

## POZNATKY Z ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z PIVOVARŮ

Ing. MILAN BOLEK, CSc., HYBOS – Hydroseparace a čištění odpadních vod, Ostrava

**Klíčová slova:** pivovary, odpadní vody, čistírny odpadních vod, stupeň vyčištění, požadavky na výstavbu ČOV

### 1. ÚVOD

Při řešení čištění odpadních vod (ČOV) z pivovarů je nutno rozlišit, zda se jedná o návrh nové ČOV, či rekonstrukci, rozšíření nebo intenzifikaci již existující ČOV. Výchozími podklady jsou pak vlastnosti předmětných odpadních vod, požadavky na míru jejich vyčištění a specifické lokální podmínky, což v souhrnu ovlivňuje celkovou koncepci řešení.

### 2. VLASTNOSTI ODPADNÍCH VOD Z PIVOVARŮ

Odpadní vody z pivovarů patří mezi odpadní vody průmyslové, které jsou znečištěny mechanicky, chemicky, a zejména biologicky. Z hlediska organického znečištění lze tyto vody rozdělit na nízkozatížené ( $BSK_5 < 1000 \text{ mg.l}^{-1}$ ), středně zatížené ( $BSK_5 = 1000 - 2500 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a vysokozatížené ( $BSK_5 > 2500 \text{ mg.l}^{-1}$ ). K vodám skupiny první lze přistupovat analogicky jako k vodám splaškovým. Vody skupiny druhé odpovídají převážně vodám z pivovarů. Vody skupiny třetí odpovídají některým specifickým vodám potravinářského průmyslu (cukrovary, škrobárny aj.) [1].

Znečištění pivovarských odpadních vod je způsobeno splavky z mácení ječmene, úločky zrn, zbytky hořkých kalů, chmelového a sladového mláta, korku, střepek skla, papíru apod. Nežádá se do odpadních vod dostává značné množství kvasnic [2].

Pro racionální řešení čištění odpadních vod z pivovarů je třeba si mimo jiné uvědomit, jaký je podíl jednotlivých zdrojů odpadních vod jak co do množství, tak co do znečištění. Jako klasický příklad lze uvést hořké kaly, jejichž podíl v celkovém množství vod (např. u pivovaru Velký Šariš [3]) při podrobném měření činil cca 27 %, avšak podíl na celkovém látkovém znečištění cca 50 %. Proto zachyt hořkých kalů bezprostředně za jejich zdrojem vede k výraznému snížení znečištění pivovarských odpadních vod. Jako účinný a současně velmi jednoduchý způsob se ukázalo použití tzv. odvodňovacích vaků, kde při třicetiminutovém zdržení byl zachycen transportuschopný substrát a získána vizuálně čistá voda. Obdobně, byť v menším množství, lze některé kvasnicové kaly (v závislosti na jejich vzniku) zachytit a odvodnit do kompaktního koláče na kalosisu při době filtrace zhruba 1 h [4]. Zařazení separace kalů na různých stupních pivovarské technologie doporučuje [5]. Přistoupí-li k tomu účinek vhodné řešené vyrovnávací nádrže [6], lze docílit nejen snížení obsahu nerozpustných látek, ale i organického znečištění, jehož jsou tyto látky nositelem, na úroveň, řadící tyto vody do skupiny první. Znamená to, že zachytem

uvedených druhotných surovin je možné nejen podstatně snížit koncentraci znečištění, ale i získat hodnotné látky k dalšímu využití. Navíc se tak vytvoří podmínky pro snížení množství přebytečného kalu. Přesto však jsou známy případy, kdy organické znečištění dosahuje výše, řadící tyto vody do skupiny třetí [7].

### 3. POŽADAVKY NA STUPEŇ VYČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Zásadně je nutno rozlišit případy, kdy odpadní vody jsou vypouštěny do vod povrchových, a kdy jsou s vodami komunálními (splaškovými) čištěny společně v městské čistírně odpadních vod (MěČOV).

V prvním případě se jedná většinou o závody, nacházející se mimo souvislou zástavbu převážně bytového (městského) typu. Zde platí nařízení vlády ČR č. 1-71 Sb. ze dne 26. února 1992, kterým se stanoví ukazatelé přípustného znečištění odpadních vod. Do 31.12.2004 zde pro pivovary platí ukazatel znečištění  $BSK_5$  50  $\text{mg.l}^{-1}$  a  $ChSK-Cr$  200  $\text{mg.l}^{-1}$ . Po tomto termínu se limit míry znečištění snižuje na 40  $\text{mg.l}^{-1}$  u  $BSK_5$  a 160  $\text{mg.l}^{-1}$  u  $ChSK-Cr$ . Výhledově je nutno počítat rovněž se stanovením přípustného obsahu dusíku a fosforu. Kromě přípustné míry znečištění ve vypouštěných odpadních vodách, vyplývající ze zákona, mohou vodo hospodářské orgány s ohledem na místní vodo hospodářské podmínky a zájmy ochrany vod stanovit podmínky přísnější.

Při stanovení požadavku na míru znečištění při malé vodnosti recipientu, do něhož jsou přiváděny vyčištěné odpadní vody, lze tyto podmínky definovat tak, aby vyhovovaly po přepočtu ukazatelům, platným v tzv. odsunutém profilu, který je vodnatější.

Ve druhém případě, tj. při odtoku na MěČOV, se řeší podmínky znečištění kanalizačním řádem individuálně, opět v závislosti na místních podmínkách. Většinou se povoluje míra znečištění v rozmezí 300 – 1000  $\text{mg.l}^{-1}$   $BSK_5$ . Mezi místní podmínky lze zařadit i požadavek na tzv. řízené vypouštění v nočních hodinách, kdy MěČOV není vytížena ani hydraulicky, ani látkově.

Samostatným případem je rovněž situace, kdy sice platí požadavky na vypouštění do vod povrchových, ale současně se požaduje, aby v ČOV pivovaru byly čištěny v relativně malém množství vody splaškové z nedaleké menší obce.

### 4. PODMÍNKY A POŽADAVKY NA VÝSTAVBU A PROVOZ ČOV

Kromě respektování základních parametrů při návrhu či intenzifikaci ČOV, tj. množství a znečištění na vstupu a dodržení požadavků na povolené znečištění na vý-

stupu, se vyskytuje řada dalších podmínek, které je nutno respektovat. Nejde jen o volbu nejvhodnější technologie a nejnižší náklady výstavby i provozu, ale též o nutnost respektování místní situace.

Výběr staveniště ovlivňuje možnost výstavby buď přímo v areálu pivovaru, nebo v jeho bezprostřední blízkosti či z důvodu nedostatku místa situování ČOV za cenu zřízení kanalizačního přivaděče ve větší vzdálenosti od pivovaru. Rozloha dostupného areálu a podmínky zakládání rozhodují o klasickém řešení použitím zemních železobetonových nádrží pod úrovní terénu (s vyšším nárokem na zastavěnou plochu) či nadzemních nádrží (např. ze smaltovaných plechů) na zastavěnou plochu méně náročných. Důležitý je též způsob aerace aktivních nádrží např. povrchovými aerátory či dnes modernější jemnobublinové aerace stlačeným vzduchem. Nelze při blízkosti bytové zástavby opominout působení aerosolů. V oblastech zejména drsnějších zimních podmínek provozu je nutno pamatovat na opatření zajišťující nerušený zimní provoz.

Mnohdy zanedbávaným problémem je likvidace přebytečného kalu. Ideální stav vzniká, když při dostatečné skladovací kapacitě a vhodném zemědělském zázemí lze tekutý kal používat k závlahám, což je však časově omezeno agrotechnickými lhůtami. Jiným způsobem je průběžné přivádění kalu do transportu schopného stavu mechanickým odvodňováním a využití kalu ke kompostování za případného přídavku dalších substrátů (odpadní dřevní hmoty apod.). Využití kalů je vázáno na případný obsah těžkých kovů.

### 5. NĚKTERÉ NOVĚJŠÍ ČOV Z PIVOVARŮ

Jako příklady jsou popsány realizované čistírny aerobní, anaerobní a kombinované anaerobně-aerobní.

#### Aerobní ČOV

Typickým příkladem aerobní ČOV z pivovarů je ČOV pivovaru Vyhne (SR), uvedená do provozu v roce 1992 [8]. Z pivovaru vzdáleného 1,7 km se v horském terénu odpadní vody vedou kanalizačním přivaděčem přes měrný objekt na zdvojené strojné stírané česle. Česle pro zachyt hrubých nečistot byly použity proto, že v budoucnu na ČOV má být napojena kanalizace obce Vyhne. Jemné sedimentující nečistoty se zachycují ve zdvojeném lapáku písku a periodicky se odváží fekálním vozem.

Takto předčištěná odpadní voda natéká do čerpací jímky, osazené dvěma čerpacími systémy. První systém dopravuje celkové množství vody do vyrovnávací nádrže, vy-





Obr. 1 Biologická nádrž ČOV pivovaru Vyhne

bavené pneumatickým mícháním a provzdušňováním. Z vyrovnávací nádrže se druhým čerpacím systémem voda čerpá do dvou biologických nádrží, kde probíhá biologické čištění. Přebytkem množství (cca 30 % denní produkce odpadních vod) se vrací do vyrovnávací nádrže, což umožňuje nepřetržitý provoz biologického stupně po sedm dní v týdnu, zatímco odpadní vody jsou ve dvou směnech denně produkovány pouze pět dní v týdnu. Vyrovnávací nádrž o průměru 19,7 m a objemu 1465 m<sup>3</sup> je ze smaltovaných ocelových plechů Vitkovice. Obě biologické nádrže typu Hydrovit mají rovněž průměr 19,7 m a jsou tvořeny dvěma soustřednými nádržemi ze smaltovaných plechů (obr. 1).

Vnější nádrž o objemu 1096 m<sup>3</sup> slouží k aktivaci a dělí se na osm sekcí. V prvních šesti probíhá vlastní aktivací proces, dvě další slouží k regeneraci kalu. K provzdušňování jsou použity plošné elementy 1 x 2 m. Vnitřní nádrže o průměru 10,28 m a objemu 450 m<sup>3</sup> slouží k dosazování a jsou vybaveny rotujícími hřabí pro stírání kalu. Pro recirkulaci kalu je použita mamutka. Kromě kalu, vráceného po regeneraci do aktivace, se přebytečný kal odčerpává do nadzemní nádrže ze smaltovaných plechů o průměru 15,4 m a objemu 1122 m<sup>3</sup>. Odsazená voda se zde odtahuje povrchovým plovákem a recirkuluje do surové vody. Zahuštěný kal se čerpá do přídatné betonové nádrže a po přidání flokulantu se odvodňuje na kalolis. Filtrát se recirkuluje do surové vody, koláč se transportuje pryžovými pásy do korájeřny a periodicky odváží do nedalekého lesního závodu ke kompostování. Vyčištěná voda se vede přes měrný objekt do Vyhniánského potoka. ČOV je vybavena možností dávkování živin, kterou ale díky systému regenerace kalu není nutné používat.

Na ČOV se po dobu pracovního týdne přivádí průměrně 1298 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> a trvale odtéká 982 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>. Průměrné hodnoty znečištění za období červenec 1993 až červen 1994 jsou uvedeny v tab. 1. Na úspěšnosti čištění se podílí dílčí redukce znečištění ve vyrovnávací nádrži [6], které činí cca 49 % dle ChSK a 29 % dle BSK<sub>5</sub>, takže spolu s redukcí docílenou v lapácích písku se vstupní znečištění surové vody, pohybující se v oblasti středně zatížených vod, při vstupu na biologický stupeň

dostává do oblasti nízkozatížených vod. V zimním období se v aktivaci obsah kyslíku pohybuje v rozmezí 8 až 12 mg.l<sup>-1</sup>, v létě klesá na 4 až 6 mg.l<sup>-1</sup>.

Ročně se na blízkou okresní skládku odváží v mokřem stavu 3120 kg hrubých nečistot a z lapáků písku 520 m<sup>3</sup> suspenze. Produkce kalu činí 0,4 kg/kg BSK<sub>5</sub>. Spotřeba flokulantu kolísá mezi 4,6 až 6,2 g/kg sušiny. Spotřeba elektrické energie (včetně zimního přitápění) v celém objektu je 1,76 kWkg<sup>-1</sup> BSK<sub>5</sub>.

Tab. 1 Účinnost ČOV Vyhne (roční průměr)

	Přítok	Odtok	Celková účinnost [%]
pH	9,8	7,6	-
BSK <sub>5</sub> [mg.l <sup>-1</sup> ]	1780	8,42	99,5
ChSK [mg.l <sup>-1</sup> ]	3533	61,9	98,2
Ner rozpustné látky [mg.l <sup>-1</sup> ]	1553	16,9	98,9
Rozpustné látky [mg.l <sup>-1</sup> ]	1628	1095	32,7

#### Anaerobní ČOV

Jako příklad anaerobního čištění odpadních vod z pivovarů lze použít ČOV pivovaru Radegast v Nošovicích, navrženou firmou KONEKO [9], kde byl zahájen provoz v roce 1995. Použití anaerobního systému, jehož účinnost je obecně menší než u systému aerobního, umožnila skutečnost, že aerobní dočištění se provádí v MeČOV Frýdek-Místek.

Odpadní vody jsou po průchodu hrubými česlemi mechanicky předčištěny na spádových sítích a poté načerpány do vyrovnávací nádrže o objemu 1350 m<sup>3</sup>. Vyrovnávací nádrž je vybavena mechanickým mícháním a současně se zde provádí chemická úprava pH. Z vyrovnávací nádrže se odpadní vody čerpají kontinuálně do anaerobního reaktoru typu UASB o objemu 1050 m<sup>3</sup>. Nádrž s přísazeným kalosemem je provedena ze železobetonu. Vnitřní vestavby a trojfázové separátory v reaktoru jsou vyrobeny z plastů. Pro zajištění trvalého hydraulického zatížení je reaktor vybaven pomocnou vnější recirkulací. V separátorech reaktoru se z vody odčleňuje bioplyn, který se po předčištění odvádí do malého plynojemu a následně se spaluje.

V roce 1995 byla čistírna zatěžována v průměru 2406 m<sup>3</sup> vody za den při nepřetržitém provozu. Docílené výsledky jsou uvedeny v tab. 2. Za těchto podmínek byla produkce bioplynu 1 802 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>, spálné teplo bioplynu bylo 33,74 MJm<sup>-3</sup>. Průměrná spotřeba energie činila 22 000 kWh za měsíc. Čistírna byla zapracována dovezeným granulovaným kalem. Vlastní produkce kalu je minimální a dosud zanedbatelná [10], což

má zřejmě dopad i na obsah nerozpustných látek na odtoku, který byl někdy i vyšší než na přítoku.

#### Anaerobně-aerobní ČOV

K informaci o kombinaci anaerobně-ae-

Tab. 2 Účinnost ČOV Nošovice (půlroční průměr)

	Přítok	Odtok	Účinnost [%]
BSK <sub>5</sub> [mg.l <sup>-1</sup> ]	1069	76	92,9
ChSK [mg.l <sup>-1</sup> ]	2107	410	80,5
Ner rozpustné látky [mg.l <sup>-1</sup> ]	365	335	8,2

robního čištění lze použít zkušenosti z pivovaru Bitburg (SRN) [7]. Tyto poznatky jsou zvláště cenné tím, že po zvýšení kapacity v roce 1994 byla dosavadní aerobní čistírna rekonstruována a od roku 1995 je provozována jako anaerobně-aerobní systém.

Původní aerobní systém sestával ze dvou rotačních sít typu Rotostreimer k oddělení pevných látek 1 mm, dvou nádrží pro předběžné provzdušňování, uzavřené biologické jednotky typu Bayer, vybavené provzdušňovacími dýzami typu Zlokarnik, tři flotátory pro zahušťování kalu na cca 12,5 % sušiny (po předcházející dekantaci) za přídatku flokulantu. Vzhledem k rozšíření výroby došlo k rekonstrukci a doplnění čistírny za účelem získání bioplynu a dodržení legislativních předpisů pro denitrifikaci a snížení obsahu fosforu.

ČOV byla doplněna o tři míchané vyrovnávací nádrže po 1250 m<sup>3</sup>, mikrosíty pro odloučení pevných látek 63 µm, dvoustupňovým anaerobním předčištěním (reaktory UASB 2 x 600 m<sup>3</sup> a 1 x 900 m<sup>3</sup> s předřazeným okyselovacím stupněm) denitrifikační nádrží 2000 m<sup>3</sup> a zařízením pro čištění a odvod plynu. Flotace byla doplněna o čtvrtou jednotku a vybavena tlakovým sycením. Některé technické a ekonomické ukazatele jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 TH ukazatele ČOV Bitburg

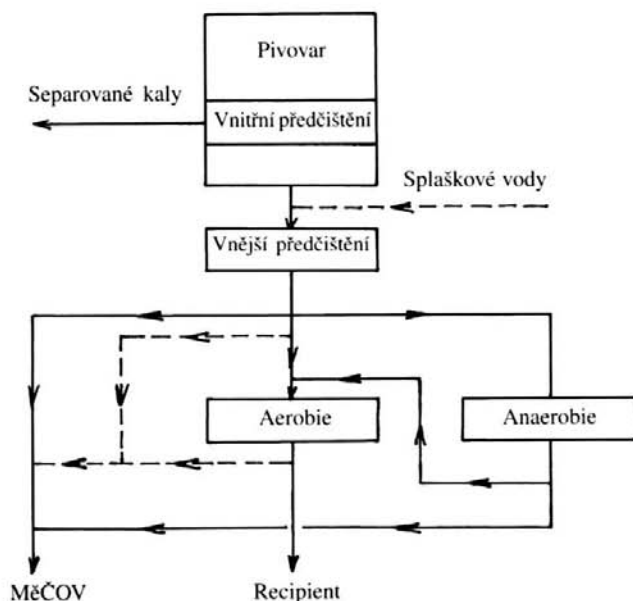
	Aerobní ČOV	Anaerobně aerobní ČOV
Množství [m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> ]	7 200	10 250
Přítok ChSK [mg.l <sup>-1</sup> ]	1 625	4 000
Redukce ChSK – anaerobie [%]		79
Redukce ChSK – celková [%]		99
Náklady [DEM/m <sup>3</sup> ]	3,1	3,74

## 6. SOUHRNNÉ HODNOCENÍ POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ PIVOVARSKÝCH ČOV

Pro návrh, rekonstrukci či intenzifikaci ČOV jsou rozhodující následující faktory:

- 1) Vlastnosti odpadních vod (zejména znečištění nerozpustnými a organickými látkami, teplota a pH).
- 2) Požadavky na míru znečištění vypouštěných odpadních vod (organické znečiš-





Obr. 2 Varianty čištění odpadních vod z pivovarů

tění, nerozpustné a rozpustné látky, obsah dusíku a fosforu).

3) Lokální podmínky (možnosti situování ČOV, blízkost MěČOV apod.).

Celkové hrubé schematické vyjádření možných řešení je na obr. 2.

Nejjednodušším řešením je maximální zachyt nerozpustných látek přímo v rámci pivovarské technologie, neboť některé z nich jsou současně nositelem organického znečištění. Dále někdy postačí využití vyrovnávací nádrže, aby se vody staly přijatelné pro vypouštění na blízkou městskou ČOV. Jsou-li podmínky vypouštění na MěČOV náročnější, lze systém doplnit o částečnou aktivaci nebo o úplnou aktivaci s dílčím obtokem.

Tam, kde možnost vypouštění na MěČOV není, je nezbytné provozovat samostatnou ČOV pivovaru. Při maximálním snížení znečištění v předřazeném předčištění lze použít čištění aerobní, zejména při nižší teplotě vody. Tam, kde požadavky na účinnost čištění jsou nižší a nátok na ČOV je látkově vysocí zatížený, je výhodné použít čištění anaerobní, které je výhodné energeticky a vyznačuje se nízkou produkcí kalu. Pokud není účinnost samotné anaerobie postačující, je nutné na ni navázat stupněm aerobním.

Samostatnou poznámku si zaslouhuje problematika odvodnění přebytečného kalu. Tam, kde jsou z hlediska další likvidace kalu kladeny vysoké požadavky na sušinu od-

vodněného kalu (tj. přes 30 %), lze doporučit kalolis. Za ním následují (v pořadí dle docilované sušiny) odstředivky, pásové lisy a flotace. Při nižší produkci kalu a vhodných lokálních podmínkách postačuje odvoz tekutého kalu.

Jak je zřejmé, koncepci řešení ovlivňuje celý komplex podmínek a požadavků, někdy i vzájemně protichůdných. Posouzení či porovnání možných řešení a variant po stránce jak technické, tak ekonomické neleží někdy v mezích možností provozovatele či investora a mělo by být svěřeno odborně erudovanému pracovišti.

Závěrem autor děkuje Dr. Baťkovi a jeho spolupracovníkům za poskytnuté podklady a připomínky.

## LITERATURA

- [1] BOLEK, M.: Moderní způsoby čištění a předčištění odpadních vod potravinářského průmyslu, Sborník VÚV Ostrava, 1986.
- [2] Pokyny k projektování typové řady SČPV 2-30, Hydroprojekt, Praha, 1988.
- [3] BOLEK, M.: Studie čištění odpadních vod pivovaru Velký Šariš, Potravinoprojekt, Ostrava, 1988.
- [4] ROZKYDÁLEK, J.: Soukromé sdělení.
- [5] ČERNÝ, L.: Kvasný Prum. 43, 1997, s. 73.
- [6] BOLEK, M.: Kvasný Prum. 43, 1997, s. 70.
- [7] KÜHNBECK, G.: Awt-Abwassertechnik, 48, 1997 (3), s. 17.
- [8] BOLEK, M.: Awt-Abwassertechnik, 48, 1997 (3), s. 22.
- [9] HOLEČEK, P., BATĚK, J., PETŘÍVALSKÝ, L.: Sovak 5, 1996 (5), s. 27.
- [10] BATĚK, J.: Soukromé sdělení.
- [11] DIAN, M., PIŠOFT, O.: Technické možnosti odvodnění kalů z komunálních ČOV, Sborník 2. mezinárodní konference Odpadní vody, Jihlava, 1997.

Lektoroval Ing. Ivan Černý  
Do redakce došlo 28. 3. 1998