



## TOKSINI CIJANOBakterija – AKUTNI EKOTOKSIKOLOŠKI PROBLEM U VODENIM EKOSISTEMIMA U SVETU I U REPUBLICI SRBIJI

### REZIME

Ubrzan stepen reprodukcije cijanobakterija poznat je pod nazivom "cvetanje vode" prilikom čega dolazi do produkcije toksičnih sekundarnih metabolita cijanobakterija – cijanotoksina a koje može biti opasno kada izazove negativne posledice u vodenom ekosistemu, kao što su mortalitet živog sveta usled nedostatka kiseonika, poremećaj stabilnosti ekosistema, negativan uticaj na lance ishrane. Cijanotoksini spadaju u grupu raznovrsnih jedinjenja kako po hemijskoj strukturi, tako i po dejstvu na ljude i životinje i izazivaju ozbiljna oštećenja kao što su hepatoenteritis, simptomatska pneumonija i dermatitis nakon upotrebe ili kontakta sa vodom koja je zagađena. Cvetanje cijanobakterija je registrovano u svim delovima sveta, od severa Norveške i Finske do Australije. Premda postoji zdravstveni rizik usled izlaganja cijanotoksinima u Republici Srbiji ne postoji legislativa sa graničnim vrednostima za različite načine izlaganja ljudi cijanotoksinima u cilju prevencije potencijalnog zdravstvenog rizika. Stoga je predmet i cilj ovog rada pregledni prikaz cvetanja cijanobakterija na teritoriji Srbije u vodenim ekosistemima u poslednjih 130 godina, kao i karakterizacija cijanotoksina, metode njihove detekcije i metode uklanjanja.

**Ključne reči:** cvetanje cijanobakterija, cijanotoksini, životna sredina, vodeni ekosistemi

### OSNOVNE KARAKTERISTIKE CIJANOBakterija I NJIHOVO CVETANJE

Cijanobakterije (*Cyanobacteria*), odnosno modrozeleno alge (*Cyanophyta*), predstavljaju vrlo raznoliku grupu prokariotskih fotosintetskih mikroorganizama čija se starost procenjuje na oko 2,3 do 2,9 milijardi godina<sup>1,2,3</sup>. Cijanobakterije su kosmopolitski organizmi koji naseljavaju slatke, slane, brakične vode i terestične ekosisteme. Mogu da prežive na Antartiku na -83°C, kao i u termalnim vodama toplijim od 70°C. Preduslov za njihovo cvetanje je eutrofikacija, proces povećanja produkcije organske materije u ekosistemu<sup>4</sup>. Uzroci eutrofikacije su uvek mnogobrojni i kompleksni (**Shema 1**), a najčešće je to povećanje nivoa nutrijenata poput fosfata i azotnih jedinjenja. U ovakvim uslovima cijanobakterije mogu da se prenamnože što rezultira dršastičnim povećanjem ukupne biomase. Ovakav ubrzan stepen reprodukcije cijanobakterija poznat je pod nazivom "cvetanje vode"<sup>5</sup> i definiše se koncentracijom cijanobakterijskih ćelija većom od 10.000 po mililitru vode<sup>6,7</sup>. Masovna cvetanja i trovanja cijanotoksinima su do sada opisana u SAD, Kanadi, Brazilu, Africi, Kini i u svim zemljama Evrope<sup>8,9</sup>. Cijanobakterije mogu da proizvode veliki broj različitih biološki

aktivnih materija, kao posledica fiziološke i ekološke raznovrsnosti, izuzetne adaptibilnosti i bogatog genetskog potencijala, od kojih su za ovaj rad najznačajniji produkti cijanobakterija koji mogu biti uzročnici bolesti ili mogu delovati letalno (cijanotoksini)<sup>10</sup>:

### KARAKTERISTIKE TOKSINA CIJANOBakterija

Veliki broj vrsta cijanobakterija, posebno planktonskih predstavnika iz vodenih ekosistema u zavisnosti od metaboličke aktivnosti, produkuje različite tipove cijanotoksina<sup>12</sup>. Postoji značajna razlika između netoksičnih, potencijalno toksičnih i toksičnih cijanobakterija. S obzirom da je produkcija toksina kod cijanobakterija strogo specifično svojstvo soja koje je genetički određeno, svi sojevi koji poseduju gene za kodiranje sinteze određenih toksina smatraju se potencijalno toksičnim.

Kod najvećeg broja vrsta cijanotoksini se ne sintetišu tokom prvih faza rasta ćelije, nego tek ulaskom u sekundarni metabolizam koji je uslovljen faktorima stresa. Samim tim, opšte je prihvaćeno da su cijanotoksini proizvod sekundarnog metabolizma

Dr Milica N. SENTIĆ<sup>1</sup>, Ivana S. TRAJKOVIĆ<sup>1</sup>, Dr Miroslava M. VARNIČIĆ<sup>1,2</sup>, Zorica Z. VELIČIĆ<sup>1</sup>, Dr Milka M. VIDOVIĆ<sup>1</sup>

1 Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Centar za ekologiju i tehnouekonomiku, Njegoševa 12, 11001 Beograd, Srbija

2 Maks Plank Institut za Dinamiku kompleksnih tehničkih sistema, Sandtorstrasse 1, 39106 Magdeburg, Nemačka