



ИНСТИТУТ ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ СРБИЈЕ
„ДР МИЛАН ЈОВАНОВИЋ БАТУТ“

90
ГОДИНА
1924-2014

Цијанобактерије и вода за пиће

Др Весна Караџић

„Батутови дани“, 23–24. октобар 2014.

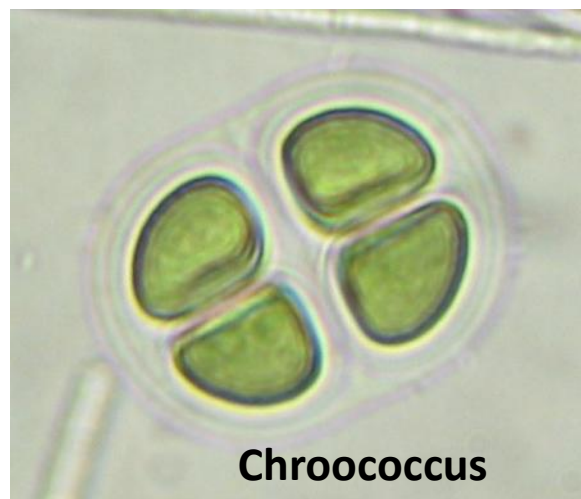
Шта су цијанобактерије?

- ☐ цијанобактерије или модрозелене алге
- ☐ фотосинтетски прокариоти - хлорофил а, фикобилини и каротеноиди
- ☐ ћелијска структура и непостојање полног размножавања указују на њихово бактеријско порекло
- ☐ главне компоненте ћелијског зида су као код грам-негативних бактерија и састоје се од једноставних шећера, мураминске и глутаминске киселине, галактозамина, глукозамина, аланина
- ☐ немају организовано једро и садрже 70S рибозоме

Шта су цијанобактерије?

- ☐ фиксација слободног азота (азотофиксација) им даје предност у односу на друге групе фитопланктона
- ☐ одликују се спорим растом и ниским захтевима за нутријентима - способност складиштења неопходних нутријената и метаболита унутар цитоплазме
- ☐ гасне везикуле – формирање површинског цвета
- ☐ поред синтезе примарних метаболита имају способност продукције секундарних метаболита. Они укључују једињења која делују као хормони, антибиотици, имају антифунгално, антиканцерогено, алелопатско и **ТОКСИЧНО** дејство.

Планктонске цијанобактерије



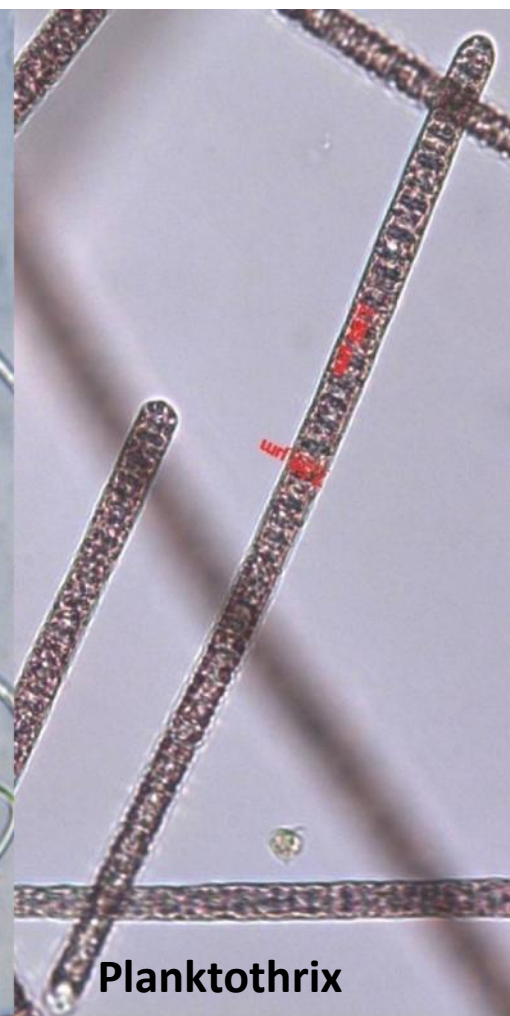
Chroococcus



Microcystis



Phormidium



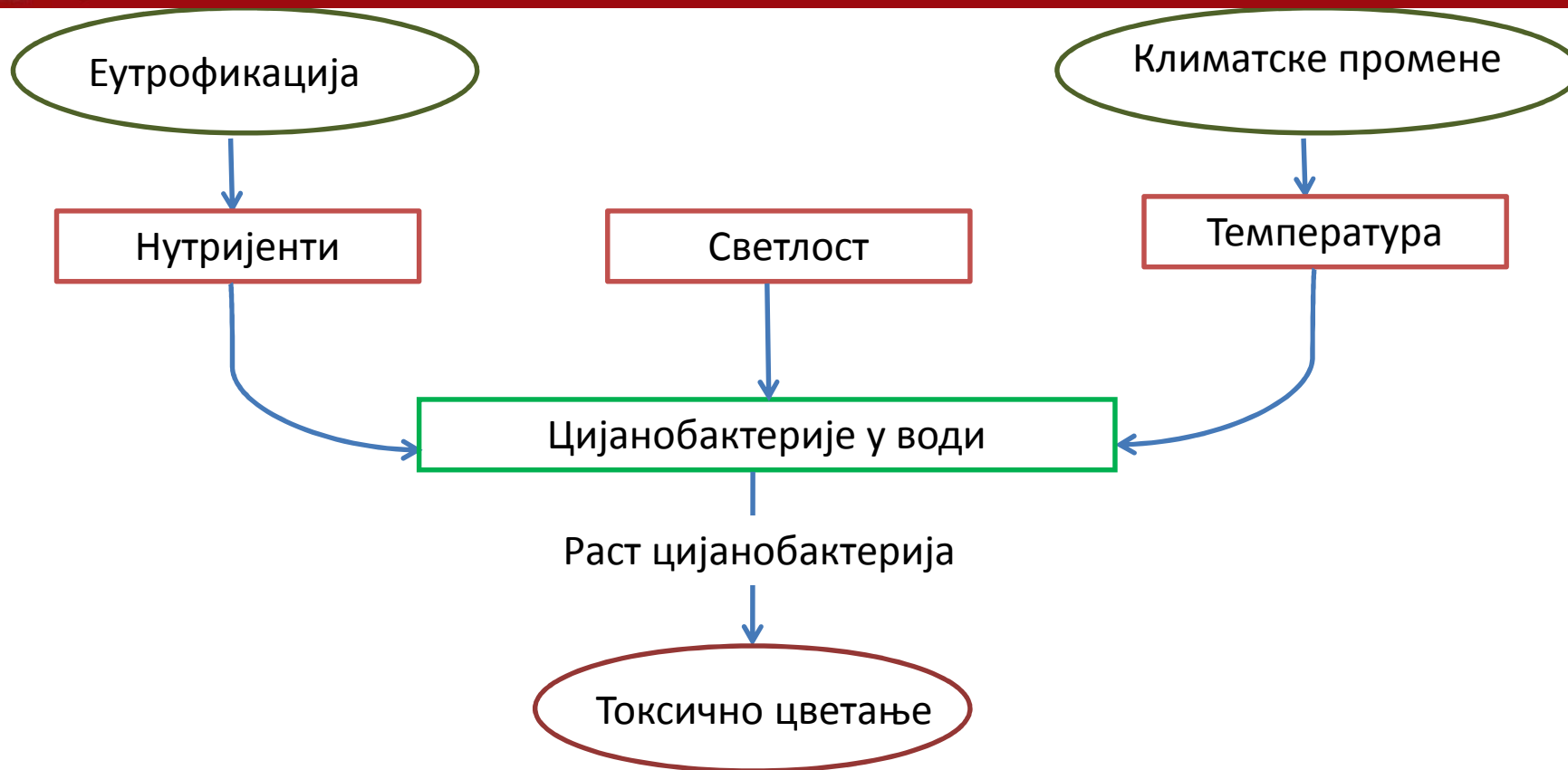
Planktothrix

Који су услови потребни за развој цијанобактерија?

Сунчева светлост, високе концентрације нутријената (соли азота и фосфора), високе температуре воде, ниске турбуленције, поремећени ланци исхране

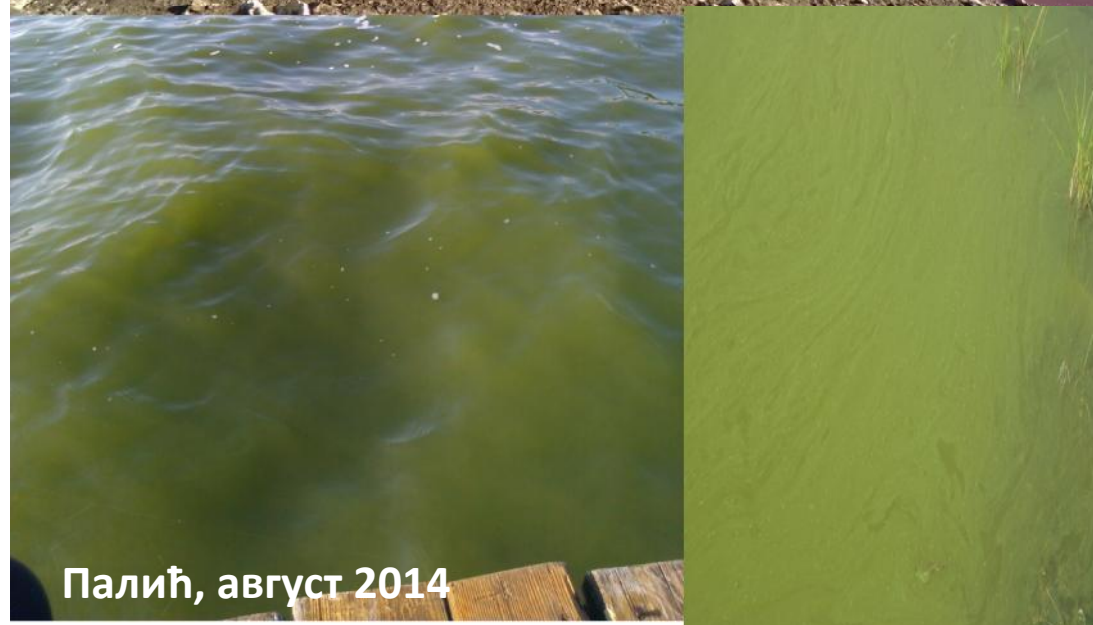
Еутрофикација

Климатске промене





Акумулација Врутци, децембар 2013



Палић, август 2014



Река Поњавица, август 2009

Токсичне цијанобактерије

- ☐ Микроскопском анализом (морфолошки) токсичне се не разликују од нетоксичних
- ☐ Само молекуларно-генетичке методе откривају токсин продукујуће гене и тиме омогућавају разликовање
- ☐ Једну врсту токсина могу стварати различите врсте цијанобактерија, док једна врста цијанобактерије може стварати више врста токсина
- ☐ Цијанотоксини се ослобађају у околну средину (воду) услед смрти ћелија или ређе екскрецијом

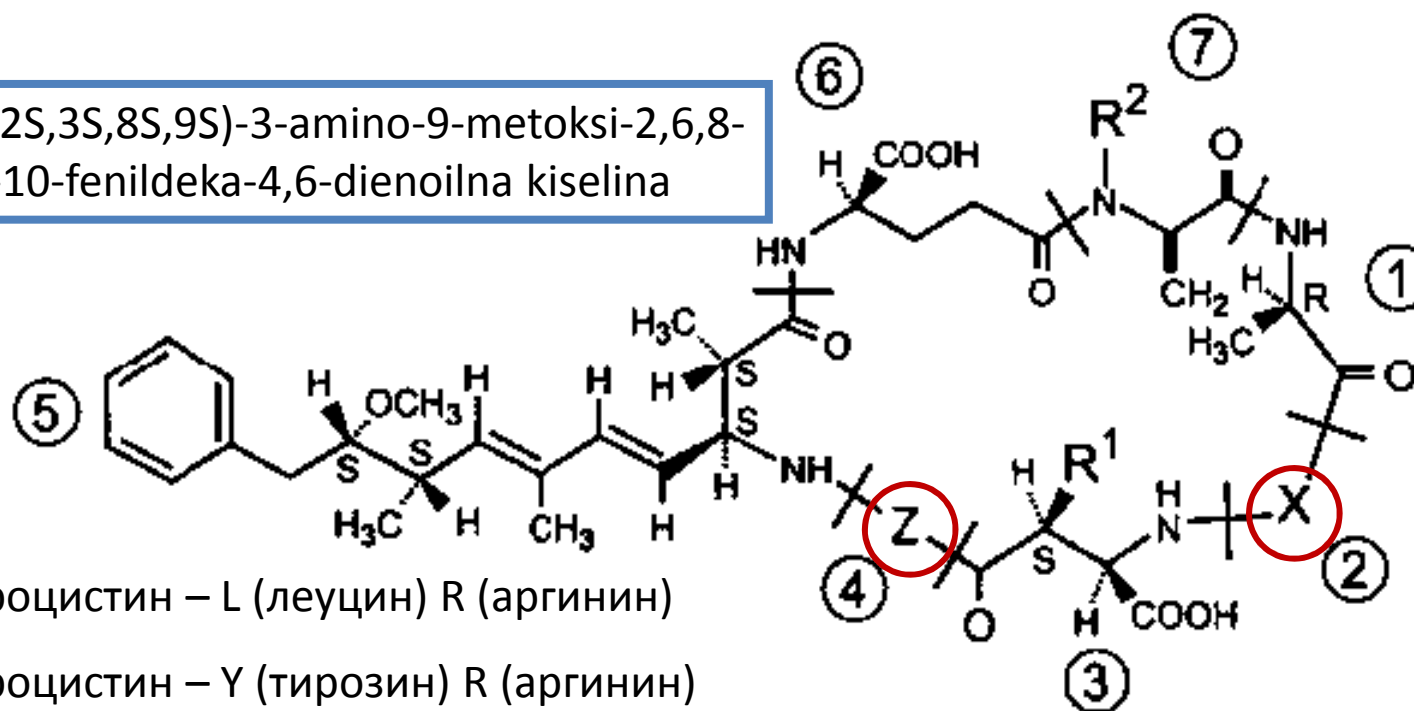
Главне групе токсина, циљни органи на које делују и родови цијанобактерија које их продукују

Група токсина	Циљни орган	Цијанобактерије
Циклични пептиди		
Микроцистини	Јетра	<i>Microcystis, Anabaena, Planktothrix, Nostoc, Hapalosiphon, Anabaenopsis</i>
Нодуларин	Јетра	<i>Nodularia</i>
Алколоиди		
Анатоксин-а	Нервне синапсе	<i>Anabaena, Aphanizomenon, Cyndrospermopsis, Planktothrix</i>
Анатоксин-а(S)	Нервне синапсе	<i>Anabaena</i>
Аплисиатоксини	Кожа	<i>Lyngbya, Schizothrix, Planktothrix</i>
Цилидроспермопсини	Јетра	<i>Anabaena, Aphanizomenon, Cyndrospermopsis, Raphidiopsis, Lyngbya, Umezakia</i>
Лингбиатоксин-а	Кожа, гастроинтестинални тракт	<i>Lyngbya</i>
Сакситоксини	Нервни аксони	<i>Anabaena, Aphanizomenon, Lyngbya, Cyndrospermopsis</i>
Липополисахариди	Потенцијални иритант; утицај на било које изложено ткиво	Све

Токсиколошка истраживања

Микроцистини

Adda - (2S,3S,8S,9S)-3-amino-9-metoksi-2,6,8-trimetil-10-fenildeka-4,6-dienoilna kiselina



Микроцистин – L (леуцин) R (аргинин)

Микроцистин – Y (тирозин) R (аргинин)

Микроцистин – R (аргинин) R (аргинин)

Микроцистин – L (леуцин) A (аланин)

Токсиколошка истраживања

Микроцистини

- Акумулирају се у јетри
- Иреверзибилна инхибиција протеин фосфатазе 1 и 2А
- **Акутни ефекти** - у зависности од дозе: иритација коже и слузокоже, симптоми гастроентеритиса (мучнина, повраћање, диареја, општа слабост, тешка жеђ), крварење у јетри- тешко оштећење јетре- смртни исход
- **Хронични ефекти** - дуготрајна изложеност ниским концентрацијама - доводе се у везу са **појавом тумора** јетре и других локализација

Нодуларин

- општа слабост, бледило, тешко дисање, болови у стомаку, повраћање, пролив, убрзани пулс

Цилиндроспермопсин

- оштећења јетре и бубрега

Токсиколошка истраживања

Анатоксин

- Неуротоксин
- Анатоксин и хомоанатоксин се неповратно везују за никотински рецептор ацетилхолина, али не могу бити деградирани ацетилихолинестеразом
- Неуромускуларна парализа са смртним исходом (утрнуlost усана и уста са ширењем на цело тело, отежано дисање, слабост мишића, парализа мишића и респираторних- смрт)

Сакситоксини

- Блокирају натријумове канале па тако изазивају мишићну парализу
 - Људи који су се хранили љускарима који су акумулирали овај токсин осећали су пецкање и укоченост језика, лица, екстремитета, отежано гутање и говор
 - У Америци је пријављено преко 1000 тровања, од којих је 109 било летално
- „Батутови дани”, 23-24. октобар 2014.

Највеће забележене концентрације цијанотоксина у узорцима воде са цветањем

	. (µg/g . .)	
	7300	К ,
	18000	
	5500	
-а	4400	
	3400	



Примери тровања преко воде за пиће

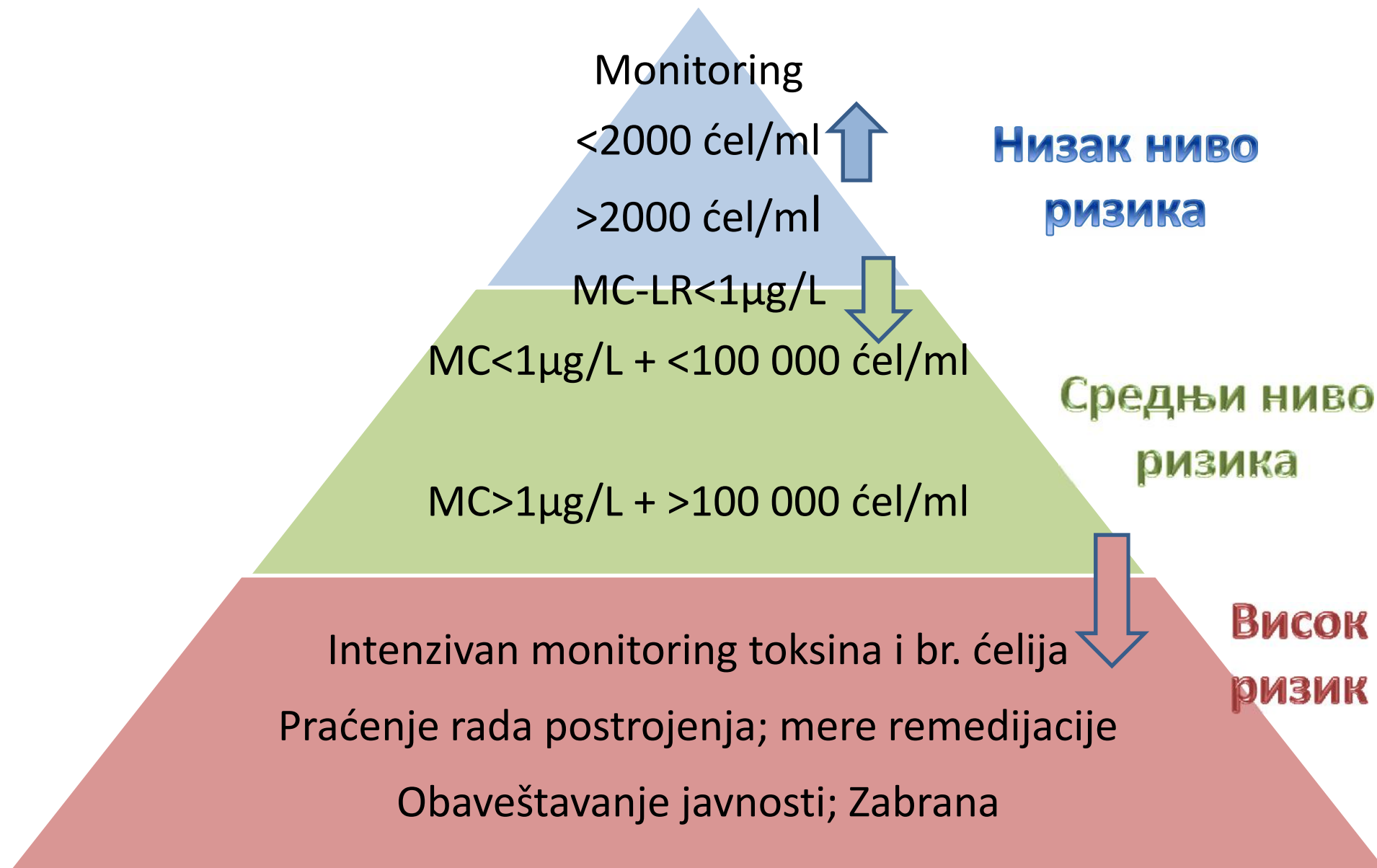
Година	Где	Цијанобактерије	Здравствени ефекти
1931	САД, река Охајо	<i>Microcystis</i>	Гастроентеритис, повраћање
1960-65	Зимбабве, Хараре	<i>Microcystis</i>	Гастроентеритис
1975	САД, Пенсилванија	<i>Schizotrix, Lyngbya, Phormidium</i>	Гастроентеритис
1979 1981	Аустралија (Palm Island, Armidale)	<i>Cylindrospermopsis</i> <i>Microcystis</i>	Хепатоентеритис, повраћање, оштећење бубрега, диареја
1972- 1990	Кина	<i>Microcystis</i>	Хронични ефекти, примарни канцер јетре
1988	Бразил	<i>Microcystis, Anabaena</i>	гастроентеритис, 88 смртних случајева код деце
1994	Шведска (Malmö)	<i>Planktothrix</i>	мучнина, повраћање, дијареја, грчеви мишића

Осетљиве категорије популације

- Деца- унос воде већи у односу на телесну масу него код одраслих
- Дијализни пацијенти- интравенска изложеност великим количинама воде (Бразил, 1996. год., 117 пацијената, оштећење јетре, 47 смртних случајева, МС-LR у карбонском филтру дијализне јединице)
- Особе са већ присутним болестима јетре (хепатитис, цироза, токсични хепатитис друге етиологије) и бубрега

- ❑ У Србији не постоји још ни један званично регистрован случај тровања цијанотоксинима код људи, нити било каквог другог здравственог проблема изазваног цијанобактеријама.

- ❑ Мора се нагласити и да не постоји континуирани мониторинг вода за водоснабдевање, рекреацију и наводњавање што је неопходно за процену здравственог ризика повезаног са цветањем цијанобактерија и њиховим токсинима



Максимално дозвољене концентрације цијанотоксина у води за пиће

WHO  **1 µg/L микроцистин-LR**

❑ Многе земље (Канада, Аустралија, Јужна Кореја, Бразил) су у своје националне стандарде усвојила МДК микроцистина у пијаћим водама према препорукама СЗО. Иако микроцистини још увек нису регулисани ЕУ Регулативом за пијаће воде, неколико европских земаља је, услед масовне појаве цијанобактерија у сировој води која се користи за водоснабдевање, такође усвојило граничну вредност коју препоручује СЗО (Француска, Норвешка, Шпанија и Чешка Република).

❑ Поред микроцистина, неке земље (нпр. Бразил) су у прописе који се односе на воду за пиће имплементирале граничне вредности и за цилиндроспермопсин (CYN) - 15 µg/l и сакситоксине 3 µg/l. На Новом Зеланду готово сви познати цијанотоксини су регулисани у њиховим прописима за пијаће воде : 1 µg/l за нодуларин, CYN, анатоксин-а(С), 2 µg/l за хомоанатоксин-а, 3 µg/l за сакситоксине и 6 µg/l за анатоксин-а.

Наше активности

У Институту за јавно здравље Србије:

- ☐ Биолошким анализама се већ дуже време прати развој цијанобактерија у води за пиће као и у вишенаменским акумулацијама и другим површинским водама у Србији.
- ☐ Уведена је метода детекције микроцистина -LR помоћу реверзно фазне HPLC технике са PDA детектором.
- ☐ Дата је препорука о граничној вредности укупних микроцистина ($<1 \mu\text{g/l}$) у нацрту новог стандарда за пијаћу воду.
- ☐ Урађено је Стручно-методолошко упутство за праћење здравствене исправности површинских вода које се користе за рекреацију са посебним акцентом на контролу цијанобактерија.



ИНСТИТУТ ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ СРБИЈЕ
„ДР МИЛАН ЈОВАНОВИЋ БАТУТ“

90
ГОДИНА
1924-2014

Хвала на пажњи

„Батутови дани“, 23–24. октобар 2014.