

PŘEDČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z PIVOVARŮ

Ing. MILAN BOLEK, CSc., Hybos, Hydroseparace a čištění odpadních vod

Klíčová slova: *odpadní vody, předčištění, pivovary*

Odpadní vody z pivovarů jsou specifickým druhem odpadních vod potravinářského průmyslu, vyznačující se tím, že jejich množství je v průměru pracovního týdne, trvajícího 5 dnů ve dvousměnném provozu, poměrně konstantní. Znečištění těchto vod v dlouhodobém průměru je řadí mezi středně zatížené (obsah organického znečištění 1 500–2 000 mg.l⁻¹ BSK₅). Reálné znečištění v krátkodobém časovém úseku hodinovém i denním však nezdědká vykazuje řádové rozdíly v hodnotách 10²–10³, takže bodový odběr vzorků např. kontrolními orgány může vést ke zcela zavádějícím závěrům. Kromě organického znečištění se do odpadních vod dostávají též hrubé nečistoty (lahvové uzávěry, etikety apod.) a jemné sedimentující nečistoty (písek, křemelina, skelné úlomy apod.). Celková úroveň organického znečištění je dána technologickou kázní, resp. úrovní vlastního procesu, a závisí na tom, do jaké míry jsou přímo v pivovarské výrobě zachycovány některé substráty nežádoucí v odpadní vodě a přitom využitelné (hořké kaly, kvasnice apod.).

Řada pivovarů byla vybudována v oblasti klasické městské zástavby a jejich odpadní vody jsou odváděny kanalizací do městské čistírny. Omezená kapacita těchto čistíren pak vede někdy k vydání náročných požadavků kanalizačního řádu, které mohou vyústit v nutnost předčištění před vypuštěním

do kanalizace. Avšak i pivovary nacházející se mimo dosah městské ČOV jsou povinny své odpadní vody čistit, aby vyhovely zákonným předpisům a ustanovením, a musí mít zřízenou svou vlastní ČOV, která je povinna někdy též čistit poměrně malé množství odpadních vod z blízké obce.

V obou případech je účelné zachytit maximum nežádoucích příměsí buď přímo v pivovaru, nebo před vstupem do vlastní biologické čistírny. K tomu přistupují někdy specifické potřeby dané lokality, např. řízený nátok v nočních hodinách (kdy MěČOV je nevytížena jak hydraulicky, tak látkově), nebo potřeba vyrovnání nátoků provozovatelem v pěti pracovních dnech do sedmi dnů v týdnu. Všechny uvedené požadavky lze zahrnout do pojmu předčištění, tj. odstranění nežádoucích příměsí a vyrovnání nátoků do vlastní ČOV.

Kromě již zmíněných vnitrotechnologických opatření přímo v pivovaru, která jsou záležitostí nejen technickou, ale jsou podminěna i technologickou kázní, slouží k zachytu hrubých nečistot česle, spádová síta, rotační síta. Sedimentující nečistoty se zachycují v jímkách či lapácích písku a zatím spíše výjimečně se pro vyrovnávání průtoku používají vyrovnávací nádrže. Konkrétní výsledky některých těchto zařízení a srovnání s jinými možnostmi jsou předmětem následujících úvah.

DÍLČÍ A CELKOVÁ ÚČINNOST

Čistírenský proces lze posuzovat jako celek nebo souhrn působení jednotlivých, na sebe navazujících částí (uzlů). Tak jako se předčištění podílí na celkovém efektu celé čistírny, stejně se na účinnosti předčištění podílí jeho dílčí uzly. Jejich vzájemné vazby jsou důležité pro vyhodnocení procesu a vycházejí ze vztahů pro dílčí účinnosti.

Má-li vstupní znečištění do uzlu I hodnotu l_0 , pak na výstupu se sníží na hodnotu l_1 , která je současně vstupem do uzlu II, jehož výstup je $l_2 < l_1$.

Účinnost I. stupně je dána obecně známým vzorcem

$$\eta_1 = \frac{l_0 - l_1}{l_0} = 1 - \frac{l_1}{l_0} = \frac{E_1}{100 \%} \quad (1)$$

a analogicky účinnost II. stupně je

$$\eta_2 = \frac{l_1 - l_2}{l_1} = 1 - \frac{l_2}{l_1} = \frac{E_2}{100 \%} \quad (2)$$

Potom celková účinnost je

$$\eta_c = \frac{l_0 - l_2}{l_0} = 1 - \frac{l_2}{l_0} = \frac{E_c}{100 \%} \quad (3)$$

Z uvedených základních rovnic lze snadno

odvodit, že vztahy mezi jednotlivými dílčími účinnostmi a účinností celkovou jsou

$$\eta_1 = 1 - \frac{1 - \eta_c}{1 - \eta_2} \quad (4)$$

$$\eta_2 = \frac{\eta_c - \eta_1}{1 - \eta_1} \quad (5)$$

$$\eta_c = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2 \quad (6)$$

$$\text{resp. } E_c = E_1 + E_2 - E_1 E_2 \quad (7)$$

I když účinnost I. stupně činí např. jen 40 % při celkové účinnosti 99 %, odbourání látkového znečištění v I. stupni má výrazný dopad na chod II. stupně, zejména pokud jím je aktivace, a to z hlediska snížení spotřeby kyslíku a z toho plynoucího snížení spotřeby elektrické energie.

PŘEDČIŠTĚNÍ KOAGULACÍ A FLOTACÍ

Sledování odpadních vod pivovaru Velký Šariš v letech 1989–90 [1] prokázalo, že mezi obsahem organického znečištění (BSK₅) a nerozpustných látek (NL) existuje vztah

$$NL = 257,9 + 0,2134 BSK_5$$

při koeficientu korelace $r = 0,852$, který je při pravděpodobnosti 95 % vyšší než požadovaná hodnota 0,7595. Podobné výsledky byly zjištěny též v jiných provozech. Z tohoto vztahu byl odvozen závěr, že snížením obsahu nerozpustných látek v surové vodě lze snížit i obsah organického znečištění.

Laboratorní zkoušky ukázaly, že prostá sedimentace ani při vysoké době zdržení se co do dopadu na redukci BSK₅ příliš neprojevila, neboť činila cca 10 %, zatímco redukce NL byla 17 %. Analogické závěry lze činit i při čiření za pomoci FeCl₃, neboť i při dobré redukci NL se snížil obsah BSK₅ ve zcela zanedbatelné míře. Čiření vápenným mlékem v kombinaci s flokulantem typu Praestol se projevilo jako neúčinnější, neboť vedlo k redukci BSK₅ o 35–45 % a u NL o 85–95 %.

V r. 1992 byl též proveden laboratorní průzkum koagulačního a flotačního předčištění odpadních vod pivovaru Vyhne [2]. Na rozdíl od předešlého případu při použití FeCl₃ bylo docíleno redukce BSK₅ 56,8 % a NL 89,4 %. Při flotaci surové vody o znečištění 985 mg.l⁻¹ BSK₅ a dávkování FeCl₃, flokulantů FR62 a oleanu draselného činila redukce BSK₅ 41,1 % a NL 62,2 %.

Dosud zmíněné metody mechanicko-chemického předčištění jsou účinné zejména tam, kde nositelem organického znečištění jsou nerozpustné látky, jejichž zachycením lze výrazně snížit též organické znečištění. Takový případ je charakterizován stavem, kdy do odpadních vod přicházejí mj. hořké a kvasnicové kaly, takže poměr NL : BSK₅ ≈ 1 : 1. Naopak tam, kde zmíněné kaly jsou systematicky zachycovány přímo ve výrobě, charakter odpadních vod se výrazně mění. Například v pivovaru Olomouc byla zjištěna závislost

$$BSK_5 = 1\,541 + 1,726 NL$$

při vyhovujícím koeficientu korelace. I kdyby se podařilo snížit obsah NL na 0, neklesl by obsah BSK₅ pod 1 541 mg.l⁻¹. Rovněž poměr NL : BSK₅ = 1 : 6,216 potvrzuje, že v takovém případě je metoda chemického předčištění neúčelná.

VYROVNÁVACÍ NÁDRŽ

Množství a znečištění odpadních vod pivovarů kolísá, což je dáno charakterem výroby. Výkyvy v množství nejsou v denním průběhu podstatné a pro nátok na navazující čistírenský systém nehrají zásadní roli. Závažná je však situace, když pivovar pracuje 5 dnů v týdnu a čistírna je v provozu nepřetržitě. Poměr 5 : 7 = 0,71 charakterizuje množství, které je nutno uskladnit ve vyrovnávací nádrži, aby z takto vytvořené zásoby mohla být kontinuálně přiváděna voda na biologický stupeň též v nepracovní dny, což je v souladu s [5].

Kromě zmíněného kvantitativního vyrovnání průtoku je závažné i kolísání kvalitativní. Kolísání hodnot BSK₅, zjištěné v r. 1992 v pivovaru Olomouc [3], bylo při 38 údajích následující: celoroční průměr činil 2 113 mg.l⁻¹, minimum 103 mg.l⁻¹, maximum 9 588 mg.l⁻¹, 66 % hodnot se pohybovalo v rozmezí 1 500–2 500 mg.l⁻¹. Uvedené, byť kratší přetěžování či nevytížení systému biologického čištění, svědčí o účelnosti vyrovnání změn znečištění zejména tam, kde pivovar má samostatnou čistírnu.

Praktický význam použití vyrovnávací nádrže, předřazené biologickému stupni, byl ověřen v pivovaru Vyhne [4]. Během 1 měsíce byly zjišťovány hodnoty ChSK-Cr na vstupu a výstupu vyrovnávací nádrže, řešené jako ocelová nadzemní nádrž ze sešroubovaných smaltovaných plechů o objemu 1 465 m³, osazené provzdušňovacími rošty. Výsledky analýz jsou znázorněny na obr. 1. Přes značné kolísání hodnot vstupu i výstupu je zřejmé, že v celoměsíčním průměru se hodnoty na výstupu výrazně snížily. Při průměrné hodnotě vstupu 3 548 mg.l⁻¹ ChSK a průměrném výstupu 2 685 mg.l⁻¹ ChSK to představuje redukci 24,3 %.

Ve snaze vyjádřit tuto redukci též v hodnotách BSK₅ byla stanovena regresní závislost BSK₅-ChSK (v souladu s [6]), která zní

$$BSK_5 = 570,91 + 0,4313 \text{ ChSK}$$

při koeficientu korelace $r = 0,8032$, vyhovujícím pravděpodobnosti přes 99 %. Z tohoto vztahu vyplývá, že hodnotám ChSK odpovídají hodnoty BSK₅ na vstupu 2 101 mg.l⁻¹, na výstupu 1 729 mg.l⁻¹ a redukce činí 17,7 %.

Tato hodnota, zatím nikdy neuvažovaná v konkrétních hydrotechnických výpočtech, je použitelná i v jiných případech analogických odpadních vod, byť s jistým rozpětím, např. 15–20 %.

Vysvětlení toho, že vyrovnání průtoku je spojeno se snížením organického znečištění, je nutno hledat ve skutečnosti, že vyrovnávací nádrž je trvale provzdušňována a dochází v ní zřejmě k jistému druhu částečné aktivace.

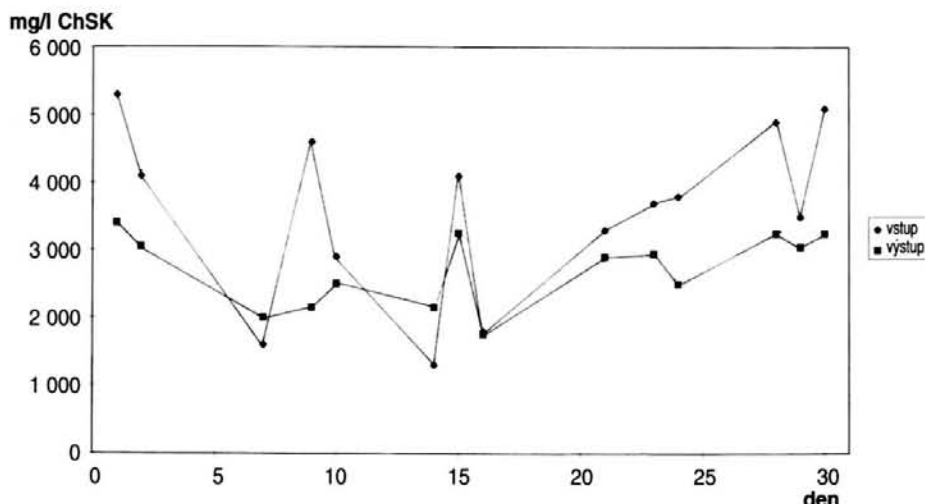
VYHODNOCENÍ PŘEDČIŠTĚNÍ JAKO CELKU

ČOV pivovaru Vyhne byla navržena tak, aby kromě odpadních vod vlastního závodu byla schopna čistit též odpadní vody sousedního strojírenského závodu a ve výhledu rovněž splaškové vody vlastní obce. Předčištění se proto skládá z mechanicky stíraných česlí, lapáků písku, a jak prokázala předchozí kapitola, podílí se na předčištění též vyrovnávací nádrž. Proto bylo analogickým způsobem, jako u vyrovnávací nádrže, provedeno vyhodnocení tohoto celku.

Zjištěné hodnoty jsou znázorněny na obr. 2. Přes opětovné kolísání všech hodnot je zřejmé, že ve sledovaném období opět došlo vlivem předčištění ke značné redukci ChSK. Při průměrné hodnotě vstupu na ČOV 3 551 mg.l⁻¹ a výstupu 1 524 mg.l⁻¹ celková redukce činila 57,19 % dle ChSK. Analogicky jako v předešlém případě byla stanovena závislost BSK₅-ChSK ve tvaru

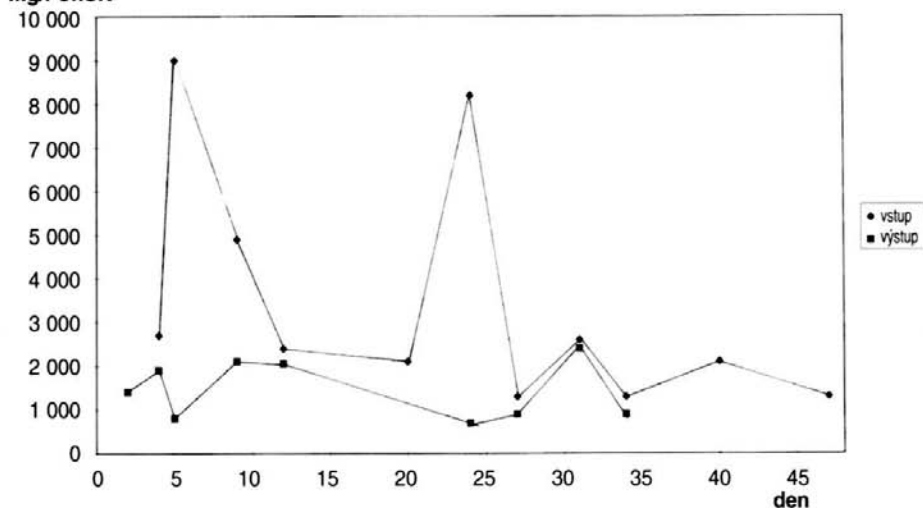
$$BSK_5 = 366,44 + 0,2795 \text{ ChSK}$$

při koeficientu korelace $r = 0,9358$, vyhovujícím pravděpodobnosti vyšší než 99 %.



Obr. 1. Redukce znečištění ve vyrovnávací nádrži

mg/l ChSK



Obr. 2. Redukce znečištění v systému předčištění

Zjištěným hodnotám na vstupu odpovídají hodnoty BSK₅ 1 358 mg.l⁻¹ a na výstupu 794,7 mg.l⁻¹, tj. účinnost dle BSK₅ činila 41,64 %. I tato účinnost je značně vysoká a pochopitelně převyšuje účinnost vyrovnávací nádrže. Pro další případy lze doporučit rozpětí 35–45 %.

Vzhledem k tomu, že záchyt shrabků na česlech se prakticky neprojevuje ve vzorcích odebraných na vstupu do ČOV, lze hodnotit pouze záchyt na lapácích písku. Pro nedostatek analytických údajů byla použita diferenční

metoda, která bez ohledu na menší přesnost ve srovnání s přímou analýzou byla jedinou možností hodnocení. Při známých hodnotách E_c a E_2 byla s použitím dříve uvedeného vzorce vypočtena hodnota E_1 pro ChSK ve výši 43,44 % a pro BSK₅ ve výši 29 %.

Nutno podotknout, že zřejmě vlivem lapáku písku se též snížil obsah NL, který (dle bytí malého počtu hodnot) činí 50 %. To je rovněž jedna z příčin poklesu organického znečištění při předčištění.

Souhrnně lze tedy konstatovat, že v pro-

jektu uvažovaná hodnota redukce předčištěním ve sledovaném případě, tj. 10 %, byla vysoce překročena a předčila tak veškerá očekávání. Jestliže projektem uvažované znečištění na vstupu do ČOV bylo 813 mg.l⁻¹ BSK₅ a na vstupu do fáze biologického čištění 731 mg.l⁻¹, skutečnost byla 1 782 mg.l⁻¹ BSK₅ a 1 040 mg.l⁻¹ BSK₅, takže celková předpokládaná účinnost ČOV 94–96 % byla překročena na hodnotu 99,5 % při znečištění na odtoku z ČOV 8,42 mg.l⁻¹ BSK₅. Výsledky vlastní aktivace si zaslouží podrobnější rozbor, avšak pro svou rozsáhlost budou předmětem samostatné práce.

LITERATURA

- [1] BOLEK M.: Studie čištění odpadních vod pivovaru Velký Šariš, Potravinoprojekt Ostrava, 1990
- [2] VIDLÁŘ J., VOKOUNOVÁ L., FEČKO P.: Předčištění odpadních vod ČOV pivovaru Vyhne, VŠB Ostrava 1992
- [3] BOLEK M.: Předčištění odpadních vod pivovaru Olomouc, HYBOS Ostrava 1993
- [4] BOLEK M.: Zkušební provoz ČOV, pivovar Vyhne, HYBOS Ostrava 1994
- [5] Pokyny pro projektování typové řady SČPV-2-30 Hydroprojekt Praha 1987
- [6] PITTER P.: Hydrochemie, SNTL Praha 1981, s. 328

Lektoroval ing. Ivan Černý
Do redakce došlo 20. 10. 1996