

Využití technologického auditu pro optimalizaci provozu úpraven vody a manažerské rozhodování

Ing. Petr Dolejš, CSc.

W&ET Team, Box 27, Písecká 2, 370 11 České Budějovice
a Fakulta chemická VUT, Purkyňova 118, 612 00 Brno
e-mail: petr.dolejs@cmail.cz

ÚVOD

Proč technologický audit a čemu může pomoci? V tomto příspěvku se pokusím vysvětlit, proč bude nezbytné uvažovat o technologickém auditu úpraven vody jako o jednom ze základních prvků kvalitního provozování a rozvoje úpraven vody. K vlastnímu tématu technologického auditu vyšla již publikace [1] a proto jeho koncepci jen krátce zmíním. Pokusím se také vysvětlit, jaká východiska a přínosy může zpracování technologického auditu mít pro rozhodování o zásadních otázkách spojených s provozem úpraven vody. Dovolte mi v souvislosti s úvodní otázkou malé ohlédnutí do vodárenské historie.

SOUČASNÉ DOZVUKY DÁVNÉ VODÁRENSKÉ HISTORIE

Zásobování vodou se po mnoho století vyvíjelo jako disciplína lidské činnosti, která se zabývala **dopravou vody**. Stačí si vzpomenout na úžasné stavby akvaduktů, které jsou v jejich majestátnosti ještě dnes k vidění v několika zemích. **Úprava vody** je naproti tomu disciplína relativně mladá, je jí teprve zhruba sto let. Nepočítáme-li zajímavé pozorování o pozitivním působení solí hliníku na „vyčiření vody“, můžeme o ní hovořit až od zavedení pomalé anglické filtrace a nasazení chlorace vody.

Domnívám se, že dodnes přetrvávají vztahy obou disciplín ve kterých se odráží kontext jejich historie. **Doprava vody** je zavedená, solidní, vypočitatelná, ustálená a hojně odborníky zastoupená disciplína. **Úprava vody** je někdy brána jako módou vyprodukovaný doplněk, přívěšek, nutné zlo, zbytečná komplikace, stále se měnící, někdy málo exaktně uchopitelná disciplína, která je zatím provozována jen menšinou těch, kteří se cítí být povoláni hovořit o věcech kolem pitné vody. Historický pohyb se však nedá zastavit. Tak jako chemie, jako mladší disciplína, vstoupila kdysi do řady již existujících „zavedených“ oborů, tak se i v oboru zásobování pitnou vodou postupně uplatňuje. Již řadu desetiletí jsme navíc svědky toho, že po nástupu chemie se stále více prosazují obory biologické a vzájemné vztahy původních disciplín se tak stávají ještě komplexnější. V čistírenství dokonce aplikovaná biologie předběhla chemii.

Jinými slovy, k historicky dobře popsanému a tradicemi již vyprofilovanému oboru transportu vody z jednoho místa na druhé **bez (záměrné) změny její kvality** přistupuje rovnocenný obor, jehož posláním je doplnit tuto tradici **změnou kvalitativních vlastností této přesunované kapaliny**. Zatímco ona tradice je v tomto ohledu navýsost fyzikální obor, změna kvality je zcela v režii chemických a biologických disciplín. To je potřeba uznat ať se to někomu líbí nebo ne. Ignorovat to by znamenalo postavit se do stejné pozice, jakou můžete mít v očích třeba dobrého strojaře, pokud mu budete tvrdit, že v podstatě nezáleží na tom, jaký olej do motoru u vašeho auta nalijete a jak často ho budete měnit.

Protože je dnes již jisté, že se i při prosté dopravě prakticky téměř vždy mění nebo může měnit i kvalita dopravované vody, je jisté, že jak discipliny zaměřené na dopravu, tak discipliny zaměřené na úpravu musí při zajišťování pitné vody spolupracovat. **Změny kvality vody jsou téměř výlučně výsledky působení chemických a biologických procesů, které probíhají v mikroměřítku kapaliny na molekulární úrovni** [2]. Proto by je měli popisovat, studovat a navrhovat jen ti, kteří jsou s těmito procesy dobře seznámeni a v tomto oboru řádně vzděláni. Opak by jistě nevyhovoval ani jedné straně. Představa, že biolog určuje pevnost stavebních konstrukcí, je snad pro stavaře stejně děsivá jako představa, že třeba strojař navrhuje technologické procesy úpravy vody pro chemiky. Pochopitelně se tímto tvrzením nechci nijak dotknout radosti z amatérského „bastlení“, kdy si rád kdokoli zkouší cokoli. Sám jsem radioamatér. Ve slušné profesi však tento přístup nemá místo.

ROZHODOVACÍ PROCESY VE VODÁRENSTVÍ

Z předchozího je snad zřejmé, že kvalitní služba zásobování vodou, která bude využívat současné úrovně poznání ve světě, je velice komplexním oborem, který zahrnuje využití poznatků mnoha vědních oborů. Dokonce se neomezuje jen na obory takzvané exaktní, ale má svůj významný rozměr sociální, který by neměl být opomíjen [3].

Řízení takového oboru, a to jak na lokální úrovni tak na úrovni celých států, je proto náročné a kvalitní rozhodování musí vycházet ze zpracování obrovského množství informací. Informace jsou však pouhým počátkem rozhodovacího procesu. **Kvalita informací je důležitá, ale mnohem důležitější je jejich analýza a následné využití** [4]. Jde právě o to, jak přeměnit informace na znalosti. Tento proces se někdy nazývá zpravodajská analýza. Je nutným pokračováním často již prováděného pasivního monitoringu informací, který zahrnuje fáze sběru a selektivní distribuce informací, ale postrádá právě stěžejní fázi jejich odpovídající odborné analýzy. Pro pochopení významu analýzy je právě nezbytné si uvědomit rozdíl mezi informací a znalostí, určenou pro rozhodování. Když si řídicí pracovníci stěžují na množství informací, které potřebují pro své rozhodnutí, zaměňují právě informace za znalosti. Ve skutečnosti to znamená, že mají příliš mnoho informací avšak z nich je analyticky „extrahováno“ příliš málo znalostí. Informace jsou strohá fakta, tj. čísla, statistiky, rozptýlené fragmenty dat o kvalitě vody v různých místech, o úpravárnách, jejich vybavení, lidech, dodavatelích atp. Informace často vytvářejí dojem, zejména když je jejich velký objem, že o něčem vyčerpávajícím způsobem vypovídají, ve skutečnosti tomu tak nebývá [4]. Na základě pouhých informací není možné udělat dobré rozhodnutí a je lhostejné, jak přesné a vyčerpávající jsou. Analýza je tedy to, co kvalitativně odlišuje komunikovatelnou znalost od prostého monitoringu informací. **Analýza je kreativní, intelektuální proces, jímž se informace přeměňují ve znalosti potřebné pro konkrétní rozhodnutí.** Provádí se v těchto základních krocích:

1. sběr, popis a interpretace informací
2. logická úvaha
3. formulace hypotéz
4. přijetí závěrů
5. vyhodnocení.

Pro práci na prvním bodě je vhodné využívat i různá schémata, (vztahová, kauzální a postupová schémata), která ukazují např. možné souvislosti jednotlivých prvků či procesů, jejich vzájemnou podmíněnost atp.

Hypotézy nesmějí být pouze suchým výčtem toho, co je téměř zaručeně platné. Uplatňuje se v nich deduktivní i induktivní logika druhého bodu uvedeného výčtu. Smyslem hypotéz je proto prezentování nápadů a myšlenek, které ukazují směry, kterými by se mohlo postupovat. Hypotézy mohou obsahovat i určitý díl spekulací a musejí být dále potvrzovány, modifikovány či zamítány na základě dalších poznatků.

Přijaté závěry mohou mít různé podoby. Od přijetí jedné z hypotéz s akceptovatelnou mírou rizika až po několik alternativních hypotéz, pokud žádnou nelze s akceptovatelnou mírou rizika potvrdit. Součástí formulace závěrů je také hodnocení míry jejich věrohodnosti. Dochází totiž ke dvěma hlavním kategoriím omylů [4].

Omyly z opomenutí jsou zapříčiněny:

- přílišným zjednodušením
- nedostatečnými zdroji vstupních informací
- mylným určením příčinnosti či
- zvažováním pouze kombinací extrémních alternativ.

Omyly vznikající z mylných předpokladů jsou důsledkem např.:

- špatně formulované počáteční otázky
- formulováním hypotézy odporující některému ze vstupních faktů či
- nesprávnou analogií.

Je třeba si také uvědomit, že výsledek analýzy bude vždy kompromisem mezi náklady, kvalitou a požadovanou rychlostí zpracování [4]. Z hlediska zadání je většinou možné volit jen mezi současným splněním dvou z uvedených tří požadavků. To znamená, že:

Levně – kvalitní a rychlý výsledek je vždy drahý.

Rychle – kvalitní a levný výsledek nelze získat rychle.

Kvalitně – levný a rychlý výsledek není nikdy kvalitní.

Zajímavý pokus analýzy vodárenských provozních dat byl nedávno prezentován v publikaci [4]. Využitím některých metod umělé inteligence (ANN – artificial neural network) se autoři zaměřují na hledání souvislostí (příčin a následků) v provozu úpraven. Vycházejí jednak ze zpracování historických provozních dat, jednak jejich doplnění z nového sledování. Tím je vlastně přistupováno k úpravě jako k černé schránce a studují se různé vzruchy, jejich kombinace a následné odezvy. Vedle některých nesporných výhod tohoto přístupu z hlediska běžného provozu má ale tato metoda několik významných omezení. Zejména je to skutečnost, že přístup s využitím ANN není dost dobře použitelný pro návrhy nových technologických souborů či rekonstrukce stávajících. Nesnaží se totiž poznat podstatu probíhajících procesů. Tím se použití ANN omezuje víceméně jen na danou lokalitu.

Naopak přístup dále uvedeného technologického auditu se snaží využít maximálně dosaženého stavu poznání. Provádí komplexní analýzu v provozu dostupných informací a jejich doplnění o informace, které v běžné provozní praxi nejsou dostupné.

KONCEPCE TECHNOLOGICKÉHO AUDITU

Je snad obecnou snahou každého provozovatele, aby úpravna nejenom pracovala tak, že dosahuje požadovaných výstupních parametrů „výrobku“ (pitné vody), ale také aby

těchto parametrů dosahovala za rozumnou cenu, a voda byla navíc dostupná v potřebném množství a spolehlivě po celé období. Vedle dobře kvantifikovatelných a každému srozumitelných údajů o úrovni provozu jednotlivé úpravně, založených na souhlasu či nesouhlasu s normovanými hodnotami pitné vody, jsou ještě faktory, které taktéž ukazují **úroveň provozu úpravně** a významně ovlivňují celkové výsledky, jakých dosahuje. Tím mám na mysli především hospodárnost provozu, úroveň údržby zařízení, připravenost na krizové stavy atd. Provoz úpravně mohou vzdalovat od optimálních podmínek nejenom nevhodné projektové a administrativní faktory, ale může to být také nevhodná provozní praxe, nízká kvalifikace obsluhy aj. Racionální řešení zjevných i skrytých nedostatků, zlepšení činnosti úpravně, zkvalitnění upravené pitné vody, prognózování budoucích potřeb rekonstrukcí či inovací je možné dosáhnout jen tehdy, když podrobně zmapujeme současný stav. Tomu právě slouží **technologický audit**.

Podívejme se nyní blíže na to, jak postupovat při zjištění, že úpravna buď neplní nároky na ni kladené a nebo při snaze provozovatele či vlastníka celkově optimalizovat provoz úpravně. Na obr. 1 je uvedeno přehledné schéma základního postupu [1]. V následující kapitole se budeme zabývat tím, co technologický audit je a jak se provádí.

STRUČNÁ METODIKA TECHNOLOGICKÉHO AUDITU

Technologický audit se zaměřuje v prvním kroku na současný stav posuzované úpravně. Vypracovává jakýsi „časový snímek“ provozu a to například i včetně možných změn kvality surové vody. Zahrnuje několik oblastí aktivit:

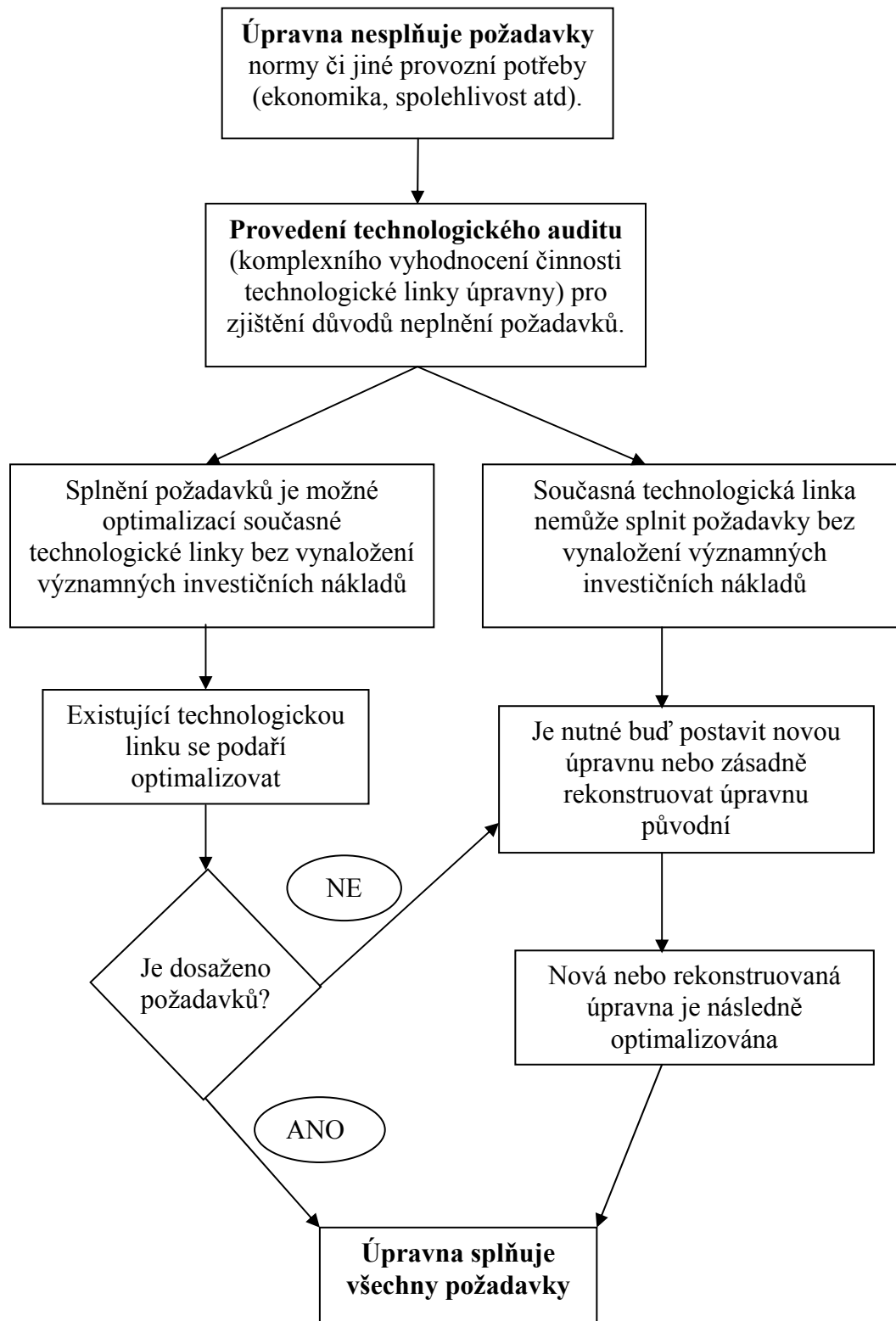
1. vyhodnocení základních technologických stupňů
2. vyhodnocení procesů - separační účinnosti úpravně a provozního režimu
3. přiřazení priorit k nalezeným faktorům, které limitují dobrý chod úpravně
4. realizaci *Kombinovaného programu optimalizačních úprav*
5. komplexní vyhodnocení výsledků auditu a sepsání souborné zprávy.

Nyní stručně přiblížím, co je náplní jednotlivých bodů. Jako příklad posuzované technologické linky nám bude sloužit klasická dvoustupňová úpravna.

Vyhodnocení základních technologických stupňů

Tento první krok technologického auditu má za cíl jednak podle orientačních návrhových kritérií a také podle zkušeností auditora odhadnout, zda existující technologická linka má **potenciál pro dosažení požadovaných parametrů účinnosti**. V tomto kroku tedy jde o směs statického hodnocení „betonových“ struktur a strojně-technického vybavení úpravně a jejich porovnávání s vhodnými analogiemi tj. s jinými, dříve studovanými úpravami.

Pokud se ukáže, že hlavní technologické stupně jsou **potenciálně a beze změn** schopné splnit požadované cíle, můžeme takovouto úpravnu pracovníčně označit jako **Typ 1**.



Obr. 1. Technologický audit jako klíčová metoda pro dosažení požadovaných parametrů úpravny vody [1].

V případě, že má takováto úprava např. problémy s plněním norem kvality upravené vody, znamená to, že tyto problémy nemají s velkou pravděpodobností příčinu ve vlastní technologické lince, ale jsou způsobeny nevhodnými provozními podmínkami (např. není dostatečná kontrola dávek chemikálií), údržbou či nevhodnými administrativními opatřeními (např. provoz úpravní je přerušovaný).

Pokud jsou hlavní technologické stupně jen s **drobnými a investičně nenáročnými změnami technologické linky** potenciálně schopné splnit požadované cíle, můžeme takovouto úpravu označit jako **Typ 2**. Znamená to, že pravděpodobně nebude potřeba zásadních investic do rekonstrukce technologické linky úpravní a vhodně vypracovaný kombinovaný program optimalizačních úprav má velkou naději na úspěch.

V případě, že hlavní technologické stupně **zjevně neodpovídají požadavkům kladeným na úpravu**, je třeba uvažovat o zásadních modifikacích technologické linky. Aby bylo dosaženo požadovaných cílů můžeme takovouto úpravu označit jako **Typ 3**. I když se v takovémto případě mohou vyskytovat též omezení daná nevhodným provozováním, údržbou či administrativními opatřeními, dokud nebude provedena zásadní „fyzická“ rekonstrukce technologické linky, nelze očekávat podstatné zlepšení dosahovaných výsledků.

Vyhodnocení procesů - separační účinnosti úpravní a provozního režimu

S předchozí úlohou velmi těsně souvisí **vyhodnocení procesů probíhajících v úpravně**. Vychází se z podrobného experimentálního proměření všech základních technologických stupňů, jako jsou předúprava vody, homogenizace koagulantu, agregace suspenze, sedimentace, filtrace, desinfekce atp. Cílem je identifikovat, které prvky v technologické lince limitují separační účinnost úpravní a kvalitu jejího provozního režimu. Při zjišťování limitujících faktorů byl postupně vytvořen seznam 65 různých položek, které mohou potenciálně negativně ovlivňovat chod úpravní.

V této fázi se také hodnotí **stabilita všech procesů**. Proto se hodnocení také zaměřuje na to, zda se nevyskytují krátkodobé výpadky či poruchy jednotlivých technologických stupňů, jako je nestabilita či přerušování dávkování chemikálií, nestabilita zapříčiněná krátkodobým hydraulickým přetěžováním jednotlivých filtrů, (které pak má za následek uvolňování již zachycených částic do upravené vody) atp. Takovéto poruchy mají významné hygienické dopady a může při nich docházet například k pronikání velkého množství kryptosporidií a giardií do upravené vody. To pochopitelně indikuje nízkou úroveň provozování úpravní a to i tehdy, když záznamy z analýz úpravní o kvalitě upravené vody jsou v souladu s normovanými hodnotami kvality pitné vody.

Hodnocení procesů, které probíhají v jednotlivých částech technologické linky úpravní je odborně, experimentálně i časově náročné. V současné době jsme dokončili **dlouholetý vývoj vlastních metodik pro audit základních technologických procesů** a pro studium interakcí mezi procesy probíhajícími v jednotlivých stupních úpravní, ze kterých získáváme podklady pro optimalizaci provozu či požadavky na rekonstrukci technologické linky. **Audit zaměříme zejména na tyto klíčové prvky a procesy v nich probíhající:**

- kvalita zdroje surové vody a její změny v čase
- předúprava pH, popř. předoxidace

- nastavení optimální dávky koagulantu a její určování v provozu
- kvalita homogenizace koagulantu s proudem upravované vody
- stanovení vhodnosti druhu používaného koagulantu
- zjištění kinetiky agregace separovatelných částic suspenze
- míchání a tvorba sedimentovatelných částic a velikostní distribuce částic
- vhodnost či možnosti použití organických polymerů
- účinnost a provozní režim filtrace.

Pro **audit filtrace** jsme vyvinuli metodiku relativně nedávno. Měření je založeno na kontinuální analýze průběhu tlakových ztrát v celém loži filtru. Velice citlivé měřicí sondy, umístěné přímo v loži filtru, zaznamenávají hodnoty tlaku každých 10 vteřin do přenosného počítače. Získaná data jsou vyhodnocena z několika různých hledisek.

Přiřazení priorit k nalezeným faktorům, které limitují dobrý chod úpravný

Po zjištění limitujících faktorů nastává fáze, kdy je potřeba zjištěné nedostatky vzájemně propojit a zjistit případné synergické či antagonistické vztahy mezi nimi. Priorizace stanovuje pořadí a nebo důležitost jednotlivých návazných aktivit potřebných k dosažení optimálního provozu úpravný. Z toho důvodu je jednotlivým limitujícím faktorům při provádění auditu přiřazována klasifikace priority. Priority označované jako **Typ A** označují faktory, které významně a dlouhodobě ovlivňují provoz úpravný. Priority označované jako **Typ B** jsou faktory, které mají buď méně významné dlouhodobé vlivy nebo významné vlivy periodické. Jako **Typ C** jsou označovány priority, jejichž efekt na celkovou kvalitu provozu úpravný je relativně malý či málo významný. Je zřejmé, že stanovení prioritizace limitujících faktorů pomůže rozložit nutná nápravná opatření v čase a věnovat se nejdříve těm nejdůležitějším, což může být významné z hlediska dostupnosti investičních prostředků.

Realizace *Kombinovaného programu optimalizačních úprav*

Kombinovaný program optimalizačních úprav má za cíl **postupně eliminovat** faktory, které byly identifikovány jako **limitující faktory účinnosti provozu úpravný** a to s maximální snahou o komplexní řešení a pokud možno bez rozsáhlých kapitálových investic. Tento program je nazýván kombinovaný proto, že mnohdy je třeba realizovat současně se zásahem do technologické linky např. administrativní opatření, změnu provozního režimu atp.

V této fázi auditu vstupují většinou do hry vedle auditora také **další aktéři**. Některá opatření je např. třeba projektově zpracovat, pro jiná je nutná součinnost s dodavatelem surové vody atp. Je důležité, aby všechna opatření byla podrobně diskutována s majitelem infrastruktury i provozovatelem (jsou-li organizačně odděleni), aby oba tyto subjekty byly přesvědčeny, že navrhovaná opatření budou sloužit jednak ke zlepšení kvality pitné vody a provozu úpravný, jednak že budou mít nutně pozitivní ekonomický vliv na finanční stabilitu firmy a tím i na výši vodného.

Je zřejmé, že **ekonomická motivace** auditorské firmy se bude lišit jak od motivace projektové firmy, tak dodavatelských firem. Zatímco první má jednoznačně za cíl uspokojit komplexním, myšlenkově bohatým a moderním řešením vlastníka infrastruktury a provozovatele při **minimálních nárocích na investice a provozní prostředky**, motivace zbývajících firem je zatím v důsledku přežívajících mechanismů odlišná. Pokud je ještě stále projektová firma placena procentem ceny výsledného díla,

nelze hovořit o jakékoli motivaci k racionální investiční politice. Samozřejmě netvrdím, že toho apriorně tyto subjekty zneužívají, avšak jejich zisk je v prvním přiblížení závislý právě na **maximalizaci zákaznickem vynaložených investic**. To by si měli jak majitelé infrastruktury tak provozovatelé uvědomit.

Komplexní vyhodnocení výsledků auditu a sepsání souborné zprávy

Je důležité, aby po vlastním provedení auditu a jeho zpracování do závěrečné zprávy byla následně také vytvořena zpráva po provedené realizaci *Kombinovaného programu optimalizačních úprav*. Úspěch *Kombinovaného programu optimalizačních úprav* je ve většině případů dobře měřitelný a měl by vycházet významným dílem z poznatků vlastníka a provozovatele úpravní. Pokud na výsledky auditu nenavazuje v rozumném časovém odstupu realizace optimalizačních úprav, výsledky auditu zastarávají a jeho konečného cíle a poslání vlastně nebylo dosaženo. Pokud je složitost a náročnost *Kombinovaného programu optimalizačních úprav* nad vlastní síly provozovatele, je vhodné na jeho přípravu a realizaci (ať celou nebo jen části) najmout kvalitní konzultační firmu.

ZÁVĚREM

Cílem technologického auditu je, aby úpravna nejenom pracovala tak, že dosahuje požadovaných výstupních parametrů pitné vody, ale také aby těchto parametrů dosahovala za rozumnou cenu. Proto hodnotí vedle vlastní technologické linky také úroveň provozu úpravní. Racionální řešení zjevných i skrytých nedostatků, zlepšení činnosti úpravní, zkvalitnění upravené pitné vody, prognózování budoucích potřeb rekonstrukcí či inovací je možné dosáhnout jen tehdy, když technologickým auditem podrobně zmapujeme současný stav.

První krok technologického auditu má za cíl odhadnout, zda existující technologická linka má potenciál pro dosažení požadovaných parametrů účinnosti. Dále se hodnotí jednotlivé procesy probíhající v úpravně včetně jejich provozní stability. Následuje přiřazení priorit k nalezeným faktorům, které limitují dobrý chod úpravní a realizace *Kombinovaného programu optimalizačních úprav*. Závěr tvoří komplexní vyhodnocení výsledků auditu a vytvoření souborné zprávy.

Jsem přesvědčen, že bude nezbytné široce využívat potenciální přínosy technologického auditu ve vodárenské praxi. Jen tak bude možné mj. zabránit ne hospodárnostem ve vynakládání prostředků a také neúměrnému zvyšování vodného.

CITOVANÁ LITERATURA:

1. Dolejš P.: Technologický audit úpraven vody. *Vodní hospodářství* **51**, č. 1, s. 8-10 (2001).
2. Stephenson T.: Processing water – it's chemical engineering. *Water Quality International*, s. 9, January/February (1998).
3. Vejlupek T.: Zpravodajská analýza informací. *Business World* **2**, č. 2, 55-57 (2001).
4. Dolejš P.: Integrovaná ochrana a využití vodních zdrojů (IWRM) a činnost Global Water Partnership (GWP). Ve sborníku 17.semináře „Aktuální otázky vodárenské biologie“, 82-88. VŠCHT Praha 2001.
5. Stanley S. J. a kol.: Process Modeling and Control of Enhanced Coagulation. AWWARF, Denver CO, 2000.