



Flos Aquae z.s.

**Zpracování podkladů a návrh aktivit  
pro udržení kvality vody ve vodní nádrži  
Slnéčné jazerá Senec**



Kunešova 261/6  
643 00 Brno Chrlice  
Česká republika

březen - květen 2016

**Název projektu:** Zpracování podkladů a návrh aktivit pro udržení kvality vody  
Slnéčné jazera Senec

**Objednávka č.:** 9/2016

**Ze dne:** 15. února 2016

**Objednatel:** REGIÓN SENEC

**Adresa:** Nám. 1. mája 53/4, 903 01 Senec, Slovensko

**Odpovědná osoba:** Ing. Robert Podolský, ředitel

**Email:** [scr@slnecnejazera.eu](mailto:scr@slnecnejazera.eu)

**Telefon:** +421 905 277 902

**Zpracovatel:** Flos aquae z.s.

**Adresa:** Kunešova 261/6, 643 00 Brno Chrlice

**Odpovědná osoba:** Prof. Ing. Blahoslav Maršálek CSc.

**Email:** [sinice@sinice.cz](mailto:sinice@sinice.cz)

**Telefon:** +420 734 802 920

**Technická spolupráce:** Ing. Eliška Maršálková, Ph.D. +420 605 510 954 [elimarsal@gmail.com](mailto:elimarsal@gmail.com)

Ing. Alena Polcarová, +420 603 580 120 [polcarova@hotmail.cz](mailto:polcarova@hotmail.cz)

**Za zpracovatele:**

Prof. Ing. Blahoslav Maršálek CSc. ....

**Datum:** 16. května 2016

## Obsah:

|     |                                                      |    |
|-----|------------------------------------------------------|----|
| 1   | Úvod .....                                           | 4  |
| 2   | Podklady .....                                       | 4  |
| 3   | Odběry vzorků vod a sedimentů .....                  | 5  |
| 3.1 | Monitorovací plán .....                              | 5  |
| 3.2 | Monitoring vody in-situ .....                        | 6  |
| 3.3 | Odběr vzorků vody .....                              | 6  |
| 3.4 | Odběr vzorků sedimentů .....                         | 7  |
| 4   | Analýzy .....                                        | 10 |
| 4.1 | Výsledky monitoringu in-situ .....                   | 10 |
| 4.2 | Chemické analýzy vzorků vody .....                   | 14 |
| 4.3 | Chemické analýzy vzorků sedimentů .....              | 14 |
| 4.4 | Testy akutní ekotoxicity .....                       | 15 |
| 5   | Shrnutí výsledků analýz .....                        | 16 |
| 5.1 | Aerační systémy pro vnos kyslíku ke dnu nádrže ..... | 17 |
| 6   | Závěry a doporučení .....                            | 18 |

## 1 Úvod

Na základě emailové poptávky z 30. listopadu 2015, rekognoskace terénu z 10. prosince 2015 a jednání se zástupci Správy cestovního ruchu Senec s.r.o. byla vypracována nabídka na odběry a analýzy vody a sedimentů z vodní nádrže Slněčné jazerá v Senci. Ty byly realizovány 22. března 2016 se záměrem poskytnout aktuální data o kvalitě vody a sedimentů ve vodní nádrži jako podklad pro zpracování návrhu na udržení kvality vody ke koupání.

Výsledkem odběrů a analýz vzorků vod a sedimentů z vodní nádrže je posouzení jejich kvality z hlediska chemického a ekotoxikologického.

## 2 Podklady

Podkladem byly informace poskytnuté zástupci Správy cestovního ruchu Senec s.r.o., protokoly Regionálního úradu verejného zdravotníctva s mikrobiologickými a biologickými analýzami vod z 20. 8. 2014 a 27. 8. 2015, rekognoskace terénu, při níž byla pořízena fotodokumentace, odběry a analýzy odebraných vzorků vod a sedimentů a údaje z reklamních letáků a webových stránek.

Slněčné jazerá jsou jedním z nejznámějších a nejnavštěvovanějších letních středisek cestovního ruchu na Slovensku. Průměrná návštěvnost areálu je 500.000 rekreantů ročně.

Vznik jezer se datuje do roku 1845, kdy se začal v těchto místech bagrovat štěrk pro železnici Bratislava-Galanta. Původně vzniklo 5 samostatných jezer, které se později spojily do jednoho a vzniklo jezero s rozlohou 80 ha s hloubkou až 12 m. Jako přírodní koupaliště se začalo používat v roce 1919 pod názvem Slovenské Tahiti. Nový název Slněčné jazerá dostal areál v roce 1960. Areál Slněčných jazier ohraničuje Senec z východu. Dělí se na dvě základní části: Sever a Juh.

Dnes má nádrž plochu cca 100 ha, délku 2.200 m, průměrnou šířku 400 m a průměrnou hloubku 6 – 8 m. Průměrná teplota vody v létě je 25°C. V těsné blízkosti jezera bylo vybudováno cca 700 soukromých chat, několik penzionů a hotelů. K dispozici v letní sezoně je stanový a karavanový kemp, restaurace a řada občerstvení. Veškeré rekreační a sportovní zázemí má vybudovanou infrastrukturu.

Slněčné jazerá jsou rybochovná a slouží k sportovnímu rybolovu. Denně navštíví v ranních a večerních hodinách lokalitu 30-40 rybářů.

Nejsou známy informace o podloží, přítoku ani odtoku.

Obr. 1. Slněčné jazerá – východná pláž



### 3 Odběry vzorků vod a sedimentů

Odběry vod a sedimentů a stanovení základních parametrů vody *in-situ* proběhly 22. března 2016 od 9.30 do 14.30 hodin, a to na rovnoměrně rozmístěných lokalitách po celé ploše plně napuštěné nádrže. Počasí bylo oblačné, teplota vzduchu cca 8°C a silný vítr.

Na 20 lokalitách nádrže byly zaznamenány GPS souřadnice odběrového místa, odebrány vzorky vod, provedeno stanovení základních parametrů vody *in-situ* a změřena hloubka vody. Z toho na 15 lokalitách byl odebrán sediment, zaznamenán jeho charakter sedimentu, případně mocnost.

#### 3.1 Monitorovací plán

Tab. 1. Místa odběru vod (všech 20 lokalit) a sedimentů (červeně označené lokality)

| místa odběru | GPS souřadnice              | hloubka [m] | charakter sedimentu                                                       |
|--------------|-----------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1            | 48°12'57.00"S 17°24'34.40"V | 6,3         | jílovito-písčité dno, pokryté vláknitými rostlinami, 10 – 20 cm sedimentů |
| 2            | 48°12'55.50"S 17°24'37.50"V | 3,9         | 20-50 cm sedimentů, na povrchu vrstva rozkládající se biomasy rostlin     |
| 3            | 48°12'56.50"S 17°24'41.70"V | 4,8         | tvrdý jílovitý sediment, na povrchu štěrk, pokrytý vodními rostlinami,    |
| 4            | 48°12'56.70"S 17°24'45.70"V | 2,5         |                                                                           |
| 5            | 48°12'57.00"S 17°24'50.70"V | 1,9         |                                                                           |
| 6            | 48°12'56.60"S 17°24'59.80"V | 2,5         | 10 – 20 cm sedimentů, na povrchu vrstva rozkládající se biomasy rostlin   |
| 7            | 48°12'58.70"S 17°25'05.90"V | 3,0         | převážně písčité sediment, na povrchu vláknité vodní rostliny             |
| 8            | 48°13'00.50"S 17°25'13.50"V | 2,5         |                                                                           |
| 9            | 48°13'08.20"S 17°25'28.10"V | 6,0         |                                                                           |
| 10           | 48°13'10.20"S 17°25'32.20"V | 6,5         | štěrkové dno, pokryté vodními rostlinami,                                 |
| 11           | 48°13'02.90"S 17°25'31.20"V | 8,6         | 60-90 cm vrstva sedimentu, zápach septiku                                 |
| 12           | 48°12'56.80"S 17°25'26.60"V | 8,3         |                                                                           |
| 13           | 48°12'58.80"S 17°25'32.00"V | 5,5         |                                                                           |
| 14           | 48°13'08.00"S 17°25'49.50"V | 7,5         | štěrkové dno, pokryté vláknitými rostlinami,                              |
| 15           | 48°13'03.40"S 17°25'54.00"V | 7,5         | na povrchu 5 cm vrstva písku a pod ní cca 30-60 cm bahna                  |
| 16           | 48°13'05.00"S 17°26'05.00"V | 7,4         | smrduté tuhé, černé bahno 45-70cm                                         |
| 17           | 48°13'09.70"S 17°25'58.10"V | 6,1         |                                                                           |
| 18           | 48°13'13.60"S 17°25'52.60"V | 7,0         | 1,2 m smrduté tuhé, jílovité, černé bahno                                 |
| 19           | 48°13'08.40"S 17°25'11.10"V | 6,1         | 90cm organické bahno světle hnědé barvy                                   |
| 20           | 48°13'04.30"S 17°24'50.70"V | 6,7         | 1,4 m sedimentů organické černé                                           |



Obr. 2. Mapa nádrže s body odběru (modře - odebrána voda, červeně - odebrána voda i sediment, barevně vyznačené lokality podle druhů a mocnosti sedimentů viz. Závěry a doporučení)



### 3.2 Monitoring vody in-situ

Vzorkoval: Ing. Eliška Maršálková Ph.D.  
 Typ vzorků: povrchová voda  
 Počet analýz *in-situ*: 107  
 Metoda odběru: na místě multiparametrickou sondou YSI 6600  
 Požadované analýzy: teplota, vodivost, pH, koncentrace kyslíku, zákal, chlorofyl, fykocyanin, ORP

Obr. 3. multiparametrická sonda YSI 6600



### 3.3 Odběr vzorků vody

Vzorkoval: Ing. Alena Polcarová  
 Typ vzorků: povrchová voda  
 Počet vzorků: 20  
 Způsob odběru: friedingrem  
 Metoda odběru: ČSN EN ISO 5667 (757051), ISO 19458  
 Požadované analýzy: chemická spotřeba kyslíku CHSK, fosforečnanový fosfor  $\text{P-PO}_4^{3-}$ ,

celkový fosfor Pc, dusičnanový dusík  $\text{N-NO}_3^-$ , amoniakální dusík  $\text{N-NH}_4^+$

Obr. 4. Friedingr



Obr. 5. Měření hloubky vody

### 3.4 Odběr vzorků sedimentů

Vzorkoval: Prof. Ing. Blahoslav Maršálek CSc.  
Typ vzorků: sedimenty  
Počet vzorků: 15 (45 odběrů)  
Způsob odběru: ručně trubkovým odběrákem  
Metoda odběru: směsný vzorek ze dvou až tří odběrů z vrstvy 0 – 10 cm  
Požadované analýzy: celkový organický uhlík TOC, celkový fosfor Pc, ztráta žíháním, sušina při 105°C, rizikové prvky, ekotoxicitá



Obr. 6. Trubkový odběrák

Obr. 7. – 12. Odběr sedimentu na lokalitě 1 a detail rozkládající se biomasy v jeho horní vrstvě





Obr. 13. – 24. Profily sedimentů

na lokalitě 2



na lokalitě 6



na lokalitě 7



na lokalitě 8



na lokalitě 11



na lokalitě 12



na lokalitě 15



na lokalitě 16



na lokalitě 17





na lokalitě 18



na lokalitě 19



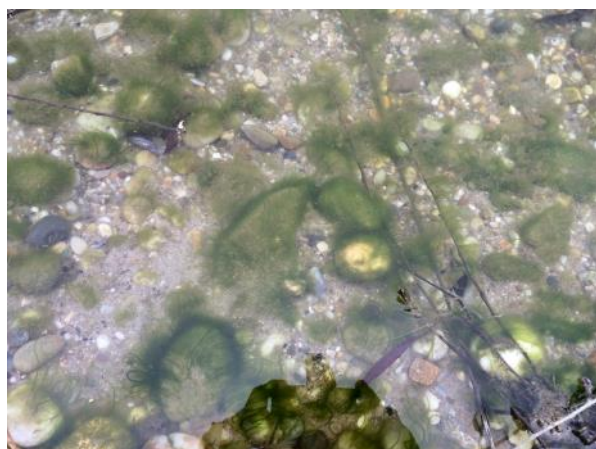
na lokalitě 20



Obr. 25. – 26. Biomasa vodních rostlin z povrchu sedimentů  
(zbytky stonků stolítku klasnatého *Myriophyllum spicatum* a zástupci rodu *Chara*)



Obr. 27. – 28. Porosty řas na kamenech u břehu nádrže



## 4 Analýzy

Předem byly stanoveny druhy analýz vod a sedimentů, které jsou nutné k vyhodnocení aktuálního stavu vodní nádrže a následně návrhu krátkodobých i dlouhodobých opatření.

Vzorky sedimentu byly následující den předány do akreditované laboratoře pro stanovení celkového organického uhlíku (TOC), celkového fosforu ( $P_c$ ), sušiny a rizikových prvků dle standardních metodik. Druhá část vzorků byla zpracována pro stanovení ekotoxicity.

U vzorků vod byly provedeny chemické analýzy.



Obr. 29. Odebrané vzorky vod a sedimentů

### 4.1 Výsledky monitoringu in-situ

Tab. 2.

| vzorek | hloubka | teplota | vodivost | pH   | koncentr. kyslíku | koncentr. kyslíku | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|--------|---------|---------|----------|------|-------------------|-------------------|-------|-----------|------------|-----|
|        | m       | °C      | uS/cm    | -    | %                 | mg/L              | NTU   | ug/L      | RFU        | mV  |
| 1      | 0,5     | 8,2     | 981      | 7,77 | 99,3              | 11,7              | 4,2   | 7,0       | 0,3        | 103 |
|        | 0,9     | 8,2     | 979      | 7,75 | 105,1             | 12,4              | 3,8   | 9,3       | 0,5        | 103 |
|        | 2,0     | 8,2     | 978      | 7,77 | 108,0             | 12,7              | 4,0   | 11,7      | 0,6        | 103 |
|        | 3,0     | 8,2     | 977      | 7,81 | 108,8             | 12,8              | 4,0   | 13,3      | 0,6        | 102 |
|        | 4,1     | 8,1     | 978      | 7,82 | 108,9             | 12,8              | 3,6   | 13,5      | 0,6        | 102 |
|        | 4,8     | 8,2     | 1000     | 7,77 | 108,5             | 12,8              | 10,3  | 30,0      | 0,7        | 103 |
| 2      | 0,5     | 8,2     | 974      | 8,12 | 97,3              | 11,4              | 5,2   | 1,8       | 0,3        | 118 |
|        | 0,9     | 8,2     | 974      | 8,15 | 104,0             | 12,2              | 4,3   | 3,6       | 0,4        | 117 |
|        | 2,0     | 8,2     | 975      | 8,14 | 107,4             | 12,6              | 4,6   | 5,4       | 0,5        | 118 |
|        | 3,0     | 8,1     | 977      | 8,10 | 109,1             | 12,8              | 4,2   | 9,8       | 0,5        | 120 |
| 3      | 0,6     | 8,2     | 970      | 8,31 | 98,7              | 11,6              | 4,6   | 5,2       | 2,7        | 119 |
|        | 1,1     | 8,1     | 969      | 8,30 | 103,3             | 12,2              | 4,3   | 3,4       | 1,4        | 116 |
|        | 2,0     | 8,1     | 969      | 8,28 | 106,2             | 12,5              | 4,3   | 3,4       | 0,7        | 116 |
|        | 3,0     | 8,1     | 969      | 8,25 | 108,4             | 12,8              | 4,0   | 4,7       | 0,6        | 117 |
|        | 3,9     | 8,1     | 969      | 8,22 | 109,1             | 12,9              | 5,4   | 8,4       | 0,5        | 118 |
|        | 4,9     | 8,0     | 969      | 8,19 | 109,7             | 12,9              | 10,8  | 19,8      | 0,7        | 117 |
| 4      | 0,3     | 8,2     | 968      | 8,26 | 99,9              | 11,8              | 4,1   | 3,9       | 2,4        | 116 |
|        | 1,2     | 8,1     | 967      | 8,27 | 105,3             | 12,4              | 4,3   | 3,3       | 2,3        | 116 |
|        | 1,8     | 8,1     | 967      | 8,26 | 107,9             | 12,7              | 4,4   | 3,1       | 1,1        | 116 |
|        | 2,4     | 8,1     | 967      | 8,25 | 109,3             | 12,9              | 11,2  | 3,1       | 1,3        | 117 |

| vzorek | hloubka | teplota | vodivost | pH   | koncentr.<br>kyslíku | koncentr.<br>kyslíku | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|--------|---------|---------|----------|------|----------------------|----------------------|-------|-----------|------------|-----|
|        | m       | °C      | uS/cm    | -    | %                    | mg/L                 | NTU   | ug/L      | RFU        | mV  |
| 5      | 0,4     | 8,1     | 948      | 8,27 | 97,3                 | 11,5                 | 3,0   | 6,1       | 4,0        | 122 |
|        | 0,6     | 8,0     | 949      | 8,30 | 100,9                | 11,9                 | 3,6   | 3,2       | 2,4        | 121 |
|        | 1,1     | 8,0     | 950      | 8,31 | 105,4                | 12,4                 | 4,0   | 1,5       | 0,9        | 120 |
|        | 1,4     | 8,0     | 951      | 8,30 | 106,5                | 12,6                 | 4,4   | 1,9       | 0,8        | 120 |
| 6      | 0,4     | 8,0     | 948      | 8,33 | 97,4                 | 11,5                 | 4,6   | 3,5       | 3,0        | 125 |
|        | 1,0     | 7,9     | 949      | 8,33 | 102,7                | 12,2                 | 3,8   | 2,5       | 3,3        | 123 |
|        | 1,9     | 7,9     | 949      | 8,33 | 104,7                | 12,4                 | 3,9   | 2,0       | 1,5        | 123 |
|        | 2,2     | 7,9     | 950      | 8,32 | 105,7                | 12,5                 | 4,5   | 3,2       | 1,1        | 123 |
| 7      | 0,5     | 7,9     | 949      | 8,33 | 98,3                 | 11,6                 | 2,5   | 0,6       | 0,2        | 141 |
|        | 1,1     | 8,0     | 948      | 8,35 | 102,9                | 12,2                 | 3,6   | 2,3       | 0,3        | 138 |
|        | 2,1     | 8,0     | 948      | 8,35 | 104,9                | 12,4                 | 3,7   | 2,7       | 0,4        | 137 |
|        | 2,3     | 8,0     | 948      | 8,34 | 106,2                | 12,6                 | 7,0   | 6,1       | 1,5        | 137 |
| 8      | 0,4     | 7,8     | 942      | 8,38 | 97,1                 | 11,5                 | 3,9   | 0,9       | 0,3        | 137 |
|        | 1,0     | 7,8     | 943      | 8,39 | 101,8                | 12,1                 | 3,6   | 1,3       | 0,4        | 136 |
|        | 2,1     | 7,8     | 943      | 8,38 | 104,0                | 12,3                 | 3,7   | 3,1       | 0,5        | 136 |
|        | 3,1     | 7,8     | 943      | 8,37 | 104,9                | 12,5                 | 3,7   | 3,4       | 0,5        | 137 |
| 9      | 0,6     | 7,8     | 939      | 8,37 | 97,9                 | 11,6                 | 3,7   | 4,9       | 5,3        | 148 |
|        | 1,1     | 7,8     | 939      | 8,38 | 101,0                | 12,0                 | 3,9   | 1,4       | 2,1        | 147 |
|        | 2,3     | 7,8     | 941      | 8,37 | 102,8                | 12,2                 | 3,8   | 2,3       | 0,9        | 147 |
| 10     | 0,4     | 7,7     | 935      | 8,40 | 99,3                 | 11,8                 | 3,7   | 0,9       | 0,5        | 173 |
|        | 1,1     | 7,7     | 938      | 8,39 | 100,9                | 12,0                 | 4,1   | 1,6       | 0,4        | 173 |
|        | 2,0     | 7,7     | 938      | 8,39 | 102,0                | 12,1                 | 3,5   | 1,5       | 0,4        | 173 |
|        | 3,0     | 7,7     | 939      | 8,39 | 103,8                | 12,3                 | 3,6   | 3,6       | 0,4        | 173 |
|        | 3,9     | 7,7     | 939      | 8,38 | 104,3                | 12,4                 | 3,6   | 4,1       | 0,4        | 172 |
|        | 4,1     | 7,7     | 940      | 8,38 | 104,3                | 12,4                 | 3,7   | 4,3       | 0,4        | 172 |
|        | 5,1     | 7,7     | 939      | 8,38 | 104,6                | 12,4                 | 3,9   | 4,4       | 0,9        | 172 |
| 11     | 0,5     | 7,6     | 926      | 8,40 | 95,9                 | 11,4                 | 3,5   | 0,2       | 0,6        | 161 |
|        | 1,1     | 7,4     | 926      | 8,40 | 97,9                 | 11,7                 | 3,4   | 0,4       | 0,4        | 160 |
|        | 2,0     | 7,4     | 925      | 8,38 | 99,3                 | 11,9                 | 3,4   | 1,9       | 0,3        | 161 |
|        | 2,8     | 7,4     | 925      | 8,36 | 99,5                 | 11,9                 | 3,3   | 1,2       | 0,3        | 161 |
|        | 4,1     | 7,4     | 925      | 8,35 | 99,1                 | 11,9                 | 3,3   | 1,0       | 0,3        | 162 |
|        | 5,2     | 7,3     | 925      | 8,34 | 98,9                 | 11,9                 | 3,4   | 0,7       | 0,4        | 162 |
|        | 6,3     | 7,3     | 925      | 8,33 | 98,8                 | 11,9                 | 3,4   | 1,8       | 0,4        | 163 |
|        | 6,6     | 7,3     | 925      | 8,32 | 98,5                 | 11,8                 | 13,9  | 6,3       | 1,5        | 163 |



| vzorek | hloubka | teplota | vodivost | pH   | koncentr.<br>kyslíku | koncentr.<br>kyslíku | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|--------|---------|---------|----------|------|----------------------|----------------------|-------|-----------|------------|-----|
|        | m       | °C      | uS/cm    | -    | %                    | mg/L                 | NTU   | ug/L      | RFU        | mV  |
| 12     | 0,5     | 7,4     | 928      | 8,39 | 96,5                 | 11,6                 | 2,3   | 0,1       | 0,3        | 159 |
|        | 1,1     | 7,5     | 925      | 8,39 | 98,7                 | 11,8                 | 3,3   | 1,7       | 0,3        | 158 |
|        | 2,0     | 7,4     | 925      | 8,38 | 98,8                 | 11,8                 | 3,5   | 1,6       | 0,3        | 159 |
| 13     | 0,51    | 7,5     | 925      | 8,43 | 96,8                 | 11,6                 | 2,6   | 0,0       | 0,4        | 155 |
|        | 0,99    | 7,5     | 925      | 8,40 | 99,3                 | 11,9                 | 3,2   | 0,3       | 0,5        | 156 |
|        | 2,29    | 7,5     | 925      | 8,39 | 99,5                 | 11,9                 | 3,3   | 0,4       | 0,4        | 157 |
|        | 3,22    | 7,5     | 925      | 8,38 | 99,5                 | 11,9                 | 3,2   | 0,3       | 0,3        | 157 |
|        | 4,05    | 7,5     | 925      | 8,37 | 99,6                 | 11,9                 | 3,2   | 0,3       | 0,3        | 158 |
|        | 5,12    | 7,5     | 925      | 8,36 | 99,8                 | 11,9                 | 3,4   | 0,7       | 0,2        | 158 |
|        | 6,02    | 7,5     | 925      | 8,35 | 99,8                 | 11,9                 | 3,4   | 0,9       | 0,2        | 158 |
| 14     | 0,63    | 7,6     | 930      | 8,40 | 97,3                 | 11,6                 | 3,3   | 0,1       | 0,1        | 184 |
|        | 1,26    | 7,6     | 930      | 8,40 | 97,7                 | 11,6                 | 3,3   | 0,2       | 0,2        | 183 |
|        | 2,03    | 7,6     | 931      | 8,40 | 98,0                 | 11,7                 | 3,3   | 0,9       | 0,2        | 183 |
|        | 2,95    | 7,6     | 930      | 8,39 | 98,4                 | 11,7                 | 3,7   | 0,9       | 0,3        | 183 |
|        | 3,98    | 7,6     | 931      | 8,39 | 98,6                 | 11,8                 | 3,3   | 1,6       | 0,3        | 182 |
|        | 5,06    | 7,6     | 931      | 8,38 | 98,6                 | 11,8                 | 3,4   | 1,8       | 0,4        | 182 |
|        | 6,08    | 7,6     | 931      | 8,38 | 98,8                 | 11,8                 | 3,6   | 2,0       | 0,4        | 182 |
| 15     | 0,48    | 7,6     | 929      | 8,42 | 96,7                 | 11,5                 | 2,6   | 1,5       | 0,3        | 169 |
|        | 1,15    | 7,6     | 929      | 8,42 | 97,3                 | 11,6                 | 3,3   | 1,1       | 0,3        | 168 |
|        | 2,02    | 7,6     | 929      | 8,41 | 97,8                 | 11,7                 | 3,2   | 1,3       | 0,3        | 168 |
|        | 3,98    | 7,6     | 929      | 8,39 | 98,0                 | 11,7                 | 3,1   | 1,2       | 0,2        | 169 |
|        | 3,98    | 7,6     | 929      | 8,39 | 98,0                 | 11,7                 | 3,1   | 1,3       | 0,3        | 169 |
|        | 5,19    | 7,6     | 929      | 8,38 | 97,8                 | 11,7                 | 3,0   | 1,6       | 0,2        | 169 |
|        | 6,15    | 7,6     | 929      | 8,38 | 97,8                 | 11,7                 | 3,4   | 1,7       | 0,3        | 170 |
|        | 6,84    | 7,6     | 929      | 8,37 | 98,0                 | 11,7                 | 20,4  | 23,7      | 3,9        | 170 |
| 16     | 0,50    | 7,7     | 930      | 8,42 | 96,9                 | 11,5                 | 2,8   | 2,6       | 0,8        | 171 |
|        | 1,09    | 7,6     | 930      | 8,41 | 97,9                 | 11,7                 | 3,2   | 0,5       | 0,5        | 171 |
|        | 1,92    | 7,6     | 930      | 8,41 | 97,9                 | 11,7                 | 3,2   | 0,8       | 0,5        | 171 |
|        | 2,95    | 7,6     | 930      | 8,41 | 98,2                 | 11,7                 | 3,5   | 0,5       | 0,4        | 171 |
|        | 3,96    | 7,6     | 930      | 8,40 | 98,2                 | 11,7                 | 3,3   | 0,5       | 0,4        | 171 |
|        | 4,96    | 7,6     | 930      | 8,39 | 98,6                 | 11,8                 | 4,1   | 1,2       | 0,6        | 172 |
|        | 5,32    | 7,6     | 930      | 8,38 | 98,8                 | 11,8                 | 6,0   | 8,7       | 1,1        | 172 |

| vzorek | hloubka | teplota | vodivost | pH   | koncentr.<br>kyslíku | koncentr.<br>kyslíku | zákal | chlorofyl | fykocyanin | ORP |
|--------|---------|---------|----------|------|----------------------|----------------------|-------|-----------|------------|-----|
|        | m       | °C      | uS/cm    | -    | %                    | mg/L                 | NTU   | ug/L      | RFU        | mV  |
| 17     | 0,5     | 7,72    | 930      | 8,41 | 97,8                 | 11,6                 | 3,6   | 1,6       | 0,865      | 222 |
|        | 1,1     | 7,72    | 930      | 8,41 | 98,2                 | 11,7                 | 3,6   | 0,0       | 0,536      | 220 |
|        | 2,1     | 7,72    | 930      | 8,42 | 98,9                 | 11,8                 | 3,4   | 0,3       | 0,367      | 218 |
|        | 2,4     | 7,73    | 930      | 8,42 | 99,3                 | 11,8                 | 3,7   | 0,4       | 0,408      | 216 |
| 18     | 0,48    | 7,7     | 929      | 8,44 | 96,6                 | 11,5                 | 2,7   | 0,5       | 0,3        | 208 |
|        | 1,06    | 7,7     | 930      | 8,43 | 97,4                 | 11,6                 | 3,2   | 0,6       | 0,3        | 208 |
|        | 2,08    | 7,7     | 930      | 8,43 | 98,1                 | 11,7                 | 3,5   | 0,8       | 0,4        | 208 |
|        | 3,17    | 7,7     | 930      | 8,41 | 98,3                 | 11,7                 | 45,1  | 23,1      | 13,7       | 208 |
| 19     | 1,095   | 7,8     | 940      | 8,43 | 99,8                 | 11,8                 | 3,6   | 2,9       | 1,1        | 199 |
|        | 2,03    | 7,7     | 941      | 8,43 | 102,0                | 12,1                 | 3,9   | 2,9       | 0,6        | 199 |
|        | 3,11    | 7,7     | 941      | 8,43 | 103,8                | 12,3                 | 4,0   | 3,6       | 0,5        | 199 |
|        | 4,05    | 7,7     | 941      | 8,42 | 104,3                | 12,4                 | 3,6   | 3,5       | 0,5        | 199 |
|        | 5,02    | 7,7     | 942      | 8,41 | 105,0                | 12,5                 | 4,0   | 4,9       | 0,5        | 200 |
|        | 6,04    | 7,7     | 942      | 8,39 | 105,5                | 12,6                 | 4,0   | 6,1       | 0,5        | 200 |
| 20     | 0,53    | 8,0     | 944      | 8,39 | 100,2                | 11,8                 | 3,4   | 2,6       | 0,4        | 206 |
|        | 1,00    | 7,9     | 943      | 8,40 | 103,7                | 12,3                 | 3,9   | 3,2       | 0,3        | 206 |
|        | 1,96    | 7,8     | 943      | 8,40 | 105,0                | 12,5                 | 3,9   | 3,7       | 0,4        | 206 |
|        | 2,99    | 7,8     | 943      | 8,40 | 105,9                | 12,6                 | 3,9   | 5,4       | 0,5        | 206 |
|        | 4,05    | 7,7     | 943      | 8,40 | 106,3                | 12,6                 | 3,9   | 6,2       | 0,4        | 206 |
|        | 5,02    | 7,7     | 944      | 8,39 | 107,0                | 12,7                 | 4,2   | 5,9       | 0,5        | 206 |
|        | 6,03    | 7,6     | 944      | 8,37 | 107,6                | 12,8                 | 8,3   | 11,7      | 0,8        | 204 |



Obr. 30. - 31. Pěna, tvořící se u kraje vodní nádrže



## 4.2 Chemické analýzy vzorků vody

Analýzy provedla: laboratoř Flos aquae z.s.

Datum zkoušky: 22. 3. 2016

Metodika laboratorních analýz: spektrofotometricky, kyvetové testy HACH LANGE

Tab. 3.

| vzorek | chemická<br>spotřeba kyslíku<br>CHSK | dusičnanový dusík<br>N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | amoniakální dusík<br>N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | fosforečnanový<br>fosfor P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | celkový fosfor P <sub>c</sub> |
|--------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|
|        | [mg/l]                               | [mg/l]                                              | [mg/l]                                              | [mg/l]                                                   | [mg/l]                        |
| 1      | 19,1                                 | 5,34                                                | 0,044                                               | 0,025                                                    | 0,043                         |
| 2      | 18,4                                 | 5,33                                                | 0,034                                               | 0,008                                                    | 0,094                         |
| 3      | 19,7                                 | 5,33                                                | 0,041                                               | 0,002                                                    | 0,085                         |
| 4      | 19,0                                 | 5,18                                                | 0,033                                               | 0,009                                                    | 0,087                         |
| 5      | 19,9                                 | 4,53                                                | 0,057                                               | 0,007                                                    | 0,089                         |
| 6      | 18,1                                 | 4,47                                                | 0,058                                               | 0,005                                                    | 0,073                         |
| 7      | 19,1                                 | 4,48                                                | 0,057                                               | 0,012                                                    | 0,082                         |
| 8      | 20,5                                 | 4,35                                                | 0,073                                               | 0,010                                                    | 0,083                         |
| 9      | 22,6                                 | 4,27                                                | 0,097                                               | 0,030                                                    | 0,080                         |
| 10     | 16,4                                 | 4,10                                                | 0,088                                               | 0,001                                                    | 0,087                         |
| 11     | 18,3                                 | 3,46                                                | 0,134                                               | 0,001                                                    | 0,051                         |
| 12     | 19,0                                 | 3,54                                                | 0,144                                               | 0,014                                                    | 0,081                         |
| 13     | 16,7                                 | 3,48                                                | 0,135                                               | 0,009                                                    | 0,083                         |
| 14     | 18,0                                 | 3,75                                                | 0,107                                               | 0,010                                                    | 0,097                         |
| 15     | 20,1                                 | 3,79                                                | 0,120                                               | 0,002                                                    | 0,045                         |
| 16     | 19,3                                 | 3,77                                                | 0,114                                               | 0,008                                                    | 0,092                         |
| 17     | 15,6                                 | 3,76                                                | 0,109                                               | 0,010                                                    | 0,097                         |
| 18     | 18,5                                 | 3,79                                                | 0,114                                               | 0,035                                                    | 0,090                         |
| 19     | 18,3                                 | 4,15                                                | 0,075                                               | 0,011                                                    | 0,085                         |
| 20     | 16,3                                 | 4,42                                                | 0,073                                               | 0,008                                                    | 0,078                         |

## 4.3 Chemické analýzy vzorků sedimentů

Analýzy provedla: laboratoř ALS Czech Republic, s. r. o.

Protokol o zkoušce viz. Příloha č. 1



#### 4.4 Testy akutní ekotoxicity

Analýzy provedla: laboratoř Flos aquae z.s.

Datum zkoušky: 22. – 24. – 27. 3. 2016

Metodika laboratorních analýz: stanovení přítomnosti toxických látek - akutní test toxicity v:

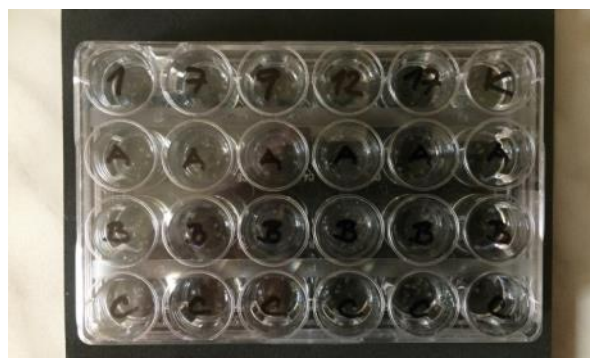
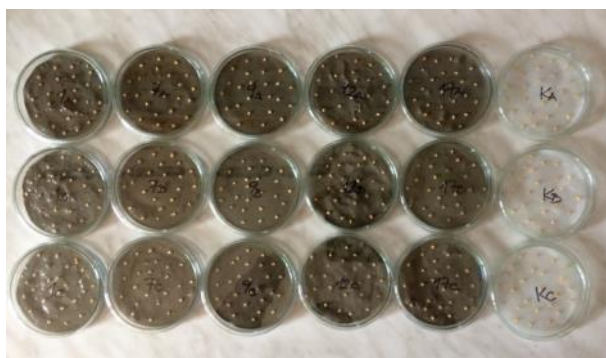
sedimentech

s producentem *Sinapis alba*

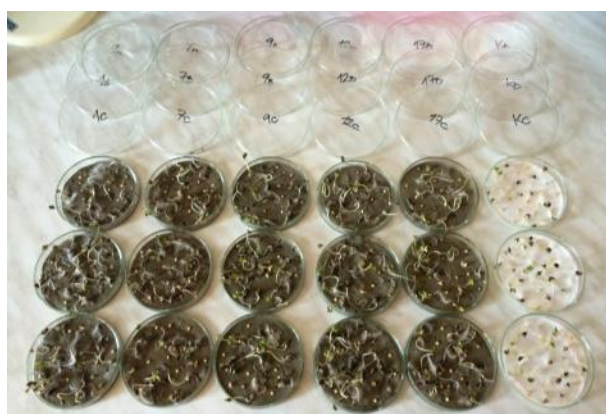
pórové vodě

s konzumentem *Daphnia magna*

Obr. 32. - 33. Příprava a založení testů ekotoxicity 22. 3. 2016

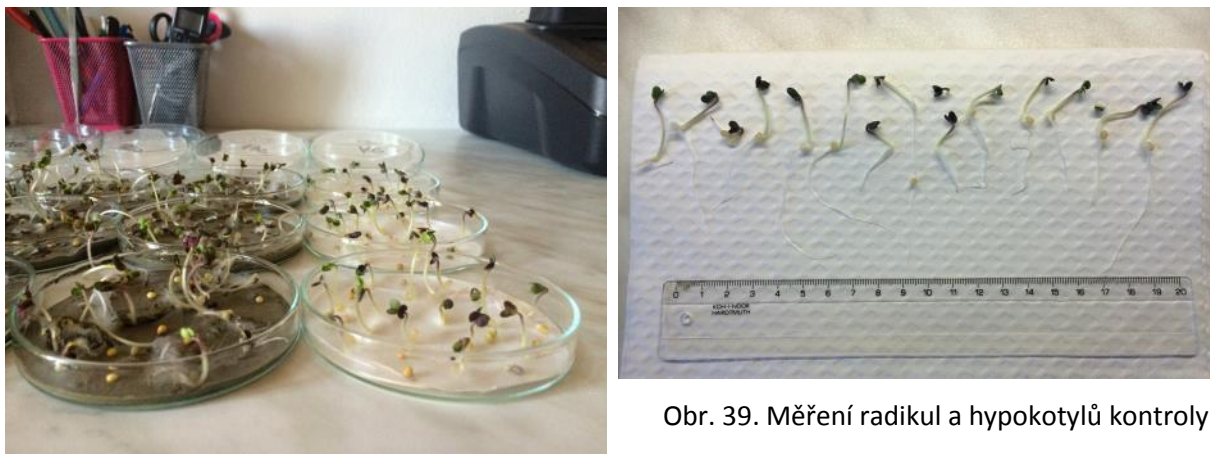


Obr. 34 - 35. Testy ekotoxicity před vyhodnocením 27. 3. 2016



Obr. 36. – 38. Vyhodnocení testů ekotoxicity 27. 3. 2016





Obr. 39. Měření radikul a hypokotylů kontroly

Tab. 4. Výsledky inhibice/stimulace sedimentem z Slnečných jazier

| test                 |           | vzorek 1 | vzorek 7 | vzorek 9 | vzorek 12 | vzorek 17 |
|----------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| <i>Sinapis alba</i>  | hypokotyl | 108      | 58,3     | 119,4    | 47,2      | 0         |
|                      | kořen     | 26,3     | 15,8     | 42,1     | 63,2      | 31,6      |
| <i>Daphnia magna</i> |           | 5        | 7        | 7        | 9         | 5         |

Výsledky byly vyhodnoceny u *Daphnia magna* po 48 a u *Sinapis alba* po 120 hodinách expozice a jsou uvedeny v % oproti kontrole, která je 100%.

Do každého vzorku pórové vody bylo nasazeno 10 jedinců *Daphnia magna* stejného stáří.

## 5 Shrnutí výsledků analýz

Nádrž byla rozdělena na 20 reprezentativních lokalit, kde byla měřena hloubka vody, mocnost a charakter sedimentů a na vybraných lokalitách byly odebrány vzorky pro analýzy složení, kvality a toxicity sedimentů. Naměřená data byla zpracována do tabulek a mapové podoby tak, aby podala co nejpřehlednější obraz o stavu lokality a mohla být využita pro systém opatření k omezení masového rozvoje sinic.

### Z analýz vyplývají tyto závěry:

**Monitoring in-situ** prokázal, že všechny parametry vody v závislosti na hloubce měření jsou v normě (vodivost, pH, koncentrace kyslíku, zákal, chlorofyl, fykocyanin a ORP). Organoleptické vlastnosti vody (teplota, barva, zákal, průhlednost, pach) ukazovaly i vzhledem k ročnímu období na velice dobrou kvalitu vody.

**Chemické analýzy** v ani jednom stanovení (chemická spotřeba kyslíku, dusičnanový dusík, amoniakální dusík, fosforečnanový fosfor a celkový fosfor) nepřekročily limitní hodnoty. Voda je „zdravá“ a v době odběrů probíhala tzv. jarní mixace vody, takže voda byla i bohatá na kyslík, což nemusí být ve vegetační sezoně samozřejmostí – viz analýzy sedimentů.

**Chemické analýzy sedimentů** byly provedeny dle platné legislativy pro kategorizaci sedimentů (ekotoxita, PCB, PAU, toxické kovy, organochlorové pesticidy, či ropné uhlovodíky) a ve všech

vzorcích jsou výsledky stejné - sedimenty vyhovují požadavkům aktuálně platné legislativy SR a neobsahují toxické látky.

**Testy akutní ekotoxicity sedimentů** prokázaly jasnou stimulaci růstu rostlin *Sinapis alba* ve všech vzorcích, ukazující absenci biodostupných toxických látek v sedimentech a naopak dostatek živin v sedimentech, které stimulují růst rostlin. Z výsledků analýz je zřejmé, že sedimenty nádrže neobsahují toxické látky a to ze žádné skupiny látek organochlorových pesticidů, polyaromatických uhlovodíků, polychlorovaných bifenylů ani toxických kovů. Vysoké koncentrace organických látek však mohou způsobovat lokální kyslíkové deficity v letní sezoně a s tím spojené problémy s tvorbou pěny u břehů až po senzorické problémy se zápachem sedimentů. Proto bude hlídání a management kyslíkového režimu v nejbližších letech důležitou činností pro udržení kvality vody v Slněčných jazerach.

### 5.1 Aerační systémy pro vnos kyslíku ke dnu nádrže

V případě Slněčných jazer jsou reálná podezření na kyslíkové deficity u dna nádrže v letních měsících. Takový stav podporuje rozvoj sinic. Proto doporučujeme nastavit měření stratifikace kyslíku od hladiny ke dnu na lokalitách 2, 6, 10, 13, 15, 18 a 20 alespoň v srpnu. Prokáže-li se, že je opravdu nedostatek kyslíku, jsme schopni doporučit aerační systémy, kterých je v současnosti vyvinuto mnoho systémů. Pro představu zde uvádíme jednoduchý přehled:

Z hlediska ekotechnického rozlišujeme několik typů aeračních a destratifikačních systémů:

Dle cíle:

- Aerátor/oxygenátor hypolimnia, epilimnia, nebo např. rozhraní voda-sediment (cíl je vnést kyslík do určité vrstvy v nádrži)
- destratifikační a promíchávací (promíchat hypolimnion a epilimnion, zrušit stratifikaci (kyslíkovou, teplotní, živinovou, což také limituje rozvoj sinic, ale v případě nádrží v Senci by se zbytečně prohříval celý vodní sloupec až na sedimenty)

Dle konstrukčního uspořádání:

- lineární – plošné systémy tvořené perforovaným potrubním systémem pokládaným na dno nádrží v hustotě dle potřeby aerační kapacity – pro Slněčné jezera ideální řešení, protože jde o velkou plochu a relativně malou hloubku nádrže
- bodové – od malých lokálních, využívaných v rybníkářství až po kompresorem hnané aerační soustrojí s kapacitou 50 a více m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

Dle energetického zdroje pro aeraci:

- kompresory poháněné z elektrické sítě nebo z dieselgenerátorů (jde o klasické uspořádání, kde kompresorovna je v ocelovém kontejneru, je chlazena a mechanicky zabezpečena)
- kompresory a čerpadla plovoucí na hladině poháněná větrem (velmi oblíbený systém pro mělké nádrže a rybníky)
- kompresory se solárními panely.

Dle velikosti vyvíjených bublin:

- hrubobublinná - velikost bublin nad 1mm
- jemnobublinná - velikost bublin 100-1000 μm
- mikrobublinná - velikost bublin 20-100 μm – ideální pro Senec
- DAF, OF technologie – velikost bublin 5-20 μm

Dle délky aerace:

- - trvalý provoz
- - periodicky zapnutá aerace (dle denní, roční doby, dle aktuálního stavu kyslíkového režimu, potřeby - doporučujeme jen letní měsíce)



Tab. 5. Prokysličovací kapacita různých aeračních zařízení

| Typ zařízení                                  | Specifikace                                                               | Prokysličovací kapacita (%) * |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Voda čerpaná a stříkaná na hladinu            | (dle toho, zda voda dopadá jen na hladinu, nebo je vstřikovávána do vody) | 15 - 20                       |
| Stlačený vzduch vháněný potrubím bez difuzoru | (bubliny nad 1cm) dle hloubky vyústění potrubí                            | 20 - 35                       |
| Stlačený vzduch s difuzorem                   | bubliny do 3mm – dle hloubky instalace a hustoty otvorů                   | 30 - 70                       |
| Jemnobublinná aerace                          | Velikost bublin 0,5 – 3 mm                                                | 80 - 85                       |
| Mikrobublinná aerace                          | Velikost bublin 100 - 500 µm                                              | 85 - 90                       |
| DAF, OF technologie                           | Velikost bublin 5 - 100 µm                                                | 85 - 95                       |

\*Prokysličovací kapacita počítaná v % ze SOTR („standard oxygen transfer rate“) ve standardních podmínkách

Zařízení srovnávaná v Tab. 5 se liší také energetickou náročností. Obecně lze říci, že čím menší bubliny a větší hloubka vody, kde je zařízení instalováno, tím vyšší energetická náročnost zařízení.

Dle našich zkušeností by byly pro Slněčné jezera vhodné lineární provzdušňovací systémy s jemnobublinnou aerací do kritických míst dle aktuálních analýz, které by byly provozovány jako prevence rozvoje sinic a tvorby pěny cca od poloviny léta.

## 6 Závěry a doporučení

Sedimenty jsou přirozenou součástí každé vodní nádrže, jsou pamětí vodního útvaru. Sedimenty v nádržích vykazují různý způsob a rychlost usazování. Jsou pravidelně ukládány a jemně horizontálně zvrstvené s vyšším organickým podílem (vyšší rostliny, plankton). Z chemického hlediska představují sedimenty heterogenní systém obsahující anorganickou krystalickou a amorfní fázi, živou a neživou organickou hmotu v koloidním stavu a ve stavu drobných částic, vodu a různé plyny v proměnlivých poměrech. Obsahují živiny jako je fosfor, dusík a organické látky, a protože **sedimenty Slněčných jezer neobsahují žádné toxické látky, jde o materiál vhodný na rekultivace skládek, výrobu kompostů, nebo jsou vhodné pro aplikaci přímo na pole.** Staří Egypťané považovali nilské bahno za blahodárnou součást pravidelných nilských záplav a využívali ho jako vynikající hnojivo. V českém rybníkářství bylo „bahno“ z rybníčního dna považováno za kvalitní hnojivo s vysokým obsahem živin, které dokonce bylo částí deputátů pracovníků v rybníkářství.

Dnové sedimenty v nádrži Slněčné jezera nejsou rozloženy homogenně, jsou lokality, kde jsou štěrkopísky bez organických nánosů a naopak jsou oblasti s mocnými organickými sedimenty, které podporují růst vodních květů sinic. Sedimenty obsahují významné množství dusíku, fosforu a organických látek. To je dobrá zpráva pro potenciální využití sedimentů (komposty, orná půda, zúrodnění skládek a podobně), ale není to dobrá zpráva pro management kvality vody v této rekreační nádrži.

Přehledně je rozčlenění nádrže do jednotlivých oblastí ilustrováno na Obr. č. 2, kde jsou do mapy barevně vyznačeny oblasti dle mocnosti sedimentů:

- Nejlepší kvalita sedimentů – štěrkopísky, písky bez větší mocnosti organických materiálů, je na mapě vyznačena **zeleně** a nachází se v oblasti odběrových bodů 6-10 a 14, kde nedoporučujeme těžbu sedimentů, je zde stabilizované a bezproblémové dno bez většího množství organických látek a bez nebezpečí podpory rozvoje sinic.
- V **žlutě** vyznačené oblasti vzorkovacích míst 1-3 se nachází 20-50 cm sedimentů s na povrchu dna se rozkládající vrstvou biomasy rostlin. Jde o oblast, které doporučujeme věnovat pozornost a

zopakovat zde **odběry v letních měsících s cílem analyzovat fekální znečištění, protože při odběrech měly sedimenty zápach septiku.**

- **Oranžově** vyznačená oblast se nachází v odběrových místech 15-18 a jde o část, kde se nachází **až kolem 1 m organických sedimentů**, dle analýz s přebytkem fosforu, který podporuje růst nejen vodních rostlin, ale především podporuje dlouhodobé přežívání a rozvoj sinic. **Doporučujeme v této lokalitě realizovat analýzy na kvantifikaci sinic v sedimentech a na základě jejich výsledků zvážit ošetření s cílem fixovat fosfor v sedimentech jako prevenci rozvoje sinic.**
- **Červeně** vyznačené oblasti kolem vzorků 11-13 a 19-20 jsou lokality s největším množstvím sedimentů, s vysokým obsahem organických látek a fosforu, kterým je nutno věnovat prioritní péči, protože jde pravděpodobně o zdrojové lokality sinic. **Proto doporučujeme také zde kvantifikovat sinice v sedimentech.**

Z realizovaných odběrů a analýz vyplývá - **kvalitu vody v nádrži řídí rovnováha či nerovnováha mezi prouděním podpovrchových vod** (jejich přítok do nádrže se znečištěním z okolí a průtok), **množství a kvalita sedimentů** (především organických látek v sedimentech) **a biotické vztahy v nádrži (především množství a složení rybí obsádky a vodních rostlin)**. Tento mechanismus vlivů na kvalitu vody odráží následující soubor doporučení pro řízení kvality vody, udržení hygienicky akceptovatelné kvality koupacích vod a prevenci rozvoje vodních květů sinic v nádrži Slnečná jazerá:

1. **Odtěžit sedimenty** v červeně, případně oranžově, vyznačených oblastech s tím, že jde o netoxický materiál vhodný pro všechny typy aplikací, včetně aplikace na zemědělskou půdu. Jedná se o cca polovinu nádrže, v zeleně označených částech jsou dnové štěrkopísky a těžba zde by byla zbytečná. Pro tuto možnost doporučujeme sledovat možné zdroje kofinancování (dotace, projekty, granty). Zanášení nádrží sedimenty je přirozený proces, který přispívá k tzv. stárnutí nádrží.
2. Omlazování nádrží a tedy vracení do stavu s nízkou trofií a čistou vodou se realizuje prostřednictvím těžby, odstranění, nebo inaktivací sedimentů. Proto doporučujeme pravidelně, cca každých 5 let plánovat odtěžit část sedimentů z nádrže dle aktuálního stavu množství a kvality sedimentů. Není nutno těžit celou plochu nádrže – dle realizovaných analýz lze najít prioritní lokality (viz obr. 2) a ty lze ještě dále selektovat dle analýz zdrojových míst pro sinice, což je většinou cca 30% nádrže, což dále šetří náklady. Z hlediska dlouhodobých opatření doporučujeme pravidelně plánovat těžbu sedimentů postupně ve všech částech nádrže dle aktuální potřeby – to by mělo být bráno jako samozřejmý standard péče o kvalitu vody. Sedimentace částic je přirozený proces a musíme s ním počítat také při péči o kvalitu vody. Proto doporučujeme sledovat všechny dostupné typy dotačních projektů a těžbu sedimentů plánovat postupně a pravidelně jako standardní opatření pro řízení kvality vody v nádrži, která nemá povrchový přítok, ale přes sedimenty proteče většina vody, která do nádrže přitéká.
3. Sedimenty některých lokalit lze ošetřit přímo na místě bez těžby, zde by to byl případ žlutě označené oblasti v Obr. 2) kde lze doporučit aplikaci fixačních přípravků na bázi železa a hliníku pro udržení fosforu a minimalizaci důsledků znečištění. S těmito korekčními zásahy a stabilizací sedimentů metodou „in situ“ tedy bez těžby máme mnoholeté zkušenosti a můžeme nabídnout poradenství od vodoprávního řízení až po volbu optimálních přípravků s ideálním poměrem cena-účinek pro konkrétní typy sedimentů.
4. Je faktem, že jezera nemůžou být ušetřena před zdroji znečištění z proudících podzemních vod, což je potenciální a zřejmě i velký zdroj živin pro rozvoj sinic. Tímto zdrojem mohou být i budovy a zařízení na březích a ve vzdálenosti do 50 m od vodní plochy, obzvláště ty, které nejsou napojeny na splaškovou kanalizaci. K zajištění tohoto zdroje znečištění doporučujeme:
  - a. **Realizovat systémové kontroly** všech budov, provozů a chat napojených na vodovod či čerpající vodu z jezer s cílem prokázat, **jak jsou odváděny odpadní vody** (těsnost jímek, připojení kanalizace, kontrola dokladů kolaudace a dokladů o odvozu jímek). Již při nekázni cca 5-10% nenapojených, nebo „občas“ čerpajících obyvatel, dochází k situaci, která sinicím

- stačí na vytvoření biomasy vodního květu a uzavření celé lokality z hygienického hlediska nevhodnosti vody ke koupání.
- b. Realizovat osvětové aktivity pro „**ekologickou výchovu**“ stálých a sezonních obyvatel i návštěvníků s cílem poukázat na fakt, že sinice jsou zdravotní riziko a množí se tam, kde jsou zdroje znečištění, především odpadními vodami.
5. Slnečné jazerá jsou rybářským revírem pro sportovní rybolov. V této oblasti jsou minimálně tři principy využitelné v řízení kvality vody:
    - a. Vzhledem k tomu, že bentofágní ryby (kapor, pleskač, karas) ryjí ve dně za účelem získání potravy, tak nejen kalí vodu, ale především uvolňují ze dna živiny a sinice, napomáhající rozvoji vodního květu, doporučujeme na této významné rekreační lokalitě připravit dohodu s rybáři, která bude postupně **posilovat pozice dravých ryb na úkor ryb bentofágních**.
    - b. Omezení bentofágních ryb by mělo přinést také **omezení zdrojů znečištění vody způsobené zakrmováním** granulemi, šrotem, obilninami, které se používají při lovu na těžko. Město si může z docházek rybářů k vodě vypočítat, kolik tun organického materiálů, potažmo živin, se takto každoročně dostane do nádrže. Tyto zakrmovací materiály jsou dominantně založeny na obilninách, přičemž škrob při svém rozkladu spotřebuje hodně kyslíku a **produkty rozkladu jsou pěnотvorné**, takže přispívají k tvorbě pěny u hladiny a na březích. Na toto téma doporučujeme připravit diskuzi s rybáři, včetně realizace informačního letáku o vlivu takrmovacích materiálů na kvalitu vody.
    - c. Zvláštní pozornost doporučujeme věnovat kontrole zarybňovacích plánů, aby byl přehled o výskytu býložravých ryb – především amura. Rozhodně nedoporučujeme vysazovat do nádrže **další býložravé ryby, které by ničily rozvoj vodních rostlin**.
  6. **Klíčový mechanismus, který drží dobrou kvalitu vody** v letních měsících a který představuje reálnou protiváhu rozvoje sinic na této lokalitě, **jsou vodní rostliny, a to především ponořená vegetace**. Doporučujeme ve vegetační sezoně provést inventarizaci a kvantifikaci makrofyt s cílem získat podklady pro rozhodování jak využít přirozeného rozvoje vodních rostlin pro udržení kvality vody tak, aby nedošlo k situaci, kdy bude vodní vegetace příliš moc a bude působit problémy rekreačnímu využití nádrže. Z odběrů, které jsme realizovali je zřejmé, že na dně nádrže je množství biomasy makrofyt na hranici udržitelnosti. **V případě, že rostliny nebudou těženy a odstraněny, budou vytvářet na dně nádrže mocné organické sedimenty a budou tak živinami podporovat rozvoj toxických vodních květů sinic**. Již nyní dochází na dně nádrže k mohutným procesům rozkladu biomasy vodní vegetace, především na rozhraní voda-sediment. Důsledkem těchto rozkladných procesů je velká spotřeba kyslíku (která je ale kryta nejen z hladiny, ale také právě produkcí kyslíku zdravými a metabolicky aktivními vodními rostlinami) a tvorba pěny u hladiny, která se kumuluje u břehů. **Proto doporučujeme připravit kroky vedoucí k řízení množství biomasy vodních rostlin těžbou v letní vegetační sezoně a na podzim. Konkrétně by měla být k dispozici informace o tom ve které části nádrže jsou jaké vodní rostliny a kolik jich tam je. Vodní rostliny jsou „dobrý sluha, ale zlý pán“ . V Slnečných jazerech lze předpokládat, že během 2-3 let budou vodní rostliny narostlé natolik, že bude nutno připravit jejich kosení a odvoz biomasy z nádrže. Proto je nutné začít vybírat typy vhodných „kombajnů“ na vodní rostliny tak, aby byl včas připraven příspěvek k řízení kvality vody v této rekreační nádrži.**
  7. Protože kyslíkový režim na rozhraní sediment/voda je klíčový pro hydrochemické a hydrobiologické parametry kvality vody v nádržích, doporučujeme **zvážit aeraci vody**. V případě kyslíkových deficitů u dna se díky anaerobním procesům v sedimentech uvolňují plyny (např. metan) nebo chemické prvky (např. fosforečnany, toxické formy manganu, či železa), což negativně ovlivňuje kvalitu vody. Možnost kontrolovat a řídit kyslíkové poměry na rozhraní voda/sediment a zároveň zabezpečit, aby nedocházelo k víření sedimentů, lze například systémy difúzního provzdušňování, které mají vyšší okysličovací kapacitu, než klasické aerátory pracující s bublinami s průměrem vyšším než 10 mm. Jedná se o vysoce efektivní metodu ekologicky



šetrného způsobu dlouhodobého čištění vodních nádrží včetně omezení rozvoje vodních květů sinic. Pro zvážení tohoto způsobu péče o kvalitu vody jsme do této zprávy uvedli kapitulu o metodách aerace, aby bylo možno zvážit, kterou z mnoha aeračních ekotechnik bude dobré vybrat. Pro Slněčná jazera doporučujeme některý ze systémů lineární, tedy plošné aerace, protože jde o mělkou nádrž a bodové technologie by neměly takový plošný dosah a naopak by mohly lokálně kalit vodu zvedlými sedimenty.

8. Ze střednědobého až dlouhodobého hlediska se jeví jako zajímavá varianta udržení kvality vody v nádrži **obnovou těžby štěrkopísku**. Doporučujeme zjistit, zda je reálné tímto směrem uvažovat (povolení a ekonomičnost těžby se současným rekreačním využitím lokality). Princip tohoto řešení spočívá v:
  - a. Odstranění sedimentů až na matečné vrstvy omlazuje nádrž a brání přirozenému stárnutí nádrže
  - b. Těžba těchto materiálů mírně kalí vodu jílovými částicemi a křemičitany, které sorbují živiny a omezují přístup světla k sinicím, voda je tak čirá a hygienicky nezávadná

Kontrola množství sedimentů, řízení rybí obsádky, prevence vnosu znečištění a řízení množství vodních rostlin a jejich těžba by měly být ty klíčové faktory, které by měly udržet hygienicky nezávadnou, živou a čistou vodu v nádrži. Ze zkušeností vyplývá, že každá nádrž je originál, reaguje někdy v závislosti na počasí (suché horké léto přinese jiné problémy než deštivé léto s přebytkem splachů z okolí) a jindy nabíhá účinnost jednotlivých opatření pomaleji. Proto doporučujeme připravit **pojistné mechanismy**, v případě hrozby rychlého zhoršení kvality vody a prudkého rozvoje sinic, tzv. **havarijní plán** pro udržení kvality vody v této rekreačně významné lokalitě:

9. Pro problémové situace s masovým rozvojem sinic doporučujeme připravit podklady pro **aplikaci látek, které fixují živiny v sedimentech a odstraní fosfor a sinice z vodního sloupce**, čímž zvyšují průhlednost a čistotu vody. Osvědčené jsou netoxické přípravky na bázi železa či hliníku, které jsou používány i pro úpravu vody pitné.
10. Jako alternativa k aplikaci solí Fe a Al je možno doporučit **aplikaci přírodních prostředků na bázi probiotických bakterií**, které vytvoří konkurenci sinicím a podpoří procesy, ozdravující vodu snížením koncentrace živin. Ve spolupráci s Akademií věd ČR v letošním roce připravujeme přehled a srovnání těchto přípravků, výsledky budou k dispozici v létě.

Pro obě aplikace (bod 7. a 8.) je dle vodního zákona nutné vodoprávní povolení. Žádost se podává k místně a věcně příslušnému vodoprávnímu úřadu.

Na základě našich zkušeností nabízíme:

- prezentace návrhů opatření pro odbornou i laickou veřejnost
- monitoring kvality vody a sedimentů
- zpracování nabídky realizace aplikací přípravků pro zlepšení kvality vody
- zpracování žádosti a podkladů pro vodoprávní povolení
- odborný dohled při realizaci aktivit pro udržení kvality vody nádrže

**Děkujeme za příkladnou spolupráci a poskytnutí lodě  
panu řediteli Ing. Robertu Podolskému.**



Obr. 40. Slnéčné jazerá – Juh