

BIOLOGICKÉ AUDITY CHLADICÍCH VOD

JANA ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ
a TÁŇA MATULOVÁ

Ústav technologie vody a prostředí, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 3, 166 28 Praha 6
jana.ambrozova@vscht.cz

Došlo 23.1.06, přijato 1.8.07.

Klíčová slova: chladicí vody, biologický audit, biofilmy a nárosty, monitoring, hydrobiologický a mikrobiologický rozbor

Obsah

1. Úvod
2. Návrh a koncepce biologického auditu chladicích vod
3. Příklad hloubkového biologického auditu
4. Možné výstupy, výsledky a řešení technických problémů
5. Závěry

1. Úvod

S biologickým oživením vod a jeho negativním působením na technologické procesy se velmi často můžeme setkat nejen ve vodárenství a čistírenství, ale i tam, kde se voda používá např. pro potřeby chlazení. Problematika biologického oživení je bohužel v energetickém průmyslu někdy nedořešena. Technolog aplikuje biocidní přípravek či jiný kondicionační preparát až tehdy, když se biologické oživení pomnoží nad takovou mez, kdy již samo o sobě způsobuje nejen senzorké, ale i technické závady. Není se čemu divit, protože za prvé není nic legislativně předepsáno a tím pádem i vyžadováno (tak proč by se toto provádělo?), a za druhé není dosti zdůrazněno a tím i doporučeno provádět monitoring biologické kvality vod používaných v chladicích systémech. Systém chladicích věží je často ideálním prostředím pro tvorbu nejen mikrobiálních povlaků, biofilmů a nárostů, ale současně i prostředím, ve kterém se mohou pomnožovat některé nepříjemné mikroorganismy, zvláště pak patogenní, kterými je např. bakterie rodu *Legionella*, která může být obsluhou chladicích vod inhalována ve formě kapiček a může způsobit buď legionářskou nemoc či pontiackou horečku. Její možný výskyt je dosti často opomíjen a někdy i ignorován. Mezi výskytem této patogenní bakterie a dalšími mikroorganismy ve vodách chladicích okruhů existuje spojitost. Některé mikroorganismy (např. nálevníci nebo améby) poskytnou bakterii *Legionella* úkryt nebo jsou jejími hostiteli.

Samozřejmě, že biologického oživení se nelze jednoduše zbavit. V chladicí vodě bude přítomno vždy v nějaké koncentraci (míře, množství, počtu), ale tuto koncentraci je možné řídit a minimalizovat. Jak? Velmi jednoduchým způsobem. A tím je biologický audit chladicích systémů. Na základě znalosti mikrobiální aktivity mikroorganismů v dotčených chladicích vodách lze pak vhodně provádět manipulace v systémech.

2. Návrh a koncepce biologického auditu chladicích vod

Pojem biologického auditu byl poprvé použit v roce 1999, kde byl blíže specifikován jako tzv. hydrobiologický audit v souvislosti s hodnocením vodárenských zařízení¹. Od té doby začíná být postupně používán pro různé posuzování např. ekologického stavu lokality, funkčnosti a chodu úpraven vod, čistíren odpadních vod a dalších technologických uspořádání. Navrhujeme používat termín biologického auditu i v případě posuzování chladicích vod, kde má smysl hovořit o biologickém oživení. Na konferenci „Pitná voda Tábor 2004“ (cit.²) byly uvedeny aplikace hydrobiologických poznatků při rozhodování rekonstrukcí vodárenské soustavy a návrh na monitoring, kterým je komplexní posouzení stavu celé distribuční sítě, tj. komplexně sledovat jakost vody kontinuálně od zdroje surové vody (vodárenská nádrž, vodárenský tok, přivaděče) do úpravny vody (vstup, systém úpravy, výstup) a pak již stav upravené vody v průběhu její dopravy ke spotřebiteli (vodojemy, akumulace, čerpací stanice, kalníky, hydranty).

Základní koncepcí biologického auditu chladicích vod by mělo být komplexní a hloubkové postižení biologického oživení chladicích vod v celém provozu. Nejprve by se biolog měl seznámit s provozem a zjistit místa, kudy se může dostávat kontaminace či odkud může být přiváděn zdroj buď nutrientů či samotného biologického oživení. Doporučujeme sledovat zdroj surové vody (volná voda a stěry), dále pak technologickou linku (pokud je používána pro úpravu vody – koncepce stejná jako v případě posuzování vodárenské linky s koagulací a filtrací) a rozvod chladicí vody (cirkulační chladicí okruh, čerpadla, technická voda nedůležitá, technická voda důležitá, apod. dle provozního schématu sledovaném provozu). Pokud je potřeba zjistit možný vliv odluhů či odkalů na okolní prostředí, pak je doporučeno provést základní baterii testů toxicity na 4 vybraných testovacích organismech. Jelikož je v rozvodných systémech zjevná spíše přítomnost bakterií než samotných řas, doporučujeme provádět komplexní biologický monitoring, tj. provádět nejen stanovení mikroskopického obrazu (tím pádem kvalitativní a kvantitativní rozbor pomocí mikroskopu v počítací komůrce typu Cytus I.), ale i stanovení základních mikrobiologických ukazatelů, např. kultivovatelných mikroorganismů se specifikací růstu při 22 a 36 °C, železitéch bakterií, mikromycet, dále pak hygienicky významných bakterií, např. koliformních, termotolerantních koliformních (z nich pak *Escherichia*

coli), enterokoků, hygienicky významných bakterií (např. *Pseudomonas aeruginosa*) a popř. i dalších a v současné době výrazně monitorovaných bakterií rodu *Legionella*^{3,4}.

Zdrojem surové vody (a současně i přídavné vody) do chladicích okruhů nesmí být toky či nádrže, které jsou charakteristické zvýšeným biologickým oživením, vyšším obsahem organických látek a nutrientů, umožňujících další rozvoj organismů. Nepříjemným zjištěním je možný výskyt vláknitých sinic či zelených řas, které se mohou podílet na zarůstání chladicích věží a dotčených systémů. Proto zde navrhuje, aby současně v místě přívodu surové vody do systému byla osazena i sledovací aparatura s kupónem pro případné sledování nárostů. Jedině tak lze zjistit a popř. i potvrdit výsledek mikroskopického obrazu vzorku volné vody a předejít tak tvorbě nárostů, tvořené převážně vláknitými mikroorganismy (bakterie, sinice, řasy, mikromycety, stopkatí nálevníci, apod.). Tento bod významně souvisí s další problematikou, a tou je zarůstání teplosměnných ploch. Díky tvorbě úsad, nánosů, biologických slizů a nárostů na teplosměnných plochách je účinnost kondenzátorů parních turbín a různých typů průmyslových chladičů a výměníků podstatně snížena. Navíc k tomuto značně přispívají i organismy, které se dostávají z ovzduší v podobě klidových stádií z chladicích věží buď do cirkulující vody a nebo se kondenzují v nádržích situovaných pod chladicími věžemi. Biofilm snižuje přestup tepla, omezuje účinnost korozních inhibitorů a jiných přísad a navíc, což je pro nás důležité, mohou se v něm pomnožovat i potenciálně patogenní mikroorganismy (např. *Legionella* sp.).

Chladicí věže jsou vhodným místem pro rozvoj nárostů, které mají vliv na rozrušování stavebních materiálů. Jedná se o produkty fotosyntézy, navíc respirace řas působí měknutí a drobení povrchu betonových konstrukcí. V místě přístupu světla rostou sinice a řasy, které tvoří modrozelené, zelené a slizké visící provazce a chomáče, do kterých se zachytávají další mikroorganismy. Nepříjemným je pak výskyt patogenních mikroorganismů, zejm. pak bakterií rodu *Legionella*. Nárosty na chladicích věžích je možno značně omezit vhodně volenými preventivními opatřeními, upravujícími základní životní podmínky – přístup světla, zdroj a přísun živin, teplotu vody. Doporučením k zamezení či omezení tvorby nárostů je volba vhodného vodního zdroje přídavné vody, umístění odběrového objektu. Správné ošetření systémů lze provádět na základě provedeného biologického monitoringu, který přihlíží nejen k aktuálnímu stavu lokality, ale počítá i s biologickou prognózou vývoje jakosti vody.

Spolu s problematikou tvorby nárostů úzce souvisí i tvorba úsad, které vznikají sedimentací unášených částic, chemickým srážením látek rozpuštěných ve vodě a korozními procesy. Na jejich tvorbě se podílejí mikroorganismy, např. bakterie v první fázi osídlení okruhu a dále i vyšší druhy organismů např. řasy, mikromycety a živočichové. Z toho důvodu se v chladicích okruzích používají látky označované jako inhibitory s protikorozním účinkem a dále biocidní látky snižující či zamezující tvorbu biofil-

mů a možné pomnožování živých mikroorganismů. Před tím, než se technolog rozhodne pro aplikaci výše uvedených přípravků, měl by se zaměřit na jednotlivé technologické celky, které do styku s oživenou vodou či vzduchem přicházejí. Doporučením před použitím přípravků je jejich otestování přímo na vodě v systémech, neboť nesprávně zvolený přípravek může obsahovat aditiva, které vykazují stimulační účinky na mikroorganismy, podporují jejich růst a pomnožování a tím vyvolávají nutnost aplikace dalších biocidních preparátů. Je nutno je co nejdříve vyloučit z používání a nahradit vhodnějšími. Často používané korozní inhibitory na bázi polyfosfátů zase způsobují eutrofizaci recipientu a znehodnocení jeho vody pro další uživatele níže po toku. Aplikace biocidních preparátů proti řasovým nárostům se často provádí diletantsky bez konzultací s biologií a bez předchozího ověření laboratorními pokusy. Kontinuální dávkování nízkých koncentrací biocidů do chladicích vod vede k rezistenci přítomných mikroorganismů. V některých případech jsou pozorovány i odchylky od normálního vzhledu buněk, přítomnost teratologických či bizarních útvarů^{5,6}.

3. Příklad hloubkového biologického auditu

Postup uvedený v tomto příspěvku lze s úspěchem použít na rozvody chladicích vod. Pro příklad nemusíme chodit daleko, protože Ústav technologie vody a prostředí VŠCHT Praha spolupracoval na této problematice spolu s jadernou elektrárnou Temelín ČEZ, a.s. (dále ETE), kde probíhal hloubkový monitoring biologického stavu chladicích systémů. Musíme připomenout, že podobný hloubkový monitoring v takovém rozsahu (počet lokalit, rozsah a četnost vzorkování, výběr analýz a stanovení) nebyl uskutečněn, tudíž lze říct, že je v tomto ohledu provoz jaderné elektrárny Temelín průkopníkem. Tento průzkum probíhal od roku 2003 až do roku 2005 (cit.⁷) a byl zaměřen na následující problematiku:

- hydrobiologický audit chladicích vod ETE (od 28.2.2003 do 29.2.2004, na základě smlouvy TE/00009233) (cit.^{3,4}),
- ekotoxikologické a biologické posouzení, vyhodnocení účinnosti (od 12.11.2003 do 12.5.2004, na základě smlouvy TE/00011406) (cit.⁸),
- monitoring tvorby bakteriálních povlaků v rozvodných systémech (od 1.6.2004 do 30.6.2005, na základě smlouvy TE/13918).

Co bylo předmětem sledování, které můžeme doporučit i pro další provozovatele systémů s chladicími vodami (tedy nejen jaderných elektráren, ale obecně provozů s chladicími vodami)? Na základě předběžných jednání byl vznesen požadavek na zpracování hydrobiologického auditu systému chladicích okruhů. Cílem auditu bylo zachycení sezónního chování oživení doplňované přídavné vody a chladicí vody v jednotlivých sledovaných okruzích (cirkulační chladicí okruh, technická voda důležitá a technická voda nedůležitá).

Dále bylo požadováno následující:

- Zpracování programu pravidelného monitoringu sledování biologické aktivity v systémech chladicích okruhů, četnost odběru vzorků, metodika sledování a způsob vyhodnocení. Dále doporučení kritických hodnot sledovaných parametrů, určení řídicích a diagnostických parametrů a stanovení normální provozní hodnoty a iniciační úrovně.
- Zpracování postupu činností pro případ překročení iniciačních úrovní řídicích parametrů.
- Provedení vyškolení dvou pracovníků ETE na metodiky biologického sledování chladicích okruhů.

Na základě výsledků, zjištěných v průběhu řešení úkolu v letech 2003 až 2005, byla práce dále rozšířena⁹. Prováděl se monitoring tvorby bakteriálních povlaků v rozvodných systémech chladicích okruhů a přívodních řadech. Metodika sledování byla založena na osazení smyček testovacími kupóny (zde mikroskopická podložní skla či plexisklové podélné kupóny o rozměrech 100×14 mm, stíraná plocha 82×14 mm), na kterých se vytváří biofilm. Ten byl po zvolené době expozice (zde např. 14, 26, 28, 30, 32, 56, 63, 82, 84, 86, 112 dnech, atd.) testován v laboratoři na přítomnost hygienicky významných a přiležitostně patogenních bakterií. Tímto způsobem lze zjistit dynamiku tvorby nárostu, jeho charakter a složení, převažující organismy, kdy se začíná tvořit, jaký mají vliv dávované chemikálie a jaká je jejich účinnost, apod.

Monitoring byl kompletně doplněn o zhodnocení hydrobiologických parametrů, tj. kvalitativní a kvantitativní stanovení biologického oživení stanovením mikroskopického obrazu dle platných norem ČSN. Na vzorcích volné vody byly ověřovány nastavené normální a iniciační úrovně, které byly pro provoz stanoveny na základě předchozích sledování v roce 2003 a 2004. Výsledky byly doplňovány i údaji o koncentraci chlorofylu-a jako míry objemové biomasy řas a sinic.

Navrženo bylo i sledování možné přítomnosti bakterie *Legionella* sp. Vzorky byly zamrazeny a v současné době jsou testovány pomocí amplifikační molekulárně biologické analýzy PCR (polymerázové řetězcové reakce). Na základě charakteru biologického oživení byla zjištěna účinnost dávovaných biocidů.

3.1. Metodika odběrů a sledované biologické ukazatele

Odběr vzorků

Byl sledován charakter volné vody a nárostů tvořících se na ponořených sledovacích kupónech. Sledování bylo rozděleno do několika dílčích sérií odběrů vzorků volné vody, nárostů a stěrů z ploch exponovaných sledovacích kupónů. Testovací kupóny byly osazeny v dostatečných rozestupech na společném laně a ponořeny do vody v systémech. Na každém místě bylo aplikováno celkem 8 testovacích kupónů, aby bylo možné odebírat jak repli-

káty, tak i provádět dlouhodobější sledování a série po 14, 28 (30) a více dnech. Odběr vzorků volné vody se řídil zásadami dle norem ISO 5667. Odběr vzorků nárostů byl prováděn sterilní vatovou stěrkou namočenou ve sterilním fyziologickém roztoku, kdy se setře plocha vymezená kupónem nejdříve tahy v jednom směru, pak ještě jednou tahy ve směru kolmém. Stěrka se zalomila do příslušné zábrusové lahvičky označené názvem odběrového místa tak, aby se do lahvičky dostala pouze kratší, rukou nedotčená část stěrky. Vzorek se řádně protřepal a uložil do chladicí tašky.

Kvalitativní a kvantitativní hydrobiologický rozbor

Z důvodu zjištění charakteru biologického oživení ve sledovaných systémech a ověření nastavené normální a iniciační úrovně bylo prováděno stanovení mikroskopického obrazu dle následujících norem: stanovení biosestonu dle ČSN 75 7712, stanovení abiosestonu dle ČSN 75 7713 a stanovení nárostů dle ČSN 75 7715. Podrobný postup stanovení byl uveden na 22. konzultačním semináři Energetické provozy v průmyslu v Brně a následně publikován v č. 21 Bulletinu Energochemie¹⁰. Cílem pozorování charakteru nárostů byl monitoring účinnosti dávovaných chemikálií do systémů (pokud jsou dávkovány). Vyhodnocení bylo založeno na zjištění přítomných mikroskopicky pozorovatelných organismů a stanovení jejich počtu v objemu vody, obvykle v 1 ml. Mikroskopický rozbor poskytuje výsledky ve velmi krátké době a není náročný na laboratorní materiál. Pracovníci v provozu mají možnost tímto způsobem rychle monitorovat charakter kvality vody nebo nárostů. Systémy s chladicími vodami lze sledovat i na základě jiného kvantitativního hydrobiologického ukazatele a tím je stanovení koncentrace chlorofylu-a, který je ukazatelem objemové biomasy fototrofních organismů (tj. sinic a řas).

Mikrobiologický rozbor

Z mikrobiologických ukazatelů byly vybrány organismy kultivovatelné při 36 °C (ČSN ISO 6222), organismy kultivovatelné při 22 °C (ČSN ISO 6222), koliformní bakterie (modifikace TNV 75 7837 metodou přímého výsevu na povrch Endo-agaru), termotolerantní koliformní bakterie (modifikace TNV 75 7835 metodou přímého výsevu na povrch m-FC agaru), enterokoky (modifikace ČSN EN ISO 7899-2 metodou přímého výsevu na povrch Slanetz-Bartley agaru), mikromycety (metodou přímého výsevu na povrch kultivačního média), železité bakterie, *Pseudomonas aeruginosa* a sulfát redukující bakterie.

Uvádění výsledků

Výsledky se v případě mikroskopického obrazu uvádějí v počtech organismů zjištěných v 1 ml vzorku, tj. org./ml. V případě bakterií se výsledky uvádí jako tzv. kolonie tvořící jednotku zjištěné v použitém objemu vzorku, tj. KTJ/použitý objem vzorku (zde 1 ml, 10 ml a 100 ml).

4. Možné výstupy, výsledky a řešení technických problémů

Předmětem tohoto článku není uvádět charakter biologického oživení v průběhu celého monitoringu, ale spíše jeho charakter naznačit a některé sledované ukazatele usměrnit. Např. literatura¹¹ uvádí následující parametry pro biologické oživení systému oběhových soustav, které by nemělo překročit uvedenou mez:

- mikroskopický obraz 10^4 mikroorganismů v 1 ml,
- $5 \cdot 10^4$ KTJ/1 ml psychofilních bakterií,
- 10^4 KTJ/1 ml mezofilních bakterií,
- hodnota saprobního indexu $S = 2,5$.

Pro zajímavost jsou v tabulce I uvedeny typické mikrobiologické parametry chladicích vod.

O těchto vybraných parametrech a jejich limitech je nutno polemizovat, protože vychází ze zcela jiné situace (třicet let stará situace, viz tab. II), než je v současné době

a navíc řeší pouze problematiku volné vody a nikoli nárostů, tj. toho, co energetiky trápí nejvíce. Naším sledováním docházíme ke zcela jiným hodnotám biologického oživení chladicích vod, navíc tyto hodnoty doplňujeme i o sledování mikrobiální aktivity biofilmů tvořících se na stěnách sledovaných kupónů⁹.

Dále uvedený přehled nabízí řídicí parametry pro biologické oživení, zjištěné na základě ročního sledování systémů v letech 2003–2004. Tyto parametry, limity či hodnoty nejsou nikým předepsány, byly vytvořeny pro kontrolu a manipulaci sledovaného provozu. Limit, uváděný jako tzv. normální hodnota, je hodnotou ukazující běžný režim systémů. Limit, označený jako tzv. iniciační úroveň, je již hodnotou, jejíž překročení značí nežádoucí stav biologického oživení v systémech a při jeho dlouhodobějším překračování může vést k narušování materiálu rozvodů a dále i jejich chodu. Tato hodnota může poukazovat i na nesprávně volené dávky biocidů či biodispergátorů a četnost těchto dávek.

Tabulka I

Příklad hodnot mikrobiologických ukazatelů chladicích vod¹²

Ukazatel	Hodnota
Amonizační bakterie	10^6 KTJ/1 ml
Nitrifikační bakterie	10^3 – 10^4 KTJ/1 ml
Denitrifikační bakterie	10^4 KTJ/1 ml
Enterokoky	10^3 KTJ/1 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	10^2 KTJ/1 ml
Desulfurikační bakterie	10^2 KTJ/1 ml
Sírné oxidativní bakterie	10^2 KTJ/1 ml
Železité bakterie	10^1 KTJ/1 ml
Psychofilní bakterie	10^3 KTJ/1 ml
Mezofilní bakterie	10^3 KTJ/1 ml
Bakterie č. <i>Enterobacteriaceae</i>	10^4 KTJ/1 000 ml
Sporulující aerobní bakterie	10^2 KTJ/1 ml
Sporulující anaerobní bakterie	10^1 KTJ/1 ml

5. Závěry

Použití biologických rozborů (hydrobiologických a bakteriologických) v systémech chladicích vod má svůj význam a poskytuje neocenitelné výsledky pro další rozhodování při manipulaci s chladicími vodami, ošetřenými na různých úrovních. Mikroskopické rozborů jsou nenáročné na čas a provedení, důležité je vyškolení personálu, který bude provádět pravidelné kontroly a zjišťovat tak účinnost dávkovaných kondicionačních prostředků. Tím se může včas předcházet problémům, způsobených biologickým oživením. Při kontrole systému je neméně důležitý fakt komplexního přístupu k bio-monitoringu celého systému, tj. provádění kontroly od samotného vstupu surové vody do systému až po její rozvod jejími jednotlivými subsystemy. Provozovatel jakéhokoliv provozu s chladicími vodami by měl mít přehled o charakteru jeho biologického oživení. Jedině tak dokáže včas zareagovat a zvolit vhodnou strategii v ošetřování chladicích systémů.

Je nutné zdůraznit a připomenout, že hodnoty uvádě-

Tabulka II

Porovnání mikrobiologických ukazatelů na základě našeho sledování a údajů zjištěných z literatury^{11,12}

Ukazatel	Naše sledování		Cit. ¹²
	voda	stěr	voda
Kultiv. mikroorganismy při 22 °C	10^5 KTJ/1 ml	10^7 KTJ/100 ml	10^3 KTJ/1 ml
Kultiv. mikroorganismy při 37 °C	10^6 KTJ/1 ml	10^7 KTJ/100 ml	10^3 KTJ/1 ml
Koliformní bakterie	10^5 KTJ/1 ml	10^7 KTJ/100 ml	10 KTJ/1 ml
Enterokoky	1 KTJ/1 ml	10^2 KTJ/100 ml	10^3 KTJ/1 ml
Železité bakterie	10^4 KTJ/1 ml	10^8 KTJ/100 ml	10^1 KTJ/1 ml
Mikromycety	10^5 KTJ/1 ml	10^8 KTJ/100 ml	Nestanoveno
Mikroskopický obraz	10^5 org./ml	10^7 org./ml	10^4 org./ml, cit. ¹¹

né v článku jsou informativní. Každý provoz by měl charakter vod po biologické stránce zhodnotit individuálně, provést podrobný biologický audit a hodnoty konzultovat s odborníkem.

LITERATURA

- Sládečková A.: *Zborník odborných prác z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda, Trenčianske Teplice, 10.–11.10.1999*, str. 126.
- Ambrožová J.: *Sbor. konf. Pitná voda 2004, Tábor 7.–10.6.2004*, str. 215.
- Ambrožová J.: Hydrobiologický audit systému chladicích vod. *Zpráva I. pro ETE*, na základě objednávky č. TE/00009233 ze dne 13.2.2003, str. 124.
- Ambrožová J.: Hydrobiologický audit systému chladicích vod. *Zpráva II. pro ETE*, na základě objednávky č. TE/00011406 ze dne 11.11.2003, str. 55.
- Ambrožová J.: Ekotoxikologická problematika ošetřených chladicích vod. *Průručka pre pracovníkov v technologických laboratóriach Atómovej elektrárne o.z. Mochovce*, arch. č. 22022, seminář Hydrotechnológia, s.r.o. Bratislava, 2002, str. 28.
- Ambrožová J., Matulová T., Nekovářová J.: *Sbor. konf. Vodárenská biologie 2005, Praha 2.–3.2.2005*, str. 78.
- Ambrožová J., Horčíčková L., Matulová T.: *Sbor. konference „Chemie energetických oběhů V.“ (5th International Power Cycle Chemistry Conference by IAPWS), Praha 1.–3.9.2004*, str. 19.
- Ambrožová J., Horčíčková L., Matulová T.: *Vodní hospodářství 54*, 28 (2005).
- Ambrožová J., Matulová T.: Monitoring tvorby bakteriálních povlaků z mikrobiologického a hydrobiologického hlediska v systémech chladicích vod. *Zpráva I. pro ETE*, na základě objednávky č. TE/13918 ze dne 1.6.2004, str. 144.
- Ambrožová J.: *Bulletin Energochemie*, č. 21, 2004, CD-rom, str. 18.
- Sládečková A., Sládeček V.: *Hydrobiologie*. Skriptum ČVUT, Praha 1995.
- Dočkal P.: *Vodní hospodářství chladicích okruhů*. SNTL, Praha 1990.

J. Říhová Ambrožová and T. Matulová
(Department of Water Technology and Environmental Engineering, Institute of Chemical Technology, Prague):
Biological Surveying of Cooling Circuits

This study describes general procedures for surveying and monitoring cooling circuits (hydrobiological and microbiological parameters) and specifies parameters that should be monitored (including pathogenic organisms, such as Legionella) to prevent growth of microorganisms. Toxicity tests are also recommended.