

Dr.h.c. mult. prof. Ing. MIROSLAV BADIDA, PhD.
Ing. TIBOR DZURO, PhD.
doc. Ing. RUŽENA KRÁLIKOVÁ, PhD.
doc. Ing. JURAJ ŠEBO, PhD.

REVITALIZÁCIA EUTROFIZOVANÝCH VÔD



Recenzenti:

prof. Ing. Dagmar Samešová, PhD., (SK)

Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene

prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc., (SK)

Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica

prof. Ing. Dušan Šebo, PhD., (SK)

SEBEX, s.r.o., Košice

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu nesmie byť použitá na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho ohlasu autorov. Za odbornú náplň odborného textu zodpovedajú autori.

Návrh obálky: Ing. Tibor Dzuro, PhD.

Vydavateľ: Strojnícka fakulta, TU v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice

Tlač: Univerzitná knižnica, TU v Košiciach, Boženy Němcovej 7, 042 00 Košice

REVITALIZÁCIA EUTROFIZOVANÝCH VÔD

© Dr.h.c. mult. prof. Ing. Miroslav Badida, PhD.

© Ing. Tibor Dzuro, PhD.

© doc. Ing. Ružena Králiková, PhD.

© doc. Ing. Juraj Šebo, PhD.

Monografia vznikla na základe riešenia projektu EŠF ITMS 26220120060: Podporovaným operačným programom Výskum a vývoj financovaný ERDF (75 %) a projektu KEGA č. 045TUKE-4/2018 (25 %).

ISBN 978-80-553-3265-9



Obsah

| | |
|--|-----------|
| PREHĽAD SKRATIEK | 11 |
| ZÁKLADNÉ POJMY | 13 |
| ÚVOD | 17 |
| 1 VODA AKO ZLOŽKA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA A PRÍRODNÝ ZDROJ | 21 |
| 1.1 Funkcia vody v prírode | 21 |
| 1.2 Senzorické vlastnosti vody | 24 |
| 1.3 Rozdelenie vôd | 25 |
| 1.4 Znečisťovanie vôd | 26 |
| 1.4.1 Znečisťovanie podzemných vôd | 27 |
| 1.4.2 Znečisťovanie povrchových vôd | 29 |
| 1.4.2.1. Povaha a vlastnosti znečisťujúcich látok | 31 |
| 1.4.2.2. Akosť povrchových vôd a spôsob ich klasifikácie | 33 |
| 1.5 Biochemické procesy vo vodách - samočistiace biochemické procesy | 36 |
| 1.6 Čistenie odpadových vôd | 39 |
| 2 POZNATKY A INFORMÁCIE Z OBLASTI REVITALIZÁCIE EUTROFIZOVANÝCH VÔD | 41 |
| 2.1 Eutrofizácia | 41 |
| 2.2 Príčiny eutrofizácie | 44 |
| 2.3 Dôsledky eutrofizácie | 45 |
| 2.4 Negatívne dopady masívneho rozvoja vodného kvetu na ekosystém | 45 |
| 2.4.1 Vodný kvet | 45 |
| 2.4.1.1. Koncentrácia živín a plynov | 46 |
| 2.4.1.2. Slnéčné žiarenie, teplota a pH | 47 |
| 2.5 Monitorovanie eutrofizácie | 47 |
| 2.5.1 Národný program monitorovania kvality vody | 47 |
| 2.5.1.1. Indikátory využívané pre monitoring | 49 |
| 2.6 Opatrenia na zníženie fosforu a dusíka | 49 |
| 3 FYTOPLANKTÓN, SINICE A RIASY VO VODNOM PROSTREDÍ | 51 |
| 3.1 Fytoplanktón | 51 |
| 3.1.1 Vertikálna a horizontálna zonácia fytoplanktónu | 52 |
| 3.2 Celková charakteristika siníc/cyanobaktérií | 53 |
| 3.2.1 Terminológia siníc | 53 |



| | | |
|----------|--|----|
| 3.2.2 | Evolúcia siníc..... | 54 |
| 3.2.3 | Ekológia siníc | 54 |
| 3.2.3.1. | Sladkovodné prostredie..... | 54 |
| 3.2.3.2. | Morské prostredie..... | 55 |
| 3.2.3.3. | Brakické prostredie | 55 |
| 3.2.4 | Stavba bunky siníc | 56 |
| 3.2.5 | Morfológia a cytológia siníc..... | 56 |
| 3.2.6 | Rozmnožovanie siníc | 59 |
| 3.2.7 | Systematické členenie siníc..... | 60 |
| 3.2.8 | Látky produkované sinicami..... | 62 |
| 3.2.8.1. | Hepatotoxíny | 64 |
| 3.2.8.2. | Neurotoxíny | 65 |
| 3.2.8.3. | Cytotoxíny..... | 66 |
| 3.2.8.4. | Dermatotoxíny..... | 66 |
| 3.2.8.5. | Dráždivé toxíny | 66 |
| 3.2.9 | Degradácia toxínov vo vodnom a pôdnom ekosystéme..... | 67 |
| 3.3 | Celková charakteristika rias | 67 |
| 3.3.1 | Stavba bunky rias | 68 |
| 3.3.2 | Rozmnožovanie rias..... | 68 |
| 3.3.3 | Význam rias | 68 |
| 3.3.4 | Systematické členenie rias..... | 69 |
| 3.3.5 | Toxíny rias | 71 |
| 3.3.5.1. | Paralytické toxíny (PSP - Paralytic Shellfish Poisoning)..... | 71 |
| 3.3.5.2. | Amnestické toxíny (ASP - Amnesic Shellfish Poisoning)..... | 72 |
| 3.3.5.3. | Hnačkové toxíny (DSP - Diarrhetic Shellfish Poisoning)..... | 72 |
| 3.3.5.4. | Neurotické toxíny (NSP - Neurotoxic Shellfish Poisoning) | 72 |
| 3.4 | Sinice a riasy v polárnych oblastiach | 72 |
| 3.5 | Adaptácie na stres a spôsoby prežitia | 73 |
| 3.6 | Zloženie siníc a rias | 74 |



| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.6.1 | Proteíny | 75 |
| 3.6.2 | Polysacharidy | 75 |
| 3.6.3 | Lipidy..... | 77 |
| 3.6.4 | Minerálne látky | 77 |
| 3.6.5 | Vitamíny..... | 78 |
| 4 | PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU VÔD NA SLOVENSKU A EURÓPSKEJ ÚNII | 79 |
| 4.1 | Súčasný stav na Slovensku | 79 |
| 4.2 | Súčasný stav v EÚ..... | 87 |
| 4.3 | Informovanie verejnosti..... | 90 |
| 4.4 | Ukazovatele kvality vôd rekreačných oblastí..... | 90 |
| 4.5 | Zdravotné riziká z kúpania | 92 |
| 4.5.1 | Prípady otravy človeka..... | 92 |
| 4.5.2 | Rekreačné kúpanie..... | 92 |
| 4.5.3 | Prevenca | 93 |
| 4.6 | Legislatíva Slovenskej republiky a EÚ v oblasti vôd | 93 |
| 4.6.1 | Identifikácia vody určenej na kúpanie podľa rámcovej smernice o vode 2000/60/ES | 94 |
| 4.6.2 | Legislatíva Slovenskej republiky..... | 94 |
| 4.6.2.1 | Zabezpečenie ochrany vôd a jej udržateľného využívania prostredníctvom chránených území..... | 95 |
| 4.6.3 | Legislatíva Európskej únie..... | 96 |
| 5 | METÓDY NA ELIMINÁCIU SINÍC A RIAS V STOJATÝCH VODÁCH | 99 |
| 5.1 | Biologická metóda | 99 |
| 5.1.1 | Vysadzovanie dravých rýb..... | 100 |
| 5.1.2 | Vysadzovanie bylinožravých rýb | 100 |
| 5.1.3 | Biotické interakcie na zneškodňovanie siníc | 102 |
| 5.2 | Chemická metóda..... | 106 |
| 5.2.1 | Algicídy | 106 |
| 5.2.2 | Herbicídy | 107 |
| 5.2.3 | Flokulanty | 107 |
| 5.2.4 | Koagulanty | 107 |



| | | |
|----------|---|------------|
| 5.3 | Fyzikálna metóda | 108 |
| 5.3.1 | Použitie ultrazvuku | 108 |
| 5.3.2 | Elektrolýza | 108 |
| 5.4 | Mechanická metóda | 110 |
| 5.4.1 | Zber biomasy..... | 110 |
| 5.4.2 | Metódy na redukciu živín v nádrži..... | 111 |
| 5.4.2.1. | Prekrývanie sedimentov | 112 |
| 5.4.2.2. | Oxidácia sedimentov pomocou dusičnanov (metóda RIPLOX) .. | 113 |
| 5.4.2.3. | Prevzdušnenie | 114 |
| 5.4.3 | Asanačné opatrenia na dne nádrží..... | 116 |
| 5.4.4 | Tienenie hladiny..... | 118 |
| 5.4.5 | Odstraňovanie biomasy z povrchu vodnej hladiny pomocou plavidlá | 119 |
| 6 | METODIKA NA EXAKTNÉ MONITOROVANIE VPLYVU TECHNOLOGIE A ZARIADENIA NA REVITALIZÁCIU STOJATÝCH VÔD | 121 |
| 6.1 | Odber vzoriek | 121 |
| 6.2 | Stanovenie počtu siníc a rias z biosestónu | 123 |
| 6.2.1 | Metódy zahustenia vzorky..... | 123 |
| 6.2.1.1. | Sedimentácia | 123 |
| 6.2.1.2. | Centrifugácia | 124 |
| 6.2.1.3. | Membránová filtrácia | 125 |
| 6.3 | Mikroskopická analýza..... | 125 |
| 6.3.1 | Počítacie komôrky | 125 |
| 6.3.2 | Počítanie organizmov..... | 127 |
| 6.4 | Stanovenie počtu jedincov na 1 ml | 128 |
| 6.4.1 | Rušivé vplyvy stanovenia | 131 |
| 7 | TECHNICKÉ ZARIADENIA NA REVITALIZÁCIU STOJATÝCH VÔD..... | 133 |
| 7.1 | Plavákové revitalizačné zariadenie..... | 133 |
| 7.1.1 | Plavákové zariadenie s hviezdicovou elektródou zapojené na diódový usmerňovač..... | 133 |
| 7.1.2 | Plavákové zariadenie s hviezdicovou elektródou zapojené na veterné dynamo..... | 142 |



| | | |
|----------|--|-----|
| 7.1.3 | Meranie dosahu elektrolytického zariadenia..... | 149 |
| 7.1.4 | Overenie technického zariadenia v praxi | 161 |
| 7.1.4.1. | Experiment v interiéri | 165 |
| 7.1.4.2. | Experiment v exteriéri | 166 |
| 7.1.4.3. | Vyhodnotenie experimentu | 169 |
| 7.1.4.4. | Záver experimentu..... | 172 |
| 7.2 | Katamaránové zariadenie na zber zneškodnených siníc a rias | 173 |
| 7.2.1 | Konštrukčné riešenia katamaránového zariadenia..... | 173 |
| 7.2.2 | Plaváky | 179 |
| 7.2.3 | Zberný kontajner | 180 |
| 7.2.4 | Sedadlo..... | 181 |
| 7.2.4.1. | Polypropylén kopolymér | 181 |
| 7.2.5 | Konštrukcia pásového lisu a solárnych panelov | 182 |
| 7.2.6 | Katamaránové zariadenie..... | 184 |
| 7.2.7 | Riadenie katamaránového zariadenia | 188 |
| 7.2.8 | Prevoz katamaránového zariadenia | 190 |
| 7.2.8.1. | Návrh prívesu s valčekomým dopravníkom..... | 190 |
| 7.3 | Pevnostné a hydrostatické výpočty..... | 194 |
| 7.3.1 | Teoretická časť..... | 194 |
| 7.3.1.1. | Hydrostatický vztlak..... | 194 |
| 7.3.1.2. | Stabilita plávania..... | 195 |
| 7.3.1.3. | Dynamický odpor | 196 |
| 7.3.1.4. | Trecí odpor | 196 |
| 7.3.1.5. | Tlakový odpor..... | 197 |
| 7.3.1.6. | Vlnový odpor..... | 198 |
| 7.3.1.7. | Odpor vzduchu..... | 198 |
| 7.3.1.8. | Celkový hydrostatický odpor..... | 199 |
| 7.3.1.9. | Dynamický vztlak | 199 |
| 7.3.2 | Výpočtová časť..... | 200 |



| | |
|---|------------|
| 7.3.2.1. Katamaránové zariadenie na zber zneškodnených siníc a rias | 200 |
| 7.3.2.2. Plavákové zariadenie s hviezdicovou elektródou zapojené na diódový usmerňovač | 205 |
| 7.3.2.3. Plavákové zariadenie s hviezdicovou elektródou zapojené na veterné dynamo | 208 |
| ZÁVER | 211 |
| ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY | 213 |
| PRÍLOHY | 225 |