



ĚKOMONITOR
●

VODÁRENSKÁ BIOLOGIE 2009

sborník konference

28. - 29. ledna 2009
ATOMOVÝ KRYT PRAHA

090128

Pořádající organizace

VŠCHT Praha, fakulta technologie ochrany prostředí
Technická 5, 166 28 Praha 6

Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r.o.
Píšťovy 820, 537 01 Chrudim III

Česká limnologická společnost
VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 30, 160 62 Praha 6

Odborný garant:

RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph. D.

Editor sborníku:

RNDr. Jana Říhová Ambrožová, Ph. D.

Citace sborníku:

Vodárenská biologie 2009, 28.-29. ledna 2009, Praha, Česká republika, Říhová
Ambrožová Jana, (Edit.), str. 190

Water Supply Biology 2009, January 28-29, 2009, Praha, Czech Republic, Říhová
Ambrožová Jana (Edit.), p. 190

K tisku předáno 12.1.2009, formát A4, počet výtisků 190, počet stran 190, brožované vydání.
Vytiskla tiskárna Callisto-96, a.s., provozovna Pardubice - Semtín

Obsah publikace je možno použít za předpokladu plného citování zdroje. Přímý přetisk části publikace je vyhrazen a je možný pouze na základě písemného souhlasu autora a vydavatele.

1. vydání

© Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r.o., Chrudim 2009

ISBN 978-80-86832-41-8

MONITORING TOXICKÝCH SINIC VE VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍCH ČR – TRADIČNÍ A NOVÉ TOXINY SINIC (VÝSLEDKY SLEDOVÁNÍ Z LET 1993-2008)

Blahoslav Maršálek, Luděk Bláha, Lucie Bláhová, Jiří Kohoutek, Ondřej Adamovský, Pavel Babica, Lenka Šejnohová, Radovan Kopp, Darina Vinklárková, Eliška Maršálková a kol.
*Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny - Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Květná 8, Brno
& RECETOX, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, e-mail: blaha@recetox.muni.cz*

Abstrakt: Vodní květy sinic a jejich toxiny představují trvalý problém ve většině vodních nádrží v ČR. Sdružení Flos Aquae, Brno, se problému věnuje již od roku 1993 a v tomto příspěvku shrnujeme výsledky dlouhodobého monitoringu koncentrací microcystinů ve vodárenských nádržích (koncentrace v biomasách sinic a koncentrace ve vodách). Analýzy prokázaly, že průměrné koncentrace MC ve vodách byly ve všech letech pod koncentrací 1 µg/L, ale pravidelně byly nalézány i vysoké koncentrace (až 17 µg/L). Z hlediska MC v biomasách sinic platí, že již od roku 1993 byly jedny z nejvyšších koncentrací nacházeny právě na vodárenských nádržích. Průměrné koncentrace celkových MC v biomase se pohybují v jednotlivých letech od 300 do 1000 µg/g sušiny a maximální koncentrace dosahují 3000 µg/g suš. MC-LR tvoří systematicky jen cca 50 % z celkového obsahu microcystinů. Kromě microcystinů je diskutována také problematika sinicového alkaloidního toxinu cylindrospermopsinu, který byl opakovaně nalezen v ČR. S ohledem na karcinogenitu cylindrospermopsinu, je třeba nadále věnovat pozornost i tomuto "netradičnímu" toxinu, který je v některých zemích světa omezován stejným (nebo nižším) limitem, který platí pro microcystiny v pitné vodě v ČR (tj. 1 µg/L).

Úvod

Vodní květy sinic (VKS), tj. nahromadění sinic ve formě příhřadlinové kumulace biomasy fytoplanktonu s dominancí sinic (vodní květ), představují ve vodních ekosystémech (včetně vodárenských nádrží) stále významné ekologické i zdravotní riziko. V České republice je dnes většina přehrad i rybníků eutrofizovaná až hypertrofizovaná, a proto jsou postiženy častým nebo pravidelným rozvojem VKS. Kromě jiných účinků, zůstává jedním z hlavních problémů produkce širokého spektra biologicky aktivních látek sinicemi - zejména produkce toxinů (cyanotoxinů). Nejčastěji sinice produkují oligopeptidy, z nichž nejprostudovanější jsou microcystiny (MCs), kterým je dále věnována detailnější pozornost. Z důvodů toxicity i persistence v prostředí je ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanovují hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontrol pitné vody, zařazen také limit maximálního přípustného množství microcystinu-LR v pitné vodě (1 µg/l). Kromě toho byly však nově v ČR nalezeny také další typy toxinů - především cyklický alkaloid cylindrospermopsin, který byl doposud nalézán jen v tropických oblastech.

Cílem monitoringu toxických sinic v ČR, který organizuje Sdružení Flos-Aquae ve spolupráci s Botanickým ústavem AV ČR, v.v.i., Masarykovou univerzitou a dalšími institucemi v celé ČR je sledování hlavních a nejvýznamnějších nádrží v ČR s ohledem na výskyt producentů toxinů sinic, produkce toxinů v biomase vodního květu (zejm. microcystinů, tj. množství vztahované na hmotnost sušiny - microgram/gram suš. a reprezentuje celkový toxický potenciál) a sledování aktuálních koncentrací ve vzorcích vod (lze uplatnit na jakýchkoli lokalitách i v případě, kdy není rozvinut vodní květ sinic a výsledky lze srovnávat přímo s limitem 1 µg/L). V tomto příspěvku jsou prezentovány hlavní poznatky, které přinesly analýzy dlouhodobých dat monitoringu toxických sinic v podsouboru nádrží, které slouží jako zdroje pitné vody v ČR.

Materiál a metody

Mikroskopický rozbor fytoplanktonu. Prováděn byl kvalitativní rozbor (taxonomie) – určení hlavních zástupců sinic vodních květů na úrovni rodů (zejména *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix*, *Microcystis* atp.) a také kvantitativní rozbor (% odhadu vzájemného poměru biomas hlavních skupin fytoplanktonu - sinice, zelené a hnědé řasy, % odhad zastoupení jednotlivých sinic ve vzorku). Vzorky byly zpracovávány živé nebo fixované formaldehydem.

Analýzy microcystinů v biomase sinic. Vzorky biomasy byly lyofilizovány, připraveny extrakty (50% methanol) a analyzovány pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC, Agilent) na

MONITORING TOXICKÝCH SINIC VE VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍCH ČR – TRADIČNÍ A NOVÉ TOXINY SINIC (VÝSLEDKY SLEDOVÁNÍ Z LET 1993-2008)

Blahoslav Maršálek, Luděk Bláha, Lucie Bláhová, Jiří Kohoutek, Ondřej Adamovský, Pavel Babica, Lenka Šejnohová, Radovan Kopp, Darina Vinklárková, Eliška Maršálková a kol.
Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny - Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Květná 8, Brno
& RECETOX, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, e-mail: blaha@recetox.muni.cz

Abstrakt: Vodní květy sinic a jejich toxiny představují trvalý problém ve většině vodních nádrží v ČR. Sdružení Flos Aquae, Brno, se problému věnuje již od roku 1993 a v tomto příspěvku shrnujeme výsledky dlouhodobého monitoringu koncentrací microcystinů ve vodárenských nádržích (koncentrace v biomasách sinic a koncentrace ve vodách). Analýzy prokázaly, že průměrné koncentrace MC ve vodách byly ve všech letech pod koncentrací 1 µg/L, ale pravidelně byly nalézány i vysoké koncentrace (až 17 µg/L). Z hlediska MC v biomasách sinic platí, že již od roku 1993 byly jedny z nejvyšších koncentrací nacházeny právě na vodárenských nádržích. Průměrné koncentrace celkových MC v biomase se pohybují v jednotlivých letech od 300 do 1000 µg/g sušiny a maximální koncentrace dosahují 3000 µg/g suš. MC-LR tvoří systematicky jen cca 50 % z celkového obsahu microcystinů. Kromě microcystinů je diskutována také problematika sinicového alkaloidního toxinu cylindrospermopsinu, který byl opakovaně nalezen v ČR. S ohledem na karcinogenitu cylindrospermopsinu, je třeba nadále věnovat pozornost i tomuto "netradičnímu" toxinu, který je v některých zemích světa omezován stejným (nebo nižším) limitem, který platí pro microcystiny v pitné vodě v ČR (tj. 1 µg/L).

Úvod

Vodní květy sinic (VKS), tj. nahromadění sinic ve formě přihladinové kumulace biomasy fytoplanktonu s dominancí sinic (vodní květ), představují ve vodních ekosystémech (včetně vodárenských nádrží) stále významné ekologické i zdravotní riziko. V České republice je dnes většina přehrad i rybníků eutrofizovaná až hypertrofizovaná, a proto jsou postiženy častým nebo pravidelným rozvojem VKS. Kromě jiných účinků, zůstává jedním z hlavních problémů produkce širokého spektra biologicky aktivních látek sinicemi - zejména produkce toxinů (cyanotoxinů). Nejčastěji sinice produkují oligopeptidy, z nichž nejprostudovanější jsou microcystiny (MCs), kterým je dále věnována detailnější pozornost. Z důvodů toxicity i persistence v prostředí je ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanovují hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontrol pitné vody, zařazen také limit maximálního přípustného množství microcystinu-LR v pitné vodě (1 µg/l). Kromě toho byly však nově v ČR nalezeny také další typy toxinů - především cyklický alkaloid cylindrospermopsin, který byl doposud nalézán jen v tropických oblastech.

Cílem monitoringu toxických sinic v ČR, který organizuje Sdružení Flos-Aquae ve spolupráci s Botanickým ústavem AV ČR, v.v.i., Masarykovou univerzitou a dalšími institucemi v celé ČR je sledování hlavních a nejvýznamnějších nádrží v ČR s ohledem na výskyt producentů toxinů sinic, produkce toxinů v biomase vodního květu (zejm. microcystinů, tj. množství vztahované na hmotnost sušiny - microgram/gram suš. a reprezentuje celkový toxický potenciál) a sledování aktuálních koncentrací ve vzorcích vod (lze uplatnit na jakýchkoli lokalitách i v případě, kdy není rozvinut vodní květ sinic a výsledky lze srovnávat přímo s limitem 1 µg/L). V tomto příspěvku jsou prezentovány hlavní poznatky, které přinesly analýzy dlouhodobých dat monitoringu toxických sinic v podsouboru nádrží, které slouží jako zdroje pitné vody v ČR.

Materiál a metody

Mikroskopický rozbor fytoplanktonu. Prováděn byl kvalitativní rozbor (taxonomie) – určení hlavních zástupců sinic vodních květů na úrovni rodů (zejména *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix*, *Microcystis* atp.) a také kvantitativní rozbor (% odhadu vzájemného poměru biomas hlavních skupin fytoplanktonu - sinice, zelené a hnědé řasy, % odhad zastoupení jednotlivých sinic ve vzorku). Vzorky byly zpracovávány živé nebo fixované formaldehydem.

Analýzy microcystinů v biomase sinic. Vzorky biomasy byly lyofilizovány, připraveny extrakty (50% methanol) a analyzovány pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC, Agilent) na

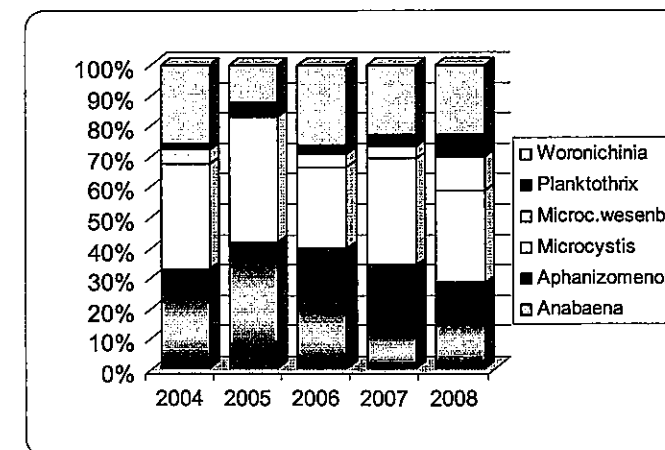
reverzní fázi s využitím detektoru s diodovým polem (200-300 nm) na koloně Supelcosil ABZ+Plus (150x4,6 mm, 5 µm, Supelco) pomocí binárního gradientu mobilní fáze acetonitril a voda (obojí okyseleno trifluoroctovou kyselinou). Microcystiny byly identifikovány na základě shody retenčních časů se standardy a dále podle charakteristických absorpčních spekter s maximem při 238 nm. Detekční limit metody (LOD) je 0,03-0,05 µg.L⁻¹ (v závislosti na objemu zakonzentrovávaného vzorku). Metodiky byly v našich laboratořích validovány a byly využity pro řadu studií (Bláha et al. 2003, Babica et al. 2005, 2006, Kohoutek et al. 2008).

Stanovení microcystinů ve vodách. Analýzy jsou pravidelně prováděny od roku 2004 (vzorky bez koncentrování, pouze homogenizace před analýzou pomocí ultrazvuku a centrifugace) byly stanoveny imunochemickou metodikou ELISA podle postupu Zeck et al. (2001a, b)), která byla adaptována v našich laboratořích (Bláhová et al. 2007). Dolní mez detekce metody je 0.125 µg/L a ačkoliv byla používána protilátka MC10E7 vyvinuta proti microcystinu-LR, je schopna reagovat také s dalšími strukturálními variantami microcystinů. Imunochemické stanovení microcystinů není proto schopno rozlišit jednotlivé strukturální varianty microcystinů a výsledek je proto vyjadřován jako suma microcystinů, resp. jako ekvivalenty microcystinu-LR.

Výsledky a diskuze

Výsledky biologických rozborů fytoplanktonu.

Obrázek 1 ukazuje podíl zastoupení sledovaných skupin sinic v letech 2004 až 2008 podle biologických mikroskopických rozborů. Zřejmý je kolísavý výskyt zastoupení jednotlivých skupin (zejména u *Anabaena* a také *Aphanizomenon*) s relativně stabilním podílem nejproblematictějších sinic *Microcystis*. V posledních dvou letech monitoringu (2007-8) byl na vodárenských nádržích zaznamenán vysoký výskyt (zastoupení) sinic ve vzorcích fytoplanktonu (až 100% všech vzorků obsahovalo sinice). Dominantní sinicí jsou často zástupci netoxické sinice *Woronichinia*, velký podíl však pravidelně tvoří toxiny produkující sinice *Microcystis*. Nutno však kriticky poznamenat, že fluktuace složení fytoplanktonu jsou běžné, jsou podmíněny řadou faktorů (např. počasím), a detailní rozbor tohoto fenoménu by vyžadoval podrobnější studium a delší časové řady.



Obrázek 1 Zastoupení (% výskytu) dominantních zástupců sinic v vodárenských nádržích v ČR ve sledovaném období let 2004-2008

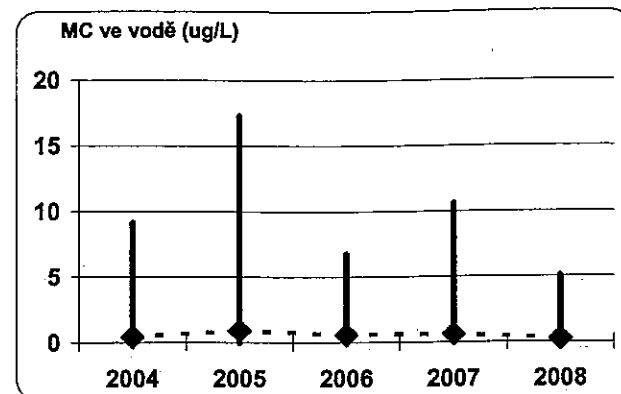
Výsledky stanovení microcystinů ve vodách (ELISA, 2004-2008)

Obrázek 2 shrnuje sumární statistiky stanovení microcystinů ve vodárenských nádržích) ve sledovaných letech 2004-2008. Z výsledků je zřejmé, že průměrné koncentrace byly ve všech letech pod koncentrací 1 µg/L. V každém ze sledovaných roků však byly pozorovány i vysoké koncentrace (>5 µg/L) a byly pozorovány i extrémní hodnoty (9 resp. 17 µg/L).

Koncentrace microcystinů ve vodách

Statistické ukazatele

	2004	2005	2006	2007	2008	Celkem
Průměr	0.46	0.93	0.60	0.64	0.27	0.55
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	9.18	17.27	6.76	10.59	5.05	17.27
N	52	46	68	111	89	366



Tabulka 1, Obrázek 2 Sumární statistiky stanovení microcystinů ve vodárenských nádržích v letech 2004-2008 a jejich grafická prezentace (střední bod - průměr, odchylka - maximální koncentrace).

Nejvyšší koncentrace jsou v různých letech nalézány na různých lokalitách v různých povodích (viz tabulka 2). Mezi nádržemi v jednotlivých povodích lze nalézt některé systematické rozdíly, které však lze v některých případech připsat rozdílným počtům sledovaných nádrží. **Obecně lze konstatovat, že:**

- Nejnižší koncentrace MC ve vodách jsou nalézány v nádržích v povodích Labe, Odry a také Horní Vltavy (maximální koncentrace dosáhly jen zřídka přes 1 $\mu\text{g/L}$). Tyto nádrže (v horských oblastech nebo na horních tocích řek) jsou relativně méně ovlivněny antropogenní kontaminací živinami, ale i zde jsou pozorovány masové rozvoje sinic a produkce microcystinů.
- Vysoce kolísavé koncentrace MC (mezi jednotlivými lety) lze pozorovat v nádržích v povodí Dolní Vltavy, Berounky a Ohře (jsou si i topograficky a geomorfologicky relativně blízké). Na těchto nádržích jsou v některých letech (např. povodí Berounky 2006 a 2007) pravidelně nalézány vyšší koncentrace microcystinů (vzorky s koncentracemi $>1 \mu\text{g/L}$ tvoří cca 40% vzorků). V povodí Ohře byla maxima v letech 2005 a 2008 vyšší než 5 $\mu\text{g/L}$.
- Nejvyšší koncentrace jsou nalézány na nádržích v povodí Moravy. Tento fakt je ovlivněn jednak vysokým počtem sledovaných nádrží a vysokým počtem vzorků, ale také polohou nádrží (z nichž mnohé leží na toku řek, který je ovlivněn malými sídly (např. Vír, kde jsou pravidelně nacházeny vysoké koncentrace microcystinů).

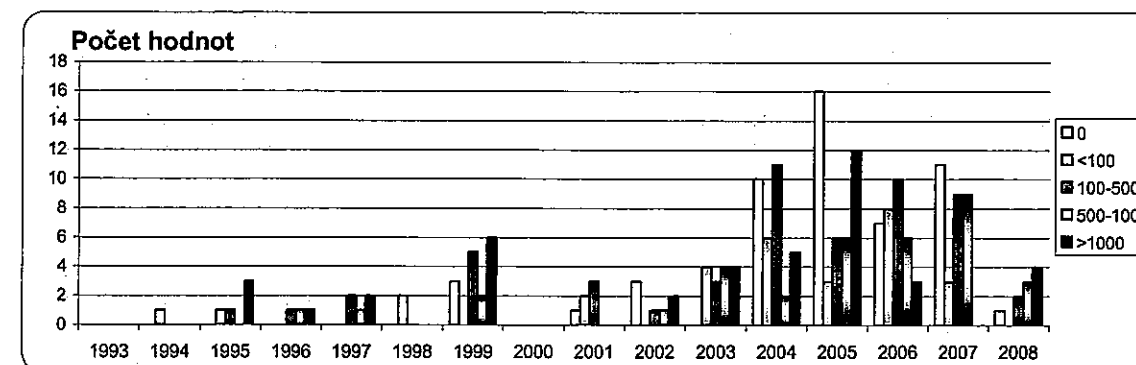
Datum	Povodí	Lokalita	MC ($\mu\text{g/L}$)
2004-09-08	Morava	Vír	9.2
2005-07-19	Berounka	Lučina	17.3
2006-09-12	Morava	Mostišťe	6.8
2007-09-03	Morava	Fryšták	10.6
2008-08-08	Ohře	Březová VN	5.0

Tabulka 2 - Vodárenské nádrže ČR - maximální koncentrace microcystinů (lokality s maximálními koncentracemi microcystinů ve vodě v letech 2004 - 2008)

Výsledky stanovení microcystinů v biomase sinic (HPLC, 1993-2008)

V posledních letech monitoringu jsou v biomasách sinic na vodárenských nádržích nacházeny relativně vysoké koncentrace microcystinů (v roce 2008 více než 40% vzorků obsahuje microcystiny v biomase v koncentracích vyšších než 1000 microgramů/g sušiny). Tento fakt indikuje vysoký toxický potenciál sinic v nádržích. Již od roku 1993 byly jedny z nejvyšších koncentrací MC nacházeny právě na vodárenských nádržích. Průměrné koncentrace celkových MC v biomase se pohybují v jednotlivých letech od 300 do 1000 $\mu\text{g/g}$ sušiny. Maximální koncentrace dosahují 3000 $\mu\text{g/g}$ suš. Obsah MC-LR tvoří systematicky jen cca 50% z celkového obsahu microcystinů.

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Suma
0							3		1	3		10	16	7	11	1	52
<100		1	1			2			2		4	6	3	8	3		30
100-500			1	1	2		5		3	1	3	11	6	10	9	2	54
500-1000				1	1		2			1	4	2	6	6	9	3	35
>1000			3	1	2		6			2	4	5	12	3		4	42
Celkem	0	1	5	3	5	2	16	0	6	7	15	34	43	34	32	10	213



Tabulka 3, Obrázek 3 Vodárenské nádrže ČR a koncentrace microcystinů v biomasách sinic - počty vzorků v jednotlivých kategoriích koncentrací (výsledky z roku 2008 nejsou úplné - N=10).

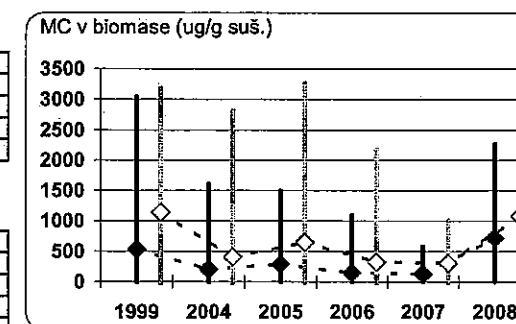
Při rozlišení příslušnosti nádrží k jednotlivým povodím lze z hlediska koncentrací MC v biomasách sinic konstatovat, že koncentrace MC v biomasách z povodí Berounky, Horní Vltavy, Labe a Ohře jsou spíše nižší (k dispozici byl jen omezený počet vzorků). Vyšší koncentrace byly pozorovány v povodí Dolní Vltavy (Želivka) a na nádržích z povodí Moravy (např. v roce 2008 bylo cca 60 % vzorků v kategorii nejvyšších koncentrací - tj. $> 1000 \mu\text{g/g}$ suš.).

Microcystin-LR

	1999	2004	2005	2006	2007	2008	Celkem
Průměr	533	206	290	145	133	721	263
Minimum	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	3048	1607	1492	1098	585	2266	3048
N	16	34	43	34	32	10	169

Suma všech microcystinů

	1999	2004	2005	2006	2007	2008	Celkem
Průměr	1137	416	655	335	319	1070	549
Minimum	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	3134	2760	3213	2151	999	3312	3312
N	16	34	43	34	32	10	169



Legenda: MC-LR tmavší body, tmavě maxima
Suma MC světlejší body, světlejší maxima

Tabulka 4, Obrázek 4 Vodárenské nádrže ČR a koncentrace microcystinů v biomasách sinic - statistické ukazatele stanovení ($\mu\text{g/g}$ sušiny) z let 1999 a 2004-2008

Rok	Lokalita	Povodí	Datum	Suma MC	MC-LR	MC-RR	MC-YR
1994	Koryčany	Morava	1994-08-23	70	33	25	
1995	Vír	Morava	1995-07-27	2036	866		
1996	Nová Říše	Morava	1996-08-11	7419	7419		
1997	Vír	Morava	1997-08-26	5084	5804		
1998	Vír	Morava	1998-07-21	91	58		
1999	Vír	Morava	1999-10-18	3134	3048	20	66
2001	Římov	Horní Vltava	2001-08-09	387	141	160	87
2002	Vír	Morava	2002-09-30	1529	1252	77	40
2003	Vír	Morava	2003-09-10	3335	1129	1748	220
2004	Vír	Morava	2004-09-08	2760	922	1582	121
2005	Vír	Morava	2005-08-10	3213	1143	1916	105
2006	Husinec	Horní Vltava	2006-09-06	2151	1098	1001	0
2007	Vír	Morava	2007-08-16	955	166	750	39
2008	Vír	Morava	2008-08-18	3312	2266	0	0

Tabulka 5 Vodárenské nádrže ČR a koncentrace microcystinů v biomasách sinic - nejvyšší pozorované koncentrace v jednotlivých sledovaných letech.

Biomasa sinic představuje v prostředí největší zdroj microcystinů. Koncentrace intracelulárních microcystinů se mohou pohybovat od nulových hodnot až po několik mg/g sušiny vodního květu (srovnání dat z ČR a světa ukazuje tabulka 6) a v případě přemnožení sinic to znamená uvolnění velkého množství toxických látek do vodního ekosystému.

Stát	Rok	Maximum MC ug/g suché váhy	Citace
Evropa			
ČR	2005	3673	<i>databáze Centra pro cyanobakterie, Brno</i>
Polsko	2004	1687	<i>Jurczak et al. 2004</i>
Řecko	1994-1995, 1999-2000	2565	<i>Gkelis et al. 2005</i>
Německo	1999	5595	<i>Fastner et al. 1999</i>
Portugalsko	1996	7100	<i>Vasconcelos et al. 1996</i>
Svět			
Japonsko	1998-2000	3284	<i>Ozawa et al. 2005</i>
Egypt	2005	4100	<i>Mohamed et al. 2006</i>
Čína	1991	7280	<i>Zhang et al. 1991</i>
Alžírsko	2000-2001	4590	<i>Nasri et al. 2004</i>

Tabulka 6 Maximální pozorované koncentrace intracelulárního MC (microgramy/g suché váhy sinicové biomasy). Výsledky z ČR a publikované z různých zemí Evropy a světa.

Analýzy cylindrospermopsinu v ČR

Cylindrospermopsin je nejvíce produkován sinicemi v tropických a subtropických oblastech a zde také ohrožuje významně kvalitu pitné vody. V současnosti je však velmi intenzivně studován po celém světě a jeho výskyt byl zaznamenán i ve vodních nádržích v chladných oblastech na severu Evropy (tabulka 7). V letech 2007-2008 se nám opakovaně podařilo prokázat cylindrospermopsin v nádržích ČR (jihočeské rybníky, Máchovo jezero, nádrž Skalka, Bláhová et al. 2007 & submitted). Cylindrospermopsin je na rozdíl od microcystinu aktivně transportován z buněk sinic do prostředí a může tedy výrazněji ohrožovat zdroje a tím i kvalitu pitné vody po celou vegetační sezónu.

Stát	Produkující organismus	Maximum MC µg/L	Reference
ČR	<i>vodní květ (Aphanizomenon ?)</i>	0.017	<i>databáze Centra pro cyanobakterie, Brno</i>
Německo	<i>vodní květ</i>	0.08-11.75	<i>Rucker et al., 2007</i>
Austrálie	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	0.70-29	<i>Chiswell et al., 1999</i>
Austrálie	<i>Aphanizomenon ovalisporum</i>	4-120	<i>Shaw et al., 1999</i>
Itálie	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	0.46-15	<i>Manti et al. 2005</i>

Tabulka 7 Pozorované koncentrace extracelulárního cylindrospermopsinu (microgramy/L vody) stanovené LC/MS v ČR a ve světě

Závěr

Analýza dat monitoringu toxických sinic v ČR prokazuje, že ve vodárenských (ale i rekreačních a rybochovných nádržích) v ČR jsou nalézány jak permanentní masové rozvoje sinic, tak i vysoké koncentrace toxinů, které představují reálný problém nejen pro praktické využívání těchto nádrží, ale také i pro stabilitu a biodiverzitu ekosystémů. Kromě microcystinů je třeba dále věnovat pozornost i dalším toxinům sinic (např. cylindrospermopsin). Na řadě lokalit je masový rozvoj sinic pozorován pravidelně každý rok a nezdá se, že jde o významné vodárenské nádrže (např. Vír). Pro nápravu situace je třeba v rámci povodí systematicky pracovat na projektech, které povedou ke snížení trofie zasažených vodních ekosystémů a tím i k omezení rozvoje toxických vodních květů.

Použitá literatura:

- [1] BLÁHA, L., AND MARŠÁLEK, B. (2003). Contamination of drinking water in the Czech Republic by microcystins. *Arch Hydrobiol* 158, 421-429
- [2] BLÁHOVÁ, L., BABICA, P., MARŠÁLKOVÁ, E., SMUTNÁ, M., MARŠÁLEK, B., AND BLÁHA, L. (2007). Concentrations and seasonal trends of extracellular microcystins in freshwaters of the Czech Republic - results of the national monitoring program. *CLEAN - Soil, Air, Water* 35(4), 348-354
- [3] BLÁHOVÁ, L., BABICA, P., ADAMOVSÝ, O., KOHOUTEK, J., MARŠÁLEK, B. AND BLÁHA, L. (2008). Analyses of cyanobacterial toxins (microcystins, cylindrospermopsin) in the reservoirs of the Czech Republic and evaluation of health risks. *Environmental Chemistry Letters* 6:223-227
- [4] BLÁHOVÁ, L., MIČHAL ORAVEC, BLAHOŠLAV MARŠÁLEK, LENKA ŠEJNOHOVÁ, LUDĚK BLÁHA (submitted). The first occurrence of the cyanobacterial alkaloid toxin cylindrospermopsin in the Czech Republic as determined by immunochemical and LC/MS methods. *Toxicon*
- [5] BABICA, P., BLÁHA, L., AND MARŠÁLEK, B. (2005). Removal of microcystins by biofilms. A microcosm study. *Environmental Science and Pollution Research* 12, 369-374
- [6] BABICA, P., KOHOUTEK, J., BLÁHA, L., ADAMOVSÝ, O., AND MARŠÁLEK, B. (2006). Evaluation of extraction approaches linked with HPLC and ELISA for analyses of microcystin-LR, -RR and -YR in freshwater sediments with variable organic material content. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 385, 1545-1551
- [7] KOHOUTEK, J., BABICA, P., BLÁHA, L., AND MARŠÁLEK, B. (2008). A novel approach for monitoring of cyanobacterial toxins - development and evaluation of the passive sampler for microcystins. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 390, 1167-1172
- [8] ZECK, A., EIKENBERG, A., WELLER, M. G., AND NIESSNER, R. (2001). Highly sensitive immunoassay based on a monoclonal antibody specific for [4-arginine]microcystins. *Analytica Chimica Acta* 441, 1-13
- [9] ZECK, A., WELLER, M. G., BURSILL, D., AND NIESSNER, R. (2001). Generic microcystin immunoassay based on monoclonal antibodies against Adda. *Analyst* 126, 2000-2007