

12IL-01

RHIZOSFERA ROSTLIN JAKO AKTIVNÍ SOUČÁST ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V BIOREMEDIACI TOXICKÝCH LÁTEK**ONDŘEJ UHLÍK^{a,b}, MARTINA MACKOVÁ^{a,b}, JIŘÍ KOUBEK^a, LUCIE MUSILOVÁ^a, MARCELA HOLEČKOVÁ^b, KATEŘINA DEMNEROVÁ^a a TOMÁŠ MACEK^{a,b}**^a Ústav biochemie a mikrobiologie, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, VŠCHT Praha, Technická 3, 166 28 Praha, ^b Ústav organické chemie a biochemie AV ČR, v.v.i., Společná laboratoř ÚOCHB a VŠCHT Praha, Flemingovo nám. 2, 166 10 Praha
tomas.macek@vscht.cz

V životním prostředí se postupně hromadí množství toxických látek. Odstranit tyto látky z prostředí fyzikálně chemickými metodami je drahé a náročné na provedení. Odstranění polutantů biologicky, použitím mikroorganismů, rostlin a jejich konsorcií, je finančně výhodnější a šetrnější k životnímu prostředí. Při výběru mikroorganismů vhodných k odstranění daných polutantů bylo nejdříve nutné identifikovat mikroorganismy vyskytující se v daném kontaminovaném prostředí, schopné přežít v přítomnosti daného polutantu a schopné jej i odbourávat. K odstranění polutantů z prostředí je možné využít také samotné rostliny a především jejich vzájemnou spolupráci (fytořemediace a rhizořemediace). Rostliny jsou schopny škodlivé látky z prostředí absorbovat, převést na nefytotoxickou formu a ukládat je ve svých tkáních. Rostliny mají pozitivní vliv na rhizosféru mikroflóru, prokysličují půdu, vylučují látky, které rhizosféru mikroorganismy mohou využívat jako zdroje uhlíku a energie. Různé rostliny uvolňují do prostředí i molekuly podporující mikrobiální aktivitu a indukci některých bakteriálních degradačních enzymů, z čehož těží remediační výzkum. Nedávná zjištění, že rostliny aktivně ovlivňují zastoupení mikroorganismů v konsorciích ve své kořenové oblasti vedlo k využití metagenomiky pro charakterizaci populací a výběr rostlin selektivně podporujících vhodné degradační kmeny mikroorganismů.

Polychlorované bifenyls (PCB) jsou obtížně odbouratelné a pro mnohé organismy toxické. Jedna z možností jejich odstranění spočívá ve využití rostlin a v jejich spolupráci s rhizosféry mikroorganismy. My studujeme vliv rostlin a některých sekundárních metabolitů rostlin, limonenu, naringinu a kyseliny kávové, na odstranění PCB, složení bakteriálních populací, a přítomnost degradačních genů. Bylo zjištěno, že některé z vybraných rostlinných druhů významně ovlivňují rhizosféru degradaci PCB, což je s největší pravděpodobností dáno vlivem na mikrobiální diversitu. Totéž se potvrdilo i s jednotlivými sekundárními metabolity. Ke stanovení mikrobiální diversity ve vzorcích byly použity metody T-RFLP a analýza genové knihovny. Ty prokázaly, že společenstva pod vlivem různých rostlin jsou odlišná navzájem i od kontrolní zeminy, a umožnily identifikaci dominantních populací bakterií pomocí určení sekvence 16S rRNA genů.

Tato práce vznikla za podpory grantu MŠMT NPVII 2B06156, MSM 6046137305a GA ČR 525/09/1058.

12IL-02

TLAKOVÉ MEMBRÁNOVÉ PROCESY A JEJICH VYUŽITÍ V OBLASTI LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD**PETR MIKULÁŠEK**Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice
petr.mikulasek@upce.cz

Názvem tlakové membránové procesy se zpravidla označují čtyři typy separačních technik: mikrofiltrace (MF), ultrafiltrace (UF), nanofiltrace (NF) a reverzní osmóza (RO). Jejich společným znakem je kromě použití polopropustné membrány jako separačního elementu aplikace tlakového rozdílu jako hnací síly transportu membránou. Vzájemná odlišnost spočívá ve velikostech používaných tlakových rozdílů, vlastnostech membrán (zejména velikosti pórů) a převládajícím transportním mechanismu. Separací účinek mikrofiltračních a ultrafiltračních membrán se zjednodušeně vysvětluje jako dělení částic na základě různých velikostí a tvaru separovaných částic a pórů membrány. Částice, které mají velikost větší než je velikost pórů membrány jsou membránou zachytávány, zatímco částice menší membránou procházejí. Při nanofiltraci a reverzní osmóze je již situace složitější; kromě velikosti nabývají na významu i náboj povrchu membrány a náboj a difuzivita separovaných částic. Dochází pak například k odpuzování stejně nabitých povrchů (a tím k zabránění průniku některých menších částic póry membrány) nebo k přednostní difúzi některých komponent materiálem membrány.

Při mikrofiltraci jsou membránou zachytávány velmi jemné heterogenní částice o velikosti v rozmezí od 0,05 do 10 μm . Ultrafiltrací se separují makromolekulární látky o relativní molekulové hmotnosti 1 až 1000 kDa. Nanofiltrační membrány zadržují částice o relativní molekulové hmotnosti v rozmezí 0,2–1 kDa. Reverzní osmotickými membránami lze navíc z vody odstranit i většinu částic iontového charakteru^{1,2}.

Mezi úspěšně průmyslově realizované aplikace v oblasti tlakových membránových procesů patří např. mikrofiltrace a ultrafiltrace oplachových vod z výroby používajících elektroforetické nanášení nátěrových hmot, odpadních vod obsahujících různé typy vodných disperzí polymerů, použitých chladicích emulzí z obrobů kovů, příp. oplachových vod po odmašťování kovových součástí před jejich lakování nebo galvanickým pokovováním. Úspěšnou aplikací je rovněž odstraňování iontů kovů a nízkomolekulárních látek z vodných roztoků pomocí nanofiltrace a reverzní osmózy.

Reverzní osmóza, příp. nanofiltrace jsou v oblasti povrchových úprav kovů vhodným řešením pro čištění oplachových vod, příp. čištění odpadních vod. V případě této aplikace lze účinně v jedné operaci vyřešit současně s čištěním oplachové vody také navrácení výnosů z lázně zpět do provozní galvanické lázně. Současně lze provádět i doplňování lázně demineralizovanou vodou, protože její množství se vlivem odpařování snižuje.

Vlastní reverzně-osmotické jednotky pro čištění oplachových vod z povrchové úpravy kovů jsou konstruovány jako s recirkulací retentátu, tak i jako přímá průtočná uspořádání

s několika sadami membránových modulů. Při čištění oplachových vod z povrchové úpravy kovů je dominantní průtočné uspořádání, jehož základní výhodou je, že při něm nedochází k vysokému zatížení membrán vodou s vyšším obsahem rozpuštěných látek. V tomto případě je dosahováno jak vyšších výkonů tak i vyšší čistoty upravené vody. Zanedbatelná není ani vyšší životnost membrán a nižší četnost jejich čištění.

Odstraňování nežádoucích nízkomolekulárních složek z vodných roztoků je často naléhavým požadavkem i při zneškodňování průmyslových odpadních vod. Nanofiltrací a reverzní osmózou lze z odpadních vod odstraňovat organická barviva, povrchově aktivní látky, soli těžkých kovů, toxické organické látky atd. Aplikace jsou proto možné v mnoha odvětvích chemického průmyslu, v hydrometalurgii a v neposlední řadě i při povrchových úpravách kovů. Nanofiltrace, příp. reverzní osmóza, může také doplňovat běžné postupy biologického čištění odpadních vod, zvláště tehdy, jsou-li přítomny látky, které mají škodlivý vliv na mikroorganismy aktivovaného kalu. Vhodným uplatněním NF a RO může být i odstraňování sice netoxických, avšak těžko biologicky odbouratelných látek, které se shromažďují v povrchových vodách a tak je znehodnocují. Ve všech těchto případech lze očekávat úspory vynaložené energie, a to i tehdy, kdy je závěrečná fáze zahušťování (před konečnou likvidací, např. spalováním) provedena klasickým termickým postupem, tj. odpařováním.

Další velmi perspektivní a provozně ověřenou variantou aplikace mikrofiltrace a ultrafiltrace je jejich použití k separaci kalů vznikajících při srážení odpadních vod s obsahem těžkých kovů^{3,4}. Koagulační proces je veden stejným způsobem jako v případě použití lamelových sedimentačních nádrží či průtočných (horizontálních či vertikálních) usazováků. Na rozdíl od těchto separačních postupů je suspenze oddělována od vyčištěné vody (permeátu) membránou a je tak zcela vyloučen únik kalů do odtoku. Permeát je pak možno vést přímo na specifické iontoměniče.

Příklady využití tlakových membránových procesů naznačují jen některé z mnohých možností použití membránových separačních metod a jejich začlenění do složitějších technologických celků, jejich ekonomické výhody a metody pro nalezení optimálních provozních parametrů v příslušných technologiích.

Tato práce vznikla za podpory výzkumného záměru MSM0021627502.

LITERATURA

1. Ho W. S. W., Sirkar K. K.: *Membrane Handbook*. Van Nostrand Reinhold, New York 1992.
2. Mulder M.: *Basic Principles of Membrane Technology*. 2. vyd. Kluwer Academic Publishers, London 1996.
3. Caetano A., De Pinho M.N., Drioli E., Muntau H.: *Membrane Technology: Applications to Industrial Wastewater Treatment*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1995.
4. Scott K.: *Handbook of Industrial Membranes*. Elsevier Science Publishers, Oxford 1995.

12IL-03

AKTUÁLNÍ MOŽNOSTI VYBRANÝCH ELEKTROCHEMICKÝCH PRINCIPŮ, ČIDEL, MODULÁRNÍCH I USB-KOMPATIBILNÍCH SYSTÉMŮ V OBLASTI OCHRANY VOD A PROSTŘEDÍ

LADISLAV NOVOTNÝ

*Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice
nvt.l@seznam.cz*

Elektrochemické techniky^{1,2} patří do skupiny metod těšících se v oblasti ochrany vod, prostředí a zdraví pozornosti a stále rostoucímu zájmu. Důvodem je především jejich specifická, nezastupitelná, účinná a přitom dostupná aplikovatelnost, jak pro hodnocení stavu a vlastností sledovaného prostředí nebo jeho složek, tak pro elegantní uplatnění příslušných elektrotechnologických procesů. Zmíněné techniky jsou tedy využívány zvláště ve dvou směrech – ve sféře elektrotechnologií a v oblasti elektroanalýzy. Základem jsou specifické principy, uspořádání, materiály, pracovní režimy a postupy.

Mezi využívanými mezifázovými elektrochemickými principy, na které je toto sdělení zaměřeno, lze např. uvést: elektrochemickou polarizaci a depolarizaci, reverzibilní/irreverzibilní redox procesy a jejich charakteristiky, elektrodegradace, elektrokatalýzu, elektrokapilaritu a elektrotenzometrii, elektrosorpci, potenciometrii, potenciostatické a galvanostatické režimy, elektroseparaci, elektrodekontaminace.

Tyto principy mohou být uplatněny ve vhodné kombinaci s vhodnými elektrodovými materiály, elektrodovým uspořádáním, funkčními režimy a postupy. Dokumentují to následující příklady současných i perspektivních variant uplatnění:

1. Vytváření polarizovaných stavů je předpokladem jedné z možností selektivní separace a/nebo stanovení elektrochemicky aktivních složek prostředí. K jeho realizaci slouží např. potenciostatická zapojení. Výsledkem jsou pak buď technologická uspořádání v podobě ovládání elektrochemických reaktorů nebo elektrodekontaminačních jednotek, nebo v podobě odpovídajících elektrochemických analyzátorů jako jsou polarografické, voltametrické a jim příbuzné.
2. Poznatky a charakteristiky týkající se reverzibilních a irreverzibilních elektrochemických procesů, polarizačních křivek apod. poskytují základní informace pro návrh vhodných elektrodových materiálů, složení roztoků, potenciálových rozsahů atp. Vyplývají z nich i údaje o přepětí, vhodných přísadách a/nebo rušivých složkách.
3. Pomocí výše zmíněných poznatků lze dále navrhovat i elektrokatalyticky účinné systémy, v nichž sehrává roli katalyzátoru buď přímo povrch elektrody nebo látky na něm adsorbované popř. navázané.
4. Podmínky pro elektrodegradaci sledovaných složek lze pak nalézt např. experimentálně, s využitím voltametrických měření za volených podmínek. Výchozí resp. orientační informace poskytuje zpravidla dostupná odborná literatura, vědecké publikace ap.
5. Využitelnost elektrokapilarity/elektrotenzometrie patří mezi méně známé, i když perspektivní možnosti. S její

pomocí mohou být nalezeny např. podmínky pro elektrosorpční separace nebo pro sledování převažující ionogenity povrchově aktivních látek ve vodách.

6. Elektrosorpce studovaná nejčastěji pomocí elektrokapilarity, voltametrie, AC-měření nebo kapacitních měření poskytuje významné speciální informace o chování sledovaných látek a umožňuje navrhnout i vhodné technologické zařízení např. pro separaci konkrétních škodlivin z vod.
7. Principy potenciometrie, potenciostatických a galvanostatických režimů jsou rozsáhle využívány jak v elektroanalýze, tak v elektrolytických uspořádáních.
8. Komplexně jsou elektrodegradační, elektrooxidační, elektrokoagulační a elektroflotační procesy využívány například při elektrochemickém čištění odpadních vod. Na elektrodách např. ze železa, hliníku aj. probíhají zpravidla tyto procesy souběžně, což zvyšuje účinnost čisticích procesů.
9. Komplexní elektrodentaminační uspořádání lze využít též při dekontaminaci půd, odpadů, stavební sutě, stavebních parcel apod.

K realizaci zmíněných principů jsou využívána jak odpovídající technologická a analytická zařízení, tak i terénní řešení. Zařízení jsou často navrhována jako modulární systémy, buď autonomní (bez periférií), nebo v kombinaci s perifériemi (pro registraci, signalizaci, přenos dat, zpětnovazební řízení) a s příslušnými řídícími jednotkami – podle potřeby i s USB-kompatibilními (USB-moduly, notebooky apod.). Důležitou součástí jsou i čidla a elektrodové systémy a jejich materiálová a konstrukční provedení. Příkladem posledně uvedených řešení může být další vývoj voltametrického/polarografického (ETP) systému^{2–4}, připojitelného ke stolnímu PC nebo přes USB-modul k notebooku, doplněný obvyklými i miniaturizovanými elektrodami, se skleněným, plastovým (event. vyměnitelným) či jiným ústím, na bázi různých materiálů – uhlíku, rtuti, amalgamů, kompozitů, hybridních materiálů (amalgam), různých kovů či oxidů, povrchových modifikací atd. Vedle naznačených příkladů bylo by možno zmínit i řadu dalších, využívajících elektromigračních, membránových, polovodičových a jiných principů, které však nebyly předmětem pozornosti tohoto sdělení.

Tato práce vznikla za podpory grantů MŠMT ČR LC06035 a VZ 0021627502.

LITERATURA

1. Štulík K., Kalvoda R. (ed.): *Electrochemistry for Environment. Protection*. UNESCO ROSTE, Venice 1996.
2. Novotný L.: *DrSc.-dížeční práce*. AV ČR, Praha 2002.
3. Novotný L.: Chem. Listy 102, 701 (2008).
4. Novotný L.: Čs. užít. vzor PUV 2006-18100; *Obecná a aplikovaná elektrochemie pro ŽP - výukové materiály*.

12IL-04

SYNTETICKÉ VONNÉ LÁTKY A JEJICH STANOVENÍ VE VODNÍM EKOSYSTÉMU

**MILADA VÁVROVÁ^a, KRISTÝNA KUBÍČKOVÁ^b,
LIBOR ZOUHAR^a, LUDMILA MRAVCOVÁ^a a JOSEF
ČÁSLAVSKÝ^a**

^a *Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 118, 612 00 Brno,* ^b *Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno*
vavrova@fch.vutbr.cz

Syntetické vonné látky neboli musk sloučeniny („white musk“) lze zařadit mezi antropogenní kontaminanty, které jsou uvolňovány do životního prostředí již desítky let. Ve velkém množství jsou obsaženy v přípravcích pro osobní hygienu. Z chemického hlediska to jsou nepolární, lipofilní kontaminanty, se schopností kumulace ve složkách životního prostředí. Patří mezi perzistentní prioritní polutanty. Mají potenciální karcinogenní vlastnosti a v mnoha oblastech světa se usiluje o jejich omezení až zákaz používání¹.

Syntetické vonné látky se obecně dělí do čtyř skupin: lineární musk sloučeniny, makrocyclické musk sloučeniny, polycyclické musk sloučeniny a nitromusk sloučeniny. Běžně se začaly syntetické vonné látky objevovat na trhu počátkem dvacátého století; objem jejich produkce v posledních padesáti letech postupně vzrůstá^{2,3}. Nejvýznamnějšími musk sloučeninami ze skupiny polycyclických sloučenin jsou Galaxolid (HHCB) a Tonalid (AHTN), z nitromusk sloučenin jsou to pak Musk xylen, Musk keton a Musk ambrette. V posledních letech se výrazně snižuje produkce nitromusk sloučenin, tj. sloučenin, v jejichž struktuře je zakomponována jedna nebo více nitro skupin; uvedená skupina látek patří mezi látky velmi ohrožující životní prostředí. Naproti tomu narůstá produkce polycyclických a lineárních syntetických vonných látek, které jsou méně toxické. Poslední dvě zmíněné skupiny jsou používány nejčastěji a přidávají se zejména jako vonné látky do produktů osobní hygieny, do čisticích a dezinfekčních přípravků, průmyslových čisticích prostředků, do osvěžovačů vzduchu⁴ atd.

Studie zabývající se přítomností syntetických vonných látek prováděné na čistírnách odpadních vod prokázaly, že dominantními látkami v odpadních vodách jsou Tonalid, Galaxolid a jeho metabolit HHCB-lakton. Protože Galaxolid a Tonalid se dobře sorbují na pevné částice, byla jejich vysoká koncentrace prokázána v čistírenských kalech. Aplikací těchto kalů na zemědělské půdy může docházet ke kontaminaci terestriálního ekosystému. Koncentrace sloučenin Galaxolidu a Tonalidu se mění v závislosti na počtu ekvivalentních obyvatel. Rozhodující je rovněž typ odpadní vody (odpadní voda z domácností, průmyslová odpadní voda, voda z městské čistírny odpadních vod atd.) a způsob čištění odpadní vody⁴.

Tato studie byla zaměřena na sledování devíti vybraných musk sloučenin v odpadních vodách odebraných z čistírny odpadních vod Brno-Modřice. Nejprve byla provedena optimalizace sorpčně desorpční metody izolace analytu pomocí SPME (solid phase microextraction). Pomocí přímé SPME byly sledovány analyty sorbované na PDMS/DVB vlákno (polydimethylsiloxan/divinylbenzen). Optimalizace byla zaměřena na výběr vhodného typu vlákna a na stanovení

teploty vodní lázně po dobu sorpce analytů na SPME vlákno. Pro optimalizaci byla izolace analytů provedena sorpčně desorpční metodou SPME, a to ze vzorků modelové vody. Pomocí přímého ponoření SPME vlákna do vzorku této vody s přidavkem zásobního roztoku standardů byla zjišťována odezva sledovaných analytů.

Na začátku každého dne byl připraven nový zásobní roztok standardů musk sloučenin. Zásobní roztok byl ředěn do acetonu pro plynovou chromatografii (Merk, Německo). Získané hodnoty byly odečteny z chromatogramů na základě získaných retenčních časů a typických iontů (m/z).

Pro analýzu byla vytvořena metoda stanovení pomocí plynového chromatografu s hmotnostním detektorem (GC Hewlett-Packard 6890N, Agilent, USA; hmotnostní detektor MSD 5973N, Agilent, USA; software Enhanced ChemStation (Agilent Technologies, USA) [knihovna spekter: NIST05.L]). Byla použita kapilární kolona se stacionární fází DB-5MS; rozměry: 20 m × 0,180 mm × 0,18 μm; limit teplot: –60 °C až 325 °C (Agilent Technologies, USA).

Tabulka I

Průměrné koncentrace musk sloučenin za měsíc únor v ng l⁻¹ a účinnost čištění (%) na ČOV Brno-Modřice

MUSK	Surová OV [ng l ⁻¹]	Odtok [ng l ⁻¹]	Účinnost čištění OV [%]
PH	3,18	1,984	37,6
TRAS	33,479	14,92	55,4
HHCB	2284	1231	46,1
AHTN	422,8	143,6	66,0
MX	91,56	20,22	77,9
MK	90,59	55,22	39,0
AMB	4,972	nd	99,9
MOS	nd	nd	nd
TIB	nd	nd	nd

Z průměrných koncentrací sledovaných analytů vyplývá, že nejvíce se v odpadní vodě vyskytují polycyklické musk sloučeniny. Z nitromusk sloučenin nebyly v odpadních vodách detekovány Musk tibeten a Musk mosken. Musk ambrette byl detekován ve velmi nízkých koncentracích. Zjištěné hodnoty Musk ambrette ležely ve většině případů pod mezí stanovitelnosti dané metody. Zjištění, že se nitromusk sloučeniny vyskytují v nižších koncentracích než polycyklické musk sloučeniny, souvisí s omezením používání nitromusk sloučenin vzhledem k jejich nebezpečným vlastnostem.

LITERATURA

1. Červený L., Chem. Listy 412, 93 (1999).
2. Rimkus G. G.: Toxicol Letters 37, 111 (1999).
3. Luckenbach T., Epel D.: EHP 17, 113 (2005).
4. Horii Y., Reiner J. L., Loganathan B. G., Kumar K. S., Sajwan K., Kannan K.: Chemosphere 2011, 68 (2007).

12IL-05

VYSOCE ÚČINNÉ TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ PRO OPĚTOVNÉ VYUŽÍVÁNÍ ODPADNÍCH VOD

JIRÍ WANNER

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Technická 5, 166 28 Praha 6
jiri.wanner@vscht.cz

Od prvních počátků v čištění odpadních vod v Anglii v 19. století převažoval přístup, že takto soustředěné vody představují pouze zdroj znečištění. Posun v myšlení lidí a v přístupu lze pozorovat v posledních cca 20. letech. V anglicky mluvících zemích se už upouští i od termínu „wastewater“ (odpadní voda), neboť voda je cennou surovinou a ani ve znečištěném stavu není odpadem. Nově se používají termíny jako „water reuse“ nebo „water reclamation“ či „water recycling“. Čistírný odpadních vod, budované v posledních letech v rozvinutých zemích nejsou zakončeny troubou odvádějící odtok do recipientu. Odtok je veden k dalšímu použití, a to buď přímo či po předchozí akumulaci¹. I v České republice existují důvody zabývat se problematikou opětovného využívání vyčištěných odpadních vod:

- Rostoucí cena pitné vody v systémech veřejného zásobování.
- Přesto, že výroba pitné vody je u nás založena z 60 % na vodě povrchové, jejíž bilance je stále kladná, objevují se problémy s obnovováním zásob podzemní vody.
- Současné čistírenské technologie včetně metod terciárního čištění dosahují již takové kvality odtoku, že je v podstatě nesmyslné tuto vodu vypouštět přímo do recipientů, kde se získaná vysoká kvalita ztratí bez využití.

Vodu vyčištěnou běžnými postupy, tedy biologickými procesy, fyzikálními procesy, chemickými procesy nebo jejich kombinací lze použít v omezeném okruhu případů, především v průmyslu jako technologickou vodu nebo v zemědělství pro závlahu technických a energetických plodin. Pro další oblasti opětovného využití je nutno odpadní vody podrobit terciárnímu stupni. Z metod terciárního dočištění se nejčastěji používají filtrace na pískových filtrech nebo mikrosítech, hygienické zabezpečení, sorpce zbytkových organických látek, iontová výměna a různé formy membránové filtrace².

Pro bezpečné opětovné využití odpadních vod je rozhodující dokonalé hygienické zabezpečení. Vhodným dezinfekčním prostředkem je chlór pro jeho nízkou cenu a dobrou dostupnost. Je nutné dávkovat dostatečné množství a zajistit dostatečnou reakční dobu, což zajistí požadovanou kvalitu vody. Obsah chlóru dále zabraňuje vzniku povlaků v rozvodném potrubí či působí preventivně proti sekundárnímu růstu mikroorganismů. V případě, že zbytkový chlór v dalším využití není žádoucí, přidávají se dechlorační činidla.

Jiným procesem použitelným k dezinfekci a hygienizaci vody je využití UV záření. Záření narušuje strukturu buněčné stěny a tím brání reprodukci. Účinnost je dána intenzitou záření a dobou expozice, vzhledem k nízkému průniku záření vodním prostředím je třeba, aby voda byla vystavena záření v tenkém filmu. I přes relativně vysoké náklady se metoda dezinfekce UV zářením stává nejrozšířenější metodou při terciárním čištění odpadních vod pro účely jejich opětovného

využití. Dalším vhodným dezinfekčním činidlem je ozon, který jakožto silné oxidační činidlo je velmi efektivní při destrukci virů a bakterií. Náklady na ozonizaci však silně diskvalifikují tuto metodu pro praktické použití.

Jako membránové filtrační technologie se označují takové metody, které vhodně kombinují odstranění zbytkových polutantů a hygienizaci odtoku. Lze tak dosáhnout vysoké kvality odtoku vyčištěné odpadní vody. Z hlediska zachytu částic na filtru lze rozlišit membránové technologie:

- Mikrofiltrace (MF), kde průměr pórů je 0,1–1 μm , odstraňuje tedy většinu částic velikosti bakterií.
- Ultrafiltrace (UF), s velikostí pórů 0,01–0,1 μm , zachycuje bakterie, viry a větší molekuly.
- Reverzní osmóza (RO), umožňuje odstranit i volné ionty a získat tak demineralizovanou vodu. Rozhodující je tlak působící na čištěnou odpadní vodu, který musí být vyšší než příslušný tlak osmotický.
- Nanofiltrace (NF), pracuje obdobně jako reverzní osmóza, ale při nižším tlaku a tudíž i úroveň zachycení je nižší.

Příklady opětovného využití odpadních vod³

Prvním úspěšným projektem opětovného využití odpadních vod byl již v 70. letech 20. století Windhoek Goreangab Reclamation Plant v Namibii, kde vzhledem k nedostatečným zdrojům pitné vody se postupně vytvořil systém složený ze zdrojů vody z přehrad, vrtů a produktů čištění odpadních vod. V kalifornském systému s nerovnoměrně rozloženými zdroji vody, kde jsou limitní zásoby povrchové i podzemní vody, byla vytvořena centrální stoková síť s následným čištěním. Vyčištěná odpadní voda se využívá především pro závlahu městské zeleně a k zemědělským účelům. Obdobným způsobem funguje opětovné používání odpadních vod i v Austrálii, ve státech Victoria a Southern Australia, kde je vyčištěná odpadní voda akumulována v lagunách pro použití v době sucha. V Barceloně dosahují vysoké kvality vyčištěné odpadní vody díky jednotkám terciárního čištění a vodu využívají pro závlahové systémy, nadlepšení průtoku řek a jako bariéru proti průniku slané vody do podzemní po doupravě reverzní osmózou. Využití vyčištěné odpadní vody pro výrobu pitné vody je známo ze Singapuru jako tzv. Newater, kde mělo její zavedení velký úspěch.

Tato práce vznikla v rámci Vědecko výzkumného záměru MŠMT ČR, MSM 6046137308.

LITERATURA

1. Asano T., Levine A.: Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Introduction. In: Asano, T. (ed.), *Wastewater Reclamation and Reuse*, s. 1–55. CRC Press, Boca Raton 1988.
2. Wanner J., Pečenka M.: Vyčištěná odpadní voda – odpad nebo zdroj vody? Sb. konf. *CzWA Nové metody a postupy při provozování ČOV XIV. Moravská Třebová, 7.–8. dubna 2009*, VHOS a.s.
3. Wanner J.: Možnosti opětovného používání vyčištěných odpadních vod. Sb. konf. *Nové trendy v čistírenství a vodárenství. Soběslav, 11. listopadu 2009*, ENVI-PUR s.r.o.