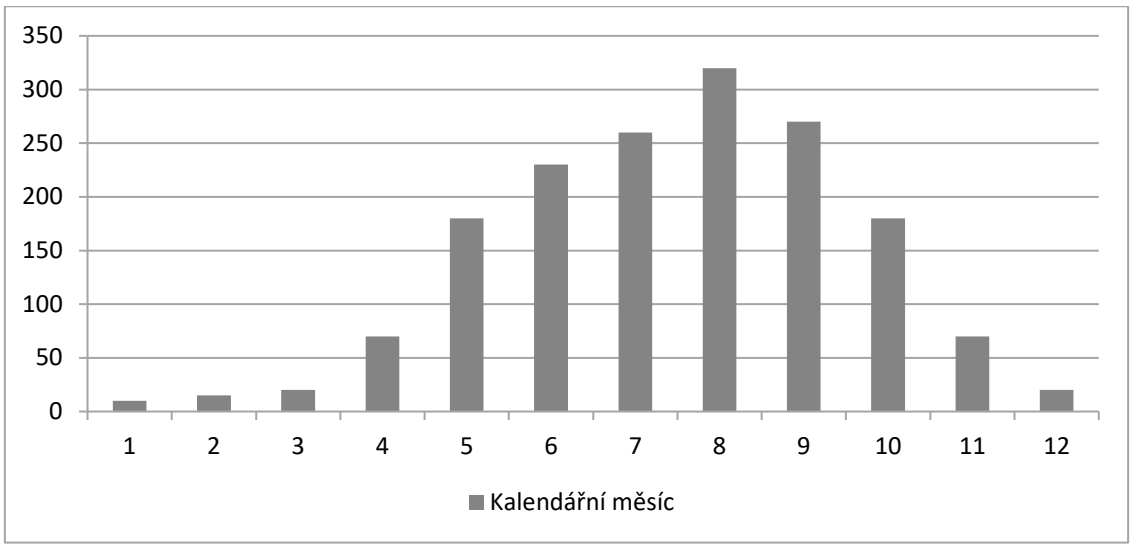
Úvod

Řeka Mekong pramení v Tibetu v nadmořské výšce 5000 m, protéká nebo hraničí se 6 zeměmi a ve Vietnamu se vlévá do Jihočínského (východního) moře a částečně do Thajského zálivu. Její celková délka je 4350 km, plocha povodí je 795 000 km^2. Průměrný průtok je uváděn 14 800 m^3/s, i když údaje se různí.

Delta řeky Mekong zaujímá plochu 48 700 km^2 a je v pořadí třetí největší deltou na světě. Ve své deltě se řeka rozděluje na 5 nejdůležitějších řek, největší jsou Horní a Dolní řeky. Celková délka těchto hlavních řek je 270 km. Tyto jsou protkány hustou sítí ramen a kanálů, dohromady o celkové délce 4900 km. Hustota říčních ramen dosahuje 4 km/m^2.

Režim průtoku vody v deltě se dělí na dvě období. Jedná se o období vysokých průtoků, tj. **povodní** – zhruba od července do listopadu. Nejvyšší průtoky lze očekávat v září a říjnu, kdy celkový průtok za toto období činí 70 – 80 % ročního průtoku. Souvisí to s obdobími deště a období sucha. Největší srážky jsou v říjnu a listopadu a dosahují až 600 mm.

V období nízkých průtoků, tj. **sucha,** dochází k poklesu srážek pod 50 mm měsíčně. Roční srážky se pohybují mezi 1600 – 3000 mm



Průměrné měsíční dešťové srážky v mm.

Průměrná nadmořská výška celé oblasti je pouze 1,5 m. Půda delty sestává hlavně ze sedimentů řeky Mekong a jeho přítoku. Tyto se ukládaly a stále ukládají do velice nízké roviny. Důležitou roli ve vodních poměrech hraje mořský příliv a odliv východního moře. Příliv dosahuje výšky až 3,7 m a zasahuje hluboko do delty, zejména v suchých obdobích. Způsobuje to nárůst zasolení vody i půdy.

Geograficky leží delta na nejjižnějším cípu Vietnamu na západ od Ho Či Minova města (Saigonu). Celá oblast delty je hustě osídlena a žije zde přes 20 mil. obyvatel. Tito žijí ve vesnicích a městech na okraji řek a v husté síti ostrovů a ostrůvků, i přímo na vodě. Dvě třetiny půdy slouží zemědělství, hlavně k pěstování rýže. Důležitou obživou je rybolov a hodně se rozšiřuje aquakultura.

I když žijí prakticky na vodě, zdravé a bezpečné užívání vody je značným problémem. Částečně je používaná podzemní voda, hojně je využívána dešťová voda. Nejběžnější je používání přímo vody říční. Vhledem ke stále rostoucímu znečištění a používání pesticidů v zemědělství je využívání této vody stále obtíženější. Vodní toky jsou recipienty všech odpadů a prakticky neexistuje čištění odpadních vod ani sanitace.

Stav vodních zdrojů

Povrchová voda je nevyčerpatelný zdroj. Problémem je kvalita vody, která se nevyvíjí příznivě. V obdobích vysokých vodních stavů je ještě příznivá. Stále je však vysoce mikrobiologicky kontaminována a hodně zakalena. Horší je situace v období sucha, kdy dochází k celkovému zhoršení jakosti vody. Ta je ovlivněna znečištěním prostřednictvím odpadů i zemědělskou činností. Zvláštním problémem je okyselování vody a růst obsahu hliníku v části delty, kde se nachází ložiska kamence. V pobřežní oblasti je to i vnikání slané mořské vody hluboko do delty. V minulosti se za mezní úroveň solnosti považovaly 4 g/l. Takováto voda pronikala do delty do hloubky max. 25 km. V posledních letech vniká slaná voda mnohem dál proti proudu řeky.

Dalším zdrojem potřebné vody je voda dešťová. Je důležitá jednak z hlediska konzumace, tak z hlediska každodenního použití. Vzhledem k tomu, že dešťové srážky jsou soustředěny pouze na dobu asi šesti měsíců, musí se řešit i skladování této vody. Sběr a skladování dešťové vody je vždy individuální záležitost jednotlivých domácnosti. Způsoby a rozsah sběru a skladování závisí na jejich ekonomických podmínkách.

Nejjednodušší formy sběru dešťové vody jsou střechy obydlí pokryté kokosovými listy. Žlaby jsou vyrobeny z hliníku, oceli nebo ze dřeva. Voda je obvykle skladována v keramických nádobách o obsahu 300 – 600 l. Počet nádob je různý. Větší domky jsou většinou opatřeny plechovou střechou již navrženou s úmyslem sběru dešťové vody. Také skladovací kapacita je větší a jsou to betonové nebo kovové nádoby. Třetí možností jsou velké zděné domy se sběrem dešťových vod a s kapacitou nádrží až 10 m^3. Tak je zajištěna voda nejen po období dešťů, ale i přibližně 2 – 3 měsíce v období sucha.

Podzemní voda je dalším zdrojem pro potřeby obyvatelstva delty. Možnosti používání podzemní vody nejsou velké. V některých oblastech je podzemní voda značně kontaminovaná zasolením, případně vyluhovaným kamencem. Někde se nachází také voda brakická. V oblastech s písečnými dunami se voda odebírá z mělkých vrtů. Existují také vrty hluboké 80 – 100 m. Ve venkovských oblastech je takovýto způsob získávání vody ekonomicky problematický. Neexistuje zde ovšem prakticky žádná kontrola kvality odebírané vody.

Zásobování obyvatelstva vodou

V městských oblastech žije asi 20 % obyvatelstva delt. Tyto oblasti obsluhují asi 150 místních vodovodních systémů. Úroveň zásobování je nevyrovnaná a v souladu s technickými normami pracuje přibližně 60 % systému. Vodovod trpí běžnými problémy, stářím, velkými ztrátami a problémy kvality vody. V blízkosti moře je pak problémem slaná voda. Tyto systémy uspokojují asi 80 % poptávky. Moderní technologie, jako je například odsolování, jsou nad současné ekonomické možnosti.

Zásobování vodou ve venkovských oblastech je složitější. Mnohde se jedná o zaplavované oblasti. Venkovští lidé v deltě používají povrchovou vodu k denní činnosti. V lokalitách vzdálených od vodních toků používají lidé dešťovou vodu rovněž ke konzumaci. Použití podzemní vody je omezeno pouze na některé oblasti. Kvalita vody používaná ke každodenní činnosti je prakticky nekontrolovatelná. Zajistit čistou pitnou vodu v tak obtížných hygienických podmínkách a v zaplavovaných územích je mimořádně obtížné. Je to i problém sociální. Používá se dešťová voda a zavádí se jednoduchá úprava říční vody v jednotlivých domácnostech. Do vody v barelech se dle určené metodiky dávkují chemikálie na úpravu vody. Dávkuje se rozpuštěný PAC (polyaluminiumchlorid) v dávce 0,6 g na 100 l vody. Po určité době se přidává desinfekční činidlo chloramin B (benzensulfochloramin) v dávce 0,5 g na 100 l vody. Desinfekční činidlo je dávkováno v tabletách. Tímto postupem se nedosáhne standartní kvality pitné vody, ale výrazně se sníží obsah organických látek i zlepší mikrobiologický obraz. Dále se všeobecně doporučuje desinfekce pomocí chloraminu B zejména po povodních.

Projevy změn klimatu v deltě Mekong

Z hlediska změn klimatu je delta řeky Mekong považována za extrémně ohroženou. Jedná se o zvyšování hladiny moře, zvyšování povodňových stavů a prohlubování suchých období. Všechny tyto aspekty způsobují pronikání slaných vod hluboko do pevniny až na vzdálenost 90 km. Již v roce 2015 byl v suchém období velký nedostatek vody a zasolení na úrovni 4 g/l proniklo do vnitrozemí až do vzdálenosti 60 – 65 km. Tato situace pokračovala i na počátku roku 2016. Takovéto jevy mají značný negativní vliv na zásobování vodou. Ohroženo je také zemědělství, kdy vznikají velké ztráty na pěstovaných plodinách. Prognózy Vietnamského výzkumného ústavu meteorologie a hydrologie uvádějí trend zvyšování povodňových průtoku a snižování průtoku

v suchých obdobích. Prognózy předpokládají, že do roku 2050 dosáhne maximální zastoupení ploch s hladinou vody vyšší než 0,5 m 68 % celkové plochy delty. Výrazně vzroste zasolení vody. Značně ovlivní celkový život v dané oblasti i produkci potravin.

Závěr

Delta řeky Mekong, jak se historicky vyvíjela, je celosvětově významný ekosystém. Jakékoliv zásahy do tohoto systému jak působením člověka, tak i klimatickými vlivy, mohou mít vážné následky. Žije zde více než 20 mil. lidí a jedná se o nejdůležitější zemědělskou oblast státu. Mohou zde být další vlivy, které mohou mít významný dopad na stav delty. Státy na horním a středním toku Mekongu připravují stavbu velkých vodních děl. Jedná se o přehrady a hydroelektrárny, které průtok určitě ovlivní.

Literatura

Can, N. T. Effects of climate change on water resources in the Mokong delta, VŠB – TU Ostrava, 2018

Can, N.T, Dao, P. A model of clean water supply and improvement of environmental sanitary conditions in residential cluster it the Mekong delta, Geoscience Engineering, 4, 2015

Koncepce řízení provozních vodárenských dat a informačních systémů ve skupině VEOLIA ČR

Ing. Bohdan Soukup, PhD, MBA[1]; Ing. Jiří Kašparec[2]; Ing. Milan Lindovský, Ph.D., MBA[2]

1) VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA,a.s. Praha
2) VAE CONTROLS Group, a.s. Ostrava

Úvodem

Vodárenství je zařazeno mezi strategická odvětví kritické infrastruktury českého státu. To sebou nese řadu povinností i v oblasti informačních systémů, bez kterých si již nikdo nedokáže představit řízení jakéhokoliv podniku, vodáren nevylučuje. Nedílnou, a pro provozování a řízení vodárenských a kanalizačních sítí, součástí těchto informačních systémů jsou dispečerské systémy. Obsahem článku je popis základních požadavků na funkčnost, vzájemnou integraci uvedených systémů z pohledu požadavků provozovatele a majitele vodáren, a to při současném dodržení legislativních norem z oblasti bezpečnosti provozování a samotné kybernetické bezpečnosti systémů. Uvedený obsah článku je demonstrován na příkladu koncepce řízení a sdílení provozních vodárenských dat a návrhy propojování informačních systémů ve skupině VEOLIA ČR.

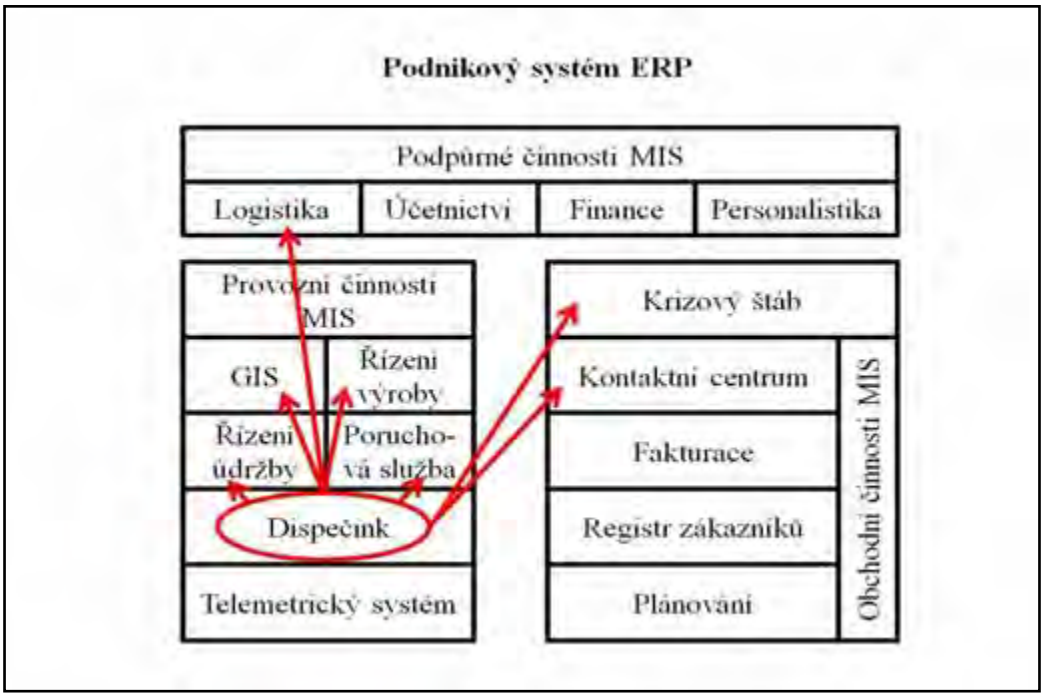
Telemetrické a bezpečnostní systémy

Základní podmínkou pro úspěšné zvládnutí problematiky řízení vodárenských procesů je schopnost účinně monitorovat celý proces od výroby vody až po dodávku konečnému spotřebiteli. Tato podmínka však vychází z předpokladu dostatečné technické a technologické vybavenosti vodárenských objektů a distribučních sítí. Specifikum vodárenského systému je skutečnost, že se zde jedná o distribuovaný způsob řízení:

- lokální řízení technologie jednotlivých vodárenských objektů a ovládacích a řídicích armatur vodovodních řadů,
- oboustranný datový přenos vybraných signálů z těchto objektů na centrální dispečink. Přenos se provádí různými komunikačními cestami,
- sledování, vyhodnocování a řízení vodárenského systému odborným pracovníkem vodáren (dispečerem) v závislosti na provozních požadavcích a stavu jednotlivých vodárenských technologií s cílem zabezpečení bezpečného provozu, kvality a množství vody,
- distribuci dat do databáze podnikové informační sítě pro potřeby odborných útvarů a managementu,
- poskytovaní vybraných dat pro potřeby krizového managementu v případě vzniku mimořádné úrovně, která vyžaduje jiný než standardní dispečerský způsob řízení.

Základním představitelem telemetrických systémů jsou systémy označované jako SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, software pro řízení a sběr dat z technologických procesů. Moderní SCADA systémy umožňují real-time data z výrobních provozů, které mají být přístupné z libovolného místa na světě. Tento přístup k informacím v reálném čase umožňuje vládám, podnikům a jednotlivcům, aby činili správná rozhodnutí na základě údajů o tom, jak zlepšit své procesy. Bez SCADA softwaru by bylo velmi obtížné, ne-li nemožné shromáždit dostatek údajů pro trvale dobré informované rozhodování.

Zavedením moderních IT standardů a postupů, jako jsou SQL databáze a webové aplikace, do SCADA softwarů výrazně zlepšilo účinnost, bezpečnost, produktivitu a spolehlivost systémů SCADA. Jednou z velkých výhod použití SQL databází a SCADA systému je, že usnadňuje integraci do stávajících MES a ERP informačních systémů, který umožňuje hladký a bezproblémový datový tok napříč celou společností (dále jen VaK).



***Obr.1**: Funkční hierarchie podnikového informačního systému VaK ve vazbě na centrální dispečink*

Kybernetická bezpečnost vodárenských sítí

Oblastmi kritické infrastruktury ČR jsou energetika, vodní hospodářství, potravinářství a zemědělství, zdravotní péče, doprava, komunikační a informační systémy, bankovní a finanční sektor, nouzové služby a veřejná správa. Hlavní význam kritické infrastruktury je v zajištění bezpečnosti státu, fungování ekonomiky, výrobních a nevýrobních systémů a služeb, fungování veřejné správy a zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva státu. Její narušení, tj. omezení činnosti, provozu, služeb by mělo negativní dopady hospodářské, politické, sociální, psychologické a ekologické na fungování státu. Vodárenské provozovatelské společnosti nemusí nutně patřit mezi subjekty kritické infrastruktury. Je však nutno brát do úvahy vyhlášku č. 437/2017 Sb. o kritériích pro určení provozovatele základní služby, která definuje provozovatele základní služby pro oblast vodárenství následovně.

Speciální kritéria:

- výroba, dodávka nebo distribuce pitné vody,
- čistírna odpadních vod,
- úpravna vody,
- provoz vodovodu nebo kanalizace.

Vybraná dopadová kritéria - dopad kybernetického bezpečnostního incidentu v informačním systému nebo síti elektronických komunikací, na jejichž fungování je závislé poskytování služby, může způsobit:

- závažné omezení druhu služby postihující více než 50 000 osob,
- závažné omezení či narušení jiné základní služby nebo omezení či narušení provozu prvku kritické infrastruktury,
- nedostupnost druhu služby pro více než 1600 osob, která není nahraditelná jiným způsobem bez vynaložení nepřiměřených nákladů.

Z uvedených kritérií je zřejmé, že tyto parametry **zahrnují celou řadu tuzemských vodárenských společností** a tyto jsou povinny řídit se zákonem o kybernetické bezpečnosti č. 181/2014 Sb. (ve znění novel 104, 183 a 205/2017 Sb.) - dále jen „ZKB“ a potažmo prováděcí vyhláškou č. 82/2018 Sb.

ISO 27000 - Systém řízení bezpečnosti informací

ISO/IEC 27001 je mezinárodně platný standard, který definuje požadavky na systém managementu bezpečnosti informací, především pak řízení bezpečnosti a důvěrnosti informací pro zaměstnance, procesy, IT systémy a strategii firmy. Norma ISO 27001 podle nejnovější verze z roku 2013 zaručuje soulad s aktuálními legislativními požadavky platnými v ČR.

Většina firem a organizací již dnes provádí opatření na zajištění bezpečnosti informací. Bez systematického řízení informační bezpečnosti jsou však obvykle tato opatření spíše náhodně zvolená, řešící vždy jen konkrétní zjištěný problém a výsledek bývá tedy poměrně chaotický. Často bývají zcela zanedbány části, které se přímo netýkají IT (tištěné dokumenty, know-how, apod.). Často je právě opomíjená oblast telemetrických systémů a samotná provozní bezpečnost zejména vodárenských sítí. Přitom příklady z nedávné minulosti již poukázaly na bezpečnostní incidenty i na českých VaK.

Proto je více než nutné provádět prověrky provozní a kyber bezpečnosti a zejména následně dodržovat závěry těchto prověrek.

Kompatibilita informačního systému – základ řešení krizových situací

Jednotný podnikový informační systém je páteří celého systému řízení VaK. Na úrovni vodárenské společnosti se jedná o vytvoření vzájemně datově propojeného systému tvořeného:

- podnikovým informačním systémem(IS) typu ERP/MIS,
- geografickým informačním systémem GIS,
- telemetrickým dispečerským systém typu SCADA.

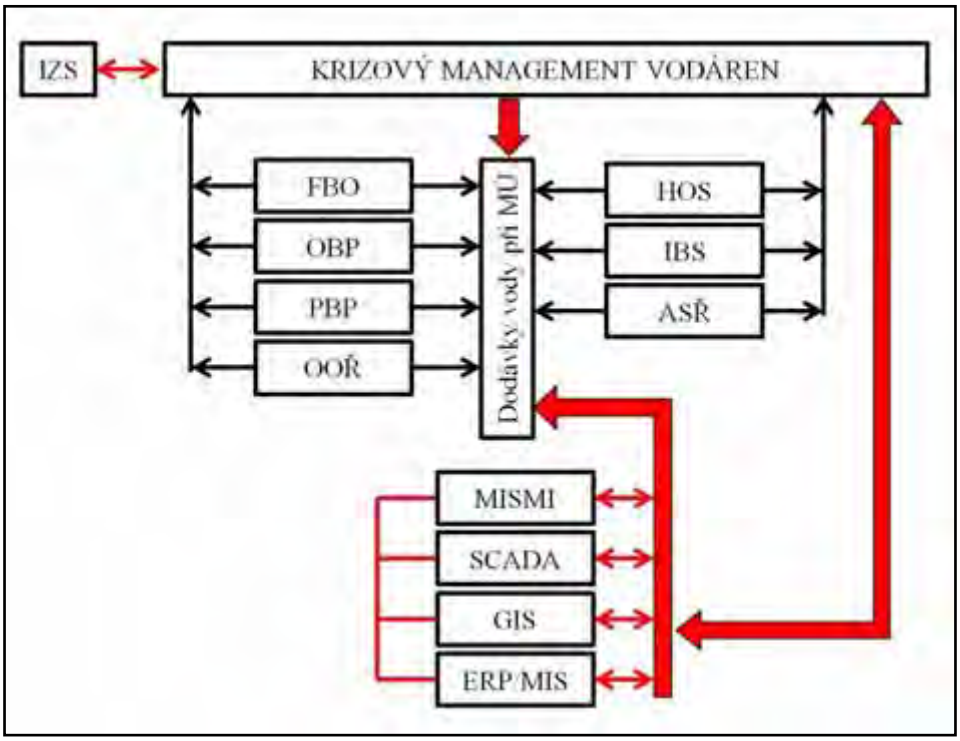
Takto vzájemně propojený IS garantuje managementu VaK informace potřebné pro řízení společnosti a současně i vytváří předpoklad jeho finanční návratnosti. Nelze zde opomenout fakt, že investice do IS představují nemalou finanční zátěž VaK.

Pro řešení případných vzniklých mimořádných situací je možné využívat SW například nadstavbu dispečerského systému – modul MISMI.
V rámci modulu MISMI pracují následující subsystémy:

- systém LDS (Leak Detection System, systém detekce úniku vody),
- systém FIS (Failure Identification System, systém hlášení poruch),
- systém MIS (Mayor Interface System, manažerský informační systém).

Informace z takto pojatého informačního systému mohou být k dispozici managementu společnosti, jako podpora pro rozhodování a způsob komunikace např. i s nadřazeným integrovaným záchranným systémem IZS kraje nebo obce. Současně bude umožňovat, s využitím technických prostředků dispečerského systému, operativní řízení vodárenské sítě v režimu mimořádné situace.

Z uvedeného systému vyplývá i návrh řízení mimořádných situací ohrožující provozuschopnost VaK.



Obr.2: *Návrh organizace řízení MS*

Legenda: FBO-fyzická bezpečnost objektů, OBP-organizační bezpečnost provozu, PBP-personální bezpečnost provozu, OOŘ-operativní organizace řízení, HOS-hydraulická odolnost vodárenského systému, IBS-informační bezpečnost, ASŘ – úroveň telemetrického systému, MISMI – modul manažerského informačního systému pro řízení mimořádných situací, SCADA – dispečerský systém, GIS – geografický informační systém, ERP/MIS-podnikový informační systém, IZS-integrovaný záchranný systém.

Koncepce řízení vodárenských dat ve skupině VEOLIA ČR

Skupina Veolia buduje již od začátku minulého desetiletí tzv. Hubgrades – smart dispečinky. U těchto pokročilých nástrojů řízení vodárenské infrastruktury je od začátku kladen velký důraz na dva aspekty:

1. vysoký stupeň automatizace činnosti systému, který vzniká propojením více informačních systémů, které si navzájem vyměňují data
2. pokročilá kybernetická bezpečnost zaměřená na všechny oblasti – přenosy dat, jejich zpracování i jejich ukládání

Automatická výměna dat šetří manuální práci a přináší tak úsporu lidské práce, nákladů i materiálu, zrychluje činnost pracovníků v terénu a umožňuje tím i řadu pokročilých

úloh, které by bez automatického zpracování nebyly vůbec myslitelné, protože by byly natolik pracné, že by se nevyplácelo je vůbec provádět.
Kybernetická bezpečnost je od začátku základní a nutnou podmínkou pro fungování těchto pokročilých systémů řízení. Možnost napadení systému hackery, zcizení a zneužití dat, včetně citlivých osobních dat klientů, ztráta dat ať už z důvodu záškodnické akce nebo z důvodu živelné pohromy, byla a je ve skupině Veolia brána vždy velmi vážně. Protože rozsah tohoto článku neumožňuje podrobný popis všech funkcionalit těchto dispečinků, vybrali autoři článku u každého z nich několik zajímavostí, které jsou pro daný Hubgrade zvláštní.

Prvním z pokročilých Hubgrade dispečinků ve skupině Veolia byl SWiM Praha, který byl uveden do provozu v roce 2013 společností Pražské vodovody a kanalizace, a.s. U tohoto dispečinku bylo poprvé použito automatizované propojení celkem deseti informačních systémů. Od roku 2013 do roku 2015, tj. v průběhu tří let, bylo díky SWiM dosaženo provozních úspor ve výši 153mil. Kč, zejména v oblastech oprav vodovodní sítě, úspor na čerpání, mzdových úspor a úspor na ztrátách vody. V současné době je uváděn do provozu tzv. koncept Smart Energy, při kterém je ve spolupráci se sesterskou firmou Veolia Komodity využíváno výkyvů v cenách elektrické energie, podle okamžitého stavu v rozvodné síti je řízen chod vybraných energeticky náročných zařízení, což potom umožňuje ušetřit náklady za elektrickou energii.

V roce 2019 byly uvedeny do provozu další tři smart dispečinky – Kladno, Hradec Králové a Zlín.

Hubgrade Kladno – tento dispečink provádí dohled nad zásobováním 290 tisíc obyvatel oblasti Kladenska a Mělnicka pitnou vodou a řídí odkanalizování a čištění odpadních vod pro bezmála 190 tisíc lidí. Tento region je často postihována katastrofálními povodněmi, proto byl dispečink Středočeských vodáren vybaven Povodňovým informačním systémem, který je vyvíjen exkluzivně pro společnosti skupiny Veolia. Tento systém dovede kombinovat data z GIS, TIS, vlastní srážkoměrné soustavy a informace od státních orgánů a vygenerovat sestavu majetku a objektů, které budou ohroženy postupující povodní. PIS je navíc vybaven funkcí, která dokáže zasahujícím pracovníkům naplánovat cestu k ohroženým objektům tak, aby se vyhnuli potenciálně zatopeným mostům nebo oblastem, které jsou neprůjezdné.

Hubgrade v Hradci Králové je kromě běžných funkcí dispečinku, který řídí zásobování pitnou vodou, odkanalizování a čištění odpadních vod 165 tisíc obyvatel okresu Hradec Králové vybaven i systémem, který umožňuje koordinovat zásoby pitné vody na východočeské vodohospodářské soustavě a propojit tak poptávku s nabídkou zejména v obdobích, kdy je vody nedostatek. Tím je dotčena oblast s celkem 500 tisíci obyvateli. Testován je zde i systém sledování voznic náhradního zásobování pitnou vodou, který zobrazuje nejen polohu dané voznice, ale i stav zásoby vody v ní.

Hubgrade Zlín je smart provozní dispečink, který slouží k řízení zásobování 172 tisíc obyvatel pitnou vodou a odkanalizování a čištění odpadních vod od 146 tisíc obyvatel oblasti na střední Moravě, jehož automatizované systémy umožňují management poruch na vodovodních potrubích, zobrazení voznic náhradního zásobování vodou, fyzickou ostrahu provozovaných objektů, ale navíc je vybaven i automatizovaným vyhodnocováním výkonových kritérií společnosti Moravská vodárenská, a.s.

Pro případ výpadku některého z těchto dispečinků v současné době probíhají práce na vytvoření nouzového záložního pracoviště pro dispečery těchto center – tzv. disaster recovery centra. Jedná se o záložní kopii původního dispečinku, kterou je možné aktivovat v řádu několika hodin a která by v případě živelní pohromy, například požáru původního dispečinku, umožnila provádět činnost daného smart dispečinku na jiném, záložním místě.

Závěr

Vodovody pro veřejnou potřebu v České republice dodávají pitnou vodu pro cca 93 % obyvatel státu a hodnota vodárenského infrastrukturního majetku dosáhla 1000 mld. Kč. Danému strategickému významu vodovodů musí odpovídat nejen legislativní ochrana, ale i ochrana vodárenských systémů v reálné praxi. Vodovody pro veřejnou potřebu, jako součást veřejné infrastruktury státu, jsou tedy jednou z oblastí infrastruktury státu se značným významem pro zachování řady nouzových služeb obyvatelstvu a pro zachování provozu řady sociálních, zdravotních a technických subjektů. Poškození nebo vyřazení výrobně distribučního systému pitných a požárních vod nejen podstatně sníží životní standardy obyvatelstva, ale především ohrozí činnost zdravotnických zařízení, výroby potravin a v řadě případů i požární bezpečnost zastavěných území.

Jedním z důležitých prostředků, jak snížit riziko poškození vodárenských a kanalizačních sítí, je správná činnost informačního systému VaK. V tomto článku autoři nastínili základní provozní požadavky na bezpečné fungování informačních systémů ve vazbě na dispečerský systém. A na příkladu autoři prezentovali koncepci řízení a sdílení vodárenských dat ve skupině VEOLIA ČR.

Literatura

[1] Furth V., Rytíř F., Lindovský M., Kašparec J.: *Adaptabilita dispečerského systému v procesu transformace vodárenské provozní společnosti*, sborník příspěvků konference Voda Zlín 2013. ISBN 978-80-260-3739-2

[2] Lindovsky Milan and Krocova S. *Water System management in Emergency Situations*, impaktovaný časopis Journal of Geological Resource and Engineering, Volume 3, Number 3, May-June 2015 (Serial Number 8), p. 150-162, USA ISSN 2328-2193

[3] Webové stránky www.cimib.cz

[4] Interní materiály VEOLIA ČR

Aktuální problematika dozoru nad zásobováním pitnými a teplými vodami v hygienické praxi

Ing. Eva Javoříková

Krajská hygienická stanice Zlínského kraje se sídlem ve Zlíně

Kvalita našeho života je přímo spojena s kvalitou vody, kterou přijímáme. Bez pitné vody tekoucí z kohoutku si dnes náš život nedokážeme představit, bereme tuto skutečnost jako naprostou samozřejmost.

Celkový počet verifikací 2019 v IS PiVo ve Zlínském kraji	
KM	1 935
UH	1 822
VS	4 257
ZL	4 470
celkem	**12 484**

Kvalita vody se musí hlídat na všech místech, a to od zdroje až ke kohoutku každého spotřebitele a podléhá přísným kritériím, vše musí být v souladu s platnou legislativou, kterou se kontrola kvality vody řídí. Výsledky všech kontrolních laboratorních analýz nejen pitné vody, ale i vod bazénových a přírodních vod využívaných ke koupání jsou evidovány v celostátním informačním registru PiVo (Pitná voda). Povinnost zabezpečit a kontrolovat kvalitu dodávané pitné vody ze zákona č.258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví má provozovatel, kontrolu plnění těchto povinností provádí orgán ochrany veřejného zdraví – Krajské hygienické stanice – jako orgány ochrany veřejného zdraví.

V roce 2018 byla ve Sbírce zákonů (částka č. 35) vydána Vyhláška č. 70/2018 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. Tím byla konečně završena novelizace hygienické legislativy pitné vody, která zavádí posouzení rizik (rizikovou analýzu) do výroby pitné vody. Provozovatelé veřejného zásobování pitnou vodou jsou povinni vypracovat provozní řád, který obsahuje nově monitorovací program a posouzení rizik. Posouzení rizik obsahuje popis systému zásobování vodou, popis zjištěných nebezpečí a odhad jejich závažnosti a stanovení nápravných nebo kontrolních opatření k odstranění nebo zmírnění nepřijatelných rizik v celém systému zásobování. Postup vypracování posouzení rizik a hodnocení výsledků tohoto postupu stanoví prováděcí právní předpis (vyhl. 252/2004 Sb.). Termín zpracování nového provozního řádu: nejpozději do 6 let ode dne nabytí účinnosti novely zákona (tj. do 31. 10. 2023).

Pro malé a provozně jednoduché systémy zásobování pitnou vodou tj.

- vodovod či komerční/veřejná studna
- roční produkce vody do 9000 m^2 a zároveň zásobuje do 300 osob
- zdrojem je podzemní voda
- žádná nebo jednoduchá úprava
- jednoduchá úprava: filtrace (přes filtrační hmoty), iontová výměna, provzdušnění, odkyselení, tj. odstranění železa, manganu, dusičnanů, arsenu, těžkých kovů, uranu, radonu nebo specifických organických polutantů (např. pesticidních látek), dezinfekce, chemická sorpce

zpracoval SZÚ Praha tzv. zjednodušené posouzení rizik.

V listopadu 2019 však bylo u vodovodů zásobujících nad 5000 obyvatel (254 objektů) schválen v rámci ČR pouze 1 provozní řád, u vodovodů zásobujících pod 5000 obyvatel (3691 objektů) schváleno 52 provozních řádů (ve Zlínském kraji 3 vráceny k přepracování), u veřejných studní (312 objektů) v rámci ČR schválen pouze 1 provozní řád, u komerčních studní (3667 objektů) v rámci ČR schváleno 70 provozních řádů, v rámci Zlínského kraje 9. (Informace ze 17. celostátního pracovního setkání oboru HOK k problematice pitných a koupacích vod, listopad 2019)

Kontrolní plán odborů hygieny obecné a komunální, které jsou gestory problematiky dozoru nad vodami na hygienických stanicích se skládá z celostátních prioritních oblasti výkonu státního zdravotního dozoru, kde jsou zařazeny v oblasti dozoru nad pitnými a teplými vodami kontroly provozování veřejných vodovodů a veřejných studní a regionálních prioritních oblastí, které zohledňují místní specifika.

Ve Zlínském kraji jsme se v minulém roce zaměřili v dozoru nad vodami především na

- výskyt vedlejších produktů desinfekce vody určené pro veřejné zásobování pitnou vodou.
- výskyt pesticidních látek v pitných vodách
- kvalitu teplých vod se zaměřením na výskyt legionell ve vnitřních teplovodních rozvodech vody

Prioritou hygienického zabezpečení vody je zajištění mikrobiální nezávadnosti dodávané pitné vody, na druhé straně by mělo být minimalizováno i riziko vzniku vedlejších produktů desinfekce.

V rámci novely vyhlášky MZ č. 252/2004 Sb. byl v roce 2018 mezi ukazatele pitné vody doplněn limit chlorečnanů 200 µg/l jako nejvyšší mezní hodnota s poznámkami, že cílem je dosažení co nejnižší hodnoty bez snížení účinnosti dezinfekce a že součet koncentrací chlorečnanů a chloritanů nesmí překročit 200 µg/l.

Chlorečnany jsou silná oxidační agens, nacházejí průmyslové využití - např. v minulosti byly používány jako herbicidy a defolianty. Nejčastěji se však mohou vyskytovat v pitné vodě jako vedlejší produkt dezinfekce chlornanem sodným, který se zejména při nevhodném skladování pomalu rozkládá za vzniku chlorečnanů a v menší míře i chloritanů a chloristanů. Úbytkem aktivního chloru se pak zvyšuje dávkování chlornanu a tím i chlorečnanů.

Současné poznatky ukazují, že chlorečnany jsou problémovým ukazatelem kvality pitné vody a to nejen z hlediska jejich výskytu, ale pravděpodobně i z hlediska zdravotního rizika u citlivých skupin populace.

Obsahem regionálního úkolu „Vedlejší produkty desinfekce vody určené pro veřejné zásobování pitnou vodou ve Zlínském kraji“ bylo zjištění případného výskytu chlorečnanů, chloritanů, trihalomethanů v součtu jednotlivých – trichlormethanu (chloroformu), bromoformu, dibromchlormethanu a bromdichlormethanu, jako nežádoucích vedlejších produktů desinfekce v pitné vodě z výstupů IS PiVo. Ve 27 případech při kontrole 455 analýz bylo zjištěno překročení nejvyšší mezní hodnoty (NMH) u ukazatele chlorečnany a v 10 případech z 361 analýz překročení NMH u ukazatele trichlormethan (chloroform).

V následné etapě - cíleně zaměřený regionální úkol pro rok 2020- budou provedeny kontrolní odběry vzorků vod s hraničními či přeslimitními nálezy k ověření situace a následnému vyhodnocení s případnými doporučeními na změnu desinfekce či postupu při provádění desinfekce nebo kombinaci s dalšími úpravárenskými procesy nebo způsoby desinfekce.

Další regionální prioritou dlouhodobého charakteru od roku 2016 je sledování obsahu pesticidů v pitných vodách Zlínského kraje.

Podle vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu se pod pojmem pesticidy rozumí organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, nematocidy, akaricidy, algicidy, rodenticidy, slimicidy, příbuzné produkty (např. regulátory růstu) a jejich relevantní metabolity, rozkládané nebo reakční produkty.

Pesticidní látky včetně metabolizovaných forem se běžně vyskytují jak v povrchových, tak i podzemních vodách. Novela vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů v roce 2014 po transpozici Směrnice Rady 98/83/EC o kvalitě vody pro lidskou spotřebu do české legislativy (vyhláška č.376/2000 Sb., následně vyhláška č. 252/2004 Sb.) zavádí „Pesticidní látky“ a „Pesticidní látky celkem“, kdy se stanovují pouze pesticidy a jejich metabolity s pravděpodobným výskytem v daném zdroji; později bylo doplněno „nestanovení pesticidních látek se zdůvodní“.

Zdravotní rizika:

- Žádný z dnes používaných pesticidů nebyl US EPA klasifikován jako lidský karcinogen, spousta je jich ale potencionálně karcinogenních.
- Mnohé pesticidy jsou prokázané xenoestrogeny, vliv na hormonální systém.
- Vliv na vývoj nervové soustavy.
- Relevantnost metabolitů pesticidů, málo toxikologických údajů o metabolitech.
- Některé metabolity pesticidů jsou stejné toxické jako jejich mateřské látky (relevantní metabolity).

Cílem je možnost omezování spotřeby pesticidů, vyhledávání účinnějších látek (stejný pozitivní efekt, menší dávka, menší škodlivost), kontroly dodržování zákazů, ochranná pásma, aplikace na určené plodiny ve vhodné období.

Během roku 2019 bylo v rámci regionálního úkolu provedeno 20 kontrol veřejného zásobování pitnou vodou se zaměřením na výskyt pesticidních látek.

V 1 případě bylo vydáno rozhodnutí ve věci určení mírnějšího hygienického limitu, než stanoví vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů, pro ukazatele jakosti pitné vody pesticidní látky bentazon, MCPP (izomery), chloridazon a pesticidní látky celkem pro podnikový vodovod pro veřejnou potřebu sloužící k zásobování podniku a 2 rodinných domů a současně pro tento vodovod byl určen hygienický limit pro nerelevantní metabolit pesticidu Chloridazon-desphenyl ve výši 4 µg/l. V 1 případě bylo provozovateli vodovodu pro veřejnou potřebu sloužící k zásobování obce pitnou vodou vydáno rozhodnutí o prodloužení doby platnosti

mírnějšího hygienického limitu ukazatele pitné vody acetochlor ESA (relevantní metabolit pesticidní látky acetochlor) na dobu nejdéle do roku 2022.

V rámci plnění regionálního úkolu dlouhodobého charakteru bude i nadále v roce 2020 státní zdravotní dozor zaměřen na analýzu pesticidních látek a jejich metabolitů v odůvodněném rozsahu, jejich pasportizaci a kontrolu jejich výskytu v pitných vodách veřejného zásobování vodou ve Zlínském kraji.

Stále více aktuálnější je nutnost sledování kvality teplých vod se zaměřením na výskyt legionell.

Teplá voda používaná k běžné osobní hygieně může pro některé vnímavé osoby představovat zdravotní riziko s ohledem na svou mikrobiologickou kvalitu, která může být problémová zejména v objektech se složitými a dlouhými rozvody od zdroje přípravy teplé vody.

Legionely přirozeně kolonizují vodní systémy, v současné době je cca přes 65 druhů Legionella spp., L. pneumophila má 16 séroskupin , L.p.sg 1 způsobuje 50 -80% nákaz.

Kvalitě teplé vody proto hygienická služba věnuje průběžně pozornost zaměřenou zejména na ubytovací a zdravotnická zařízení, ve kterých je teplá voda vyráběna z pitné vody přímým ohřevem v zařízení. V průběhu praxe a spolupráce s protiepidemickým odborem však stále častěji řešíme problém tzv. „panelákových legionelóz“.

Současná praxe ukazuje, že legislativa řeší limitní hodnoty legionel v teplých vodách, ale neřeší dostatečně povinnosti v zodpovědnosti za kvalitu teplé vody, je zapotřebí zvýšit informovanost veřejnosti o riziku výskytu legionel v teplovodních rozvodech, vyvolat větší vědomí zodpovědnosti.

Vzhledem ke skutečnosti, že počty onemocnění a úmrtí způsobené výskytem legionel v teplé vodě jsou dnes v Evropské unii zdaleka nevyšší ze všech vodou přenosných infekčních onemocnění, v současné době připravovaná novela směrnice 98/83/ - „o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu“ řadí Legionely za kandidáta č. 1 na zařazení mezi nové mikrobiologické ukazatele pro vodu určenou pro lidskou spotřebu. V souladu s moderním trendem rizikové analýzy EK rozhodla, že posouzení rizik (water safety plans) by se neměla provádět pouze pro systémy zásobování vodou, ale i pro vnitřní vodovody významných (prioritních) budov, které si členské země budou samy definovat. Pozornost při posouzení rizik vnitřních vodovodů má být zaměřena především na olovo a legionely.

Po dokončení procesu novelizace Směrnice EU - předpoklad poloviny roku 2020 - bude nezbytné upravit i národní požadavky na stanovení legionel v teplé vodě, změny se dotknou jak zákona o ochraně veřejného zdraví (258/2000 Sb.), tak i prováděcí vyhlášky 252/2004 Sb.

Cenu vody si lidé většinou uvědomují až při jejím nedostatku. Voda je základní podmínkou života nejen pro člověka, ale pro všechny živé tvory, rostliny, přírodu. Bez ní je existence života a tedy i lidské společnosti nemožná.
K zabezpečení dostatku pitné vody by mělo směřovat úsilí nás všech.

Zdroje informací

- 17. Celostátní pracovní setkání oboru HOK k problematice pitných a koupacích vod, listopad 2019, Ostrava
- Konference Problematika výskytu Legionel v teplé vodě, Liberec, listopad 2019 RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., MUDr. František Kožíšek, CSc., SZÚ Praha

Význam biologických indikátorov kvality pitnej vody

RNDr. Viera Nagyová, PhD.[1)] , **Mgr. Lucia Chomová, PhD.**[2)]

Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská cesta 52, 826 45 Bratislava
[1)] Národné referenčné centrum pre ekotoxikológiu, viera.nagyova@uvzsr.sk
[2)] Národné referenčné centrum pre hydrobiológiu, lucia.chomova@uvzsr.sk

---

Abstrakt: Pitná voda musí byť zdravotne bezpečná a nesmie predstavovať riziko ohrozenia zdravia ľudí. V súlade s legislatívnymi požiadavkami sa kvalita vody sleduje v mikrobiologických, biologických a chemických ukazovateľoch, pričom ju ovplyvňuje zdroj vody, technologický postup úpravy, údržba vodohospodárskych zariadení, vrátane vodojemov a akumulácií, a všetky súčasti distribučného systému, s ktorými voda pri zásobovaní obyvateľstva prichádza do kontaktu. Biologické oživenie predstavuje množstvo a druhové zloženie organizmov, pre ktoré je voda životným prostredím, a ktoré svojimi životnými funkciami výrazne ovplyvňujú jej kvalitu. Mikroskopický obraz, získaný biologickým rozborom vody, rýchlo podáva základné informácie o jej kvalite. Napríklad významné je sledovanie výskytu a množstva cyanobaktérií v povrchových zdrojoch a počas výroby pitnej vody, monitorovanie oživenia surovej vody vzhľadom k zvolenému spôsobu úpravy, sledovanie sekundárneho pomnoženia organizmov, tvorby biofilmov a iné. Na základe poznania ekologických nárokov nájdených organizmov je možné posúdiť ich pôvod, miesto a druh kontaminácie, kvalitu chemickej úpravy a dezinfekcie, ako aj celkového hygienického zabezpečenia pitnej vody. Získané výsledky napovedajú tiež o údržbe vodovodných sietí a vodojemov, prepojení rozvodov vody rôzneho druhu, pôvode a príčinách pachov a chuti vody. Preto majú biologické indikátory v celom procese výroby pitnej vody svoj význam.

Pre posudzovanie vlastností pitnej vody je dôležité poznať biologické oživenie vody. Biologický rozbor alebo hydrobiologický audit napomáha zabrániť prenosu nežiaduceho oživenia zo zdroja do vodárenských prevádzok a rozvodných sietí. Niektoré druhy organizmov sa dostávajú z povrchových zdrojov do vodárenských objektov, kde sa môžu uchytiť, rozmnožovať a spôsobovať technologické aj hygienické komplikácie v procesoch úpravy vody. Vytvárajú biomasu, ktorá slúži ako substrát pre rozmnožovanie baktérií, prvokov, tvorbu biofilmov a to má vplyv na zníženie kvality vody.

Výskyt, prípadne absencia, niektorých organizmov v konkrétnom biotope môže poukazovať na stav a zmeny v ňom. Biologický indikátor je živý organizmus s určitými nárokmi na prostredie, v ktorom sa mu optimálne darí. Na základe poznania ekologických nárokov nájdených organizmov a ich prejavov, môžeme posúdiť ich pôvod (autochtónna alebo alochtónna biocenóza).

Organizmy vyskytujúce sa v procese výroby pitnej vody, majú rôzne charakteristické prejavy, najčastejšie menia senzorické vlastnosti vody alebo vplývajú na jej farbu, či zákal. Železité a mangánové baktérie prejavujúce sa hrdzavými, hrdzavočervenými povlakmi, zanášajú a upchávajú vodovodné potrubia, spôsobujú koróziu a ovplyvňujú pach vody. Sírne baktérie indikujú hnilobné procesy sprevádzané pachovými zmenami. Väčšie množstvo vláknitých baktérií rodov *Sphaerotilus* alebo *Cladothrix* sa prejaví mliečnobielym zákalom vody a jej nepríjemným zápachom. Typický zápach vody v prostredí vodojemov, či vodárenských objektov spôsobujú nárasty mikromycét bielej, sivej až čiernej farby. Slizké, zapáchajúce, tmavozelené až čierne zhluky, porasty v povrchovej vode alebo na vodárenských zariadeniach v objektoch môžu vytvárať nárastové sinice typu *Oscillatorietum* (*Oscillatoria, Geitlerinema, Phormidium* a i.).

Planktónové cyanobaktérie schopné tvoriť vodné kvety v povrchových zdrojoch v podobe makroskopických ihličiek, či vločiek, vytvárajú biomasu sivozelenej, modrozelenej, ale aj červenej farby. Červené vegetačné sfarbenie vody môže indikovať hromadný rozvoj euglen (*E. rubra, E. sanguinea*). S vegetačným sfarbením alebo zákalom vrchnej, presvetlenej vrstvy vody sa stretávame pri premnožení bičíkovcov zo skupiny chryzomonád (*Synura, Uroglena, Dinobryon*). Voda má hnedú, hnedožltú farbu a typický zápach po rybách. Povlaky hnedej, hnedožltej farby na zmáčaných podkladoch, kameňoch v povrchových vodách a osvetlených vodárenských prevádzkach vytvárajú rozsievky. Pri hojnom výskyte panciernatiek (*Peridinium, Gymnodinium, Ceratium*) je možné pozorovať hnedé vegetačné sfarbenie povrchovej vody, rovnako aj pri premnožení kryptomonád, ako podstatnej zložky jarného a jesenného fytoplanktónu. Premnožené zelené bičíkovce typu *Chlamydomonas* a zelené chlorokokálne riasy môžu vytvoriť zelené vegetačné sfarbenie vody.

Výsledky biologických rozborov vôd, nárastov, sterov, resp. zoškrabov tiež napovedajú o prípadných miestach kontaminácie vody, účinnosti úpravy a dezinfekcie, o údržbe vodovodných sietí a vodojemov, resp. o prepojení rozvodov vody rôzneho druhu. Prehľad organizmov so vzťahom k procesu výroby pitnej vody a k jej kvalite je uvedený v Tab. 1 [1, 2, 3].

Tab. 1 *Prehľad organizmov so vzťahom k procesu výroby a kvalite pitnej vody.*

Organizmy	Indikácia, problémy pri výrobe vody
Schizomycéty (koky, spirily, tyčinky)	▪ Fekálne znečistenie, kontaminácia odpadovými vodami, nedostatočné hygienické zabezpečenie ▪ Korózia rozvodného potrubia vody
Železité a mangánové baktérie, napr. *Leptothrix echinata* *Planktomyces bekefii* *Crenothrix polyspora* *Gallionella ferruginea* a iné	▪ Vody s obsahom Fe a Mn, koncové vetvy vodovodných sietí s menším odberom vody alebo s jej stagnáciou, staršie vodné zdroje, nedostatočné odstránenie rozpusteného železa, resp. mangánu vodárenskou úpravou ▪ Rýchle zanášanie a upchávanie vodovodných potrubí, korózia rozvodného potrubia ▪ Pevne prirastené vlákna sa preplachom väčšinou neuvoľnia, potrebné mechanické čistenie a dezinfekcia
Sírne baktérie	▪ Indikácia prítomnosti sulfánu vo vode ▪ Hnilobné procesy vo vodách
Vláknité baktérie rodov *Sphaerotilus, Cladothrix*	▪ Nedostatočné hygienické zabezpečenie vodného zdroja s technickými nedostatkami, priesaky, splašky zo znečisteného okolia, indikátory organického znečistenia vôd ▪ Prítomnosť rozložiteľných organických látok v upravenej vode
Aktinomycéty	▪ Indikátory organického znečistenia vôd

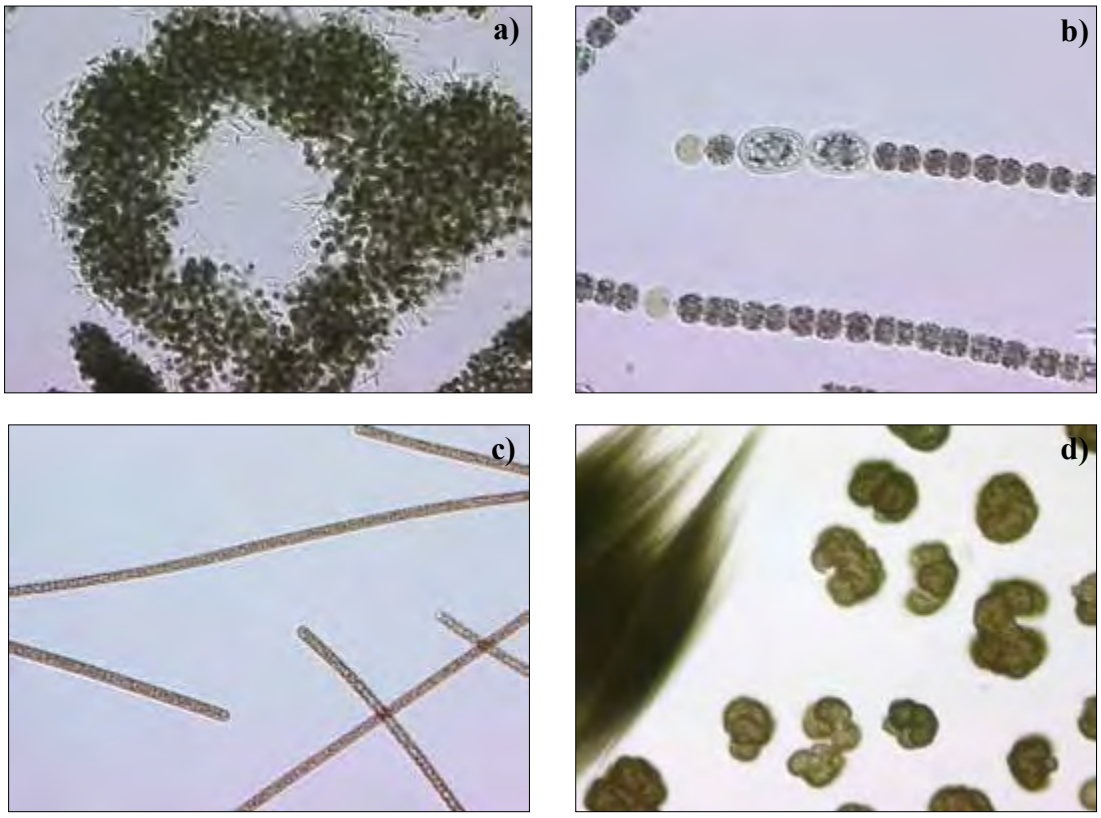
Organizmy	Indikácia, problémy pri výrobe vody
Mikromycéty (mikroskopické huby), ich hýfy a spóry, napr. *Penicillium* *Trichoderma* *Cladosporium* *Aspergillus* *Alternaria* *Rhizopus* *Paecilomyces* kvasinky a iné	▪ Vzdušná kontaminácia – problémy s vetraním vo vodárenských objektoch, transport vzduchom na časticiach zeminy, rastlinných zbytkoch, semenách, peľových zrnách a na zaschnutom živočíšnom truse; môžu sa dostávať oknami a ventilátormi do vodárenských objektov, akumulačných nádrží, vodojemov a pod.; osídľujú vodárenské filtre, vytvárajú biofilmy a nárasty na pevných podkladoch ▪ Priesaky, splašky zo znečisteného okolia, pôdy ▪ Výluhy z rozložiteľných konštrukčných a spojovacích materiálov - tmely, nátery obsahujúce organické látky ▪ Organické znečistenie vôd, prítomnosť organického substrátu, rozložiteľných organických látok v upravenej vode ▪ Produkcia mykotoxínov a alergénov, rezistencia na chlór, možnosť šírenia vo vodovodných sieťach – vhodnosť prevencie dodržiavaním hygienických opatrení vo vodárenských prevádzkach
Cyanobaktérie (sinice) niektoré druhy rodov *Synechococcus* *Merismopedia* *Snowella*	▪ Netvoria vodný kvet, ako častá zložka fytoplanktónu patria vo vodárenských nádržiach k problematickým organizmom, kolónie sa môžu v procese úpravy vody rozpadať ▪ Prienik drobných buniek až do pitnej vody ▪ Niektoré druhy vodárenskou úpravou takmer neodstrániteľné
Cyanobaktérie (sinice) najmä rody *Microcystis* *Woronichinia* *Dolichospermum (Anabaena)* *Aphanizomenon* *Planktothrix*	▪ Pri masovom rozvoji nežiaduca tvorba tzv. vodných kvetov v povrchovej vrstve a vodnom stĺpci ▪ Produkcia cyanotoxínov ▪ Veľmi problematické organizmy, v procese úpravy vody rozpad a možnosť prieniku buniek a cyanotoxínov až do pitnej vody
Vláknité cyanobaktérie *Pseudanabaena* *Komvophoron* *Limnothrix*	▪ Netvoria vodné kvety, bývajú súčasťou vodných kvetov a nárastov v litoráli vodárenských nádrží ▪ Problematické mikroorganizmy, úpravou sa takmer nezachytia, možnosť prieniku častí vlákien do pitnej vody
Rozsievky najmä rody *Aulacoseira* *Cyclotella* *Stephanodiscus* *Ulnaria (Synedra)* *Fragilaria* *Asterionella formosa* *Nitzschia*	▪ Planktónové druhy s bunkami ihlicovitého a diskovitého tvaru ▪ Problematické organizmy z hľadiska úpravy vody, rozpad na krátke fragmenty a bunky veľmi ťažko zachytávané vodárenskou úpravou
Kryptomonády rodov *Cryptomonas* *Chroomonas* *Rhodomonas*	▪ Spolu s ďalšími farebnými bičíkovcami jedny z najhoršie odstrániteľných organizmov vodárenskou úpravou

Organizmy	Indikácia, problémy pri výrobe vody
Zelené, schránkaté a iné farebné bičíkovce	▪ Výskyt v menších alebo väčších počtoch v planktóne ▪ Fototaxia (aktívny pohyb smerom ku zdroju svetla) ▪ Negatívny prejav pri výskyte v surovej vode, únik z vločiek koagulantov a prienik do upravenej vody ▪ Ťažko separovateľné organizmy
Bunkové zelené riasy (bunky, kolónie, cenóbiá)	▪ Planktónové organizmy ▪ Veľmi ťažko odstrániteľné vodárenskou úpravou ▪ Ich bunky sa pri vodárenskej úprave uvoľňujú z kolónií a cenóbií, možnosť prieniku až do pitnej vody
Vláknité zelené riasy najmä rody *Hormidium* *Stigeoclonium* *Cladophora*	▪ Nárastové organizmy, možnosť rozpadu na kratšie fragmenty, možný transport vzduchom ▪ Vo vodárenských objektoch viditeľné nárasty na osvetlených plochách, filtroch a pod.
Jednobunkové organizmy: bezfarebné bičíkovce nálevníky slncovky	▪ Heterotrofné organizmy (bez chlorofylu) ▪ Priesaky, splašky zo znečisteného okolia, zlé technické riešenie, nedostatočné hygienické zabezpečenie zdrojov, potrubí a vodojemov ▪ Dlhodobejšie znečistenie, kontaminácia odpadovými a povrchovými vodami ▪ Indikátory organického znečistenia vôd
Améby	▪ Heterotrofné organizmy (bez chlorofylu) ▪ Nahromadený sediment a biofilm v slepých zakončeniach rozvodov a rezervoároch vody, pôda, ovzdušie ▪ Rezervoár patogénnych baktérií, zacystované améby sú mimoriadne odolné voči dezinfekcii a dekontaminácii, likvidácia améb spočíva v dezinfekcii vody a prostredia a mechanickom čistení vodárenských zariadení

Cyanobaktérie (sinice) môžu spôsobovať nemalé problémy pri výrobe pitnej vody z povrchových zdrojov, preto je potrebné venovať im osobitnú pozornosť. Sú to prastaré organizmy, ktoré môžu žiť takmer v každom biotope, svojou prispôsobivosťou dokážu prosperovať aj v najdrsnejších podmienkach. Sú tiež prirodzenou súčasťou povrchových vôd. Ich výskyt a množstvo ovplyvňujú viaceré faktory, vrátane sezónnych zmien. Vo vode sa môže na jednotku objemu nachádzať len niekoľko buniek alebo milióny, v podobe tzv. vodných kvetov. V porovnaní s ďalšími fytoplanktónovými organizmami (napr. riasami) disponujú viacerými výhodami. Ich bunky obsahujú útvary naplnené plynom (aerotopy) umožňujúce reguláciu vztlaku a ovládanie pohybu vo vodnom stĺpci nahor alebo nadol, v závislosti od ich potrieb v dennom fotosyntetickom cykle. Týmto spôsobom sa môžu premiestniť do najvýhodnejšej hĺbky, zachytiť svetlo a živiny z vodného stĺpca pre svoj optimálny rast práve v hlbokých vodných útvaroch ako sú vodárenské nádrže. Rôzne druhy siníc majú svoje optimum v rôznych hĺbkach. Napríklad vláknitá sinica rodu *Planktothrix* je prispôsobená skôr na rast v prostredí s menšou intenzitou svetla, jej vlákna sa zvyčajne vyskytujú pod hladinou, ale aj v hĺbke niekoľko metrov. Naopak, vlákna rodu *Dolichospermum* uprednostňujú vyššiu intenzitu svetla a pri premnožení tak vytvárajú vodné kvety na hladine.

Životný cyklus cyanobaktérií vyžaduje oxid uhličitý, anorganické látky (najmä fosfor a dusík) a svetlo. Aj keď sa vyživujú primárne fotosyntézou, ich prezimovacie štádiá môžu prežiť v úplnej tme, pretože využívajú heterotrofný spôsob výživy a vo vhodných podmienkach sa vrátia do vodného stĺpca a dokážu ho rýchlo osídliť. Ďalšou z výhod cyanobaktérií vodných kvetov je tvorba špecializovaných buniek (heterocyty), ktoré im umožňujú fixovať atmosférický dusík a nie sú preto odkázané získavať ho z vodného prostredia. K rastu a premnožovaniu cyanobaktérií teda prispieva komplexná súhra faktorov prostredia, hlavne intenzita svetla, teplota vody, pH, koncentrácia oxidu uhličitého, tvar a hĺbka vodného útvaru, stabilita vodného stĺpca, horizontálny pohyb (vietor, prítok) a iné. Za najdôležitejší faktor sa však všeobecne považuje obohatenie zdroja vody dusíkom a fosforom - eutrofizácia.

Vo vodárenských nádržiach na Slovensku vytvárajú vodné kvety predovšetkým druhy rodu *Microcystis, Dolichospermum, Aphanizomenon, Planktothrix* a *Woronichinia naegeliana* (Obr. 1).



Obr. 1 *Najčastejšie druhy cyanobaktérií vo vodárenských nádržiach v SR. Zdroj: ÚVZ SR*
a) *Microcystis aeruginosa* a *Pseudanabaena mucicola;* b) *Dolichospermum planctonicum;*
c) *Planktothrix rubescens;* d) *Aphanizomenon flos-aquae* a *Woronichinia naegeliana.*

Vysoký počet cyanobaktérií v zdroji môže nepriaznivo ovplyvniť všetky stupne úpravy vody. Z hľadiska ochrany zdravia je však hlavným problémom dodávateľa vody možná produkcia cyanotoxínov. Syntetizujú sa v bunkách cyanobaktérií, odkiaľ sa väčšinou uvoľňujú počas ich rozkladu. Práve planktónové druhy cyanobaktérií produkujú najznámejšie cyanotoxíny, medzi ktoré patria mikrocystíny, anatoxíny, saxitoxíny,

cylindrospermopsín. Toxín cylindrospermopsín je však produkovaný do vody aj živými bunkami. Ďalšími významnými produktmi cyanobaktérií sú rôzne lipopolysacharidy. Všetky tieto látky vyvolávajú u ľudí množstvo zdravotných problémov. Medzi akútne prejavy patria alergia, nevoľnosti, kŕče, podráždenie pokožky, zvracanie, hnačky, pri dlhodobom pôsobení majú neurotoxické, hepatotoxické, karcinogénne a iné účinky [4]. WHO vydala usmernenie týkajúce sa len najtoxickejšieho z mikrocystínov – LR, s medznou hodnotou v pitnej vode 1 μg / l, ostatné cyanotoxíny nezahŕňa [5].

Záverom môžeme konštatovať, že pri posudzovaní kvality pitnej vody vždy stojí na prvom mieste jej zdravotná bezpečnosť. V praxi je preto veľmi dôležité vedieť čo najrýchlejšie indikovať zhoršenie jej kvality. Mikroskopický obraz, získaný biologickým rozborom vody, podáva veľmi rýchlym spôsobom základné informácie o jej kvalite. V prípade vodárenských nádrží je možné týmto spôsobom predchádzať nežiaducej tvorbe vodných kvetov siníc a následnej tvorbe cyanotoxínov, aj keď náklady na potrebné opatrenia bývajú pomerne vysoké. Rozvoj cyanobaktérií počas roka je veľmi ťažké predpokladať, avšak na základe dobrej znalosti vodných útvarov a dlhodobých údajov o prítomnosti cyanobaktérií, o počtoch buniek a ich druhovom zložení, je možné predvídať ich rozmnoženie. Preto majú biologické analýzy v procese výroby pitnej vody svoje nezastupiteľné miesto.

Literatúra

[1] SLÁDEČEK, V., SLÁDEČKOVÁ, A.: Atlas vodních organizmů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. 1. díl: Destruenti a producenti. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, 1996, 351 s., ISBN 80-02-01080-9.

[2] NAGYOVÁ, V., CHOMOVÁ, L., VALOVIČOVÁ, Z.: Význam monitorovania biologického oživenia v procese výroby pitnej vody. In: Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda, 19.-21.9.2017, Trenčianske Teplice, Jana Buchlovičová, Danka Barloková (Edit.), VodaTím s.r.o., s. 217–222, ISBN 978-80-971272-5-1.

[3] NAGYOVÁ, V., CHOMOVÁ, L.: Cyanobaktérie v slovenských vodárenských nádržiach stále aktuálne. In: Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda, 8.-10.10.2019, Trenčianske Teplice, Jana Buchlovičová, Danka Barloková (Edit.), VodaTím s.r.o., s. 79–86, ISBN 978-80-971272-7-5.

[4] Cyanobakterie, 21. ledna 2004, Brno, Česká republika, Maršálek Blahoslav, Halousková Olga, (Edit.), str.160, ISBN 80-903203-8-4.

[5] Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR in Drinking-water WHO 2003. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cyanobactoxins.pdf 30.01.2020.

Odstraňovanie vybraných pesticídov z vody granulovaným aktívnym uhlím

prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.; prof. Ing. Danka Barloková, PhD.; Ing. Michal Marton

Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU
Radlinského 11, 810 05 Bratislava
jan.ilavsky@stuba.sk, danka.barlokova@stuba.sk, michal_marton@stuba.sk

Abstrakt

Článok sa zaoberá základnými vlastnosťami triazínových herbicídov, ich výskytom a stanovením vo vodách., V práci sa porovnáva účinnosť odstraňovania vybraných druhov pesticídov z pitnej vody použitím dvoch typov granulovaného aktívneho uhlia (Norit 1240 a Filtrasorb 400). Účinnosť odstránenia sa pohybovala od 5 do 60 %..

ÚVOD

Pesticídy sú chemikálie anorganického alebo organického typu, používané k ničeniu rastlinných a živočíšnych škodcov ako prípravky na ochranu rastlín. Podľa účelu použitia sa rozdeľujú na insekticídy, fungicídy a herbicídy. Insekticídy sú určené proti hmyzu, ktorý pôsobí na poľnohospodárske plodiny, fungicídy proti škodlivým parazitickým hubám a herbicídy proti burinám. Medzi ostatné skupiny zaraďujeme akaricídy (proti roztočom), nematocídy (proti háďatkám), molluskocídy (proti mäkkýšom) a rodenticídy (proti hlodavcom).

Celosvetová spotreba pesticídov je približne 2 miliónov ton ročne, z čoho 24% sa spotrebuje v USA, 45% v Európe a 25% vo zvyšku sveta. V súčasnosti sa pesticídy používajú na 25% obrábanej plochy.

Prípravky na ochranu rastlín patria medzi najprísnejšie regulované produkty v Európskej únii. V roku 2009 bolo evidovaných 1223 účinných látok, z toho 814 účinných látok bolo neschválených a 350 účinných látok schválených. V súčasnosti je v pesticídnej databáze EÚ evidovaných 1361 účinných prípravkov na ochranu rastlín, z tohto počtu je 832 účinných látok neschválených (ich používanie v EU nie je povolené) a 489 účinných látok je schválených.

Obr. 1 *Spotreba pesticídov na Slovensku za roky 1993, 2000–2015 v tonách členená podľa kategórie prípravku (enviroportal, ÚKSUP)*

V jednotlivých krajinách Európy sa aktualizujú zoznamy sledovaných látok o účinné látky, ktoré sa aktuálne využívajú. V Slovenskej republike je v súčasnosti autorizovaných 250 účinných látok. V porovnaní s rokom 1997, kedy bolo dosiahnuté maximum 385 autorizovaných látok ide o 35% zníženie počtu používaných pesticídnych látok.

Poznáme štyri hlavné cesty, akými sa môžu pesticídy dostať z poľnohospodárstva do vôd:

- priamo pri postrekoch vo forme aerosólu – najmä pri leteckých postrekoch,
- prienikom, resp. priesakom cez pôdu,
- vyplavením z pôdy,
- náhodným alebo úmyselným uvoľnením do prostredia (napr. pri manipulácii, čistení, skladovaní a pod.).

Dôležité faktory, ktoré ovplyvňujú potenciál pesticídu spôsobiť znečistenie vôd, sú: rozpustnosť pesticídu, vzdialenosť aplikácie od vodnej plochy, resp. toku, počasie, typ pôdy, svahovitosť, prítomnosť, hustota pestovanej plodiny, metóda a technika aplikácie agrochemikálie.

TRIAZÍNOVÉ HERBICÍDY

Herbicídy na báze triazínov predstavujú v súčasnosti viac ako polovicu všetkých pesticídnych prípravkov. Intenzívne sa používajú na ochranu poľných kultúr, sadov a vinohradov, avšak svoje uplatnenie nachádzajú aj pri odstraňovaní nežiadúcich porastov na nepoľnohospodárskej pôde (železničné násypy, ihriská, manipulačné plochy atď.), vo vodnom hospodárstve (pri úprave pobrežných pásiem, ničenie nárastov v zavlažovacích kanáloch), v lesníctve a pod.

Pravidelnou aplikáciou herbicídov sa zvyšuje ich obsah vo vodnom prostredí a poľnohospodárskych produktoch. Ich výskyt vo vodách je pomerne častý a vyplýva z toho, že tieto látky sa používajú vo veľkých množstvách. Reziduá týchto látok môžu pretrvávať v pôdach 1 až 2 roky. Vplyvom ich dobrej rozpustnosti vo vode sa z pôdy ľahko transportujú do zvodnených horizontov.

S-triazíny sú šesťčlenné heterocyklické zlúčeniny s troma atómami dusíka a troma substituentmi viazanými v triazínovom kruhu na 2., 4. a 6. uhlíku. Substituovaný s-triazínový kruh je značne stály, čo sa odzrkadľuje v ich stabilite po aplikácii. Deriváty s-triazínových herbicídov sa klasifikujú do troch hlavných skupín: chlóro-, metoxy- a metyltiotriazíny.

Vzhľadom k tomu, že aplikáciu herbicídov dnes už nie je možné vylúčiť (ich použitie je súčasťou technológie pestovania plodín), je potrebné v tejto problematike postupovať tak, aby sa zdravotné riziko pre obyvateľstvo z reziduí a degradačných produktov triazínov znížilo na minimum.

Z dôvodov kontaminácie podzemných vôd atrazínom, simazínom, a ich metabolitmi rozhodnutím Komisie 2004/248/ES a 2004/247/ES boli tieto vyradené zo Zoznamu účinných látok (teda tých, ktoré sa môžu aplikovať). Nariadením Komisie 2076/2002/ES a 2008/934/ES neboli zaradené do Zoznamu účinných látok tiež cyanazín, prometrýn, propazín a terbutylazín. Veľkým problémom triazínov je hlavne ich nízka biodegradibilita a dlhé pretrvávanie vo vodnom prostredí – ako materských látok, tak aj metabolitov (cca 2 roky).

Aktuálne rezonuje odstavenie šiestich obcí na Žitnom ostrove od zdroja pitnej vody vzhľadom k nájdeniu atrazínu, ktorý je už dlhodobejšie zaradený na zoznam zakázaných látok a Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) ho klasifikuje ako možný karcinogén.

Pesticídy a herbicídy sú škodlivé pre život z dôvodu ich toxicity, karcinogenity a mutagenity [1-3]. Toxicita pesticídov a produktov ich degradácie preto robí z týchto chemických látok potenciálne riziko kontaminácie životného prostredia, vodného ekosystému a ľudského zdravia. Kontaminácia podzemnej vody, povrchovej vody a pôdy pesticídmi a herbicídmi je v súčasnosti závažným problémom.

V pitných vodách je koncentrácia pesticídov regulovaná Vyhláškou MZ SR č. 247/2017 Z.z. Pre každý stanovený pesticíd je určená najvyššia medzná hodnota 0,1 µg/l, zároveň pre sumu pesticídov je stanovená najvyššia medzná hodnotou 0,5 µg/l, pričom limitná hodnota predstavuje súčet koncentrácií všetkých pesticídov v analyzovanej vzorke. Pre aldrín, dieldrín, heptachlór a heptachlórepoxid platí limit 0,03 µg/l. Za pesticídy sa pokladajú: organické insekticídy, herbicídy, fungicídy, nematocídy, akaricídy, algicídy, rodenticídy, slimicídy, príbuzné produkty (napríklad regulátory rastu) a ich relevantné metabolity. Zisťujú sa pesticídy, ktorých prítomnosť v pitnej vode možno predpokladať. Analytické stanovenie triazínov závisí od možnosti pracoviska (prístrojové vybavenie, dostupnosť chemikálií a štandardov), účelu analýzy, typu vzorky a celkovej úrovni ich obsahu vo vzorke. V súčasnosti sa najčastejšie používajú chromatografické metódy, vysokoúčinná kvapalinová chromatografia (HPLC) a plynová chromatografia (GC) v spojení s hmotnostnou spektrofotometriou (MS). Súčasné analytické metódy umožňujú stanoviť koncentrácie na úrovni ng/l [4,5].

ODSTRAŇOVANIE PESTICÍDOV Z VODY

Na odstraňovanie pesticídov z vody je možné použiť viacero metód, napr. koaguláciu, filtráciu s koaguláciou, zrážanie, ozonizáciu, adsorpciu, iónovú výmenu, nanofiltráciu, reverznú osmózu a pokročilé oxidačné procesy. Ich účinnosť sa výrazne líši a záleží hlavne na chemickej povahe odstraňovaného pesticídu [6-8].

Najznámejším sorpčným materiálom pri odstraňovaní organického znečistenia (pesticídy, mikropolutanty) je aktívne uhlie (práškové, granulované, extrudované, povrchovo upravené). Aktívne uhlie je vysoko porézny uhlík s veľkým vnútorným povrchom. Je to súbor grafitových doštičiek, ich vzájomná vzdialenosť tvorí mikropóry (priemer < 2 nm), kde sa odohráva adsorpcia polutantov na povrchu aktívneho uhlia (mikropóry tvoria 90 až 95% celkového povrchu adsorbentu), mezopóry (priemer 2 až 50 nm) ktoré zaisťujú transport molekúl polutantov do vnútorného priestoru uhlia smerom k mikropórom, majú malú adsorpčnú schopnosť a transportné póry (makropóry) priemeru > 50 nm, ktoré umožňujú prístup molekúl adsorbátu do vnútorného priestoru adsorbentu, neslúžia k adsorpcii. Množstvo mikropórov a transportných pórov určuje vlastnosti aktívneho uhlia a jeho vhodnosť či nevhodnosť pre úpravu pitných vôd. Pre „správny“ pomer mikropórov a transportných pórov je rozhodujúci materiál z ktorého sa aktívne uhlie vyrába – čierne uhlie, kokosové škrupiny, drevo, lignín, hnedé uhlie, a iné. Aktívne uhlie vyrobené z čierneho uhlia má väčšinou vhodný pomer mikropórov a transportných pórov, zatiaľ čo u aktívneho uhlia vyrobeného z kokosových škrupín výrazne prevažujú mikropóry a u aktívneho uhlia vyrobeného z dreva makropóry. O adsorpčných schopnostiach rozhoduje veľkosť pórov, merný povrch a chemická reaktivita povrchu.

Aktívne uhlie používané v práškovej forme je aplikované v prvých stupňoch úpravy vody, zvlášť v povrchových vodách, kedy môže dôjsť k havarijnému zhoršeniu kvality upravovanej vody. Práškové aktívne uhlie sa používa iba nárazovo (pred vločkovaním). Nevýhodou je adsorpcia aj látok, ktoré sa dajú odstrániť koaguláciou a tak je rýchlejšie vyčerpaná jeho adsorpčná schopnosť.

Granulované aktívne uhlie (GAU) sa zvyčajne používa vo filtroch na konci procesu úpravy vody ako filtračná náplň otvorených alebo tlakových filtrov zrnitosti 0,5 –2 mm. Otvorené filtre sú dimenzované na rýchlosť filtrácie 5 až 10 m/h, tlakové až na 20 m/h. Vrstva aktívneho uhlia v otvorených filtrov je 0,6 až 1,0 m, v uzavretých 1 až 2 m podľa filtračnej rýchlosti. Aktívne uhlie ako v otvorených, tak uzavretých filtroch je vrstvené na podložnú pieskovú vrstvu vysokú 30 až 40 cm. Veľkosť zŕn aktívneho uhlia má byť asi 4 až 5-násobok účinného zrna piesku [9,10].

Pranie filtrov naplnených aktívnym uhlím je rovnaké ako u klasických pieskových filtrov t.j. spätným prúdom vzduchu a vody. Najkratší filtračný cyklus je asi 14 dní. V priebehu jedného prania sa aktívne uhlie spotrebováva o 5 až 10 % pôvodného objemu (obrusom, vyplavovaním, chemickou reakciou). Kapacita aktívneho uhlia sa vyčerpá v priebehu 1 až 3 rokov nepretržitej prevádzky v závislosti od kvality upravovanej vody (**tab. 1**).

Tab. 1 *Kontaktný čas a životnosť aktívneho uhlia pre rôzne aplikácie*

	Doba kontaktu [min]	Životnosť [roky]
Zlepšovanie senzorických vlastností	6-12	2-4
Odstraňovanie pesticídov	10-15	1-3
Odstraňovanie humínových látok a THM	15-30	1,5-3
Odstraňovanie halogénových uhľovodíkov	10-20	0,5-1,5
Dechlorácia	4-8	1,2

Regenerácia sa robí termickými procesmi pri teplote 900 – 1000 ^{o}C alebo chemickými procesmi. Reaktivácia dáva vyčerpanému materiálu vlastnosti veľmi podobné pôvodnému aktívnemu uhliu. Regenerácia sa robí u výrobcu.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Cieľom experimentov bolo porovnať účinnosť odstraňovania vybraných pesticídov z vody granulovaným aktívnym uhlím od dvoch výrobcov (Cabot Corporation, Calgon Carbon). Filtrasorb F400 bol dodaný spoločnosťou Jako, s.r.o.,Norit dodala spoločnosť Vulcascot Rakúsko. Základné vlastnosti použitých materiálov sú uvedené v **tab. 2**.

Tab. 2 *Vlastnosti filtračných materiálov Norit 1240 a Filtrasorb 400*

	Norit 1240	F400
Jódové číslo [mg/g]	min. 1020	min. 1050
Metylenova modrá [mg/g]	min. 230	min. 260
Veľkosť častíc [mm]	0,85-2,0	0,42-1,68
Oter [%]	75	75
Tvrdosť	97	95
Prevádzková hustota [g/cm^3]	0,480	0,425
Špecifický povrch (BET) [m^2/g]	1150	1100
Koeficient rovnozrnitosti	1,6	1,7

Modelová voda bola pripravená pridaním zmesi štandardov do 5 litrov pitnej vody (bez úpravy pH) s výslednou koncentráciou pesticídov cca 1 µg/l. Na každý experiment sa použilo 200 ml modelovej vody a 0,2 g granulovaného aktívneho uhlia (Norit 1240, Filtrasorb F400). Vzorky sa pravidelne miešali ručne, pričom v stanovených časových intervaloch sa odobralo 40 mL vody do sklenených vialiek s pridaným tiosíranom, ktorý zabezpečil konzervovanie vzorky. Jednotlivé vzorky boli odoberané v nasledovných časoch: 0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 360 min. Po odobratí vzorky sme vialky uchovali

v chladničke a následne odovzdali na analýzu do laboratóriu ALS. Stanovenie pesticídov bolo metódou HPLC s priamym nástrekom vzorky a metódou vnútorného štandardu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Účinnosť odstraňovania pesticídov z vody použitými sorpčnými materiálmi bola sledovaná pri pH 7,6, pri laboratórnej teplote (22-23 °C) a vstupnej koncentrácii pesticídov 0,8-0,95 µg/l a dobe kontaktu vody so sorbentom 30 až 360 minút. Výsledky statických skúšok sú uvedené v **tab. 3 a 4**.

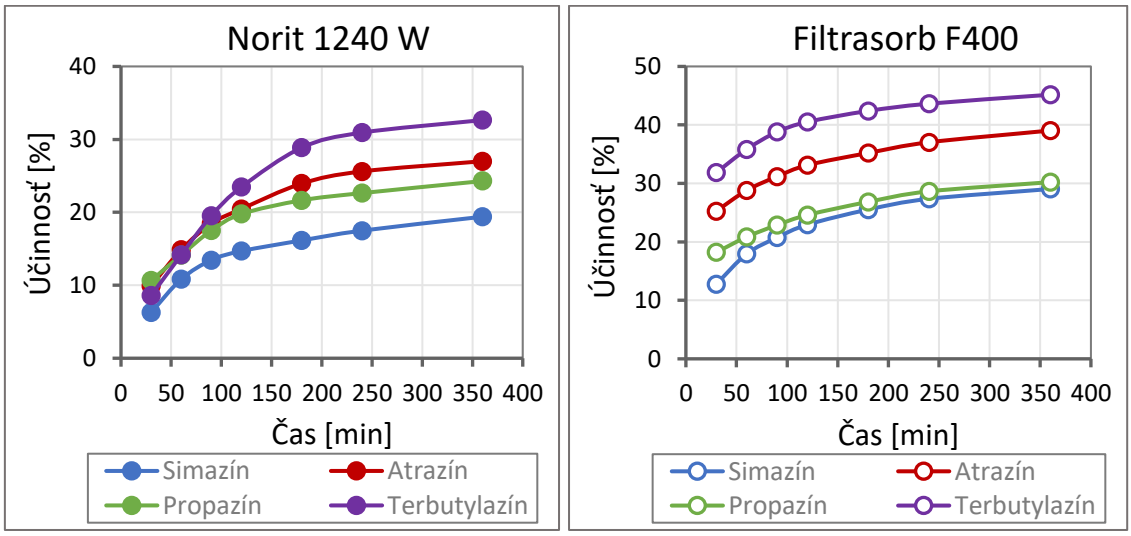
Z nameraných koncentrácií jednotlivých triazínových herbicídov sa vypočítala adsorpčná účinnosť (v %) a okamžitá adsorpčná kapacita (v µg/g) aktívneho uhlia pre jednotlivé triazínové herbicídy v závislosti od doby kontaktu vody s materiálom. Z vypočítaných hodnôt vyplýva účinnosť Noritu 1240 v intervale 0,6-32%, adsorpčná kapacita od 6 do 285 µg/g v závislosti od doby kontaktu. V prípade Filtrasorb F400 boli hodnoty výrazne vyššie, účinnosť sa pohybuje v intervale 12 až 59 %

Tab. 3 *Koncentrácia pesticídov vo vode v závislosti od času adsorpcie*

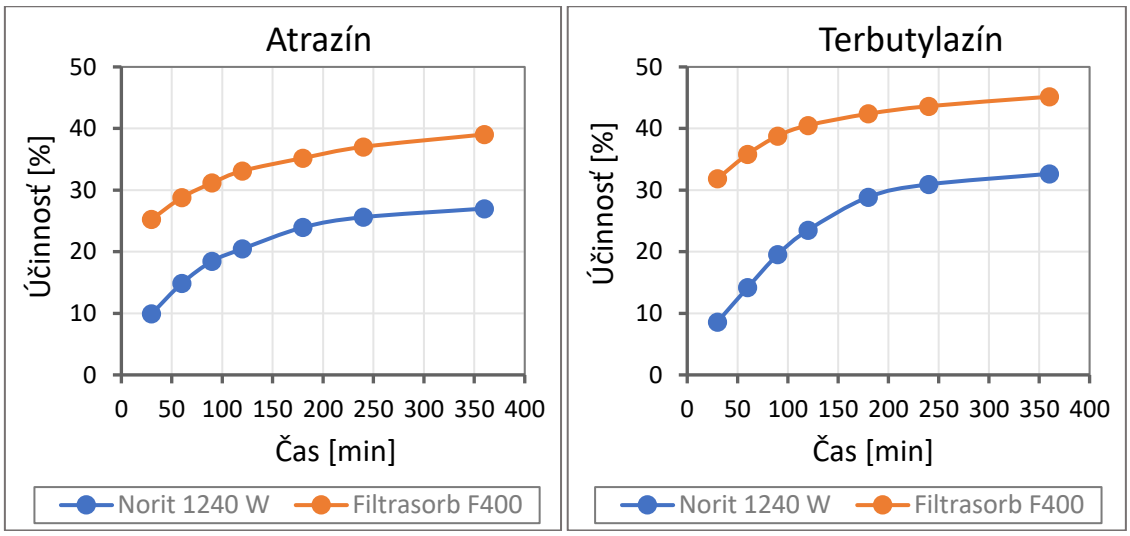
Pesticíd	Norit 1240							
	0	30	60	90	120	180	240	360
Simazín	0,892	0,836	0,801	0,772	0,756	0,739	0,726	0,719
Atrazín	0,948	0,854	0,807	0,773	0,750	0,721	0,710	0,692
Propazín	0,873	0,813	0,774	0,746	0,730	0,713	0,704	0,689
Terbutylazín	0,910	0,798	0,755	0,712	0,671	0,621	0,603	0,588

Tab. 4 *Koncentrácia pesticídov vo vode v závislosti od času adsorpcie*

Pesticíd	Filtrasorb F400							
	0	30	60	90	120	180	240	360
Simazín	0,892	0,778	0,740	0,707	0,686	0,661	0,648	0,624
Atrazín	0,948	0,778	0,740	0,707	0,686	0,661	0,648	0,624
Propazín	0,873	0,699	0,672	0,649	0,634	0,614	0,597	0,577
Terbutylazín	0,910	0,714	0,691	0,670	0,652	0,630	0,623	0,618



Obr. 2 *Účinnosť odstraňovania vybraných herbicídov na aktívnom uhlí*



Obr. 3 *Porovnanie účinnosť odstraňovania vybraných herbicídov na aktívnom uhlí*

ZÁVER

Účinnosť a adsorpčná kapacita použitých adsorpčných materiálov bola rôzna. Filtrasorb F400 sa preukázal ako lepší sorpčný materiál než Norit 1240. Účinnosť tohto materiálu sa pohybovala od 18 do 60 %, naproti tomu účinnosť Noritu 1240 bola výrazne nižšia.

Poďakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektu VEGA 01/0737/19 a projektu APVV-18-0205.

Literatúra

[1] Liu Huihui, Xiyun Cai, Yu Wanga, Jingwen C. Adsorption mechanism-based screen-ing of cyclodextrin polymers for adsorption and separation of pesticides from water. Water Research 45(11), 2011, 3499-3511.

[2] Rosenfeld P., Feng L. Risk of Hazardous Wastes. Elsevier Inc., USA, 2011, p. 472.

[3] US EPA. Terbuthylazine R.E.D. FACTS. Prevention, pesticides and toxic substances. United States Environmental Protection Agency, 1995, 6 s.

[4] Fenoll, José; Hellín, Pilar; Martínez, Carmen M. et al. Determination of 48 pesticides and their main metabolites in water samples by employing sonication and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Talanta 85, 2011, 975-982.

[5] Krutz, L. J.; Senseman, S. A.; Sciumbato, A.S.. Solid-phase microextraction for herbicide determination in environmental samples – Review. Journal of Chromatography A. 999, 2003, 103-121.

[6] Crittenden, John, et al. Water Treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons, 2005. 1948 p. ISBN 0-471-11018-3.

[7] Ormad M. P., Miguel N., Claver A., Matesanz J. M., Ovelleiro J. L. Pesticides removal in the process of drinking water production. Chemosphere 71, 2008, 97

[8] Cosgrove S., Jefferson B., Jarvis, P. (2019) Pesticide removal from drinking water sources by adsorption: a review, Environmental Technology Reviews, 8:1, 1-24,

[9] Kopecký, J. Aktivní uhlí – technologie pro úpravu pitných a bazénových vod. Vodní hospodářství 53 (7), 2003, 185–187.

[10] Beneš, O., Bartoš, L., Hušková R. Aktivní uhlí a možnosti odstraňování mikropolutantů. SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací, číslo 7–8/2012, s. 29/241-32/244.

Nástroje pro zmírnění dopadů sucha na systémy zásobování vodou

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.[1]; doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.[2]

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, Brno
1) tel.: 541 147 723, *tomas.kucera@vut.cz*
2) tel.: 541 147 721, *raclavsky.j@fce.vutbr.cz*

ÚVOD

Hydrologické sucho má negativní vliv na kvalitu a množství dostupné vody a tím i rozhodující vliv na plynulé zásobování pitnou vodou. Je proto nezbytné v předstihu plánovat a připravovat organizační i technicko-technologická opatření pro plynulé zabezpečení zásobování pitnou vodou. Jedna z vhodných opatření jsou propojování vodovodů a vodárenských soustav nebo změna způsobu nakládání s odpadními vodami vznikajících při procesech úpravy vody.

Pro navrhování smysluplných a účinných opatření pro zvládání účinků sucha ve vodárenských systémech je zásadní nejprve porozumět samotnému jevu sucha. Sucho je přírodní jev, který součástí opakujících se výkyvů počasí, má mnoho podob, avšak společným znakem je nedostatek vody [5].

Sucho je nutné také nějakým způsobem definovat, monitorovat jeho výskyt a do budoucna stále studovat. Samotných definic pro sucho vznikla celá řada. Pravděpodobně nejjednodušším vymezením pojmu sucho je věta: „Sucho je nedostatek vody“. Tato definice je krátká a výstižná, ale pro technickou praxi nedostačující. Proto je nutné sucho charakterizovat širšími definicemi, aby bylo možné určit příčiny a dopady sucha na naši společnost. Například Kakosova definice sucha říká, že: „Sucho je velmi neurčitý, avšak v meteorologii často užívaný pojem, znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo i v atmosféře.“

Sucho obvykle dělíme na čtyři typy, a to podle dominujících projevů:

- meteorologické – záporná odchylka srážek od normálu během určitého časového období;
- zemědělské – půdní sucho, nedostatek vláhy pro plodiny;
- hydrologické – významné snížení hladin vodních toků a podzemní vody;
- socioekonomické – dopady sucha na kvalitu života.

V České republice působí sucho problémy zejména v zemědělství a lesnictví, ale také ve vodním hospodářství, potažmo vodárenství. Můžeme tedy zavést pojem vodárenské sucho, které se projevuje snížením vydatnosti vodních zdrojů až jejich úplným vyčerpáním vedoucí k výpadkům v dodávce vody různé intenzity. Vodárenské sucho se projeví v návaznosti na hydrologické sucho. Takový nedostatek má dopady na kvalitu života, proto toto vodárenské sucho označujeme jako socioekonomického typu.

Příklady vodárenského sucha

Zkušenosti z posledních let naznačují, že výkyvy počasí, mezi které patří sucho, stejně tak jako povodně, se budou opakovat. Zatímco pro případy povodní jsou na základě mnoha desítek let zkušeností s tímto jevem k dispozici dostatečně zakotvené postupy, ať už legislativního, tak i technického charakteru, na období sucha není společnost po této stránce připravena. V dlouhých obdobích sucha může dojít k nedostatku vody ve zdrojích a následně k problémům v zajištění zásobování obyvatel pitnou vodou.

Jako konkrétní případ dopadů extrémního sucha na vodárenské systémy je například sucho ve Španělsku v roce 2008. V jarním období byla suchem nejvíce zasažena oblast Katalánska, kde lidem hrozilo omezení spotřeby vody. Místní vláda rozhodla, že se voda začne dovážet po moři v tankerech, a to z Francie do Barcelony. Přímo v Barceloně poklesly zásoby vody na pouhou pětinu. Úřady měly nařízeno uzavřít zásobní řady, jakmile stav poklesne na 15 %. V té době byl od října úhrn dešťových srážek asi 40 % pod dlouhodobým průměrem [1].

Dalším případem omezení dodávek pitné vody je sucho ve Velké Británii v zimě 2011. Dlouho trvající sucho zapříčinilo nedostatečné doplnění podzemních a povrchových zdrojů vodou. V souvislosti se suchem byl následně vydán zákaz využívání vody z vodovodu k zalévání, k plnění jezírek i k očistě venkovních ploch. Porušení tohoto zákazu bylo pod hrozbou pokuty 1000 liber. Problémy se suchem ukončily až přívalové deště, které ale na mnoha místech v Británii způsobily záplavy. Po třech měsících byla zmíněná zákazová opatření odvolána, protože došlo k obnově zásob podzemní vody, které slouží jako hlavní zdroj pro dodávky do domácností [2].

Parametry sucha

Sucho má několik parametrů, kterými ho lze popsat. Jsou to začátek a konec období sucha, délka trvání a intenzita. Každé kombinaci uvedených parametrů odpovídající následky – hovoří se též o závažnosti sucha. Dále je rozpoznáváno sucho stálé, sezónní či sucho způsobené proměnlivostí srážek.

Mezi hydrologickým suchem a následným vodárenským suchem může být různá časová prodleva, jelikož ve vodárenských systémech pracujeme s určitým akumulovaným objemem vody, který je podle potřeby distribuován v čase. Právě na způsobu a velikosti akumulace vody a rovněž způsobu distribuce vody v čase a prostoru záleží, kdy a s jakou intenzitou se projeví sucho vodárenské. Mohou nastat případy, kdy se vodárenské sucho projeví téměř okamžitě a se stejnou intenzitou jako sucho hydrologické. Naopak vodárenský systém může být nastaven tak, že projevy hydrologického sucha budou přeneseny pouze mírně nebo vůbec.

Zatímco opačný hydrologický extrém, povodně, umíme kvantifikovat a jasně definovat, pojem vodárenské sucho není doposud blíže uchopen, ani nejsou ujasněny postupy pro kvantifikaci tohoto jevu, tj. stanovení míry ohrožení vodárenských systémů nedostatkem vody vinou sucha. Vyjádřit intenzitu vodárenského sucha je možné různými způsoby, a to například časovým údajem či ekonomicky. Jednou z možností vyjádření je použít dobu fungování systému s dočasným omezením, jako počet dnů, kdy byla dodávka vody omezena částečně či úplně.

Legislativa

V roce 2015 Vláda ČR reagovala na tehdejší suché období usnesením [7] opravňujícím k přípravě opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. Tomuto usnesení již předcházela příprava Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky. Usnesení vznáší požadavek na přípravu návrhu obsahu plánů, které by měly koordinovat činnost v období sucha a nedostatku vody [3].

V přípravě je též novela zákona o vodách, konkrétně zcela nová hlava zákona *„Zvládání sucha a stavu nedostatku vody“*. Mezi nové nástroje má patřit *„Plán pro zvládání sucha a nedostatku vody“* jakožto základní operativní dokument pro zvládání sucha a nedostatku vody. Plán je primárně určen pro vypracování na úrovni státu, krajů a pro obce s rozšířenou působností, není ale nemožné koncept převést i na menší subjekty [6], pokud by to situace vyžadovala. Plán by měl zastávat funkci dokumentu, jenž bude sloužit ke koordinaci činností v daném území v období sucha a nedostatku vody. Dokument by měl popisovat území z hlediska vodních zdrojů a systému zásobování vodou, organizačních a technických opatření, potřebných k odvrácení nebo zmírnění škod v oblasti základních lidských potřeb a majetku, hospodářské činnosti a životního prostředí souvisejících s nároky na vodu v období sucha [4]. Vzorový plán pro zvládání sucha a nedostatku vody byl zpracován pro konkrétní lokalitu – město v [6]. V případě hrozícího sucha a nedostatku vody je takový plán dobrým základem ke zvládnutí takto specifické situace.

Uvedené usnesení vlády dalo také podnět ke zpracování dokumentu „Revize funkčnosti stávajících propojení a zjištění potenciálních možností nových propojení vodárenských soustav za účelem optimalizace distribuce pitné vody v období sucha “zkráceně nazývaného „PRVKÚ ČR – sucho“, který byl zpracován v letech 2015-2016.

NÁSTROJE PRO ZVLÁDÁNÍ SUCHA

Koncepce opatření pro zvládání sucha, by měla být výsledkem důkladného plánování a monitorování v oblasti vodárenských systémů a jejich zdrojů.

Možná inspirace v oblasti zvládání sucha by mohla být převzata např. z USA, kde se ve vnitrozemských státech potýkají se suchem a nedostatkem vody daleko častěji. Většina států má vypracovaný samostatný dokument pro zvládání sucha a ochranu vodních zdrojů, např. [8].

Opatření pro zvládání sucha je možné rozdělit podle charakteru na organizační a technicko-technologická a také z časového hlediska na tři základní druhy, a to na:

- preventivní,
- operativní,
- a krizová.

Preventivní opatření mají za cíl především chránit zdroje vody a v budoucnu zmírňovat dopady sucha na vodárenské systémy. Daná opatření můžeme považovat za dlouhodobé úkoly, které zahrnují převážně změny ve vodní politice a v politice rozvoje samotných vodárenských systémů. Z preventivního hlediska byl měl být při návrhu všech opatření kladen důraz na efektivnější hospodaření s vodou ve vodárenských systémech (jak surovou, pitnou, dešťovou, tak i čištěnou), a také na využití pokročilých technologických postupů. K těmto typům opatření patří např. úprava legislativy, návrh indikátorů sucha, zvyšování retenční schopnosti krajiny, zasakování dešťových vod, budování nových nádrží, pořizování záložních zdrojů a propojování soustav, intenzifikace stávajících zdrojů, ale i snížení ztrát vody či znovuužití odpadní vody aj.

Operativní opatření navazují na ta preventivní, jsou realizována až v době, kdy nedostatek vody nastane. Realizování daných opatření navazuje na vyhlášení různých stupňů aktivity podle navržených indikátorů. Na návrhu a realizaci operativních opatření, která jsou spíše technického rázu, se mají podílet především provozovatelé vodovodních sítí. Ze skupiny operativních opatření můžeme jmenovat např. metody rozhodování v době sucha, omezení odběrů vody, zvyšování vodného, zprovoznění propojů či náhradních zdrojů vody.

Krizová opatření jsou pak realizována v době, kdy nedostatek vody dosáhne závažnosti a rozsahu, které nebyly předpovídány. V době krize zpravidla dochází k úplnému přerušení dodávky vody, je třeba zajistit náhradní zásobování vody pro obyvatele např. v podobě rozvozu vody cisternami, rozvozu balené vody, použití kontejnerových úpraven, …

Konkrétní případy

Na vytváření opatření by se měly podílet subjekty, kterých se problematika sucha týká, mezi nimi i vodárenské společnosti. Jednotlivá opatření mají být taková, aby v dlouhodobém i krátkodobém (okamžitém) horizontu vedly ke zmírnění projevů sucha ve vodárenských systémech a také ke snížení či vyrovnání deficitu vodních zdrojů v období sucha. Výše bylo vyjmenováno několik opatření různého charakteru pro zvládání sucha. Mezi nejčastěji zvažované preventivní opatření technicko-technologického charateru připadá propojování vodárenských soustav, ať už to jsou propoje mezi sousedními obcemi či vzájemně mezi významnějšími skupinovými vodovody. V těchto případech musí být vydiskutovány dostupné technické možnosti propojení a kapacity převodu vody mezi jednotlivými systémy, stejně tak musí být vyřešeny otázky legislativní a právní. Účinnost takového propoje však musí být v rámci návrhu opatření jednoznačně prokázána. Níže uvádíme náhled na topologii dvou skupinových vodovodů, u nichž je navrhováno vzájemné propojení. Kapacita je prokazována pomocí simulačních modelů tak, aby bylo zřejmé, jak se propojený systém bude v době krize, tj. za sucha chovat a s jakými kapacitami je možné počítat v jednotlivých částech sítě.

Obr. 1 *Topologie propojených systémů*

Jiným příkladem preventivního opatření technologického charakteru je změna způsobu nakládání s odpadní vodou pro praní filtrů na konkrétní úpravně vody.

Jedná se o dvoustupňovou úpravnu vody, která využívá filtraci přes křemičitý písek a GAU s koagulací a ozonizací, surová voda je odebírána z vodárenské nádrže. Na této konkrétní úpravně vody byla provedena studie [9], zda je možné zahájit provoz, který by vedl k efektivnějšímu hospodaření s prací vodou z filtrů, a to s cílem využívat prací vodu odpadní a vracet ji zpět do procesu úpravy, s tím že za současného stavu již 5 % (objemových) nátoku na úpravnu tvoří vratná prací voda. Cílem studie bylo ověřit, zda je možné tento podíl navýšit až na 10 %. I když prvotní záměr studie byl přinést finanční úsporu v podobě menších objemů jímané surové vody a na druhé straně vypouštěné vody odpadní, lze takové hospodaření s prací vodou prezentovat jako preventivní opatření ve vztahu k suchu.

Pro posouzení, zda lze vracet větší množství prací vody, proběhly 2 etapy ověření možnosti provedení záměru. Během první etapy byly sledovány v surové, upravené a prací vodě (čerstvé i odsazené) vybrané ukazatele (zákal, barva, chemická spotřeba kyslíku, koncentrace hliníku, železa a manganu a některé mikrobiologické ukazatele). V rámci první etapy bylo provedeno vyhodnocení naměřených hodnot ukazatelů a výpočet hodnot ukazatelů po navýšení podílu vrtané vody. Následně v rámci druhé etapy byly provedeny koagulační zkoušky ve směsné vodě s 10 % podílem prací vody.

Druhá etapa měření prokázala, že přimíchávání 10 % vratné prací vody do vody surové by mělo být možné a nemělo by způsobovat žádné provozní problémy. Kromě výrazného zlepšení hospodaření s vodou byl prokázán i přínos finanční. Zvýšení podílu prací vody na nátoku do úpravny přinese úsporu v řádech statisíců korun v podobě menších objemů jímané surové vody a na druhé straně vypouštěné vody odpadní. Při objemu surové vody cca. 1,9 mil. m^3/rok a objemu prací vody 201 tis. m^3/rok a při podílu prací vody ve vodě surové je možné využít takto prací vody o objemu 133 tis. m^3/rok. Finanční úspora v těchto objemech byla kalkulována ve výši cca. 880 tis. Kč ročně.

ZÁVĚR

Sucho je přírodní jev, se kterým se dosud ve vodárenství příliš nepočítalo. Podnební podmínky v posledních letech však ukazují, že opatření pro zvládání sucha má smysl navrhovat – podobně, jako opatření proti povodním. Výčet možný opatření je poměrně široký, jejich výběr však musí být odpovídají konkrétní situaci a u navržených opatření musí být vždy prokázán jejich přínos v období sucha.

Literatura a odkazy

[1] Španělsko trápí největší sucho za půl století. *Novinky.cz* [online]. 2008, 8. dubna 2008 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: http://www.novinky.cz/zahranicni/evropa/ 137085-spanelsko-trapi-nejvetsi-sucho-za-pul-stoleti.html

[2] Anglie má málo vody. Zakázali zalévat zahrady. In: *Lidovky.cz* [online]. 2012, 5. dubna 2012 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: http://www.lidovky.cz/anglie-ma-malo- vody-zakazali-zalevat-zahrady-fmh-/zpravy-svet.aspx?c=A120405_144143_ln_ zahranici_mtr

[3] Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky. In: *EAGRI* [online]. 2017 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/545860/Koncepce_ochrany_pred_nasledky_sucha_pro_uzemi_CR.pdf

[4] VLNAS, R. Návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2018., roč. 60, č. 5, str. 40–44. ISSN 0322-8916.

[5] MACHAČ, Tomáš. Opatření v systémech zásobování vodou v době sucha. Brno, 2013. 45 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

[6] BAKOTA, Filip. *Plán pro zvládání sucha a nedostatku vody.* Brno, 2019. 117 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

[7] Usnesení Vlády ČR č. 620 ze dne 29. července 2015.

[8] WERICK, William J. *National Study of Water Management During Drought: The Report to the U.S. Congress*. USA: DIANE Publishing, 1995, 56 s.

[9] HANUŠOVÁ, Veronika. *Optimalizace využití vratné vody na úpravně vody.* Brno, 2018. 118 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

[10] UNITED NATIONS, World Meteorological Organization [and] International Strategy for Disaster Reduction. *Water and disasters: be informed and be prepared* [online]. Geneva: World Meteorological Organization, 2004. ISBN 978-926-3109-712.

[11] Finfrlová, P. *Příprava na krizovou situaci následkem sucha.* Konference SOVAK ČR, Plzeň, 2010.

[12] BEEK, Daniel P. Loucks and Eelco van. *Water resources systems planning and management: an introduction to methods, models and applications*. Paris: UNESCO, 2005. ISBN 92-310-3998-9.

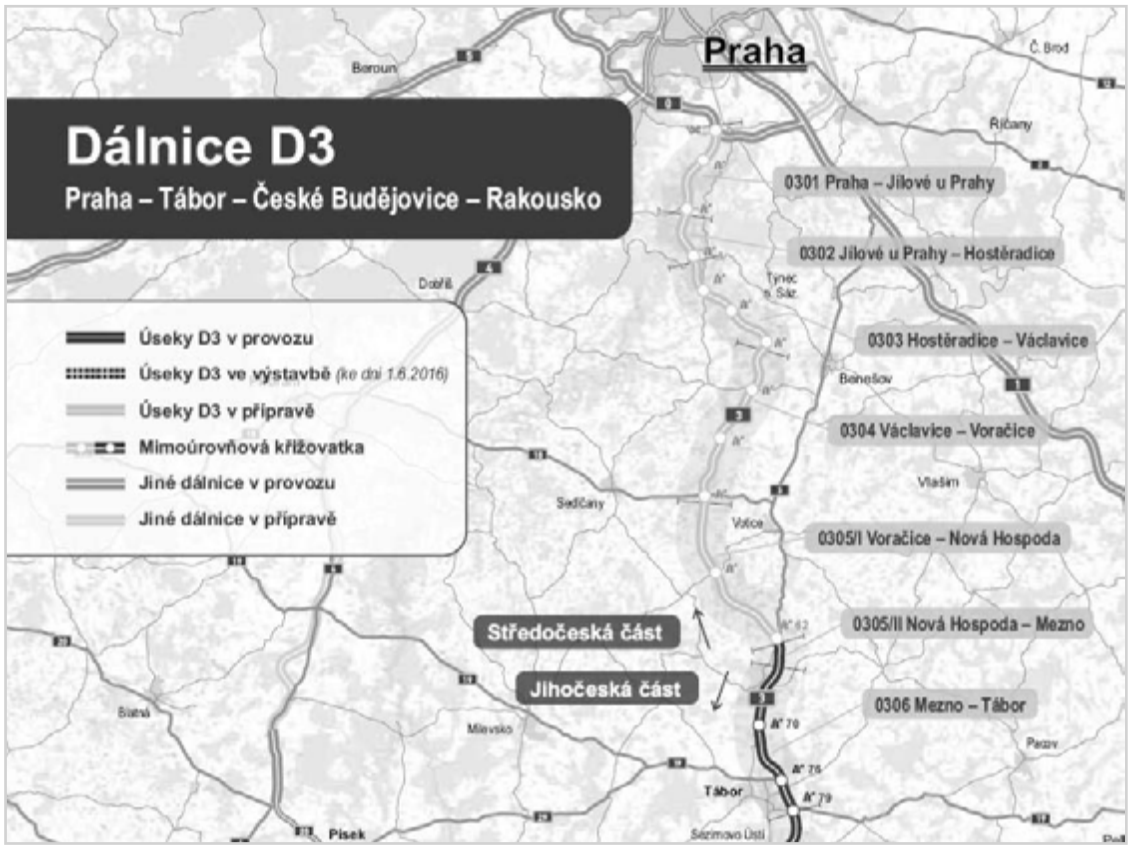
Rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3

Ing. Michal Studničný[1]; Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.[2]; Ing. Jan Cihlář[3]

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřežní 4, 150 56 Praha 5
1) tel. 257 110 341, mail: *studnicny@vrv.cz*
2) tel. 257 110 287, mail: *kasal@vrv.cz*
3) tel. 257 110 296, mail: *cihlar@vrv.cz*

Úvod

Cílem příspěvku je seznámení s projektem „Rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3“ (VS D3) [1]. Projekt řeší zásobování pitnou vodou v jižní části Středočeského kraje podél plánovaných úseků dálnice D3 tzv. „Středočeská část“ 0301 – 0303 Praha – Václavice, 0304 Václavice – Voračice a 0305/I Voračice – Nová Hospoda.



Obr. 1 *Plánované úseky dálnice D3 (Zdroj: ŘSD)*

Očekávaný nárůst počtu obyvatel ve Středočeském kraji a z něho vyplývající nárůst potřeby vody v kombinaci s trendem snižování vydatnosti podzemních zdrojů vlivem sucha u individuálního zásobování a lokálních vodovodů, které jsou v zájmové oblasti jihu Středočeského kraje značně zastoupeny, vyvolává potřebu kvalitního a dostatečně zabezpečeného zdroje. Jako tento zdroj se nabízí vybudování vodárenské soustavy umožňující napojení lokálních vodovodních sítí na centrální zdroj pitné vody. Tato myšlenka v kombinaci s aktuálně projektovanou dálnicí D3 a s jejím možným ovlivněním místních zdrojů vyústila v zařazení projektu vodovodního přivaděče v koridoru budoucí dálnice D3 mezi strategické projekty Středočeského kraje.

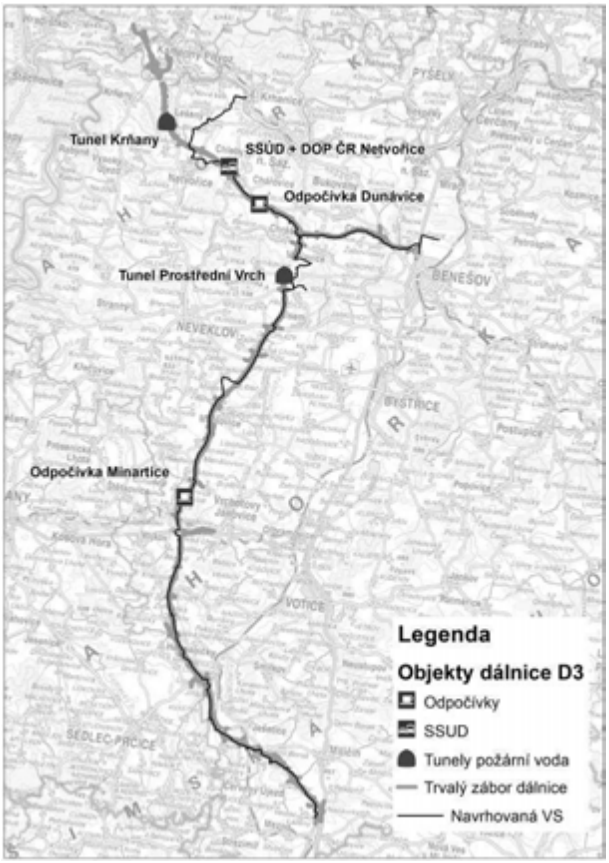
Název projektu:	Rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3
Investor projektu:	Středočeský kraj
Zpracovatel projektu:	Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. (Sweco Hydroprojekt a.s., Aqua Procon s.r.o.)
Investor stavby:	Probíhají jednání s cílem výběru investora

Potřeba vody

Celková potřeba vody, kterou bude pokrývat VS D3, se skládá z potřeby vody pro objekty vybavenosti dálnice D3 a pro zásobování spotřebišť v přilehlých lokalitách.

Potřeba vody pro provozní objekty dálnice D3:

Předpokládá se zajištění běžné potřeby vody pro objekty Dopravní policie ČR, Středisko správy a údržby dálnice Netvořice, odpočívku Dunávice a odpočívku Minartice. Dále bude nutné pro výše zmíněné objekty včetně tunelů Krňany a Prostřední Vrch zajistit požární vodu. Vzhledem k faktu, že projekt „Středočeské“ části dálnice D3 je již podán na příslušné úřady a čeká na územní rozhodnutí, bylo v projektu VS D3 použito navržené vodohospodářské řešení zásobování provozních objektů pitnou vodou. Toto řešení bylo upraveno tak, aby spolupůsobilo v rámci jednotné vodárenské soustavy.



Obr. 2 *Mapa provozních objektů dálnice D3*

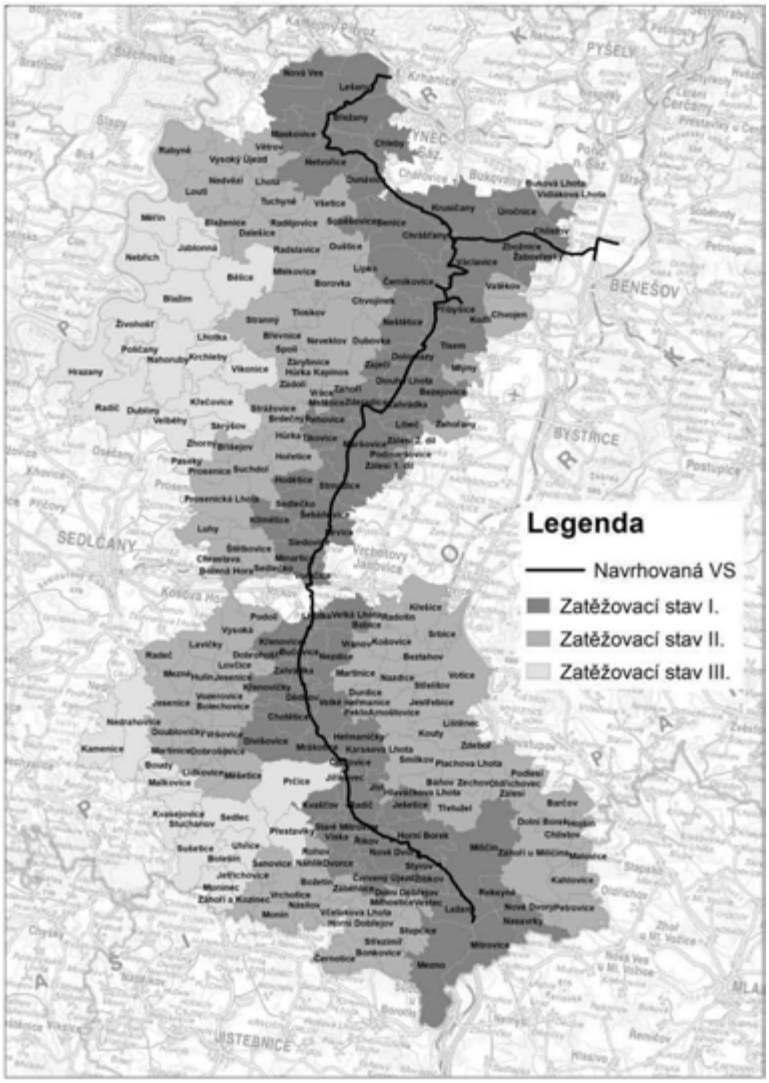
Potřeba vody pro spotřebiště:

Na základě zpracované studie proveditelnosti [2] byl stanoven rozsah území (města, obce, místní části), které v budoucnu bude možné zásobovat z navrhované vodárenské soustavy. Ve studii byly uvažovány dvě varianty rozsahu zásobovaného území. První varianta uvažovala s napojením obcí do 1 km, druhá varianta do 5 km od osy dálnice. Po dokončení studie proveditelnosti a medializaci jejích závěrů projevily zájem o možnost napojení i obce za pomyslnou pětikilometrovou hranicí. Takto vznikl další zatěžovací stav č. III., na který jsou ve výhledu navrženy parametry vodárenské soustavy. Na základě údajů Českého statistického úřadu byly pro všechny tři rozsahy zájmového území (Obr. 3) v hydraulické analýze systému předcházející projektové dokumentaci [3] stanoveny počty trvale žijících obyvatel. Ve výhledovém stavu bylo uvažováno s předpokladem mírného navýšení počtu zásobených obyvatel o 10 % oproti současnosti. Navýšení počtu obyvatel lze podložit

celkovým trendem Středočeského Kraje, kdy dochází k postupnému zvyšovaní počtu obyvatel s trvalým pobytem vlivem migrace z jiných krajů ČR. Dále lze předpokládat, že vlivem výstavby dálnice D3 dojde k výraznému zlepšení dopravní dostupnosti a tím zvýšení zájmu o bydlení v celé této lokalitě.

Zatěžovací stav I.
Zatěžovací stav I. uvažuje se stavem těsně po dostavbě navrhovaného přivaděče v koridoru dálnice D3, kdy se předpokládá s napojením spotřebišť pouze v těsné blízkosti tělesa dálnice (do 1 km). Současně se předpokládá s napojením všech objektů vybavenosti navrhované dálnice (2x odpočívka, 1x SSÚD a 2x požární voda pro dálniční tunely).

Zatěžovací stav II.
Zatěžovací stav II. uvažuje se stavem, kdy dojde k napojení všech spotřebišť uvažovaných ve studii proveditelnosti (do 5 km). Stejně jako v případě zatěžovacího stavu I., se předpokládá s napojením všech objektů vybavenosti navrhované dálnice (2x odpočívka, 1x SSÚD a 2x požární voda pro dálniční tunely).



Obr. 3 *Předpokládaný rozsah napojovaných spotřebišť*

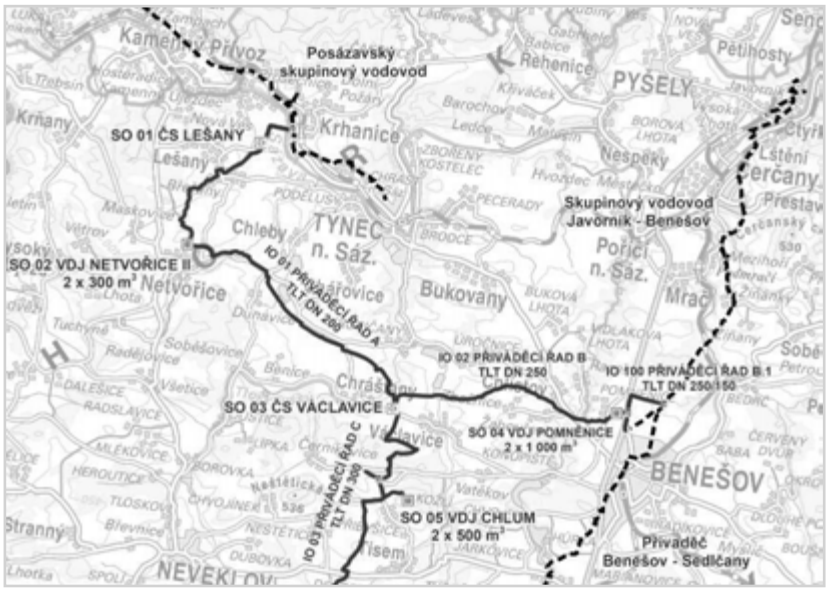
Zatěžovací stav III.
Zatěžovací stav III. uvažuje se stavem, kdy dojde k napojení všech spotřebišť v rámci celého řešeného území. Stejně jako v případě zatěžovacího stavu I. se předpokládá s napojením všech objektů vybavenosti navrhované dálnice (2x odpočívka, 1x SSÚD a 2x požární voda pro dálniční tunely).

Tab. 1. *Počet zásobovaných obyvatel dle jednotlivých zatěžovacích stavů*

Zatěžovací stav	Počet spotřebišť	Počet zásobených obyvatel	
		stávající stav	výhledový stav
I.	78	6 655	8 496
II.	198	16 835	19 694
III.	231	20 326	23 534

Zdroje pitné vody

VS D3 má dva zdroje vody. Jedním z nich je napojení na Posázavský skupinový vodovod (PSV) v obci Krhanice a druhým je napojení na skupinový vodovod Javorník – Benešov (SVJ-B). Oba zdroje využívají vodu z vodárenské nádrže Švihov (ÚV Želivka).



Obr. 4 *Napojovací místa VS D3*

<u>Posázavský skupinový vodovod (PSV):</u>
Posázavský skupinový vodovod byl uveden do trvalého provozu v roce 1989. V současné době PSV zajišťuje zásobování jihovýchodní části okresu Praha – západ mezi obcemi Davle, Hradištko, Krhanice a Jílové u Prahy. Zdrojem vody pro PSV je výhradně voda převzatá ze zdroje ÚV Želivka. Na skupinový vodovod je v současné době napojeno cca 16 500 obyvatel (včetně města Týnec nad Sázavou a skupinového vodovodu VOVEVRA). Vzhledem k rekreačnímu využití území je dále evidováno cca 23 500 přechodně bydlících obyvatel.

Vlastník: Účelové sdružení obcí Posázavský vodovod.
Provozovatel: Vodohospodářská společnost Benešov, s.r.o.
Zdroj vody: Čerpací stanice Vestec, štolový přivaděč Želivka (ÚV Želivka)

Napojení VS D3 na PSV je navrženo v nově budované předávací šachtě v obci Krhanice.

<u>*Skupinový vodovod Javorník – Benešov (SVJ-B):*</u>
Skupinový vodovod slouží k zásobování města Benešov a obcí Čerčany, Čtyřkoly, Javorník, Mrač, Mirošovice a Senohraby pitnou vodou. Dále je voda předávána ve směru na Sedlčany. Vodovodní přivaděč je zásoben vodou ze štoly z ÚV Želivka do Prahy. Odběrné místo je štola Javorník, jedná se o vodu převzatou. Hlavní přiváděcí řad skupinového vodovodu (TLT DN500) byl uveden do provozu v roce 2016 a nahradil tak původní řad ocelový téže dimenze.

Vlastník: Vodovodní přivaděč Javorník – Benešov, dobrovolný svazek obcí.
Provozovatel: Vodohospodářská společnost Benešov, s.r.o.
Zdroj vody: Štolový přivaděč Želivka – Praha (ÚV Želivka).

Pro možnost napojení VS D3 bude nutné vybudovat nový vodovodní řad mezi stávajícími objekty armaturní šachty Tužinka na vodovodním přivaděči Javorník – Benešov a vodojemem Červené Vršky. Na tomto řadu bude v armaturní šachtě předávací místo pro potřeby VS D3.

Kapacity vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3

Vodárenská soustava v koridoru dálnice D3 slouží jako páteřní systém dopravy pitné vody do regionu jižní části Středočeského kraje s předem připravenými předávacími místy umožňujícími budoucí napojení okolních spotřebišť. Součástí stavby je cca 62,3 km vodovodních řadů z tvárné litiny v dimenzích DN 150-300 včetně čtyř vodojemů a čtyř čerpacích stanic. Navrhované vodojemy mají kapacity 2x 300 m^3, 2x 1 000 m^3, 2x 500 m^3 a 2x 1 000 m^3 a slouží k zajištění zásoby vody pro předpokládaná spotřebiště po dobu 24 hodin. Podmínkou připojení na VS bude, aby každé napojované spotřebiště mělo vlastní vodojem s kapacitou minimálně dalších 24 hodin. Tento požadavek vyplývá z doporučení na zásobu pitné vody v systému po dobu minimálně 48 hodin při odstávce štoly. Čerpací stanice jsou navrženy na dopravu vody pro zatěžovací stav I. s možností budoucího doplnění čerpadel umožňujícího pokrýt zatěžovací stav III.

Obr. 5 *Situace navrhované vodárenské soustavy*

Závěr

Trasa dálnice D3 na území Středočeského kraje prochází územím, které je již dnes velmi ohroženo negativními dopady sucha se stále se zvyšujícími riziky nedostatku vody. Potřebu náhradního zásobování pitnou vodou včetně dovozu pitné vody do vodojemů v obcích ležících v této části Středočeského kraje prokázaly zkušenosti posledních několika let a to zejména z letních období.

Výstavbou dálnice dojde k dalšímu ohrožení individuálních zdrojů pitné vody (studny) i lokálních vodovodních systémů, připojených na místní zdroje (studny, vrty). Předpokládá se, že k jejich ovlivnění dojde jak během výstavby dálnice, tak během jejího následného provozu.

Na tyto skutečnosti lze reagovat rozšířením středočeské vodárenské soustavy využívající vodu z nádrže Želivka výstavbou vodovodního přivaděče vedeného v koridoru budoucí dálnice D3. Zdroji vody budou skupinový vodovod Javorník – Benešov a Posázavský skupinový vodovod. V současné době je zpracován koncept dokumentace pro územní rozhodnutí a je prováděna inženýrská činnost. S propojováním vodovodních systémů je uvažováno jako s důležitým opatřením v oblasti posilování odolnosti vodárenských

systémů proti suchu a územnímu nedostatku vody již v usnesení vlády České republiky ze dne 29. 7. 2015, které zadalo přípravu realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody.

Připojením vodovodů na vodovodní přivaděč v koridoru dálnice D3 se umožní spolehlivé zásobování až 23,5 tis. obyvatel středočeského regionu pitnou vodou a současně se zajistí i pokrytí provozních potřeb souvisejících se správou dálnice D3.

Trasou přivaděčů a objekty vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3 je dotčeno okolo tisíce parcel. Majetkoprávní projednání takového počtu pozemků je velice složité. Právě myšlenka zjednodušení tohoto projednání stála u zrodu vize rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3. Původním záměrem bylo upravit vodohospodářskou infrastrukturu pro potřeby objektů dálnice z projektu tak, aby vznikla vodárenská soustava umožňující i zásobování okolních spotřebišť. Úpravy měly být zahrnuty do projektové dokumentace pro územní rozhodnutí úseků „Středočeské“ dálnice D3. K této úpravě však nedošlo.

V současnosti jsou sledovány dvě cesty umožňující vydání územního rozhodnutí. První cestou je zajištění majetkoprávního vypořádání s vlastníky pozemků, které nejsou dotčeny trvalým záborem dálnice a následným využitím pozemků, které budou vykoupeny, případně vyvlastněny pro potřeby dálnice D3.

Druhou cestou je zařazení vodárenské soustavy jako strategické stavby reagující na hrozbu sucha do zásad územního rozvoje Středočeského kraje, čímž by stavba mohla využít zákona č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací v platném znění. Požadované zařazení vodovodního přivaděče v koridoru dálnice D3 mezi stavby vodní infrastruktury uvedené v příloze zákona by umožnilo zásadní urychlení procesu územní přípravy tohoto klíčového vodárenského projektu souvisejícího s připravovanou stavbou dálnice D3, která je v příloze tohoto zákona již uvedena.

Literatura

[1] Rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3, DÚR, 10/2019 – koncept, VRV a.s.

[2] Dálnice D3 „Středočeská část“ Praha – Nová Hospoda možnosti rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3, studie proveditelnosti, 12/2016, VRV a.s.

[3] Dálnice D3 „Středočeská část“ Praha – Nová Hospoda rozšíření vodárenské soustavy v koridoru dálnice D3, Hydraulická analýza navrhovaného vodovodního systému, 3/2019, VRV a.s.

Regulační membránové ventily Cla-val a jejich využití ve funkci protirázové ochrany vodovodních řadů

Ing. Jiří Ševčík

ATJ special s.r.o.

Úvod

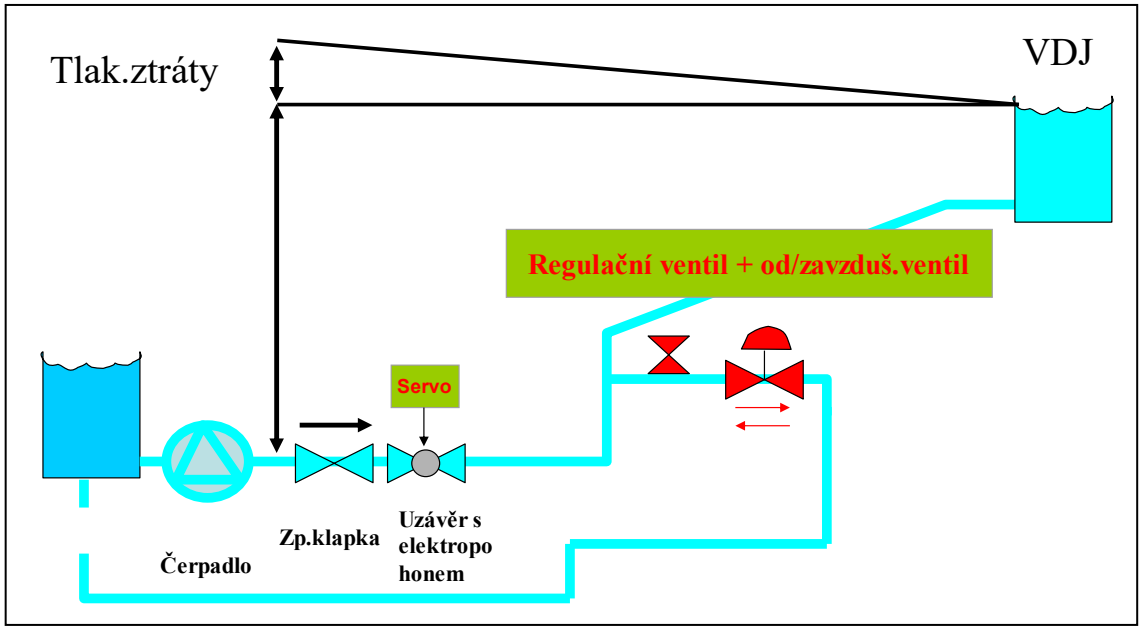
Problematika hydraulických rázů na vodovodních přivaděčích je velmi široká a využití membránových ventilů v této aplikaci je závislé na mnoha faktorech. Mezi základní podmínky (provozní stavy), které ovlivňují volbu (případně zda je vhodné použití) vhodného typu regulačního ventilu se řadí především to, zda se jedná o systém čerpání / gravitační systém, nebo se jedná pouze o transportní systém, nebo zda jde o propojení s distribučním řadem a důležité je též zda lze využít jiných tlaků (dva výtlaky atd.) případně protitlaku z akumulace vodojemu. Autor zde čerpá z mnohaleté spolupráce s předními odborníky v oboru a výsledky alternativních protirázových opatření konfrontuje s výpočtovým programem SW DYNSIP a v daných situacích pak také přímé osazení ventilů a následně jejich chování v provozu.

Aktivní protirázová ochrana

Membránové regulační ventily jako zcela autonomní zařízení jsou v základním vybavení nezávislé na elektrické energii a současně i na lidském faktoru. Aktuální řešení daného stavu
a následně případné použití tohoto typu regulačního ventilu přirozeně vyplývá většinou přirozeným stavem věcí jako např. zastaralé nebo již aktuálně nefunkční protirázové nádoby, potřebná výměna čerpacích zařízení s menším odběrem el. energie, požadavek na zmenšení světlosti výtlačného potrubí, nefunkční automatické od/zavzdušňovací ventily po trase výtlaku a případně i jiný způsob ovládání čerpacích zařízení s ohledem na změny v sezónních potřebách odběrů atd.

Důvodem takovéhoto způsobu řešení protirázové ochrany je často nesprávná regulace systému nebo neočekávané stavy při chodu čerpací stanice anebo jiné krizové stavy, které mohou s jistou (byť velmi malou) pravděpodobností nastat. Charakteristické pro toto použití regulačního membránového ventilu je, že ventil pracuje velmi zřídka tj. je velmi dlouhou dobu uzavřen a tudíž musí být pro tento provoz speciálně vybaven proti riziku inkrustace, vodního kamene atd. Očekává se pak vhodná reakce ventilu spojená s rychlostí a vhodnou průtočností tak, aby systém „zůstal “ tlakově ve vhodných limitech. Ventil je osazen většinou na odbočce z výtlaku a je zapojen buď zpětně do sací předlohy čerpadel nebo do odpadu případně zpět do akumulace. Tento způsob ochrany osobně považuji až jako řešení následku a nikoliv příčiny předcházející vzniku rázové vlny. Nicméně i tak bylo dosaženo v různých lokalitách uspokojivých „zrovnoměrnění“ tlakových excesů a odstranění nebezpečných tlakových špiček.

Schéma aktivní protirázové ochrany:



Nevýhody tohoto způsobu řešení spočívají v těchto bodech:

1) Omezená rychlost reakce ventilu – v závislosti na délce výtlaku resp. rychlosti rázové vlny.
2) Malá výtlačná výška (H) = riziko stavu podtlaku – tomu regulační ventil neumí čelit.
3) Kam odpustit větší množství vody při rázu?

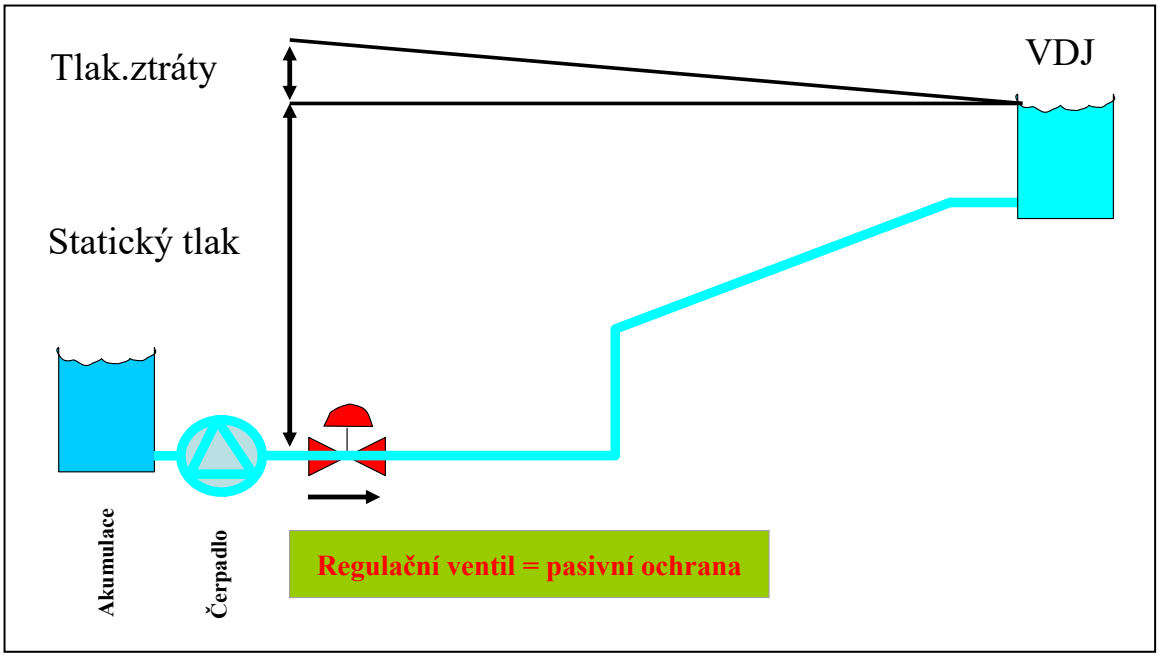
Možnost osazení regulačního ventilu – obrázek:

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. - ČS Ořešín

Pasivní protirázová ochrana

Tento způsob řešení protirázové ochrany vodovodního systému se osvědčil a nabízí sofistikované a koncepční řešení, které stabilně využívá linearity chování membránového ventilu a to při všech běžných provozních stavech – tedy při každém startu a každém odpínání čerpadla – režim odpínání čerpadla bývá většinou rázově nevýhodnější a to zejména při čerpání 1+1. Vlastní regulační ventil se osazuje za každé čerpadlo zvlášť a ventil sám nahrazuje dvě konvenční armatury a také někdy bývá v rohovém provedení, tedy svou speciální konstrukcí nabízí úsporu místa a přitom poskytuje velmi malou tlakovou ztrátu. Celý proces rozběhu / doběhu čerpadla pak pracuje do tzv. uzavřené armatury, resp. do uzavřeného výtlaku a je řízen za pomoci binárních kontaktů, které informují o aktuální poloze otevření ventilu. Tyto binární kontakty jsou pak součástí dodávky ventilu a jejich přesné nastavení pak zajišťuje servisní technik Cla-val nebo po zaškolení i pracovník elektro. Tento způsob ochrany osobně považuji za řešení příčiny rázu, tím že ventil pracuje dlouhodobě a prakticky kopíruje chod čerpadla, bývá ve velmi dobrém stavu (zkušenosti ze servisu).

Schéma pasivní protirázové ochrany:



Nevýhody tohoto způsobu řešení spočívají v těchto bodech:

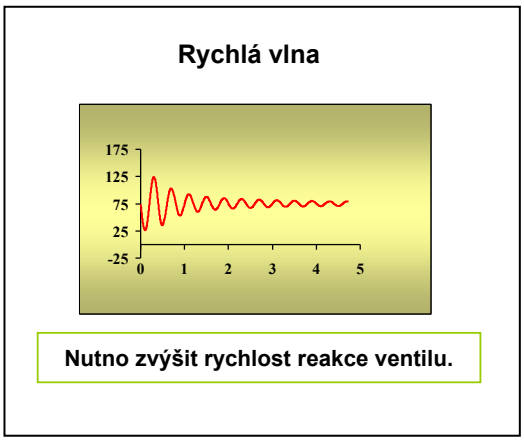
1) Pokud je čerpadlo vybaveno FM, pak je nutné upravit režim otevření ventilu (je nutné krokovat otevření / zavření ventilu tak, aby reakce ventilu odpovídala charakteristice frekvenčního měniče FM).
2) Je doporučováno osadit ventil na výtlak za každým čerpadlem, a to z důvodu snížení tlakových ztrát (osazení jednoho ventilu na společný výtlak za čerpadly není hydraulicky optimální řešení).

Možnost osazení regulačního ventilu – obrázek:

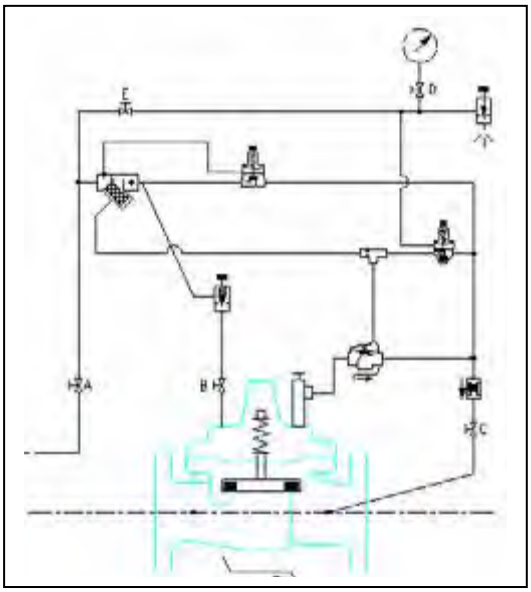
Středočeské vodárny, a.s. – UV Klíčava

Z pohledu vhodnosti použití daného regulačního ventilu mluvíme o tzv. pomalé a rychlé rázové vlně a také o velmi rychlé vlně, která je charakteristická svou podtlakovou fází zpravidla první anebo i druhá vlna následující ihned po výpadku čerpadla.

V případě tzv. rychlé vlny (délka výtlaku do 1000 m) je však nutné použít tlakovou nádobu anebo kombinovat tlakovou nádobu a ventil jako ochranu proti navýšení tlaku. V některých případech se osvědčila právě kombinace menší tlakové nádoby a regulačního ventilu, a to z důvodu úspory místa a také z důvodu flexibilnější reakce regulačního ventilu na nárůst tlaku (přetlakovou fázi vlny). Takováto reakce ventilu je velmi flexibilní a je právě to, co „potřebuje“ daný výtlačný systém, aby ventil ve velmi krátkém čase adekvátně zareagoval a nedovolil navýšení tlaků nad danou mez. Zpravidla se požaduje reakce ventilu do 5 s (tím je myšleno jeho úplné otevření).

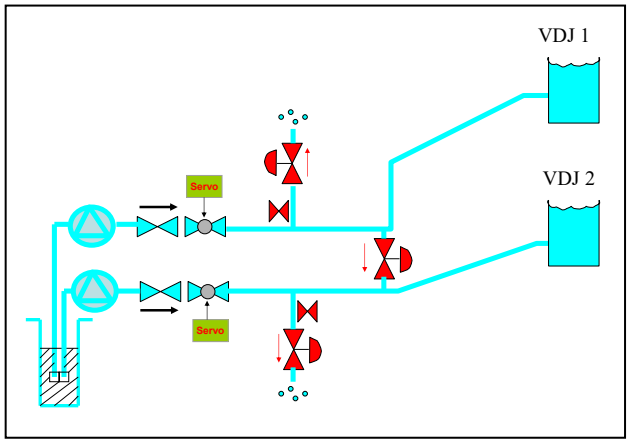


Původní způsob řešení protirázové ochrany-schéma:



V některých případech se s výhodou využilo rozdílných délek dvou výtlaků, které však byly vybaveny dvěma čerpací agregáty v rámci jedné čerpací stanice. Díky tomu, že oba výtlaky měly odlišnou charakteristiku a čerpadla byla také odlišná, docházelo k posunutým rázovým vlnám a toto posunutí bylo časové i tlakové. Jako řešení se pak použily tři ventily ve funkci aktivní rázové ochrany. První dva byly na odbočce z výtlaku a třetí ventil pak oba výtlaky propojil a využil energie z delšího výtlaku pro sanaci výtlaku kratšího.

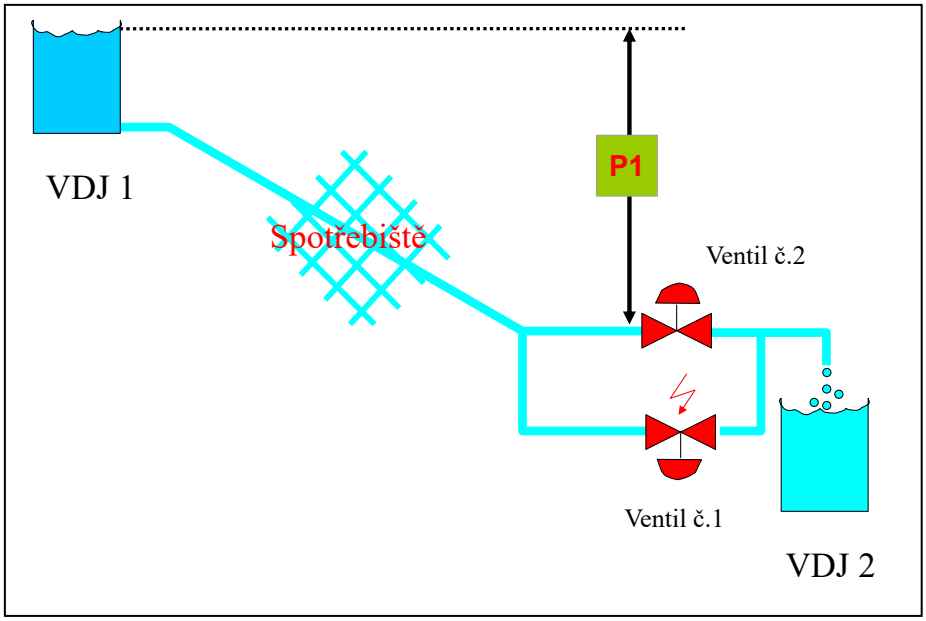
Schéma protirázové ochrany dvou výtlaků:



Použití ventilů Cla-val v areálu KIA Žilina:

V případě nátoků do větších vodojemů se hojně osvědčilo použití protirázové ochrany, která je však jen součástí ventilu, který má primárně jinou funkci. Například při plnění bezplovákovým ventilem se implementovala protirázová ochrana do řídícího okruhu ventilu tak, aby v případě jakéhokoliv nežádoucího stavu navýšení tlaku v systému nátoku došlo k její aktivaci a tím odpuštění přebytečného množství vody skrze ventil do akumulace. Tato funkce je stále aktivní a to i v případě dispečerského řízení ventilu je tlak v systému před ventilem chráněn exkluzivně hydraulicky.

Schéma protirázové ochrany - gravitační nátok:



Případ osazení bezplovákového ventilu do VV Kojetice - obrázek:

Závěr

Použití regulačního ventilu ve funkci protirázové ochrany musí předcházet důkladná studie daného vodárenského systému. Regulační ventil nebude eliminovat pokles tlaku, pokud není možné využit jiný zdroj energie! Použitím regulačního ventilu CLA-VAL je však garantována spolehlivá a velmi kvalitní ochrana proti přetlaku. Každý kvalitní regulační ventil musí zareagovat velmi rychle a přitom progresivně zavírat. Správné rychlosti reakce ventilu je možné dosáhnout různými prostředky a tím upravit vhodnou reakci ventilu a dosáhnout tak souladu s předpokladem modelu dle SW DYNSIP. V některých případech je přesto technicky vhodnější použít tlakovou nádobu. Ovšem pokud by musela být tlaková nádoba příliš velkých rozměrů, pak se vyplatí (zvlášť u novostaveb) kombinovat tlakovou nádobu menšího rozměru s regulačním ventilem. V případě použití výtlaku PN 25 /40 je finančně velmi zajímavé použít regulační ventil namísto tlakové nádoby. Firma ATJ special s.r.o. poskytuje velmi kvalitní servis, který je pro správný chod regulačního ventilu klíčový.

Inovace v oblasti výrobků z tvárné litiny, vývoj a ukázky použití

Ing. Vladěna Rychnová, Ing. Juraj Barborik

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.
pam.technici@saint-gobain.com

Úvod

Cílem inovací v oblasti produktů z tvárné litiny pro vodovody, kanalizace, závlahy a dalších standardních či speciálních aplikací je snižování nákladů na vlastnictví sítí a omezení růstu ceny vody. Cílem inovací a vývoje společnosti Saint - Gobain PAM (dále SG PAM) je pokračovat v uspokojování skutečných potřeb obyvatel při současném snižování nákladů a zvyšování úrovně potrubních sítí a celkových služeb v oboru vodovodů a kanalizací.

Snižování nákladů potrubních sítí

Snižování nákladů lze zajistit zachováváním a udržováním stávajícího hydraulického výkonu sítí a snižováním nákladů z hlediska životního cyklu. Potrubí z tvárné litiny dlouhodobě vykazuje nejnižší poruchovost, nejdelší provozní životnost, nejvyšší bezpečnost a mechanické parametry ze všech používaných a v současné době dostupných materiálů. Proto jednou z hlavních cest je racionalizace sortimentu trubního materiálu dle kvality; na tvárnou litinu. Pokračujme v zjednodušení typů materiálů pro potrubní sítě a používání spolehlivých, bezpečných a z hlediska životního cyklu nejlevnějších potrubních systémů.

Technické vylepšení potrubních sítí

Zlepšení stávající koncepce volby trubních materiálů lze dosáhnout využitím inovovaných či nových potrubních systémů z tvárné litiny. Pokud použijeme metodu multikriteriálního rozhodování posouzením hlavních požadavků a provozních parametrů, pak trubní systémy z tvárné litiny plní a překračují stanovené požadavky s vysokou mírou spolehlivosti a bezpečnosti.

Inovace a vývoj vodovodních a kanalizačních potrubních sítí z tvárné litiny

Výsledkem inovací a vývoje společnosti SG PAM jsou nové povrchové ochrany, výrobky či rozšiřování systému a rozsahu oblasti jeho použití. Několik aktuálních příkladů inovací:

- systém pro malé profily BLUTOP®/TOPAZ®
- vnější povrchové ochrany BioZinalium® a AQUACOAT®
- vnitřní povrchovou ochranu DUCTAN®
- rozšíření sortimentu zámkových spojů STANDARD Vi, UNIVERSAL STD Ve,
- těsnění STANDARD, BLUTOP®
- armatury, poklopy a další příslušenství.

Inovujeme a vyvíjíme i nové výpočtové nástroje pro navrhování, které lze využít v rámci technické podpory. Pro závlahové a odvodňovací systémy jsou vedle systémů NATURAL® a INTEGRAL® k dispozici i systémy IRRIGAL a URBITAL, případně pro důlní vody systém MINERAL.

Vnější ochrany

Radikální inovace a technologický průlom přineslo uvedení trubního systému NATURAL® a INTEGRAL® do praxe. Jedná se o potrubí s vnější ochrannou vrstvou slitiny zinku a hliníku bez dalších kovů s označením Zinalium® Zn/Al v minimální hmotnosti 400 g/m^2 a s krycí epoxidovou vrstvou. Nová ochrana byla společností SG PAM registrovaná pod technickým patentovým Tato zesílená základní ochrana umožňuje uložení potrubí v našich klimatických podmínkách do všech půd vyjma kyselých rašelinových a znečištěných půd, popřípadě s výskytem velmi vysokých hodnot bludných proudů. V současné době při praktických aplikacích pro vodovodní a kanalizační systémy zavádíme inovaci této ochrany s označením BioZinalium® Zn/Al(Cu). Jedná se o vnější ochrannou vrstvu slitiny zinku a hliníku s příměsi mědi v minimální hmotnosti 400 g/m^2 s krycí vrstvou AQUACOAT®. Tato inovace rozšiřuje rozsah uložení potrubí i do míst s výskytem případné biokoroze. Při kontaktu s okolní půdou se kovová slitina Zn/Al(Cu) pomalu mění na souvislou vrstvu nerozpustných solí zinku a současně představuje aktivní ochranu díky galvanickému působení dvojice kovů zinek a železo v případě, kdy by došlo k lokálnímu poškození ochrany. Dnes, díky příměsi mědi, je zajištěna dokonalá ochrana i před případnou biokorozí litiny v těžkých anaerobních půdách.

Co je AQUACOAT® ?

AQUACOAT® je krycí vrstva vytvořená nástřikem jednosložkové akrylové barvy ve vodní emulzi (bez bisfenolu A - BPA a těkavých organických sloučenin – VOC uvolňujících se do ovzduší). K dispozici podle systémů až do DN 1400 mm v provedení modrá, černá, červená. Vykazuje vyšší technické parametry (např. pokud jde o adhezi, ÚV odolnost a teplotní odolnost) než dříve používaná krycí epoxidová vrstva. Je vodou ředitelná, ekologická, šetrná k životnímu prostředí bez uvolňování skleníkových plynů do ovzduší. Umožňuje aktivní galvanickou ochranu a snižováním rychlost konverze prodlužuje aktivní ochranu lépe než epoxidová krycí vrstva. Technické a ekologické důvody vedly výrobce SG PAM k přechodu z epoxidové krycí vrstvy (popřípadě bitumenové) na krycí vrstvu AQUACOAT®. Tyto změny jsou v souladu s očekávaným vývojem evropských norem a předpisů u materiálů v kontaktu s pitnou vodou (hygienické důvody, ochrana ovzduší, ochrana životního prostředí). U mimoevropských výrobců se neočekávají žádné změny. Křížový test přilnavosti podle ISO 2409.

Zesílené speciální ochrany s vnější vrstvou polyetylénu TT-PE nebo polyuretanu TT-PUX jsou k dispozici až do DN 2000 mm. Poskytují ochranu do jakéhokoliv agresivního prostředí, včetně půd znečištěných odpady. Vzhledem k vysokým dielektrickým vlastnostem jsou evropskými výrobci doporučeny do půdního prostředí i s výskytem bludných proudů. Zesílená speciální ochrana ZMU s vnější vrstvou cementové malty je dnes k dispozici až do DN 1200 mm. Ochrana ZMU byla vyvinuta zejména jako mechanická ochrana žárového zinkování a do agresivního půdního prostředí. Umožňuje zásyp potrubí kamenitou, skalnatou zeminou a je určena k bezvýkopové instalaci např. berstlining, HDD. Nemá dielektrické vlastnosti k ochraně před bludnými proudy.

Vnitřní ochrany DUCTAN® a vyložení cementovou maltou

Vnitřní ochrana DUCTAN® původně vyvinuta a používána u systému BLUTOP® před více než 15 lety je od roku 2015 aplikována i pro tlakový kanalizační systém TOPAZ®. Do současné doby instalováno více než 5000 km potrubních sítí. DUCTAN® je termoplastický polymerní práškový materiál nanášený na předehřátý výrobek. Vykazuje vyšší mechanickou, chemickou a UV odolnost než epoxidové nátěry včetně práškových povlaků. Vzhledem k ověřeným kvalitativním parametrům ochrany DUCTAN® lze očekávat rozšíření oblasti jejího použití.

Vyložení cementovou maltou z vysokopecního síranuvzdorného cementu zůstává základní vnitřní ochranou litinových vodovodních trubek s dlouhodobě ověřenou aktivní chemickou a mechanickou protikorozní ochranou. Jedná se o anorganický minerální materiál v kontaktu s pitnou vodou. Pro agresivní vody a speciální aplikace je k dispozici vrstva polyuretanu PUR/PH1 pro trubky do DN 2000 mm.

Zámkové (axiální pevné) systémy hrdlových spojů

Vývojem SG PAM jsou k dispozici dvoukomorové zámkové spoje s návarkem UNIVERSAL STD Ve dnes již do DN 1600 mm (výhledově DN 2000 mm). Umožňují rychlou a jednoduchou instalaci velkých průměrů trubek. Díky spolupráci se zhotoviteli byla provedena změnou tvaru inovace zámkového kroužku UNIVERSAL STD Ve DN 250-700 mm, která usnadňuje kontrolu montáže. Testování výkonu spoje DN1400 mm na vnitřní přetlak, potvrdilo max. dovolenou axiální sílu 600 - 700 tun. Pro zajímavost, rychlost montáže spoje DN 1600 mm je 35 min! Vývoj a inovace probíhají i u dvoukomorových zámkových zakusovacích spojů (bez návarku) UNIVERSAL STD Vi, a to rozšířením rozsahu DN. Jednokomorový zámkový zakusovací spoj je v současné době k dispozici do DN 700 mm. Byl dokončen vývoj hrdlové přesuvky NATURAL-ALPINAL DN 80 - 500 mm se zámkovým spojem pro vysoký provozní tlak až do PFA 100 bar.

Vývoj těsnění

Současný vývoj a inovace těsnících kroužků pro hrdlové spoje se zaměřuje na spoje BLUTOP®/TOPAZ® a vysokotlaká potrubí např. ALPINAL®. Nová těsnění jsou z pryže s dvojitou tvrdostí. Nové celogumové monoblokové těsnění BLUTOP®/TOPAZ® zvyšuje užitné vlastnosti spoje.

Směřování výzkumu

Vývoj a inovace společnosti SG PAM směřují k technickému, ekologickému a hygienickému vylepšení potrubních systému z tvárné litiny. Vyložení vrstvou cementové malty z vysokopecního síranuvzdorného cementu a hlinitanového cementu zůstává jako základní vnitřní ochrana litinových vodovodních a kanalizačních trubek s vysokou aktivní protikorozní ochranou. Krycí vrstvy a povlaky AQUACOAT® jsou kvalitativně vyšší technická a zejména ekologická náhrada doposud používaných syntetických epoxidových nátěrů. Co ještě? U materiálu stěny trubky z tvárné litiny vysokých mechanický parametrů (pevnost v tahu min. 420 - 550 MPa, pružnost min. 270 MPa, tažnost 10%, kruhová tuhost od DN 80 = 1790 kN/m^2 do DN 2000 mm = 16 kN/m^2), není co inovovat. Pouze svařování, je neznámá výhoda tvárné litiny! Jedním z hlavních cílů je směrovat k racionální rozmanitosti systémů pro všechna použití a aplikace. V EU se průměrně instaluje přes 8000 km/rok potrubí z tvárné litiny. Hlavní principy vývoje jsou založeny na zdokonalování technologií odlévaní trubek a tvarovek. To umožnilo definovat trubky pomocí tlakových tříd C20 – C100. Pro běžné aplikace vodovodních sítí, doporučuje výrobní norma ČSN EN preferované tlakové třídy C40 do DN 300 mm, C30 do DN 600 mm a C25 do DN 2000 mm. Číslo tlakové třídy odpovídá dovolenému hydrostatickému provoznímu tlaku s koeficientem bezpečnosti k = 3, což je nejvyšší a více než postačující rezerva pro vodovodní sítě. Široká škála tlakových tříd je daná pro různé aplikace. Dožadovat se vyšších tlakových tříd pro běžné aplikace než doporučených preferovaných tříd podle výrobní normy ČSN EN 545, je „bouře ve sklenici vody“. Revize a aktualizace EN norem zajišťuje pracovní skupina CEN TC 203. ISO normy jsou převážně zahrnuty v EN. Výsledkem je potrubní systém z jednoho materiálu - tvárné litiny s vysokou mechanickou a protikorozní spolehlivostí, životností a velkým rozsahem použití pro všechny aplikace tlakových i gravitačních potrubních sítí.

Co mizí a zmizí v Evropě?

Venkovní ochrana vrstvou zinku hmotnosti 200 g/m^2 z důvodu omezeného rozsahu použití, epoxidové nátěry a povlaky z ekologického hlediska. Vyžadování plnění evropských norem ČSN EN 545 a 598 včetně související evropských norem a předpisů udržuje vysokou kvalitu použitého potrubního systému z tvárné litiny.

Recyklace

Podle recyklační zprávy pro rok 2014 pro plasty je celková produkce odpadu PE-HD 8,2% z celkového odpadu. Mechanická a energetická recyklace PE-HD představuje cca 2/3, zbylých cca 33% se likviduje „skládkováním“ (viz taky plastové akumulační zóny v oceánech světa: cca 1,15 až 2,41 mil. tun plastu putuje do oceánů).

„Ze země se znovu vrátí do země“ = tvárná litina je snadno 100% recyklovatelná. Většinou se vyrábí z kovového šrotu. Litinové trubky jsou robustní a nevyžadují zhutnění a obsypy dováženým materiálem ze vzdálených lomů.

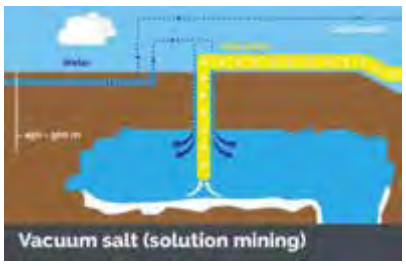
Závěr

Vývoj, výzkum a inovace technologií výrobce SG PAM, v souladu s vývojem a revizí evropských výrobních norem, zajišťují technicky vyspělou, kvalitní, spolehlivou, ekologickou a ekonomickou nabídku systémů trubek z tvárné litiny. Diferencované systémy, vnitřní a vnější ochrany, flexibilita násuvných a zámkových spojů umožňují použití pro veškeré aplikace. Podíl potrubí z tvárné litiny u nás od roku 1992 neustále roste a přispívá ke zvyšování kvality potrubních sítí a snižování potřeby finančních prostředků na opravy a obnovu. Výhodou je i jednoduchá a tím spolehlivá pokládka. Investor, vlastník a provozovatel při svém rozhodování by měl vzít v úvahu spolehlivost sítě a dodávky vody namísto nízké ceny potrubí. Potrubí je pouze 10 - 20% investičních nákladů. Provozujeme a vlastníme potrubí, úsporu hledejme v zemních pracích, provozních nákladech, nákladech na obnovu a nikoliv v ceně potrubí. Vycházejme z celého životního cyklu podle mezinárodních norem, které specifikují metodu hodnocení nákladů životního cyklu trubek. Vzhledem k mnoha výhodám, jako je nízká míra poruchovosti, dlouhodobá provozní životnost, vysoká hydraulická kapacita a recyklovatelnost, lze potrubí z tvárné litiny považovat za ekonomický a ekologický produkt. Když je vše stejné/rovné, tak lidé kupují podle ceny. To ale neplatí u srovnání potrubí z tvárné litiny a umělohmotných/plastových potrubí.

Zajímavé aplikace

Potrubní systémy pro těžbu solí

Například v Nizozemsku je těžba mořské soli pomocí potrubí z tvárné litiny. Princip těžby soli: voda se čerpá do jeskyně a pumpuje se solanka, odpaří se voda a zůstane sůl, kondenzát se odčerpá zpět s přidanou vodou do jeskyně. Provozní tlaky PFA do 63 bar.



Trubky pro bezvýkopovou metodu mikrotuneláž DN 1600 mm

Berstlining tlakového kanalizačního potrubí DN 800 mm v délce jedné sekce 200 m, v hloubce 0,5 až 4 m, Litva

Kolektor vodovodní potrubí DN 500 mm v délce 3 km, Čína

Bezvýkopová instalace potrubí metodou HDD: horizontální délka 200 m, hloubka 18 m, trubka UNIVERSAL Ve DN 700 mm ZMU, Holansko

GEOFLEX speciální tvarovka pro eliminaci axiální a všesměrné dilatace. Použití pro propojení požárních systémů přístavních doků, DN 150 mm, Irsko

Posuzování rizik veřejných vodovodů v působnosti SmVaK Ostrava a.s.

Ing. Lenka Kolářová, Ing. Roman Bouda

Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava, a.s.

Úvod – společnost SmVaK

Společnost Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s. zásobuje pitnou vodou z veřejných vodovodů více než jeden milión odběratelů, provozuje 5072 kilometrů vodovodních sítí se 137 tisíci vodovodními přípojkami, 46 úpraven vod, 219 čerpacích stanic a 359 vodojemů o celkovém objemu 390 tisíc m^3.

Provozní struktura SmVaK Ostrava a.s. v oblasti výroby a dodávky pitné vody je rozdělena na provoz Ostravského oblastního vodovodu a provozy vodovodních sítí.
\

Ostravský oblastní vodovod (OOV) zajišťuje výrobu a následnou dodávku pitné vody od úpraven vod systémem páteřních přivaděčů v délce 505 km s dimenzí DN 300 – 2450 a dále provoz klíčových objektů (VDJ a ČS), umístěných před spotřebišti jednotlivých vodovodů ve správě provozu vodovodních sítí. Výroba vody je v cca 95% realizována ve třech centrálních úpravnách vody (Podhradí, Nová Ves u Frýdlantu n.O a Vyšní Lhoty), které upravují vodu z údolních vodárenských nádrží Kružberk, Šance a Morávka. Zbývající podíl pitné vody je dodáván z 43 místních povrchových a podzemních vodních zdrojů, z nichž 15 je dále upravováno na místních úpravnách vod a odkyselovacích stanicích a zbývající 28 je pouze zdravotně zabezpečováno.

Provozy vodovodních sítí (PVS) zajišťují dopravu a vlastní distribuci pitné vody, kterou přebírají ze systému OOV prostřednictvím dílčích skupinových, či samostatných vodovodů až ke kohoutkům odběratelů, případně jako vodu předanou dalším provozovatelům.

Výběr metodiky posouzení rizik

V rámci přípravy na zahájení postupného zpracovávání posouzení rizik a vlastních provozních řádů bylo provedeno podrobné studium metodiky zpracované SZÚ a současně bylo provedeno objektivní posouzení možností zpracování analýz – zda jít cestou tvorby vlastní metodiky, případně zda využít metodiku zpracovanou externím subjektem. Nakonec bylo rozhodnuto o otestování produktu VUT Brno, SW „Waterrisk“, a o zpracování pilotního projektu. Důležitým důvodem, upřednostňující toto rozhodnutí, byl zájem o využití metodiky, která bude univerzálně využitelná pro různé provozovatele a přinese do posuzování stavu systémů jednotný a pokud možno co nejobjektivnější pohled, který nebude ovlivněn prioritami daného provozovatele. Podpůrným argumentem byl také fakt, že SW Waterrisk byl v době jeho zrodu vyvíjen ve spolupráci se zástupci SZÚ a zástupci velké vodárenské společnosti a byl rovněž konzultován se zástupci KHS. V současnosti využívá tento SW pro posouzení rizik již řada vodárenských společností mimo jiné VaK Přerov a.s., VaK Vsetín a.s. a Slovácké vodárny a kanalizace a.s.

Vlastní pilotní projekt byl zpracován na ne příliš složitém vodovodu, který zahrnoval 5 zdrojů podzemní vody s využitelnou kapacitou 40 l/s, 1 úpravnu vody, 2 vodojemy, 2 čerpací stanice a vodovodní sít v délce cca 42 km s celkovým počtem 6500 zásobovaných odběratelů. V rámci postupu prací probíhaly intenzivní jednání s autory předmětného SW a byly postupně dolaďovány funkcionality programu tak, aby co nejvíce vyhověly následnému rutinnímu provozu v rámci zpracovávání a objektivního vyhodnocování všech dalších součástí vodovodní sítě.

Rozdělení sítě pro potřeby provozních řadů a posouzení rizik

SmVaK se řadí mezi největší vodárenské společnosti v ČR. Z důvodu velikosti a složitosti systému proto bylo nutno vytvořit strategii a zásady návazností jednotlivých provozních řádů a zejména vlastních analýz rizik. Jak již bylo uvedeno, vodovodní síť SmVaK je tvořena 3 centrálními úpravnami vody s příslušnými páteřními přivaděči, 43 místními zdroji, 62 skupinovými vodovody a 59 samostatnými vodovody zajišťujícími zásobování 724 tis. napojených odběratelů, ve 180 obcích a městech.

S ohledem na uvedený rozsah a složitost byly přijaty následující zásady tvorby provozních řádů:

1. Centrální zdroje a navazující příslušné páteřní řady
   Pro tyto zdroje budou zpracovány ***provozní řády*** příslušných zdrojů, které budou obsahovat veškeré náležitosti uvedené v metodickém návodu SZÚ a dále zde bude popsán způsob zásobování jednotlivých skupinových a samostatných vodovodů. Navazující ***Posouzení rizik***, jako přílohy provozních řádů, budou vypracovány samostatně pro systém OOV, který zahrnuje posouzení centrálních vodních zdrojů, úpraven vody, přívodních řadů a VH objektů na těchto řadech.
2. Vodovody PVS navazující na centrální zdroje OOV
   Pro tyto skupinové a samostatné vodovody bude zpracován ***provozní řád***, ve kterém bude popsána vazba na příslušný centrální zdroj vody a dále bude obsahovat ostatní náležitosti zpracované v metodickém návodu SZÚ. ***Posouzení rizik*** budou

vypracovány samostatně pro jednotlivé skupinové, případně samostatné vodovody v provozu PVS.

3. Místní zdroje a navazující vodovody
   Pro tyto zdroje bude zpracován ***provozní řád*** příslušného zdroje, v rámci kterého bude popsán způsob zásobování souvisejících skupinových a samostatných vodovodů. ***Posouzení rizik*** bude zpracováno komplexně od zdroje vody až po jednotlivá zásobovaná spotřebiště.

Metodologie zpracování posouzení rizik a provozních řádů

Pro vlastní práci se SW Waterisk byla vybrána skupina zaměstnanců společnosti, která byla na počátku seznámena se strukturou SW Waterisk, jež byla následně pověřena zpracováním posouzení rizik provozovaných vodovodů. V souvislosti s rozsáhlostí provozovaných vodovodů se účastní zpracování posouzení rizik více zpracovatelů. Pro jednotnost zpracování a hodnocení proto byla vypracována interní metodika „Metodologie pro zpracování analýzy rizik“ ve které jsou definovány postupy a zásady pro jednotné principy zpracování posouzení rizik. Stejně tak byla vypracována „Metodika zpracování provozních řádů“ jejíž součástí je vzorový provozní řád s identifikací obsahu jednotlivých kapitol a příloh a určení zodpovědností za jejich zpracování.

Zdroje informací

V rámci zpracování pilotního projektu a zahájení prací na dalších provozních řádech bylo ověřeno, že pro objektivní posouzení stavu zařízení a stanovení vyplývajících případných rizik jednotlivých součástí vodovodů budou standardně využívány následující zdroje informací:

1. Fyzické prohlídky objektů - jedná se o nejdůležitější zdroj informací pro objektivní posouzení stavu objektů a možných rizik
2. Provozní záznamy - v případě, že provozovatel má pečlivě vedené provozní záznamy, je to také důležitý zdroj informací. V našich podmínkách standardně využíváme informace z interních systémů: evidence poruch, evidence výsledků rozborů kvality vody, GIS, SW Správa prací pro plánování a evidenci provozních činností, ASŘTP, provozní záznamy, evidence oprav a rekonstrukcí.

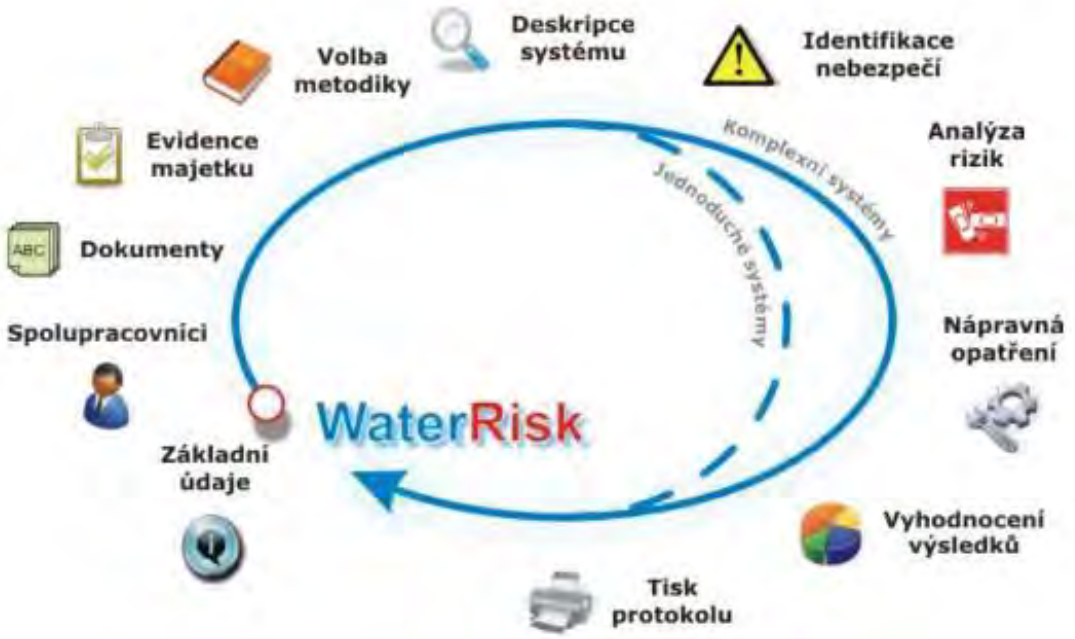
Vytvoření harmonogramu zpracování

Přechodné ustanovení novely zákona č.267/2015 Sb., udává termín předložení návrhu Provozního řádu vodovodu včetně posouzení rizik do 6 let od nabytí účinnosti zákona. Z tohoto ustanovení vyplývá nejzazší termín zpracování do 31.10.2023. Tento termín je ještě relativně daleko, ale s přihlédnutím k množství provozních řádů a zejména posouzení rizik, které jsou před námi, byly práce na zpracování posouzení rizik zahájeny dle harmonogramu již v roce 2018 a pokračovaly v roce následujícím. Byly vytvořeny pracovní týmy dle místní příslušnosti posuzovaných systémů. Provozní týmy jsou vytvořeny z odborně zdatných techniků příslušných provozních jednotek a pro zajištění objektivity posuzování rizik a zavedení jednotnosti dohodnutých zásad a závěrů je v každém týmu přítomen jeden zaměstnanec, který se podílel na spolupráci s VUT Brno při přípravě a zpracování pilotního projektu.

Pro vodovody provozované SmVaK Ostrava a.s. je potřeba zpracovat celkem 137 provozních řádů včetně posouzení rizik, jejichž součástí je 45 vodních zdrojů, 18 objektů úpraven vod, 359 objektů vodojemů, 219 objektů čerpacích stanic a přes 5 tis. km vodovodních řadů.

Postup vlastního zpracování analýzy rizik

Vlastní činnost se SW je značně intuitivní. Aplikace formou návazných kroků a kontrolních mechanismů pomáhá uživateli při zpracování. Práce se zahajuje založením nového projektu a definováním pracovního týmu. Jedná se o pracovníky, kteří budou mít oprávnění vstupovat do projektu a podílet se na jeho vytvoření. V dalším kroku se definuje posuzovaný systém včetně všech jeho součástí (zdroje vody, objekty, navazující vodovodní sítě). Následně se posoudí a určí konkrétní možná nebezpečí pro daný vodovod, a to samostatně pro kategorii vodního zdroje, úpraven vody a distribučního systému. V rámci zajištění jednotnosti byl na náš požadavek upraven SW tak, aby některá nebezpečí byla nastavena tzv. defaultně, tj. aby nedocházelo k rozdílům v definování nebezpečí na podobných vodovodech v rámci různých týmů. Samozřejmě zůstala zachována možnost přidat další nebezpečí, která mohou být pro daný systém relevantní. V důsledku nastavených nebezpečí jsou SW vygenerovány relevantní nežádoucí stavy, a to opět samostatně pro oblast vodního zdroje, úpravy vody a distribučního systému. Následuje nejdůležitější a časově nejnáročnější činnost, kterou je vlastní kvantifikace a posouzení možných rizik. Posouzení rizik se provádí formou hodnocení nežádoucích stavů. Pro každý nežádoucí stav je definováno tři až pět hodnotících faktorů, které mohou být doplněny o další tzv. doplňkové (nepovinné) faktory. Hodnocení faktorů se provádí bodovou škálou 0 – 3, přičemž nejvyšší riziko pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu je definováno hodnocením = 3. Pro každý nežádoucí stav jsou hodnoceny následky a to opět bodovou stupnicí 0 (bez následků) až 3 (vysoké následky). Provádí se hodnocení zdravotních následků a sociálně ekonomických následků (dopad na plynulost dodávky pitné vody), volitelně je možné hodnotit také následky ekonomické a environmentální.



Aby byly postihnuty všechny relevantní nežádoucí stavy je zpracovateli umožněno definovat tzv. vlastní nežádoucí stavy, které jsou provázány na vyhodnocení existence nebezpečí a na prvek vodovodu (VDJ, vodovodní řád…)

Z provedené kvantifikace rizik jsou automaticky zpracovány přehledné matice nebezpečí, které názorně zobrazí rizika podle jejich stupně a závažnosti, přičemž pro rizika s hodnocením střední a vysoké riziko jsou definována nápravná opatření. Opatření, která přispějí k provozní spolehlivosti systémů a sníží možná rizika, mohou být investičního charakteru od nejjednodušších, prakticky proveditelných ihned (např. úprava poklopů, úprava filtračních odvětrávacích potrubí) až po zásahy velkého technického i finančního rozsahu (např. potřeba rekonstrukce objektu s nákladem v řádech mil. Kč). Kromě investičních opatření je možné definovat také provozní opatření snižující riziko jako např. častější fyzická kontrola objektu, případně zavedení monitorovacího programu. Nápravná opatření se doplňují o odhad nákladů, předpokládaný termín realizace a zejména o skutečnost, zda se jedná o zásah na vlastním, či pouze provozovaném majetku. Definovaná nápravná opatření se evidují v přehledové tabulce, z které je zřejmé, jaká nápravná opatření byla stanovena pro zpracované projekty a v jakých předpokládaných termínech mají být realizována. Tabulka je exportovatelná do excelu pro možnost další editace průběhu jejich realizace.

V případech, kdy se jedná o opatření většího rozsahu na provozovaném majetku, je nutno tyto skutečnosti projednat s vlastníkem zařízení a požádat jej o spolupráci při řešení.

Práce na prvotním zpracování analýzy rizik končí tiskem protokolu a kompletací formou přílohy s příslušným souběžně zpracovávaným provozním řádem příslušného vodovodu a jeho předáním na příslušné pracoviště KHS.

Návrhy na úpravy aplikace Waterrisk

V průběhu zpracování pilotního projektu byla značná část podnětů a připomínek ze strany provozovatele konzultována, a až na výjimky tvůrcem SW akceptována.

Jednalo se zejména o různé funkcionality aplikace, které se při zpracování většího množství projektů jevily jako komplikované a časově velmi náročné.

Dále byly se zpracovateli konzultovány jednotlivé hodnotící faktory nežádoucích stavů a v případě potřeby a většinou i shody provozovatele i tvůrce SW, byly provedeny úpravy hodnocení, odpovídající provozním zkušenostem.

Do SW aplikace byly také doplněny nežádoucí stavy, které se při zahájení pilotního projektu v SW nevyskytovaly, a jejichž hodnocení je žádoucí pro objektivitu posouzení rizik a pokrytí celé provozní problematiky.

Vzhledem k některým nevratným krokům v průběhu zpracování posouzení rizik je kladen důraz na pečlivé a co nejpřesnější hodnocení jednotlivých vodárenských systémů.

Závěrečný protokol z projektu lze tisknout v rozsahu všech kapitol SW nebo lze vybrat pouze některé požadované kapitoly dle následné potřeby provozovatele.

Závěr

Na základě zpracování prvních posouzení rizik s využitím předmětného SW bylo ověřeno, že i přes velký objem práce, je zajištění zpracování ve stanoveném termínu s využitím vlastních pracovníků časově náročné avšak proveditelné.

K 31.1.2020 byla zahájena práce na 16-ti projektech posouzení rizik vodovodů. Z tohoto počtu byly dva provozní řády včetně posouzení rizik již zaslány na příslušné orgány ochrany veřejného zdraví ke schválení. První provozní řád včetně zpracovaného posouzení rizik v aplikaci Waterrisk byl již příslušnou KHS schválen bez připomínek. Metodika a postupy, které obsahuje SW WaterRisk, nás u dosud zpracovaných analýz donutily hodnotit součásti systému z jiného úhlu pohledu, než jsme byli dosud v rámci provozování zvyklí. Přes drobné odlišnosti vedou oba způsoby posuzování, tj. náš dosavadní provozní pohled a metodika SW, přibližně ke stejným závěrům s cílem odhalit případná rizika provozování vodovodů a zavčas je eliminovat.

Filtrační náplň antracit – provozní a poloprovozní zkušenosti

Ing. Adam Fendrych

Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s., Teplého 2014, 530 02 Pardubice, *adam.fendrych@vakpce.cz*

Abstrakt

Příspěvek se zabývá vyhodnocením provozních a poloprovozních testů s filtrační náplní antracit. Provozní testy na ÚV Hrobice byly zahájeny 2/2018, kdy jsou na 1. stupni pískové filtrace porovnávány různé filtrační náplně a následně vyhodnoceny jejich provozní a ekonomické parametry. Vedle stávající pískové náplně (PR 1,6 – 4 mm), která je provozně preparovaná vrstvičkou MnO_2 je testována nová filtrační náplň – antracit o dvou zrnitostech (1,4 – 2,5 mm a 2 – 4 mm). Výsledky ukazují, že na antracitu dochází k účinné separaci rozpuštěného manganu, výraznému prodloužení filtračních cyklů a nižší spotřebě pracích vod oproti pískové náplni. Dále se příspěvek věnuje souběžně probíhajícím poloprovozním testům, kde byly v rámci předprojektové přípravy rekonstrukce úpravny porovnány dvě dvouvrstvé náplně 1) filtralite mono-multi 2) písek + antracit.

ÚV Hrobice

Úpravna vody Hrobice o projektovaném výkonu 200 l/s zpracovává směs podzemní a povrchové vody z písníku Oplatil aktuálně v poměru 50 l/s a 73 l/s. V současné konfiguraci pracuje úpravna od roku 1997. Technologie úpravy je založená na oxidaci vody pomocí ozonu a manganistanu draselného, dvoustupňové pískové filtraci a filtraci na GAU. Podzemní voda vykazuje vysoké koncentrace železa a manganu. Naproti tomu voda povrchová se vyznačuje vyšší koncentrací organických látek a za určitých podmínek i zvýšenou koncentrací manganu. V obou zdrojích se navíc vyskytuj nadlimitní koncentrace metabolitů pesticidů. Úpravna upravuje směs podzemní a povrchové vody společně, což vzhledem k postupné eutrofizaci v Oplatile vede k problémům s úpravou vody, jelikož každý proces vyžaduje odlišné podmínky. První stupeň filtrace tvoří šest otevřených gravitačních pískových filtrů (PR 1,6 – 4 mm) o celkové ploše 180 m^2. Zde se odseparuje většina zoxidovaného železa, manganu a organických látek. Druhý stupeň filtrace sestává z pětice otevřených pískových filtrů (PR 1 – 2 mm) o celkové ploše 150 m^2. Filtrovaná voda je dále čerpadly dopravována do tlakových ležatých filtrů s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU) TL 830. GAU filtry byly navrženy primárně pro záchyt zbytkových organických látek a pro zlepšení organoleptických vlastností vody. Pro odstranění pesticidních látek je však jejich kapacita omezená. Upravená voda je zabezpečena plynným chlorem a dopravována do vodojemu Kunětická hora. V letošním roce by měla být zahájena rekonstrukce úpravny, kdy bude povrchová a podzemní voda upravována samostatně. Povrchová voda pomocí membránové filtrace s předřazenou koagulací, zatímco podzemní voda pomocí aerace, oxidace $KMnO_4$, sedimentace a dvouvrstvé filtrace. Následně se oba proudy vody spojí a budou vedeny na ozonizaci a dále na GAU filtraci. Metody úpravy podzemní a povrchové vody byly poloprovozně odzkoušeny v rámci předprojektové přípravy.

Úvod

Účelem testů bylo ověřit provozní parametry filtrační náplně – antracitu dvou různých zrnitostí a porovnat je se stávající pískovou náplní. Šlo především o separační účinnost a spotřebu prací vody. Náplň byla volena jako jednovrtstvá. Pro test byly vyhrazeny 3 gravitační filtry (po 30 m^2 filtrační plochy) na 1. separačním stupni ÚV Hrobice. Jeden stávající pískový filtr byl použit jako referenční. Z dalších dvou filtrů byl vytěžen písek a byly naplněny antracitem. V rámci současně probíhajících poloprovozních testů úpravy podzemní vody na lamelovém separátoru a následné vícevrstvé filtraci, byl navíc proveden test filtrace na dvouvrstvé náplni tvořené pískem a antracitem. Výsledky byly srovnány s výsledky získanými na náplni filtralite mono-multi (FMM).

Parametry filtrace

Testované filtry jsou osazeny tryskovým mezidnem a mají středový žlab, který odděluje filtr na 2 samostatné komory. Ostatní parametry filtru jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 1: *Parametry filtrů*

označení filtru	PF1	PF 3	PF 6
filtrační plocha (m^2)	30	30	30
průměrná filtrační rychlost (m/h)	2,7	2,7	2,7
výška náplně (m)	1,2	1,2	1,7[1]
typ náplně	Antracit 2 – 4 mm (Everzit N, Evers)	Antracit 1,4 – 2,5 mm (Everzit N, Evers)	písek 1,6 – 4 mm (Provodín)

Všechny filtry byly prány vodou a vzduchem simultánně. V Tab. 2: jsou popsány jednotlivé fáze praní filtrů, použité prací rychlosti a časy i reálně měřené spotřeby vody na jedno praní.

Tab. 2: *Popis fází praní filtrů*

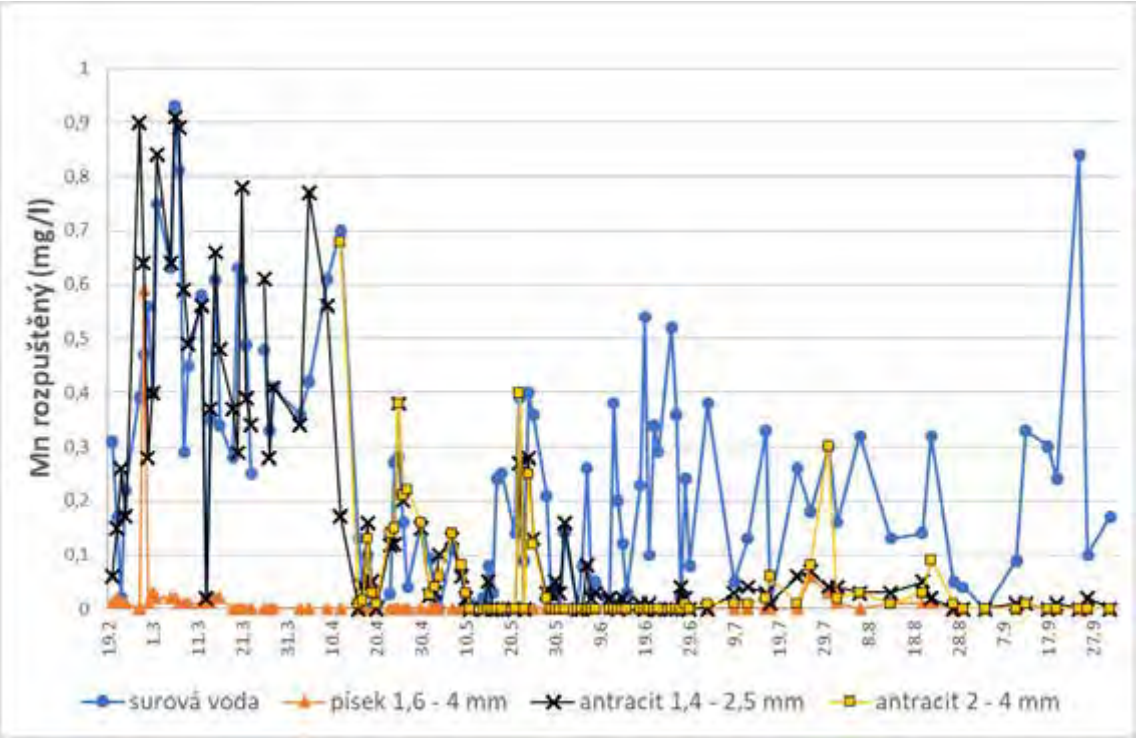
fáze praní	Antracit 2 – 4 mm (PF1)	Antracit 1,4 – 2,5 mm (PF 3)	písek 1,6 – 4 mm (PF 6)
praní vzduchem (m/h)	50 (2 min)	50 (2 min)	50 (4 min)
praní vzduch/ voda (m/h)	50/6 (5 min)	50/6 (5 min)	50/7,2 (5 min)
praní voda (m/h)	30 (7 min)	30 (7 min)	22 (5 min)
spotřeba prací vody (m^3) – reálně měřená	154	175[2]	75

Pískové filtry před praním snižují hladinu pouze na úroveň nátokového/přepadového žlabu. Fáze praní voda + vzduch jde tedy rovnou na přepad. Filtry s antracitem snižují hladinu na úroveň náplně a poté zahajují praní. Fáze praní voda + vzduch je ukončena před tím, než hladina dosáhne přepadového žlabu.

Zapracování filtrů

Vzhledem k tomu, že účinnost separace Fe a Mn na pískové náplni na 1.stupni filtrace je dlouhodobě v podstatě 100%, nebylo zvýšení účinnosti separace Fe a Mn cílem testů. Šlo spíše o to dosáhnout srovnatelnou účinnost separace s pískovými filtry a prodloužit filtrační cykly. Tím by došlo ke snížení četnosti praní a úspoře prací vody. Klíčové bylo tedy zapracovat novou filtrační náplň tak, aby účinně odstraňovala zejména rozpuštěnou formu Mn. To ve vodárenské praxi vyžaduje zapracování filtrační náplně a její preparaci vrstvičkou MnO_2 [1].

Na začátku testovaného období vykazoval dle očekávání nejvyšší účinek separace Fe a Mn filtr č.6 s již dlouhodobě zapracovaným pískem. Po určité době však došlo k zapracování jednotlivých antracitových náplní a jejich separační účinnost na Fe a Mn se stala srovnatelná s pískovou náplní při dosažení delších filtračních cyklů. Zapracování hrubší frakce antracitu trvalo 2 měsíce provozu pro dosažení totožných účinnosti s preparovaným filtračním pískem. Zapracování jemnější frakce 3,5 měsíce provozu. Rozdíl v délce zapracování je přičítán tomu, že hrubší frakce antracitu vykazovala delší intervaly mezi praním, a proto došlo k rychlejší preparaci jeho zrn katalytickou vrstvičkou. Pro úplnost je třeba uvést, že praní filtrů probíhá částečně nachlorovanou vodou (cca 0,3 mg/l Cl_2). To vede k regeneraci vrstvičky MnO_2, ale rovněž k možné redukci bakteriálního osídlení ve filtru, které oxiduje mangan biologickou cestou. Průběh zapracování náplně dokládá následující obrázek.



Obr.1: *Proces zapracování antracitové náplně*

Filtrační cykly

Na základě sledování množství vyrobené vody a spotřeby pracích vody byly získány následující výsledky, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 3: *Získané provozní parametry*

	Antracit 2 – 4 mm	Antracit 1,4 – 2,5 mm	písek 1,6 – 4 mm
spotřeba prací vody (%)	2	3,1	4,1
filtrační délka Lf (m)	257	175	63
zákal NTU	< 0,1	< 0,1	< 0,1
roční ztráta materiálu	3 %	3 %	neměřeno

Z tabulky je patrné, že obě antracitové náplně vykazují násobně delší filtrační cykly a tím i menší spotřebu prací vody. K tomu jistě přispívá, že nová antracitová náplň má naproti zapracovanému písku vyšší koeficient stejnoszrnnosti a ostré hrany, které zvyšují účinnost separace suspenze. Filtrační cykly jsou ukončovány v důsledku překročení tlakové ztráty dané maximálním otevřením regulační klapky na odtoku z jednotlivých

filtrů. Běžný pískový filtr je obsluha nucena prát v průměru každých 24 h. V případě zhoršení kvality vody i 2x denně. Zatímco např. filtrační cyklus antracitu 2 – 4 mm je 3 – 5 dní v závislosti na kvalitě vody, přičemž kvalita vody na odtoku je srovnatelná s pískovým filtrem. U písku dochází tedy k separaci suspenze převážně v rámci horní vrstvy náplně a k jejímu rychlému zanesení, zatímco u antracitu probíhá separace v celém objemu náplně. V případě zhoršení kvality surové vody dochází k částečné tvorbě koloidních forem Mn, které procházejí filtrací. V těchto časově omezených případech je účinnost separace Fe a Mn dle následujícího pořadí:
písek > antracit 1,4 – 2,5 mm > antracit 2 – 4 mm. Roli zde hraje vyšší vrstva pískové náplně a zrnitost/vlastnosti materiálů. Písek na povrchu náplně tvoří filtrační koláč, který lépe separuje malé vločky a tím se filtr i rychleji zafiltruje. Naopak zafiltrování antracitu trvá déle kvůli objemové filtraci a účinnost separace je nižší. To se projeví i vyšším zákalem za filtry s antracitem oproti pískové náplni. Zjištěné roční ztráty u obou antracitových náplní dosahují 3 %, což je hodnota srovnatelná s běžnou pískovou náplní.

Poloprovozní zkoušky

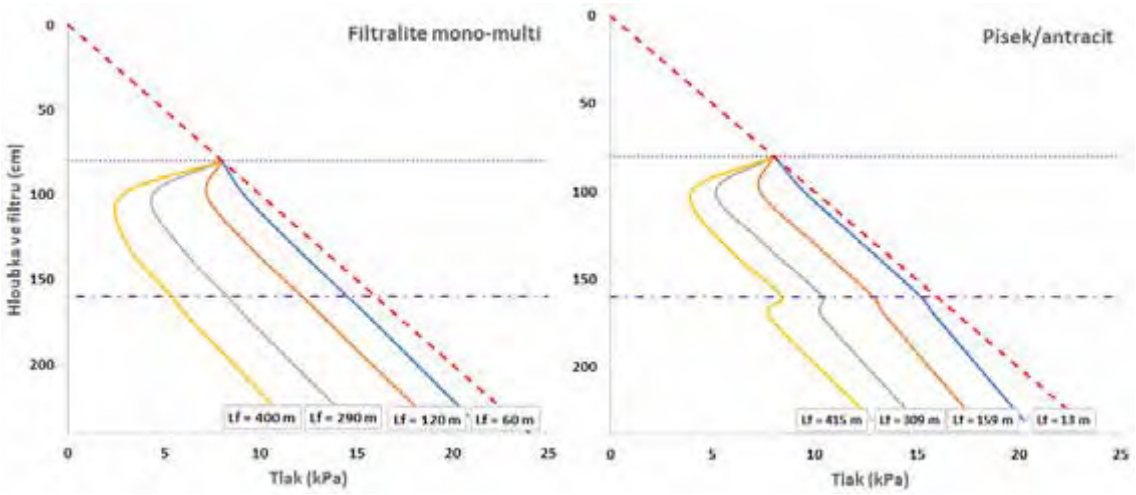
V období 3.5 – 4.7.2018 prováděla na úpravně společnost Envi-Pur poloprovozní zkoušky separace Fe a Mn z podzemní vody [2]. Technologie sestávala z injektorů pro provzdušnění vody, dávkování $KMnO_4$ a NaOH, koagulace, flokulace, lamelového separátoru a z dvouvrstvého filtru plněného náplní FMM. Zásadní je, že na závěr testů jsem měl možnost filtr naplnit náplní písek/antracit. Testy s antracitem probíhaly v období 10. – 27.7.2018. Celá technologie byla provozována za stejných podmínek jako v případě FMM. Cílem testu bylo za stejných podmínek porovnat 2 odlišné filtrační náplně a jejich vhodnost a ekonomiku pro účely budoucí rekonstrukce úpravny.

Obr.2: *Pilotní zařízení na ÚV Hrobice (Envi-Pur, s.r.o.)*

Tab. 4: *Složení filtračních náplní pilotní jednotky*

	Filtralite Mono-multi	Písek+Antracit
spodní vrstva	HC 0,8 – 1,6 mm (H = 80 cm)	PR 1 – 2 mm (H = 80 cm) zapracovaný písek z ÚV
náplň horní vrstvy	NC 1,5 – 2,5 mm (H = 80 cm)	Antracit 1,4 – 2,5 mm (H = 80 cm) odebraný z filtru po 5 měsících provozu

Poloprovozní zkoušky ukázaly, že délky filtračních cyklů jsou srovnatelné pro oba typy náplní. Provozně již zapracovaná náplň antracit/písek dosahovala okamžité účinnosti separace Fe a Mn a jejich průnik filtrem nebyl zaznamenán. Naproti tomu filtralite dosahoval účinnosti separace Mn „pouze“ 90 – 98 %. Náplň filtralite nebyla zřejmě provozně plně zapracovaná a docházelo zde převážně k separaci již zoxidovaných forem Fe a Mn. Lze předpokládat, že po řádném zapracování by bylo dosaženo srovnatelných účinností. Výsledky dokazují, že u dobře navržené dvouvrstvé náplně není z pohledu délky filtračních cyklů příliš důležité její materiálové složení. Filtrační cykly FMM byly ukončovány na základě průniku částic do filtrátu, naopak u náplně antracit/písek byly ukončovány na základě tlakové ztráty. Velmi zajímavý se jeví právě průběh tlakových ztrát podél výšky náplně vyjádřený Michauovými křivkami na 0



Obr.3: *Srovnání průběhu tlakových ztrát FMM 2 a písek/antracit*

Průběhy křivek v horní části jsou u obou filtrů podobné a ukazují, že dochází ke správné objemové filtraci. K odlišnostem dochází až na rozhraní náplní. FMM nevykazuje na rozhraní náplní v podstatě žádné tlakové změny. Zdá se, že u jemnější náplně nedochází k měřitelnému nárůstu filtračního odporu u vyprané náplně, ani při delší době filtrace. Náplň se dle průběhu křivek chová spíše jako jednovrstvá a ve spodní, jemnější frakci nedochází k významnější akumulaci suspenze. Zdálo by se, že kapacita hrubější frakce filtralitu doposud nebyla vyčerpána a veškerá suspenze je zachycena právě zde. Avšak vzhledem k tomu, že cyklus byl ukončen na základě průniku částic do filtrátu se to nejeví pravděpodobné. Naproti tomu náplň písek/antracit vykazuje zjevné chování dvouvrstvého filtru, kdy je patrný zvýšený filtrační odpor u spodní, jemnější vrstvy a na rozhraní obou vrstev dochází k prokazatelné separaci suspenze doprovázené nárůstem tlakové ztráty.

V Tab. 5: je uvedeno jednoduché provozně-ekonomické srovnání jednotlivých náplní.

Tab. 5: Srovnání testovaných náplní

	Filtralite Mono-multi	Písek+Antracit
filtrační délka Lf (m)	370 – 550	420 – 570
filtrační rychlost (m/h)	6 – 7	6 – 7
účinnost odstranění Mn	90 – 98 %	97 – 100 %
průměrná koncentrace Mn na odtoku (mg/l)	0,04	0,006
účinnost odstranění Fe	100 %	100 %
plusy	vyšší expanze = menší nároky na prací vodu	lepší separace Mn, nižší cena v podobě 2 vrstvé náplně
mínusy	cena	vyšší prací rychlosti
orientační cena náplně pro 5 filtrů po 30 m^2	3 415 000 kč	2 115 000 kč/1 860 000 kč při použití stávajícího písku

Z ekonomického hlediska budou pro obě náplně zásadní investiční náklady. Provozní náklady na filtraci jsou v podstatě totožné. Cena samotného antracitu a FMM se významně neliší, avšak antracit je zde kombinován s pískem. Z celkové výšky filtrační náplně bude antracit tvořit zhruba polovinu. Druhou polovinu vyplní filtrační písek, který je již preparovaný a dostupný na ÚV bez dalších investičních nákladů Z pohledu ceny filtračního materiálu tedy vychází významně lépe antracit/písek. V případě dvouvrstvé náplně však antracit vyžaduje rozplavení při rychlosti 50 m/h (pro zrnitost antracitu 1,4 – 2,5 mm), aby nedocházelo k postupnému promíchání obou vrstev a snižování kalové kapacity. To přináší vyšší nároky na čerpání prací vody (běžné filtry cca 30 m/h) a odvod odpadní vody. I když rozplavení při 50 m/h není třeba při každém praní, vznikají zde další strojně-technické náklady (více čerpadel, větší dimenze potrubí). Nelze tedy jednoznačně říci, která náplň výhodnější, ale je třeba zvážit každý případ individuálně.

Závěr

Získané výsledky ukazují, že i dnes již téměř zapomenutý filtrační materiál antracit lze úspěšně využít pro jednovrstvou i dvouvrstvou filtraci a nabízí tak variantu k náplni filtralite. V případě odstranění železa a manganu dochází k úspěšné preparaci náplně a jeho účinnost je srovnatelná s preparovaným křemičitým pískem.

Z pohledu investičních nákladů dává smysl spíše dvouvrstvá náplň antracit/písek. Je však nutné počítat s tím, že pro dostatečné rozplavení jednotlivých vrstev náplně je třeba rychlost alespoň 50 m/h, což může být v případě většiny stávajících úpraven limitující. Zde projevuje své výhody naopak Filtralite. V případě rekonstrukcí je však možné požadavek vyššího průtoku prací vody zohlednit v návrhu, a navíc využít stávající zapracovaný filtrační písek pro zvýšení účinnosti separace Fe a Mn a ke snížení investičních nákladů.

Seznam použitých zdrojů

1. Fendrych, A.: Odstraňování manganu z vody. Diplomová práce. Praha, VŠCHT, 2012.
2. Munzar, T.; Brabenec, T.; Hrušková, P. Poloprovozní zkoušky - podzemní voda, Úpravna vody Hrobice, závěrečná zpráva; Envi-Pur: Soběslav, 2018.

Vysvětlivky

[1] Vzhledem k tomu, že písek vybraný z filtrů 1 a 3 byl rozdělen mezi zbývající filtry, je u PF 6 výška náplně o 0,5 m větší než u PF1 a PF3

[2] Vyšší spotřeba než u PF1 kvůli zvýšenému žlabu u PF3. Zvýšení žlabu má zabránit případným ztrátám náplně při praní. U hrubší frakce antracitu nebylo potřeba.

Vyhodnocení účinnosti sedimentací ve vazbě na instalaci hyperboloidního míchadla a uklidňovacího potrubí v technologii

Ing. Marek Zamazal, Ph.D.; Ing. Petra Vidlářová

Ostravské vodárny a kanalizace a.s.

I. Úvod

Na Úpravně vody Ostrava - Nová Ves ve stupni předúpravy podzemní vody se využívá alkalické číření pomocí 2% suspenze vápenného mléka. Přívod alkalizačního činidla je zaústěn do tzv. rychlomísičů (2 paralelní nádoby), odkud takto upravená voda gravitačně odtéká do sedimentačních nádrží (2 paralelní nádrže). Každá z obou sedimentačních nádrží sestává (ve směru toku) ze středového (flokulačního) válce, mezikruží a vnější části. V rámci předprojektové přípravy na rekonstrukci úpravny bylo do sedimentační nádrže č. 2 v září 2017 zkušebně instalováno hyperboloidní míchadlo HCM/2000-16-0,75 a následně byly provedeny úpravy zařízení za účelem výzkumu možností dalšího zvyšování účinnosti číření. V uvedeném procesu číření se účinnost vyjadřuje jako míra snížení obsahu problematických iontů, tj. železa a manganu.

Cílem předkládané studie bylo vyhodnocení účinnosti číření v sedimentačních nádržích, zejména pak v nádrži č. 2, v závislosti na záměrně uskutečněných změnách v technologii. V průběhu času je zde hodnocena účinnost sedimentací ve vztahu k provedeným technologickým úpravám (v uvedeném pořadí): instalaci hyperboloidního míchadla a nastavení jeho otáček (též gradientu), instalaci uklidňovacího potrubí do rychlomísiče č. 2 a zasazení clony do tohoto potrubí. Uklidňovací potrubí představuje v podstatě vertikální potrubní vestavbu s odtokem, do něhož je zasazena potrubní clona zamezující vniku vzduchu do odtékající vody z rychlomísiče. Účelem této konstrukce je eliminace vniku vzduchu a tvorby velkých vzduchových bublin ve středových válcích navazujících sedimentačních nádrží.

Při vyhodnocování byly uplatněny dva základní přístupy: porovnávání obou sedimentačních nádrží navzájem, vždy ve stejném čase (viz část II); stanovení absolutní účinnosti číření v každé sedimentační nádrži zvlášť, vždy ve stejném čase (viz část III).
Poznámka: Vyčířená voda odtéká ze sedimentačních nádrží tzv. žlaby, odkud byly odebírány všechny hodnocené vzorky z hlediska obsahu železa a manganu.

II. Porovnání sedimentací na základě koncentrace kovů ve vodě odtékající ze žlabů

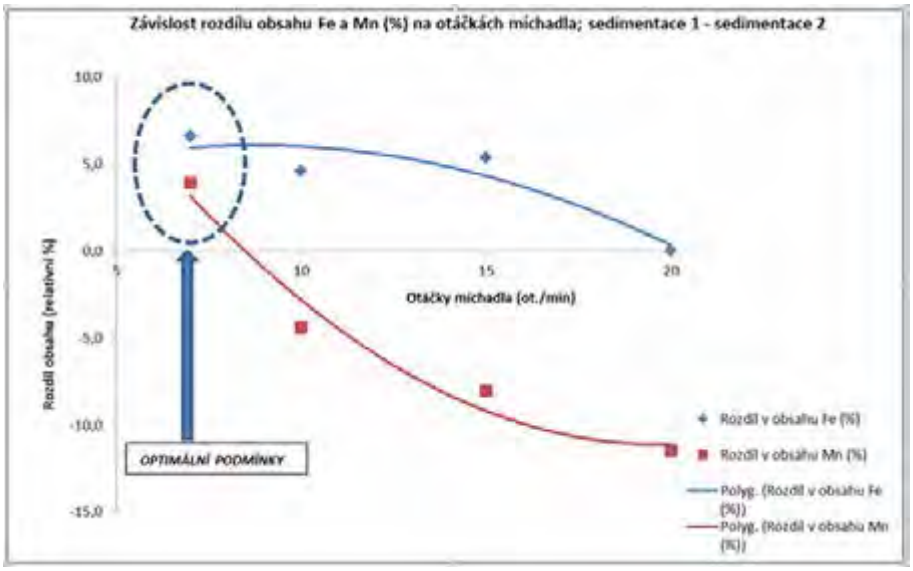
Vyhodnocení probíhalo v období říjen 2017 až březen 2019.
Ve sledované době došlo k určitým důležitým událostem. Jednalo se zejména (v uvedeném pořadí) o tyto zásahy v technologii:

- období 0 – říjen 2017 až leden 2018 – nastavení otáček na 20 ot./min;
- období 1 – od 2. 1. do 11. 5. 2018 – snížení otáček na 15 ot./min;
- období 2 – od 29. 6. do 4. 9. 2018 – snížení otáček na 10 ot./min;
- období 3 – od 5. 9. do 5. 10. 2018 – snížení otáček na 7 ot./min;
- období 4 – od 9. 11. do 22. 11. 2018 (po podzimní odstávce) – instalace uklidňovacího potrubí do rychlomísiče č. 2; nastavení otáček na 7 ot./min;
- období 5 – od 23. 11. 2018 do 17. 1. 2019 – instalace clony do uklidňovacího potrubí v rychlomísiči č. 2; nastavení otáček na 7 ot./min;
- období 6 – od 18. 1. do 6. 2. 2019 – zvýšení otáček na úroveň 10 ot./min.

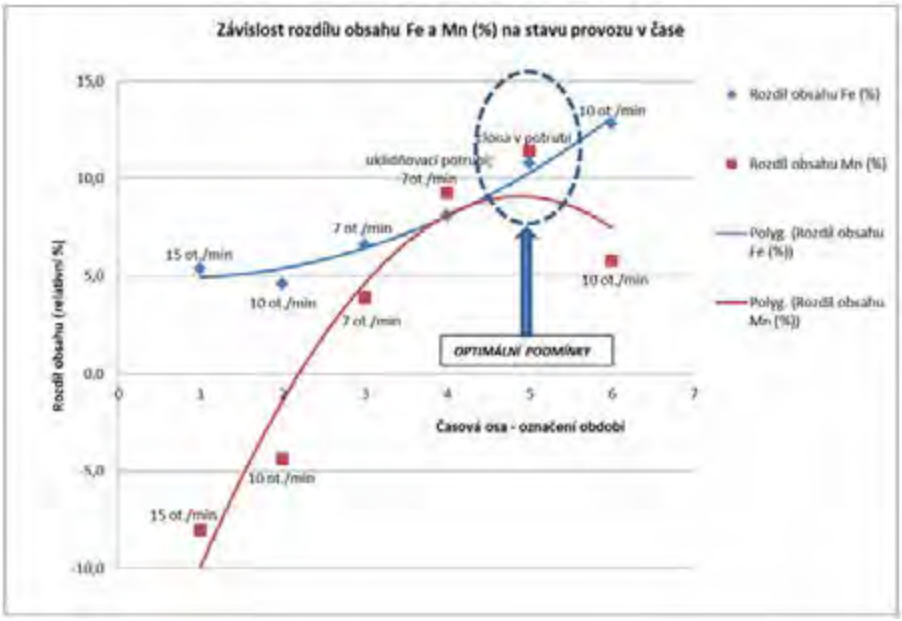
Tabulka 1: *Obsah železa a manganu ve vodě odtékající žlaby sedimentačních nádrží; rozdíly průměrných hodnot za období od října 2017 do února 2019 (tj. období 0 až období 6) při různých otáčkách hyperboloidního míchadla v sedimentaci č. 2.*

Období	Označení období	Otáčky míchadla 2	Rozdíl v obsahu Fe: sedimentace 1 vs. 2		Rozdíl v obsahu Mn: sedimentace 1 vs. 2	
		(ot./min)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)
10.2017-1.2018	0	20	0,000	0,0	-0,036	-11,5
2.1. až 11.5. 2018 (A)	1	15	0,056	5,3	-0,025	-8,0
29.6. až 4.9. 2018 (B)	2	10	0,051	4,6	-0,014	-4,4
5.9. až 5.10. 2018 (C)	3	7	0,072	6,6	0,013	3,9
9.11. až 22.11. 2018 (D)	4	7	0,089	8,1	0,027	9,3
23.11.2018 až 17.1.2019 (E)	5	7	0,126	10,8	0,037	11,4
18.1. až 6.2.2019 (F)	6	10	0,068	6	-0,001	-0,5

Na základě výše uvedené tabulky byly sestaveny následující grafické závislosti.



Obrázek 1: *Závislost rozdílu obsahu Fe a Mn (relativní %) na otáčkách míchadla; sedimentace 1 - sedimentace 2*



Obrázek 2: *Závislost rozdílu obsahu Fe a Mn (relativní %) na stavu provozu*

Z obrázku 1 je patrná závislost hodnoty rozdílu (relativního snížení) obsahu železa a manganu v sedimentaci č. 2 oproti sedimentaci č. 1. Čím je vyšší hodnota rozdílu, tím lze očekávat vyšší účinnost procesu číření v sedimentaci č. 2 oproti sedimentaci č. 1. Z naměřených dat za sledované období vyplývá, že nejvhodnějším nastavením míchadla je režim gradientu při otáčkách 7 ot./min.

Na obrázku č. 2 jsou rovněž uvedeny závislosti hodnot rozdílu (relativního snížení) obsahu železa a manganu v sedimentaci č. 2 oproti sedimentaci č. 1 v průběhu času. I zde platí pravidlo - čím vyšší hodnota rozdílu, tím bude vyšší účinnost procesu číření v sedimentaci č. 2 oproti sedimentaci č. 1. Z průběhu grafických závislostí na obrázku 2 lze vyčíst následující trendy:

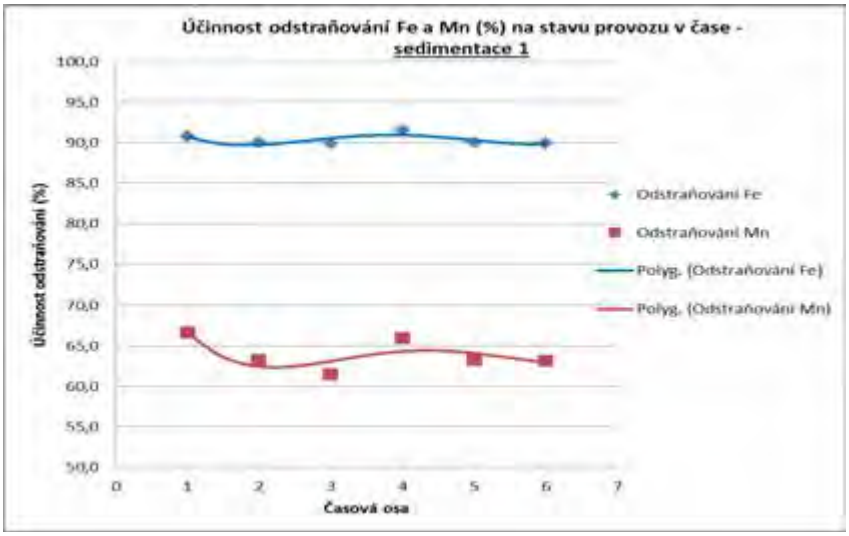
- Míra snížení obsahu železa v sedimentaci č. 2 oproti sedimentaci č. 1 se významně zvyšuje (zlepšuje) během času, tedy následkem všech uvedených zásahů do technologie.
- V případě míry snížení obsahu manganu v sedimentaci č. 2 oproti sedimentaci č. 1 lze vidět podobný trend jako u železa, ovšem až do okamžiku zvýšení otáček míchadla nad zjištěné optimum. Nejlepší podmínky pro odstraňování manganu (stále v rámci porovnávání obou sedimentací) nastanou pravděpodobně při otáčkách 7 ot./min a při instalovaném uklidňovacím potrubí s clonou v příslušném rychlomísiči.

III. Porovnání sedimentací na základě vypočtené celkové účinnosti odstraňování kovů

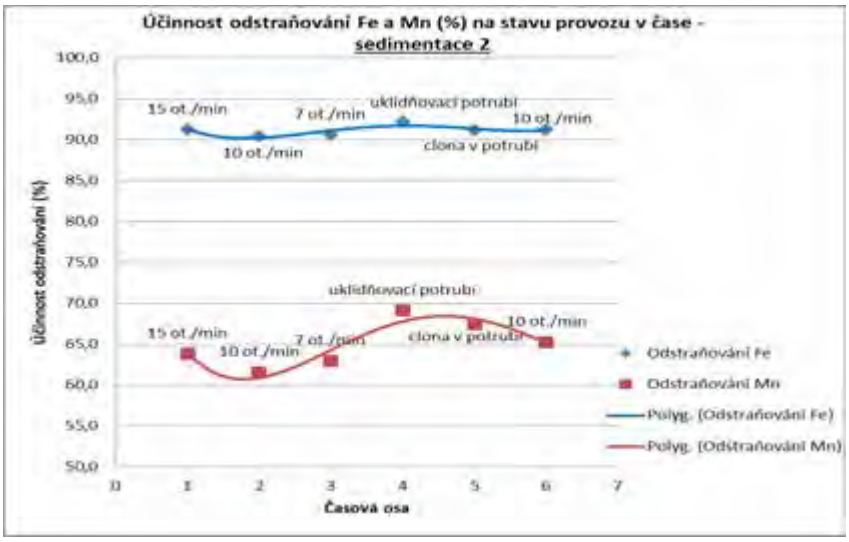
Tabulka č. 2 představuje souhrn dat pro jednotlivá období za účelem výpočtu absolutní účinnosti odstraňování železa a manganu v každé sedimentační nádrži zvlášť. Na tomto místě se již jedná o absolutní účinnosti, nikoliv o vzájemné porovnávání obou nádrží.

Tabulka 2: *Hodnocení absolutní účinnosti odstraňování železa a manganu nezávisle v obou sedimentacích; sledování v období od 2. 1. 2018 do 6. 2. 2019.*

	Období	Označení období	Průměrný obsah Fe v surové vodě	Průměrný obsah Fe ve žlabu	Účinnost odstraňování Fe	Průměrný obsah Mn v surové vodě	Průměrný obsah Mn ve žlabu	Účinnost odstraňování Mn	Otáčky míchadla
			(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	ot./min
sedimentace č. 1	2.1. až 11.5. 2018 (A)	1	11,40	1,054	90,8	0,873	0,291	66,7	xxxxxxxx
	29.6. až 4.9. 2018 (B)	2	11,15	1,115	90,0	0,830	0,305	63,2	xxxxxxxx
	5.9. až 5.10. 2018 (C)	3	10,80	1,085	90,0	0,842	0,325	61,4	xxxxxxxx
	9.11. až 22.11. 2018 (D)	4	12,85	1,094	91,5	0,848	0,289	65,9	xxxxxxxx
	23.11.2018 až 17.1.2019 (E)	5	11,60	1,159	90,0	0,887	0,326	63,2	xxxxxxxx
	18.1. až 6.2.2019 (F)	6	11,68	1,179	89,9	0,857	0,316	63,1	xxxxxxxx
sedimentace č. 2	2.1. až 11.5. 2018 (A)	1	11,40	0,998	91,2	0,873	0,316	63,8	**15,0**
	29.6. až 4.9. 2018 (B)	2	11,15	1,064	90,5	0,830	0,319	61,5	**10,0**
	5.9. až 5.10. 2018 (C)	3	10,80	1,013	90,6	0,842	0,312	63,0	**7,0**
	9.11. až 22.11. 2018 (D)	4	12,85	1,005	92,2	0,848	0,262	69,1	**7,0**
	23.11.2018 až 17.1.2019 (E)	5	11,60	1,033	91,1	0,887	0,289	67,4	**7,0**
	18.1. až 6.2.2019 (F)	6	11,68	1,028	91,2	0,857	0,298	65,2	**10,0**



Obrázek 3: *Závislost účinnosti odstraňování Fe a Mn (%) na stavu provozu - sedimentace č. 1*



Obrázek 4: *Závislost účinnosti odstraňování Fe a Mn (%) na stavu provozu - sedimentace č. 2*

Obrázek 3 představuje znázornění účinnosti odstraňování obou prvků v sedimentační nádrži č. 1. Zde lze vidět, že i přes absenci událostí a změn, ke kterým došlo v sedimentační nádrži č. 2, dochází ke kolísání účinnosti. V případě odstraňování železa se účinnost pohybuje v intervalu: 89,9 až 91,5 %, tedy v rozmezí 1,6 %. U manganu se účinnost pohybuje v intervalu: 61,4 až 66,7 %, tedy v rozmezí 5,3 %. Variabilita dat se projevuje více u manganu.

Obrázek 4 představuje znázornění účinnosti odstraňování obou prvků v sedimentační nádrži č. 2. Na tomto grafu lze vidět, že i přes veškerá provedená opatření dochází ke změnám absolutní účinnosti v poměrně omezené míře, srovnatelné s nádrží č. 1. V případě odstraňování železa se účinnost pohybuje v intervalu: 90,5 až 92,2 %, tedy v rozmezí 1,7 %. U manganu se účinnost pohybuje v intervalu: 61,5 až 69,1 %, tedy v rozmezí 7,6 %. Variabilita dat se opět projevuje více u manganu než u železa. Dosažitelné optimum pro odstraňování manganu, tj. nejlepší podmínky (v sedimentační nádrži č. 2) budou při otáčkách 7 ot./min a při instalovaném uklidňovacím potrubí. Vliv dodatečně vsazené clony v uklidňovacím potrubí se již vyloženě pozitivně neprojevuje, a to ani u manganu, ani u železa.

Uvedené kolísání, patrné zejména na obrázku 3, je s nejvyšší pravděpodobností způsobeno nestabilitou provozu vápenného hospodářství (tj. přípravou a dávkováním vápenného mléka) i změnami jakosti čerpané podzemní vody. Těmito jevy jsou však dotčeny obě sedimentační nádrže současně. Proto se v rámci této studie za účelem posuzování následků provedených změn jeví jako vhodnější vycházet z výsledků porovnávání sedimentačních nádrží navzájem (viz část II).

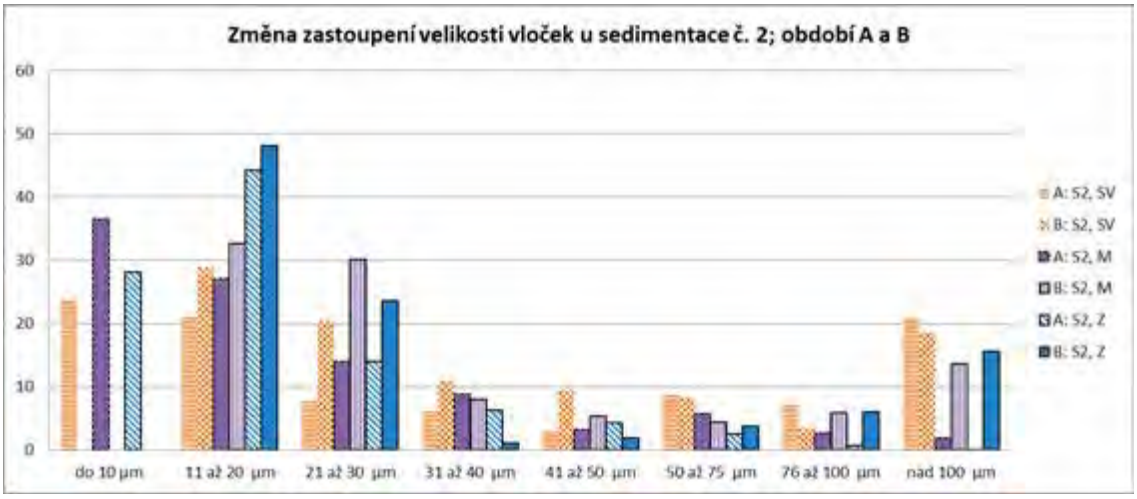
IV. Hodnocení sedimentace z hlediska distribuce velikosti vloček

V obdobích od 11. 9. do 5. 10. 2018 (období A) a od 12. 12. 2018 do 17. 1. 2019 (období **B**) byl rovněž sledován vliv provedených technologických úprav na velikost vloček tvořících se v sedimentační nádrži č. 2. Vzorky byly v určitých termínech odebírány vždy ve středovém válci, mezikruží a vnější části nádrže (kde se předpokládá kvalita vody jako ve žlabu). Označení vzorků bylo následující:
S2, SV - sedimentační nádrž č. 2, středový (flokulační) válec;
S2, M - sedimentační nádrž č. 2, mezikruží;
S2, Z - sedimentační nádrž č. 2, žlab (vnější část nádrže).

Vzorky byly vyhodnocovány v interní laboratoři společnosti OVAK a. s. na mikroskopu OLYMPUS BX41 s obrazovou analýzou. Použitý vyhodnocovací software – QUICKFOTO MICRO 3.1.

Tabulka 3: *Změna zastoupení velikosti vloček u sedimentace č. 2 ve dvou sledovaných obdobích; období A: od 11. 9. do 5. 10. 2018 a období B: 12. 12. 2018 do 17. 1. 2019*

velikostní kateg.	A: S2, SV	B: S2, SV	A: S2, M	B: S2, M	A: S2, Z	B: S2, Z
do 10 µm	24	0	37	0	28	0
11 až 20 µm	21	29	27	33	44	48
21 až 30 µm	8	20	14	30	14	24
31 až 40 µm	6	11	9	8	6	1
41 až 50 µm	3	9	3	5	4	2
50 až 75 µm	9	8	6	4	3	4
76 až 100 µm	7	3	3	6	1	6
nad 100 µm	21	19	2	14	0	16



Obrázek 5: *Změna zastoupení velikosti vloček u sedimentace č. 2; období A a B*

K nejvýznamnější viditelné změně ve vztahu k sedimentační nádrži č. 2 došlo u zastoupení částic o velikosti nad 100 μm. V období B, tj. po instalaci uklidňovacího potrubí do rychlomísiče č. 2 a zasazení clony do tohoto potrubí, při otáčkách míchadla 7 ot./min, se významně zvýšil podíl těchto částic u vzorků S2, M - sedimentační nádrž č. 2, mezikruží a S2, Z - sedimentační nádrž č. 2, žlab (vnější část nádrže). Popsaný jev může být dán do souvislosti s vytvořením podmínek pro lepší růst vloček v této nádrži.

V. Závěr

1) Při vzájemném porovnávání obou sedimentačních nádrží (viz část II.) z hlediska odstraňování železa i manganu v závislosti na otáčkách hyperboloidního míchadla byla nalezena optimální hodnota otáček na úrovni 7 ot./min. Při porovnávání nádrží v závislosti na úpravách technologie v průběhu času, vč. nastavení otáček míchadla, bylo nalezeno určité optimum odpovídající těmto podmínkám: instalace uklidňovacího potrubí s clonou v rychlomísiči, otáčky míchadla na úrovni 7 ot./min.

2) Při hodnocení absolutní účinnosti odstraňování železa i manganu v každé sedimentační nádrži zvlášť (viz část III.) v závislosti na úpravách technologie v průběhu času, vč. nastavení otáček míchadla, lze pozorovat níže uvedené projevy:

- V nádrži č. 1 (bez technologických úprav) dochází k poměrně významnému kolísání účinnosti odstraňování obou prvků; účinnost odstraňování železa je stabilnější;
- v nádrži č. 2 i přes veškerá provedená opatření dochází ke změnám absolutní účinnosti v poměrně omezené míře;
- při sledování absolutní účinnosti odstraňování obou prvků v sedimentační nádrži č. 2 lze vidět, že uvedené úpravy nejvíce ovlivňují eliminaci obsahu manganu.

3) Z hlediska hodnocení účinnosti číření lze tedy uplatňovat dva výše popsané základní přístupy, přičemž porovnávání obou sedimentačních nádrží navzájem (část II) poskytuje výraznější trendy a významnější rozdíly; je věrohodnější (s ohledem na výše uvedené provozní okolnosti).

4) Při hodnocení sedimentací na základě distribuce velikosti vloček došlo k nejvýznamnější viditelné změně u sedimentační nádrže č. 2, a to ke zvýšení zastoupení částic o velikosti nad 100 μm.

5) Realizace uvedených zásahů v technologii, vč. instalace míchadla v sedimentační nádrži č. 2, přispěla k účinnějšímu odstraňování forem železa i manganu. Se závěry studie se počítá při návrhu rekonstrukce úpravny, kdy plánujeme instalaci odzkoušeného míchadla do obou sedimentačních nádrží i instalaci uklidňovacího potrubí do obou rychlomísičů.

Zhodnotenie stavu kvality vody a technológie úpravy vody v ÚV Turček

prof. Ing. Danka Barloková, PhD.[1]; prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.[1]; Dpt. Viliam Šimko[2]

1) Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, *danka.barlokova@stuba.sk, jan.ilavsky@stuba.sk*

2) Vodatech, Račianske mýto 10990/1C, 831 02 Bratislava, *Simko.voda@gmail.com*

Abstrakt

Článok sa zaoberá súčasnou kvalitou vody a technológiou úpravne vody Turček. Kvalita vody vo vodárenskej nádrži Turček sa od uvedenia do prevádzky v roku 1996 výrazne nezmenila. V určitých obdobiach roka nastávajú problémy s biologickým oživením a rovnako ako aj ostatné vodárenské nádrže stredného Slovenska i voda v nádrži Turček má nízky obsah vápnika a horčíka.

ÚVOD

Vodárenská nádrž Turček je najmladšou vodárenskou nádržou na Slovensku, výstavba začala v roku 1992 a do overovacej prevádzky bola uvedená 15. mája 1996. Nachádza sa na sútoku dvoch riek – Turiec a Ružová. Jej zberné územie má rozlohu 29,5 km^2. Hrádza je vybudovaná ako kamenitá s návodným asfaltovo-betónovým tesnením. Vysoká je 59 m a v korune dosahuje dĺžku 287 m. Celkový objem nádrže je 10,8 miliónov m^3. Zabezpečený vodárenský odber je 0,5 m^3.s^{-1}. Zberné územie horného toku rieky Turiec a potoka Ružová sa vyznačuje vysokou kvalitou vôd, minimálnymi možnosťami ich znečistenia.

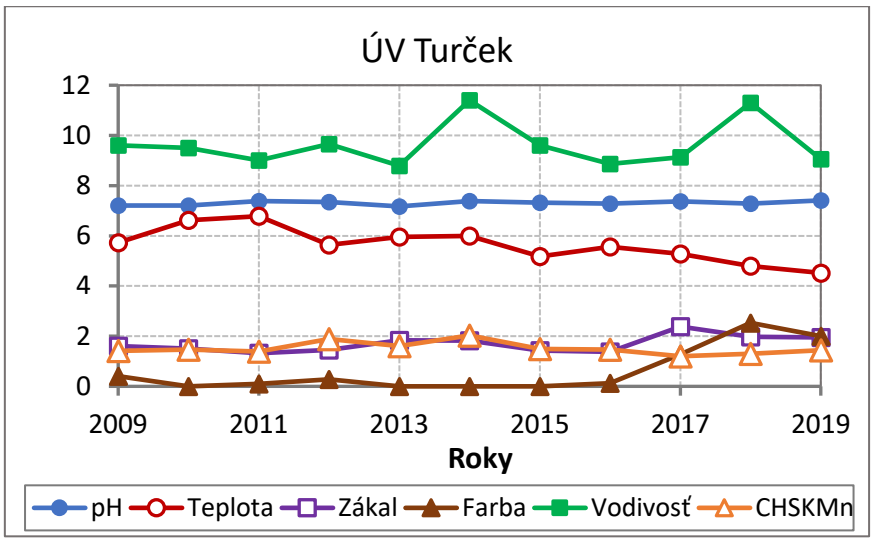
Z nádrže sú zásobované pitnou vodou okresy Prievidza a Žiar nad Hronom, okrem tejto základnej funkcie, nádrž tvorí ochranu horného toku Turca pred povodňami, zabezpečuje jeho ekologicky stabilný prietok počas celého roka a nemalým prínosom je i výroba elektrickej energie v troch malých vodných elektrárňach s celkovým inštalovaným výkonom 300 kW.

KVALITA VODY VO VODÁRENSKEJ NÁDRŽI

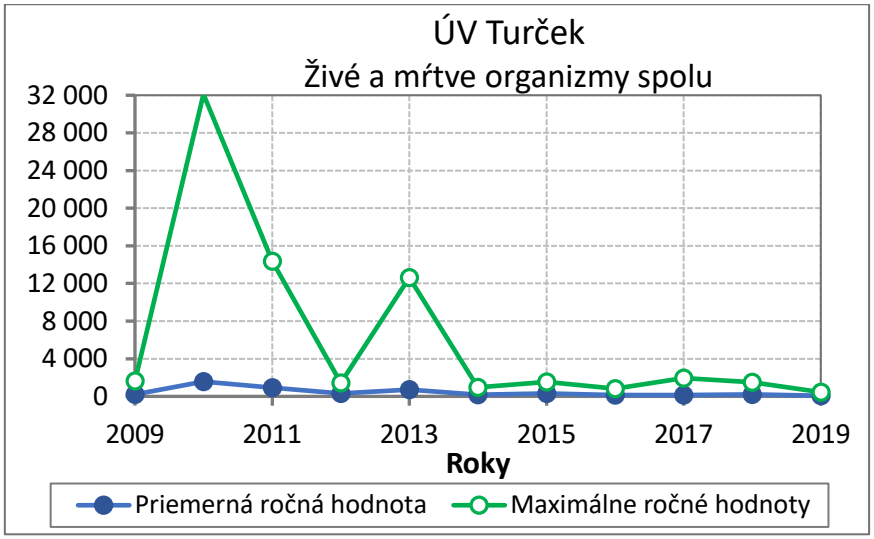
Kvalita vody sa v priebehu rokov prevádzky v tejto nádrži výrazne nemenila, chemické zloženie vody je v podstate stále, meniace sa hodnoty sú z hľadiska počtu živých organizmov vo vode odoberanej z nádrže. Kvalitu vody dokumentujú nižšie uvedené **obrázky 1 a 2**, na ktorých sú uvedené priemerné ročné hodnoty vybraných parametrov na prítoku do ÚV Turček.

TECHNOLÓGIA ÚPRAVY VODY

Úpravňa vody sa nachádza neďaleko vodného diela Turček. Bola budovaná na dve etapy. Prvá etapa bola daná do prevádzky v roku 1979 a upravovala povrchovú vodu z Krahulského potoka a z Grobne Na týchto zdrojoch povrchovej vody boli vybudované brehové odberné objekty. Z odberných objektov pritekala voda do usadzovacích nádrží s dobou zdržania 2,5 hodín. Z Krahulského potoka pritekala surová do úpravne vody samostatným potrubím DN 300 a z Grobne potrubím DN 400.



Obr. 1 *Vybrané ukazovatele kvality vody vo VN Turček*



Obr. 2 *Priemerné a maximálne hodnoty oživenia vody vo VN Turček*

Z oboch zdrojov pritekala voda do úpravne vody gravitačne. Prvá etapa bola projektovaná na výkon Q = 250 $l.s^{-1}$. Technológia úpravy vody v tom čase mala jeden separačný stupeň:

- rýchle miešanie
- pomalé miešanie
- rýchla filtrácia
- chemické hospodárstvo
- zdravotné zabezpečenie filtrovanej vody
- akumulácia upravenej vody
- kalové hospodárstvo

Do surovej vody pritekajúcej do úpravne vody bol pred rýchlym miešaním dávkovaný síran hlinitý. Čas zdržania vody v rýchlom miešači bol 2,7 min. Do rýchleho miešača bolo možné dávkovať hydrát vápenatý a chlór. Takto predpripravená voda pritekala do nádrží pomalého miešania, kde bol čas zdržania vody 8 min. Pomalé miešanie zabezpečovali mechanické miešadlá. Proces odstránenia vzniknutej suspenzie zabezpečovalo 12 otvorených filtrov s celkovou filtračnou plochou 259 m^2 pri filtračnej rýchlosti 3,5 $m.h^{-1}$. Zdravotné zabezpečenie vody bolo zabezpečené chloramonizáciou – do vody bol dávkovaný

chlór a síran amónny. Upravená voda bola akumulovaná v dvoch akumulačných nádržiach s objemom 2x700 m^3.

Voda z prania filtrov bola odvedená do usadzovacej nádrže, odtiaľ vypúšťaná do recipientu. Usadený kal sa po 4 – 5 dňoch vypúšťal na kalové polia. Úpravňa vody touto technológiou upravovala vodu do roku 2000, kedy bola daná do prevádzky II. etapa úpravne vody, celkový projektovaný výkon úpravne bol zvýšený na 500 $l.s^{-1}$. V súčasnosti vzhľadom na zníženú spotrebu vody je výkon úpravne vody do 140 $l.s^{-1}$.

Rozšírenie úpravne vody bolo sprevádzané poloprevádzkovým pokusom, na základe ktorého výsledkom boli výrazné zmeny v návrhu a realizácií druhej etapy ako napr. úprava pôvodných filtrov, optimalizácia filtračnej náplne, pridanie ďalšieho separačného stupňa – lamelových usadzovacích nádrží - tie boli prvýkrát navrhnuté na Slovensku a modernizácia chemického hospodárstva.

V súčasnosti surová voda priteká prítokovým potrubím DN 800 z vodárenskej nádrže do prítokovej šachty úpravne vody. Na prívodnom potrubí je v prítokovej šachte inštalovaný clonový homogenizačný element, ktorý pomocou dvoch clôn zabezpečuje rýchle a dokonalé rozmiešanie dávkovaných chemikálií (síranu železitého, v prípade potreby manganistanu draselného, vápna a chlóru) s celým objemom upravovanej vody.

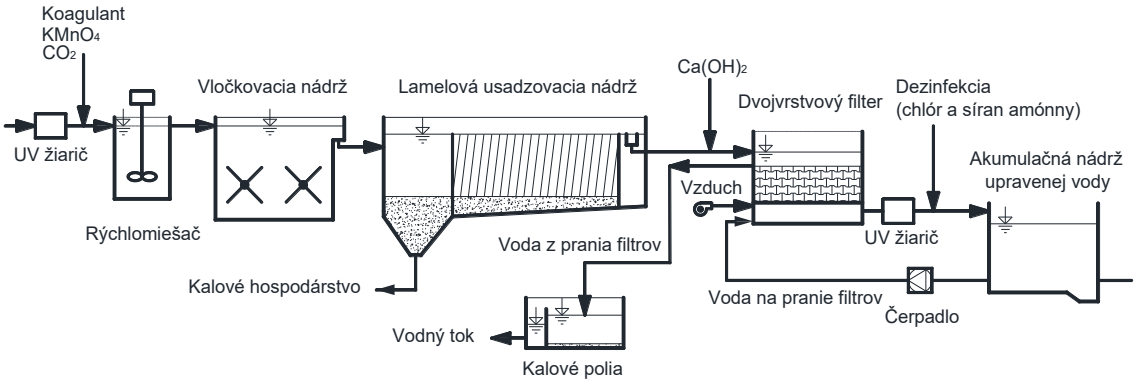
Surová voda po pridaní potrebných chemikálií priteká do pôvodného, no upraveného rýchleho miešača, obteká pôvodnú nádrž pomalého miešania a priteká do prvej sekcie novovybudovaného pomalého miešania. Pomalé miešanie tvoria dve nádrže a každá pozostáva zo šiestich sekcií, v ktorých sú inštalované vertikálne pádlové miešadlá. Vločkový kal z kalových priehlbní je čerpaný do kalového hospodárstva. Odtok vody z pomalého miešania je realizovaný cez dierovanú stenu, cez ktorú priteká táto voda do lamelových usadzovacích nádrží. Kal z dna usadzovacích nádrží je zhrabovaný zhrabovacím zariadením do priehlbne a odtiaľ čerpaný do kalového hospodárstva.

Voda z usadzovacích nádrží priteká cez otvorený žľab cez dokonalé priepady na jednotlivé filtre. Náplň filtrov je dvojmateriálová a pozostáva z 10 cm kremičitého piesku zrnitosti 1,0 – 1,6 mm, 70 cm kremičitého piesku 0,7 – 2,0 mm a 40 cm čiernouhoľného filtračného materiálu zrnitosti 1,0 – 2,0 mm. Filtračná náplň je praná vzduchom a vodou. Prefiltrovaná voda cez dvojmateriálovú filtračnú náplň odteká do akumulačnej nádrže upravenej vody.

Na zdravotné zabezpečenie je použitá kombinácia UV žiarenia a dávkovania chlóru so síranom amónnym. Použitá pracia voda odteká do zberných nádrží použitej pracej vody. Z týchto je použitá pracia voda prečerpávaná na lamelovú usadzovaciu nádrž kalov. Z hornej časti lamelovej usadzovacej nádrže odteká voda gravitačne do zbernej nádrže. Z tejto môže byť vypúšťaná na kalové polia. Je však možné časť tejto vody vracať na začiatok technologického procesu úpravy vody. Usadený kal z lamelovej usadzovacej nádrže odteká do zahusťovacej nádrže kalu.

Vzhľadom na kvalitu vody s úpravou vody nie sú problémy, ako vidno z grafov kvality vody v nádrži za obdobie od roku 2009 do roku 2019 v určitých obdobiach dochádza k zvýšenému oživeniu (v posledných rokoch je pozorovaný občasný výskyt siníc), no ani s tým nemajú problém, nakoľko technológia po doplnení druhého separačného stupňa v podobe lamelových usadzovacích nádrži je pre tento prípad vyhovujúca a nakoniec i príprava roztoku koagulantu, jeho následne pomalé i rýchle miešanie, je navrhnuté a prevádzkované tak, že úprava vody je bez výrazných problémov. V súčasnosti sa realizuje pridanie UV lámp, a testuje zariadenie mechanickej predúpravy vody na odstránenie prípadného nárastu oživenia (siníc) vo vode na prítoku do ÚV Turček.

Na **obr. 3** je zjednodušená technologická schéma úpravy vody v Turčeku. Prednedávnom bolo dané do prevádzky i zariadenie, ktoré pridávaním vápna zvyšuje obsah vápnika vo vode, čo je pre tento druh vôd veľmi vhodným riešením pre získanie kvalitnej vody. To, čo možno vyhodnotiť ako negatívum upravenej vode, je nízky obsah horčíka. A z toho dôvodu sme vykonali priamo v úpravni poloprevádzkové skúšky obohacovania už upravenej vody o vápnik a horčík. Tieto skúšky boli robené ešte pred spustením do prevádzky zariadenia na obohacovanie vody vápnikom.



Obr. 3 *Technologická schéma úpravy vody v UV Turček*

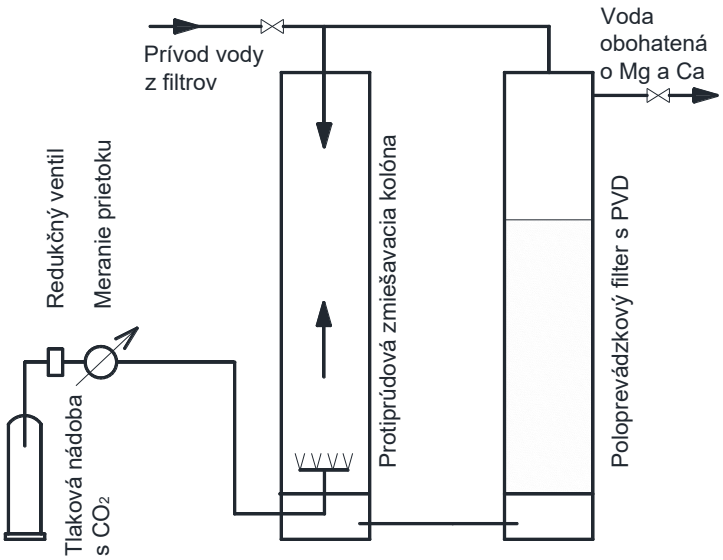
OBOHACOVANIE VODY O HORČÍK – POLOPREVÁDZKOVÉ SKÚŠKY

Cieľom poloprevádzkových skúšok v ÚV Turček bolo overiť vplyv rôznych filtračných rýchlostí na zvyšovanie obsahu vápnika a horčíka v upravenej vode v ÚV Turček. Na stvrdzovanie vody bola použitá upravená voda na konci technologickej linky, t.j. po koagulácii, lamelových usadzovacích nádržiach a filtrácii, obohatená o CO_2 a filtrovaná cez PVD. V čase skúšok bol obsah vápnika a horčíka vo vode na odtoku z ÚV Turček cca 21 $mg.l^{-1}$ Ca a 3,5 $mg.l^{-1}$ Mg, priemerná hodnota Ca+Mg je 0,55 $mmol.l^{-1}$.

Voda bola z tlakového potrubia vedúceho z filtrov vedená pomocou regulačného ventilu do zmiešavacej (reakčnej) kolóny, do ktorej bol vháňaný oxid uhličitý a takáto voda bola potom dvoma samostatnými regulačnými ventilmi vedená do kolón s polovypáleným dolomitom. Kolóny obsahovali PVD Everzit z Nemecka (zrnitosť 2-4 mm, výška náplne PVD bola 110 cm, plocha kolóny s PVD 95 cm^2, objem náplne filtra 10,454 dm^3). Každá kolóna mala samostatný výtok a v každej bol nastavený iný prietok. Vzorky sa odoberali pred reakčnou nádržou, po pridaní CO_2 za reakčnou nádržou a na výstupe z kolón s PVD. Schéma modelového zariadenia je na **obr. 4**. V **tab. 1** sú uvedené filtračné podmienky experimentu a čas kontaktu vody s materiálom PVD.

Tabuľka 1 *Filtračné podmienky počas experimentu*

Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4	Experiment 5
Filtračná rýchlosť				
6,1 $m.hod^{-1}$	7,2 $m.hod^{-1}$	8,0 $m.hod^{-1}$	12,9 $m.hod^{-1}$	15,2 $m.hod^{-1}$
Čas kontaktu (EBCT)				
10,88 min	9,17 min	8,25 min	5,12 min	4,34 min



Obr. 4 *Schéma modelového zariadenia*

Počas polprevádzkových skúšok sme sledovali vplyv zmeny filtračnej rýchlosti na koncentráciu vápnika, horčíka, $KNK_{4,5}$, $ZNK_{8,3}$ a pH vody. Zároveň bola sledovaná agresivita vody podľa Heyera, Index nasýtenia a presýtenie vody s $CaCO_3$. Na základe získaných výsledkov bola vypočítaná koncentrácia agresívneho CO_2 (**tab. 2**).

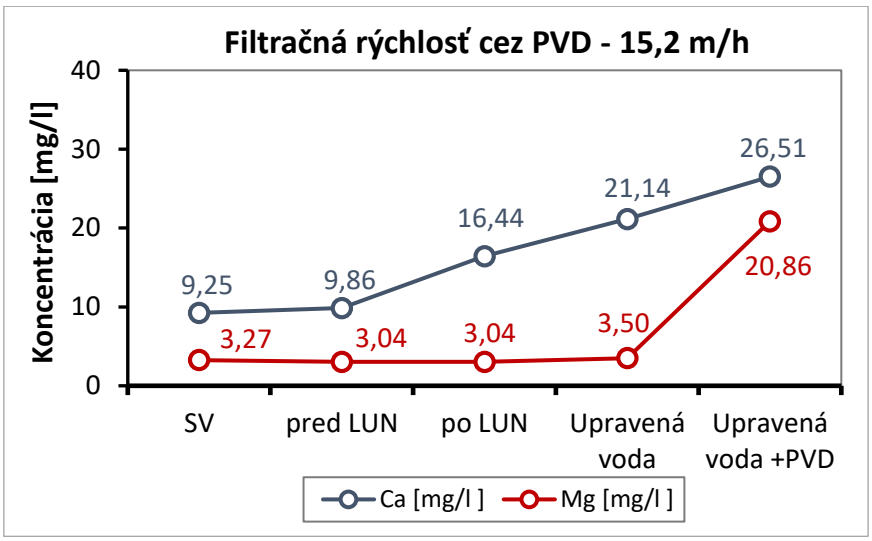
Tabuľka 2 *Hodnoty sledovaných parametrov vápenato-uhličitanovej rovnováhy*

Filtr. rýchlosť [m/hod]	pH_0	pH_R	Index nasýtenia I_s	CO_2 agresívne [mg/l]	$c(Ca)_0$ [mg/l]	$c(Ca)_R$ [mg/l]	Presýtenie $CaCO_3$ [mmol/l]
6,1	6,98	7,02	-0,04	7,65	25,82	26,24	-0,0105
7,2	6,58	6,67	-0,09	11,64	26,18	26,83	-0,0162
8,0	6,71	6,95	-0,24	9,54	26,98	27,48	-0,0125
12,9	6,87	6,98	-0,11	12,56	26,84	28,13	-0,0322
15,2	6,83	6,96	-0,13	10,23	26,51	18,13	-0,0404

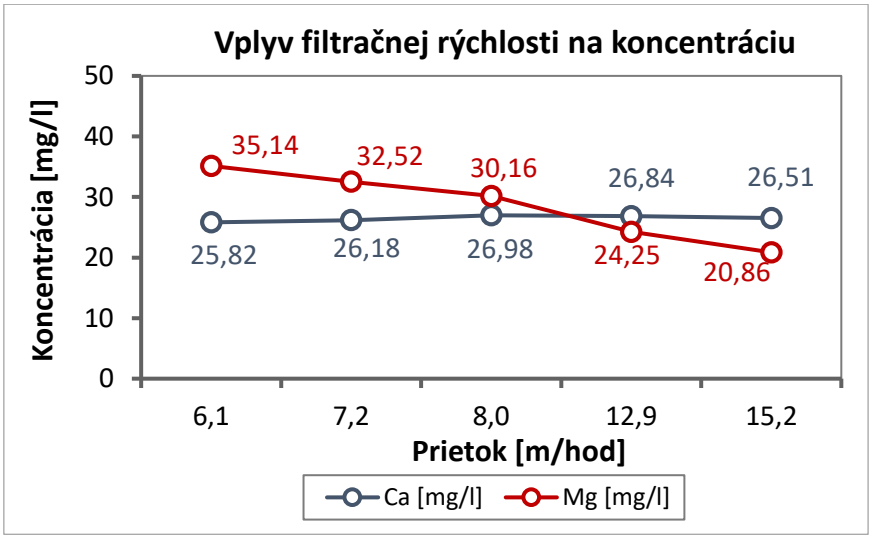
Na **obr. 5** je priebeh stvrdzovania vody počas polprevádzkových experimentov v ÚV Turček pri filtračnej rýchlosti 15,2 $m.h^{-1}$. Na **obr. 6** sú zhrnuté dosiahnuté výsledky experimentov pre rôzne filtračné rýchlosti (tab. 1).

ZÁVER

Z výsledkov vyplýva, že na dosiahnutie odporúčanej koncentrácie Ca a Mg v upravenej vode po stvrdzovaní pridávaním CO_2 a následnou filtráciou cez PVD je vyhovujúca rýchlosť 15,2 $m.h^{-1}$. Pri tejto rýchlosti bola hodnota tvrdosti Ca+Mg 1,52 $mmol.l^{-1}$, čo je v porovnaní s odporúčaním Vyhlášky MZ SR č. 247/2017 Z.z., ktorá odporúča 1,1 až 5 $mmol.l^{-1}$ vyhovujúca hodnota. Pred úpravou bola táto hodnota Ca+Mg v ÚV Turček 0,55 $mmol.l^{-1}$. Čím je dlhšia doba kontaktu vody s materiálom PVD (v závislosti od obsahu CO_2), tým viac sa voda obohacovala o horčík, avšak koncentrácia vápnika sa až tak výrazne nezvýšila.



Obr. 5 *Obsah vápnika a horčíka v priebehu úpravy vody a za modelovým filtrom PVD*



Obr. 6 *Obsah Ca a Mg za modelovým filtrom PVD pre rôzne rýchlosti prúdenia vody*

Poďakovanie

Článok bol pripravený za finančnej podpory projektu VEGA 01/0737/19 a projektu APVV-18-0205.

Literatúra

[1] Ilavský, J., Barloková, D.: Modernizácia veľkých úpravní vôd v podmienkach Slovenska. In: Pitná voda 2015, Trenč. Teplice, SR, 5-8.10.2015. Vodatím s.r.o, Bratislava 2015, s.55-62. ISBN 978-80-971272-3-7.

[2] Olejko, Š.: Technológia stvrdzovania pitnej vody. In: Voda Zlín 2000. Sborník příspěvku IV mezinárodní konference. Zlín, Vodovody a kanalizace Zlín, a.s. 2000, s. 119-124.

[3] Šamaj, A.: Overenie možnosti obohacovania vody o vápnik a horčík v ÚV Turček, Diplomová práca, Ev.č. SvF-5378-55401, Stavebná fakulta STU Bratislava, 2017.

[4] Šimko, V.: Zásobovanie pitnou vodou v SR – zabezpečenie kvality a technológia úpravy vody. In: Sborník XI. mezinárodní konference Voda Zlín 2007, Zlín, ČR, ISBN 978-80-239-8740-9, s. 23-26.

Nezastupitelná úloha analyzátorů v procesu úpravy ÚV Plzeň

Ing. Martina Klimtová, p. Bohuslav Nováček, Ing. Marie Pešková

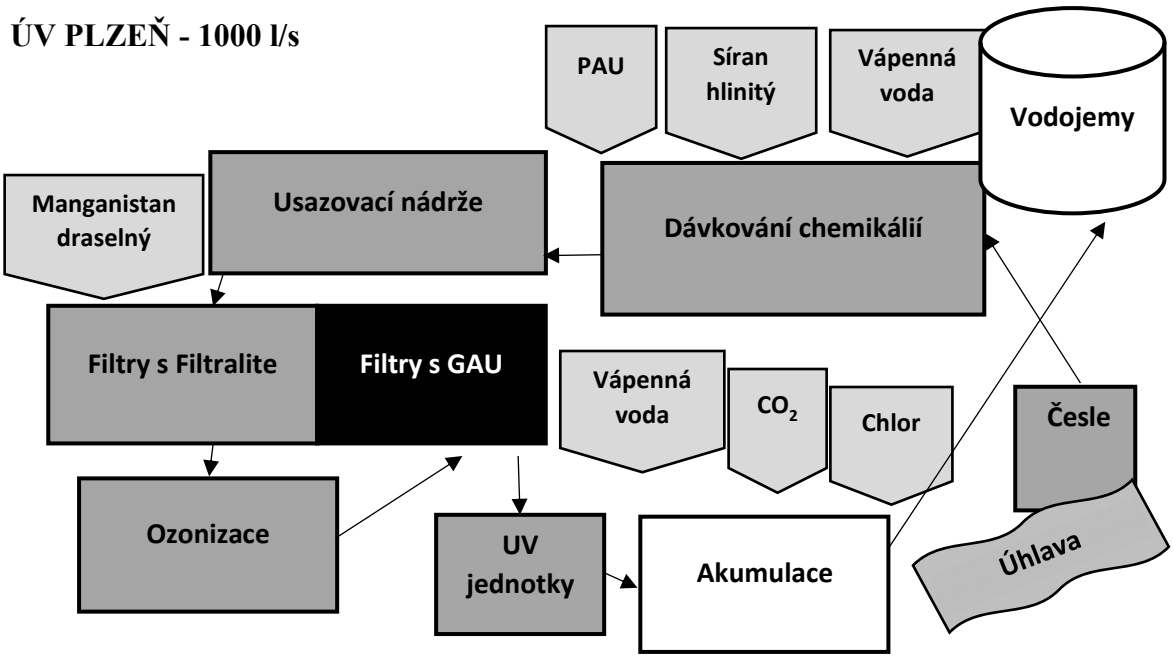
VODÁRNA PLZEŇ a.s., Malostranská 143/2, 317 68 Plzeň, *martina.klimtova@vodarna.cz*

Úvod

VODÁRNA PLZEŇ provozuje moderní úpravnu vody, která zásobuje západočeskou metropoli a její blízké okolí kvalitní pitnou vodou, upravenou z řeky Úhlavy. Úpravna vody (ÚV) v Plzni začala na podzim 2019 už čtvrtý rok po rozsáhlé rekonstrukci. Technologická linka ÚV Plzeň je s ohledem na proměnlivou kvalitu surové vody složena z několika procesů a upravovaná voda postupně projde třemi separačními stupni úpravy. Velkými pomocníky pro řídicí systém ÚV Plzeň jsou stacionární analyzátory, jejichž počet postupem doby a po rekonstrukci některých částí technologie narostl. V kolektivním příspěvku bych se ráda podělila o provozní zkušenosti s analyzátory jednotlivých technologických částí a doložila tak jejich důležitou roli v procesu úpravy vody na ÚV Plzeň.

ÚV Plzeň

Do surové vody je po případné předalkalizaci dávkován koagulant, síran hlinitý. Po homogenizaci následuje proces sedimentace v šesti dvoupatrových podélných usazovacích nádržích. Po separaci vzniklých vloček voda gravitačně natéká na šest otevřených filtrů s drenážním systémem Leopold a náplní Filtralite Mono-Multi. Před vstupem upravované vody na filtry je zaústěné dávkování manganistanu draselného pro oxidaci manganu. Filtrát dále pokračuje do objektu ozonizace, kde se rozvádí na čtyři samostatné linky. Ozonizovaná voda postupuje tříkomorovou ozonizační nádrží nejprve sestupnou, pak vzestupnou směšovací sekcí a nakonec vymírací sekcí. Ozonizovaná voda je z akumulace čerpána na třetí separační stupeň technologické linky, na čtveřici otevřených filtrů s drenážním systémem Leopold a s náplní GAU Chemviron Carbon Filtrasorb TL-830. Prostřednictvím GAU-filtrace dochází k sorpci rozpuštěných organických látek, produktů ozonizace a případných zbytků anorganických látek z předchozích separačních stupňů. Po GAU-filtraci byla v rámci rekonstrukce úpravny vody nově zařazena UV desinfekce. Mikrobiální bariéru zajišťuje dvojice UV reaktorů ve střídavém režimu, s kapacitou 650 l/s a s 36 nízkotlakými amalgámovými výbojkami v každé jednotce. Před vstupem upravené vody do akumulačních nádrží dochází k finální úpravě pitné vody, ke ztvrzování vody dávkováním oxidu uhličitého a vápenného hydrátu v podobě vápenné vody a dále k hygienickému zabezpečení nízkými dávkami chloru s ohledem na kontinuální monitoring volného a vázaného chloru v upravené vodě. Upravená voda je v objektu úpravny vody akumulována celkem v pěti akumulačních nádržích, odkud je čerpána do pásmových vodojemů v Plzni a okolních obcí.



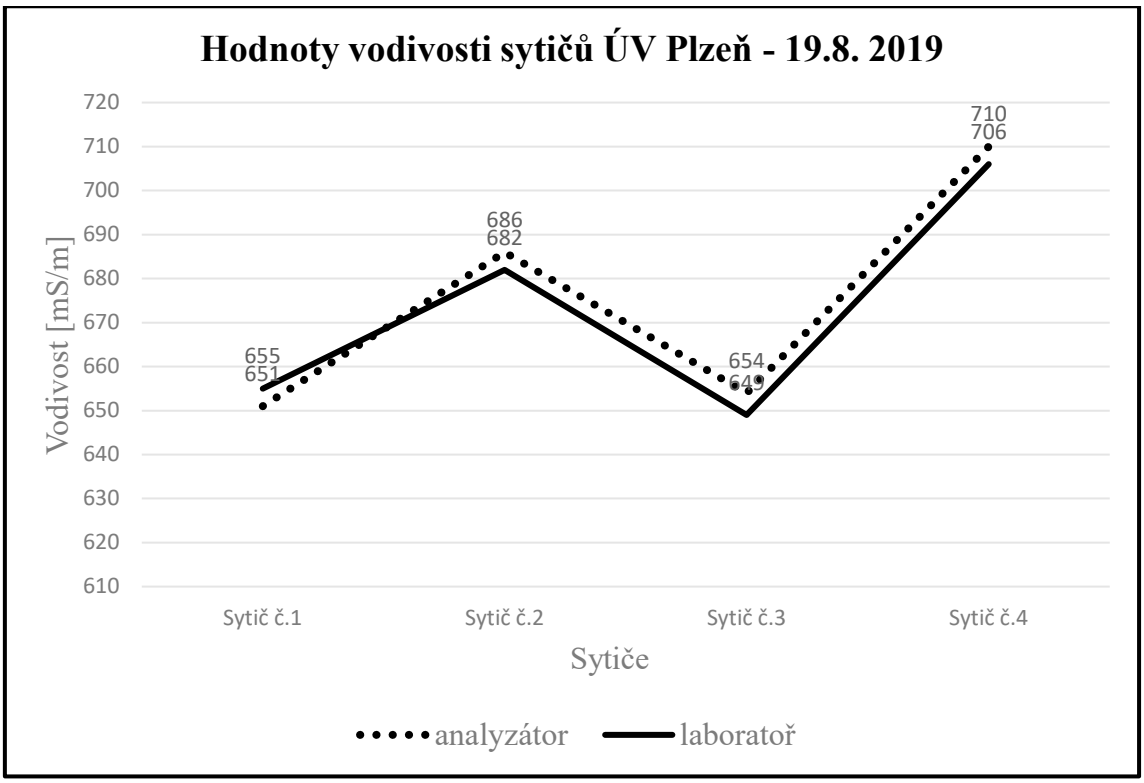
Obr. 1 *Schéma technologické linky ÚV Plzeň*

Jímání surové vody, koagulace a sedimentace

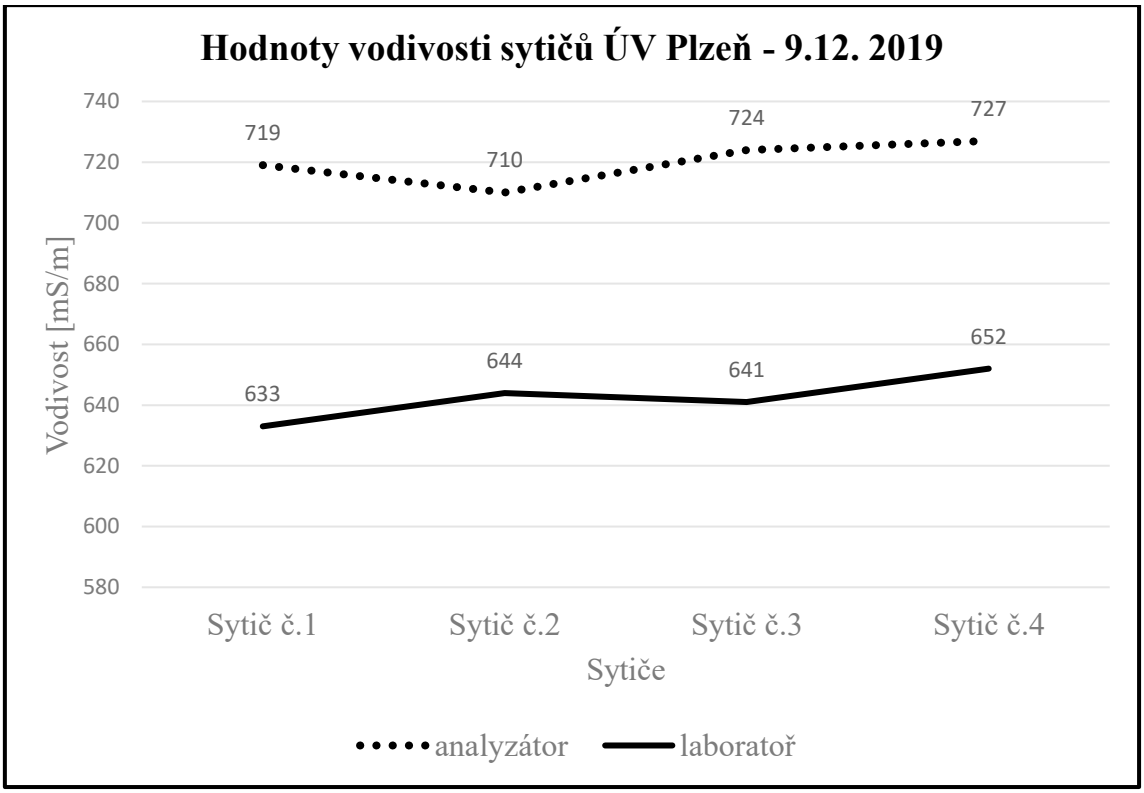
S ohledem na značnou vzdálenost jímacího objektu od pramene Úhlavy, jako jediného zdroje pro plzeňskou aglomeraci, s ohledem na charakter jejího toku a jejích přítoků a rozmanitost antropogenní činnosti podél celého toku, musí umět technologie ÚV Plzeň reagovat na kolísavou kvalitu surové vody mnohdy v poměrně krátkých časových intervalech. Přímo nad jímacím objektem ÚV Plzeň je umístěna monitorovací stanice s osmi analyzátory, kam jsou čerpány vzorky přímo z řeky. Aktuální informace o koncentraci kyslíku, ropných látkách, amonných iontech, o pH, zákalu, UV absorbanci, redox potenciálu a vodivosti v říční vodě jsou přenášené do řídicího systému s vizualizací na dispečink ÚV Plzeň. Na přívodním potrubí z čerpací stanice surové vody do objektu chemického hospodářství jsou přímo napojeny analyzátory zákalu, vodivosti, UV absorbance, barvy, TOC a pH metr, které jsou umístěny v kontejneru. Přenos dat z kontejneru s analyzátory do řídicího systému ÚV probíhá prostřednictvím datového konektoru, wifi a GSM brány. Po nadávkování koagulantu a vápenného hydrátu pro úpravu pH je z pH metru a analyzátoru koncentrace manganu přenášena další informace. Také na vstupu upravované vody do podélných usazovacích nádrží je umístěn pH metr, na odtoku pak měření manganu, hliníku, barvy, TOC a absorbance.

Vápenné hospodářství

Příprava vápenné vody z vápenného mléka pro úpravu pH koagulace, odstraňování manganu na druhém separačním stupni a ztvrzování upravené vody probíhá ve čtyřech sytičích. Každý sytič je regulován podle hodnot zákaloměru a analyzátoru vodivosti. V pravidelných intervalech je prováděna korekce analyzátorů vodivosti podle výsledků vodivosti z laboratoře. Na obrázku 2 je znázorněn soulad hodnot vodivostí z provozního analyzátoru a hodnot naměřených ve vzorku z jednotlivých sytičů v akreditované laboratoři VODÁRNY PLZEŇ. Obrázek 3 znázorňuje situaci, kdy bylo potřeba provést korekci provozního analyzátoru podle výsledků naměřených v laboratoři.



Obr. 2 *Porovnání výsledků vodivosti jednotlivých sytičů*



Obr. 3 *Porovnání výsledků vodivosti jednotlivých sytičů před korekcí analyzátoru*

Filtrace

V objektu filtrace je kontinuálně měřen zákal na odtoku každého z deseti rychlofiltrů. Na potrubí, kterým je odváděn filtrát z druhého separačního stupně (filtrace přes Filtralite), svoji funkci plní analyzátory obsahu manganu, hliníku, zákalu a čítač částic. Na společném odtoku ze třetího separačního stupně, filtrace přes GAU, kontrolují postupně upravovanou vodu analyzátor měřící barvu, TOC a absorbanci a opět čítač částic. Tabulka 1 uvádí porovnání výsledků koncentrací sledovaných kovů ve filtrátu (po filtraci přes Filtralite), naměřených z odebraných vzorků v laboratoři s výstupními hodnotami z kontinuálního měření analyzátory hliníku a manganu.

Tabulka 1. *Porovnání výsledků koncentrací kovů za 2. separačním stupněm na ÚV Plzeň*

Datum	Měření obsahu MANGANU [mg/l]		Měření obsahu HLINÍKU [mg/l]		Poznámky
	Analyzátor	Laboratoř	Analyzátor	Laboratoř	
1.1.2020	0,029		0,123		
2.1.2020	0,023	0,001	0,117	0,025	
3.1.2020	0,024	0,001	0,110	0,024	
4.1.2020	0,023		0,089		
5.1.2020	0,024		0,117		
6.1.2020	0,024	0,001	0,117	0,028	
7.1.2020	0,027	0,001	0,045	0,031	
8.1.2020	0,025	0,001	0,038	0,027	
9.1.2020	0,026		0,089		
10.1.2020	0,022	0,001	0,079	0,028	
11.1.2020	0,023		0,051		
12.1.2020	0,021		0,102		
13.1.2020	0,021	0,001	0,090	0,030	
14.1.2020	0,018	0,001	0,032	0,027	
15.1.2020	0,027	0,001	0,110	0,026	
16.1.2020	0,024		0,104		
17.1.2020	0,025	0,001	0,113	0,023	
18.1.2020	0,018		0,018		
19.1.2020	0,020		0,018		
20.1.2020	0,018	0,001	0,080	0,021	
21.1.2020	0,034	0,001	0,028	0,025	21.1. čištění a kalibrace analyzátoru Mn
22.1.2020	0,019	0,001	0,040	0,028	
23.1.2020	0,019		0,044		
24.1.2020	0,030	0,001	0,059	0,027	
25.1.2020	0,030		0,060		
26.1.2020	0,025		0,046		
27.1.2020	0,025	0,001	0,038	0,022	27.1. čištění a kalibrace analyzátoru Al
28.1.2020	0,025	0,001	0,038	0,025	
29.1.2020	0,023	0,001	0,041	0,027	
30.1.2020	0,029		0,078		
31.1.2020	0,027	0,001	0,030	0,025	

Ozonizace

V objektu ozonizace se nachází celkem 14 analyzátorů měřících zbytkový ozon v upravované vodě, tzn. ve třech zónách reakčních nádrží, na společném výstupu z nádrží a na výtlačném potrubí na GAU filtraci. Na vstupu do ozonizace jsou přenášeny informace o absorbanci, barvě, TOC a koncentraci amonných iontů.

Upravená voda

Kvalitu upravené vody po finální úpravě, tj. ztvrzování a hygienickém zabezpečení, hlídají analyzátory parametrů zákalu, hliníku, manganu, alkality, pH a volného a celkového chloru. Druhou kontrolu výstupní upravené vody provádí analyzátory umístěné v kontejneru (výše zmíněné a navíc čítač částic), ke kterým je přivedena upravená pitná voda z jímky upravené vody a která je následně čerpána do vodojemů nízkého tlakového pásma.

Závěr

Rozmístění kontinuálních analyzátorů v provozu ÚV Plzeň vychází z logiky, v jaké části procesu úpravy se nachází a jaké parametry určující kvalitu upravované vody potřebujeme znát. U vstupní surové vody a výstupní pitné vody je potřeba vědět o kvalitě vody z více parametrů. V případě mezistupňů nám analyzátory poskytují informace o dobré funkci nebo účinnosti konkrétní části vodárenského provozu. Abychom jsme se mohli na aktuální výstupní hodnoty z analyzátorů spolehnout při řízení vodárenského komplexu, je potřeba jim věnovat patřičnou péči. Kontinuální analyzátory spolu s výsledky parametrů kvality upravované vody v dílčích částech technologické linky z laboratoře, mají nezastupitelnou úlohu ve správném řízení celého procesu úpravy vody na ÚV Plzeň.

Odstranění železa a manganu z podzemních vod prostřednictvím keramické membránové filtrace

Ing. Tomáš Munzar, Mgr. Tomáš Brabenec, Ing. Petra Hrušková

ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, Praha 6, 160 00
e-mail: munzar@envi-pur.cz, brabenec@envi-pur.cz, hruskova@envi-pur.cz

---

Úvod

Podzemní vody představují takový zdroj, který vyplňuje dutiny zvodněných hornin. Na rozdíl od povrchových zdrojů obsahují nižší koncentrace organických látek, méně kyslíku a mikrobiologické znečištění je v porovnání s těmito zdroji taktéž malé. Naopak se však vyznačují stabilnější teplotou, vyšším obsahem rozpuštěných organických látek, vyšším obsahem oxidu uhličitého a velmi typicky vyšším obsahem železa a manganu, přičemž oba tyto prvky jsou ve vodě obsaženy většinou společně [1].

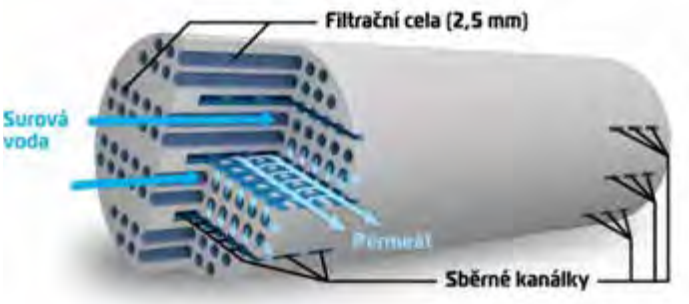
Železo se v bezkyslíkovém (anoxickém) prostředí nejvíce vyskytuje v rozpuštěné formě v oxidačním stupni II, jehož koncentrace dosahují i desítek mg/l. Ačkoli jeho přítomnost nezpůsobuje zdravotní problémy, je příčinou tvorby žlutého až hnědého zabarvení na materiálech, se kterými přijde do styku a dále způsobuje organoleptické závady vody, tzn. závady barvy, chutě a zákalu. Limit železa v pitné vodě daný Vyhl. 252/2004 Sb. je 0,2 mg/l [1, 2].

I mangan se v redukčním bezkyslíkovém prostředí vyskytuje v oxidačním stupni II, avšak v nižších koncentracích, přibližně do 2 mg/l. Ani mangan nezpůsobuje nikterak zdravotní problémy, ale negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti (zejména chuť). Nerozpuštěné hnědé formy manganu mohou způsobovat hnědé až černé zabarvení materiálů. Významný je v jeho přítomnosti i výskyt manganových bakterií, které způsobují zarůstání vodovodního potrubí. Jeho koncentrace v pitné vodě nesmí být dle Vyhl. 252/004 Sb. větší než 0,05 mg/l [1, 2].

Odstranění železa a manganu se technologicky provádí převedením jejich rozpuštěných forem pomocí oxidace na formy nerozpuštěné, které se následně separují pomocí sedimentace a filtrace, anebo jsou vytvořené vločky separované rovnou na filtru bez předchozí sedimentace. Oxidace se dá provádět několika způsoby, jako je oxidace pomocí vzdušného kyslíku, manganistanu draselného, chloru či ozonu [1]. Poslední zmiňovaný je sice nejsilnější oxidační činidlo a oxiduje oba prvky do vyššího stupně nezávisle na pH, ale jedná se v jeho případě o velmi nákladný proces. Proto je nejběžnější používané oxidační činidlo manganistan draselný.

Sestava technologie pro odstranění železa a manganu

Surová podzemní voda byla čerpána přes injektory vzduchu do reakční nádrže, ve které docházelo k dávkování oxidačního činidla manganistanu draselného a také zde byl dávkován hydroxid sodný na úpravu pH. Výhodou zařazených injektorů, které vodu intenzivně provzdušní, je zejména to, že ke svému provozu nepotřebují prakticky žádnou elektrickou energii (viz obrázek 1).

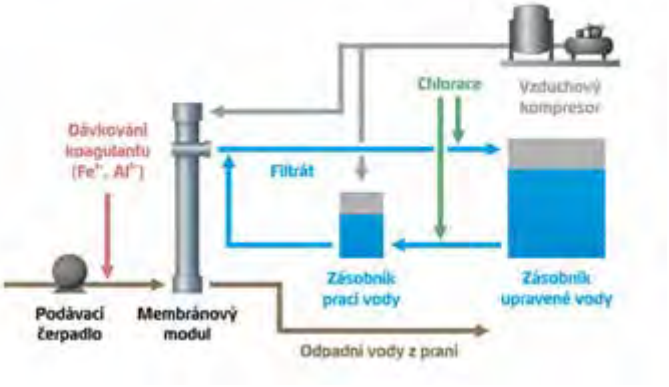


Obr. 1: *Průřez keramického elementu*

Obr. 2: *Injektory*

Z reakční nádrže již voda natékala na membránovou filtraci AMAYA. Maximální výkon této jednotky je 5 m^3/h (flux 200 LMH) a jejím základem je jeden keramický membránový element s velikostí pórů 0,1 µm a obsahující 2000 kanálků s průměrem 2,5 mm. Plocha elementu je 25 m^2. Průřez tohoto elementu je na obrázku 2.

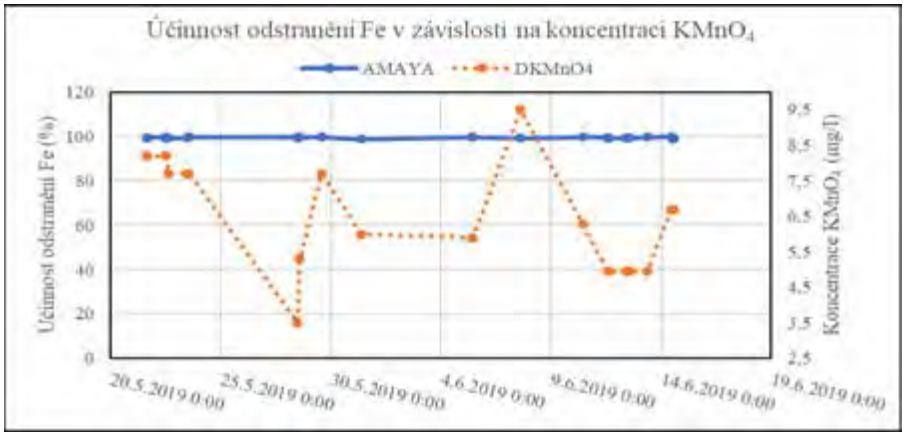
Voda nejprve natéká přes dva mechanické předfiltry sloužící k odstranění hrubších nečistot. Následuje trubkový flokulátor, kam by se v případě odstraňování organických nečistot dávkoval koagulant. Jelikož se se však upravuje podzemní voda na odstranění železa a manganu, žádný koagulant se v těchto aplikacích nedávkoval. Další částí technologie je již samotný membránový element. A z něho už upravená voda teče do nádrže upravené vody (permeátu). Filtrační cykly se ukončují na základě dosažení daného transmembránového tlaku (nastavitelný parametr), který je dán rozdílem tlaku před a za membránou, které se snímají příslušnými tlakovými čidly. Po ukončení cyklu se membrána pere pomocí upravené vody (tzv. fyzikální proplach – backwash BW). Množství vody spotřebované na jeden fyzikální proplach je asi 100 l. Zdrojem tlakového vzduchu pro praní je vzduchový kompresor. V daných časových intervalech (dle dané aplikace) je však nutné provádět ještě chemické praní – kyselé (pomocí kyseliny sírové) a oxidační (chlornanem sodným). Schéma technologie je na obrázku 3.



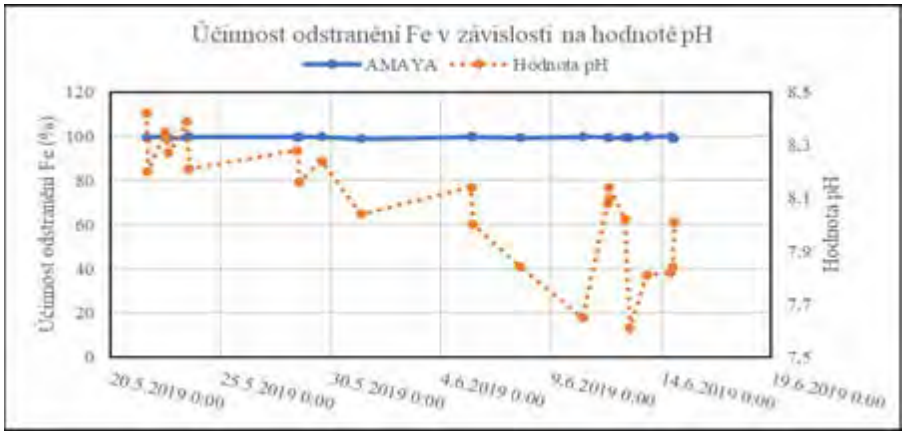
Obr. 3: *Schéma membránové filtrační jednotky*

Aplikace č. 1 – Úpravna vody Hrobice

Voda zde upravovaná obsahovala koncentrace železa až 12 mg/l a koncentrace manganu do 2 mg/l. Jelikož se jedná o podzemní vodu, byly koncentrace kyslíku mezi 1 a 2 mg/l. Ačkoli pouhé provzdušnění pomocí injektorů stačilo na oxidaci železa (množství kyslíku po provzdušnění 7,5-8 mg/l), nebylo tomu tak u manganu. Proto pouhé provzdušnění nestačilo a bylo přistoupeno k dávkování oxidačního činidla – manganistanu draselného ($KMnO_4$). I správná hodnota pH je u odstranění manganu velmi důležitá a v kombinaci s optimální dávkou $KMnO_4$ je poté možné mangan odstraňovat z více jak 90 %. Veškeré vyzkoušené dávky oxidačního činidla a hodnoty pH byly optimalizovány dle náročnějšího manganu. Jak je vidět na obrázcích 4 a 5, je železo snadno odstranitelné již při nízkých koncentracích $KMnO_4$ a nízkých hodnotách pH, a to i při jeho vysokém obsahu v surové vodě.



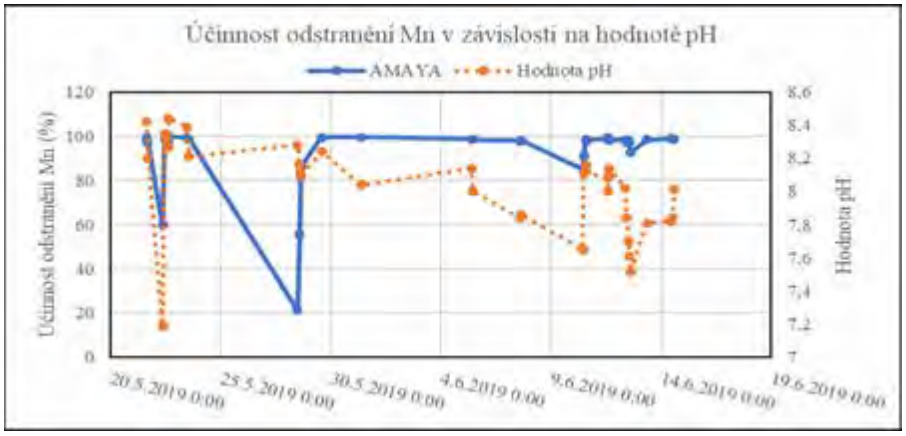
Obr. 4: *Odstranění Fe v závislosti na dávce $KMnO_4$ – ÚV Hrobice*



Obr. 5: *Odstranění Fe v závislosti na hodnotě pH – ÚV Hrobice*

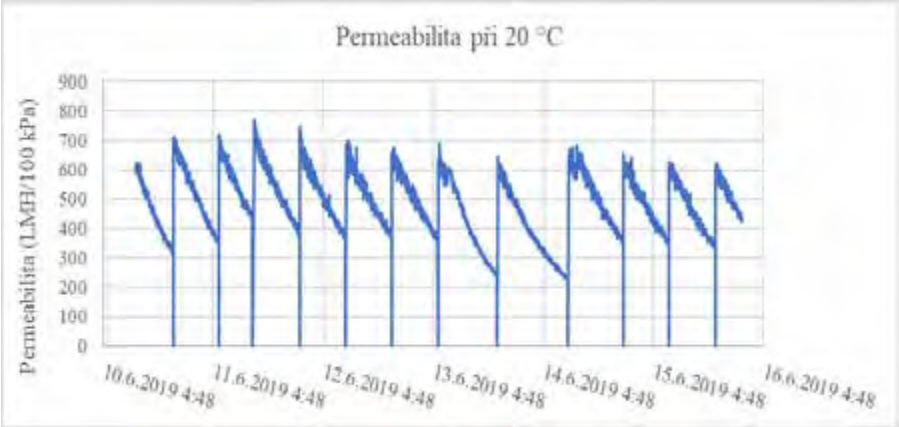
U separace manganu je tedy velmi důležité nastavit kombinaci optimální dávky oxidačního činidla a hodnoty pH. Na obrázcích 6 a 7 je např. vidět, že pokud byla hodnota pH 8,2 a dávka $KMnO_4$ 3,5 mg/l, odstraňoval se mangan pouze z 20 %. Důvodem byl vysoký obsah manganu v surové vodě, a tedy nedostačující dávka manganistanu. Malá účinnost odstranění se projevila i v opačném případě, kdy byla sice dávka manganistanu dostačující, ale hodnota pH byla příliš nízká. Jako vhodné pH se ukázala hodnota vyšší než 7,8 a dávka manganistanu draselného v rozmezí 4,5-9 mg/l.

Obr. 6: *Odstranění Mn v závislosti na dávce $KMnO_4$ – ÚV Hrobice*



Obr. 7: *Odstranění Mn v závislosti na hodnotě pH – ÚV Hrobice*

Průběh permeability (propustnosti membrány), na kterém lze sledovat průběh filtračních cyklů, je znázorněn na obrázku 8. Filtrační cykly byly dlouhé 7-10 hodin.

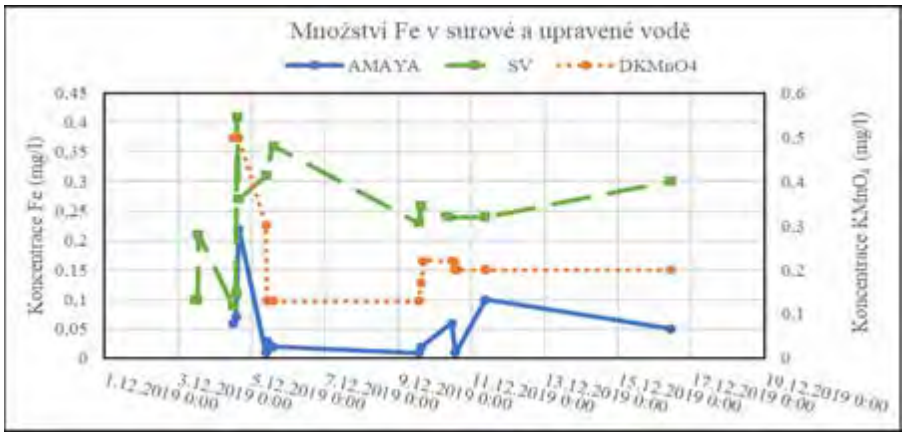


Obr. 8: *Průběh permeability při 20 °C – ÚV Hrobice*

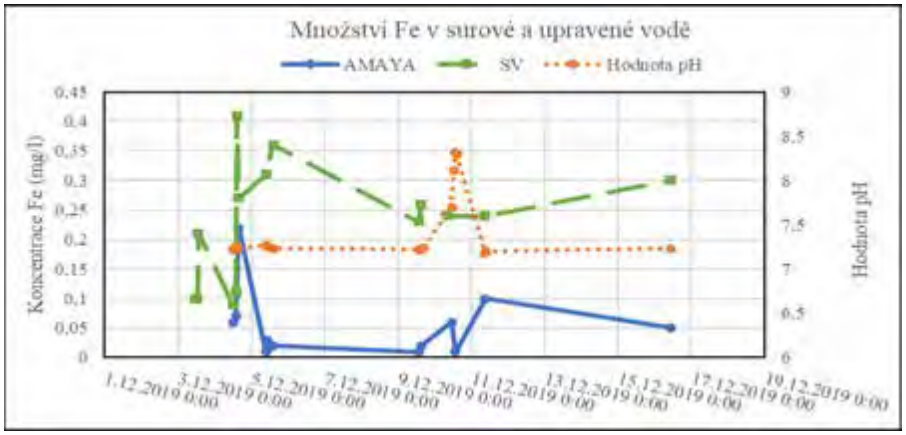
Aplikace č. 2 – Úpravna vody Brodek

Podzemní voda, která je využita na této aplikaci, neobsahuje zdaleka takové koncentrace železa a manganu, jako tomu bylo na předchozí lokalitě. Maximální koncentrace železa v této vodě je 0,41 mg/l a manganu 0,3 mg/l. Vzhledem k takto nízkým koncentracím Fe a Mn v surové vodě, je i dávka oxidačního činidla manganistanu draselného daleko nižší než na první aplikaci. Dávky $KMnO_4$ byly zkoušeny od 0,15 do 0,5 mg/l a jako optimální dávka tohoto činidla se ukázala hodnota 0,2-0,3 mg/l. Průběh hodnot koncentrací železa

v surové a upravené vodě v závislosti na dávce $KMnO_4$ a hodnotě pH je znázorněn na obrazcích 9 a 10. Lze vidět, že je obsah železa v upravené vodě pod limitem pro pitnou vodu dle Vyhl. 252/2004 Sb. a nezáleželo na dávce $KMnO_4$. Stejně tak tomu bylo s hodnotou pH, kdy nezáleželo, zda bylo pH 7,3 nebo 8,3.

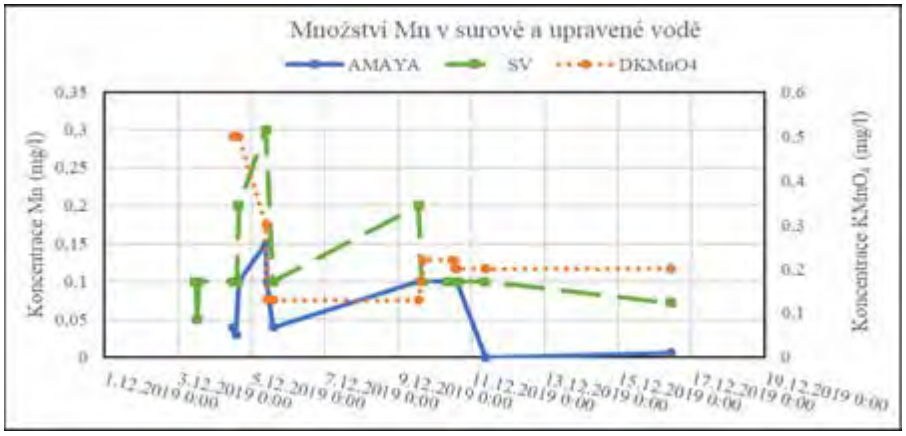


Obr. 9: *Množství Fe v surové a upravené vodě v závislosti na dávce $KMnO_4$ – ÚV Brodek*

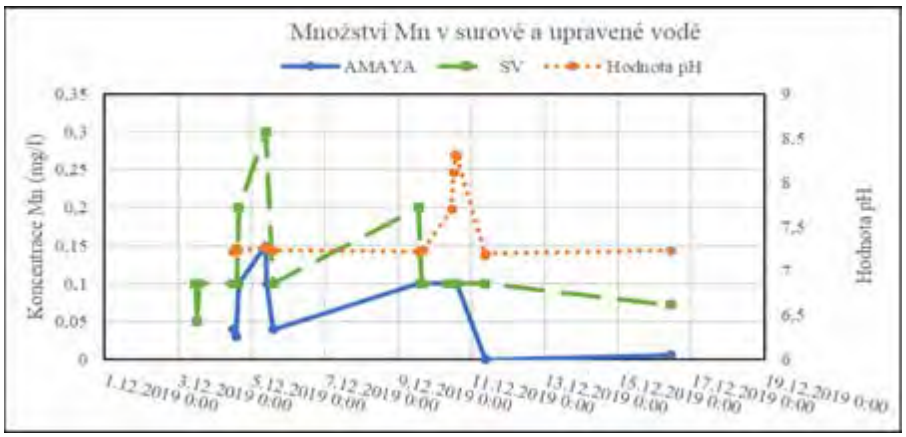


Obr. 10: Množství Fe v surové a upravené vodě v závislosti na hodnotě pH – ÚV Brodek

Na obrázcích 11 a 12 je uveden průběh koncentrací manganu v surové a upravené vodě v závislosti na dávce oxidačního činidla a hodnotě pH. Z obrázku 10 vyplývá, že čím je vyšší obsah manganu v surové vodě, tím by měla být vyšší dávka manganistanu draselného, aby došlo k jeho dostatečnému odstranění. Na obrázku 11 je zase vidět, že není při takto nízkých koncentrací manganu v upravované vodě nutná příliš vysoká hodnota pH a postačují hodnoty okolo 7,3-7,4.

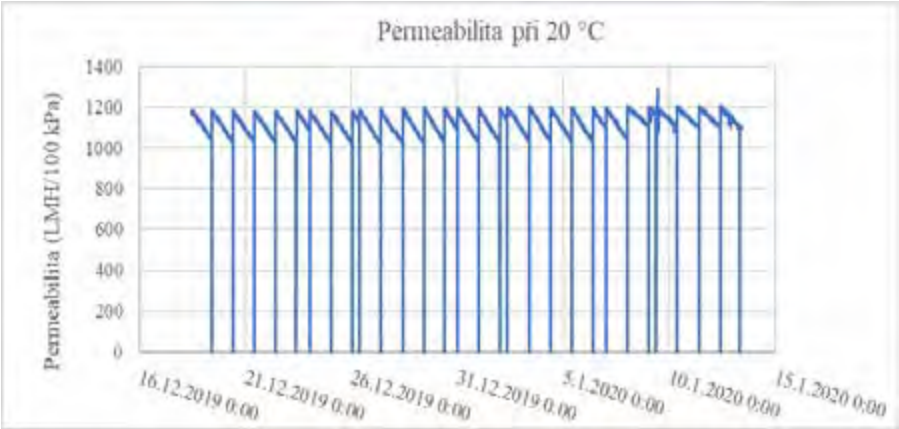


Obr. 11: Množství Mn v surové a upravené vodě v závislosti na dávce $KMnO_4$ – ÚV Brodek



Obr. 12: Množství Mn v surové a upravené vodě v závislosti na hodnotě pH – ÚV Brodek

Průběh permeability je na obrázku 13. Vzhledem k velmi malému zatížení membrány jsou zde filtrační cykly dlouhé až 24 h. Díky takto dlouhým cyklům je spotřeba vody taktéž velmi nízká, a to pouhých 0,24 % vyrobené vody. Spotřeba elektrické energie je doposud 0,16 kWh na m^3 vyrobené vody.



Obr. 13: Průběh permeability při 20 °C – ÚV Brodek

Závěr

Z naměřených výsledků lze potvrdit, že je keramická membránové filtrace v kombinaci s injektory vzduchu velmi spolehlivou technologií pro odstraňování železa a manganu z podzemních vod, a to i v případech, kdy jsou tyto analyty ve vodě obsaženy ve vysokých koncentracích. Výhodou celé technologie je velmi nízká spotřeba elektrické energie, velmi malá spotřeba vody na praní a taktéž spotřeba chemikálií je velmi nízká. Z toho vyplývají velmi nízké provozní náklady na celý systém.

Poděkování: Tento příspěvek popisující výsledky projektu TH04030402 vznikl za finanční podpory TA ČR.

Použitá literatura

[1] STRNADOVÁ, N., JANDA, V. *Technologie vody I*. 1.st ed. 1995. ISBN 80-7080-226-X.

[2] PITTER, P. *Hydrochemie*. 4.th ed. 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

Tvorba halogénoctových kyselín v modelových vodách dezinfikovaných chlórnanom sodným vyrobeným chemickým postupom a elektrolýzou soľanky

Ing. Karol Munka, PhD.[1)], Ing. Alena Bednáriková, PhD.[1)], Ing. Katarína Šimovičová, PhD. [1)], Prof. Ing. Ján Ilavský, PhD.[2)], Prof. Ing. Danka Barloková, PhD.[2)], RNDr. Jana Tkáčová, PhD.[1)], Dpt. Stanislav Varga[1)], Ing. Margita Slovinská[1)], Ing. Anna Vajíčeková, PhD.[1)]

1) Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava; *karol.munka@vuvh.sk*
2) Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU Bratislava, Radlinského 11, 813 68 Bratislava; *jan.ilavsky@stuba.sk*

Úvod

Halogénoctové kyseliny (HAAs – haloacetic acids) predstavujú skupinu organických látok odvodených od kyseliny octovej (CH_3COOH), v ktorej je aspoň jeden atóm vodíka viazaný na atóm uhlíka, nahradený jedným alebo viacerými atómami halogénu (fluór, chlór, bróm, jód). V pitných vodách môžu tieto látky vznikať ako vedľajšie produkty dezinfekcie, najmä pri použití dezinfekčných činidiel na báze chlóru, ale aj iných silných oxidačných činidiel, ich reakciou s organickými látkami prirodzene sa vyskytujúcimi v zdrojoch vody.

V Slovenskej republike bolo monitorovanie halogénoctových kyselín v pitnej vode zakomponované do vyhlášky MZ SR č.247/2017, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou, v súvislosti s implementáciou smernice Rady 2015/1787 (revidované prílohy II a III smernice Rady 98/83/ES). Halogénoctové kyseliny sú v tejto vyhláške zaradené medzi „Ukazovatele, vyšetrované pri dezinfekcii a chemickej úprave pitnej vody“ s limitnou hodnotou 60 µg/l (NMH). Zisťujú sa pri dezinfekcii oxidačnými činidlami, najmä na báze chlóru a ozónu. Zo skupiny halogénoctových kyselín sa stanovujú: kyselina monochlóroctová (MCAA), kyselina dichlóroctová (DCAA), kyselina trichlóroctová (TCAA), kyselina monobrómoctová (MBAA) a kyselina dibrómoctová (DBAA) a od 1.1.2019 je stanovenie HAAs v pitnej vode na Slovensku povinné. Limitná hodnota predstavuje súčet koncentrácií všetkých halogénoctových kyselín stanovených vo vzorke.

Stanovenie halogénoctových kyselín v pitnej vode

Doteraz je bežne využívaná metóda plynovej chromatografie (GC) vychádzajúca z metódy US EPA 552.3, ktorá vyžaduje derivatizáciu vzorky. Ďalšou možnosťou je použitie vysokoúčinnej kvapalinovej chromatografie v spojení s tandemovou hmotnostnou detekciou (HPLC-MS/MS). V Národnom referenčnom laboratóriu pre oblasť vôd na Slovensku vo Výskumnom ústave vodného hospodárstva sme vyvinuli stanovenie HAAs metódou priameho nástreku vzorky vody bez derivatizácie s následnou LC-MS/MS analýzou. Ide o rýchlu, spoľahlivú analytickú metódu, plne validovanú.

Podľa dostupnej literatúry (Meng, L., et all; Wu., S., et all) bola navrhnutá HPLC metóda stanovenia sumy piatich halogénoctových kyselín v pitných vodách pomocou kvapalinového chromatografu HPLC s QQQ detektorom. K 10 ml vzorky pitnej vody sa pridá kyselina askorbová (výsledná koncentrácia 20 mg/l) a vnútorné štandardy s výslednou koncentráciou 10 µg/l, premieša sa a priamo sa dávkuje do chromatografického systému.

LC/ESI-MS-MS analýzy kvantitatívneho stanovenia HAAs sa vykonali na HPLC systéme Agilent 1290 Infinity II (Waldbronn, Germany) pozostávajúceho z binárnej pumpy, autosamplera a termostatu kolón, spojeného s Agilent QQQ 6470A detektorom a ESI interfacom. Analytická separácia sa uskutočnila na kolóne ZORBAX Eclipse C18 (50 mm x 3,0 mm; 1,8 µm) pri gradientovej elúcii s prietokom 0,3 ml/min. a pri teplote 40°C. Ako mobilná fáza A sa použil 0,1% roztok kyseliny octovej vo vode a mobilnou fázou B bol metanol. Dávkovalo sa 5 µl vzorky. Touto metódou sme dosiahli pre jednotlivé HAAs limity kvantifikácie na úrovni 1 µg/l a dosiahnuté výsledky sú v súlade s požiadavkami definovanými vo vyhláške č.247/2017 Z.z.

Metodika testov potenciálnej tvorby halogénoctových kyselín

Halogénoctové kyseliny sa tvoria v dôsledku vzájomného pôsobenia medzi prírodnými organickými látkami (prekurzory tvorby HAAs) a dezinfekčnými prostriedkami. K základným faktorom ovplyvňujúcim tento proces možno zaradiť:

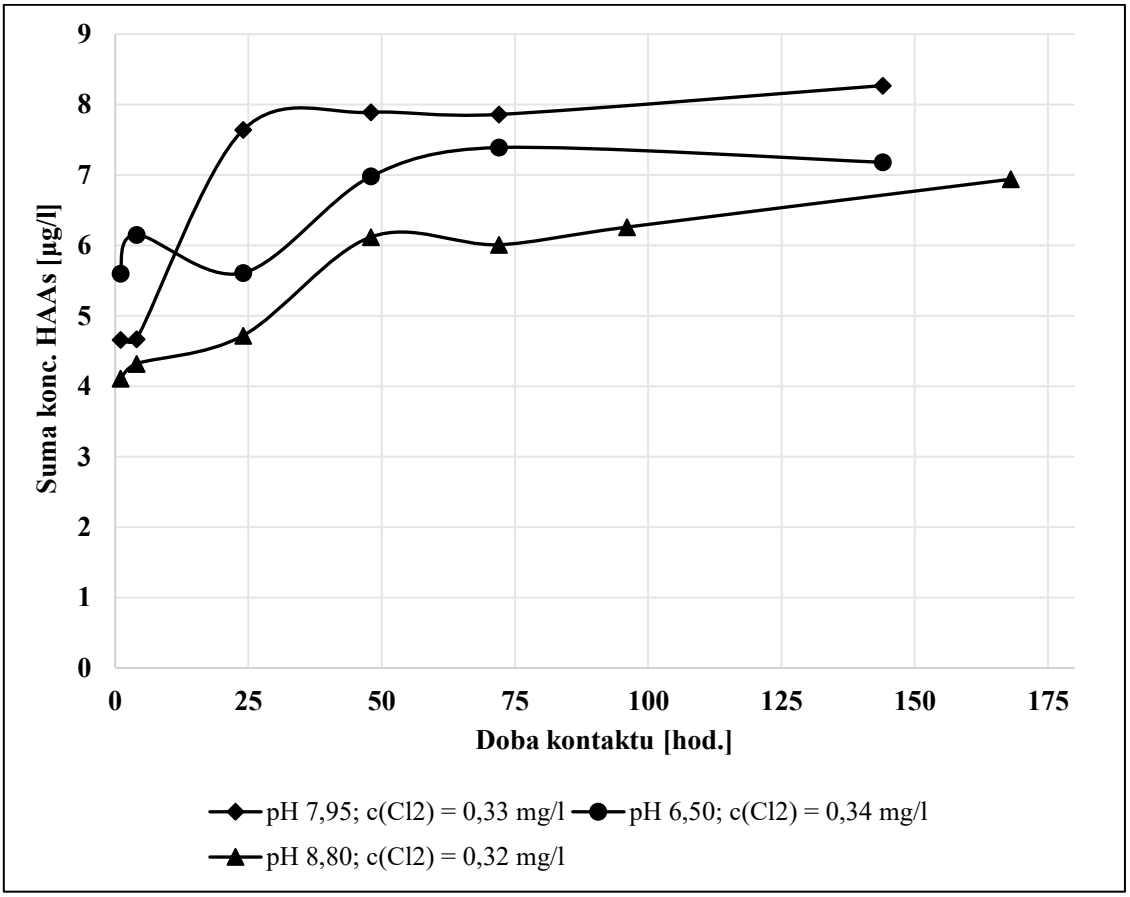
- typ prekurzora tvorby HAAs
- koncentrácia prekurzora tvorby HAAs vo vode
- typ dezinfekčného prostriedku
- dávka dezinfekčného prostriedku
- pH vody
- teplota vody
- doba kontaktu dezinfektantu s vodou.

Ako prekurzor tvorby HAAs sme použili rašelinový výluh, v ktorom bola koncentrácia humínových látok c(HL) = 197,5 mg/l. Rašelinový výluh bol zmiešaný s podzemnou vodou v takom pomere, aby koncentrácia humínových látok v takto pripravenej modelovej vode bola 4,7 mg/l. V STN 75 7111 Pitná voda patrili humínové látky medzi fyzikálno-chemické ukazovatele s medznou hodnotou 2,5 mg/l. Prekročenie tejto hodnoty indikovalo možnú prítomnosť trihalogénmetánov (THM) u vôd zdravotne zabezpečovaných chlórom a bolo dôvodom k rozhodnutiu o stanovení chloroformu príp. ďalších THM. Koncentrácia humínových látok v modelovej vode bola teda približne 2-násobne vyššia ako bola limitná hodnota uvádzaná pre tieto látky v STN 75 7111.

Ako dezinfekčný prostriedok boli použité dva roztoky chlórnanu sodného, pričom prvý roztok chlórnanu bol vyrobený bežným chemickým postupom a druhý roztok chlórnanu bol vyrobený elektrolýzou soľanky. Dávky roztokov použitých chlórnanov sodných, vo vyjadrení koncentrácie voľného chlóru, pohybovali sa v rozsahu 0,32-0,34 mg/l. Hodnota pH modelovej vody bola na pH 6,50 upravená prídavkom 0,1 M HCl, na hodnotu pH 8,80 bola upravená prídavkom 0,1 M NaOH a bez úpravy (podzemná voda v prirodzenom stave) mala pH 7,95. Pri všetkých testoch boli vzorky modelových vôd v kontakte s dezinfekčným prostriedkom pri teplote 10°C (vzorky uložené v termoboxe) a doby kontaktu sa pohybovali od 1 hodiny po 168 hodín.

Výsledky a diskusia

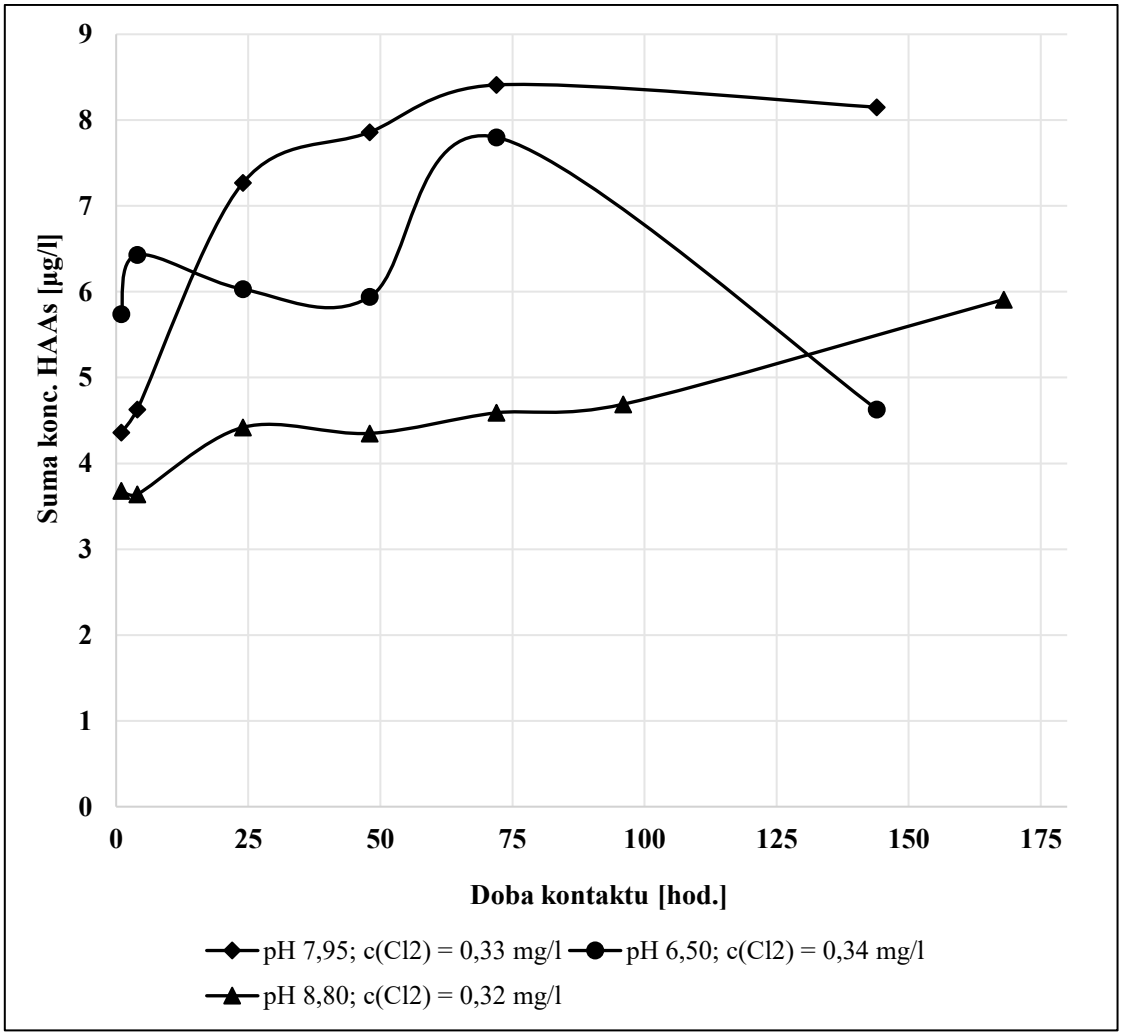
Výsledky z testov potenciálnej tvorby HAAs sú v grafickej forme znázornené na obr.1 a 2. Zo získaných výsledkov môžeme konštatovať, že pri uvedených experimentálnych podmienkach, pri ktorých na podzemnú vodu obohatenú o humínové látky na koncentračnej úrovni 4,7 mg/l pri hodnotách pH 6,50; 7,95 a 8,80, pôsobili dva rôzne chlórnany (výroba chemickým postupom a elektrolýzou soľanky) s koncentráciou voľného chlóru 0,32-0,34 mg/l, neprekročila sumárna koncentrácia HAAs (kyselina monochlóroctová, kyselina dichlóroctová, kyselina trichlóroctová, kyselina monobrómoctová a kyselina dibrómoctová) koncentráciu 8,5 µg/l, čo predstavuje približne 14,2% z limitnej hodnoty (60 µg/l) pre HAAs uvedenej vo vyhláške č.247/2017 Z.z. Priebeh tvorby HAAs pri rovnakých hodnotách pH modelových vôd bol veľmi podobný pre obidva použité dezinfekčné prostriedky.



Obr.1. *Tvorba HAAs (sumárna koncentrácia 5 HAA) v závislosti od doby kontaktu chlórnanu sodného (výroba-chemický postup) s modelovými vodami s hodnotami pH 6,50; 7,95; 8,80 a s koncentráciou humínových látok 4,7 mg/l, koncentrácia voľného chlóru 0,32-0,34 mg/l.*

Najrýchlejšia tvorba HAAs bola zaznamenaná pre najnižšiu hodnotu pH 6,50, kedy pri dobe kontaktu 4 hodiny bolo vytvorených asi 85% HAAs z ich maximálnej koncentrácie (7,5 µg/l) dosiahnutej po 72 hodinách pôsobenia. Pri tejto hodnote pH bola z piatich analyzovaných HAAs zaznamenaná jednoznačne najvyššia tvorba pre kyselinu dichlóroctovú, a to súčasne pre obidva použité dezinfekčné prostriedky, keď jej koncentrácie dosahovali 4,2-5,0 µg/l resp. 3,6-5,2 µg/l, čo predstavovalo 67-78% zo sumárnej koncentrácie HAAs. Kyselina trichlóroctová bola druhou najviac zastúpenou kyselinou, keď tvorila zo sumárnej koncentrácie HAAs 15-25% resp. 18-25% a jej

koncentrácie sa pohybovali v rozmedzí 1,1-1,4 µg/l resp. 1,0-1,6 µg/l. Iba pri dezinfekcii chlórnanom vyrobeným chemickým postupom bola zisťovaná od 48 hodiny až do ukončenia testu (144 hodín) prítomnosť kyseliny monochlóroctovej, ktorá tvorila v tomto časovom intervale 14-16% zo sumárnej koncentrácie HAAs, pričom jej koncentrácie boli v rozmedzí 1,0-1,2 µg/l. Pri dezinfekcii chlórnanom vyrobeným elektrolýzou soľanky nebola zaznamenaná počas trvania testu žiadna tvorba kyseliny monochlóroctovej.



Obr.2. *Tvorba HAAs (sumárna koncentrácia 5 HAA) v závislosti od doby kontaktu chlórnanu sodného (výroba elektrolýzou soľanky) s modelovými vodami s hodnotami pH 6,50; 7,95; 8,80 a s koncentráciou humínových látok 4,7 mg/l, koncentrácia voľného chlóru 0,32-0,34 mg/l.*

Aj keď tvorba HAAs pri pH 7,95 nebola v časovom intervale 1-4 hodiny najrýchlejšia, už po 24 hodinách pre obidva použité dezinfektanty sa vytvárali najvyššie koncentrácie HAAs (7,3 a 7,8 µg/l), ktoré dosahovali 86 a 94% z maximálnej sumárnej koncentrácie HAAs (8,3 a 8,5 µg/l) zaznamenanej po 72 hodinách a táto koncentračná úroveň bola zachovaná až do konca testu (144 hodín), čo poukazuje na značnú stabilitu už vytvorených HAAs. Aj pri hodnote pH 7,95 bola z piatich analyzovaných HAAs zisťovaná najvyššia tvorba pre kyselinu dichlóroctovú, rovnako pre obidva použité dezinfekčné prostriedky, pričom jej koncentrácie sa pohybovali v rozmedzí 2,4-5,0 µg/l resp. 2,6-5,2 µg/l, čo predstavovalo 51-62% zo sumárnej koncentrácie HAAs. Kyselina trichlóroctová bola aj vo vodách s hodnotou pH 7,95 druhou najviac zastúpenou kyselinou, keď tvorila zo sumárnej koncentrácie HAAs 22-49% resp. 22-45% a jej

koncentrácie sa pohybovali v rozmedzí 1,7-2,4 µg/l resp. 1,7-2,3 µg/l. Na rozdiel od testov potenciálnej tvorby HAAs uskutočnených s vodami s hodnotou pH 6,50, pri ktorých bola zaznamenaná pri dezinfekcii chlórnanom vyrobeným chemickým postupom aj tvorba kyseliny monochlóroctovej, pri hodnotách pH 7,95 nebola zistená žiadna tvorba kyseliny monochlóroctovej pri žiadnom použitom chlórnane. Z hľadiska tvorby kyseliny monochlóroctovej môžeme konštatovať, že iba pri hodnote pH 7,95 nebola pozorovaná žiadna jej tvorba počas trvania týchto testov (144 hodín), avšak pri hodnotách pH 6,50 ako aj pri pH 8,80 bola zisťovaná prítomnosť kyseliny monochlóroctovej, aj keď iba v minimálnych koncentráciách.

Najpomalší priebeh tvorby HAAs bol zaznamenaný pre hodnotu pH 8,80 v časovom intervale 1-4 hodiny, a to pre obidva dezinfekčné prostriedky. V časovom intervale 4-144 resp. 4-168 hodín možno tvorbu HAAs označiť prakticky za lineárnu. Rovnako ako pri hodnotách pH 6,50 a pH 7,95 bola aj pri hodnote pH 8,80 z piatich analyzovaných HAAs zisťovaná najvyššia tvorba pre kyselinu dichlóroctovú, a to pre obidva dezinfekčné prostriedky. Koncentrácie kyseliny dichlóroctovej sa pohybovali v rozmedzí 4,1-5,6 µg/l resp. 3,6-4,8 µg/l, čo predstavovalo 81-100% zo sumárnej koncentrácie HAAs. Pri hodnote pH 8,80 bola zaznamenaná jednoznačne najvyššia tvorba kyseliny dichlóroctovej. Pri použití chlórnanu vyrobeného chemickým postupom bola kyselina dichlóroctová v časovom intervale 1-48 hodín jedinou vznikajúcou kyselinou z piatich HAAs a pri použití chlórnanu vyrobeného elektrolýzou soľanky bola jedinou vznikajúcou kyselinou v časovom intervale 1-96 hodín. Výrazným rozdielom v porovnaní s výsledkami testov pri hodnotách pH 6,50 a pH 7,95 je zistenie, že pri hodnotách pH 8,80 nebola vôbec zistená tvorba kyseliny trichlóroctovej. Na rozdiel od testov potenciálnej tvorby HAAs uskutočnených s vodami s hodnotou pH 7,95, pri ktorých nebola zaznamenaná žiadna tvorba kyseliny monochlóroctovej, pri hodnotách pH 8,80 boli zisťované minimálne koncentrácie kyseliny monochlóroctovej pri dezinfekcii chlórnanom vyrobeným chemickým postupom na úrovni 1,1-1,4 µg/l, a to od 48 hodiny až do ukončenia testu (168 hodín). Koncentrácie kyseliny monochlóroctovej dosahovali v tomto prípade 18-19% zo sumárnej koncentrácie HAAs.

Záver

Pri testoch potenciálnej tvorby HAAs, pri ktorých na podzemnú vodu obohatenú o humínové látky na koncentračnej úrovni 4,7 mg/l pri hodnotách pH 6,50; 7,95 a 8,80, pôsobili dva rôzne chlórnany (výroba chemickým postupom a elektrolýzou soľanky) s koncentráciou voľného chlóru 0,32-0,34 mg/l, získané výsledky nepreukázali výraznejšiu tvorbu piatich HAAs (kyselina monochlóroctová, kyselina dichlóroctová, kyselina trichlóroctová, kyselina monobrómoctová, kyselina dibrómoctová). Najvyššia tvorba HAAs bola zaznamenaná pri hodnote pH 7,95, kedy po 75 hodinách bola dosiahnutá maximálna koncentrácia 8,5 µg/l, čo predstavovalo 14,2% z limitnej hodnoty pre HAAs (60 µg/l) uvedenej vo vyhláške č.247/2017 Z.z. Najnižšia tvorba HAAs bola zaznamenaná v alkalickom prostredí pri pH 8,80.

Pri všetkých sledovaných hodnotách pH bola z piatich analyzovaných HAAs zaznamenaná jednoznačne najvyššia tvorba pre kyselinu dichlóroctovú. Pri hodnote pH 6,50 koncentrácie kyseliny dichlóroctovej sa pohybovali v rozmedzí 3,6-5,2 µg/l, čo predstavovalo 67-78% zo sumárnej koncentrácie HAAs. Pri hodnote pH 7,95 dosahovala kyselina dichlóroctová koncentrácie 2,4-5,2 µg/l, čo predstavovalo 51-62% zo sumárnej koncentrácie HAAs. Pri hodnote pH 8,80 bola zisťovaná najvyššia tvorba kyseliny dichlóroctovej, keď jej koncentrácie sa pohybovali v rozmedzí 3,6-5,6 µg/l, čo predstavovalo až 81-100% zo sumárnej koncentrácie HAAs.

Kyselina trichlóroctová bola druhou najviac zastúpenou kyselinou, ale iba pri hodnotách pH 6,50 a 7,95. Pri hodnote pH 6,50 tvorila 15-25% a pri hodnote pH 7,95 dosahovala 22-49% zo sumárnej koncentrácie HAAs. Iba v alkalickom prostredí pri hodnote pH 8,80 nebola vôbec zaznamenaná tvorba kyseliny trichlóroctovej.

Pri hodnotách pH 6,50 a 8,80 a po dobe pôsobenia 48 hodín dochádzalo k minimálnej tvorbe kyseliny monochlóroctovej, pričom jej koncentrácie dosahovali 14-16% resp. 18-19% zo sumárnej koncentrácie HAAs. Táto kyselina sa tvorila iba v prípade, keď bol na dezinfekciu vody použitý chlórnan vyrobený chemickým postupom. Pri hodnote pH 7,95 nebola zistená prítomnosť kyseliny monochlóroctovej.

Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že neboli zistené významnejšie rozdiely v tvorbe HAAs pri dezinfekcii modelových vôd kontaminovaných humínovými látkami obidvomi dezinfekčnými prostriedkami (chlórnan vyrobený chemickým postupom a elektrolýzou soľanky). Testami potenciálnej tvorby HAAs v laboratórnych podmienkach taktiež bola pozorovaná značná stabilita už vytvorených HAAs, predovšetkým pri hodnotách pH 7,95 a 8,80.

Poďakovanie

Táto práca bola uskutočnená za finančnej podpory projektu APVV-15-0379 Vývoj metód správnej aplikácie dezinfekčných prostriedkov pre zdravotne bezpečnú pitnú vodu.

Literatúra

Záverečná správa o riešení projektu
Názov projektu: Vývoj metód správnej aplikácie dezinfekčných prostriedkov pre zdravotne bezpečnú pitnú vodu
Evidenčné číslo projektu: APVV-15-0379
Zodpovedný riešiteľ projektu: Slovenská technická univerzita v Bratislave
Partner projektu: Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava
Doba riešenia projektu: 1.7.2016-31.12.2019

Meng, L., Wu, S., Ma, F., Jia, A., Hu, J.: Trace determination of nine haloacetic acids in drinking water by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1217 (2010) 4873-4876

Wu, S., Anumol, T., Gandhi, J., Snyder, S. A.: Analysis of haloacetic acids, bromate, and dalapon in natural waters by ion chromatography-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1487 (2017) 100-107

Mikropolutanty s rozumem

Ing. Taťána Halešová, Ing. Marta Václavíková Ph.D., Mgr. Daniela Tomešová

ALS Czech Republic, s.r.o. tatana.halesova@alsglobal.com, +420 734 186 545

ABSTRAKT

Kvalita životního prostředí a zejména vody je z chemického a mikrobiologického hlediska klíčovým faktorem s ohledem na veřejné zdraví. Díky antropogenní činnosti (zemědělství, zdravotnictví, průmysl apod.) se tak v životním prostředí hromadí rozmanité chemické látky, které mohou mít při dlouhodobé expozici negativní dopady na životní prostředí, necílové organismy, ale také zdraví člověka. Pesticidy byly před více než 10 lety, spolu s farmaky a dalšími látkami identifikovány jako hlavní antropogenní stresory útvarů povrchových vod, tyto látky však zhoršují kvalitu podzemních vod. Důležité je zabývat se sledováním správného spektra těchto kontaminantů, reagovat na jejich výskyt a včas hledat možnosti eliminace z ŽP např. regulací spotřeby přípravků, úpravou ochranných pásem, použitím moderních technologií na úpravu vod (ale také například hledáním způsobu urychlení jejich degradace v již zatížených oblastech. V Česku je kvalita pitné vody dodávaná vodárenskými společnostmi na velmi vysoké světové úrovni.

Klíčová slova: mikropolutanty, pesticidy, léčiva, voda

ÚVOD

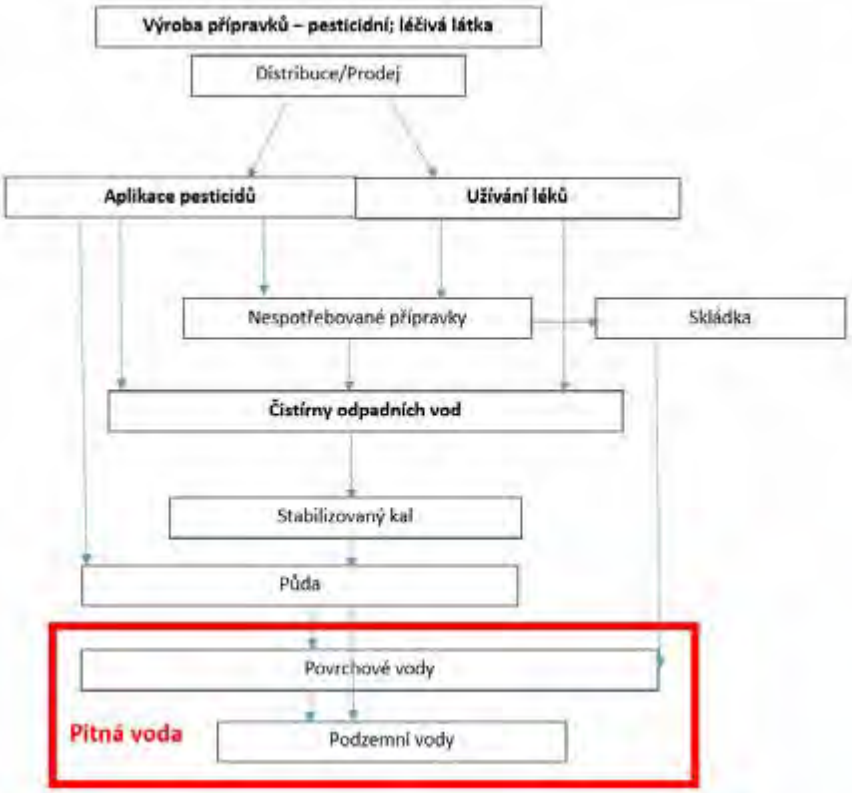
Mikropolutanty jsou skupinou látek, které se vyskytují ve vodném prostředí, některé z nich jsou persistentní, biologicky aktivní a již při nízkých koncentracích mohou negativně ovlivnit živé organismy. Ačkoliv doposud nebyly v rámci EU legislativně upraveny jakékoliv limity mikropolutantů pro uvolňování do ŽP, byly již vydány některé předpisy týkající se této oblasti. Jedná se zejména o tzv. „Watch list“ (daný Rozhodnutím EU 2015/495/EU), který uvádí seznam látek, jež by se v rámci EU měly sledovat. Tento seznam obsahuje pouze několik látek, jmenovitě: diklofenac, syntetický hormon 17-alpha-ethinylestradiol (EE2), přírodní hormon 17-beta-estradiol (E2), estron E1, tři antibiotika (azithromycin, clarithromycin a erythromycin), pesticidy (methiocarb, oxadiazon, imidacloprid, thiacloprid, thiamethoxam, clothianidin, acetamiprid a triallate), UV filtr (2-ethylhexyl-4-methoxycinnamat) a antioxidant (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol) běžně využívaný jako potravinářské aditivum. Toto rozhodnutí sumarizuje data publikovaná v posledních 10 letech o výskytu těchto látek v životním prostředí celosvětově a zahrnuje také obecné informace o dostupných technologiích pro jejich odstranění z odpadních a povrchových vod. Nicméně současné studie ukazují, že výše uvedený výčet je pouhým zlomkem všech látek řadící se mezi mikropolutanty.

V ČR se aktuálně zabýváme především pesticidy a v ojedinělých případech i léčivy, častěji se setkáváme s analýzami léčiv na ČOV.

Pesticidy a léčiva

Jak pesticidy, tak i léčiva, jsou v současné době hojně využívány (až nadužívány), život bez nich si prakticky nedovedeme představit, což vede k tomu, že se stále častěji setkáváme s nálezy jejich reziduí v různých složkách životního prostředí (ŽP).

Pesticidy se do prostředí dostávají především velkoplošnými aplikacemi na zemědělské, nezemědělské a vodní plochy. Léčiva z různých bodových zdrojů znečištění (čistírny odpadních vod (ČOV), zdravotnická zařízení a další). Díky citlivé moderní analytické instrumentaci jsme schopni detekovat i velmi nízké koncentrace těchto mikropolutantů v řádech setin µg/l. Informace o míře a důsledcích kontaminace ŽP vedou k hledání možností eliminace těchto mikropolutantů ze zdrojů pitné vody (povrchové a podzemní vody) a z ČOV, které jsou významným zdrojem kontaminace obr.1.



Obr. 1: *Schéma transportu pesticidů a léčiv v ŽP, s možností dopadu na zdroj pitné vody.*

Rozsah sledovaných pesticidních látek v pitné vodě nebyl v ČR do roku 2014 systematicky řešen. Kromě sledování účinných látek pesticidů s pravděpodobným reálným výskytem v dané lokalitě, se dnes sledují také jejich rozkladné produkty, které se úpravou vyhlášky začaly rozlišovat na relevantní a nerelevantní.

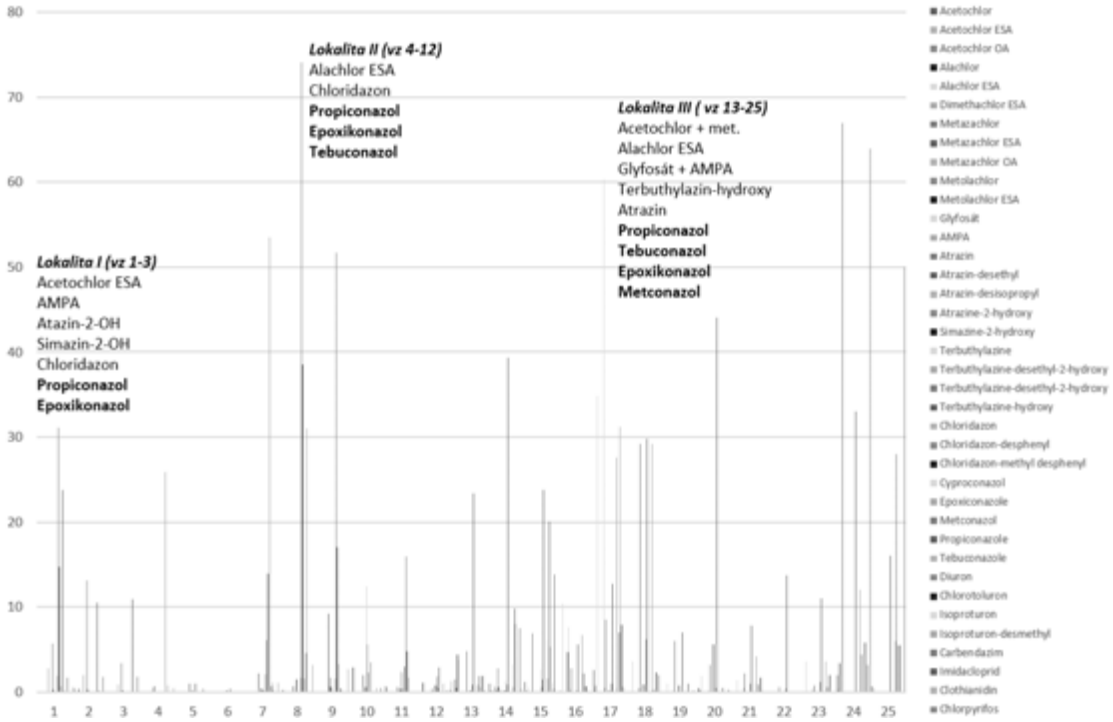
Neustále se zvyšující spotřeba léčiv je důsledkem dnešní kvalitní zdravotní péče, ale také snadné dostupnosti určitých typů farmak. Mezi nejčastěji užívané účinné látky patří ibuprofen, paracetamol, diklofenak, diazepam, naproxen, sulfamethoxazol, karbamazepin, warfarin, a další. V posledních letech bylo usilováno o zařazení léčiv do seznamu prioritních látek Směrnice evropského parlamentu a rady 2000/60/ES pro limity vypouštění odpadních vod. V roce 2012 byly do seznamu navrženy látky, jako jsou diklofenak a estradiol. Následně byl seznam 46 prioritních látek vydán jako příloha 6 do NV č. 401/2015, avšak bez léčiv a hormonů. V české legislativě tedy limitní koncentrace léčiv nejsou dosud uvedeny.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Díky participaci ALS v národních výzkumných projektech kontinuálně sledujeme výskyt, koncentrace a incidenci jak pesticidních látek, tak léčiv, a to v různých složkách ŽP (podzemní voda, povrchová voda, zemina, odpadní voda, kal). Tyto výsledky jsou dále využívány k rozšíření znalostí o možnosti kontaminace zdrojů pitné vody pesticidy a léčivy na území ČR, a k hledání způsobů jejich eliminace z ŽP.

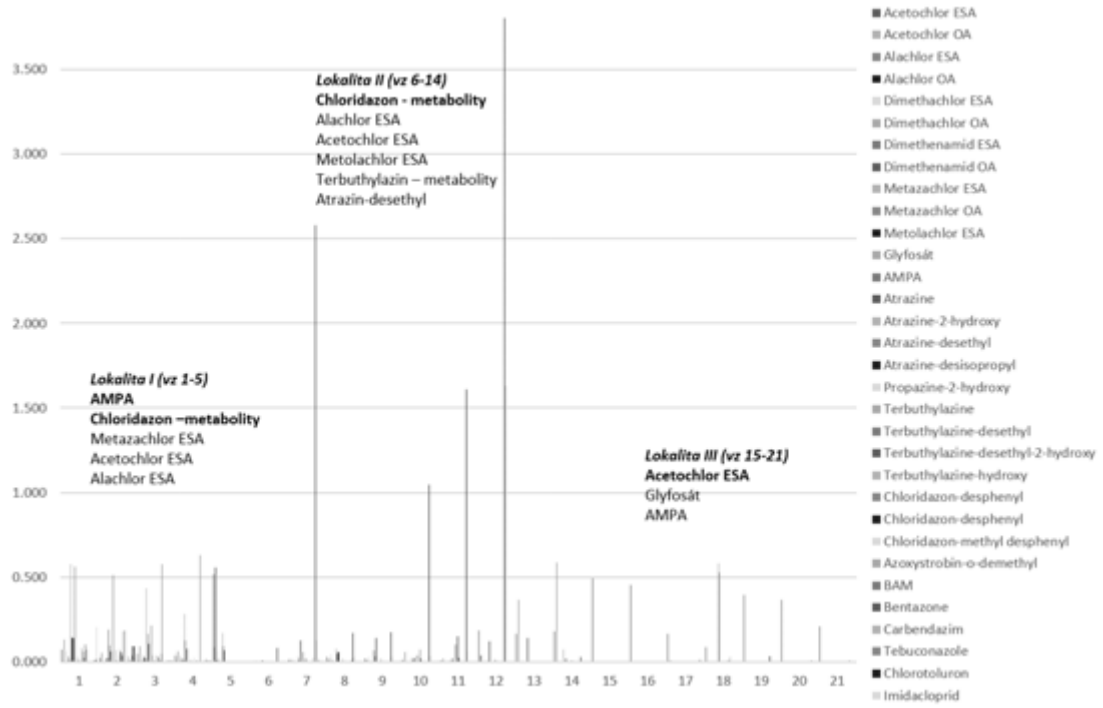
Pesticidní látky ve zdrojích surové vody jsou monitorovány v rámci několika projektů. Projekt TAČR TH03030118 je zaměřen na monitoring především chloracetanilidových pesticidů a jejich metabolitů v ŽP, které jsou „legislativně sledované“. Metabolity acetochloru a dimethachloru byly zhodnoceny jako toxikologicky relevantní a z důvodu překročení hygienických limitů bylo na území ČR uděleno cca 50 výjimek.

V rámci monitoringu tří testovacích lokalit bylo v roce 2018 analyzováno více než 100 pesticidních látek, pozitivně bylo v půdě detekováno 36 látek z toho 18 metabolitů, ve vodách 32 látek/24 metabolitů (obr. 2,3).

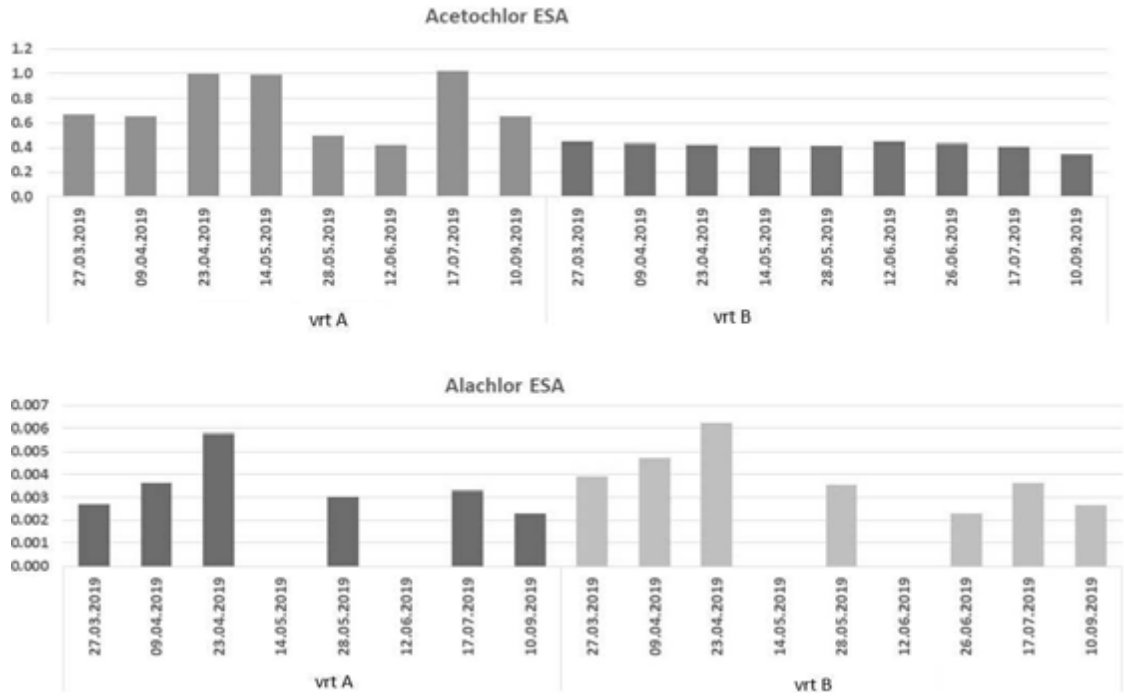


Obr. 2: *Výskyt pesticidních látek ve vzorcích zemědělsky využívané půdy v roce 2018 (µg/kg)*

Nejvyšší pozitivní nálezy chloracetanilidových metabolitů ve vodě v průběhu roku 2018 byly zjištěny v nejexponovanější lokalitě III (obr. 3), v roce 2019 byl ve stejných odběrových místech výskyt acetochloru ESA sledován v častějších intervalech s ohledem na srážky a pohyboval se v rozmezí 0,4 µg/L-1,0 µg/L (obr. 4). Koncentrace naměřené v roce 2019 jsou srovnatelné s nálezy v roce 2018, k výraznému poklesu nedošlo. Výkyv koncentrací souvisí se srážkovým úhrnem. Účinná látka je zakázána od roku 2013, nicméně vzhledem ke klimatickým podmínkám a způsobu hospodaření zemědělců, jsou rezidua této látky adsorbovány v půdním prostředí a do podzemních zdrojů stále postupně vyplavují.



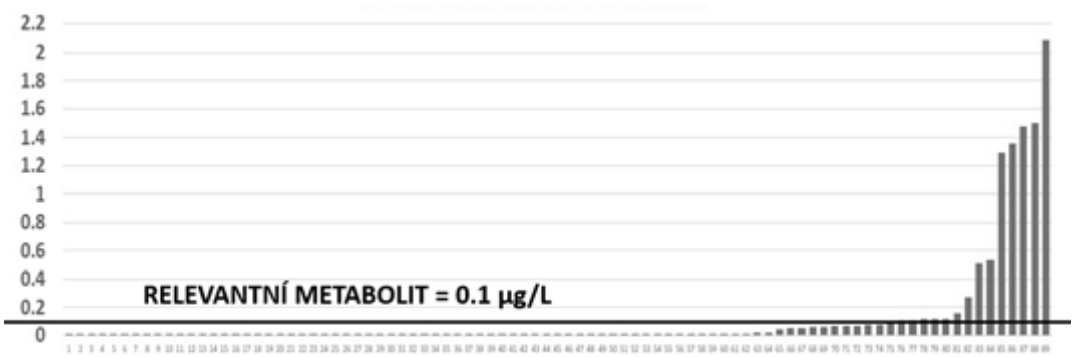
Obr. 3*: Výskyt pesticidních látek ve zdrojích vod v roce 2018 (µg/L)*



Obr. 4: *Výskyt chloracetanilidových metabolitů v lokalitě III (vrt A, B), (µg/L)*

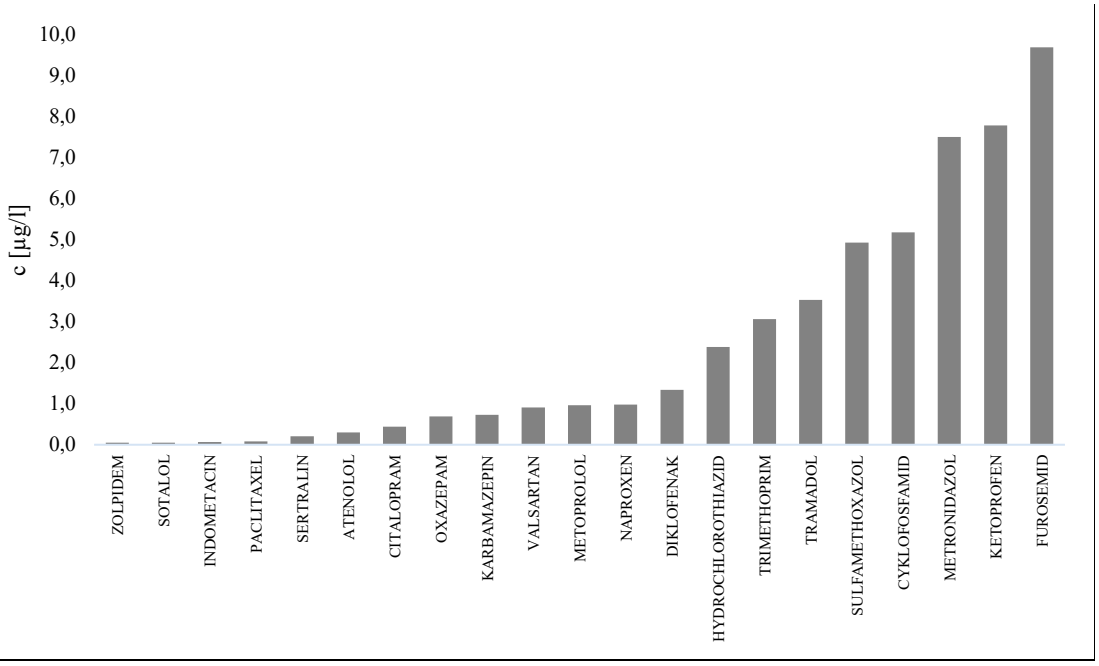
Na základě rozboru půd všech tří testovaných lokalit, byly zjištěny pozitivní nálezy účinných látek azolových pesticidů (epoxikonazol, propikonazol, tebukonazol, metkonazol) (obr.2). Z tohoto důvodu byla zavedena nová analytická metoda pro stanovení jejich společného rozkladného produktu 1,2,4- triazol. Samotné výchozí účinné látky ve vzorcích vod nejsou detekovány (obr.3), nicméně tento relevantní metabolit byl nalezen u 85% (76/86) analyzovaných vzorků v rámci projektu. Průměrná kontaminace u toho výběru vzorků byla 0,0118 µg/L. V rámci celorepublikového testování

kontaminace podzemních vod bylo dohromady analyzováno 89 podzemních vod (obr. 5). Nad hygienickým limitem bylo 14 vzorků. Problémem je, že v ČR dochází, z důvodu přetrvávajících pozitivních nálezů chloracetanilidových a terbuthylazinových metabolitů, k nahrazování přípravků s jejich výchozími účinnými látkami přípravky s obsahem azolových pesticidů, které všechny dávají vznik jednomu společnému rozkladnému produktu. Pokud k tomu skutečně dochází, je možné očekávat rostoucí výskyt relevantního metabolitu 1,2,4-triazol, který je však v ŽP také perzistentní a pokud se nebude včas monitorovat, může v budoucnu představovat další problém.

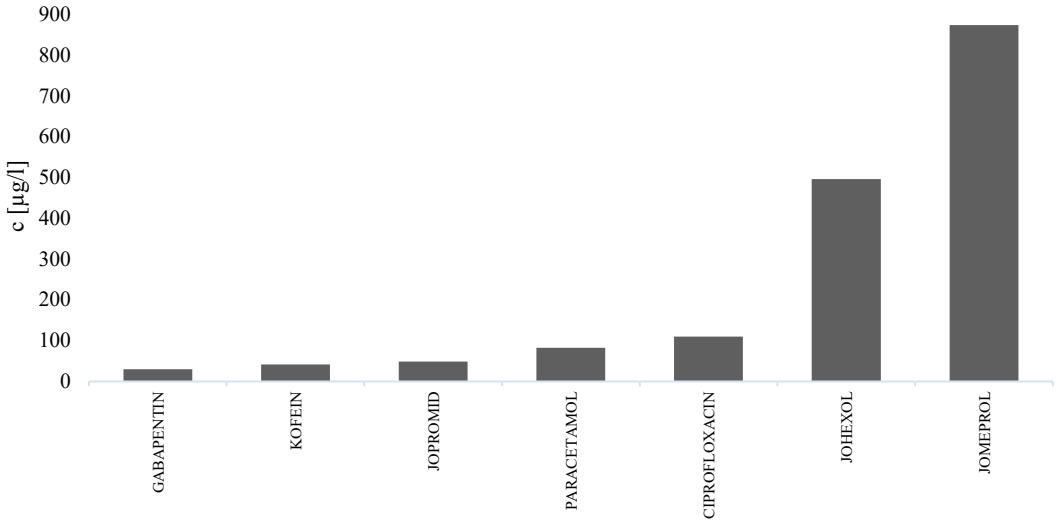


Obr. 5: *Výskyt 1,2,4-triazolu ve vzorcích podzemních vod (µg/L)*

Obsah reziduí **léčiv** ve vzorcích odpadních vod ze zdravotnických zařízení byl sledován v rámci spolupráce se Státním zdravotním ústavem (SZÚ). 18 odpadních vod ze zdravotnických zařízení v různých lokalitách ČR, které bylo vyšetřeno na přítomnost 54 reziduí léčiv. Ve vzorcích bylo v kvantifikovatelném množství detekováno 28 látek. Tyto látky se vyskytovaly ve vzorcích odpadních vod v širokém rozmezí koncentrací a to mezi 0,05 až 2951 µg/l. Pro lepší přehled jsou zde graficky uvedeny průměrné koncentrace pro detekovaná rezidua léčiv (graf 6,7). Nejvyšší průměrné koncentrace byly zaznamenány pro látky ciprofloxacin (110 µg/l), johexol (497 µg/l) a jomeprol (874 µg/l). Látky ciprofloxacin a johexol se vyskytovaly v kvantifikovatelném množství v 9 zdravotnických zařízeních. Látka jomeprol byla přítomna dokonce v 17 zdravotnických zařízeních.

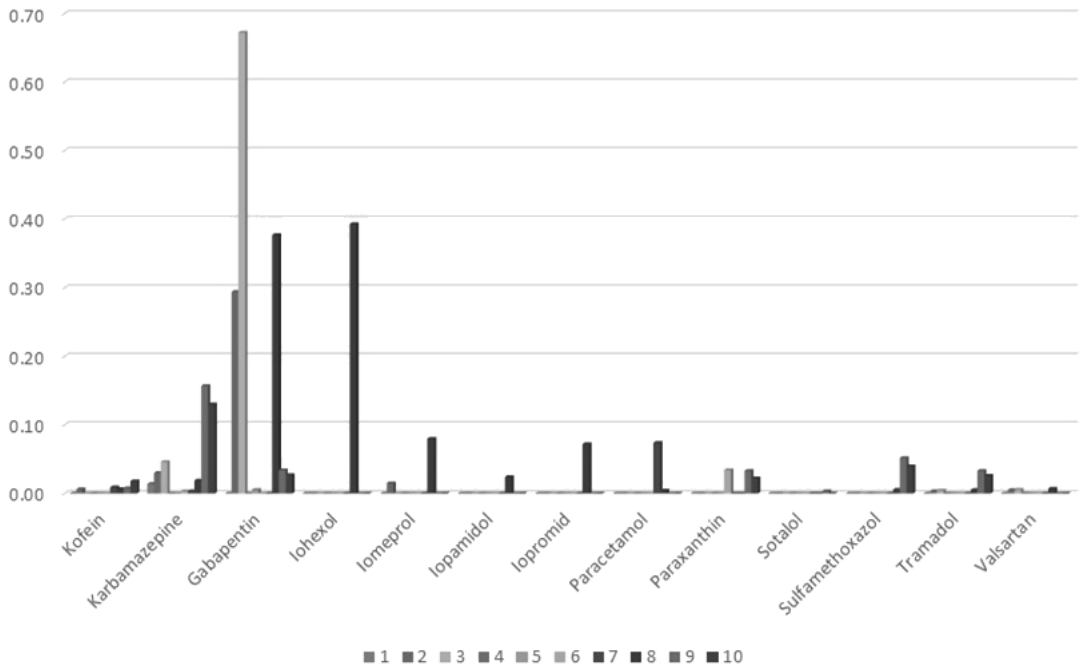


Obr. 6: *Rezidua léčiv v odpadních vodách v rozsahu koncentrací 0,05 – 9,68 µg/l*



Obr. 7: *Rezidua léčiv v odpadních vodách v rozsahu koncentrací 29,9 - 874 µg/l*

V roce 2019 byl proveden monitoring léčiv v kohoutkových vodách v rámci velkých měst v ČR a SR, výsledky jsou zobrazeny na obr. 8.



Obr. 8: *Monitoring léčiv v pitné vodě (µg/L)*

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že vzhledem k faktu, že pesticidy i léčiva patří mezi velmi často používané látky, není překvapením, že se objevují v různých složkách ŽP. Aplikace pesticidů a užívání humánních a veterinárních léčiv může ovlivňovat kvalitu pitných vod. Celkově lze shrnout, že problematika pesticidů je v současné době řešena, ale je nezbytné zabývat se kvalitou vody i z pohledu problematiky léčiv a to v různých typech vod ČR, které jsou zdrojem pro pitnou vodu.

Zkušenosti z realizací funkčních filtračních sestav systému větrání u vodojemů

Jaroslav Říha ml.[1)], doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph.D.[2)], Bc. Adéla Šimůnková[2)], Jaroslav Říha st.[2)], Ing. Tomáš Hloušek, Ph.D.[3)]

1) ECO-AER TRADING s.r.o., Žižkova 630/73a, 400 01 Ústí nad Labem, tel: 721 335 337, *info@eco-aer.cz*, www.eco.aer.cz
2) VŠCHT FTOP Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5, 166 28 Praha 6, *jana.ambrozova@vscht.cz*
3) Středočeské vodárny, a.s., U vodojemu 3085, 272 01 Kladno, *hlousek@svas.cz*

Souhrn

Jedním z faktorů, ohrožujících kvalitu vody ve vodovodním řadu, je sekundární kontaminace vody. Z hlediska vzdušné kontaminace jsou kritickým místem vodojemy, konkrétně větrací průduchy a systém větrání především akumulačního prostoru. Kontaminace tohoto prostoru může vést k senzorickým změnám až biologické nestabilitě akumulované vody. Z tohoto důvodu by měly být průduchy osazovány filtračními vložkami. Požadavky na jejich vlastnosti a materiálové složení jsou řešeny v dokumentu technického doporučení I-D-48 a normě ČSN 75 5355 Vodojemy. Pro provozovatele distribuční sítě je účelné, aby měl představu o mikrobiální kontaminaci i celkovém stavu těchto vložek, vzhledem k době jejich expozice a zátěži z okolního prostředí. Proto je potřebné pro takové případy vypracovat metodiku monitoringu. Nedílnou součástí monitoringu jsou i zkušenosti z realizace při osazování filtračních sestav do větracích průduchů u objektů VDJ.

Klíčová slova: monitoring; pitná voda; mikrobiální kontaminace; riziková analýza; vodojemy; vzdušná kontaminace; filtrační jednotky

Summary

One of the factors affecting the quality of water in the distribution system there is secondary water contamination. From the point of view of air contamination are critical points the water reservoirs, namely the ventilation vents and the ventilation system of the accumulation space. Contamination of the space of water reservoirs can lead to sensory changes and even biological instability of accumulated water. For this reason, the vents should be fitted with filter cartridges. Requirements for their properties and material composition are addressed in the technical recommendation document I-D-48 and the standard ČSN 75 5355 Water tanks. It is useful for the distribution system operator to have an idea of the microbial contamination and of the overall condition of these inserts, given their exposure time and environmental load. It is therefore necessary to develop a monitoring methodology for such cases. An integral part of the monitoring is also the experience from the implementation of the installation of filter assemblies in the ventilation ducts at water reservoirs.

Key words: monitoring; drinking water; microbial contamination; risk analyses; water reservoirs; air-contamination; filtration unit

Vodojemy v systému zásobování pitnou vodou

Vodojemy jsou kritická místa v rizikové analýze a je zapotřebí důkladně posoudit jejich stav ze všech hledisek, stavebně-technických, konstrukčních a provozních. Je nutné věnovat jim zvýšenou a soustavnou péči nejen za účelem zpracování dokumentu pro účely rizikové analýzy, ale hlavně z pohledu jejich dlouhodobě udržitelného a funkčního stavu. Vodojemy mají nezastupitelné místo v systému zásobování vodou a významně se podílí na spolehlivosti celku, jeho udržitelnosti i zranitelnosti. Jako stavby jsou strategicky významné, mají možnost ovlivnit jakost vody a jejich poloha se významně podílí na ekonomických nákladech provozování celého vodovodu.

Zákonem č. 258/2000 Sb. v platném znění je výrobcům a dodavatelům pitné vody a provozovatelům veřejných vodovodů uložena povinnost zpracovat posouzení rizik a tato následně promítnout do provozního řádu a monitorovacího programu. V souvislosti s revizí zákona č. 258/2000 Sb. a jeho prováděcí vyhlášky č. 252/2004 Sb. se pozornost provozovatelů distribučních sítí kritičtěji zaměřuje na rizikové body, které byly opomíjeny. Vodojemy mohou významně ovlivnit kvalitu vody tím, že nejsou většinou splněny stavebně konstrukční požadavky na jejich provoz včetně údržby v objektu a jeho souvisejícím okolím. Veškeré informace potřebné pro posuzování provozu a stavu objektů vodojemů, jsou uvedené v technickém doporučení I-D-48 Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů a normě ČSN 75 5355 pro navrhování a provoz zemních a věžových vodojemů, které jsou součástí vodovodů pro veřejnou potřebu a slouží pro zásobování pitnou vodou.

Jedním z rizikových míst ve vodojemech jsou větrací průduchy. Mikroorganismy jsou stálou součástí vzduchu ve volné atmosféře i v uzavřených prostorách, jsou vázány na aerosoly, kapénky anebo na povrch jemných prachových částic. Míra prašnosti významně souvisí s mikrobiální kontaminací a naopak. V současné době je velmi diskutovaným problémem výskyt patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů ve vzduchu a v aerosolech, které lze vhodně eliminovat účinným využitím ventilačního filtračního zařízení. Často přítomnost těchto mikroorganismů v ovzduší souvisí i s jejich přítomností ve vodě (bakterie a plísně). S problematikou sekundární kontaminace vzduchu v objektech vodojemů jistě souvisí i biologická stabilita akumulované pitné vody. Je zcela žádoucí zajistit v objektech vodojemů účinné filtrační zábrany odpovídající požadavkům kladeným na vodárenské objekty.

Zkušenosti z monitoringu v objektech vodojemů

V souvislosti s revizí vyhlášky č.252/2004 Sb. a zakomponovanou rizikovou analýzou byly od roku 2018 na žádost provozních vodárenských společností provedeny audity několika vodojemů zemních i věžových. Důvodem zadání auditů bylo zajištění podkladů pro vypracování rizikové analýzy nezávislým subjektem. Audity byly zaměřeny nejen na klasický odběr vzorků stěrů ze smáčených stěn akumulačních nádrží, ale rovněž tak i na celkové posouzení stavu objektu vodojemu. Zjištění z auditů se shodují v mnoha bodech. Úroveň vzdušné kontaminace v objektech vodojemů je natolik významná, že je nutné ji řešit osazením vhodných filtračních vložek, které mají schopnost eliminovat prachové částice, pylová zrna, škrob, rostlinná vlákna, konidie hub a organismy ve formě spor a klidových stádií.

S osazením funkčních filtračních zábran do větracích průduchů souvisí i optimalizace či plán na jejich správné provozování, tj. vhodná skladba jednotlivých filtračních zábran, umístění v objektu manipulace a akumulace, četnost výměny včetně monitoringu stavu ovzduší v objektu vodojemu. Příklad vhodného řešení uvádí obr. 1.

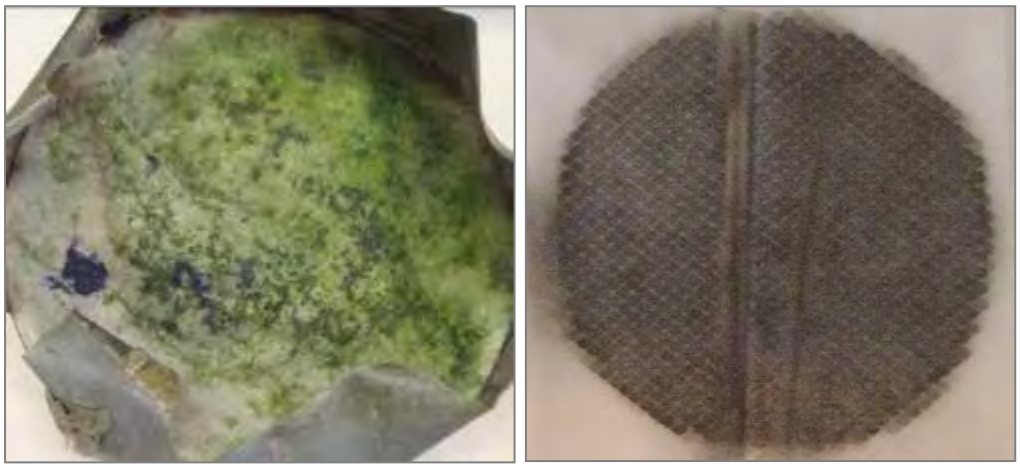
Norma ČSN 75 5355 Vodojemy uvádí minimální požadavky na skladbu filtračních vložek osazovaných do větracích průduchů. Pro představu uvádíme citaci z normy čl. 6.1.20, *kde je zmíněna nutnost vybavení nádrží vodojemu větracím zařízením, v případě průchodu manipulační nebo vstupní komorou musí být do potrubí větracího zařízení osazeno filtrační zařízení spolu s prachovým filtrem, které by mělo být umístěné tak, aby filtrační vložky byly snadno vyměnitelné a odpovídaly požadavkům, kladeným na filtrační materiály a jejich bezpečný provoz. Principiálně mají být ve filtrační vložce umístěny filtrační vrstvy, kterými je rounová (netkaná) textilie typu 63/15 (zachycuje jemný zvířený a vláknitý prach, částice, plošná hmotnost je 150 g/m^2, tloušťka 2,5 mm a filtrační průliny O_{90} 144 μm); protipylová zábrana; rounová textilie sycená aktivním uhlím (eliminuje plísně a pachy) a rounová textilie typu 63/15.*

Norma nedefinuje v článku normy ČSN 75 5355 případné tlakové ztráty, požadavky na velikost plochy funkční filtrační vrstvy ve vztahu k velikosti objektu vodojemu (akumulace, manipulace) a už vůbec neuvádí požadavky na výměnu filtračních vložek po určité době provozu. Pro provozovatele distribuční sítě je žádoucí, aby měl představu o mikrobiální kontaminaci i celkovém stavu těchto vložek, vzhledem k době jejich expozice a zátěži z okolního prostředí. Z biologických auditů, které na objektech vodojemů provádíme, vyplývá mnoho doporučení, týkajících se **nutnosti výměny filtračních vložek už po jednom roce jejich osazení v objektu vodojemu**.

Obr. 1. *Řešení větracích průduchů vně a uvnitř objektu malého zemního vodojemu. Rekonstrukce objektu a realizace účinného odvětrání akumulačního prostoru rozvodem přes manipulační prostor. Uvnitř jsou umístěné filtrační vložky, které jsou dostupné a je možné je snadno vyměňovat po roce osazení*

Nemá smysl předimenzovat skladbu filtračních vrstev ve filtrační vložce vložené do větracího průduchu. Ve vlhkém prostředí se z filtrů stává často neprodyšná zábrana, která zcela postrádá účel účinné filtrace a stává se zdrojem případné kontaminace a vhodného substrátu pro mikrobiální kontaminaci (viz obr. 2). Rozhodně tak i **nemá smysl používat např. HEPA-filtry a jiné účinné filtrační komponenty navrhované ve vzduchotechnice, ale pro objekty s akumulovanou vodou a vysokou vzdušnou vlhkostí naprosto nevhodné.**

Aby nedocházelo ke kontaminaci vzduchu přes manipulační komoru, doporučuje se v určitých případech instalovat nucené větrání, které by v manipulační komoře zajišťovalo podtlak oproti akumulačnímu prostoru vodojemu a tím jednosměrné proudění vzduchu. Větrací zařízení musí být snadno přístupné, aby byla možná průběžná kontrola během provozu a bezproblémová výměna filtrační jednotky.

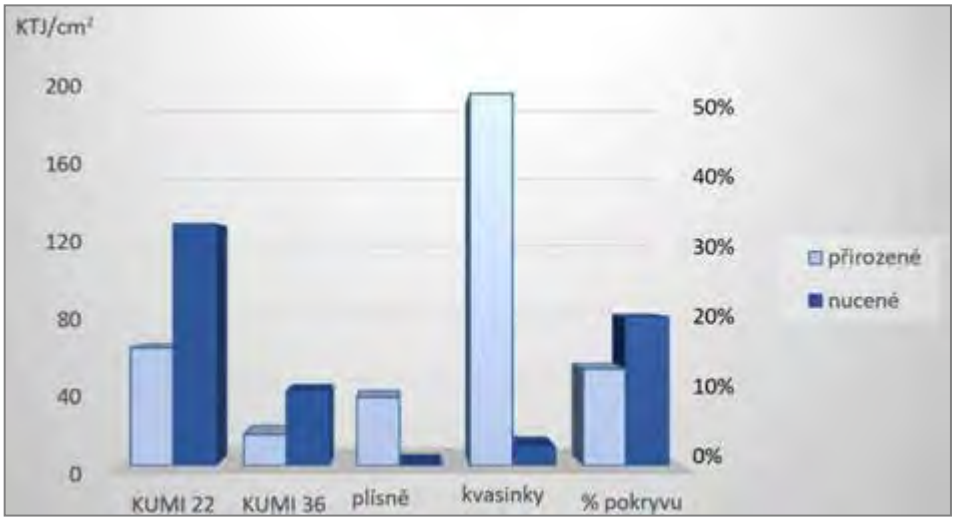


Obr. 2. *Vzhled stavu první filtrační vrstvy filtrační vložky umístěné ve větracím průduchu zemního vodojemu (vlevo cca 8 let osazené v průduchu, vpravo po roce provozu)*

Součástí biologických auditů je zhodnocení stavu akumulačních nádrží, ze kterých se za provozu nebo v době před čištěním, odebírají vzorky stěrů ze stěn nádrží vodojemu (místa trvale ponořená, místa s kulminující hladinou, stěny/dno apod. dle dostupnosti a provozního stavu objektu). V objektu se rovněž umisťují Petriho misky s kultivačním médiem vhodným pro záchyt plísní a kvasinek metodou spadu, expozicí misek po dobu 15 minut a 30 minut. Použité filtrační vložky, osazené po určitou dobu v objektu vodojemu, se metodou výluhu definované plochy mikrobiologicky (ČSN EN ISO 6222; stanovení plísní a kvasinek) a mikroskopicky (ČSN 75 7712 a ČSN 75 7713) posuzují (většinou 25 cm^2/100 ml fyziologického roztoku, 72 h v chladu a bez přístupu světla).

Obr. 3. *Příklady hodnocení mikrobiální kontaminace metodou spadu (miska vlevo) a metodou výluhu (misky uprostřed a vpravo)*

Mezi částice biosestonu identifikované ve výluzích z filtračních vložek patří některé druhy řas (zelené řasy, rozsivky), hyfy a konidie mikromycet, bakteriální vlákna, případně železité bakterie (resp. metabolické produkty železitých bakterií, které se vzhledem k charakteru organismu občas řadí k abiosestonu). Nejčastěji zachytávané částice abiosestonu jsou prachové částice, písek, pylová zrna, rostlinné zbytky, korozní produkty, ojediněle se vyskytují motýlí šupiny, ptačí peří nebo zvířecí chlupy. Z mikromycet jsou nejčastěji nacházeni zástupci rodů *Verticillium*, *Helminthosporium, Penicillium, Aspergillus, Alternaria, Aureobasidium, Cladosporium, Fusarium*, *Trichosporon*. Z obr. 4 je patrné, že oproti kultivovatelným mikroorganismům jsou pro plísně a kvasinky výhodnější podmínky na filtračních vložkách s přirozeným odvětráním. Procento pokryvnosti je v případě nuceného větrání mírně zvýšené, tento ukazatel bude pravděpodobně značně ovlivňován rychlostí proudění vzduchu filtrem, což lze do jisté míry regulovat skladbou a charakterem filtračních vložek, dále pak velikostí nebo počtem větracích průduchů (rovněž tak je potřeba zohlednit i kulminaci hladiny vody v akumulaci).



Obr. 4. *Hodnocení biologických ukazatelů filtračních vložek u přirozeného a nuceného větrání. KUMI 22 - kultivovatelné mikroorganismy při 22 °C, KUMI 36 - kultivovatelné mikroorganismy při 36 °C, % pokryvu - % zachyceného abiosestonu hodnocené mikroskopicky*

Návrhy na řešení filtrace vzduchu ve vodárenství

Firma ECO-AER konstruuje filtrační systémy na základě provedeného technického a biologického auditu objektu vodojemu a skutečné situace. Základním produktem společnosti je KG-Systém, který je variabilní a nízkonákladový, čímž se stává vhodným řešením pro jakéhokoli odvětrání objektu vodojemu. Tato filtrační sestava obsahuje KG potrubí, filtrační vložku (EA) a exteriérovou větrací mřížku. Do zvoleného průduchu se umístí KG potrubí, které je ukotveno montážní pěnou a flexně zabudováno. Následně je osazena filtrační vložka opatřená krycími větracími mřížkami. Dalším standardně dodávaným typem vzduchotechniky je Spiro-Systém z pozinku. Filtrační sestava obsahuje Spiro-potrubí, filtrační vložku shodnou s KG-Systémem a exteriérovou větrací mřížku. Montážní postup je shodný s KG-Systémem. Ucelenost systému zajišťuje možnost i náročnějších rozvodů například jako jsou nucené větrání, ohřev přiváděného vzduchu, tlumiče hluku apod. Je možné zhotovit rozvod přes manipulační komoru, a to soustavou napojováním KG tvarovek a KG potrubí. Do manipulační komory je umístěn Flex-Box-Systém s filtrační vložkou EA. Flex-Box-Systém zajišťuje snadnou výměnu filtračních vložek přímo v manipulační komoře a je určen pro vestavbu filtrační vložky do kruhových rozvodů KG a Spiro-Systému.

Dalšími systémy ECO-AER jsou nerezové kazety, nerezové odvětrávací hlavice, odvětrávací poklopy a řešení pro utěsnění bezpečnostních přepadů. Veškeré další informace jsou uvedeny na www.eco-aer.cz, popř. je možné je vyžádat na info@eco-aer.cz.

Závěry

Vodojemy jsou kritická místa v systému zásobování obyvatel pitnou vodou. Jejich charakter a provozuschopnost je nutné kriticky posoudit z pohledu jejich dlouhodobě udržitelného a funkčního stavu. Žádoucí jsou pravidelné kontroly stavu objektu, zajištění bezesprašných povrchů podlah, kontrola a úprava vstupů, oken a větrání vodojemů, zajištění účelného odvedení vzdušné vlhkosti z akumulačních i manipulačních komor včetně zamezení vzdušnému spadu do prostor a osazení jednoduchých filtračních vložek do větracích otvorů a na bezpečnostní přepady. Kvalita akumulované vody je podstatně ovlivňována kvalitou vzduchu uvnitř vodojemu, tento faktor nesmí být tedy v rámci rizikové analýzy v žádném případě opomíjen. Prvním krokem k jeho zajištění je osazení větracích otvorů vodojemu filtračními vložkami. Neméně důležitá je ovšem jejich pravidelná revize a včasná výměna. Maximální časový interval expozice filtrační vložky souvisí vedle provozních parametrů vodojemu také s jeho blízkým okolím (dopravní komunikace, pastva zvířat, zemědělská aktivita, pole a lesy, průmyslové závody apod.) a je tedy značně individuální. K jeho určení by mohla sloužit metodika stanovení procenta pokryvnosti, přímého ukazatele zatížení filtru. Poměrně jednoduchou možností kontroly účinnosti filtračních jednotek vhodnou k průběžnému monitoringu je kultivace mikromycet metodou spadu na misku v akumulačním prostoru, neboť sekundární kontaminace je hlavní příčinou přítomnosti těchto organismů.

Použitá literatura

ČSN 75 5355 Vodojemy. Vydal Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011, 20 str.

Kožíšek F., Kos J., Pumann P. 2007. Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství, SOVAK Praha 2006, 74 s.

Říhová Ambrožová J., Hubáčková J., Čiháková I. 2008. Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů. Technické doporučení (I-D-48), Hydroprojekt CZ, a.s.: 60 s.

Říhová Ambrožová J., Říha J. 2008: Eliminace vzdušné kontaminace v akumulacích s pitnou vodou osazením filtračních jednotek. Vodohospodársky spravodajca roč. 51 (5-6), 11-15.

Říhová Ambrožová J., Říha J. 2008. Provozně odzkoušené filtrační jednotky – řešení eliminace sekundární kontaminace vzduchem. SOVAK 17 (9/2008), 14/302-17/305.

Říhová Ambrožová J., 2009. Zajištění zdravotně nezávadné a bezpečné pitné vody v distribuční síti. Chemické Listy 103 (12), 1041-1046, ISSN 0009-2770.

Říhová Ambrožová J., Říha J., Hubáčková J., Čiháková I. 2010. Risk Analysis for Accumulation of Drinking Water. Czech J. Food Sci. Vol. 28, 2010, N. 6: 557-563.

Říhová Ambrožová J., Říha J., Martínek R. 2011. Kapacita filtračních náplní vzduchových filtrů. Sborník konference Pitná voda 2011, Trenčianske Teplice 4.-6.10.2011, XV. ročník, 83-90.

Říhová Ambrožová J. 2019. Stále opomíjený rizikový body v systému zásobování pitnou vodou. Sborník konference Vodárenská biologie 2019, Praha 6.-7.2. 2019, 32-37.

Dodatečná dezinfekce pitné vody na vodovodních sítích

Ing. Richard Bábíček[1)], Petr Douda[2)]

1) Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s.
Purkyňova 2933/2, 696 11 Hodonín, mobil: + 420 721 477 038, *babicek.richard@gmail.com*

2) Grundfos Sales Czechia and Slovakia, s.r.o
Čajkovského 21, 779 00 Olomouc, *pdouda@grundfos.com*

Abstrakt

Dlouhodobou součástí každodenní práce je ve společnosti Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s. snaha dodávat pitnou vodu o stejně vysoké kvalitě všem odběratelům po celé délce vodovodní sítě. To v našich podmínkách s sebou nese nutnost dopravovanou pitnou vodu z určitých důvodů dodatečně dezinfikovat. Příspěvek se zabývá důvody této dodatečné dezinfekce a popisuje námi zvolený způsob dávkování dezinfekčního prostředku. Jedna z kapitol je věnována podmínce nutnosti výběru velmi kvalitních dávkovacích čerpadel a popisuje také, jaké jsou důsledky nedodržení této podmínky. Na souhrnu rozborů jsou prezentovány výsledky této dezinfekce pro celou vodovodní síť.

Úvod

Prvořadým úkolem dodavatelů pitné vody do veřejných vodovodů je dodávat pitnou vodu vyhovující všem limitům dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Obsahem tohoto příspěvku bude pohled společnosti Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s. na splnění požadavků dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. a to dle přílohy č.1 – tabulka A – Mikrobiologické a biologické ukazatele.

Společnost Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s. působí převážně na území okresu Hodonín, ale svou působností zasahuje i do okresů Kroměříž a Břeclav. Zdrojem pitné vody je převážně voda podzemní, využívaná pro ÚV Bzenec a ÚV Moravská Nová Ves, a malý vodní zdroj ČS Louka. Využíváme i jeden zdroj z vody povrchové – VN Koryčany. Každý z těchto zdrojů pitné vody sebou nese určitá specifika pro její úpravu a také pro následné hygienické zabezpečení upravených vod.

Patříme k provozovatelům, kteří se snaží uvést celou vodovodní síť do stavu, aby šla provozovat tak, aby nebylo nutné žádné hygienické zabezpečení. To s sebou nese vzhledem k rozsahu celé vodovodní sítě nemalé finanční náklady. Postupně k tomuto cíli směřujeme, ale je před námi ještě dlouhá cesta. Pozitivní na tomto cíli je to, že nás to nutí celou síť dopodrobna znát a postupně zlepšovat stav celé sítě, včetně všech objektů na síti. Každý problém, který se na vodovodní síti vyskytne, je podrobně analyzován.

Minulost

Pro zajištění hygienické nezávadnosti byla pitná voda na uvedených úpravnách dezinfikována plynným chlórem a to na dvou místech - před nátokem do akumulace a poté na výtlacích z úpraven. To vzhledem k rozsahu vodovodní sítě, stáří trubních materiálů s pokročilou inkrustací a dlouhé době zdržení pitné vody ve vodovodní síti vedlo k nutnosti dodatečné dezinfekce na objektech na síti – vodojemy, čerpací stanice. K této dodatečné dezinfekci se používal převážně chlornan sodný a na dvou páteřních vodojemech byla stanice pro dávkování plynného chlóru.

To v praxi znamenalo, že voda byla někdy až čtyřikrát dezinfikována, než se dostala ke konečnému spotřebiteli. I přes takové množství dezinfekce docházelo v letních měsících k překračování limitů pro mikrobiologické ukazatele.

V roce 1997 začala společnost Vodovody a kanalizace Hodonín, a.s nahrazovat dezinfekci plynným chlórem dezinfekcí chlordioxidem připravovaným přímo na úpravnách vod. Tento přechod byl kompletně dokončen v roce 2010.

Chlordioxid má jako biocidní přípravek oproti plynnému chlóru vyšší dezinfekční účinek a jeho působení je dlouhodobější a nevykazuje vedlejší nežádoucí senzorické projevy. Což vzhledem k dobám zdržení více vyhovuje našim potřebám. Výhodnost použití chlordioxidu se začala ukazovat ihned po jeho zavedení.

S postupným přechodem na chlordioxid se ukázalo být zbytečné dodatečně dezinfikovat pitnou vodu na síti. Proto byla místa dodatečného dávkování dezinfekce postupně rušena, až v roce 2010 bylo zrušeno poslední místo dodatečné dezinfekce.

I v této době docházelo k ojedinělým překročením mikrobiologických ukazatelů na síti. To bylo řešeno buď centrálně – zvýšením dávky chlordioxidu na příslušné úpravně vody, nebo bylo místo jen jednorázově dezinfikováno dávkou chlornanu sodného. K uvedeným opatřením docházelo především v letních měsících, tedy v období s vyššími teplotami příznivějším pro existenci mikrobiálního znečištění.

Důvody dodatečné dezinfekce

Optimalizace dávky chlordioxidu na ÚV - z výše uvedeného by vyplynulo, že dodatečná dezinfekce pitné vody ve vodovodní síti je zbytečná. Znamenalo to ovšem v letních měsících preventivně zvyšovat dávku chlordioxidu na úpravnách vody. To platilo zhruba do roku 2012. V té době začaly být výskyty překročení mikrobiologických ukazatelů častější. To i přesto, že dávka chlordioxidu na úpravně vody byla nastavena na maximální možnou dávku – limitujícím parametrem byla úroveň chloritanů. Znamenalo to také vyšší obsah dezinfekční látky v pitné vodě. Nebylo to nic dramatického – maximální měřené množství na výtlaku z ÚV do vodovodní sítě bylo do 0,06 ppm. Tím, že se na vytipovaných místech začalo opět s dodatečnou dezinfekcí, bylo možno optimalizovat dávku chlordioxidu na výtlacích z ÚV.

Výskyt překročení mikrobiologických parametrů na vodojemech - v roce 2012 došlo k několika mírným překročením na vodojemech sítě zásobované z ÚV Koryčany – zdroj povrchová voda. Vliv byl přičítán vysoké teplotě vody na vodojemech – až 21 °C a také dlouhé dopravní vzdálenosti pitné vody od ÚV po spotřebitele. Dlouhá dopravní vzdálenost znamená dlouhé zdržení vody ve vodovodním řádu a to až v řádu dnů. To i při dlouhodobém účinku chlordioxidu nestačilo na bezvadnou hygienizaci pitné vody. Toto se v dalších letech ukázalo i u dalších objektů i z ostatních ÚV. Po rozboru možných příčin a dle míst výskytu to jednoznačně signalizovalo na vnější vlivy mimo technologické procesy ÚV – z toho vyplynula nutnost pasportizace technického stavu všech objektů na vodovodní síti.

Stav izolací na vodojemech – v roce 2014 jsme tedy přikročili k pasportizaci stavu všech objektů na síti. V době pravidelného ročního čištění těchto objektů jsme provedli jejich kompletní pasportizaci. Byl prověřen stav po stránce technické, stavební a také technologické. Při pasportizaci bylo také patrné, že se do komor vodojemů musí dostávat voda přes strop. Prvním předpokladem bylo, že se jedná o vodu vysráženou na stropě, která se v určitých obdobích roku akumuluje v dutých prostorech stropních prefabrikovaných panelů - spiroll. To byla pravda jen částečně. V době dlouhodobějších

dešťů jsme kontrolovali komory a bylo patrné, že se do některých vodojemů dostává srážková přes porušenou hydroizolaci stropní konstrukce. Proto byly okamžitě zahájeny, u vybraných vodojemů, kompletní opravy vnějších izolací (hydroizolací a tepelných izolací) a vnitřních ŽB povrchů. Do doby než se u všech takto vytipovaných vodojemů podařilo problém izolací vyřešit, byla síť intenzivnějí sledována a bylo i na těchto objektech zahájeno dodatečné dávkování dezinfekce.

Překročení mikrobiologických ukazatelů u ostatních vodojemů – jako firma máme nastavené velmi přísné interní požadavky na kvalitu pitné vody. Pokud dojde na některém místě na vodovodní síti k překročení jakéhokoli mikrobiologického ukazatele, okamžitě přistupujeme k dodatečné dezinfekci na nadřazených vodojemech. Nemusí se v tomto případě jednat o překročení ve smyslu vyhlášky č. 252/2004 Sb. Bereme to jako preventivní zásah.

Volba dezinfekce

Po rozhodnutí dodatečně dezinfikovat pitnou vodu na vodovodní síti bylo nutné rozhodnout, čím se bude dezinfikovat. V tomto případě bylo rozhodování jednoduché. Už několik let předtím jsme vodu na ČS Louka dezinfikovali chlordioxidem vyráběným na místě. Místo je vybaveno dávkovacím čerpadlem a 50 litrovým sudem, ve kterém chlordioxid vyroben a poté dávkován s pomocí řídicího systému do čerpané pitné vody. Vzhledem k tomu, že za dobu používání chlordioxidu na tomto místě nedošlo ve vodovodní síti k žádnému, byť jen k minimálnímu, překročení mikrobiologických ukazatelů bylo rozhodnuto, že budeme dávkovat chlordioxid.

Velmi důležitým rozhodovacím argumentem bylo také to, že dávkováním chlornanu sodného do vody se změní chuťové vlastnosti pitné vody. Na to by spotřebitel zvyklý na vodu dezinfikovanou pouze chlordioxidem velmi negativně reagoval.

Chlordioxid je dle srovnání uváděných v odborných článcích uváděn jako nejdražší způsob dezinfekce. To si osobně vzhledem k jeho dezinfekčním účinkům, stabilitě hygienického zabezpečení nemyslím. Dávka chlordioxidu je výrazně nižší oproti chlornanu sodnému a to při vyšším dezinfekčním účinku. Velkým bonusem je pak provozní jistota – tam, kde dezinfikuji chlordioxidem, nemám problémy s žádným ze sledovaných mikrobiologických ukazatelů.

Dávka dezinfekce

Víme-li čím dezinfikovat, je nutno stanovit dávku dezinfekce. Zde pro nás jsou důležité dvě základní hlediska. Prvním je stoprocentní hygienického zabezpečení vodovodní sítě s nulovým výskytem překročených mikrobiologických ukazatelů. Druhým hlediskem, lehce komplikujícím hledisko první, je stanovení maximálního naměřeného množství dezinfekce u spotřebitele. Po pokusech s minimalizací tohoto množství jsme se dostali až na mez detekce chlordioxidu v dodávané pitné vodě a to při zachování hygienické nezávadnosti pitné vody. Interně byla stanovena hranice 0,04 ppm – hranice detekce je pro naši laboratoř 0,03. Hodnota 0,04 ppm je brána interně jako maximální po celé vodovodní síti. Praxe ukázala, že vzorky pitné vody odebíraných přímo u spotřebitelů mají obsah chlordioxidu většinou pod mezí detekce až na mezi detekce – 0,03 ppm.

Pokud chcete dodržet takto přísně nastavené hodnoty na síti je nutno na úpravných vody a na místech dodatečné dezinfekce mít čerpadla, která zajistí velmi přesné dávkování dezinfekce.

Příprava chlordioxidu

Chlordioxid na úpravnách vod připravujeme generátorovou metodou smícháváním dvou látek. To je v podmínkách malých aplikací také možné, ale nám se podařilo nalézt několik možností, jak lze chlordioxid připravit na místě. Roztok vyrábíme smícháním dvou složek, poté je roztok ponechán v klidu. Jde o čas nutný pro dokončení reakce dvou složek. Tato doba je nepřímo závislá na teplotě vody. Doba se v našich podmínkách pohybuje od 20 do 60 minut.

Vyrobený roztok má taká velmi dobou stabilitu v řádu týdnů. Proto je velmi důležitým parametrem dodržení maximální doby dávkování vyrobeného chlordioxidu. Jde o plyn a vyrobený 0,3 % roztok chlordioxidu ztrácí po zhruba 30 dnech své vlastnosti – koncentrace poklesne pod 0,2 %. S tímto faktem je nutno počítat při volbě dávky chlordioxidu. Je také nutno dávkovací místa vybavit takovou zásobní nádrží, která odpovídá zhruba 20 denní potřebné zásobě. V našich podmínkách to znamená, že máme tři 50 litrové nádrže a jednu nádrž 200 litrovou.

Pravděpodobně by bylo možné použít i nádrže větší, ale to nemám ověřeno. Pokud by bylo nutno dodatečně dávkovat dezinfekci i na objektech s větší potřebou dezinfekce pak osobně doporučuji už začít uvažovat o přípravě chlordioxidu generátorovou metodou.

Dávkovací čerpadla

To, co se zpočátku ukázalo jako výrazný problém, bylo najít na trhu dávkovací čerpadlo, které by dokázalo bez problémů dávkovat přesnou nastavenou dávku roztoku chlordioxidu. Původní čerpadla měla jen manuální nastavování dávky a dost často docházelo k poruchám dávkování. Při pokusech zjistit přesnou dávku jsme si ověřili, že čerpadla nedávkují přesně. Pak taky nastavovat čerpadlo dávkováním do odměrného válce mně osobně nepřipadalo jako výdobytek počátku 21. století. Bylo nutno to provádět v masce a bylo to nutno opakovat minimálně jednou za měsíc. Což by v případě chlordioxidu znamenalo pro technologa neustále objíždět dávkovací místa a čerpadla rekalibrovat.

První čerpadla na místech dodatečné dezinfekce jen prostě dávkovala vypočítanou dávku na průměrné denní množství. To bylo nutno ihned zrušit. Roztok chlordioxidu v místě dávkování prakticky rozpustil železné potrubí. Dávkování totiž probíhalo nonstop a to i době, kdy neprobíhalo čerpání vody do vodojemu. Koncentrace chlordioxidu v takové situaci překračovala výraznou mez a začala reagovat s železným potrubím – chlordioxid je silné oxidační činidlo.

V lepších případech byla dávka vypočtena a nastavena na protékané množství napouštěných pitných vod. Čerpadlo běželo jen v době čerpání – první systémy řízení. Ale jak už bylo výše uvedeno dávka nebyla vždy přesná a podmínka obsahu chlordioxidu v pitné vodě maximálně 0,04 ppm byla dost často překročena.

Řešením se ukázala být digitální dávkovací čerpadla s digitálním nastavováním potřebné dávky na impuls, nebo dávkování pomocí analogového škálování. Po jejich prvotním odzkoušení bylo rozhodnuto o zakomponování celé dávkovací stanice, vybavené tímto typem čerpadla, do řídicího systému jednotlivých dávkovacích míst – vodojemů. Pak už bylo jen na technologovi, aby spočítal pomocí ředících rovnic potřebnou dávku do chlordioxidu na 1 litr pitné vody určené k dodatečné dezinfekci.

V menu čerpadla je nutno nastavit křivku pro 4 – 20 mA. To vede k vytvoření křivky, podle které je dávkování řízeno. Dávkování je velmi přesné a my tak s přehledem plníme

obě podmínky stanovené na počátku – zajistit plnou a spolehlivou hygienizaci pitné vody a maximální obsah chlordioxidu v dodávané pitné vodě do 0,04 ppm.

Co jako provozovatelé vidíme jako velkou výhodu tohoto řešení je spolehlivost na přesné dávkování po celou dobu životnosti čerpadla. Čerpadlo má instalovanou funkci FlowControl s volitelnou poruchovou diagnostikou. Čerpadlo dokáže pomocí poruchových hlášení ohlásit chybu v dávkování. V našem případě je to obvykle narušení membrány cca 1 x za 2 roky vlivem působení chlordioxidu. Máme nasmlouvaný autorizovaný servis dodavatele dávkovacích čerpadel. Servis drží všechny potřebné náhradní díly a proto je doba servisu maximálně zkrácena. Na dobu servisu, 1 – 3 dny, je dávkovací čerpadlo nahrazeno náhradním čerpadlem a poté je opět instalováno zpět na svoji původní pozici.

Tím, že je dodatečná dezinfekce zahrnuta do systému řízení jednotlivých objektů, je omezena kontrolní činnost chodu čerpadla – porucha dávkování je signalizována na centrálním dispečinku. Signalizace se týká také množství roztoku chlordioxidu v zásobní nádrži. Je hlášena minimální hladina – v našem případě je nastavena tak, aby dávkování probíhalo ještě cca 3 dny. Vyprázdnění nádrže – dosažení havarijní hladiny - je také signalizováno a po jejím dosažení je dávkovací čerpadlo odstaveno.

Místa dodatečné dezinfekce

V současné době máme vytipována celkem čtyři místa dodatečné dezinfekce. Na těchto místech probíhá v letních měsících pravidelné dávkování dezinfekce na obsah chlordioxidu do 0,04 ppm. V zimních měsících (detekováno poklesem teploty vody na vodojemech pod 12 °C) je dávka snížena na 0,025 ppm. Kontrola této dávky není možná – jsme pod hranicí detekce. Přesto díky přesnému a spolehlivému dávkování je možno tomuto číslu důvěřovat. Původně jsme dodatečnou dezinfekci v zimním období odstavovali, ale to se neosvědčilo. Došlo ke dvěma případům překročení mikrobiologických ukazatelů – opět jen v intencích našich interních nařízení. Je nutno mít také stále na paměti, že i když máme svrchní izolace na vodojemech nové, neznamená to, že nemůže dojít k druhotnému znečištění. Velké obavy mám osobně z přemnožených hlodavců. Bude nutno zvýšeně sledovat.

Kromě těchto stabilních dávkovacích míst máme jednotlivé provozy vybaveny i náhradními dávkovacími čerpadly a také jsou na každém provoze uskladněny dvě kompletně vybavené sestavy určené k okamžitému použití. Tyto sestavy jsou operativně nasazovány k jednorázovému dodatečnému dávkování dezinfekce při překročení některého z mikrobiologických ukazatelů na některém z našich objektů. K takovým událostem sice skoro nedochází – máme žádnou až jednu takovou událost ročně, ale tyto sestavy jsou využitelné i pro dezinfekce opravovaných nebo nově zprovozňovaných úseků vodovodní sítě. Máme tak velmi pohodlně a spolehlivě zajištěno vydezinfikování takových úseků před jejich spuštěním do provozu.

Výsledky – pozitiva, negativa

Zavedením dodatečné dezinfekce vodovodní sítě jsme dosáhli především optimalizaci dávky dezinfekce na úpravnách vod. To přispělo k výrazné eliminaci vniku nežádoucích chloritanů a také k výrazné eliminaci nežádoucích projevů dávkování silného oxidačního činidla do vodovodní sítě. Chlordioxid dokáže při větších dávkách narušovat inkrusty vzniklé ve vodovodní síti před zahájením dávkování chlordioxidu.

Od plného zavedení celého systému dodatečné dezinfekce nedošlo na sledovaných úsecích k výraznému výskytu překročení mikrobiologických ukazatelů – máme jeden až žádný výskyt. Pokud dojde k výskytu překročení na sledovaných objektech, je vždy použito dávkovacích sestav skladovaných na provozech. V praxi to znamená, že od nahlášení potřeby jejich nasazení, do zahájení dávkování neuplynou více než dvě hodiny. Problémem je pouze namíchání chlordioxidu a zprovoznění čerpadla. V naší a.s. jsou k přípravě chlordioxidu oprávněni jen dva pracovníci. Je to z důvodu vysokých rizik při přípravě chlordioxidu – je také nutná určitá praxe pro práci s nebezpečnými chemikáliemi. Čerpadla máme většinou naladěna na standartní dávkování. Pokud je nutné jiné dávkování – rozhoduje technolog – je nutné čerpadla přenastavit. To zvládne u těchto čerpadel prakticky každý – ve výjimečných případech s lehkou pomocí technologa na telefonu.

Závěr

K dodatečnému dávkování jsme byli donuceni okolnostmi, které nás výrazně posunuli ve znalostech naší vodovodní sítě. Podrobným rozborem všech aspektů a následnými opravami, i skrytých vad, jsme se také posunuli k našemu cíli dodávat vodu do vodovodní sítě bez nutnosti vodu dezinfikovat.

Námi zvolený způsob jistě nemusí vyhovovat všem provozovatelům, ale je velmi dobře aplikovatelný na dlouhé vodovodní řady a to i v podmínkách prohřívání celé vodovodní sítě vlivem vysokých venkovních teplot doprovázených i více než 20 – ti denními obdobími bez deště.

Studie posílení vodárenské nádrže Klíčava na Rakovnicku podzemní vodou z bývalého dolu Tuchlovice (Jaroslav)

Ing. Miroslav Cölba[1)], Ing. Martin Lexa[2)], Ing. Rostislav Kasal, Ph.D. [3)], Ing. Jan Cihlář[4)]

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.:
1) tel. 257 110 286, mail: *colba@vrv.cz*; 2) tel. 257 110 330, mail: *lexa@vrv.cz*;
3) tel. 257 110 287, mail: *kasal@vrv.cz*; 4) tel. 257 110 296, mail: *cihlar@vrv.cz*

Úvod

Cílem příspěvku je seznámení se zpracovanou studií ohledně možného posílení vodárenské nádrže na Rakovnicku podzemní vodou z bývalého dolu Tuchlovice (Jaroslav). Studie prověřila vodohospodářské řešení zásobní funkce VN Klíčava pro současné hydrologické podmínky a pro podmínky očekávané klimatické změny ve dvou časových horizontech 2031–2060 a 2071–2100 a potvrdila potřebu posílení nádrže. V další fázi studie byly řešeny technické návrhy na obnovu dnes zrušeného sytému posílení Klíčavy důlní vodou, který existoval v letech 1985 – 2002.

VD Klíčava

Vodní dílo Klíčava bylo vybudováno v letech 1949-1955 na Klíčavě v ř. km. 3,10 s plochou povodí 80,23 km^2. Začátek plnění byl v roce 1952 a v 6/1955 byla nádrž poprvé napuštěna až na max. kótu zásobního prostoru. Kolaudace hráze proběhla roku 1955, kdy bylo vodní dílo kompletně uvedeno do provozu. První odběry vody byly zahájeny již v 5/1952, již v roce 1954 byla voda dodávána až do Kladna. Společně s přehradní hrází byla budována i úpravna vody Klíčava a další potřebná vodohospodářská infrastruktura (výtlačné řady, vodojemy, přivaděče).

Vodní dílo má dle manipulačního řádu v pořadí tyto účely:

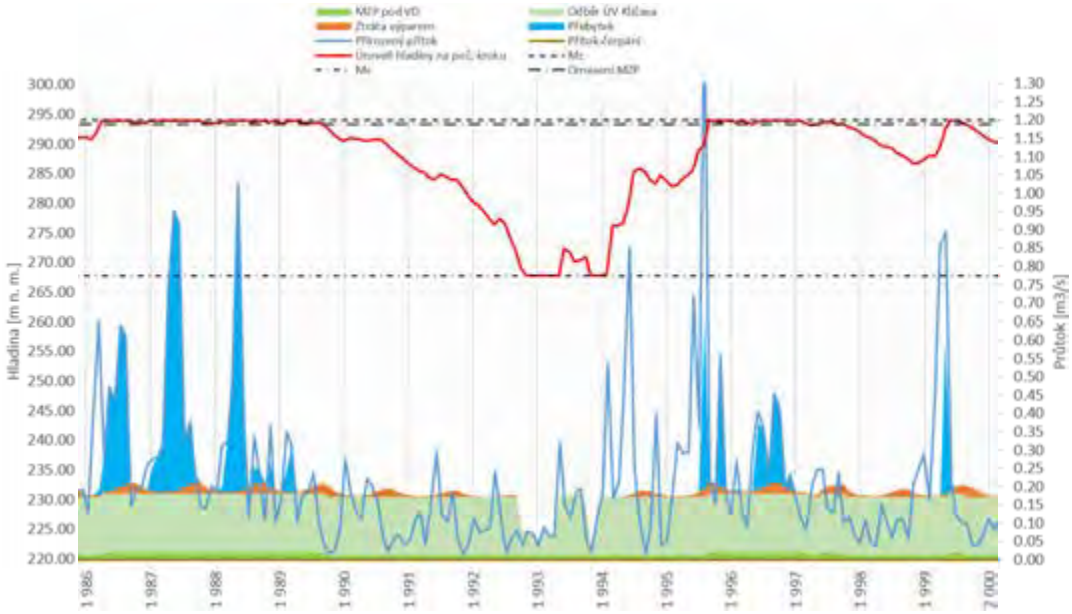
- akumulace vody pro přímý vodárenský odběr,
- zajištění minimálního zůstatkového průtoku v profilu pod hrází,
- manipulace ke zlepšení hygienických podmínek a kvality vody v toku,
- částečné snížení povodňových průtoků vyhrazeným retenčním prostorem v nádrži.

***Obr. 1** – evidované odběry z VD Klíčava 1966-2018, PVL, [4]*

Stávající průměrný roční přítok do nádrže činí 218 l/s a z vyhodnocení historické časové řady má klesající trend. Nádrž má zásobní prostor o objemu 7,860 mil m^3. Návrhová kapacita úpravny byla 200 l/s. V roce 1997 byla zahájena rozsáhlá rekonstrukce úpravny vody, která byla uvedena do provozu opět v roce 2005.

V minulosti byl z nádrže realizován vodárenský odběr v maximu až 180 l/s s výrazným kolísáním hladin v nádrži. V současnosti se odběr pohybuje okolo 80 l/s. Dle platného vodoprávního rozhodnutí je povolen vodárenský odběr v průměru 110 l/s.

Za účelem vyhodnocení vodní nádrže Klíčava ve stávajících hydrologických podmínkách a ve výhledových podmínkách očekávané klimatické změny bylo v rámci [4] zpracováno vodohospodářské řešení zásobní funkce VD Klíčava.



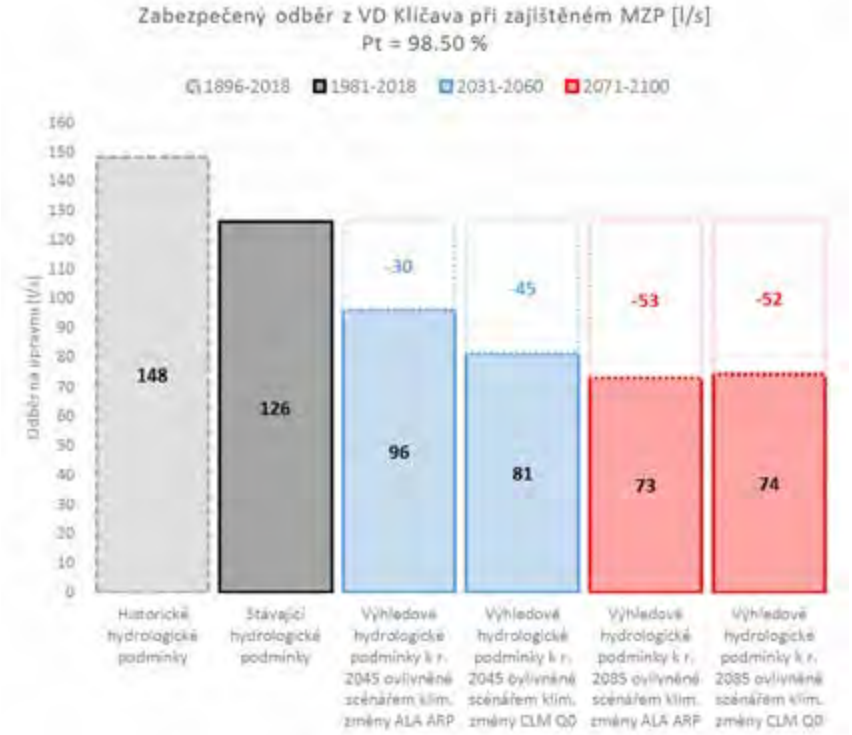
***Obr. 2** – výřez z grafu bilance nádrže Klíčava pro vodné i suché období se znázorněním hladiny v nádrži, přítoků, odtoku, odběru a ztrát a poruchy [4]*

Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka byla zpracována hydrologická studie VD Klíčava [2]. Ve studii byly zkonstruovány časové řady pozorovaných srážek a průtoků pro povodí VD Klíčavy pro období 1896 – 2018. Modelem hydrologické bilance Bilan byly modelovány průtoky pro 2 kalibrační období 1896 – 2018 a 1981 – 2018. Pro řešení studie byly vybrány dva scénáře klimatické změny (ALA_ARP a CLM_Q0) pro období 2031–2060 a 2071–2100. Scénáře klimatické změny projektují pokles srážek v letních měsících a nárůst naopak v měsících zimních, resp. říjnu a listopadu. Nárůst teploty vykazují oba scénáře, nejvíce pak v letním období, resp. v prosinci a lednu u CLM_Q0. Co se týče průtoků, lze počítat se slabým nárůstem do 10 % v měsících leden a únor. Průtok v ostatních měsících vykazuje pokles, v letním období až o 50 % resp. o 70 % při uvážení kalibračního období 1981–2018. Povodí VD Klíčava spadá dle studie (Strnad, et al., 2017) do oblasti ohrožené suchem. Oblast je převážně tvořena krystalinickými horninami, které jsou pokryté kvartérními sedimenty. Tato skladba povodí je obecně citlivá na změnu srážek a teploty (klimatickou změnu), což potvrzují výsledky studie. Vzhledem k víceletému cyklu nádrže Klíčava a požadované zabezpečenosti vodárenských odběrů byl pro spolehlivé řešení zásobní funkce ve spolupráci s doc. Dr. Ing. Pavlem Fošumpaurem sestaven model syntetických řad průměrných měsíčních průtoků o délce 1 000 let [3]. Hodnocení výchozí řady 1896–2018 na přítoku do VD Klíčava prokázalo, že se jedná o relativně stacionární řadu. Přesto bylo

na základě zpracovaných testů a dopadů na VH řešení nádrže Klíčava doporučeno vycházet z reprezentativního období 1981 – 2018, které také na základě praxe ČHMÚ spolehlivě reprezentuje aktuální hydrologické podmínky a podmínky nejbližší budoucnosti. Jako základní pro vodohospodářské řešení nádrže je doporučeno využití sestrojených návrhových syntetických řad, neboť řešení v reálných řadách je zatíženo zejména u víceletého řízení odtoku (vyšší hodnoty nadlepšení) vzrůstající systematickou chybou. Ta se projevuje optimističtějšími výsledky kapacity nádrže.

Výsledky řešení jsou přehledně shrnuty na obr. 3. Pro aktuální hydrologické podmínky byla vyhodnocena kapacita zdroje VD Klíčava pro vodárenský odběr 126 l/s při zajištěném minimálním zůstatkovém průtoku pod hrází dle manipulačního řádu. Pro výhledové období 2031–2060 lze dle provedené prognózy klimatické změny očekávat pokles zabezpečeného vodárenského odběru o 30–45 l/s na hodnotu 81–96 l/s. V tomto období již nebude možné zabezpečit velikost odběru dle dnešního platného povolení (110 l/s). Kapacita zdroje bude dle prognózy na hraně stávajícího realizovaného odběru cca 80 l/s. Pro výhledové období 2071–2100 lze očekávat pokles zabezpečeného vodárenského odběru o cca 53 l/s na 73 l/s. Ani v tomto období již nebude možné zabezpečit velikost odběru dle dnešního platného povolení. Nebude možno zabezpečit ani výši stávajícího realizovaného odběru cca 80 l/s. Je nutno počítat s významným kolísáním hladiny v celém zásobním prostoru nádrže a s tím spojenými důsledky na kvalitu odebírané vody.

Pro pokrytí poklesu přirozených přítoků z povodí vodní nádrže Klíčava, ke kterým dochází v důsledku vlivu klimatické změny, je třeba najít nový zdroj vody.



***Obr. 3** – Souhrn výsledků bilance zásobní funkce VD Klíčava – zabezpečený vodárenský odběr – stav, výhled [4]*

Na základě provedených analýz dopadů klimatické změny je navrženo posílení Klíčavy čerpáním vody v množství 60 l/s. Posílením v tomto množství bude dosaženo zachování aktuálního zabezpečeného odběru kolem 130 l/s, potažmo stávajícího povoleného odběru 110 l/s, i za podmínek predikované klimatické změny. Byla provedena analýza efektivity čerpání. Na základě výsledků a s přihlédnutím k provozním požadavkům bylo navrženo kritérium pro čerpání naplněnost zásobního prostoru < 90%.

Historické posílení vodárenské nádrže důlní vodou z dolu Tuchlovice (Jaroslav)

V této studii bylo posouzeno využití původního systému nadlepšování vodárenské nádrže důlní vodou z poddolované oblasti bývalého dolu Tuchlovice. Tento systém historicky fungoval při hornické činnosti, kde bylo nutné důlní vodu odvádět, aby bylo zajištěno dobývání uhelné sloje. Systém fungoval od roku 1985 až do ukončení v roce 2002.

Při terénním průzkumu bylo zjištěno, že jáma Tuchlovice (Jaroslav) byla v roce 2005 zasypána. Tuto jámu nelze již pro odběr podzemní vody v dolu využít. V jámě bylo ponecháno pouze původní ocelové potrubí pro odběr vzorků a měření nástupu důlní vody při zatápění. Toto ocelové potrubí neumožňuje spuštění čerpací techniky pro kontinuální čerpání a odběr vzorku vody za dynamického stavu. Zároveň došlo k odstranění čerpací stanice u usazovacích nádrží, které čerpalo důlní vodu do Žižkova luhu (u Ploskovské myslivny), kde dále byla voda vedena korytem potoka přes pět malých vodních nádrží až do povodí Lánského potoka, které se vlévá do VN Klíčava. Potrubí do Žižkova luhu by mělo být v zemi stále uložené, čemuž nasvědčují povrchové znaky vodovodu (orientační sloupky, vzdušníkové šachty a kalníky). Vzhledem k stáří vodovodu (materiál lPE a litina) se pro případné znovuobnovení u litinového potrubí DN 300 a 350 předpokládá s její sanací a u plastového potrubí lPE s novým položením potrubí.

Zhodnocení kvality podzemní vody

Jakost podzemních stařinných vod v Kladenské pánvi je sledována sítí monitorovacích objektů z vrtů řad MVDD a jam Jaroslav a Nejedlý I. Z výsledku jakosti podzemních stařinových vod lze usoudit, že v oblasti Kladenské pánve stále dochází vlivem zatápění k vývoji chemického složení vody a její stratifikaci. Vzhledem k nedostatku údajů, nelze tento proces přesně zhodnotit a monitorovat.

Nejbližší důl u vodárenské nádrže, kde je prováděn pravidelný monitoring, je důl Tuchlovice. Z dostupných rozborů je patrné, že kvalita podzemní vody se mění. Dochází ke snížení mineralizace a s tím spojené konduktivitě. U aniontů je pozorovatelné postupné mírné snižování obsahu síranů, které jsou dnes na úrovni cca 250–300 mg/l. U kationtů je pozorovatelný nárůst železa z původních hodnot < 0,2 mg/l na současných cca 10–15 mg/l. Lze se pouze dohadovat, zda je to vlivem ponechání části důlního zařízení či nikoli.

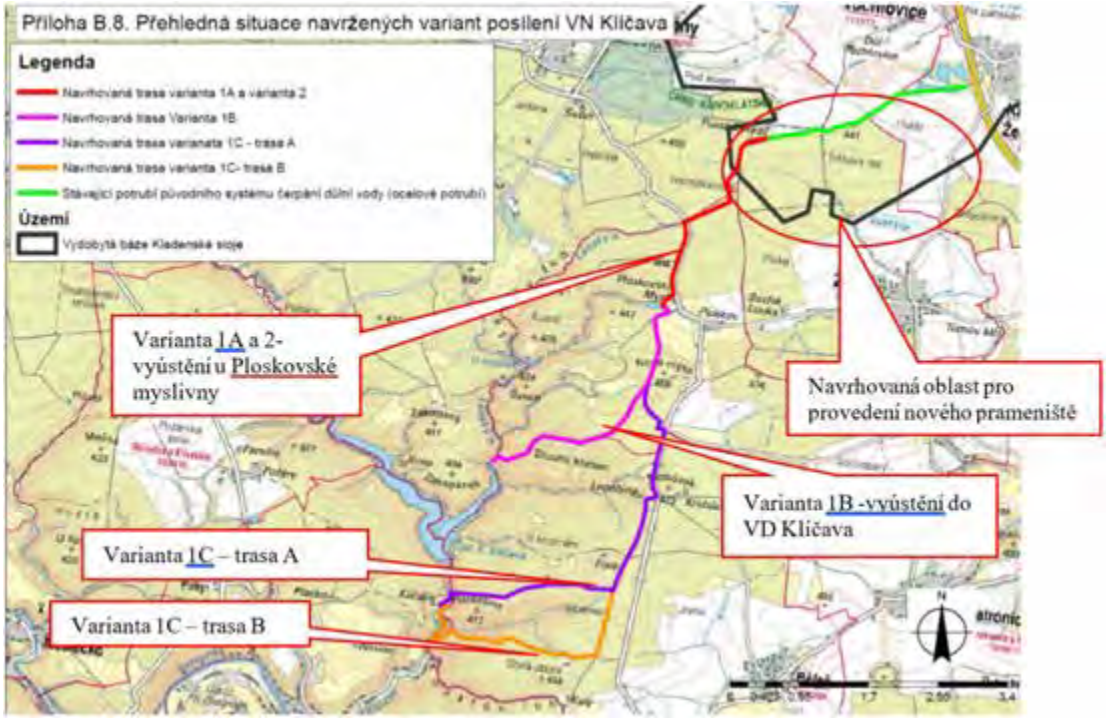
Návrh možných variant posílení vodárenské nádrže Klíčava podzemní vodou

Pro návrh variant je klíčová kvalita podzemní vody. Vzhledem k velké nejistotě ohledně stávajících rozborů podzemní vody z jámy Tuchlovice je nutné provést průzkumné práce ohledně kvality vody. To má velký vliv na návrh variant a následně i na celkové náklady. V rámci této studie bylo uvažováno se stávajícími rozbory i s nejistotami, které jsou uvedené ve zhodnocení kvality podzemní vody.

V studii byly prověřeny následující varianty, které jsou znázorněny na obr. 4.:
Varianta 1A Bez úpravny podzemní vody s vyústěním do Žižkova luhu.
Varianta 1B Bez úpravny podzemní vody s vyústěním do vodárenské nádrže Klíčava
Varianta 1C Bez úpravny podzemní vody s potrubí do ÚV Klíčava
Varianta 2 S úpravnou podzemní vody a vyústěním do Žižkova luhu

Ve všech variantách bylo uvažováno s vybudováním nového prameniště pomocí jímací vrtné soustavy. Vzhledem k nedostatečné vrtné prozkoumanosti v místě uvažovaného prameniště je nutné doplnění průzkumných pracích především pro zjištění vydatnosti, petrografického profilu a kvality vody (nový vzorkovací proces).

Dále bylo ve všech variantách také uvažováno se sanací stávajícího litinového potrubí do Žižkova luhu o dimenzích DN 300 a DN 350 pomocí epoxidace.



Obr. 4 *- Přehledná situace navržených variant posílení VN Klíčava*

Varianta 1A *- Bez úpravny podzemní vody s vyústěním do Žižkova luhu*

V této variantě se předpokládá se zachováním původního systému čerpání podzemní vody do Žižkova luhu s využitím stávajícího potrubí. V situaci, kdy je podzemní voda mísena s vodou povrchovou je nutné vyhodnotit její vliv na stav povrchových vod, kde dle NV č.71/2003 jsou Klíčava i Lánský potok zařazeny do kategorie lososových vod. V předpokládaném místě vyústění Žižkova luhu je koryto potoka často bezvodné. Podzemní voda by tak měla splňovat ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod využívaných pro vodárenské účely, dle přílohy č.3 NV 401/2015 Sb. To nesplňuje u obsahu amoniakálního dusíku, nerozpuštěných látek, síranů, olova, niklu kadmia, železa, manganu, mědi a hodnot pH. Pro toto zhodnocení je ale velmi nízký počet rozborů kvality podzemní vody u některých parametrů, ale i přesto lze konstatovat, že vypouštění podzemní vody bez její úpravy nebude možné z důvodu nedodržení hodnot přípustného znečištění povrchových vod daných platnou legislativou.

Varianta 1B *- Bez úpravny podzemní vody s vyústěním do vodárenské nádrže Klíčava*

V této variantě bylo provedeno posouzení kvality povrchové vody přímo ve vodárenské nádrži Klíčava pro případ přivedení podzemní vody přímo do nádrže. Hodnocení bylo provedeno za těchto předpokladů:

- Podzemní vody budou do nádrže čerpány celoročně v množství 60 l/s.
- Průměrný roční přítok do nádrže klesne v souvislosti se změnou klimatu ze současné udávané hodnoty 213 l/s na hodnotu 131 l/s.

Hodnocení bylo provedeno pomocí směšovací rovnice a výpočtem bylo zjištěno, že i po smísení nebude kvalita povrchové vody splňovat požadavky dané legislativou ve 4 ukazatelích a to Pb, Fe, NL a Cd. Proto i v této variantě patrně nebude možné vypouštění podzemní vody bez její úpravy do vodárenské nádrže.

Varianta 1C *- Bez úpravny podzemní vody s potrubí do ÚV Klíčava*

Z hlediska možností využití podzemní vody z původního dolu Tuchlovice připadá v úvahu pouze možnost přivádět tuto vodu do budovy ÚV Klíčava. Tím nedojde k ovlivnění

povrchového toku. Další možnost je podzemní vodu upravovat a následně ji vypouštět do povrchového toku, tak aby splňovala hodnoty dané platnou legislativu (Varianta 2).

V této variantě bude mít podzemní voda vliv na stávající technologii ÚV Klíčava, a to zejména díky zvýšenému množství obsahu olova v podzemní vodě. Schopnost jeho odstranění stávající technologií nelze zodpovědně odhadnout. Musí se provést modelové zkoušky s reálnou vodou.

V rámci této varianty byla navrhnuta nová trasa potrubí z Žižkova luhu do ÚV Klíčava. Dimenze a materiál potrubí byla navrhnuta podle předpokládané ceny za výstavbu a předpokládaných poplatků za čerpání z prameniště až do ÚV Klíčava za životnost potrubí. Jako nejekonomičtější dimenze byla vypočtena DN 400.

Varianta 2 *- S úpravnou podzemní vody a vyústěním do Žižkova luhu*

Tato varianta navrhuje výstavbu úpravny podzemní vody, tak aby vypouštění podzemní vody splňovalo platnou legislativu. Předúprava podzemní vody by musela řešit snížení těchto ukazatelů na požadované hodnoty (Fe ≤ 0,25 mg/l, NL ≤ 20 mg/l, Pb ø do 1,2 µg/l. Byla navrhnuta dvoustupňová ÚV (sedimentace a filtrace) a pro snížení obsahu olova byla navrhnuta nanofiltrace.

Technologie nanofiltrace má cca 30–35 % spotřebu technologické vody, vzniká koncentrovaný eluát, který se obvykle vypouští zpět do toku. V tomto případě není pro vypouštění eluátu dostatečně vodný tok k dispozici. Proto je nutné počítat i s jeho další úpravou (zakoncentrováním) například koagulací a separací suspenze opět membránovou filtrací (mikrofiltrací).

Závěr

Pro pokrytí poklesu přirozených přítoků z povodí vodárenské nádrže Klíčava, ke kterým dochází v důsledku vlivu klimatické změny, je třeba najít nový zdroj vody. Posílením vodárenské nádrže vodou v množství 60 l/s bude dosaženo zachování aktuálního zabezpečeného odběru kolem 130 l/s, potažmo stávajícího povoleného odběru 110 l/s, i za podmínek predikované klimatické změny.

Jáma Tuchlovice je v současné době zasypána a nelze ji pro odběr podzemní vody využít. Stávající rozbory vody z jámy Tuchlovice jsou prováděny z původního ocelového potrubí, kde může být vliv koroze. Do tohoto potrubí nelze spustit čerpací techniku pro kontinuální čerpání pro odběr vzorku za dynamického stavu. Proto pro vyhodnocení využití podzemní vody z dolu Tuchlovice (Jaroslav) je nutné doplnit průzkumné práce pro návrh jímání vody a (případné) úpravy vody. V případě potvrzení vysokých koncentrací těžkých kovů v podzemní vodě nelze vypouštět tuto vodu do povrchového toku (Varianty 1A a 1B) a je nutné řešit úpravnu podzemní vody (varianta 2) popřípadě případnou separátní technologii v ÚV Klíčava (varianta 1C). Důsledkem je vysoká investiční a provozní náročnost navrženého systému posílení Klíčavy podzemní vodou z Kladenské pánve.

Použitá literatura

[1] Manipulační řád pro vodní dílo Klíčava na Klíčavě, Povodí Vltavy, s.p., Vodohospodářský dispečink Plzeň, prosinec 2010

[2] Hydrologická studie VD Klíčava, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., 04/2019

[3] Model syntetických řad průměrných měsíčních průtoků na přítoku do VD Klíčava, doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur , 05/2019

[4] Studie posílení nádrže Klíčava na Rakovnicku důlní vodou z bývalého dolu Jaroslav, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., 10/2019

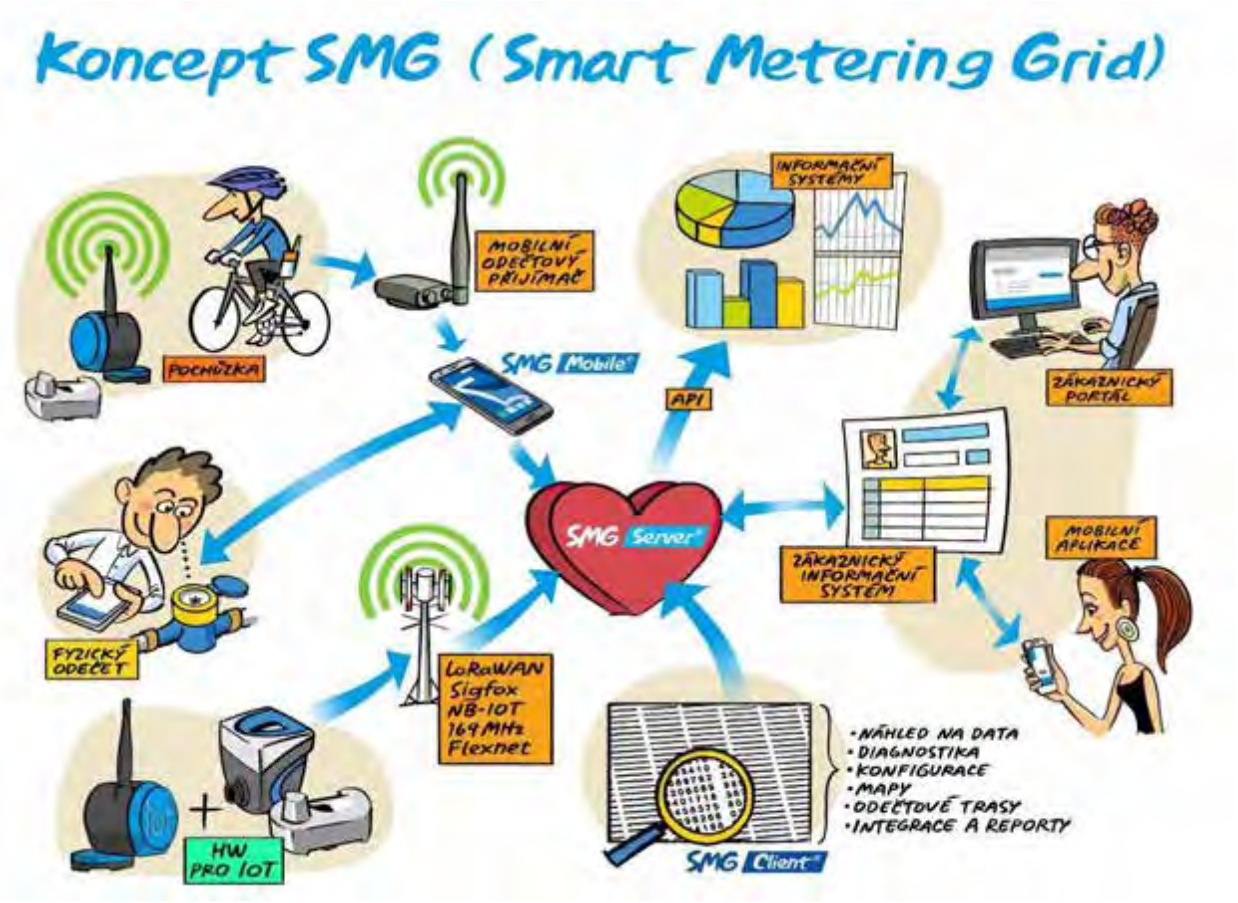
Reálné využití dat z dálkových odečtů a digitalizace procesů ve vodárenství

Ing. Tomáš Klučka, Ing. Pavel Provazník

IoT.water s.r.o.

Moderní přenosové technologie nabízejí oboru vodárenství skvělé možnosti. Téměř celá Česká republika je již pokrytá IoT sítěmi Sigfox, LoRa a NB-IoT. Právě internet věcí (Internet of Things) umožňuje využívat zařízení s velmi nízkou energetickou spotřebou a dlouhou výdrží baterie. Zákazník tak může v reálném čase sledovat v mobilní aplikaci spotřebu vody nebo reagovat na havárii a zabránit tak škodám. Vodárny zase řídí a monitorují svěřený majetek pomocí dispečerských systémů, mohou omezit či předvídat významné havárie, stejně jako efektivně nastavit plán obnovy a ekonomicky optimální rozvoj sítí.

IoT.water řešení – Smart Metering Grid (SMG) – zajišťuje přenos ze všech dostupných systémů měření a z velkého počtu různých typů vodoměrů, včetně využití dostupných bezdrátových IoT sítí a pochůzkových systémů. SMG řešení tedy integruje různé systémy a zajišťuje přenos do interních systémů vodáren. Tato data jsou poté využita pro interní účely, nebo i směrem ke koncovému zákazníkovi.



Obr. 1 *Koncept Smart Metering Grid*

Akvizice dat

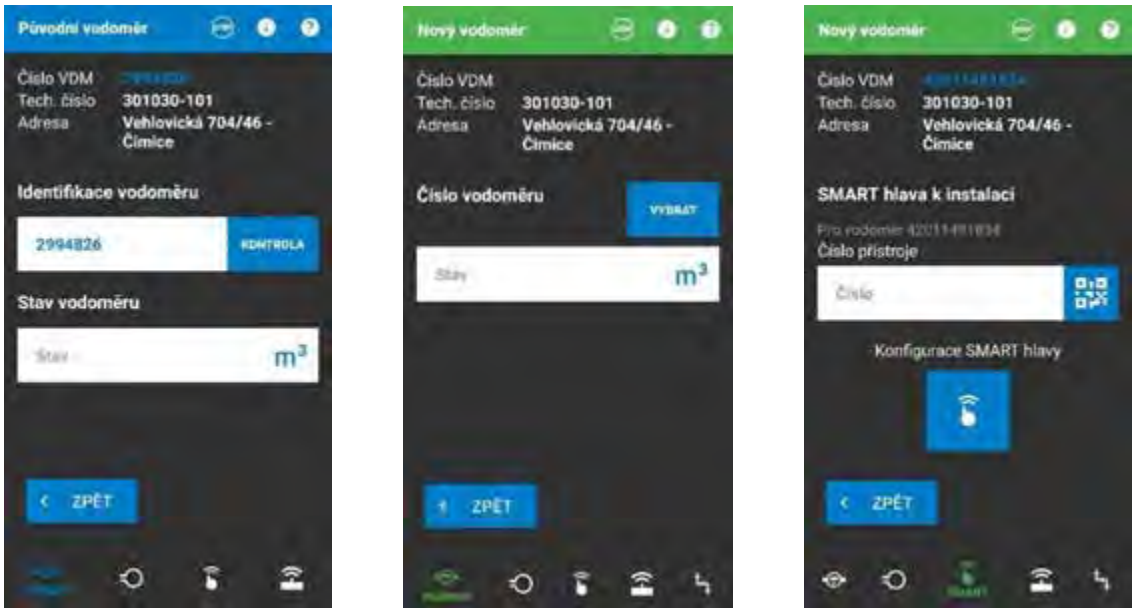
K získání častých a aktuálních dat je vhodné používat přenos dat přes různé IoT sítě (LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT atd.). Odečtová hlava (OH) v takovém případě komunikuje s nejbližšími základnovými stanicemi operátorů. Hlavní výhoda tohoto řešení je dostupnost naměřených dat téměř v reálném čase a možnost efektivního zpracování takového druhu dat.

Další možností dálkového odečítání je využívání pochůzkových systémů, při němž dochází ke sběru dat pomocí zařízení MOP (Mobilní Odečtový Přijímač). Z tohoto zařízení se data přenáší do mobilního telefonu, kde lze průběh odečtové trasy sledovat v aplikaci SMG Mobile. Data je možné na serverové úložiště přenést i při využívání základních manuálních odečtů, a to přímým zadáním údajů do aplikace SMG Mobile, odkud jsou informace poslány přes internet na server.

Řešení SMG je kompatibilní s vodoměry značek Sensus / Itron / Elster a řadou dalších vodoměrů s impulzním výstupem, stejně tak s chytrými vodoměry Kamstrup, Sensus a Itron. Řešení SMG integruje různé odečtové systémy, a to jak na úrovni pochůzkových odečtů (Sensus, Kamstrup, Itron, Elster), tak získává tyto data i z databází těchto dodavatelů (Sensus FlexNet, Softlink CEM, apod.)

Správa a vyhodnocení dat

Mobilní android aplikace SMG Mobile vedle podpory práce v terénu zajišťuje realizaci odečtů, zároveň také instalaci a správu zařízení vzdáleného odečtu. Součástí je i modul pro elektronizaci montážních listů, jehož ukázka je na obrázku 2. Modul je plně propojen se ZIS, kde probíhá příprava dávek pro generování montážních listů, stejně jako generování výzev odběratelům nebo výdej vodoměrů a příslušenství.

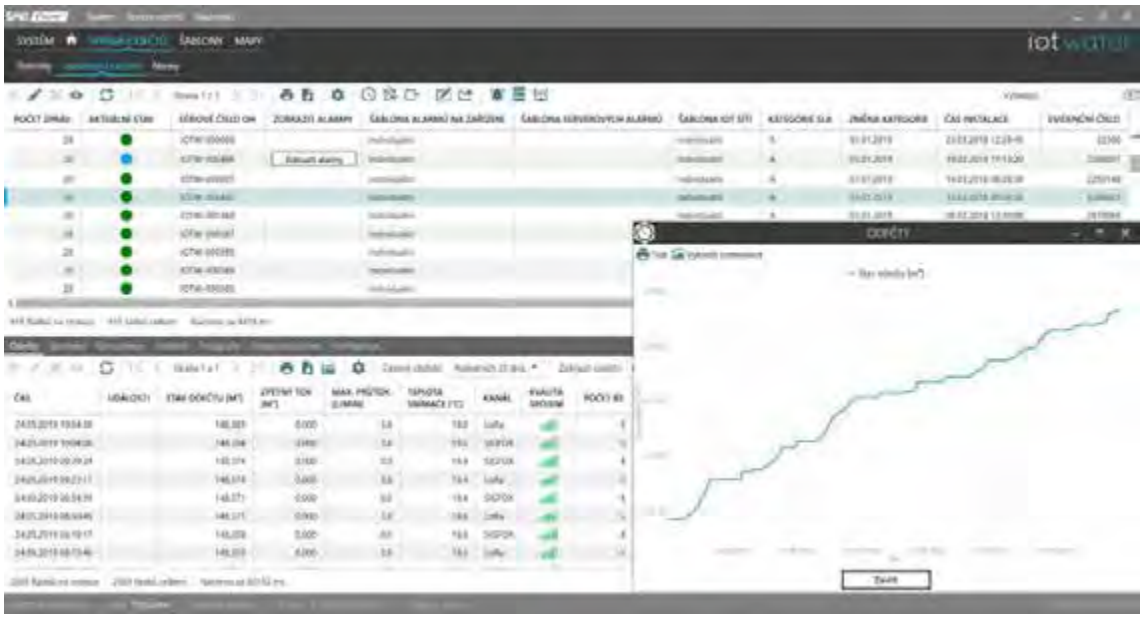


Obr. 2 *Ukázka aplikace Elektronický Montážní List*

V řešení SMG jsou veškerá data ukládána do jednoho bezpečného a konzistentního zdroje (SMG Server), odkud jsou dále centrálně poskytována všem systémům vodárny jako například Zákaznický informační systém (ZIS) nebo dispečink. Ze ZIS lze data zobrazovat i koncovým zákazníkům prostřednictvím zákaznického portálu nebo mobilní aplikace.

Ve Windows aplikaci SMG Client probíhá správa celého SMG systému. V aplikaci jsou zobrazeny jednotlivé odečtové hlavy s detailními informacemi – stav odečtu, alarmové události, kvalita signálu atd. Alarmové události se mohou zobrazovat v těchto případech:

- Trvalý průtok
- Zpětný tok
- Nulová spotřeba
- Vyšší než očekávaná spotřeba
- Nižší než očekávaná spotřeba
- Nízká teplota
- Poškození snímače/kabeláže
- Zatopení snímače
- Odejmutí snímače
- Nekalibrovaný stav
- Nestabilní IoT signál
- Ztráta IoT signálu
- Nízký stav baterie
- Vybitá baterie



Obr. 3 *Správa odečtů v aplikaci SMG Client*

Zákaznický informační systém

Zákaznický informační systém obvykle slouží k evidencí zákazníků a kontaktu s nimi, nicméně může být doplněn o nadstavbu týkající se smart meteringu. V takovém případě funguje ZIS jako hlavní zdroj dat o koncových odběrných místech, k němuž přistupují softwarová řešení dálkových odečtů a naměřená data do něj zapisují prostřednictvím naprogramovaného rozhraní. Příklad takového softwaru je i SMG s jeho ověřeným a úspěšným rozhraním do ZIS od společnosti UTILITES SYSTEMS a.s.

Při úspěšné integraci těchto systémů jsou v ZIS dostupná aktuální data ze všech odečítaných odběrných míst nehledě na způsobu získání dat (IoT sítě, pochůzka, manuální odečty) a to včetně informačních hlášení o neobvyklých stavech, jako například trvalý průtok, nadměrná spotřeba vody nebo nízká teplota. K vyhodnocování těchto informačních hlášení dochází jak na straně SMG, tak v některých případech přímo v ZIS. Aktuální údaje o stavu vodoměru mohou být využity k fakturaci a spolu s informačními hlášeními je lze poskytnout koncovým zákazníkům v rámci služby, která je dostupná buď pomocí zákaznického portálu na internetu, nebo v mobilní aplikaci.

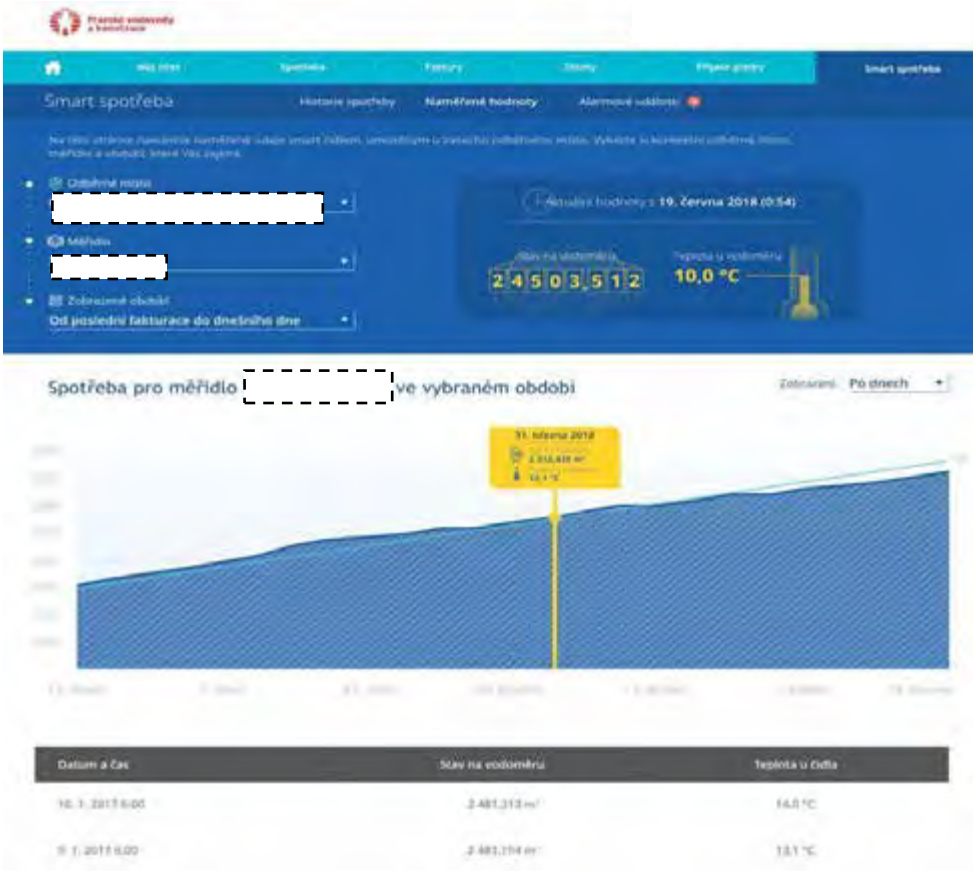
Data z dálkových odečtů je možné využívat i pro další účely, zejména pak:

- Pro fakturační účely – efektivní práce zaměstnanců vodárny
- Pro blokaci rozpočtu odečtů – fakturace dle skutečné spotřeby
- Při výpočtu dohadné položky – přesnější výpočet dohadné položky
- Při výpočtu bilančních oblastí

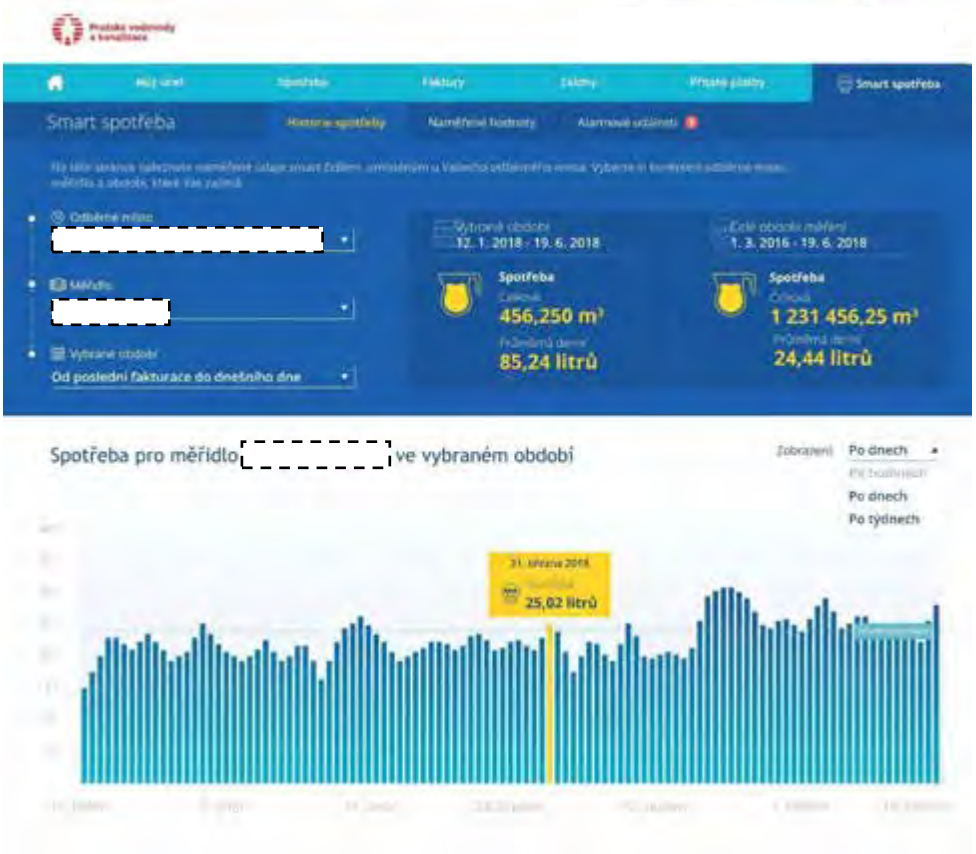
Zákaznický portál a mobilní aplikace

Většina vodáren v ČR již má k dispozici svůj zákaznický portál, případně i mobilní aplikaci pro koncového zákazníka, který zde má různé možnosti. Typicky má přehled o vyúčtováních a zálohách, může si vyřídit vybrané požadavky online jako například změnu nastavení úhrad nebo nahlášení samoodečtu. Najde zde také informace o haváriích a odstávkách vodovodu a nejbližší kontaktní místa dané společnosti.

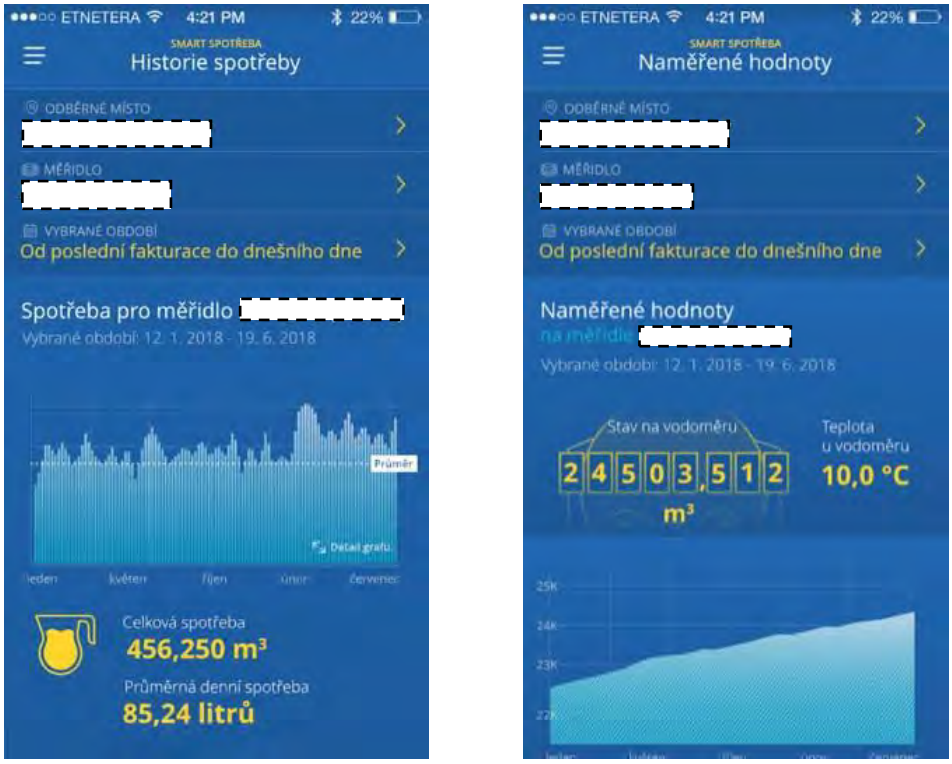
Někteří dodavatelé Zákaznického informačního systému už nabízejí možnost rozšířit zákaznický portál o agendu dálkových odečtů. Níže je uveden jako příklad zákaznický portál Moje Veolia, který vyvinula společnost Veolia pro své vodárenské společnosti v ČR a tohle rozšíření je v něm dostupné. Obsahuje informace o historii své spotřeby, aktuálním stavu odečtu nebo například průměrné denní spotřebě na odběrném místě. Zákazník si zde může nastavovat limitní hodnoty pro jednotlivá informační hlášení, jako například trvalý průtok, nulová spotřeba, nebo vyšší než očekávaná spotřeba. Zobrazování případných upozornění je možné jak v portálu, tak jejich odesílání pomocí SMS nebo e-mailu. Rozšíření o smart agendu je zobrazeno na následujících obrázkách.



Obr. 4 *Ukázka zákaznického portálu Moje Veolia*



Obr. 5 *Ukázka zákaznického portálu Moje Veolia*



Obr. 6 *Ukázka mobilní aplikace Moje Veolia*

Závěrem

Jak systém Smart Metering Grid, jeho spojení se ZIS a následná prezentace dat vůči zákazníkovi jsou spolehlivé moderní nástroje pro provozovatele, kteří mají díky těmto nástrojům možnost efektivněji řídit, spravovat své vodárenské sítě a zlepšovat vztah s odběrateli. Více informací o řešení společnosti IoT.water je k dispozici na webu www.iot-water.eu.

IoT.water je česká společnost, založená v roce 2015, která se zaměřuje na dálkové odečty vody. Za poměrně krátkou dobu na trhu má společnost velkou řadu zkušeností jak s největšími vodárnami v ČR, tak i s malými obcemi.

Optimalizace Čerpacích systémů z pohledu jejich provozních nákladů

doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.; Ing. Filip Horký, Ph.D.;
Ing. Nikola Dvořáčková

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství,
Thákurova7, 166 29 Praha 6,
e-maily: *stastny@fsv.cvut.cz, filip.horky@cvut.cz, nikola.dvorackova@fsv.cvut.cz*

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou posouzení stávajícího stavu vodárenských a bazénových čerpacích systémů se zaměřením na jejich optimalizaci a snížení provozních nákladů. Správný návrh a následné ověřování stávajícího stavu čerpacích systémů z technických a ekonomických a bezpečnostních hledisek je totiž velmi důležité pro jejich správné a ekonomicky hospodárné provozování. Na základě získaných výsledků jsou provedeny závěry a dána doporučení.

Key words: pump, suction and discharge pipe, measurement, efficiency optimization

1. ÚVOD

V současnosti je celosvětově ve společnosti všeobecná snaha co nejvíce omezit negativní vliv na životní prostředí. Toho lze docílit úsporou energie na provoz jednotlivých čerpacích systémů, včetně vodárenských a bazénových provozů. Na Katedře zdravotního a ekologického inženýrství FSv ČVUT v Praze se dlouhodobě zabýváme optimálním návrhem vodárenských a balneotechnických provozů s cílem zvýšení jejich bezpečnosti a zároveň s cílem nalézt úsporná opatření vedoucí ke snižování provozních nákladů a omezení emisní stopy, kterou zanechávají tyto provozy. Snížení provozních nákladů lze docílit několika způsoby. Jedním z těchto způsobů je optimalizace čerpacích systémů, kdy největší vliv na provozní náklady mají především čerpadla.

2. ČERPACÍ SYSTÉM

Čerpací systém se obecně skládá ze sacího potrubí, čerpadla, výtlačného potrubí a systému řízení. Celý systém by měl být navržen tak, aby splňoval požadavky, pro které je určen, tedy aby v předepsaném čase přepravil předepsané množství vody z bodu A do bodu B, a to za minimálních finančních nákladů. Nejprve by mělo být vhodně navrženo sací a výtlačné potrubí z hlediska bezpečnosti a hydraulických ztrát a teprve potom navrženo čerpadlo, které bude mít pro daný systém a jeho provozní podmínky pracovní bod na vrcholu křivky účinnosti. Nejistotu při návrhu čerpadel tvoří provozní podmínky, které se mohou měnit jak v dlouhodobém horizontu, či mohou krátkodobě oscilovat. V dlouhodobém horizontu dochází ke zvyšování dopravní výšky vlivem poklesu hladiny podzemní vody u podzemních zdrojů či změny drsnosti potrubí a stárnutí čerpadla, v krátkodobém horizontu dochází například ke kolísání dopravní výšky s ohledem na stav hladiny ve vodojemu či zvyšování hydraulických ztrát na filtru. Ideální stav je provozní podmínky dlouhodobě monitorovat se stálým osazením měřicí techniky, případně alespoň umožnit krátkodobé měrné kampaně přípravou měrných míst a v pravidelných intervalech čerpací systémy proměřovat.

3. POSOUZENÍ ČERPACÍCH SYSTÉMŮ

Celkové hodnocení každého čerpacího systému by vždy mělo být komplexní a zahrnovat především následující dílčí posouzení:

- posouzení technického stavu čerpacího systému a prostředí strojoven
- posouzení průtočných poměrů a rychlostí proudění v potrubí (ČSN 75 5301)
- posouzení hydraulických ztrát v potrubí (zapojení čerpadel, místní ztráty)
- posouzení pracovního bodu čerpadel a jejich účinnost (ČSN EN ISO 14414)
- posouzení bezpečnosti provozu celého systému (ČSN EN 13451 a ČSN 15288)

Posouzení technického stavu čerpacího systému a prostředí strojoven

Posouzení technického stavu čerpacího systému je provedeno na základě vizuální kontroly jeho jednotlivých částí. Sledovány je jednak koroze kovových prvků systému a to včetně podpor potrubí. Dále jsou sledovány případné netěsnosti systému. Posouzení prostředí strojoven je provedeno jednak z pohledu strojního vybavení, kdy je sledována především teplota a vlhkost vzduchu ve strojovně a dále z pohledu obsluhy, kdy je sledována především hlučnost ve strojovně.

Obr. 1 *Degradace zdiva a koroze kovových prvků ve strojovně v důsledku vlhkosti.*

Posouzení sacího a výtlačného potrubí

První částí posouzení čerpacího systému je posouzení trubního vedení, tedy sací a výtlačné části. Hodnoceno je jednak směrové vedení potrubí se zakreslením jednotlivých délek a profilů potrubí (DN) a také použití a umístění trubních tvarovek na potrubí. U směrového vedení potrubí se vyhodnocují počty zbytečných lomů na potrubí a použití příslušných tvarovek pro změnu směru z pohledu hydraulických místních ztrát. V případě paralelního zapojení čerpadel je také hodnoceno, jakým způsobem jsou jednotlivá výtlačná potrubí spojena v jedno navazující potrubí. Tvarovky trubních systémů zpravidla umožňují tři způsoby spojení. V prvním případě je použit T-kus s úhlem 90°, který je zapojen tak, že přitékající proudy vody od jednotlivých čerpadel jsou vzájemně protisměrně sráženy. Dle experimentálního hodnocení se jedná o nejhorší možný způsob spojení dvou potrubí z hlediska hydraulických místních ztrát. Druhým způsobem je zaústění prvního proudu do druhého pod úhlem 90° a třetím způsobem je zaústění prvního proudu do druhého pod úhlem 45°.

Hydraulické místní ztráty jsou zpravidla posuzovány samostatně pro všechny prvky, které jsou osazeny na čerpacím systému. V balneotechnice se jedná např. o filtr, tepelný výměník, ÚV lampy,…atd. Na základě změřených průtoků v potrubí a znalosti jeho vnitřního profilu jsou dopočítávány rychlosti proudění vody v jednotlivých částech systému a porovnány s doporučenými hodnotami z ČSN 75 5301 (Vodárenské čerpací stanice). Na každém čerpacím systému by měl být trvale osazen průtokoměr pro možnost

sledování množství čerpané vody. Zpravidla je použit magneto-indukční průtokoměr, jehož funkce je při hodnocení ověřována pomocí příložného ultrazvukového průtokoměru.

Posouzení provozních charakteristik čerpadel

Při vyhodnocování provozních charakteristik čerpadel jsou měřeny přetlaky v potrubí před a za čerpadlem. Současně je měřen průtok čerpacím systémem a příkon čerpadla. Z výsledků jsou vyhodnoceny jednak pracovní body čerpání pro dlouhodobé nastavení systému, ale také Q-H křivky čerpadel, na jejichž základě je dopočítán výkon čerpadel, který je následně porovnán se změřeným příkonem čerpadel. Výsledkem jsou křivky účinnosti pro jednotlivá čerpadla. Q-H křivky a křivky účinnosti jsou porovnávány také s příslušnými křivkami, které jsou poskytnuté výrobci čerpadel. V rámci hodnocení čerpadel je také prováděno ověření funkčnosti čerpacího systému z hlediska požadovaných tlakových a průtočných poměrů.

Posouzení bezpečnosti provozu celého systému (ČSN EN 13451 a ČSN 15288)

Posouzení bezpečnosti provozu čerpacích systémů je prováděno především v balneotechnických provozech, kdy je nutné zajistit bezpečnost návštěvníků těchto provozů. Jde především o ověření rychlosti proudění vody na sacích a vtokových tryskách, ověření podtlaků a sacích sil na sacích tryskách, ověření celkových rozměrů sacích trysek a jednotlivých otvorů v nich z hlediska zachycení částí lidského těla a v neposlední řadě ověření způsobu zapojení sacích trysek.

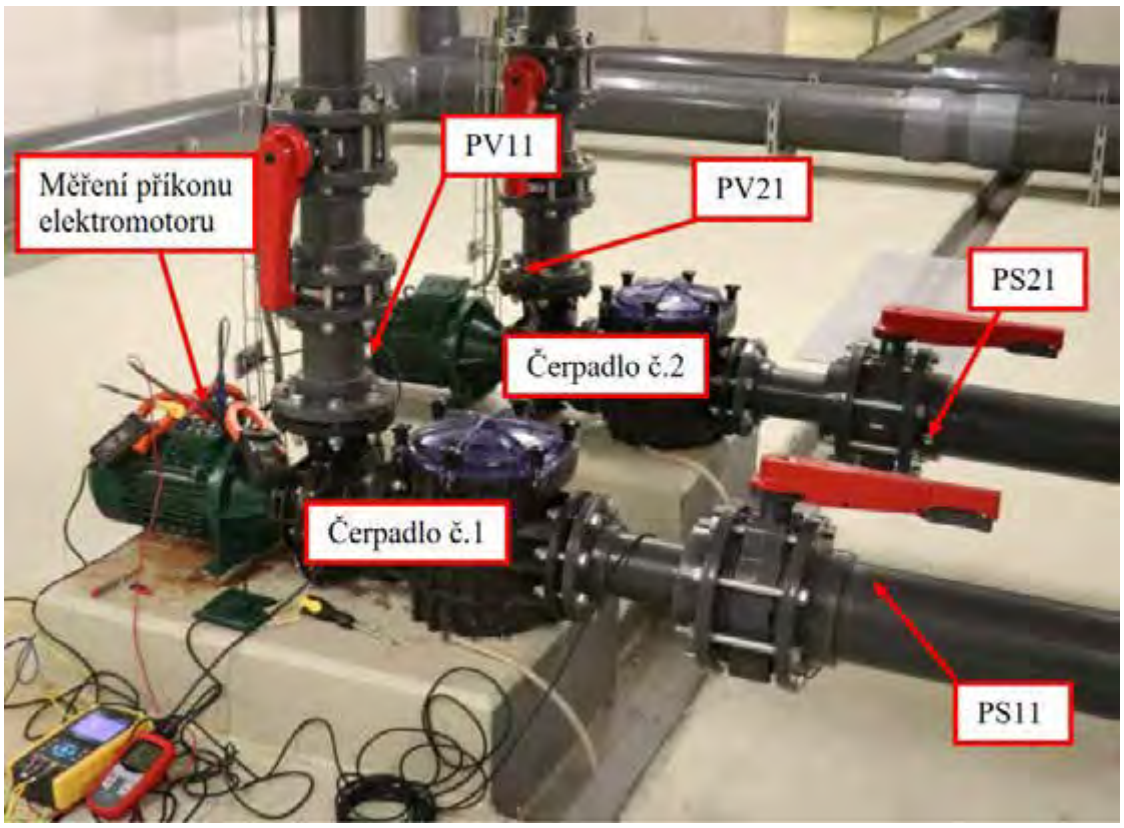
4. ZÁKLADNÍ MĚŘICÍ TECHNIKA

Pro hodnocení čerpacích systémů je používána následující měřicí technika:

- příložný ultrazvukový průtokoměr TTFM100-HH-NG,
- anemometr GREISINGER GMH 3350,
- tlakoměr GREISINGER GMH 5155 a snímače tlaku MSD 10 BRE a MSD -1/3 BRE,
- souprava pro měření podtlaků na sacích tryskách,
- třífázový analyzátor výkonu Lutron DW-6092,
- laserový dálkoměr či nivelační přístroj,
- přístroj pro měření parametrů prostředí strojoven (vlhkoměr, luxmetr, hlukoměr, teploměr),
- laserový teploměr,
- siloměr, snímač otáček a snímač tloušťky laku,
- videokamera (časosběrná či rychloběžná), fotoaparát,
- …

5. PŘÍKLAD POSOUZENÍ PARALELNĚ ZAPOJENÝCH ČERPADEL

Optimální návrh čerpacího systému je závislý především na správném návrhu čerpacích jednotek. Uvedený příklad se týká posouzení provozních parametrů stávajících paralelně zapojených čerpadel. Jednalo se o dvě čerpadla stejného typu. Pro vyhodnocení Q-H křivek čerpadel byl u každého čerpadla současně měřen tlak vody na sání čerpadel (sondy PS11 a PS21) a tlak na výtlaku čerpadel (sondy PV11 a PV21), viz obr. 2. Výškový rozdíl mezi umístěním sondy PV a PS byl u obou čerpadel 0,28m.

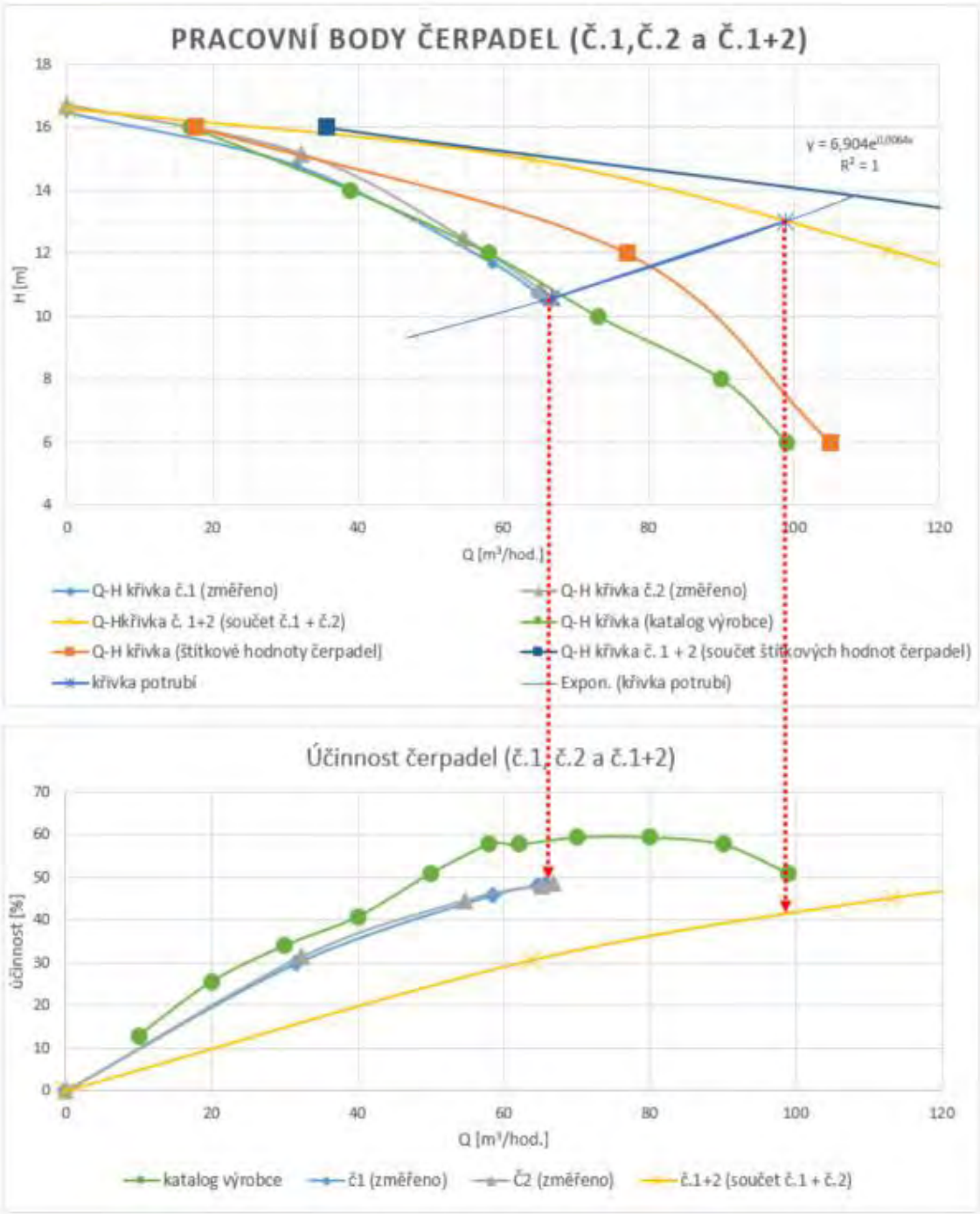


Obr. 2 *Zapojení měřicí techniky pro vyhodnocení charakteristik čerpadel.*

Pro vyhodnocení křivky celkové účinnosti čerpadel byl současně měřen také příkon elektromotorů čerpadel. Výkon hydraulické části byl vypočten pomocí vzorce P=ρ.g.Q.H [W]. Jednotlivá čerpadla byla měřena samostatně. Průtok byl vždy regulován pomocí uzavírací klapky na výtlačném potrubí jednotlivých čerpadel. Výsledné Q-H křivky a křivky účinnosti čerpadel z měření byly porovnány jednak s hodnotami uvedených na štítku čerpadel, ale také s hodnotami uvedenými v katalogovém listu výrobce čerpadel. V obou případech se jednalo o čerpadlo s označením F GIANT-N 17 od výrobce Bombas PSH. Vyhodnocené hodnoty jsou uvedeny v tabulce na obr. 3.

čerpadlo č.1					čerpadlo č.2				
Q	H	výkon	příkon	účinnost	Q	H	výkon	příkon	účinnost
m^3/hod	m	kW	kW	%	m^3/hod	m	kW	kW	%
65,66	10,52	1,876	3,886	48,3	66,80	10,59	1,922	3,942	48,7
64,54	10,73	1,881	3,917	48,0	65,11	10,86	1,921	3,987	48,2
58,54	11,68	1,857	4,047	45,9	54,62	12,48	1,852	4,160	44,5
31,47	14,79	1,264	4,242	29,8	32,30	15,16	1,330	4,238	31,4
0,00	16,48	0,000	4,055	0,0	0,00	16,71	0,000	3,881	0,0

Obr. 3 *Tabulka vyhodnocených Q-H křivek a křivek celkové účinnosti (hydraulická část + elektromotor) čerpadel č.1 a č.2.*



Obr. 4 *Vyhodnocení Q-H křivek čerpadel a jejich účinností.*

V grafu na obr. 4 jsou vyneseny křivky celkové účinnosti čerpadel (hydraulická část + elektromotor) získaných na základě měřených dat. Dále je zde vynesena křivka účinnosti čerpadla, která je uvedena v katalogovém listu čerpadla. Výrobce podrobněji neuvádí, co znamená parametr P1. Dle obvyklého značení byl parametr P1 uvažován jako celkový příkon čerpadla (hydraulická část + elektromotor), U křivek účinnosti zpravidla výrobci čerpadel udávají účinnost hydraulické části. S ohledem na tyto fakta bylo provedeno sjednocení křivek účinností, aby je bylo možné porovnat. Dle štítků čerpadel je použit elektromotor třídy IE2 (zvýšená účinnost), kde pro daný výkon motoru odpovídá účinnost cca 85%. Jednotlivé křivky účinnosti vynesené v grafu představují celkovou účinnost čerpadla (hydraulická část + elektromotor). Z uvedeného grafu je patrné, že hodnoty

účinnosti uvedené v katalogovém listu výrobce čerpadel neodpovídají hodnotám účinnosti čerpadel získaných na základě naměřených dat. Dále je z grafu patrné, že při samostatném chodu jednoho čerpadla je recirkulační průtok cca 66,5 m^3/hod. s celkovou účinností čerpání cca 48,3%. Při souběhu obou čerpadel je recirkulační průtok cca 98,6 m^3/hod. s celkovou účinností čerpání cca 41,1%.

6. ZÁVĚR

S ohledem na výsledky a zkušenosti z jednotlivých měření v praxi lze konstatovat, že podrobné vyhodnocení stavu a funkčnosti čerpacích systémů není dobré podceňovat. V mnoha řešených případech byla pro daný systém navržena čerpadla s velmi nízkou účinností nebo u vhodně navržených čerpadel došlo vlivem jejich stárnutí ke snížení jejich účinnosti. Výměna těchto čerpadel nebyla původně provozovateli plánována, ale po zjištění tohoto stavu na základě výsledků provedených měření byla jednotlivá čerpadla vyměněna. Obecně je vhodné nejprve posoudit stávající provozní podmínky, vyhodnotit funkčnost a účinnost celého stávajícího systému a jeho jednotlivých částí a poté přistoupit k návrhu jednotlivých opatření pro snížení provozních nákladů. Po realizaci jednotlivých opatření je pak vhodné opět ověřit jejich vliv na funkčnost a účinnost celého systému a toto provádět v pravidelných intervalech tak, aby byla trvale zajištěna jejich bezpečnost a efektivnost provozních nákladů. Za tímto účelem doporučujeme, aby již v samotném návrhu systému bylo počítáno s místy pro osazení měřicích sond.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován s podporou projektu SGS19/152/OHK1/3T/11 a projektu ID CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_040/0000377.

Opatření provedená k zajištění dodávky surové vody z Vranovské nádrže pro období nízké hladiny v nádrži

Ing. Zdeňka Jedličková, pan Jan Coufal

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., Soběšická 820/156, PSČ 638 01, Brno

---

Na řece Dyji byla v letech 1930 - 1934 vybudována nádrž Vranov. V roce 1977 započala výstavba ÚV Štítary. V roce 1982 bylo zahájeno čerpání surové vody z víceúčelové nádrže Vranov na první technologickou linku úpravny vody. Druhá část technologické linky byla zprovozněna v roce 1984. Vyrobenou vodou je zásobeno cca 100 tisíc obyvatel. K čerpání surové vody je využíván plovoucí objekt, k němuž jsou nainstalována ponorná čerpadla.

Při déletrvajícím poklesu hladiny vody v nádrži v roce 2017 vyvstal problém s případnou opravou čerpadel. Původní jeřáb, který byl pevně osazen na břehu nádrže a sloužil ke spuštění plavidla na hladinu, měl při obnažení břehů nedostatečnou délku ramene. Rovněž bylo potřeba dokončit provizorní úpravu bočního stabilizujícího ramene plovoucího objektu a prověřit stav dna nádrže pod pontonem.

Společností Povodí Moravy, státní podnik jsou pro nádrž Vranov uváděny následující údaje:

Hladiny v nádrži Vranov	kóta	objem vody k dané hladině
	m.n.m.	mil. m^3
Maximální hladina	351,45	132,622
Hladina ovladatelného prostoru (kóta přelivu nádrže)	350,1	122,655
Hladina zásobního prostoru	348,45	111,508
Hladina stálého nadržení (18,65 m pod přelivem nádrže)	331,45	31,84

Každý den společnost Povodí Moravy, státní podnik provádí odečet stavu hladiny vody v nádrži Vranov. V letech 2017, 2018 bylo zaznamenáno období s nejdéle trvajícím nízkým stavem hladiny vody v nádrži způsobeným abnormálně nízkým úhrnem srážek v povodí nádrže.

Plovoucí plošina

Čerpací stanice surové vody je umístěna na plovoucím objektu o hmotnosti cca 152 t. Tento objekt je tvořen třemi ocelovými plováky. Každý plovák je rozdělen na osm sekcí se vzduchovou výplní. Plováky jsou mezi sebou propojené příhradovou konstrukcí, na které je umístěna pochůzná plošina. Plovoucí objekt je s břehem nádrže propojen ocelovou lávkou a příčným stabilizujícím ramenem. Plovoucí plošina je s lávkou spojena přes křížový kloub, dovolující pohyb ve dvou rovinách. Ocelová lávka je s břehem spojena dvěma klouby, dovolující pohyb v jedné rovině, umožňující plošině kopírovat kolísání vodní hladiny.

Úprava kotevního bloku

Při nižší hladině vody v nádrži se projevil, již v minulých letech, problém s rozsahem pohybu bočního stabilizujícího ramene (obr. 1). Toto rameno je osazeno ke kotvícímu bloku na břehu nádrže. Při zaklesnutí hladiny vody v nádrži hrozilo mechanické poškození příčného stabilizujícího ramene, a to z důvodu opření ramene o kotevní stěnu (obr. 2). Z tohoto důvodu byla provedena provizorní a po té následná úprava kotevního bloku (obr. 3). Oprava spočívala v provedení výřezu části kotevní stěny.

Obr. 1 *Plovoucí ponton s ocelovou lávkou a bočním stabilizujícím ramenem.*

Obr. 2 *Původní provedení kotevního bloku.*

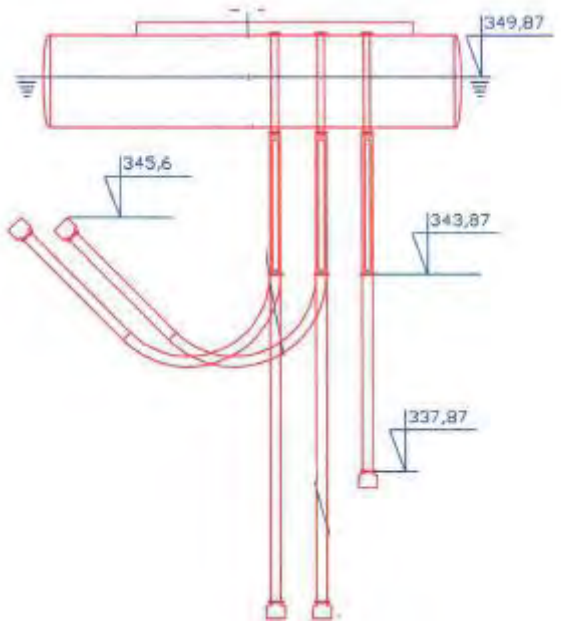
Obr. 3 *Provizorní úprava stěny kotevního bloku.*

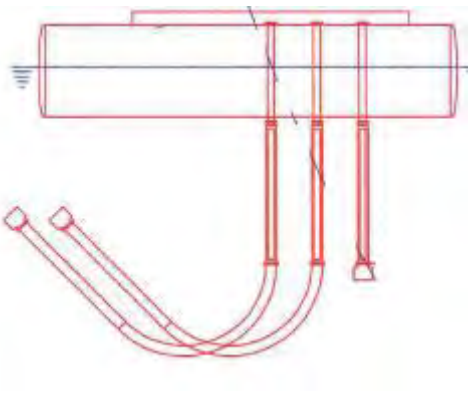
Obr. 4 *Dokončení úpravy stěny kotevního bloku.*

Způsob čerpání surové vody

Pod plovoucí plošinu je instalováno šest ponorných čerpadel o výtlačné výšce 144 m a výkonu 60 l/s. Každé ponorné čerpadlo s elektromotorem je uloženo v nerezovém pouzdře jako jeden souvislý celek o délce 3m. Sání čtyř čerpadel je tvořeno pružným, 10m dlouhým plastovým potrubím o profilu 150 mm, na jehož konci je umístěn vtokový koš. Na vtokovém koši je připevněn tenzometr, určený pro měření hloubky ponoření daného sacího koše a nerezové lanko s navijákem, sloužící ke změně horizontu sání čerpadla. Takto provedené sání umožňuje regulovat odběrný horizont v rozmezí 3 až 16 m. Ke dvěma ponorným čerpadlům je umístěno pevné sací potrubí o délce 6 m.

Z důvodu dlouhodobě nízké hladiny vody v nádrži bylo v červnu 2018 provedeno prověření zaměření dna nádrže pod plovoucím pontonem. Měření bylo provedeno sonarem. Při měření byl v místech pod pontonem, zjištěn nános bahna o mocnosti 2 až 3 m. Na základě zjištěných skutečností bylo rozhodnuto, že v případě výrazného poklesu hladiny vody v nádrži bude provedena úprava osazení sacího koše u dvou ponorných čerpadel, a to odstranění pevného sací potrubí tak, aby bylo možné sací koš osadit přímo k čerpadlu (obr. 5, 6).





Obr. 6 *Osazení sacího koše při zakleslé hladině vody v nádrži*

Obr. 5 *Osazení sacího koše při běžném provozu*

Výměna výtlačného potrubí a manipulačního jeřábu

Se suchem a s tím souvisejícím poklesem hladiny vody v nádrži a obnaženým břehem se objevil další problém, a to krátké rameno manipulačního jeřábu osazeného na břehu nádrže. Jeřáb je používán při uložení pracovní lodě na hladinu, především při opravách čerpadel. U původního jeřábu, osazeného roku 1980, se ukázala délka ramene (6 m) jako nedostatečná. Při poklesu hladiny vody o cca 9 m pod maximální hladinu zásobního prostoru nádrže, nebyli pracovníci schopni spustit motorový člun na vodní hladinu. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o osazení nového jeřábu s délkou ramene 10m.

V rámci plánu obnovy majetku bylo potřebné provést výměnu cca čtyřicet let starého zdvojeného ocelového potrubí o délce 106 m a profilu 500 mm. Jedná se o výtlačné potrubí uložené na konzolách umístěných v nepřístupném terénu se sklonem 44°, ve svahu nádrže Vranov.

V listopadu roku 2018 byla provedena výměna první větve výtlačného potrubí. Po provedení demontáže potrubí na 6 m segmenty a navaření úchytů na vlečná lana, bylo staré potrubí o váze jednotlivých segmentů cca 800 kg za použití helikoptéry o nosnosti 1,2 t, uloženo na louky nad údolím Vranovské nádrže. Další den bylo nové potrubí, rovněž o délce 6 m, letecky dopravováno na místo původního uložení.

Výměna druhé větve potrubí a manipulačního jeřábu byla provedena v listopadu 2019. K přeletům byla využita helikoptéra o nosnosti 4 t. Tentokrát bylo přeloženo potrubí o délce 12 m. Před přelety, byly na úpravně vody provedeny přípravné práce spočívající v navaření úchytů na nový jeřáb a na potrubí tak, aby bylo vše v požadované poloze potřebné k osazení na určená místa. Z tohoto důvodu byl na ÚV dovezen vysokozdvižný jeřáb, aby bylo odzkoušeno, zda jsou úchyty správně navařeny, např. zda stojná noha přepravovaného jeřábu je opravdu ve svislé poloze, zda nedochází k vychýlení.

Výměna potrubí a osazení jeřábu bylo dvakrát odloženo. První odklad byl z důvodu poruchy helikoptéry, druhý odklad způsobila nepřízeň počasí. Výměna potrubí byla nakonec uskutečněna dne 6.11.2019, a to bez tzv. prázdných přeletů, během dvou hodin.

Během další půlhodiny došlo k přepravě a osazení nového jeřábu o váze cca 3800 kg. Nově instalovaný jeřáb disponuje délkou ramene 10 m.

Obr. 7 *Pohled na leteckou přepravu potrubí* ***Obr. 8*** *Pohled na nově osazený jeřáb a výtlačné potrubí*

Závěr

Provedenými pracemi se podařilo majiteli spolu s provozovatelem vodního díla – úpravny vody Štítary, snížit problémy s nemožností čerpání surové vody, vzniklé při nízkém stavu hladiny vody v nádrži Vranov. Provedené úpravy jsou dočasného charakteru a neznamenají ani možnost využití celého potenciálu zásobního prostoru VD Vranov. K maximálnímu využívání potenciálu zásobního prostoru VD, z důvodu nestability počasí (delší období sucha vedoucí k zaklesnutí hladiny vody v nádrži) a rovněž z důvodu využívání nádrže pro rekreaci a lodní dopravu se uvažuje o provedení nového odběrného objektu, tzv. odběrné věže.

Použitá literatura

1. Povodí Moravy, s.p. – data stavů hladiny v nádrži Vranov za období 2015 – 2019
2. Internetové stránky Povodí Moravy, s.p.
3. Fotodokumentace VAS, divize Třebíč
4. Projektová dokumentace VAS, divize Třebíč

Práce na modelu vodovodní sítě aneb je možné projektovat vodárenskou infrastrukturu snadněji?

Ing. Lubomír Macek, CSc., MBA

Aquion, s.r.o., Osadní 324/12a, 170 00 Praha 7, *lubomir.macek@aquion.cz*, 00420 283 872 265

Abstrakt

Příspěvek se zabývá projektování vodovodních sítí včetně domovních přípojek pomocí modelu vodovodní sítě. Projektantovi to přináší rychlejší postup, přesnější práci s minimem formálních chyb a větší pohodlí. Práce na modelu kombinuje několik dílčích modelů: podrobný topologický model vodovodní sítě, digitální model terénu a polygonový uzavřený model pozemků. Tato kombinace umožňuje projektantovi rychleji a snadněji projektovat. Oproti modelům pro hydraulické výpočty je model projekční mnohem podrobnější. Na závěr práce umožňuje projektantovi rychle vytvořit projektovou dokumentaci – různé typy situací, podélné a příčné řezy, výkaz výměr zemních prací a opravy komunikace a další.

Úvod

Jako projektant inženýrských sítí se zabývám tím, jak si usnadnit práci při jejich projektování. Ideálním je stav, kdy práce na projektu mohou probíhat současně editací v situaci a v podélném profilu, při práci pracujeme s digitálním terénem stávajícího anebo zároveň nového povrchu terénu. Přidáme-li do projektu uzavřené polygony jednotlivých pozemků, dostáváme nástroj, který umožní rychle a efektivně pracovat. Jakmile je vytvořen detailní model, můžeme velmi rychle vytvořit potřebnou výkresovou dokumentaci – především situace a podélné profily. Dále je možné exportovat seznamy dotčených pozemků nebo výkazy výměr Zemních prací.

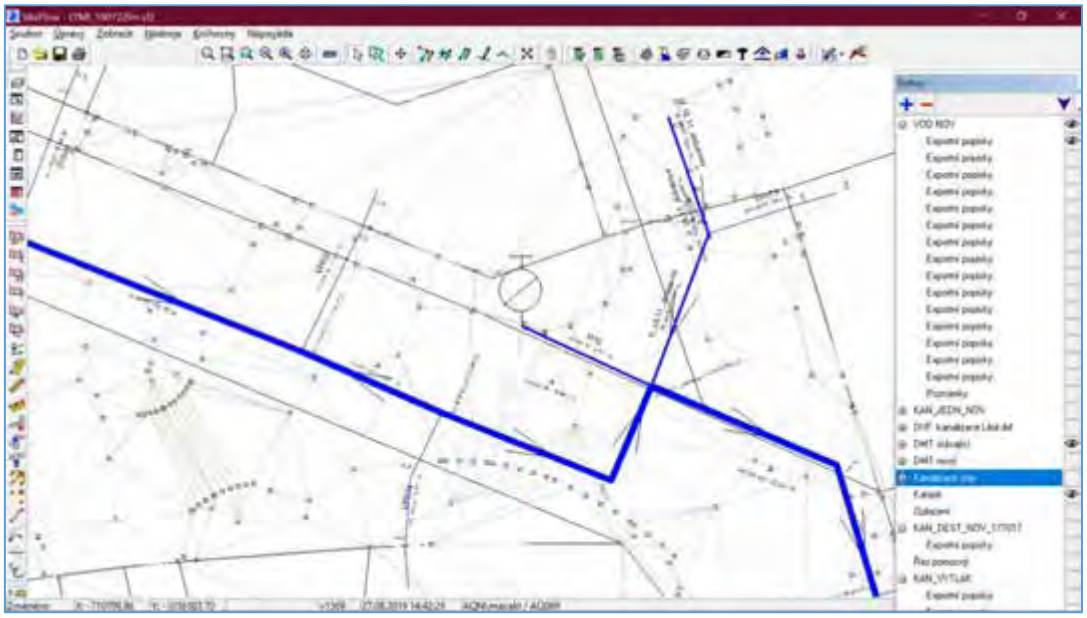
Jako výměnný formát pro vstup i výstup do modelu slouží formát DXF. Topologický model sítě lze vytvořit z vektorového výkresu ve formátu DXF nebo datovým importem modelu ve formát xls. Pro digitální model terénu slouží formát TIN. Export situací, podélných a příčných profilů probíhá ve formátu DXF.

Podrobnost projekčního modelu a postup práce

Při vytváření projekčního modelu je důležité, na rozdíl od modelu pro simulaci proudění, do modelu zanést všechny potřebné detaily, jako jsou uzávěry, hydranty apod., které nemusí být pro hydraulické simulace podstatné. Poté vytváříme digitální model terénu, podle potřeby modelů terénu může být více. Dále přidáváme model pozemků, který je tvořen uzavřenými polygony okolo pozemků a číslem parcely uvnitř pozemku (obr. 1). Obdobně zpracujeme všechny ostatní inženýrské sítě, které můžeme použít jako model nebo pouze jako podklad - vektorovou kresbu. Dále je důležité, aby každý bod potrubí měl odpovídající krytí. Také se v průběhu práce na modelu pro projekční účely zabýváme odstupem potrubí tak, aby byla dodržena příslušná norma (viz také obr. 2 a obr. 4). K tomu nám slouží speciální pracovní náhled na podélný profil (obr. 7) nebo přímo vygenerovaný výkres podélného profilu (obr. 3 a 4). Důležité je také nezapomenout na odpovídající názvy jednotlivých řadů a domovních přípojek, včetně názvů podélných profilů. V projektu na příkladu máme celkem 240 podélných profilů – necelá polovina pro vodovod, druhá pro kanalizaci a zbytek pro některé ostatní sítě.

Zkušenosti s projektováním na modelu

Zkušený projektant zvládne s modelem pracovat okamžitě. Díky tomu, že vidí, co mu práce s modelem přináší, má velkou motivaci si usnadnit život a rychle začít práce na modelu využívat.



Obr. 1 *Projektovaná vodovodní síť – topologický model vodovodu – hlavní řad silně, hranice pozemků a body a trojúhelníky digitálního modelu terénu.*

Obr. 2 *Projektovaná vodovodní síť v kompletním modelu všech projektovaných a existujících sítí – celkem tato situace obsahuje 10-11 různých inženýrských sítí*

Práce s projekčním modelem představuje velkou úsporu času a možnost podrobněji se zabývat projektem. Znamená to také opustit projektování odděleně v situaci a pak tvorbu podélného profilu. V našem pojetí pracujeme na modelu sítě, ne na jednotlivých výkresových přílohách.

Možnosti projektování na modelu

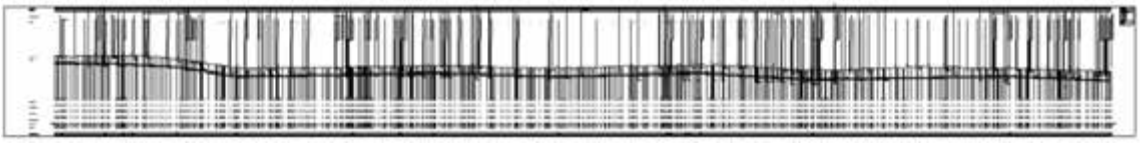
Model, který používáme má poměrně rozsáhlá uživatelská nastavení. Umožňuje velmi rozsáhle a podrobně definovat styly podélných profilů. Můžeme také uživatelsky definovat v několika úrovních tzv. exportní popisky v situacích. Pro jednotlivé situace – přehledná, podrobná, vytyčovacích bodů atd. – pouze měníme nebo přidáváme jednotlivé exportní popisky, které dynamicky popisují projektovanou síť. Značky a jejich symboly, typy potrubí atd. To vše je také uživatelsky definované. V kombinaci uživatelského nastavení stylů podélných profilů a exportních popisek v situaci můžeme dostat v podstatě libovolný formální výsledek projektování.

Jedna z možností exportu situace je také exportování průběhu osy projektované sítě ve 3D. Od toho je již malý krůček k tomu, exportovat trojrozměrná tělesa potrubí, šachet atd.

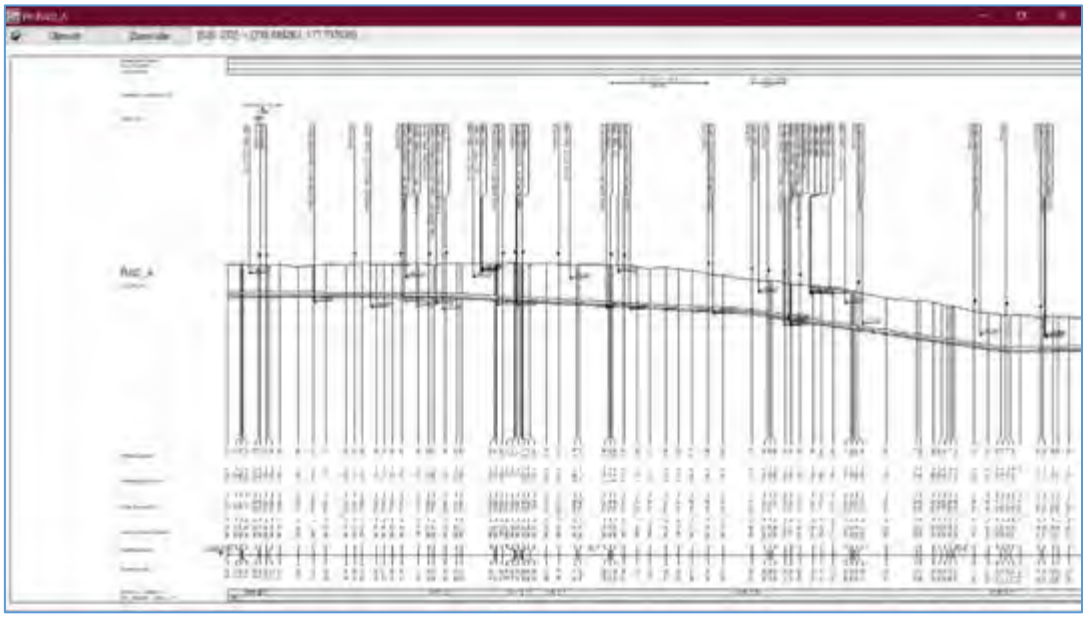
Co dále velmi využíváme, je zobrazování podkladních map, ať se jedná o ortofotomapy, katastrální situace, topografické mapy, různé speciální mapy apod. v podobě Webových Mapových Služeb (WMS). Pro projektanta je to neocenitelný podklad.

Co bychom si přáli…

Model, který používáme, postupně vylepšujeme, podle dostupných financí a programátorů. Jednou z vizí je doplnit export situací o export 3D těles, tak aby výsledný vyexportovaný výkres bylo možné využít pro prostorovou koordinaci jednotlivých stavebních konstrukcí. Taková další velká vize je doplnit do modelu kladečské schéma tlakových potrubí, které se sestaví automaticky – už dnes je možné využít značek v uzlech a na úsecích potrubí k vytvoření kladečského schématu, ale ručně. Zároveň také udělat osazení jednotlivých potrubí na gravitační kanalizaci. A takovým ještě vzdálenějším cílem je kompletní vytvoření výkazu výměr, který bude maximálně odpovídat potřebám podrobného položkového rozpočtu stavebních prací.



Obr. 3 *Celkový podélný profil řadu A vygenerovaný z modelu, délka 1 229 m, detail viz obr. 4*



Obr. 4 *Detail začátku podélného profilu řadu A se zobrazením všech křížících stávajících a nově projektovaných sítí. Vzhled, popisky a zobrazená dat – vše je uživatelsky definovatelné.*

Seznam dotčených ploch

Uživatelské ID	Počet hran	Počet sousedů	Obvod [m]	Výměra [m2]	Vnitřní bod (sou...	Vnitřní bod (sou...
47	140	40	2567,101574	11761,185974	-711013,14	-1035955,52
189	47	19	446,680855	641,333069	-710806,45	-1036372,12
238	10	5	56,157151	159,712891	-710725,903401	-1036399,96796

Obr. 5 *Vodovodní řad A – seznam dotčených pozemků. Hlavní řad vede ve veřejné komunikaci. V případě, že vybereme více řadů, dostaneme celkový seznam dotčených pozemků.*

Práce s podélným profilem

Podélný profil můžeme zobrazit dvěma způsoby. Na obr. 3 a 4 je náhled výkresu podélného profilu, který je statický a nemůžeme ho dál upravovat. Toto zobrazení slouží k rychlé kontrole vytvořeného výkresu, je to také polotovar, který exportujeme ve formátu DXF a následně v grafickém editoru přidáváme razítko a tiskneme.

Na obr. 7 je zobrazen náhled podélného profilu, který umožňuje editaci nivelety potrubí. K tomu slouží specializované nástroje jako je nastavení konstantního sklonu potrubí, nastavení sklonu podle prvního úseku potrubí, vyrovnání terénu pokud nepoužíváme digitální model terénu, nebo speciální nástroje na zaúsťování potrubí do šachet s ohledem na jejich sklon a potřebnou výšku nade dnem.

Podélných profilů si můžeme pro projektování vytvořit tolik, kolik potřebujeme. Při exportu výkazu výměr výkopových prací pak exportujeme pouze vybrané, ty které jsou z hlediska projektování a výkazu výměr jedinečné. Podélné profily nepoužité pro výkaz výměr považujeme za pomocné.

Také pro editaci v situaci jsou k dispozici různé speciální nástroje, které projektantovi usnadňují práci. Ty nástroje postupně vznikaly tak, jak se projekční model rozvíjel a jak jsme získávali další a další zkušenosti v projektování.

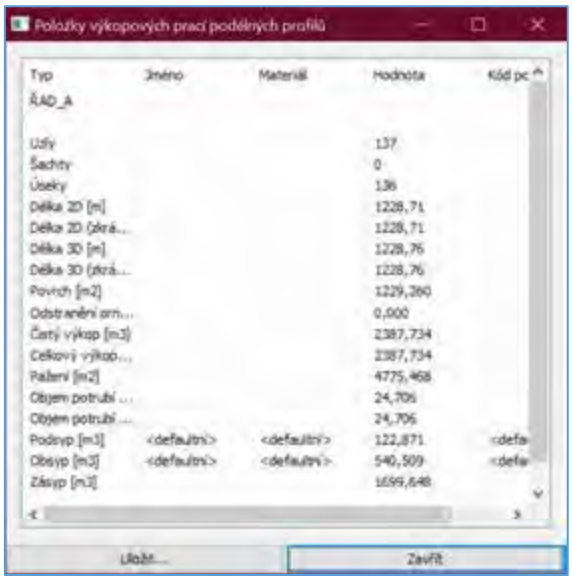
Možnosti tvorby příčných profilů

Nástroje podélného profilu používáme také pro tvorbu příčných profilů, pokud je to potřeba. Například se může jednat o příčný řez komunikace, kde chceme vidět všechny projektované a všechny ostatní sítě. Dále se může jednat také o příčné řezy korytem vodního toku.

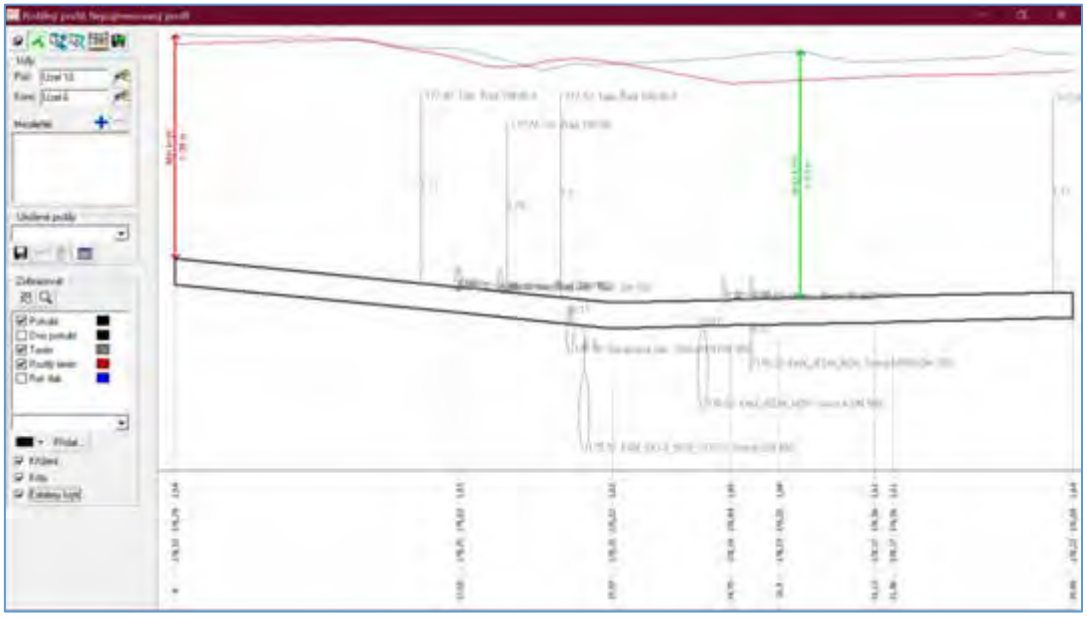
Možnosti současného simulačního modelování

Projekční model umožňuje současně provádět simulační výpočty vodovodů. Znamená to, že použijeme data stávajícího pasportu vodovodní sítě. Do tohoto pasportu zapracujeme detailní projekční model projektované části vodovodu. Poté nastavíme okrajové podmínky – zejména zdroj tlaku a můžeme začít provádět simulační výpočty. U vodovodu tak můžeme stanovit minimální a maximální provozní tlaky, odhadnout kapacitu požárního hydrantu nebo vliv na rychlosti proudění vody v potrubí a tím na hydraulické ztráty v potrubí. Dále jsou možné výpočty doby zdržení vody ve vodovodu, podílu jednotlivých zdrojů, výpočet změn směru proudění nebo výpočty různých parametrů kvality vody včetně šíření znečištění. Pro výpočty vodovodů používáme program EPANET (pro kanalizace SWMM)..

U kanalizace je situace o něco jednodušší v tom, že kapacitní parametry potrubí a součtová metoda jsou součástí projekčního modelu, hydrodynamické výpočty pak potřebují víc vstupních dat – zejména charakteristiky odvodňovaných povodíček a návrhové deště. Pro výpočty kanalizací používáme program SWMM (Storm Water Management model), který umožňuje současné 1D výpočty proudění v kanalizačních potrubích i v otevřených kanálech.



Obr. 6 *Výkaz zemních prací – u kanalizace počítáme také s objemem potrubí, zkráceného o kanalizační šachty*



Obr. 7 *Práce s podélným profilem probíhá ve speciálním náhledu. Na obrázku vidíme stávající terén (šedě, jsou k němu vztaženy kóty krytí) a nový terén (červeně). Současně vidíme minimální (zeleně) a maximální (červeně) krytí potrubí, vztaženo k původnímu terénu. Dále vidíme všechna potrubí, které toto potrubí křižuje. Ty, které jsou v kolizi jsou stávající potrubí, která budou vést v budoucnosti jinde – vidíme zejména potrubí kanalizačních přípojek.*

Podélných profilů můžete mít otevřeno více najednou.

Možnost týmové spolupráce

Týmová spolupráce vychází z několika možností – předně doporučujeme používat sdílenou knihovnu objektů, potrubí, příčných profilů, skladby komunikací apod.. Dále je možné rozdistribuovat soubory s nastavením typu podélných profilů. Také styly exportních popisek jsou uloženy centrálně.

V druhé fázi je možné spolupracovat týmově dvěma způsoby. Při současné editaci projekčních modelů – např. vodovod a kanalizace, jsme se střídali v použití datového modelu. Druhou možností, pokud potřebujeme pouze informace o změně v situaci, ukládat potřebnou situaci ve formátu DXF na dohodnuté místě, z kterého při otevření modelu tento podklad načteme.

Jaké jsou úspory a přínosy?

Na prvním místě je časová úspora. Tak podrobnou dokumentaci lze bez použití projekčního modelu sestavit jen velmi pracně, s velkou potřebou manuální práce.

Druhá úspora je v tom, že nemusíme po té, co zapracujeme změnu v projektu do situace, zapracovávat tuto změnu také do podélného profilu a následně do výkazu výměr. Současně se zapracováním změny do modelu se mění všechny popisky a všechny exporty jsou aktualizované.

Díky tomu, že se nám změna promítne úplně všude, je menší pravděpodobnost, že tuto měnu opomineme všude zapracovat.

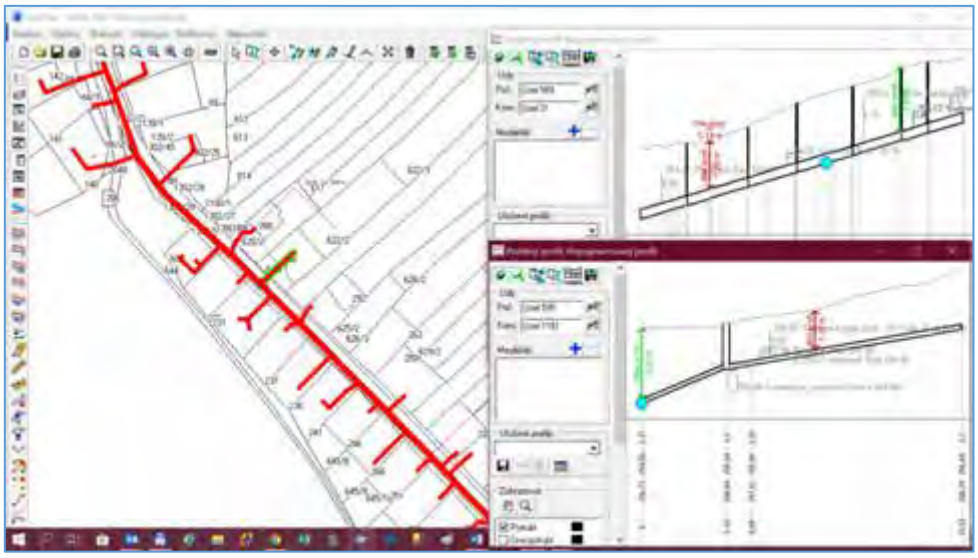
Další přínos je při koordinaci s ostatními okolními sítěmi, které stále vidíme v aktuální poloze nejen v situaci, ale také v podélném nebo příčných profilech.

A v neposlední řadě u větších a složitých projektů (dnes je to zejména u jednotné kanalizace) můžeme provádět současně s projekčními pracemi hydraulické simulační výpočty a na nich ověřovat správnost návrhu.

Závěr

Projekty trubních sítí na projekčním modelu zpracováváme plnohodnotně již přes deset let. Změnu od běžného projektování k projektování na modelu bych přirovnal ke změně projektování od analogového k digitálnímu postupu. Po přerodu to znamená vyšší kvalitu práce, ekonomické úspory a nižší závislost na tvořivosti projektantů. Vyžaduje to ovšem vyšší pečlivost práce a vyšší pozornsot. Kdybych měl dnes projektovat starým způsobem, vůbec by se mi do toho nechtělo při představě, jak je to zbytečné pracné a jaké to přináší problémy.

Program SiteFlow, který pro projektování s pomocí modelu používáme, si sami vyvíjíme.



Stavební, technologický a architektonický vývoj věžových vodojemů na našem území

Ing. Robert Kořínek, Ph.D.; Ing. Alena Kristová

Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, pobočka Ostrava, Macharova 5/954, 702 00, Ostrava 2, *robert.korinek@vuv.cz*

Úvod

Nejstarší zmínky o věžových vodojemech na dnešním území České republiky najdeme již v první polovině 15. století. Tyto technické ikony vodárenství prošly od té doby vývojem konstrukčním, materiálním, vývojem vlastních vodárenských technologií a uplatňování architektonických dobových trendů na těchto stavbách. Byly (a jsou) součástí vodovodních systémů pro zásobování obyvatelstva pitnou a užitkovou vodou, pro průmyslové technologie a provozy, pro účely zemědělské a hasební a pro potřeby železniční dopravy. Navrhovali je často významní projektanti a architekti, stavěly známé stavební firmy. A najdeme jich na našem území stovky.

Nejstarší věžové vodojemy

Obrazové či písemné zmínky o prvních věžových vodojemech na našem území můžeme zařadit někam do období pozdní gotiky a počátků renesance. V té době dosáhla sídelní urbanizace poměrně vysokého stupně, města byla rozšiřována, rozvíjela se řemesla, zdokonalovala se technika, a tak bylo potřeba řešit otázky infrastruktury, mezi něž rovněž patřilo i zásobování vodou. První známé gravitační vodovody z 12. století byly ještě jednoduše vedeny na povrchu nebo štolovými přivaděči a ústily do kašen nebo do různých zásobních nádrží. Postupem času se však v městech začaly objevovat vodovody s dřevěným potrubím vedoucím vodu od zdroje do veřejných či soukromých odběrných míst. Aby přívod vody k uživatelům byl kontinuální a aby bylo dosaženo potřebného tlaku, započaly se ve vodovodních systémech budovat věžové vodojemy.

V té době se převážně jednalo o stavby čtvercového či obdélníkového půdorysu postavené v těsné blízkosti vodního zdroje – řeky, rybníka. Některé věže byly zakládány na dubových pilotách přímo nad vodním tokem, jiné stály na břehu, další se pak budovaly na skalních ostrozích. Řada vodních věží vznikla v minulosti také přestavbou hradebních strážních věží. To se stávalo zejména v případě, kdy strážní věž pozbyla svůj fortifikační význam. V počátcích byly věže stavěny ze dřeva, později byly budovány z kamenných kvádrů a lomového kamene, nebo docházelo ke kombinaci těchto stavebních materiálů. Pokud byla věž zděná, byla tloušťka zdiva v přízemí většinou přes 1 metr a postupně se tato tloušťka směrem vzhůru zmenšovala.

Voda se do věží nejčastěji hnala pomocí pístového čerpadla, které bylo poháněno vodním kolem. Díky tomu bylo možno dodávat vodu do míst, která ležela i několik desítek výškových metrů nad zdrojem. V posledním patře věže bývala nádrž (dřevěná, kovová), která se vyznačovala ne příliš velkým objemem a voda přes ni s malým zdržením pokračovala do vodovodní sítě. Potrubí bylo původně dřevěné, postupem času bylo dřevo nahrazeno mosazí, cínem, olovem nebo železem. V zimě se ve věžích topilo otevřeným ohněm (aby nedocházelo k zamrzání vody), takže řada z nich byla v průběhu své existence poškozena či zničena požárem.

Dobou vzniku je nejvýznamnější vodní věž stojící na Novotného lávce Starého Města pražského (obr. 1). První dochovaný spis vztahující se k této vodárně je z roku 1489. Zmínka z roku 1431 však hovoří již o tom, že „*vyhořela věž vodná mistra Petra ode dna*". Věž kromě požárů utrpěla v roce 1648 střelbou Švédů a byla několikráte postižena povodněmi. Její dnešní podoba z let 1853 a 1878 je výsledkem celkem čtrnácti stavebních úprav a oprav. Sloužila do roku 1884.

V Praze v blízkosti Vltavy pak najdeme další tři staré věžové vodojemy. Necelý kilometr proti proudu od staroměstské vodárny stojí dva věžové vodojemy bývalé Šítkovské (1592, obr. 1) a Petržilkovské (1596) vodárny. Poslední ze čtyř věží je vodojem bývalé novomlýnské vodárny z roku 1658 stojící na ulici Nové mlýny (obr. 1).

Obr. 1. *Věžové vodojemy Staroměstské, Šítkovské a Novomlýnské vodárny.*

Z roku 1502 pochází zmínka o vodárně a vodojemu v Jičíně (obr. 2). Vodojem byl vystavěn na hrázi rybníka Kníže, nad tokem Cidliny, která byla zároveň i zdrojem vody. Čtvercová věž je z kamenných kvádrů o čtyřech odděleních, je omítnutá a kryta stanovou střechou s eternitem, původně s břidlicí. Na východní straně jsou umístěny sluneční hodiny. Dnes slouží věž jako galerie. A další historické stavby vodních věží pak najdeme například v Táboře (obr. 2), Plzni, Mladé Boleslavi, Benátkách na Jizerou, Lounech, Slaném, Nových Dvorech (obr. 2) nebo v Nymburce.

Obr. 2. *Věžové vodojemy Jičín, Tábor a Nové Dvory.*

Průmyslová revoluce a nová renesance ve vodárenství

Na přelomu 18. a 19. století začala ve Velké Británii průmyslová revoluce. Proces industrializace se postupně rozšířil i do dalších zemí a pochopitelně také na naše území. Tyto události měly za následek nadměrný přesun obyvatel z venkova do měst, která se začala rychle rozrůstat. Veřejné vodovody byly často na hranici své životnosti a nemohly stačit náhlému růstu. Do té doby přirozené zdroje pitných vod (řeky, potoky, rybníky) byly kontaminovány fekálním a průmyslovým znečištěním a bylo zřejmé, že bude zapotřebí razantních změn. K tomu se přidalo nové zákonodárství, pravidla pro zásobování vodou a rozvoj přírodních věd (např. mikrobiologie), které zvýšily nároky na kvalitu pitných vod. Kašny přestaly pomalu plnit svou původní funkci a stávaly se ozdobnými objekty náměstí. Vývoj techniky poznamenal i technologie čerpání, akumulace, dopravy a distribuce pitných vod. Parní stroj a následně benzinové, plynové a elektrické motory zrušily závislost na energii vody a na vodním kole. S tím také souvisela skutečnost, že se začala ve velké míře využívat podzemní voda jako zdroj pitných vod. Vodovody se budovaly nejen do rozšiřujících se obytných částí, ale také do vznikajících průmyslových areálů. To vše se pak pochopitelně promítlo i na nově zřizovaných věžových vodojemech.

Ty už se nemusely nacházet v těsné blízkosti zdroje vody, ale začaly se stavět v místech, kde to bylo technicky a ekonomicky nejvýhodnější. Zvětšil se objem nádrží, a pokud to dovolovala morfologie krajiny, budovaly se nejprve levnější vodojemy zemní. V případě opačném se přistupovalo ke stavbě věžových vodojemů. V počátcích bylo používané zdivo věžových vodojemů cihelné a vodojemy měly čtvercový půdorys. Postupem času přešli stavitelé na železobeton a půdorys staveb se rozšířil na kruhový. Nádrže byly ocelové, nýtované, později železobetonové. Zvyšující se spotřeba vody v průmyslu dala vzniknout unikátním komínovým vodojemům a prudký nástup železniční dopravy pak vodojemům drážním, ze kterých byla doplňována voda do parních lokomotiv.

V roce 1888 byl dostavěn rozsáhlý vodárenský areál v Praze-Bubenči na Letné s věžovým vodojemem (obr. 3). Šestipodlažní 38 metrů vysoká hranolovitá stavba má novorenesanční fasádu s vyhlídkovým ochozem s arkádami s toskánskými sloupy, neseným kamennými krakorci. Stavba je zakončena dvoustupňovou stanovou střechou s rozměrnými vikýři na bocích, ukončenou sloupkovým nástavcem s hodinami. Autorem vodojemu byl architekt Jindřich Fialka, stavbu provedla firma Karel Hübschmann a František Schlaffer. Technologii dodala firma Breitfeld – Daněk a spol. Vodojem sloužil pouze do roku 1913, pak byl pro velkou poruchovost technologie vyřazen z provozu a byl přestavěn na byty pro vodárenské zaměstnance. Dnes slouží jako knihovna a výstavní galerie.

V roce 1891 navrhl stavitel František Wordren v novogotickém stylu věžový vodojem pro zámecký park zámku Sychrov. Stavba z neomítnutého kamenného zdiva měla kruhový půdorys (první na našem území) a plášť reservoáru doznal viditelného rozšíření oproti samotnému dříku. Provoz původního vodovodu skončil v roce 1953 a vodojem je stále ozdobou zámeckého parku.

Zásadní změnu v přístupu k realizaci věžových vodojemů však provedl známý český architekt Jan Kotěra, který, řečeno s lehkou nadsázkou *„svlékl vodárenskou věž a ukázal nahou zeď jako estetický ideál“*. Tímto přístupem navrhl známý věžový vodojem vršovické vodárny, který byl postaven v letech 1906–1907 v pražské Michli (obr. 3). Secesní 42 metrů vysoký věžový vodojem má kruhový půdorys. Spodní část je vyzděna kamennými kvádry, vstup do vodojemu je bohatě zdobeným portálem se znakem města Vršovic. Nahoru se zužující dřík je vyzděn červenými cihlami a zdoben cihlovými prvky se zelenou glazurou. Stěna prostoru akumulace (400 m^3) je z tenkého železobetonu – jde

o jedno z prvních využití železobetonu pro konstrukci věžového vodojemu u nás. Vodojem sloužil svému účelu do roku 1975, dnes je po rozsáhlé opravě.

Jeden z prvních (celo)železobetonových věžových vodojemů (nosná konstrukce, stěny, nádrž) na našem území najdeme v areálu pardubické nemocnice (obr. 3). Vodojem o výšce 26 metrů byl pro tehdejší městský vodovod postaven roku 1907 součinností firmy Ing. Karel Kress a architekta Františka Sandery. Stavbu vodojemu provedla firma Hrůza a Rosenberg. Jedná se o objekt s rafinovaně traktovaným vnitřním prostorem a se zajímavě secesně řešenou fasádou s nápisovou páskou *„Vodojem královského komorního města Pardubice, LP 1907“*, heraldickou figurou městského znaku a podstřešním pásovým vlysem tvořeným motivem připomínajícím zdrobnělé varhanní píšťaly. Po roce 2000 byl zrekonstruován a dnes slouží jako záložní zdroj pro nemocnici (při plném provozu nemocnice vystačí voda na 2 dny, při úsporném provozu na delší dobu).

Kromě věžových vodojemů kruhového půdorysu s uzavřenou konstrukcí dříku se v našich zeměpisných šířkách začaly objevovat vodojemy, jejichž horní část s nádrží byla nesena otevřenou sloupovou konstrukcí. Jedním prvním z nich byl 16 metrů vysoký vodojem v Heřmanově Huti z roku 1908. Stavbu provedla opět firma Hrůza a Rosenberg. Vodojem byl původně určen pro akumulaci pitné vody pro potřeby pivovaru v nedaleké Vlkýši. V roce 2012 byla dokončena rozsáhlá a zdařilá rekonstrukce vnějšího pláště vodojemu a dnes tak objekt slouží jako rozhledna pro turisty.

Obr. 3. *Věžové vodojemy Praha-Bubeneč, Praha-Michle a Pardubice.*

Vrcholná díla v meziválečném období

Podobně jako v letech předchozích, byla i v době mezi první a druhou světovou válkou na území nově vzniklé republiky vybudována celá řada obecních vodovodů. U mnoha z nich byl do daného systému opět zařazen věžový vodojem.

V té době již měli projektanti nových vodovodů velice dobře zvládnutou práci s železobetonem a pobídky měst a obcí k výstavbě vodohospodářských objektů byly stále důstojnou výzvou pro přední české architekty. Ti se nebáli prosazovat nové nápady a myšlenky a přesvědčovat projektanty, inženýry a firmy o změně některých stavebních postupů. Všechny vodojemy tak nesou originální architektonické pojetí a lze na nich pozorovat vývoj stavebních slohů tehdejší doby. Zdobnost, někdy možná až přílišná, byla elegantně nahrazována geometrickou čistotou tvarů.

Významný pokrok v architektuře věžových vodojemů provedl v druhé polovině 20. let 20. století český architekt a urbanista František Janda, mimochodem žák Jana Kotěry. Jeho věže dostaly funkcionalistický charakter a patří mezi nejpůsobivější technické dominanty naší kulturní krajiny. Mezi věžové vodojemy, které nesou Jandův rukopis, patří stavby v Bělé pod Bezdězem, Kolíně, Poděbradech, Jaroměři, Kouřimi, Týništi nad Orlicí, Pečkách nebo v Bezdědicích (obr. 4).

Kolínský vodojem byl dostavěn v roce 1930 firmou Ing. Dr. František Uher z Peček. V lednu roku 2011 byla tato zdaleka viditelná dominanta Kolína a okolí prohlášena kulturní památkou, dnes slouží jako rozhledna a muzeum.

Poděbradský věžový vodojem se naopak ukrývá v sadech S. K. Neumanna. Ryze funkcionalistická stavba o výšce 45 metrů byla vybudována na náklady obce v letech 1928–1929 jako součást nové městské vodovodní sítě. Projekt na celou stavbu poděbradského vodovodu připravil už v roce 1912 prof. J. V. Hráský. Zděná nosná konstrukce nese železobetonovou nádrž o objemu 470 m^3. Součástí objektu je pro Jadnu typická zastřešená kruhová kolonáda, která měla sloužit návštěvníkům parku v případě nepřízně počasí.

Nebývalou koncentraci věžových vodojemů najdeme na území Mladoboleslavska. V meziválečném období jich zde bylo vybudováno třináct. Kromě výše uvedených vodojemů architekta Jandy v Bělé pod Bezdězem a Bezdědicích se další nachází například v mladoboleslavských Čejeticích, Horní Bukovině, Bílé Hlíně, Rostkově, Sedlisku, v Kojecku a nebo v Benátkách nad Jizerou.

Obr. 4. *Věžové vodojemy architekta Františka Jandy (Kolín, Poděbrady, Bělá pod Bezdězem)*

Vodojem v Benátkách výšky 30 metrů postavila na přelomu 20. a 30. let 20. století firma Lanna. Nosná konstrukce je železobetonová a nese nádrž o objemu 240 m^3. Rovnou střechu vodojemu využívá mnoho operátorů a provozovatelů telekomunikační techniky, zároveň má zde vlastník objektu umístěny přístroje pro přenos a sběr dat z vodárenských zařízení na centrální dispečink. Ocelová konstrukce s technikou je vysoká 8,6 metru a váží 14 tun.

V jihočeských obcích Besednice, Nesměň, Něchov a Todni vznikal podle projektu stavebního inženýra Františka Doskočila v letech 1924–1928 skupinový vodovod Besednický, do kterého jsou zapojeny dva věžové vodojemy. Ten vyšší v části obce Něchov z roku 1927 postavila opět pražská firma Lanna, a.s. a rozhodně patří mezi nejpovedenější stavby tohoto typu u nás z období první republiky (obr. 5). Má výšku

20 metrů a obsah reservoáru 80 m^3. Skelet tvoří šest nosných železobetonových betonových sloupů s kamennou výplní v meziprostorech. Spodní část vodojemu je válcovitá, prostřední část je kuželovitá, sužuje se směrem vzhůru. Stěna akumulace je řešena jako jednoduchý válec s horizontálním vystupujícím pásem. Objekt zakončuje masivní kopulovitá střecha s lucernou s šesti okénky a hromosvodem.

V areálu pražského kbelského letiště byl v letech 1927–1928 postaven objekt kombinující věžový vodojem se světelným majákem (obr. 5). Stavbu navrhl v roce 1927 Ing. arch. Otakar Novotný, autorem čtyř plastik s leteckou tematikou umístěných na stěnách akumulace je akademický sochař Jan Lauda. Vodojem s výškou 43 metrů má objem nádrže 150 m^3. Vrchol věže nad vyhlídkovým ochozem je zakončen kopulí s horní plošinou, na které je umístěn původní otáčecí reflektor soustavy Barbier, Rénard & Turenne v Paříži o svítivosti 2,75 milionu svíček. Středem stavby vede netradičně výtah a vodojem je dokonce na oficiálním znaku městské části Praha-Kbely.

V roce 1934 postavilo město Kladno věžový vodojem o objemu 800 m^3. Byl to první vodojem na našem území postavený celý z oceli a obezděný cihlovým zdivem, které není nosné, ale tvoří pouze architektonický prvek a tepelnou izolaci vnitřního prostoru. Projekt konstrukce vypracovala v roce 1933 ČKD, a.s. Stavba sloužila pro zásobování obyvatel Kladna pitnou vodou až do roku 1996. Dnes je objekt po rozsáhlé přestavbě a slouží zejména jako dispečink zdejší vodárenské společnosti.

Ve třicátých letech 20. století řešil městys Nový Hradec Králové výstavbu vodovodu. Projekt vypracovaný firmou Ing. Dr. František Uher z Peček počítal s objektem věžového vodojemu železobetonové nosné konstrukce. Vodojem byl umístěn na místě bývalého kostela a zároveň na místě, odkud se měl stát významnou pohledovou dominantou širokého okolí – a tyto skutečnosti byly pro jeho konečný vzhled zásadní. Proto při vodoprávní komisi v roce 1935 bylo dohodnuto, že architektonický návrh věžového vodojemu bude předložen také městské radě Hradce Králové. Ta o vyjádření požádala osvětovou a uměleckou komisi, jejíž stanovisko znělo: *„Budiž předložen nový návrh odpovídající následujícím požadavkům…režné zdivo budiž červené, reservoir a nátěry oken a mřížoví v barvě šedozelené. Tvar vlastního reservoiru připomínejž svojí silhuetou formu kalichovitou, ochozový balkon pod reservoirem budiž vyřešen úměrně vzhledem k žádanému tvaru vlastního reservoiru.“* Objekt tak zásadně změnil svůj původní vzhled, změny doznala i konstrukce (obr. 5). Úpravu provedla firma, která vodojem také vystavěla – Václav a František Capoušek, stavitelství Hradec Králové.

Obr. 5. *Věžové vodojemy Něchov, Praha-Kbely, Hradec Králové.*

Soumrak elegance a cesta do současnosti

Zatím poslední ucelené období, které významně ovlivnilo vývoj věžových vodojemů na našem území, byla 2. polovina 20. století přecházející až do současnosti. Rozmanitost, vytříbenost, citlivé architektonické pojetí a individuální přístup byly nahrazovány strohostí a jednoduchou účelností, což často vedlo k budování uniformních typizovaných staveb. Vodojem měl plnit svou jedinou funkci a na ostatní aspekty se zapomínalo. Vzhledem k hospodářským pravidlům, která v zemích bývalého socialistického bloku fungovala, se tomu ovšem nelze ani příliš divit. Dodavatel realizovaných staveb byl předem určen a ten si pak diktoval vše, co se stavbou souviselo – použitou technologii, materiál a dokonce i pracovní síly. Pro nově vznikající části obcí a sídlišť to byl zároveň většinou jediný možný způsob, jak si nechat postavit nový vodovod, případně zrekonstruovat či rozšířit ten stávající. A to bylo rozhodující. Z hlediska materiálů byly železobeton a zdivo částečně nahrazovány ocelí – jak pro vnitřní nádrže, tak pro samotnou konstrukci vodojemů. I přes uvedené skutečnosti však bylo v těchto letech vybudováno několik zajímavých staveb – např. věžové vodojemy Kladno-Rozdělov (1957), Brno-Kohoutovice (1973), Olomouc (1973) nebo Teplice-Nová Ves (1989).

Obr. 6. *Věžové vodojemy Brno-Kohoutovice, Olomouc, Teplice-Nová Ves.*

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu *Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití* (Program na podporu aplikovaného výzkumu a vývoje NAKI II, Ministerstvo kultury ČR, kód DG18P02OVV010).

Extrémní sucho jako hnací síla opatření vedoucí k efektivnímu využívání všech dostupných vodních zdrojů

Tomáš Brabenec, Tomáš Munzar, Petra Hrušková

ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, Praha 6, 160 00,
e-mail: *brabenec@envi-pur.cz, munzar@envi-pur.cz, hruskova@envi-pur.cz*

Souhrn

Trendem poslední dekády jsou významné etapy spojené s extrémním suchem. Logickým důsledkem takovýchto etap je nedostatek vody pro zásobování pitnou vodou. Tento fakt významně ovlivňuje nejen uvažování obyvatel o efektivnějším využívání pitné vody ale především uvažování velkých průmyslových podniků, které vodu potřebují ve velkém množství. Bez pitné a technologické vody mnohdy nemohou zajistit adekvátní provoz. Orgány ochrany veřejného zdraví v etapách extrémního sucha omezují přísun vody těmto podnikům tak, aby byl dostatek vody pro domácnosti. Tyto podniky tedy hledají „nové“ zdroje vody. Takovým zásadním zdrojem vody je vyčištěná odpadní voda, která je aktuálně považována za odpad nikoli za potenciální zdroj. Díky moderním technologiím 21. století, jako jsou membránové filtrace, lze vyčištěnou odpadní vodu doupravit téměř na úroveň vody pitné.

Klíčová slova: úprava vody, čištění odpadní vody, membránová filtrace, keramická membrána

Summary

The trend of the last decade has been significant stages associated with extreme drought. The logical consequence of such stages is the lack of water to supply the population with drinking water. This fact significantly influences not only the thinking of the population about more efficient use of drinking water, but even in the thinking of large industrial enterprises that need water in large quantities. Without drinking and process water, they often cannot ensure adequate operation. Public health authorities in extreme drought periods limit water supply to such businesses so that there is enough water for households. These companies are therefore looking for “new” water sources. Such an essential source of water is purified waste water, which is currently considered a waste, not a potential source. Thanks to modern 21st century technologies such as membrane filtration, purified waste water can be treated almost to the drinking water level.

Key words: water treatment, wastewater treatment, membrane filtration, ceramic membrane

Úvod

V posledních několika letech zaznamenala Česká republika značné problémy s nedostatkem vody. Příčinou byla extrémní sucha [1,2,3]. Proto se řada firem začala zajímat o možnost znovuvyužívání některých typů vod. Společnost ENVI-PUR, s.r.o. provedla testování keramické membránové filtrace, společně s aktivním uhlím a reverzní osmózou, na několika lokalitách.

V rámci tohoto příspěvku budou prezentovány výsledky z testování na čtyřech lokalitách. Ve dvou případech jde o průmyslové podniky, které potřebují pro zajištění provozu obrovské množství vody, třetím případem je recyklace vody v bazénu AQUALAND MORAVIA a čtvrtým případem je znovuvyužití vyčištěné odpadní vody z konvenční čistírny odpadních vod.

Poloprovozní zařízení

Testování probíhalo prostřednictvím poloprovozních jednotek AMAYA 5 s keramickou membránou. Jednotka AMAYA 5 je zobrazena na Obrázku 1. Jednotky jsou navrženy na maximální výkon 5 $m^3 \cdot h^{-1}$, což odpovídá fluxu 200 LMH. Ve filtrační jednotce je umístěný jeden keramický membránový element s povrchem membrány 25 m^2, nominální velikostí póru 0,1 µm, průměrem kanálku 2,5 mm a s počtem kanálků 2000. Podrobný popis poloprovozní jednotky je uveden v několika předchozích publikacích [4,5,6,7]

Obrázek 1: *Keramická membránová jednotka AMAYA 5*

Za membránovou jednotkou AMAYA bylo v několika případech umístěno granulované aktivní uhlí WG12. Granulované aktivní uhlí WG 12 je schváleno pro kontakt s pitnou vodou. Aktivní uhlí má sorpční charakter a je schopno zachytit těžko odstranitelné organické látky a další mikropolutanty, jako jsou PPCP a pesticidy.

Z modelového filtru voda natékala do akumulační nádrže, ze které byla čerpána do reverzně-osmotické jednotky NANO-REOS.

Průmyslový podnik ABC

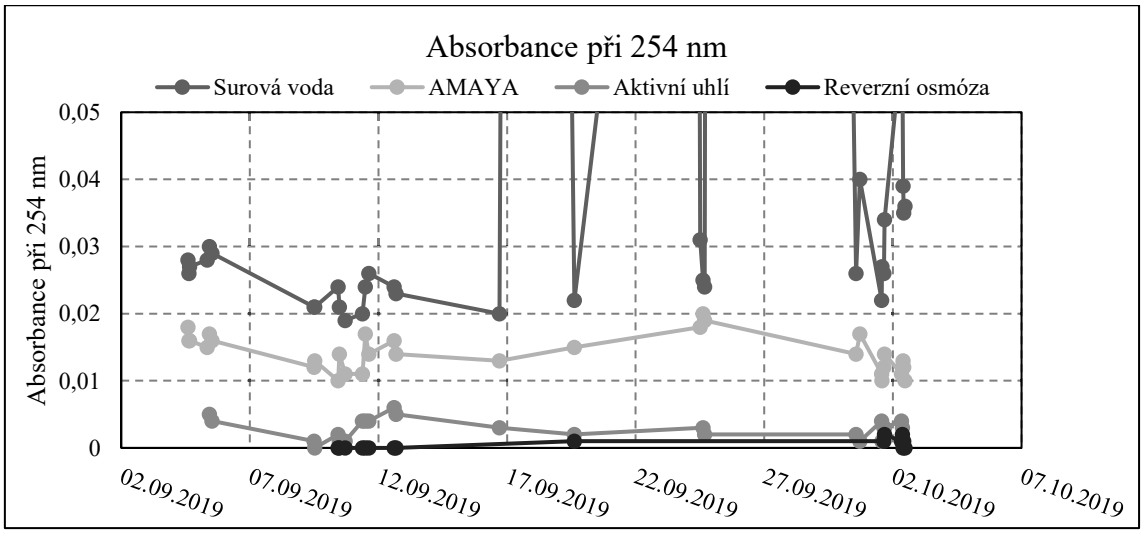
Na základě objednávky společnosti bylo přistoupeno k provedení testů nutných pro doplnění technologie na znovuvyužití chladicích odpadních vod tak, aby tyto vyhovovaly legislativním požadavkům na kvalitu vody pro možnost recirkulace vody. Na Obrázku 2 je zobrazena konfigurace technologií AMAYA – WG12 – NANO-REOS.

Obrázek 2: *Konfigurace technologií na znovuvyužití odpadních vod*

Organické látky byly sledovány na místě prostřednictvím parametru absorbance při 254 nm (A254), který s jejich koncentracemi úzce koreluje. Tyto hodnoty byly laboratorně ověřovány měřením chemické spotřeby kyslíku – CHSK(Cr). Hodnoty A254 v surové vodě se pohybovaly v rozmezí 0,02-0,04, tj. byly značně rozdílné. V průběhu testování velmi často surová vody vykazovala velmi špatný charakter. Z důvodu přehlednější prezentace výsledků, jsou velmi vysoké hodnoty A254 na Obrázku 3, zobrazeny mimo rozsah. V rámci vody upravené jednotkou AMAYA 5 tyto dosahovaly stabilních hodnot okolo 0,01-0,015 i při velmi značných výkyvech kvality vstupní vody. Membránový systém AMAYA tedy zaručuje stabilní dodávku vody.

Výsledky za filtrem s aktivním uhlím byly rovněž stabilní a prokázalo se, že aktivní uhlí účinně zachytí značnou část zbývajících organických látek.

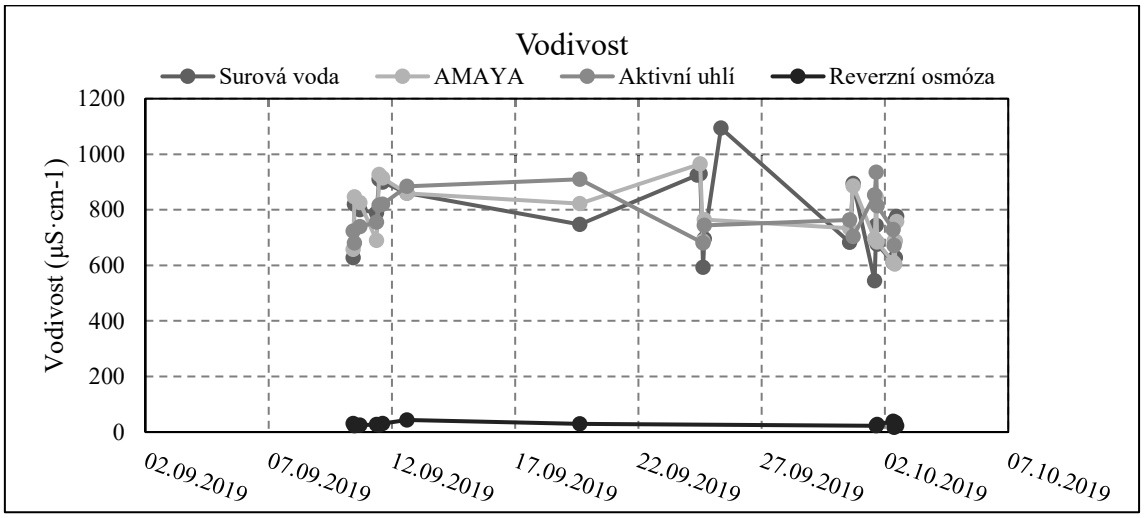
Na Obrázku 3 je rovněž zobrazen průběh hodnot A254 za reverzně-osmotickou membránou. Za tímto stupněm již organické látky téměř nejsou přítomny.



Obrázek 3: *Průběh hodnot absorbance při 254 nm*

Důležité pro provoz systému bylo sledování vodivosti a koncentrací vápníku a hořčíku (tvrdost vody). Vodivost je ukazatel celkového množství rozpuštěných minerálů ve vodě, tedy koreluje s koncentracemi vápníku, hořčíku, barya, stroncia a mnoha dalších.

V průmyslu příliš mineralizovaná voda způsobuje mnoho problémů. Má vyšší korozivní a inkrustační účinky, zanáší citlivé přístroje a znehodnocuje produkty. Odstranění rozpuštěných minerálů probíhá pouze prostřednictvím reverzní osmózy, díky velikosti pórů. Z Obrázku 4 je patrná velmi vysoká účinnost odstranění rozpuštěných minerálů reverzně-osmotickou jednotkou. Hodnoty vodivosti surové vody se běžně pohybovaly mezi 600 a 900 $\mu S \cdot cm^{-1}$, zatímco za reverzní osmózou dosahovaly 20 až 40 $\mu S \cdot cm^{-1}$.



Obrázek 4: *Průběh hodnot vodivosti*

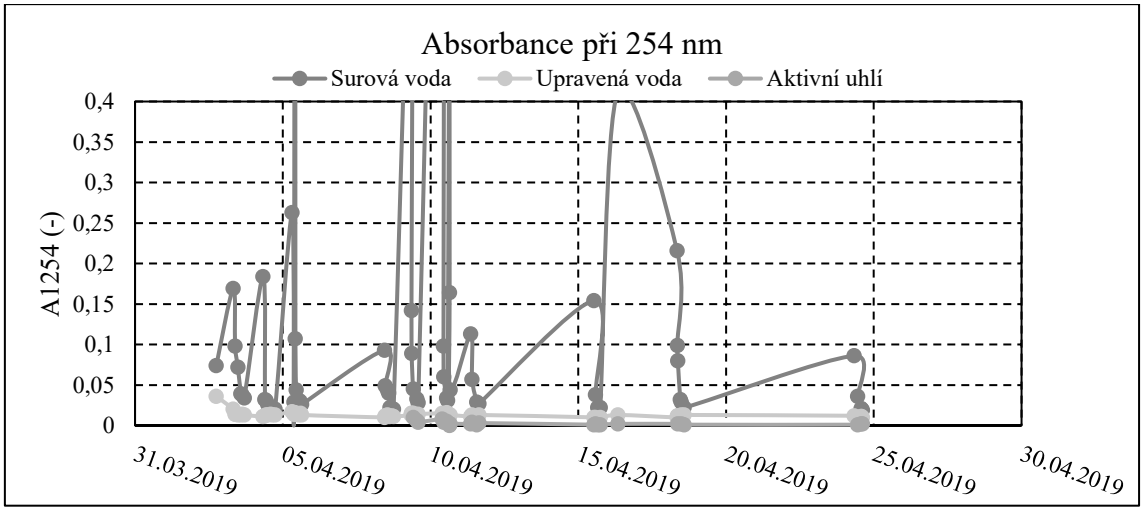
AQUALAND MORAVIA

V tomto případě bylo předmětem testování zhodnotit účinnost separačních vlastností jednotky na odpadní vodě z praní stávajících filtrů. V rámci testů bylo kontinuálně sledováno několik zásadních parametrů. Upravená vody by měla být znovuvyužívána pro doplňování bazénů. Na Obrázku 5 je zobrazena instalace zařízení na lokalitě, která díky flexibilitě a mobilitě zařízení mohla proběhnout.

Obrázek 5: *Instalace zařízení v AQUALANDU MORAVIA*

Zásadní bylo sledování organických látek, přičemž byl měřen především parametr absorbance při 254 nm (A254). Obrázek 6 zobrazuje průběh hodnot A254 v celém průběhu poloprovozních zkoušek. Hodnoty A254 v surové vodě se pohybovaly v rozmezí

0,03-1, tj. byly značně rozdílné. Vyjádřeno v parametru celkový organický uhlík, který byl měřen v akreditované laboratoři, se koncentrace pohybovaly v rozmezí 4-160 $mg \cdot l^{-1}$. V průběhu jednotlivých filtračních cyklů přitékala vždy voda s velmi špatnou kvalitou na začátku těchto cyklů, jelikož docházelo v akumulační nádrži o objemu 25 m^3 k částečné sedimentaci nečistot. V rámci vody upravené jednotkou AMAYA tyto dosahovaly stabilních hodnot okolo 0,01 (TOC = 3 $mg \cdot l^{-1}$) i při velmi značných výkyvech kvality vstupní vody. Výsledky za aktivním uhlím byly rovněž stabilní (TOC <1 $mg \cdot l^{-1}$) a prokázalo se, že aktivní uhlí účinně zachytí značnou část zbytkových organických látek.



Obrázek 6: *Průběh hodnot A254*

Zásadní jsou provozní parametry, které jsou automaticky vypočítávány řídícím systémem a které jsou velmi uspokojivé.

Tabulka 1: *Provozní výsledky*

Parametr	**Výsledek**
Množství upravené vody	169 m^3
Množství vody spotřebované na fyzikální a chemické praní	1,21 m^3
Procentuální množství upravené vody spotřebované na praní	0,72 %
Množství spotřebované elektrické energie	60 kWh
Spotřeba elektrické energie na m^3 vyrobené vody	0,36 $kWh \cdot m^{-3}$
Spotřeba PAX 18 na m^3 vyrobené vody	20 $ml \cdot m^{-3}$

Čistírna odpadních vod MNO

Další z předkládaných aplikací je čistírna odpadních vod, která zpracovává přibližně z poloviny odpadní vodu městskou a z poloviny odpadní vodu průmyslového charakteru z potravinářského odvětví. Předmětem testování bylo zhodnotit účinnost separačních vlastností jednotky. Zásadní bylo sledování účinnosti odstranění nerozpuštěných látek, organických látek a mikrobiologických parametrů.

Pro příklad, vyčištěná odpadní voda se vyznačuje velmi značným mikrobiologickým zatížením, proto byly v průběhu zkoušek sledovány mikrobiologické ukazatele. Sledovány byly *Clostridium perfringens*, koliformní bakterie, *Escherichia coli* a kultivovatelné mikroorganismy při 22°C a 36°C. Tyto organismy jsou konvenčními technologiemi těžko odstranitelné a je proto nutné k nim přistupovat individuálně.
Výsledky rozborů jsou uvedeny v Tabulce 2 a je z nich patrná téměř 100% účinnost eliminace těchto ukazatelů. V tomto případě, opět díky velikosti pórů membrány, můžeme hovořit o mechanické desinfekci vody.

Tabulka 2: *Mikrobiologické ukazatele*

	Koliformní bakterie (KTJ·100 ml^{-1})		*Escherichia coli* (KTJ·100 ml^{-1})		*Clostridium perfringens* (KTJ·100 ml^{-1})		Kultivovatelné mikroorganismy při 36°C (KTJ·1 ml^{-1})		Kultivovatelné mikroorganismy při 22°C (KTJ·1 ml^{-1})	
252/2004 Sb.	0		0		0		40		200	
	SV	UV	SV	UV	SV	UV	SV	UV	SV	UV
18.09.2018	140000		450	0	1800	0	26000	4	28000	11
24.09.2018	240000	0	35600	0	1100	0	9000	0	17000	3
02.10.2018	21000	0	1000	0	1000	0	14000	7	3000	28
09.10.2018			300	0	1200	0	3000	3	25000	3

Průmyslový podnik XYZ

Testování znovuvyužití odpadní vody z autokláv bylo prováděno v průmyslovém podniku XYZ. Voda zde se vyznačuje vysokou teplotou a upravená je využívána znovu pro autoklávy. V tomto případě je zásadní separace organických látek a mikrobiologických parametrů. Díky vyšší teplotě probíhá koagulace nečistot poměrně snadno a separace je tedy velmi účinná. Separace organických látek v tomto případě probíhá z 60–70 % a odstranění mikroorganismů je 100%. V tomto případě je též zásadní sledování provozních parametrů, které jsou jako v ostatních případech velmi pozitivní. Spotřeba vody na praní je zde do 1 %. Další podrobné výsledky budou uvedeny v prezentaci.

Závěr

Z dosažených výsledků je jasné, že technologie keramické membránové filtrace je natolik flexibilní, že dokáže plnit i funkci doúpravy vyčištěné odpadní vody a účinně tak chránit další stupně, které jsou náchylné na vysoké látkové zatížení. Nemusí být tedy využívána pouze v úpravě surové podzemní nebo povrchové vody. Je jasnou barierou pro organické látky a mikrobiologické parametry. Při správné konfiguraci následných stupňů (aktivní uhlí a reverzní osmóza) lze dosáhnout permeátu s vysokou kvalitou, který může být dále využíván jako surovina, nikoli jako odpad.

Literatura

[1] Kavlová J., Lapin M., Huth R.: Klimatické změny: Fakta bez mýtů. Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí, Praha 2009. 40 s. ISBN 978-80-87076-13-2.

[2] Daňhelka J., Kubát J.: Sucho v roce 2018 – Předběžné hodnocení. Český hydrometeorologický ústav, Praha 2019. 86 s.

[3] Wanner J.: Přímé i nepřímé využívání vyčištěných odpadních vod pro zásobování pitnou vodou: Kruh se uzavírá. Sborník přednášek z XXIII. odborné konference Nové trendy v čistírenství a vodárenství. Soběslav 2019, s 1-10. ISBN 978-80-905059-8-8.

[4] Hrušková P., Brabenec T., Drda M.: ÚV Trnová – první keramická membránová mikrofiltrace ve Střední Evropě. Sborník konference Voda Zlín 2017. Zlín 2017, s. 93-99. ISBN 978-80-905716-3-1.

[5] Hrušková P., Brabenec T., Paul J., Říhová Ambrožová J., Kosina J.: Provzní výsledky z keramické membránové filtrace na ÚV Strašice a Trnová. Sborník konference Pitná voda 2017, Bratislava 2017, s. 34-39. ISBN 978-80-86832-98-2.

[6] Brabenec T., Hrušková P., Drda M., Munzar T.: Dva roky provozu keramické membránové filtrace na ÚV Trnová. Konference Pitná voda 2018. Tábor 2018. ISBN 978-80-905238-2-1.

[7] Procházka J., Brabenec T., Hrušková P., Munzar T.: Zkušenosti s provozem mobilní membránové úpravy ve Vyšším Brodě. Časopis SOVAK 5 (2019).

ZERO WATERLOSS, vize budoucnosti

Michal Ričl

vonRoll hydro (cz) s.r.o.

Úvod

Voda je základní složkou života na zemi. Je v lidském těle v neustálém koloběhu, tj. na jedné straně je přijímána, na druhé straně je po splnění svých funkcí z těla vracena do vnějšího prostředí. Z hlediska zásob vody je potřeba uvést, že vody je na naší planetě víceméně pořád stejné množství. Záleží ale, zda je k dispozici tam, kde ji zrovna potřebujeme. Již dávno je pryč doba, kdy byla používána převážně k uspokojení lidské potřeby. Každý z nás ji používá denně a je tedy zřejmé, že vzhledem k narůstajícím požadavkům se my všichni musíme zaměřit na to, aby s vodou nebylo zbytečně plýtváno a byla vždy k dispozici v dostatečném množství. Klesající hladiny podzemní vody můžeme pozorovat po celé roky a již nyní se setkáváme během letních měsíců s omezeními spotřeby pro běžné každodenní využívání. Klimatické změny, populační růst, požadavky na životní úroveň a nadměrné využívání jsou dalšími faktory, které zvyšují nároky na spotřebu vody. Jak tedy ztráty a plýtvání omezit?

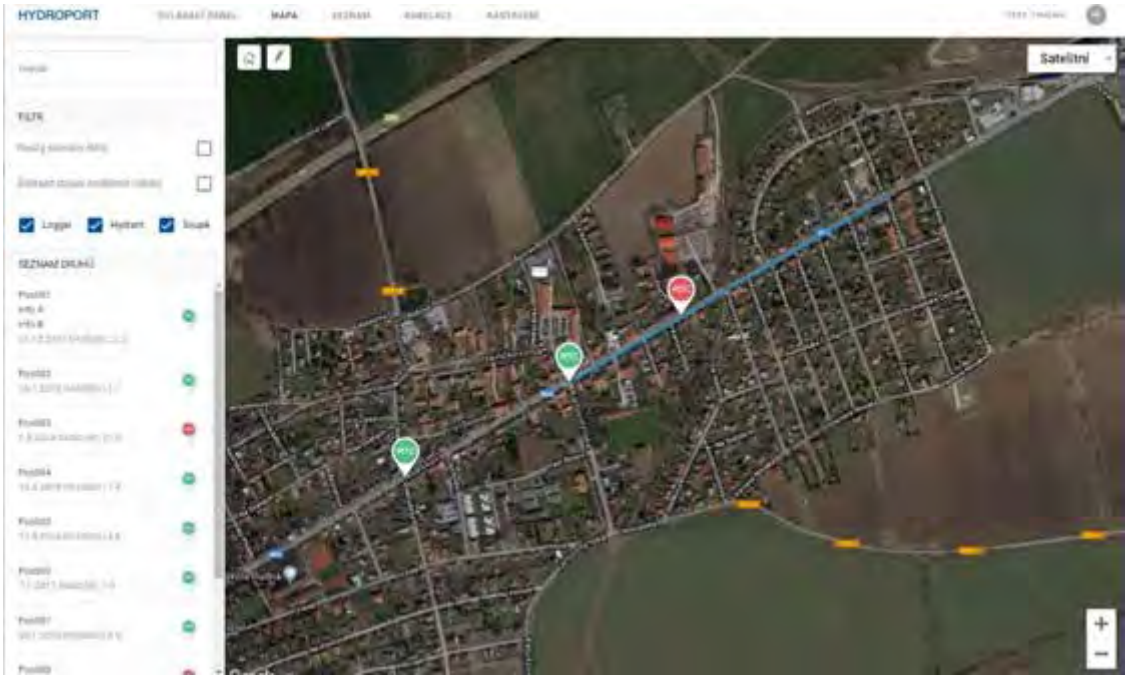
ZERO WATERLOSS

Program ZERO WATERLOSS je způsob, jakým můžeme přispět k zajištění, aby voda měla důležitost, kterou si zaslouží. Jedná se o otevřený koncept, použitelný pro produkty a služby jakéhokoli dodavatele. Tento ucelený systém se skládá z několika na sobě částí, které jako celek mohou přispět k omezení úniků při dodávkách vody. Jednotlivé části si podrobněji popíšeme dále.

ZERO WATERLOSS znamená také mít kvalitní vodu, ohleduplné zacházení se zdroji a udržitelnost jako odkaz pro budoucí generace. **S**ystém je založený na integrovaných výrobcích a službách a využívá možnosti digitalizace ve vodárenství mezi které patří dálkové ovládání, inteligentní měření, analýza vody, senzory, inteligentní ovládání čerpadel, systémy GIS a simulační metody. Díky tomu je možné lokalizovat úniky ve velmi krátkém čase a tím zajistit úsporu finančních prostředků. …. . a hlavně cenné vody.

HYDROPORT

Software HYDROPORT je vstupní branou do programu ZERO WATERLOSS. Hlásí úniky vody a problémy s kvalitou zaznamenané senzory v přehledné vizuální podobě. Tento program pro vizualizaci a inventarizaci byl vyvinut inženýry švýcarské společnosti VONROLL-HYDRO v Emmenbrücke a Krakově. HYDROPORT se v budoucnu stane základem pro bezpečnou a kvalitní distribuci vody.



Hlavní obrazovka s mapou a seznamem zařízení

HYDROPORT poskytuje přehled a zobrazuje vodovodní infrastrukturu digitálně. Všechny součásti infrastruktury jsou zobrazeny v Mapách Google. Systém Integruje technologie detekce netěsností, jako je ORTOMAT MTC s automatickou korelací. Operace jsou intuitivní od detekce jednotlivých komponent až po vyhodnocení zpráv. Má integrované funkce zobrazující aktuální stav a poplachy na jakémkoli počítači, tabletu nebo smartphonu. Součástí je také rozhraní pro další dostupné systémy (např. GIS). Je zde integrována podpora při plánování, údržbu a odpovídající dokumentace. Nezbytnou součástí je komplexní ochrana dat a profesionální zabezpečení.

Funkce a výhody

Pro monitorování celé sítě je nutný přehled o všech součástech systému. Proto je možné do systému Hydroport vkládat veškeré informace o typech hydrantů a šoupat včetně jejich umístění. Systém umožňuje též sledovat jejich kontroly a revize. Vše je potom možné přehledně sledovat v mapových podkladech, kde se současně zobrazují netěsnosti. Seznam závad lze třídit dle priorit a zapisovat informace do kalendáře pro koordinaci prací. Import dat potrubí ze systému GIS lze pomocí souborů KML nebo lze data vkládat ručně. Pro přehlednost je možné použít různé symboly pro různé typy loggerů. Veškerá naměřená data jsou v systému ukládána a je proto možné využít i v dříve naměřených dat.

Výhodami jsou přímá vizualizace, které korelační páry jsou možné a také vyznačení úniků, pokud loggery přesahují nastavenou prahovou hodnotu. Díky tomu je vše velmi přehledné a ve výsledku dochází k velké úspoře času.

Monitorování

Při vzniku poruchy na vodovodním potrubí dochází k úniku vody vysokou rychlostí, což v poškozeném místě způsobuje vibrace materiálu. Unikající voda a chvění v potrubí tvoří šum, který se šíří materiálem potrubí do okolního prostředí a na blízká kontaktní místa jako jsou ventily, šoupata a jiné armatury. Vibrace a zvuk, které se přenáší při ztrátě vody do okolní půdy, lze nepřetržitě monitorovat pomocí ORTOMAT-MTC loggerů.

ORTOMAT-MTC

Díky nejmodernější technologii a různým metodám měření umožňuje systém sledování úniků ORTOMAT-MTC detekovat místa úniku vody v jakémkoli časném stádiu. Vodní potrubí provozovaná pod tlakem lze rychle a efektivně kontrolovat nebo monitorovat. Místo úniku lze lokalizovat s velkou přesností mezi dvěma záznamníky.

Grafický výstup naměřených hodnot

Hydranty a šoupata – umístění v terénu

Příklad umístění loggeru v šachtě a zobrazení rozmístění loggerů v mapě Hydroportu. V tomto případě v satelitním zobrazení.

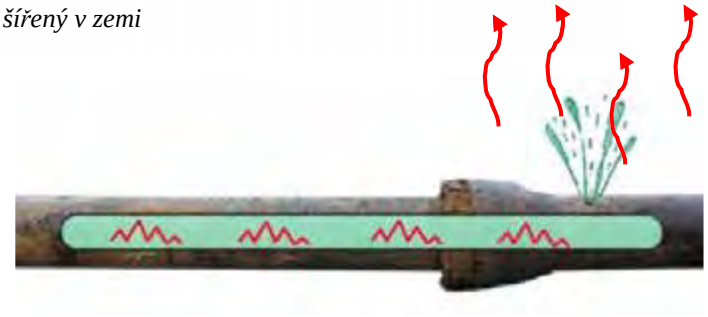
Vyhledávání poruch v terénu

Před zahájením výkopových prací je možné pomocí přístroje TERRALOG ověřit polohu úniku. Jedná se o zvukový mikrofon založený na detekci zvuku šířeném zemí nebo konstrukcí, v tomto případě vodovodní trubkou. Je vybaven ultracitlivým senzorem a s kompletním příslušenstvím je okamžitě možné použití k přesnému lokalizování poruchy.

TERRALOG

Zvuk nesený konstrukcí

Zvuk šířený v zemi



Závěr

Nejen rovníkové země, ale již i Českou republiku trápí sucho a nedostatek vody. Odborníci se jednoznačně neshodnou na příčinách. Na čem se ovšem shodnou je fakt, že kvalitní distribuce vody bude čím dál důležitější a v budoucnu můžeme očekávat narůstající problémy týkající se dostatečného množství vody. Může se zdát až k nevíře, kde všude nám voda slouží a co všechno s námi prožívá. Když o tom ale teď víte, můžete vzít věci do vlastních rukou. Nebrat vodu jako samozřejmost, nezapomínat na ni a pečovat. Každý, jak nejlépe umíte. I malé krůčky mají velký smysl.

Tak, jako do našeho každodenního života vstoupily všelijaké technologie, i do distribuce tak vzácné a nenahraditelné suroviny, jakou voda je, dříve či později proniknou moderní technologie v maximální možné míře. Je k tomu zapotřebí dostatečné množství informací a vůle odpovědných osob. Je tedy jen a jen dobře, že již nyní máme k dispozici technologie, které mohou pomoci, aby nejen my, ale i naše děti a vnoučata mohli mít k dispozici vodu v dokonalé kvalitě a dostatečném množství.

POZNÁMKY

MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ

Společnost **MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.**, člen skupiny Veolia Česká republika, je provozovatelem vodohospodářské infrastruktury pro města, obce a průmyslové podniky v okresech Olomouc, Prostějov a Zlín, kde zajišťuje provoz a servis 2 198 km vodovodních a 1 363 km odpadních sítí. Pro kontakt se zákazníky slouží 6 zákaznických center v Olomouci, Prostějově, Zlíně, Uničově, Valašských Kloboukách a Konici. Nonstop mohou zákazníci využívat zákaznickou linku 840 668 668 a také mobilní zákaznickou linku 601 276 276.

Společnost provozuje služby v oblasti pitných vod pro 399 909 obyvatel a v oblasti odkanalizování odpadních vod pro 317 096 obyvatel, ve všech regionech svého působení. Neustále se snaží hledat nové způsoby, jak zvýšit efektivitu práce a své úsilí zaměřuje na zlepšování výkonů ve všech oblastech, aby byla synonymem pokroku a vyspělosti, a to nejen v oblasti inovací a zlepšování technologií, ale i závazků vůči svým zákazníkům. V oblasti ekologické usiluje o minimalizaci svých negativních dopadů na okolí ve vztahu k životnímu prostředí a veřejnosti a v oblasti bezpečnosti práce dbá o zajišťování bezpečnosti a ochrany zdraví svých zaměstnanců.

Od 1. ledna 2015 je skupina Veolia v České republice řízena jednotně. Vznikla jednotná struktura řízení aktivit vodárenství, teplárenství a odpadového hospodářství pod společnou značkou Veolia. Celá skupina se aktivně řídí společnými hodnotami, mezi které patří odpovědnost, solidarita, respekt, inovace a orientace na zákazníka.

MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.
Tovární 41, 779 00 Olomouc
Zákaznické linky 840 668 668; 601 276 276
www.smv.cz; smv@smv.cz

Výstavba a rekonstrukce inženýrských sítí

- pokládka potrubí bez omezení dimenze, materiálu a tlakových řad
- bezvýkopové opravy vodovodů, kanalizací, plynovodů
- práce kanalizačními roboty

ZEPRIS

Na našich zkušenostech můžete stavět!

www.zepris.cz

Medmes®

PROJEKCE • DODÁVKY • MONTÁŽ

ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD • ÚPRAVNY VODY
ČERPACÍ STANICE PRO PRŮMYSLOVÉ PODNIKY, OBCE A MĚSTA
VÝROBA PLASTOVÝCH NÁDRŽÍ A KOMPONENTŮ • STROJÍRENSKÁ VÝROBA
VÝROBA, PRODEJ, MONTÁŽ
DOMOVNÍCH ČISTÍREN A ČERPACÍCH
STANIC ODPADNÍCH VOD

SPOLEČNOST JE CERTIFIKOVÁNA DLE
ČSN EN ISO 9001:2009 | ČSN EN ISO 14001:2005 | ČSN EN OHSAS 1801:2008

+420 581 603 200

Medmes, spol. s r.o., třída Čs. Armády 211, 753 01 Hranice

www.medmes.cz

hawle
ŠOUPÁTKA
HAWLE - E3

Dvojité bajonetové uložení vřetene

•

Inovovaný uzavírací mechanismus

•

100% ochrana proti korozi

made for generations.

www.hawle.cz

disa

technologie pro život

Čerpadla a čerpací stanice
Kamerové systémy do potrubí
Chlorová dezinfekce
Ozonizace
Detekce plynů
Vřetenová čerpadla
UV dezinfekce
Příslušenství potrubí a sítí

DISA s.r.o.
Barvy 784/1 | 638 00 Brno

548 141 211 545 222 706
www.disa.cz | info@disa.cz

30

WOMBAT®

1990 - 2020