

Naše čís. jednací: CHŽP-326/05

Vaše čís. jednací:

Věc: Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu k ukazateli microcystin-LR a vyhlášce č. 252/2004 Sb.

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Cyanobakterie (sinice) produkují celou řadu látek, které mohou negativně ovlivňovat lidské zdraví (cyanotoxiny, alergeny)¹. Problematika cyanotoxinů v pitné vodě je řešena v mnoha zemích na celém světě a rovněž v rámci Světové zdravotnické organizace. Ta kromě řady doporučení, jak postupovat při sledování cyanobakterií a jejich toxinů, zatím doporučila limitní hodnotu pouze pro microcystin-LR v pitné vodě a to 1 µg/l. Protože v povrchových zdrojích surové vody v České republice se cyanobakterie běžně vyskytují a v případě jejich zvýšeného výskytu mohou ohrozit jakost pitné vody, popř. též lidské zdraví, byl do vyhlášky č. 252/2004 Sb.² zařazen ukazatel microcystin-LR s nejvyšší mezní hodnotou 1 µg/l. Ukazatel je zařazen do úplného rozboru a vztahuje se k němu následující poznámka:

„Stanovuje se u pitné vody upravené z povrchové vody v období, kdy lze očekávat zvýšený výskyt sinic. Četnost stanovení může orgán ochrany veřejného zdraví omezit nebo od stanovení tohoto ukazatele zcela upustit tam, kde osoba podle § 3 odst. 2 zákona³ do provozního řádu podle § 4 odst. 3 zákona uvede vhodný postup zaručující, že možný výskyt cyanotoxinů v pitné vodě bude podchycen a následně budou učiněna včasná a účinná opatření, která zabrání ohrožení veřejného zdraví. Za vhodný postup k podchycení cyanotoxinů se považuje např. sledování sinic ve vodárenském zdroji pomocí vhodných metod, použití vhodného biotestu ke zjištění, zda přítomné sinice obsahují cyanotoxiny, případně stanovení toxinů přímo v biomase sinic nebo v surové vodě. Za účinná opatření se považují např. změna odběrového horizontu s nižší koncentrací sinic, použití vodárenské technologie prokazatelně vedoucí k odstranění cyanotoxinů z upravované vody nebo dočasné odstavení vodárenského zdroje.“

Jak je z poznámky patrné, účelem není plošné sledování microcystinu-LR (což je jen jeden z mnoha cyanotoxinů) u všech vodovodů využívajících povrchový zdroj surové vody, ale především zavedení řady preventivních a nápravných opatření jako je vhodný způsob sledování cyanobakterií/cyanotoxinů, zejména v surové vodě, popř. zavedení účinných opatření při odběru surové vody a úpravě pitné vody a to zvláště na úpravárnách, kde je výskyt sinic ve zdroji pravděpodobný. Pro použití v praxi je však znění poznámky příliš obecné, což vyvolalo potřebu vzniku tohoto metodického doporučení. To je členěno do tří hlavních kapitol:

- 1) metody stanovení (cyanobakterií i cyanotoxinů),
- 2) opatření, která je vhodná přijímat k zabránění výskytu cyanotoxinů v upravené vodě,
- 3) postupy pro sledování a zhodnocení účinnosti jednotlivých úpraven vody.

¹ V tomto metodickém doporučení nebudeme uvádět základní údaje o cyanobakteriích/cyanotoxinech, jejich výskytu a vlivu na zdraví. Zájemci mohou najít řadu informací ve snadno dostupných zdrojích uvedených v příloze 2.

² Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (novelizovaná vyhláškou č. 187/2005 Sb.).

³ Zákonem se zde rozumí zákon o ochraně veřejného zdraví (č. 258/2000 Sb. v platném znění).

2 METODY STANOVENÍ

2.1 Metody pro kvantifikaci cyanobaterií⁴

Cyanobakterie můžeme kvantifikovat buď mikroskopicky jako počty buněk nebo objemovou biomasu nebo můžeme měřit koncentrace jejich pigmentů.

ČSN 757712 Jakost vod – Stanovení biosestonu. Nejrozšířenější metodou pro mikroskopickou kvantifikaci řas a sinic je metoda uvedená v ČSN 757712⁵ a ČSN 757711⁶ (během 1. pololetí 2005 budou obě normy sloučeny do novelizované ČSN 757712). Použití této metody je však pro planktonní sinice velmi problematické a to především z následujících důvodů:

1. Při odstředování různě velký podíl sinic vodních květů nesedimentuje a je odlit v supernatantu, protože díky aerotopům mají často specifickou hmotnost nižší než voda. Výskyt sinic vodních květů při tomto postupu pak nemusí být vůbec zjištěn nebo může být alespoň významně podhodnocen. Tento metodický nedostatek lze většinou (alespoň částečně) odstranit použitím fixace vzorku pomocí Lugolova roztoku (úprava dle Utermohla). Aktuální ČSN 757712 však tuto možnost neobsahuje.
2. Sinice se vyskytují většinou jako vlákna nebo kolonie, a tak i v případech, kdy se dostanou se sedimentem po odstředění na mřížku počítací komůrky, bude jejich biomasa vůči ostatním organismům zpravidla podhodnocena díky vyjadřování výsledků v jedincích (organismech).

Použití: Metoda se běžně používá ke kontrole jakosti surové a upravené vody pro účely vyhlášky č. 428/2001 Sb. I když může dát velmi hrubou představu o výskytu cyanobakterií v surové vodě, není možné považovat tuto metodu jako vhodnou ke sledování cyanobakterií pro postup uvedený v kapitole 4 tohoto doporučení.

TNV 757717 Jakost vod – Stanovení planktonních sinic⁷. Tato norma byla vydána pro mikroskopickou kvantifikaci planktonních sinic. Výsledky mezilaboratorních porovnávacích zkoušek však zatím prokázaly značný rozptyl výsledků jednotlivých laboratoří a to především při kvantifikaci kokálních sinic (typicky *Microcystis* spp.). Důvodů (kromě malé zkušenosti laboratoří s metodou) může být několik:

1. Především to může být nedostatečná dezintegrace kolonií při použití automatické pipety. Tento postup je sice v normě uveden (bod 8.4.3.2A), ale u mnoha vzorků je dezintegrace obtížná. Proto doporučujeme ve shodě s normou použití injekční stříkačky s tupou jehlou (bod 8.4.3.2B). Velice dobrých výsledků lze dosáhnout při použití ultrazvukového homogenizátoru (nikoli ultrazvukové lázně, ta je téměř neúčinná!).
2. Dále jsou důležité ztráty při zahušťování (při použití automatické pipety nejsou rozbity aerotopy, takže při použití odstředění zákonitě dojde ke značným ztrátám).
3. Pokud není při počítání využita fluorescence, může být mnoho buněk přehlédnuto.

Použití: Metodu lze považovat za vhodnou pro postup uvedený v kapitole 4, pokud je prováděna zkušeným pracovníkem a je ověřeno, že při postupu nedochází k výrazným ztrátám (popsáno výše).

Chlorofyl-a. Chlorofyl-a je možné stanovit podle ČSN ISO 10260⁸. Kromě této standardní spektrofotometrické metody lze využít také fluorescenční systémy, z nich některé mohou

⁴ Některé sinice mají velmi drobné buňky, které mohou být při mikroskopickém rozboru přehlíženy. Díky drobným buňkám navíc velmi snadno tyto sinice pronikají do upravené vody. Zde se ovšem nejedná o sinice vodních květů, ale drobné sinice bez aerotopů. Tyto sinice mohou tvořit významnou část fytoplanktonního společenstva především u méně úživných vod.

⁵ ČSN 757712 Jakost vod – Stanovení biosestonu. (1998)

⁶ ČSN 757711 Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení mikroskopické obrazu. (1988)

⁷ TNV 757717 Jakost vod – Stanovení planktonních sinic. (2004)

⁸ ČSN ISO 10260 Jakost vod – Měření biochemických ukazatelů – Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-a (1996)

poskytovat výsledky „on-line“. Jedná se buď o čidla, která jsou součástí multiparametrických ponorných sond k měření fyzikálně-chemických vlastností vody, nebo o speciální ponorné spektrofluorometry určené výhradně ke kvantifikaci fytoplanktonu. Je však nutné si uvědomit, že tyto metody mohou poskytovat výsledky odlišné od standardní metody ČSN ISO 10260 v závislosti na tom, jak byla fluorescenční technika kalibrována. Způsob a frekvence kalibrace musí být součástí výsledků analýz.

Sinice lze odlišit od ostatních fytoplanktonních řas pomocí fluorescence fykocyaninu (pigment charakteristický pouze pro sinice). Tento pigment je excitován oranžovým světlem o vlnové délce přibližně 600 nm, zatímco pigmenty eukaryotických řas jsou excitovány modrým světlem v rozmezí 400-530 nm. Pokud budeme měřit červenou fluorescenci o vlnové délce 650-680 nm při excitaci ve zmíněných dvou pásmech, dostaneme z poměru fluorescence excitované při 600 a 400-530 nm přibližný poměr biomasy sinic a eukaryotických řas⁹. Toto stanovení lze provádět pomocí běžného laboratorního fluorometru. K dispozici jsou i speciální ponorné fluorometry pro on-line detekci a kvantifikaci nejvýznamnějších skupin fytoplanktonu včetně sinic¹⁰.

2.2 Metody stanovení cyanotoxinů¹¹

Biotesty. Experimentálně bylo prokázáno, že nejcitlivěji reagují na toxiny sinic korýši *Thamnocephalus platyurus*. Test na tomto organismu je standardně dostupný jako TNV 757754¹². Tento test je pro účely testování surové vody velmi dobře použitelný, protože je-li sledán jakýkoliv toxikologicky pozitivní efekt, je to pro vodárenskou technologii důležitý signál.

Pro testování koncentrované biomasy cyanobakterií z vodárenské nádrže však musí být vzorek předupraven frakcionací na C-18 SPE kolonách, protože se ukazuje, že korelace mezi obsahem microcystinů a toxicitou v určitých biotestech je zatížena velkým rizikem falešně pozitivních i falešně negativních výsledků.

Stanovení microcystinů. V současnosti lze za plně validované a pro účely sledování microcystinu-LR v pitných vodách vhodné považovat dva typy metod analýzy microcystinů: stanovení pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) ve spojení s UV-VIS detekcí a imunochemické stanovení technikou ELISA. Nejvhodnější (avšak instrumentálně náročnější) metodou je stanovení microcystinů pomocí HPLC s detektorem s diodovým polem. Tato technika umožňuje jednoznačně identifikovat a kvantifikovat microcystin-LR a to jednak srovnáním s komerčně dostupnými standardy, jednak díky charakteristickému absorpčnímu spektru microcystinů v UV oblasti. Technickým problémem pro analýzy vod může být nevyhovující detekční limit metody a nutnost zakoncentrovat microcystin z vodných vzorků (nejčastěji se využívá technika extrakce na pevné fázi, SPE). Za standardizovanou a přístrojově levnější metodu vhodnou pro screening lze považovat imunochemické stanovení nepřímou kompetitivní ELISA. V současnosti je na trhu několik komerčně dostupných sestav, které umožňují přímé stanovení microcystinů ve vodě s vyhovujícím detekčním limitem (zpravidla kolem 100 ng/L). Nevýhodou ELISA jsou neúplně známé efekty vlastností vodného vzorku (závislost na pH, tvrdosti vody apod.) a to, že může vykazovat jak falešně negativní, tak falešně pozitivní výsledky. Při interpretaci výsledků ELISA testu je nutno počítat s faktem, že ELISA poskytuje informaci o celkovém obsahu microcystinů.

Gregor J & Maršálek B (2004): Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll *a*: a comparative study of *in vitro*, *in vivo* and *in situ* methods. *Water Research* 38(3): 517-522.

⁹ Gregor J., Šípková H., Maršálek B. (2005) Detekce cyanobakterií v surové vodě pomocí *in vivo* fluorescence. Sborník "Vodárenská biologie 2005", Praha 2.-3.2.2005, 43-47.

¹⁰ Gregor J & Maršálek B (2004): Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll *a*: a comparative study of *in vitro*, *in vivo* and *in situ* methods. *Water Research* 38(3): 517-522.

¹¹ Zákon č. 281/2002 Sb. a jeho prováděcí vyhláška č. 474/2002 Sb. řadí microcystiny a některé další cyanotoxiny mezi vysoce rizikové biologické agens a toxiny, což komplikuje laboratorním práci s těmito látkami (nutnost povolení a evidence)

¹² TNV 757754 Mikrometoda stanovení akutní toxicity na korýši *Thamnocephalus platyurus*. Oborová norma pro vodní hospodářství.

3 OPATŘENÍ K MINIMALIZACI ČI ZABRÁNĚNÍ PRŮNIKU CYANOTOXINŮ DO PITNÉ VODY

3.1 Opatření ke snížení počtu cyanobakterií ve zdroji

Snížení přísunu živin. V ideálním případě jsou ve vodárenském zdroji koncentrace živin (především fosforu) natolik nízké, že nepostačují k významnějšímu rozvoji cyanobakterií¹³. Pokud dochází během vegetační sezóny k rozvoji cyanobakterií, je z dlouhodobého hlediska nejlepším řešením snížení přísunu živin do nádrže pod hodnoty neumožňující jejich masový rozvoj. Jedná se však o opatření dlouhodobá, která navíc vodárenské společnosti a orgány ochrany veřejného zdraví mohou ovlivnit jen málo, proto se jimi v tomto metodickém doporučení nezabýváme. Podrobnější informace lze najít ve sborníku Cyanobakterie¹⁴.

Jsou známé metody a techniky, které vedou ke snížení množství biomasy fytoplanktonu v nádrži. Každá nádrž je však originální systém s různými podmínkami v povodí nad nádrží a proto nelze obecně doporučovat opatření pro konkrétní vodárenskou nádrž. Doporučujeme obrátit se na odborníky, kteří jsou schopni zvážit možné techniky a metody omezení masového rozvoje vodních květů sinic. Vždy je nutno mít na paměti, že výběr a vhodné načasování zásahů je specifické a pro každou lokalitu a vegetační sezonu.

3.2 Odstranění cyanobakterií/cyanotoxinů vodárenskou úpravou

Volba odběrové hloubky. Cyanobakterie nejsou po většinu sezóny ve vodním sloupci rozmístěny rovnoměrně. Proto lze velmi dobře omezit jejich množství v surové vodě volbou odběrového horizontu (pokud má úpravna možnost volit hloubku odběru), ve kterém je nejmenší abundance¹⁵ cyanobakterií.

Separace celých buněk. Cyanotoxiny (především microcystiny) se většinou nacházejí uvnitř buněk cyanobakterií. Pokud vodárenská úprava (koagulace, filtrace) odstraní neporušené buňky, je ve většině případů odstraněna i převážná část cyanotoxinů.

Destrukce cyanotoxinů. Volné microcystiny mohou být poměrně s úspěchem degradovány pomocí některých oxidačních metod (např. ozonizace, ale i chlorace, kde ovšem velmi záleží na CT faktoru – dávce a času). Je však nutné důrazně varovat před využíváním předchlorace a předozonizace, která může způsobit destrukci buněk a vylítí jejich obsahu do vody, čímž znemožní záchyt celých (neporušených) buněk při koagulaci a filtraci.

Záchyt volných cyanotoxinů. Velmi účinné je odstranění cyanotoxinů pomocí aktivního uhlí. Také metoda pomalé pískové filtrace je dobře účinná (při nízkých teplotách je účinnost nižší), ale vždy je nutné vycházet z toho, že literární údaje jsou pouze orientační a pro konkrétní úpravnu a její technologii je nutno vycházet z konkrétních analýz reálných vzorků.

4 POSTUPY PRO SLEDOVÁNÍ CYANOBAKTERIÍ (CYANOTOXINŮ) A ZHODNOCENÍ ÚČINNOSTI JEDNOTLIVÝCH ÚPRAVEN VODY

4.1 Získání existujících dat

Před započítáním posuzování, zda existuje riziko z cyanotoxinů v upravené vodě, je vhodné nejprve shromáždit již existující informace, které se nějakým způsobem k cyanobakteriím vztahují. Jedná se především o následující údaje (nemusí se jednat pouze o data vodárenské společnosti, ale např. také o data pocházející ze sledování laboratoří podniků Povodí):

¹³ V málo úživných vodách se mohou vyskytovat pikocyanobakterie (mají velmi drobné buňky). Počet buněk může být vysoký (i když biomasa nemusí být příliš vysoká).

¹⁴ Cyanobakterie. 21.ledna 2004, Brno, Česká republika, Maršálek Blahoslav, Halousková Olga, (Edit.), str. 160

¹⁵ Abundance = hojnost organismů vyjádřená nejčastěji počtem jedinců na jednotku objemu či plochy nebo pomocí odhadové stupnice

- údaje o masovém výskytu sinic na konkrétní lokalitě v minulosti, včetně údajů z pravidelných rozborů surové (i upravené) vody, údaje o pozorování vodních květů na nádrži,
- výsledky pravidelných mikroskopických rozborů surové a upravené vody (nejen údaje o kvantitě, ale i o druhovém složení společenstva – jsou-li taková data dohledatelná),
- hydrodynamický režim ve zdroji (teplotní stratifikace, doba zdržení),
- fyzikální a chemické ukazatele (např. údaje o koncentraci živin – především fosfor),
- údaje o úpravě vody (informace o účinnosti při odstraňování buněk sinic a uvolněných cyanotoxinů).

4.2 Rozhodovací schéma

Následující postup je založen na doporučení Světové zdravotnické organizace¹⁶, které je však upraveno pro podmínky v ČR. Limitní hodnoty pro jednotlivé stupně jsou založeny na mikroskopické kvantifikaci (v buňkách sinic v 1 ml nebo jako buněčný objem v mm³/l) a/nebo koncentraci chlorofylu-a. Je samozřejmě možné použít i jiné spolehlivé postupy pro kvantifikaci sinic, je však nutné stanovit pro tyto ukazatele odpovídající limity.

Stav bdělosti

Pokud při kontrole surové vody je v 1 ml zjištěna 1 a více kolonií sinic (*Microcystis*, *Woronichinia*, *Aphanizomenon* aj.) nebo 5 a více vláken (*Planktothrix*, *Anabaena* aj.).

Postup po vyhlášení *Stavu bdělosti*:

Při dosažení limitů pro stav bdělosti je vhodné provádět **kvantifikaci sinic v surové vodě** v četnosti nejméně 1x týdně a vizuálně kontrolovat situaci na místě odběru (příhladinové vodní květy) dokud nenastane přechod k *Signalizačnímu stupni 1* nebo opakovaně nejsou nalézány žádné sinice v surové vodě (v různých hloubkových horizontech). V tom případě je možné se navrátit před *Stav bdělosti*.

Signalizační stupeň 1

Signalizační stupeň 1 je vyhlášen, pokud je abundance sinic ≥ 2000 buněk/ml nebo buněčný objem sinic je $\geq 0,2$ mm³ nebo koncentrace chlorofylu-a je ≥ 1 µg/l

Postup po vyhlášení *Signalizačního stupně 1*:

Pokud je možné účinně snížit abundanci sinic v surové vodě pod limity signalizačního stupně 1 (např. změnou odběrového horizontu), je situace klasifikována opět jako *Stav bdělosti*.

Pokud není možné snížit abundanci sinic v surové vodě pod limity signalizačního stupně 1, je třeba zjistit (rozhodnout), zda je vodárenská úprava schopna účinně odstranit sinice a jejich toxiny. Pokud je toho úprava schopná, pokračuje se v rutinním sledování abundance cyanobakterií v surové a upravené vodě až do doby, kdy bude dosaženo limitů pro *Signalizační stupeň 2* (v surové vodě), a zároveň se sleduje (pomocí provozních parametrů), zda technologie úpravy správně funguje. Pokud není pravděpodobné, že stávající technologie úpravy odstraní kvantitativně cyanotoxiny, je nutné přistoupit k analýze cyanotoxinů (přinejmenším k analýze microcystinu-LR) v upravené vodě. Dojde-li k překročení limitní hodnoty microcystinu_LR, je nutné okamžitě přijmout nápravná opatření (po konzultaci s orgánem ochrany veřejného zdraví).

Poznámka: Samozřejmě je vždy možné upustit od všech zmíněných opatření, pokud je zdroj surové vody nahrazen za jiný bez výskytu sinic.

¹⁶ CHORUS I., BARTRAM J. (1999): Toxic Cyanobacteria in Water. EFN Spon. 416 s.

Signalizační stupeň 2

Signalizační stupeň 2 je vyhlášen, pokud je abundance sinic ≥ 100000 buněk/ml nebo buněčný objem sinic je $\geq 10 \text{ mm}^3$ nebo koncentrace chlorofylu-a je $\geq 50 \mu\text{g/l}$

Postup po vyhlášení *Signalizačního stupně 2*:

Protože při této abundanci sinic (pokud produkují microcystiny) existuje zvýšené riziko poškození lidského zdraví, musí být buď použita úprava, která bezpečně zabrání průniku cyanotoxinů do upravené vody, nebo pravidelné sledování microcystinů v upravené vodě s četností přinejmenším 1 x týdně. Dojde-li k překročení limitní hodnoty microcystinu_LR, je nutné okamžitě přijmout nápravná opatření (po konzultaci s orgánem ochrany veřejného zdraví).

4.3 Ověření účinnosti vodárenské úpravy

Jednoduchý, orientační odhad účinnosti vodárenské úpravy vůči toxinům sinic je ukázán na schématu v příloze 1 (převzato z publikace Toxic Cyanobacteria in Water¹⁶, upraveno). Tento postup slouží pro rychlý odhad účinnosti úpravy a musí být vždy ověřen reálnými testy.

Postup pro ověření účinnosti vodárenské úpravy

Pro účinnost odstranění neporušených buněk je možné použít TNV 755940¹⁷, je však nutné nevyjadřovat výsledky v jedincích (organismech), ale v buňkách. Během úpravy se kolonie mohou rozpadat na menší útvary případně na jednotlivé buňky a vláknité cyanobakterie se mohou rozlámat na kratší fragmenty, což může znamenat podhodnocení účinnosti úpravy.

Ověření účinnosti odstranění cyanotoxinů musí být vždy založeno na analýzách reálných vzorků za přesně definovaných podmínek. Vzorkovací schéma je specifické pro každou úpravnu, ale musí reprezentovat vždy situaci minimálně v surové vodě před úpravnou, dále po technologickém stupni, který je technologem považován za klíčový pro odstraňování microcystinů a analýzu upravené pitné vody.

I když ověření účinnosti úpravy může provést zkušený provozovatel sám, doporučujeme, aby ověření provedl externí auditor specializovaný na tuto oblast. Certifikát od (na provozovateli) nezávislého subjektu předložený orgánu ochrany veřejného zdraví může sloužit jako důkaz, že je používána „vodárenské technologie prokazatelně vedoucí k odstranění cyanotoxinů z upravované vody“, a microcystin-LR v upravené vodě není nutné stanovovat, pokud jsou dodrženy určité limity jakosti surové vody a provozní podmínky specifikované v certifikátu či záznamu o ověření.

MUDr. František Kožíšek, CSc.
vedoucí NRC pro pitnou vodu

¹⁷ TNV 755940 Mikroskopické posuzování separační účinnosti vodárenské technologie (1997)

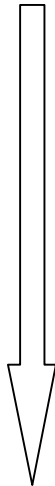
Přílohy:

1. Postup pro rychlý, orientační odhad účinnosti vodárenské úpravy vzhledem k odstraňování cyanotoxinů
2. Další zdroje informací

Metodické doporučení připravili:

- Mgr. Petr Pumann a MUDr. František Kožíšek, CSc. (SZÚ)
- Doc. Ing. Blahoslav Maršálek, CSc., Mgr. Luděk Bláha, Ph.D. a Mgr. Jakub Gregor (Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny – Botanický ústav AVČR a Masarykova univerzita v Brně)

Příloha 1: Postup pro rychlý, orientační odhad účinnosti vodárenské úpravy vzhledem k odstraňování cyanotoxinů

		Stupeň ochrany		
Ano	Je vodárna vybavena pokročilou technologií s ozonizací a (nebo) filtrací přes granulované aktivní uhlí, a je její účinnost zaručená při vysokých koncentracích organických látek v případě výskytu vodních květů?			
	Ne⁻			
	Existuje pravidelný monitoring, který by ukazoval na potencionální nebezpečí cyanobakterií ve zdroji?	Ne[®]	I	nízký
	Ano⁻			
	Je pravděpodobné, že úpravna efektivně odstraňuje organismy z upravované vody? ¹⁾	Ne[®]	II	
	Ano⁻			
	Vedou podmínky v nádrži, při čerpání a úpravě k destrukci buněk? ²⁾	Ano[®]	III	
Ne⁻				
Jsou přítomné druhy sinic, které mohou produkovat saxitoxin nebo anatoxin? ³⁾	Ano[®]	IV		
Ne⁻				
Je používána chlorace či jiná účinná oxidace?	Ne[®]	V		
Ano⁻				
Je chlorace používána tak, aby zničila přítomné cyanotoxiny? ⁴⁾	Ne[®]	VI		
Ano	→	VII	vysoký	

1) Metody, které efektivně odstraňují buňky: zemní filtrace, koagulace vhodným koagulantem, flokulace, filtrace, pomalá písková filtrace.

2) Podmínky, které vedou k rozbití buňky: používání algicidů (např. síran měďnatý), předchlorace, stáří květu (pozdní léto), vysokotlaké čerpání.

3) Rody produkující saxitoxin nebo anatoxin: *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Oscillatoria* (*Planktothrix*), *Lyngbya*, *Cylindrospermum*, *Cylindrospermopsis*.

4) Microcystin a cylindrospermopsin mohou být destruovány chlorem. Jiné cyanotoxiny nemusí být chlorací za normálních podmínek inaktivovány.

Příloha 2: Další zdroje informací

Publikace Světové zdravotnické organizace Chorus I., Bartram J. (1999): Toxic Cyanobacteria in Water je volně přístupná na

http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxicyanbact/en/index.html

Další informace o cyanotoxinech v pitné vodě lze získat na

http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/cyanobactoxins/en/

Řadu informací o cyanobakteriích a cyanotoxinech v češtině lze získat na www.sinice.cz