

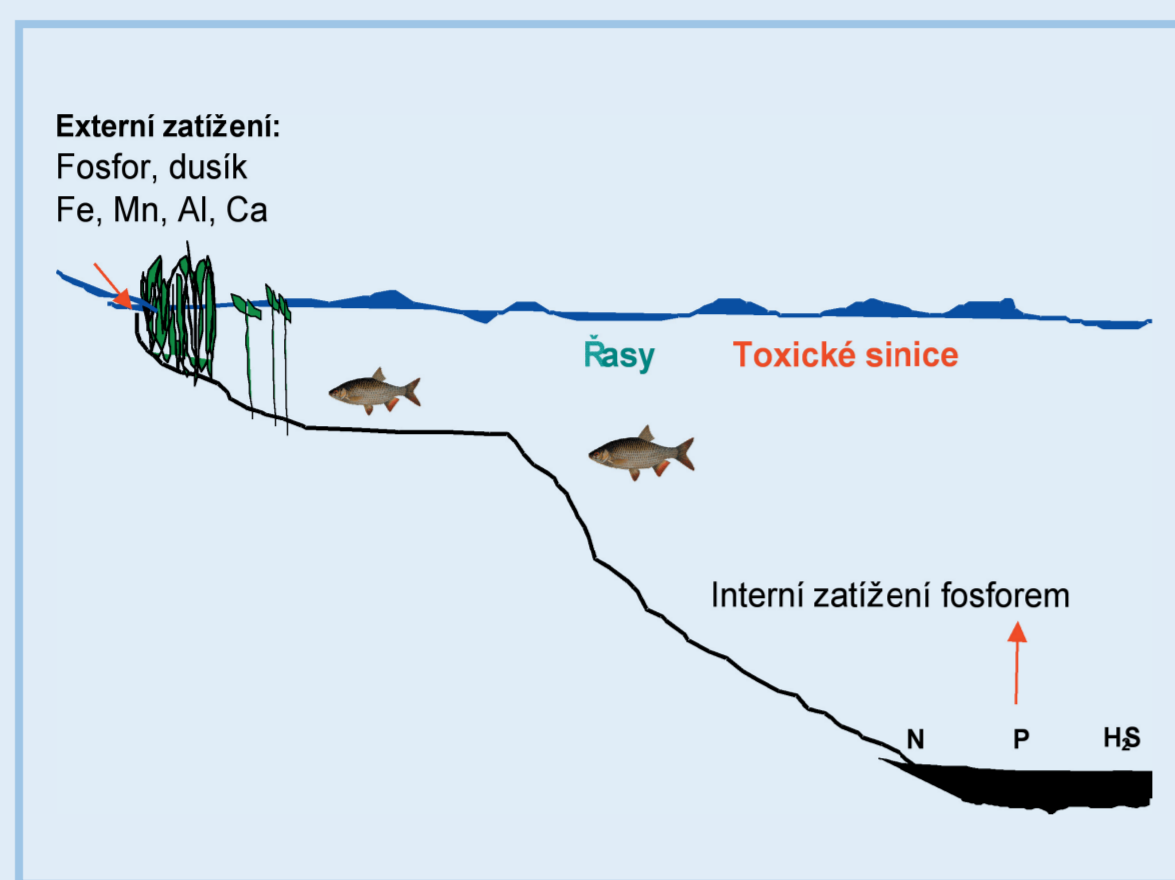
LAKE RESTORATION OBNOVA JEZERNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Metoda chemického srážení fosforu hlinitými solemi

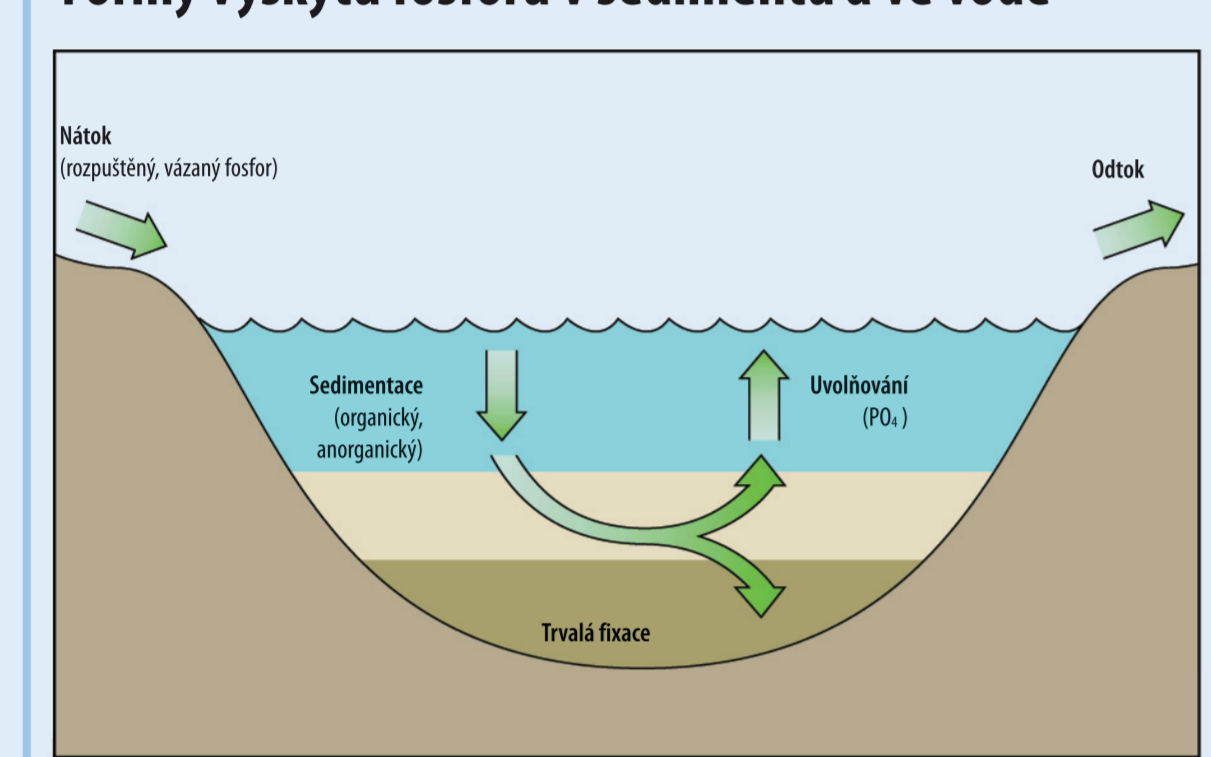
T E O R I E

Problém:

- eutrofizace jako důsledek dlouhodobého externího zatížení povrchových vod živinami
- nadměrný rozvoj řas a toxických sinic
- snížení průhlednosti vody, zápach, úhyn ryb, nemožnost rekreačního využití
- interní zatížení živinami (hlavně fosforem) ze sedimentů



Formy výskytu fosforu v sedimentu a ve vodě



- Formy fosforu:**
- rozpustný (PO₄³⁻, organický P)
 - vázaný na:
 - železo: hydroxidy Fe (III), Fe(OH)₃, ads. Strengit, Fe PO₄
 - vápník: Vápnit, Fe₂(PO₄)₃, SH₂O
 - hliník: Al(OH)₃, ads. Variscit, Al PO₄
 - vápník: Hydroxapatit, Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂, Nasetit, CaH PO₄, Kalcit ads.
 - jíl: adsorbovaný
 - organický P:
 - volně vázaný
 - trvale vázaný

Možnosti řešení:

- několik možných metod, zpravidla velmi nákladných, s nejistým nebo krátkodobým účinkem (vybagrování sedimentu, aerace nebo oxidace hypolimnia, umělá recirkulace, biomanipulace, algicidní metody...)
- metoda chemického srážení fosforu hlinitými solemi

Princip metody:

- plošná aplikace hlinitého koagulantu z plující lodi do vodního sloupce nebo přímo do sedimentů
- nutnost udržení pH při aplikaci v rozmezí 6-9, kdy je hliník součástí komplexů, které nejsou toxické (při pH < 5,5 a pH > 10 je hliník rozpustný ve formě toxických iontů Al³⁺)
- po aplikaci hlinité soli dojde k vysrážení fosforu do formy nerozpustného fosforečnanu hlinitého a jeho uzavření do sedimentu
- vločky hydroxidu hlinitého sedimentují a přitom odstraňují z vodního sloupce dispergované nečistoty, řasy a sinice, dojde k vyčištění vody a odstranění již rozvinutých řas a sinic do sedimentu
- dochází k překrytí dna vzniklým inertním hydroxidem hlinitým, zabránění uvolňování fosforu ze sedimentů



Používané koagulanty:

- siran hlinitý
- polyaluminiumchloridy (na aplikaci železých solí existuje méně referencí, důvodem může být vyšší agresivita, možnost většího ovlivnění pH, nebezpečí zpětného uvolňování fosforu ze sedimentu v anoxických podmínkách)

Formy výskytu hliníku v závislosti na pH

Al ³⁺	Al-hydroxy komplexy				
4	5	6	7	8	9
Toxický			Netoxický		
Acidifikované jezero			Eutrofizované jezero		

Určení dávky koagulantu:

- Běžná dávka se pohybuje v rozmezí 5-25 mg Al/l, ale je nutné ji upřesnit na základě:
 - laboratorních testů
 - kvality vody a sedimentu
 - místních podmínek
 - zkušeností z referenčních aplikací

Výhody metody:

- osvědčená metoda používaná již více než 30 let
- stovky úspěšných aplikací a odborných referencí
- relativně levná metoda ve srovnání s ostatními metodami
- podle způsobu aplikace a velikosti dávky několikaletý účinek (za předpokladu omezení externího přísunu živin)
- nepatrná rizika pro životní prostředí

Nevýhody metody:

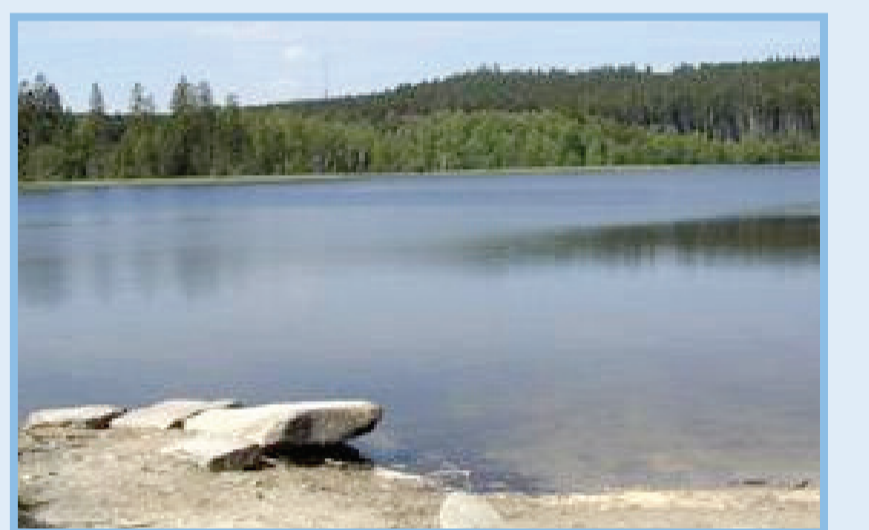
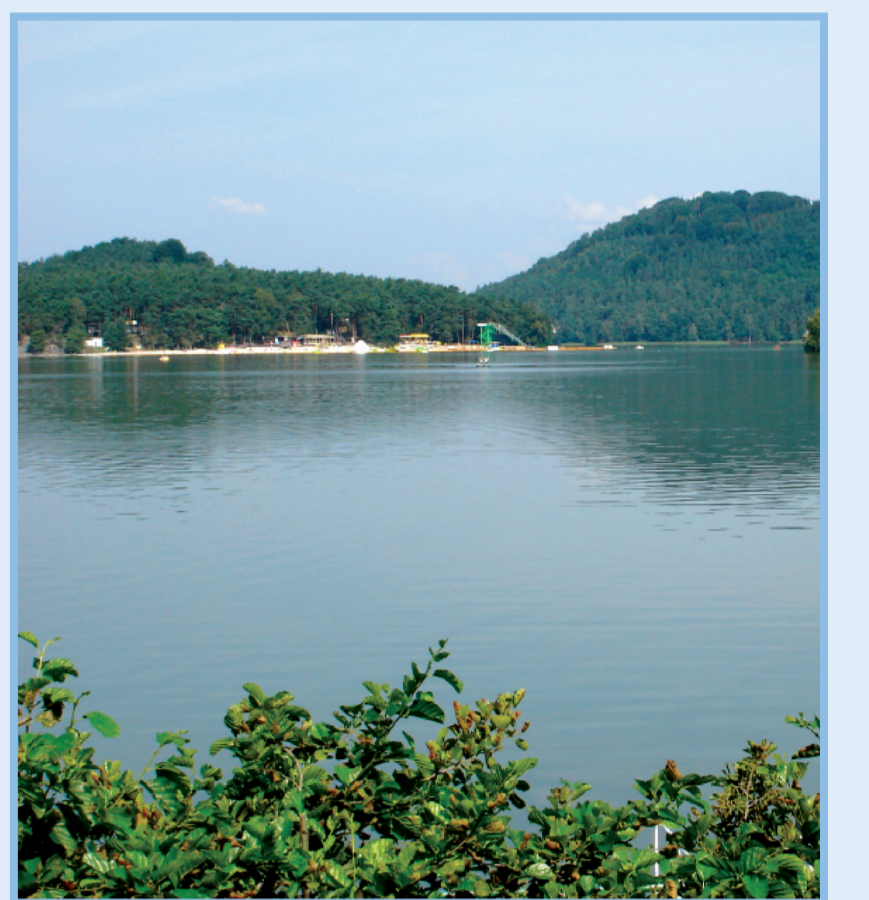
- snížení účinnosti při vysokém externím přísunu fosforu
- víření sedimentu při slabé vrstvě hydroxidu bentofagovými rybami
- riziko při nízkém pH a alkalitě vody

Docílené efekty:

- snížení koncentrace fosforu
- zabránění rozvoje řas a sinic
- výrazné zlepšení průhlednosti vody
- rozvoj makrofyty a hodnotnějších druhů ryb
- jezero v ekologické rovnováze, rekreace, rybaření

Reference:

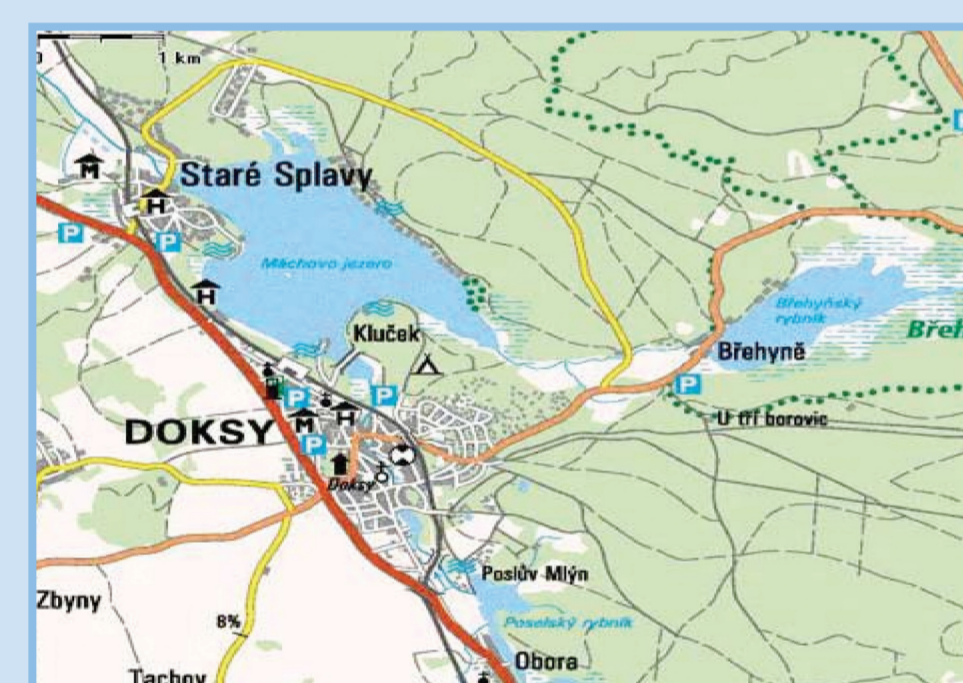
- Švédsko – jezero Turingen, Lejondal
- Finsko – jezero Kirkkojärvi
- Polsko – jezero Dlugie, Glebocezek
- USA – jezero Morey, Green Lake
- Německo – jezero Barleber
- a desítky dalších



Praktická aplikace Máchovo jezero

Popis lokality:

- rozloha 284 ha
- průměrná hloubka 2 m,
- objem vody v jezeře cca 5 mil m³
- ošetřovaná plocha 2 mil m² (zbytek chráněná Břežňanská zátoka)



Hlavní problém:

- masivní rozvoj sinic v letním období
- toxicita rozkladných produktů sinic
- omezení druhové diverzity nádrže
- zákaz koupání během letních měsíců

Hlavní příčiny:

- nedostatečné zamezení externího přísunu fosforu (nedostatečné odkanalizování okolních obcí)
- interní přísun fosforu ze sedimentu
- optimální podmínky pro rozvoj sinic

Postup řešení:

- zhodnocení stávající situace a možností rychlého řešení, výběr vhodné rekultivační metody – metody chemického srážení fosforu
- provedení potřebných laboratorních analýz vody a sedimentů
- vylovení kaprovitých druhů ryb, plánované osazení dravými rybami
- zajištění příslušných povolení a finančních prostředků
- vlastní aplikace
- průběžné sledování změn v kvalitě vody a sedimentu během a po aplikaci

Koagulant:

- polyaluminiumchlorid PAX 18 (9% Al, hustota 1,36 g/cm³, produkt používaný pro vodárenské účely při úpravě pitné vody)
- dávka - 5 mg Al/l, tzn. celkový objem 250 t PAX 18 (dávka určena na základě laboratorních zkoušek a zkušeností s ohledem na ekonomické možnosti)
- stáčení koagulantu z automobilové cisterny do 18 kontejnerů o objemu 1000 litrů, které byly umístěny na speciálně upravené lodi Máj – 12 ks na horní palubě, 6 ks na dolní palubě



Vlastní aplikace:

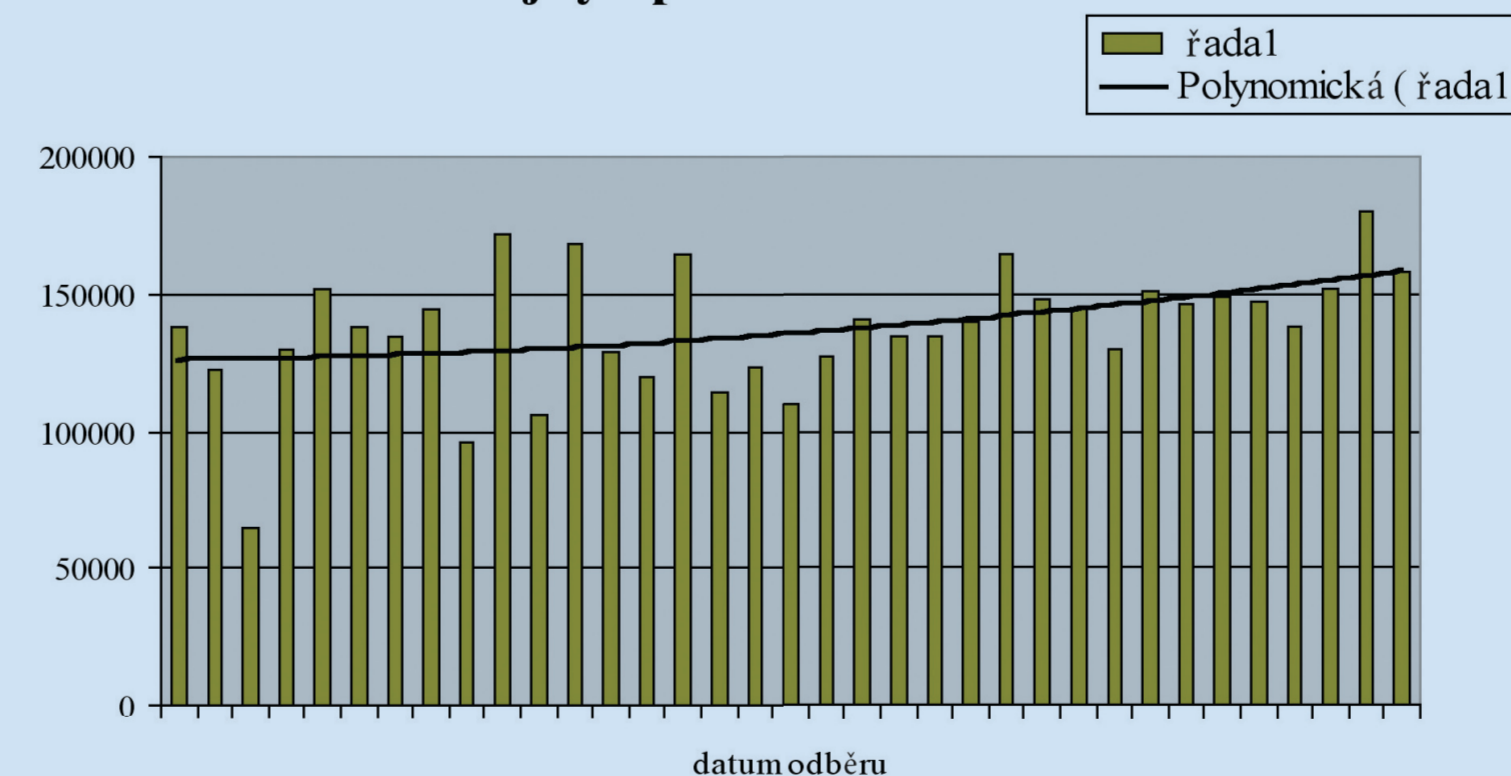
- aplikace PAX 18 dávkovacím čerpadlem přes průtokoměr a dávkovací trysky z upravené motorové lodi Máj pod hladinu 20-40 cm
- přesné rozložení dávky řízeno satelitním navigačním systémem GPS
- loď se pohybovala konstantní rychlostí 3 km/hod, na základě údajů hloubkoměru byla upravována dávka koagulantu na 2-5 m³/hod.



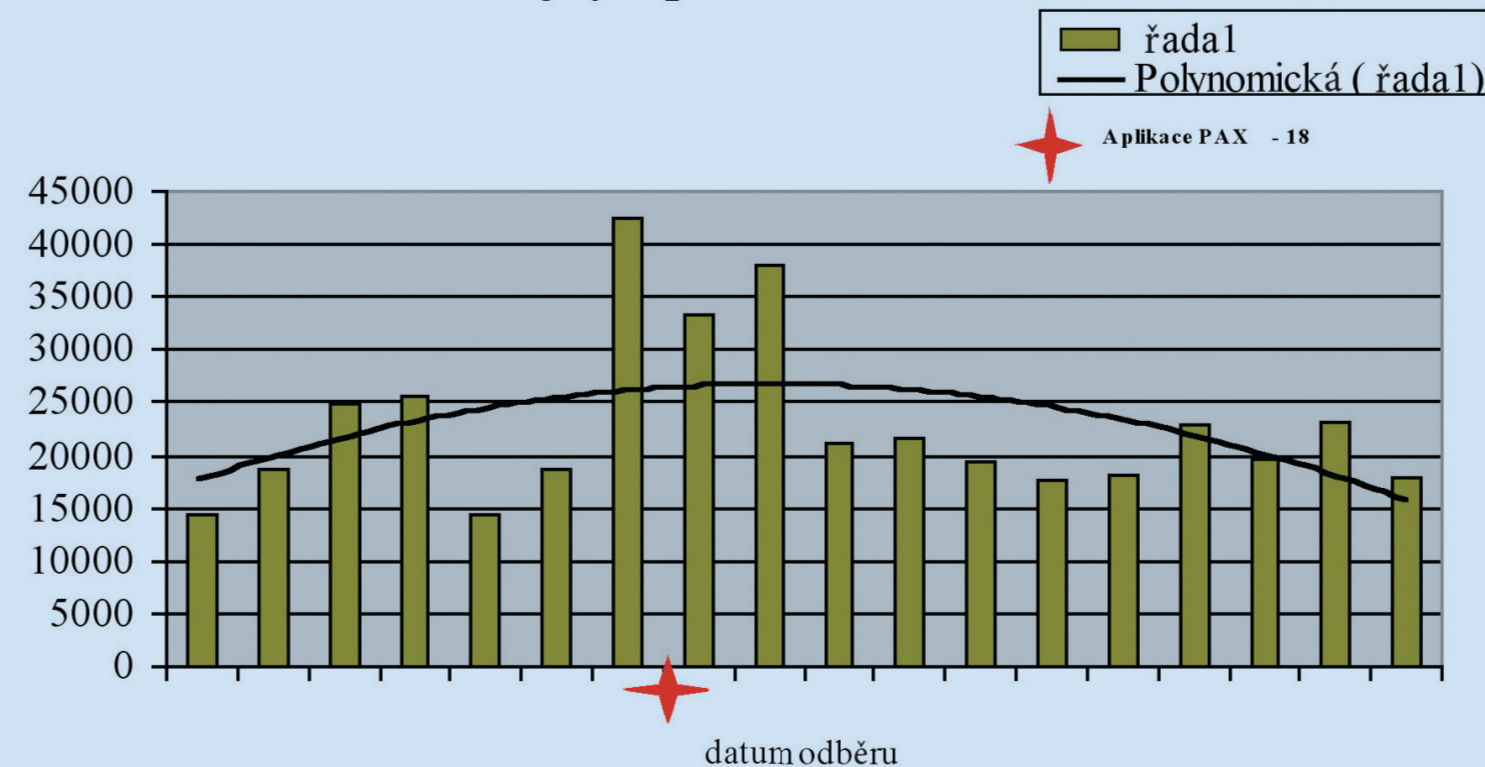
Dosažené výsledky:

- zvýšení průhlednosti z 0,3 na 0,7 m
- snížení rozvoje fytoplanktonu za 10 dní po aplikaci o cca 50 % (v roce 2004 trvale zvyšování rozvoje fytoplanktonu po celou sezónu)
- zachování provozu po celou letní sezónu bez nutnosti zákazu koupání

Rozvoj fytoplanktonu r. 2004



Rozvoj fytoplanktonu r. 2005



Ukazatelé kvality vody před a po aplikaci

	před aplikací	2 týdny po aplikaci	6 týdnů po aplikaci
pH	8,3	8,1	8,2
KNK 4,5	1,9	1,8	1,8
Pcelk	0,05	0,03	0,05
P-PO4	0,03	< 0,02	< 0,02
Chlorofyl-a	35	13	15
Secchi depth	0,3	0,8	0,6
Sinice počet jedinců/ml	90 000	30 000	20 000
BSK ₅	3,6	2	3
CHSK ₆	38	27	30
NL	36	18	15
Al	0,05	0,5	0,5
Cl-	9	18	17
Pc v sedimentu průměr		330 mg/kg sušiny	

