

# Porozumění procesům – primární problém předprojektové přípravy i provozu

*Doc. Ing. Petr Dolejš, CSc.*

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

---

## 1. Úvod

Na úvod si půjčím jeden citát. Je z knihy *Moderní metody čištění vod*, kterou napsal G. B. Kreshaw [1]. I když jsme na konferenci věnované převážně vodárenství, dále uvedené čistírenské tvrzení jistě platí i ve vodárenství. Autor ve své knize píše: „Neexistuje žádná nejlepší metoda odvádění a čištění odpadních vod, která může být univerzálně aplikována bez ohledu na místní podmínky. Jinými slovy, existuje mnoho metod, každá z nich je někdy vhodná v závislosti na jejích vlastnostech, vhodném technickém návrhu a místních podmínkách. V mnoha případech může být zjištěno, že dva nebo i více procesů poskytne pravděpodobně stejně dobré výsledky a otázkou pak je, který z nich bude nejekonomičtější při zvážení všech okolností, tj. jaké budou investiční náklady, náklady na provoz, lidskou práci a údržbu.“

Myslím, že tato slova by mohla být napsána i dnes a platí beze zbytku. O to zajímavější je, že uvedená kniha byla psána již v roce 1910. **Otázka volby vhodných procesů** je nejenom platná i po téměř 100 letech, ale v dnešní době je vhodná volba procesů ještě důležitější, protože jejich nabídka v technologii úpravy vody je stále širší a širší a požadavky na kvalitu upravené vody jsou přísnější.

## 2. Procesní pohled na úpravu vody

Co jsou procesy ví jistě každý. Slovník cizích slov a synonym poskytuje následující přehled: „postup, pochod, průběh, reakce, vývoj, děj; soudní řízení“. A co je to procesní pohled na úpravu vody? Tento pohled patří do kategorie, ve které **studujeme chemické a biologické pochody**, které jsou (ze známé definice) doprovázené změnou kvality hmoty. Na tyto kategorie je také zacílena naše snaha po jejich změně v případě, že voda potřebuje **vodárenskou úpravu**.

K vysvětlení procesního pohledu může posloužit i název jednoho z hlavních předmětů studia na chemicko-technologických vysokých školách, který se např. jmenuje *procesy a zařízení chemických výroby*. Nauka o zařízeních popisuje jejich konstrukci (jak vypadá odparka, kalolis, fluidní reaktor atp.) a nauka o procesech popisuje, co v těchto zařízeních probíhá (sušení, separace fází, oxidace, syntéza atp.). Ve studiu vlastních

procesů se pak uplatňuje celá škála dalších předmětů, od anorganické a organické chemie až po chemii fyzikální, reakční kinetiku, koloidní chemii, biochemii, bioinženýrství atd.

**Chemicko-technologické procesy** úpravy vody jsou dosud někdy málo pochopenou či málo zvládnutou stránkou při úpravě vody. Hlavní pozornost je zatím většinou věnována jen samotným zařízením, ve kterých procesy probíhají. To je dědictví popisného přístupu k úpravě vody, který byl historicky vytvořen a v dosti konzervativním prostředí našeho oboru pochopitelně bez větších problémů přetrvává. A není to problém jen u nás [2].

Je to však také důsledek **složitosti samotného systému surové vody** a stále jen velmi nedokonalého popisu procesů, které při jednotlivých technologických operacích probíhají. Je to tedy i otázka omezených znalostí, které v každém konkrétním případě o celém systému máme. Slovem *systém* zde rozumím seskupení prvků (kvalitativních vlastností vody a technologických operací), které jsou ve vzájemné interakci.

Je však jistě i chybou nás, chemiků-procesních inženýrů, že procesní aspekty návrhu či provozu technologické linky úpravny buď sami někdy nezvládáme v celé potřebné šíři nebo je nedokážeme dobře sdělit při tvorbě díla či v provozu úpravny navazujícím profesím například z řad projektantů a především zákazníkům, kteří mohou mít z důsledné aplikace procesního přístupu hlavní užitek.

Tento *užitek* bychom mohli znázornit jako součin dvou základních kritérií, která ovlivňují celkovou účinnost obecného vodárenského systému (účinností zde rozumím soubornou míru plnění základního poslání zásobování pitnou vodou tj. v dostatečné kvantitě, kvalitě a bez přerušení).

### **Účinnost vodárenského systému = účinnost transportu × účinnost úpravy**

Součinitel „**účinnosti transportu**“ v sobě integruje veškeré manipulace, při kterých nedochází k žádným chemickým a biologickým reakcím a je proto výsostnou doménou specialistů stavebních, strojních a elektrotechnických oborů.

Součinitel „**účinnosti úpravy**“ v sobě integruje zvládnutí chemických a biologických procesů, které se uplatňují zejména při změnách kvality vody a to jak při úpravě (resp. i při předúpravě například ve vodárenských nádržích), tak při její distribuci.

Hlavní sdělení, které je cílem této publikace, je jistě zřejmé ze znění uvedené rovnice. Oba součinitele na pravé straně rovnice mohou nabývat hodnot od 0 do 1. Abychom dosáhli maximalizace výsledného efektu, měly by oba součinitele být co nejbližší hodnotě 1.

Pokud **zcela selže jeden z faktorů na pravé straně rovnice** a jeho hodnota bude nula, bude celá účinnost vodárenského systému rovna nule. Pokud dojde např. na straně úpravy vody k natolik závažnému porušení kvalitativních parametrů, že voda např. bude prohlášena odpovědným orgánem jen za vodu užitkovou, je zřejmé, že účinnost celého systému zásobování pitnou vodou je v tomto případě nulová. (Samozřejmě netvrdím, že

např. sanitární funkce dodávky vody je pak také nulová a nelze tuto vodu využívat ke splachování záchodu, koupání či praní.)

**Zlom, který význam procesního hlediska při úpravě pitné vody významně podtrhnul**, nastal pravděpodobně s objevem vedlejších produktů chlorace v roce 1974 [3,4]. Do té doby bylo téměř jistotou, že každý nový proces, který si provozovatel zařadí do technologické linky úpravy, bude krokem k získání lepší kvality upravené vody. Z toho pravděpodobně historicky vzniklo dodnes (alespoň v podvědomí) stále přítomné nutkání – máte-li problém, kupte si nějakou novou technologii, kterou na úpravě ještě nemáte.

V roce 1974 se najednou ukázalo, že **jsou procesy, které mají také druhou stranu mince**. Postupně se ukazuje, že takových procesů je většina. Snaha likvidovat chlorací případné zbytky mikrobiálního znečištění v upravené vodě najednou produkovala nebezpečí srovnatelné s tím, které měla potírat. V dalších letech se pak postupně ukazuje, že tak je možné likvidovat jen větší nebo menší část mikrobiálního znečištění a navíc jen tu část více citlivou.

Podobná nebezpečí je možno nalézt i u jiných, dříve zdánlivě zázračných a technologicky nekonfliktních procesů, jakým je například ozonizace [5,6]. Před několika léty jsme ukázali [5], že ozonizací znečištěné podzemní vody mohou vznikat v určitém oboru dávek ozónu ještě nebezpečnější látky než jaké byly přítomny v původní vodě. V nedávno publikovaném souborném článku jednoho z nestorů našeho vodárenského výzkumu [6] bylo asi poprvé v našich domácích časopisech ukázáno také nebezpečí produkce bromičnanů při ozonizaci vody obsahující brom. Tento odstavec samozřejmě nemá za cíl jakkoli diskvalifikovat použití ozónu ve vodárenství. Má jen ukázat, že je naprostou nezbytností posuzovat u každého procesu všechny stránky jeho použití, a že je také nezbytné vhodně nastavit resp. optimalizovat provozní podmínky, při kterých se v technologické lince uplatňuje a to včetně zařazení do sledu technologických procesů.

Mohou být jistě i vodárenské systémy, kde vůbec nedochází ke změnám v chemických a biologických vlastnostech dopravované vody (nepřidává se žádná chemikálie, nic s ničím nereaguje, nic biologického neroste). V těchto zvláštních případech je pak jistě vše jen o transportu a procesní hledisko je možné zanedbat.

V případech, kterých je naprostá většina, a při kterých musíme zdroj surové vody upravovat, se pak jistě budeme ptát, jak tedy navrhnout zařízení pro úpravu vody a jeho provozní režim? Vzhledem k současné éře rekonstrukcí upraven se čím dále častěji také ptáme, jak navrhnout zlepšení zařízení (a jeho pracovního režimu), které je již v provozu? K tomu **potřebujeme předpovědět, jak se bude buď chovat dosud neexistující zařízení nebo jak se bude chovat již existující v nových provozních podmínkách**.

**Informace** pro tuto předpověď lze získávat různým způsobem. V oblasti procesů, které můžeme do technologické linky začlenit, můžeme využívat:

- Zobecněné experimentální výsledky a teorii.
- Údaje o příbuzných procesech.
- Výsledky jiných autorů.

- Výsledky nepřímých experimentů (laboratorní a poloprovozní pokusy).
- Výsledky přímých experimentů s cílovým objektem (existující úpravnou).

U prvního bodu uvedeného výčtu si musíme uvědomit, že platnost teorií a zákonů může být omezená, protože platí pouze v oblasti, kde byly pokusně ověřeny. Extrapolace mimo tuto oblast je vždy nejistá. To si dobře uvědomují procesní inženýři i v oborech, kde pracují s tak dobře definovanými vstupními produkty, jako je např. organická chemie, a pro které jsou naše zdroje surových vod zředěné roztoky velmi rozdílné povahy.

Podobná omezení, jako pro využití teoretických poznatků, platí i pro další dva body uvedeného výčtu. Vždy budeme narážet na to, že naše vodárenská *vstupní surovina* je jen velmi slabě charakterizovaná z hlediska různých možností chemických a biologických reakcí, které mohou v systému nastat.

Je zřejmé, že moderní technologie směřuje ke **studiu závislostí** (či jinak řečeno funkcí), které popisují vlivy různých proměnných na průběhy různých dějů a jejich ekonomické důsledky. Každý technologický rozbor by pak měl směřovat ke kvantitativnímu vyhodnocení výsledku a jeho zpracování ve formě matematického modelu. Z metodického hlediska existují dvě mezní cesty k získání popisu, jakým je matematický model.

- Metoda černé schránky.
- Metoda založená na představě o mechanismu.

**V prvním případě** (metoda černé schránky) se nesnažíme vytvářet si představu o tom, jaké děje, reakce a procesy v objektu probíhají a objekt považujeme pouze za zdroj vztahů mezi vstupem a výstupem. Model získáme experimentálním určením vztahů mezi vstupem a výstupem a při popisu většinou využíváme statistických metod. Nevýhodou je, že když nic nevíme o podstatě děje, nemůžeme model přenést na jiné zařízení. Neumožní nám to tedy získat odpověď například na otázku: „Co se stane, když zvětšíme objem reaktoru?“

**V druhém případě** se snažíme rozložit celý proces na takové děje, pro které je z teoretických věd známo, jakými zákony se řídí. Matematický model se pak syntetizuje spojením modelů jednotlivých dějů. Tvorba a použití modelu založeného na představě o mechanismu klade větší nároky na objem informací, které je nutné získat než je tomu při použití modelu černé schránky. Je proto nutné provádět řadu nepřímých měření, např. studovat kinetiku chemických reakcí, přestupy hmoty, povrchové vlastnosti jednotlivých typů partikul v systému atp.

Z uvedených charakteristik modelů vyplývá, že ve vodárenství máme ještě daleko k tomu, abychom byli schopni pracovat s metodami založenými výlučně na představách o mechanismu, protože je ještě velmi daleko doba, kdy budeme schopni rozpoznat a popsat děje uvnitř systému. Většina modelů, které měly snahu o takovýto popis, měla svoji životnost omezenou jen na dobu, dokud nebyly jejich výsledky testovány v praxi.

Proto nám nezbyvá než v technologii úpravy vody postupovat při poznávání procesů alespoň metodou černé schránky a kombinovat ji s dílčím popisem dějů, jejichž podstatu jsme schopni vysvětlit.

Za velmi nebezpečné a ve svém důsledku za ekonomicky neodpovědné považují realizaci vůbec nebo jen omezeně procesně prověřených rekonstrukcí technologických linek úpraven.

Stále také existuje tendence, že při hledání řešení jednoho problému nejsou brány v úvahu možné souvislosti procesů, které jsou navrhovány. Například řešení oxidace manganu je viděno jen prizmatem tohoto problému, jako by v normě kvality pitné vody neexistoval jiný ukazatel. Nevhodná volba oxidačního činidla či postupu však může způsobit následné problémy, které bude potřeba řešit dalšími a dalšími zásahy. A nepochybně i v této oblasti platí: „Dvakrát měř a jednou řež.“ A myslím, že vzhledem ke složitosti problematiky procesů, které probíhají při úpravě vody, by vůbec neškodilo, kdybychom měřili i třikrát. A i tehdy budeme muset vynaložit hodně úsilí, abychom získali výsledky, které budou posunovat *účinnost úpravy* v dříve uvedené rovnici co nejblíže k hodnotě 1. Opakem jsou úpravy, jejichž hodnota je obrazně i fakticky tímto koeficientem znehodnocena na zlomek nákladů jejich investiční náročnosti.

### 3. Závěr

Porozumění jednotkovým procesům pomáhá správně tyto procesy zvolit a zařadit ve vhodném pořadí do technologické linky, následně pro tyto procesy zvolit správná zařízení, zvolit jejich provozní parametry, měření a regulaci a také nastavovat optimální chod celé technologické linky, a to jak z hlediska ekonomiky provozu, tak kvality pitné vody.

### 4. Literatura

1. Kershaw, G.B.: Modern Methods of Sewage Purification. Charles Griffin & Co., London 1911.
2. Stephenson T.: Processing water – it's chemical engineering. Water Quality International. January/February, s. 9 (1998).
3. Rook J.J.: Formation of haloforms during chlorination of natural waters. Water Treatment and Examination. 23, 234 (1974).
4. Bellar T.A. a kol.: The occurrence of organohalides in chlorinated drinking water. Jour AWWA, 66, 703 (1974).
5. Dolejš P., Tříška J.: Ozonizace organických mikropolutantů při úpravě podzemní vody. Vodní hospodářství, 51, č. 5, s. 124–126 (2001).
6. Novák Z.: Sloučeniny brómu při úpravě vod. SOVAK, 13, č. 1, s. 18-20 (2004).