

**Čištění odpadních vod.
Projevy eutrofizace s následnou
eliminací vodního květu**

Vodní zákon č. 254/2001 Sb.

- „Kdo vypouští odpadní nebo zvláštní vody do vod povrchových nebo podzemních, je **povinen zajišťovat jejich zneškodňování** v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Ten, kdo vypouští odpadní vody, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu **měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu**, který rozhodnutí vydal, a příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu.

Kvalita odpadních vod

- Ukazatelé pro posuzování kvality odpadních vod:
BSK₅, CHSK, Nc, Pc, pH, t (ovlivňuje rychlost biochemických reakcí)

BSK₅ [mg.l⁻¹, kg.den⁻¹] – vyjadřuje obsah biologicky rozložitelných organických látek v OV. Je rovna množství rozpuštěného O₂ spotřebovaného mikroorganismy za určitý časový interval (5x24 hod)

CHSK (oxidovatelnost) [mg.l⁻¹, kg.den⁻¹] je mírou obsahu látek schopných chemické oxidace. Titrace: množství O₂ je ekvivalentní spotřebě činidla.

Poměr **CHSK/ BSK₅** vyjadřuje stupeň biologické rozložitelnosti org. látek.
Hodnoty < 2 = přítomnost snadno rozložitelných látek.

- Základním měřítkem znečištění = ekvivalentní obyvatel (EO)

Tab. Hodnoty znečištění na 1EO

BSK₅	CHSK	NL	Nc	Pc
$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{g.os}^{-1}.\text{d}^{-1}$
60	120	55	11	2,5

Dělení odpadních vod

- Splaškové (městské) odpadní vody
 - Průmyslové odpadní vody
 - Srážkové vody
 - Balastní vody
-
- **Splaškové (městské) odpadní vody:** z domácností, škol restaurací, výrazný podíl lidských exkrementů, produkce=spotřeba pitné vody, Ø konc. nerozpušt. l. = 350 ml.l^{-1} , ØBSK₅ = 400 mg.l^{-1} , org. l. cukry, tuky, NH₃, polyfosfáty...
 - **Průmyslové odpadní vody:** složení a množství závisí na na druhu výroby a použité výrobní technologii, důležitý poměr CHSK/BSK₅ (↑poměr= biolog. nerozložitelné látky), toxické látky, hořlavé a nebezpečné látky
 - **Srážkové vody:** srážky-smyv pevných částic z okolí, konc. org. látek se může blížit vodám splaškovým, tání sněhu-velké množství solí (Na, K)
 - **Balastní vody:** převážně málo znečištěné (ředí odp. vody), je-li balastní voda podzemní→ochlazování odp. vody, negativní zvláště v zimních měsících

Malé čistírny OV

- a) **Domovní:** do **50 EO** (kapacita do 0-10 m³.den⁻¹)
hlavně u nových domů, jsou preferované
- b) **Malé:** pro **50-500 EO** (10-100 m³.den⁻¹)
- c) **Střední:** pro **500-1000 EO** (10-100 m³.den⁻¹)

3 stupně čištění OV

1. Primární (mechanické)
2. Sekundární (biologické)
3. Terciální (dočištění)

1. Primární stupeň čištění OV (mechanické čištění)

Hrubé přečištění. Cílem je odstranit velké plovoucí nebo vodou sunuté předměty (PET láhve, větve, hadry....)

Česle – nutné, zachycují velké předměty

- tvořeny řadou česlic
- dle vzdálenosti česlic od sebe: hrubé (> 60 mm)
jemné (< 60 mm)
- shrabky z česlí se buď spalují, kompostují nebo skládkují
- v některých případech se mohou místo jemných česlí používat síta (bubnová)

ČOV – proces čištění OV

Lapáky písku – k zachycování suspendovaných látek (písek, úlomky skla), kompostování, skládkování

- princip: snížení průtočné rychlosti vody (částice 0,2-0,25 mm)

Lapáky oleje – ČOV u masokombinátů

Usazovací nádrž - sedimentace malých částic, * primární kal

- dimenzují se na nepřetržitý provoz (většinou druhá zálohová UN)

2. **Sekundární stupeň čištění OV (biologické čištění)**

Základem biochemické oxidačně redukční reakce

- biologické procesy: aerobní
 anaerobní
- org. látky (=substrát pro mikroorganismy) odstraňovány pomocí směsné kultury mikroorganismů za přítomnosti O₂

ČOV – proces čištění OV

- Biologické aerobní čištění:

aktivace

biologické filtry (biofiltry)

biologické nádrže (stabilizační)

Aktivace – nejpoužívanější biol. čištění OV

- aktivovaný kal (směsná kultura z bakterií, hub, kvasinek....)
- jeho složení závisí na kvalitě substrátu, stáří kalu a době zdržení OV
- aktivovaný kal má schopnost oddělovat se od kapalné fáze prostou sedimentací
- aktivační proces=biol. proces, kdy mikroorg. oxidují a mineralizují org. hmotu (CO_2 , vločky)

ČOV - proces čištění OV

- Technologické parametry aktivačního procesu:
 - doba zdržení
 - stáří kalu
 - objemové zatížení
 - zatížení kalu
 - kalový index
- O₂ do aktivační nádrže:
 - pneumatická aerace (stlačený O₂, bublinky z hadičky)
 - mechanické aeratory

Biofiltry: kultivace biomasy (nárost=biofilm)

Biofilmové reaktory (dle kontaktu nosiče s vodou)

Zkrápěné biologické kolony

ponořené

rotační biofilmové reaktory

reaktory s kultivací biomasy

ČOV - proces čištění OV

Dosazovací nádrž: fce jako UN, sedimentace kalu (část odváděna zpět do AN)

Biologické anaerobní čištění:

Pro stabilizaci kalu: *stabilizovaný kal, kalová voda a bioplyn.

- nakládání se stabilizovaným kalem:

- skládkování, zajištění proti úniku do podzemních vod, často se mísí s ostatním odpadem
- spalování, předsušit, často míchán s ostatním odpadem
- kompostování, přeměna na humózní hmotu
- přímé využití, použití jako hnojiva, zemní práce (vylehčování půd)

ČOV - proces čištění OV

- Po roce 1989 brán ohled na životní prostředí → do čistícího procesu zařazen **terciální stupeň čištění** (dočištění) → odstranění biogenních prvků (N,P) z vod

3. Terciální stupeň čištění OV (dočištění)

a) odstranění fosforu: biologicky nebo chemicky (častěji), vysráží se solí (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}), pak se ukládá do sedimentu (v ČOV do kalu, který je následně odstraněn)

biologicky: mikroorganismy akumulují P do svých těl (Actinobacter)

b) odstranění dusíku: nitrifikace (oxidace)



(bakt. *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*,...)

ČOV - proces čištění OV

- nitrifikace:



- rychlost reakcí závislá na teplotě (v zimním období dát do čistícího procesu více nitrifikačních bakterií a zajistit delší zdržení kalu v nádržích)
- ideální pH 7,0 - 8,5 (nižší pH zpomalí reakce)

- denitrifikace: (opak nitrifikace)

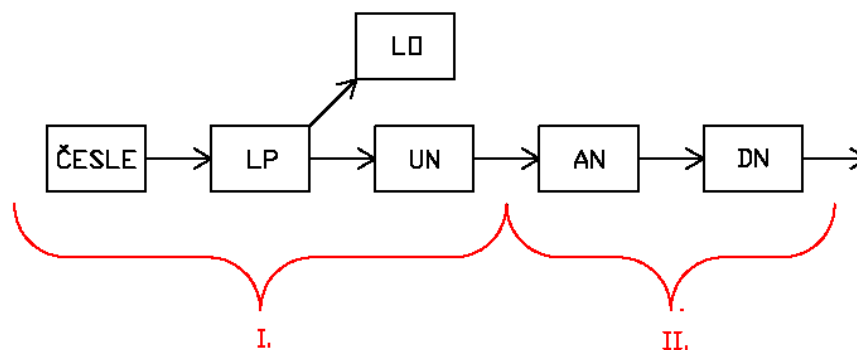


- anaerobní proces (redukce), s ↑ t rychlejší reakce
- pH 6,0 – 9,0
- zdroje C pro denitrifikaci: organické látky z odpadních vod, přísady snadno rozložitelných org. látek (škrob, metanol...)

Způsoby čištění

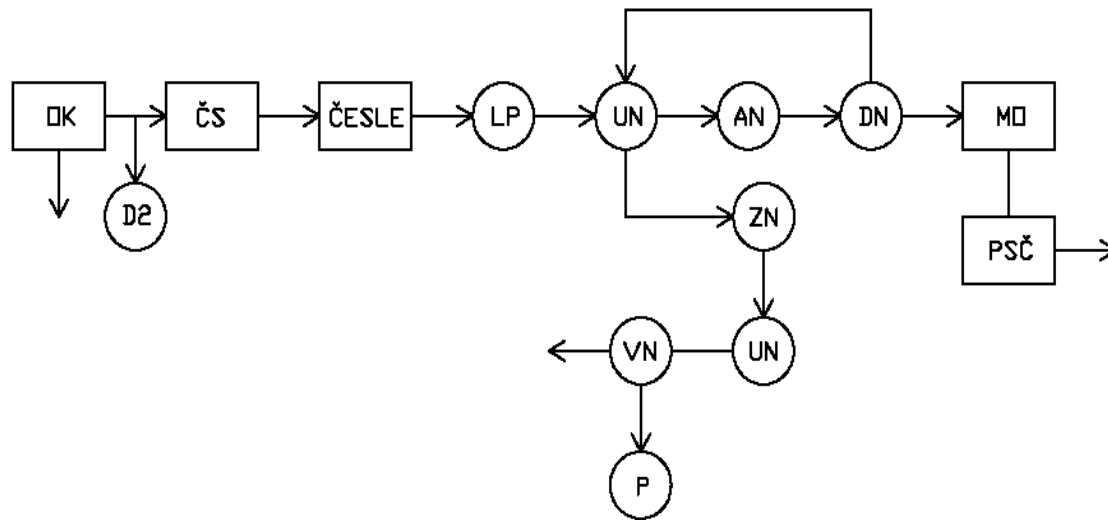
Mechanické čištění

Biologické čištění



Č – česle, LP – lapák písku, LO – lapák oleje, UN – usazovací nádrž, AN – aktivační nádrž, DN – dosazovací nádrž

Technologické schéma městské ČOV



OK – odlehčovací komora, ČS – čerpací stanice, DZ – dešťová zdrž, LP – lapák písku,
UN – usazovací nádrž, AN – aktivační nádrž, DN – dosazovací nádrž, MO – měrný objekt, ZN –
zahušťovací nádrž, UN* - uskladňovací nádrž, VN – vyhnívací nádrž, P – plynojem, PČS –
povodňová čerpací stanice

Čištění odpadní vody z domácnosti a její opětovné použití

The Netherlands

307

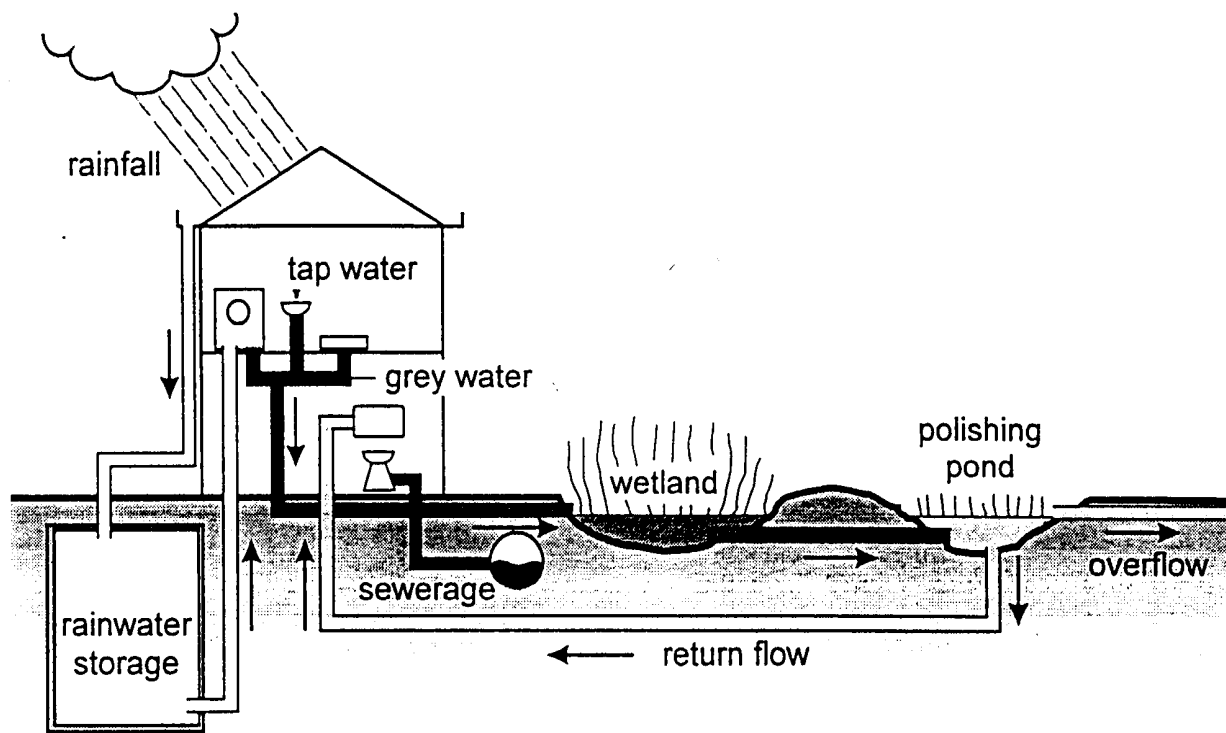


Figure 12. Concept of domestic grey water treatment and reuse for toilet flushing as advocated in a new residential area in Arnhem, the Netherlands

Použití VKČ k čištění odpadní vody v kravíně

The Netherlands

305

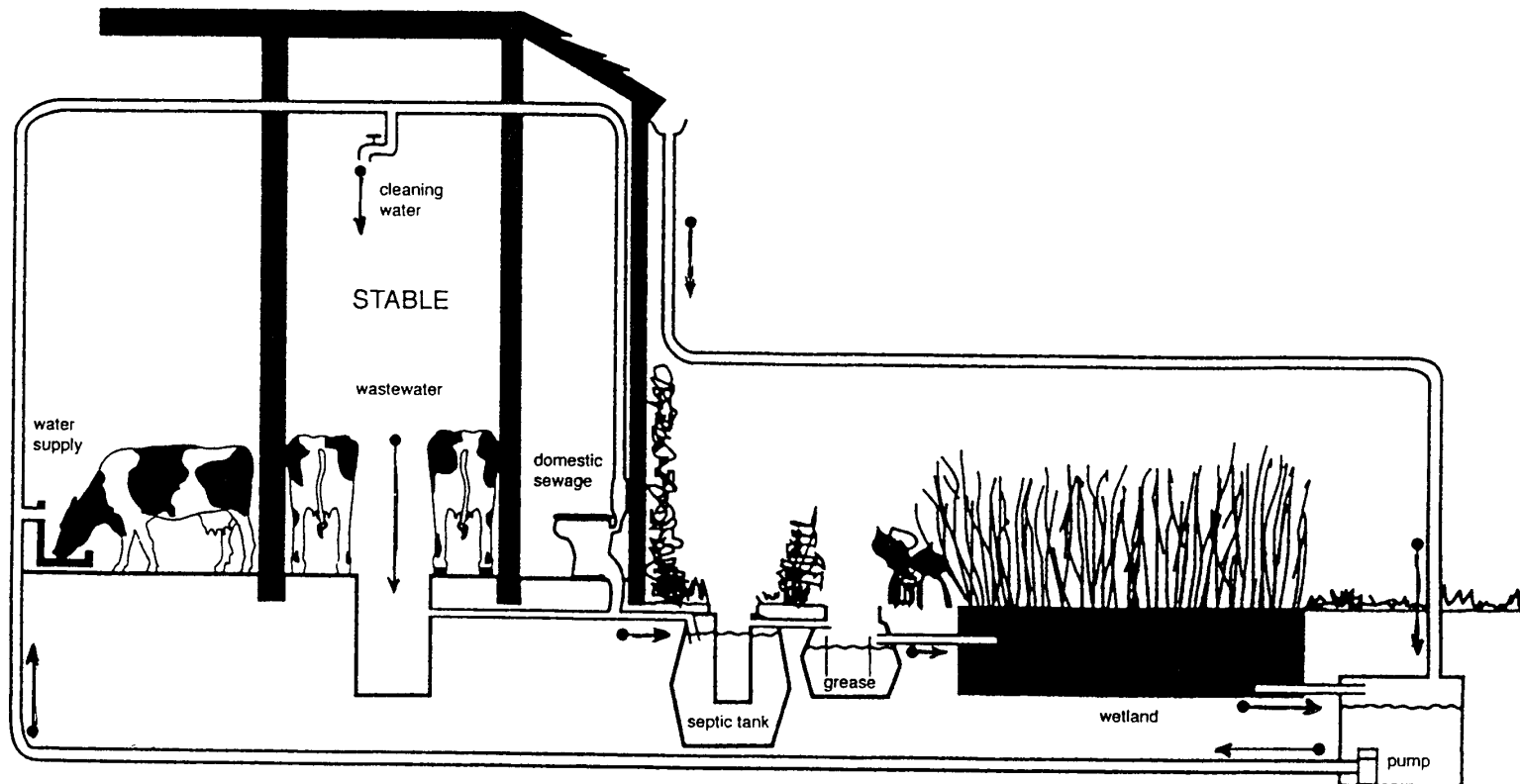
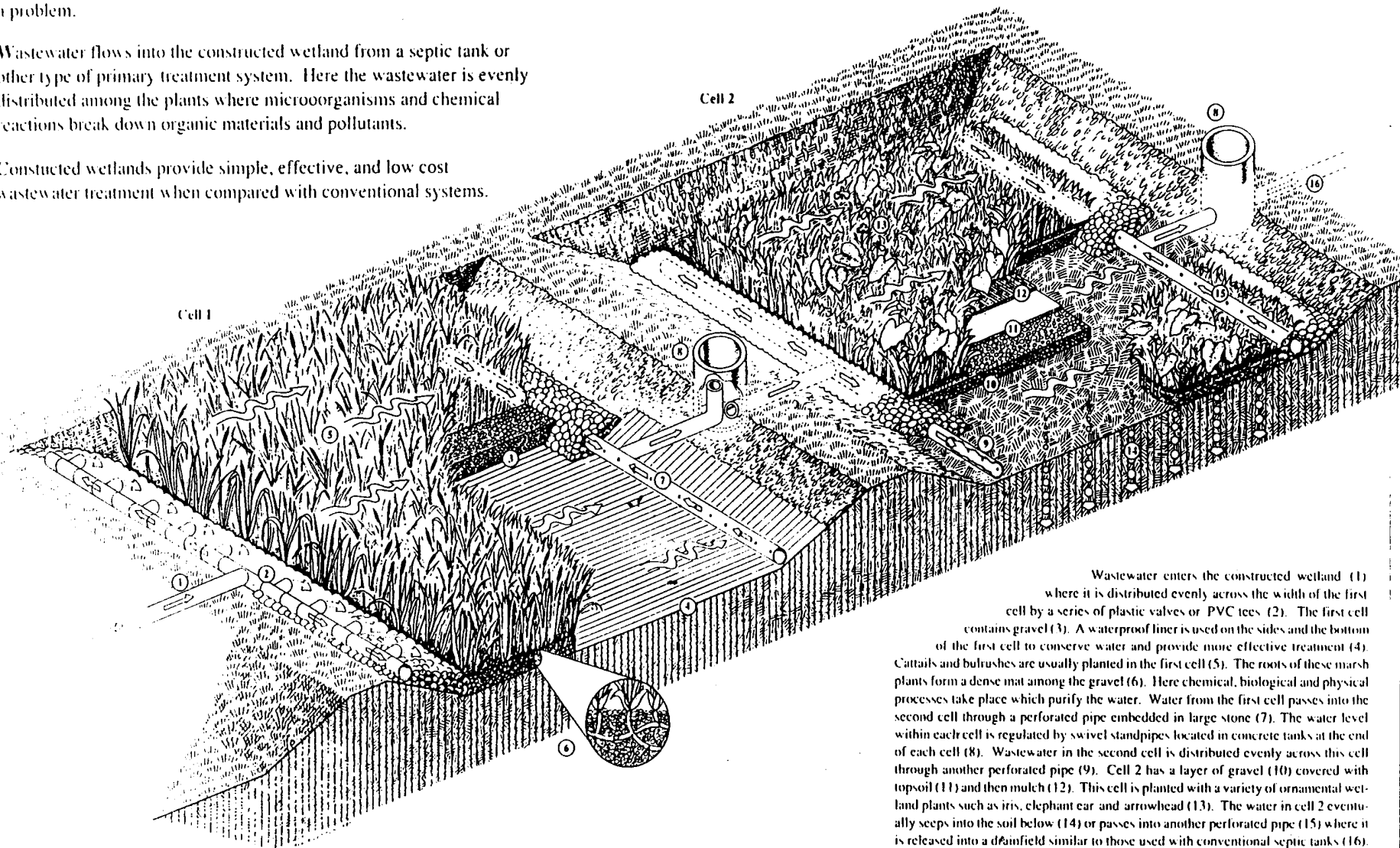


Figure 10. Cross section of a vertical flow constructed wetland as applied at dairy farms to treat wastewater and rinsing water and provide scope for effluent reuse (Kamp 1996)

Constructed wetlands like this one are being built throughout the nation to handle wastewater from mostly small rural communities and homes where traditional treatment systems are a problem.

Wastewater flows into the constructed wetland from a septic tank or other type of primary treatment system. Here the wastewater is evenly distributed among the plants where microorganisms and chemical reactions break down organic materials and pollutants.

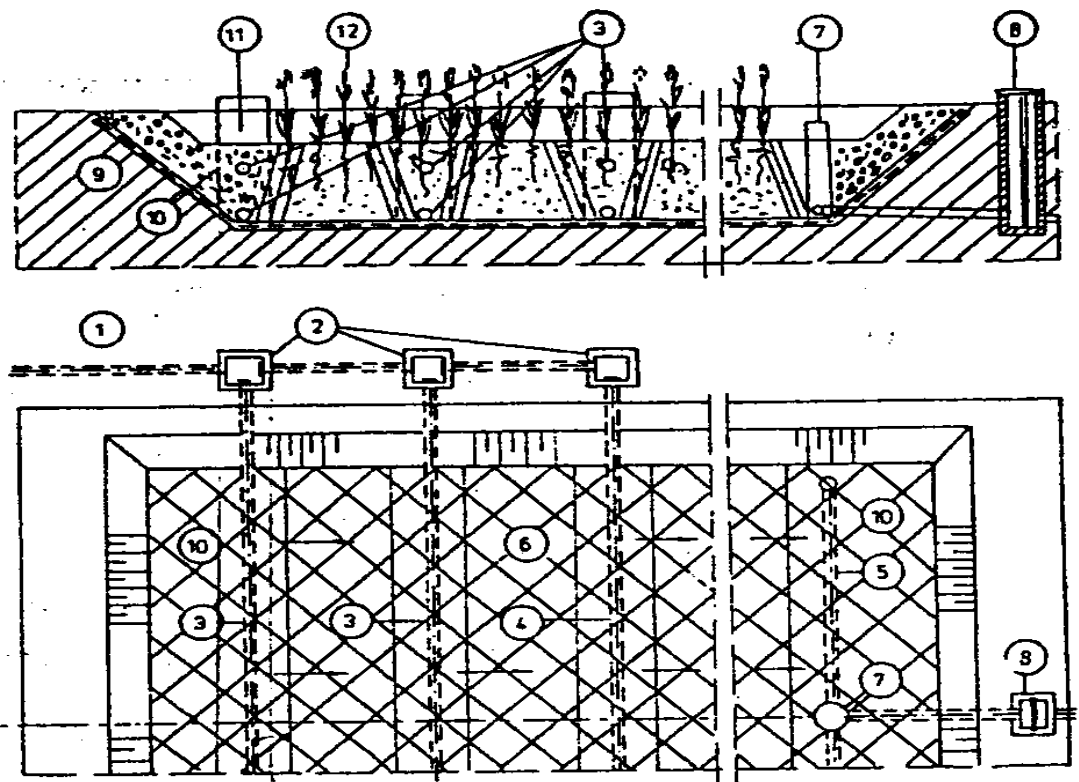
Constructed wetlands provide simple, effective, and low cost wastewater treatment when compared with conventional systems.



Wastewater enters the constructed wetland (1) where it is distributed evenly across the width of the first cell by a series of plastic valves or PVC tees (2). The first cell contains gravel (3). A waterproof liner is used on the sides and the bottom of the first cell to conserve water and provide more effective treatment (4). Cattails and bulrushes are usually planted in the first cell (5). The roots of these marsh plants form a dense mat among the gravel (6). Here chemical, biological and physical processes take place which purify the water. Water from the first cell passes into the second cell through a perforated pipe embedded in large stone (7). The water level within each cell is regulated by swivel standpipes located in concrete tanks at the end of each cell (8). Wastewater in the second cell is distributed evenly across this cell through another perforated pipe (9). Cell 2 has a layer of gravel (10) covered with topsoil (11) and then mulch (12). This cell is planted with a variety of ornamental wetland plants such as iris, elephant ear and arrowhead (13). The water in cell 2 eventually seeps into the soil below (14) or passes into another perforated pipe (15) where it is released into a drainfield similar to those used with conventional septic tanks (16).

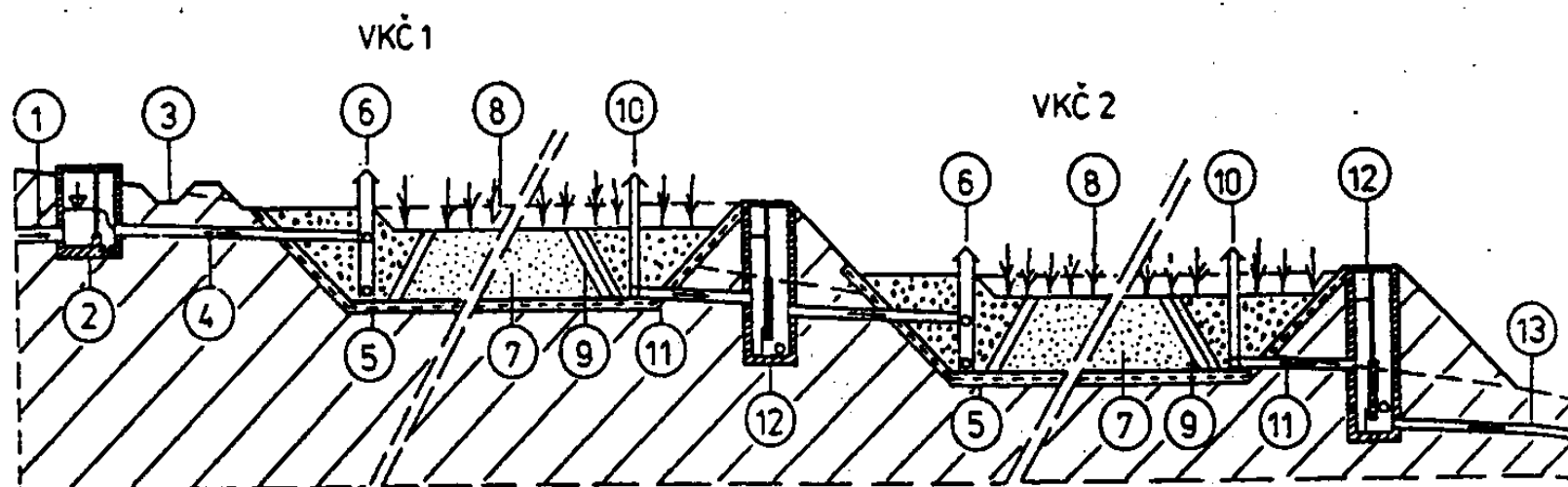
Figure 1. Cutaway perspective of a constructed wetlands system.

VKČ s horizontálním prouděním



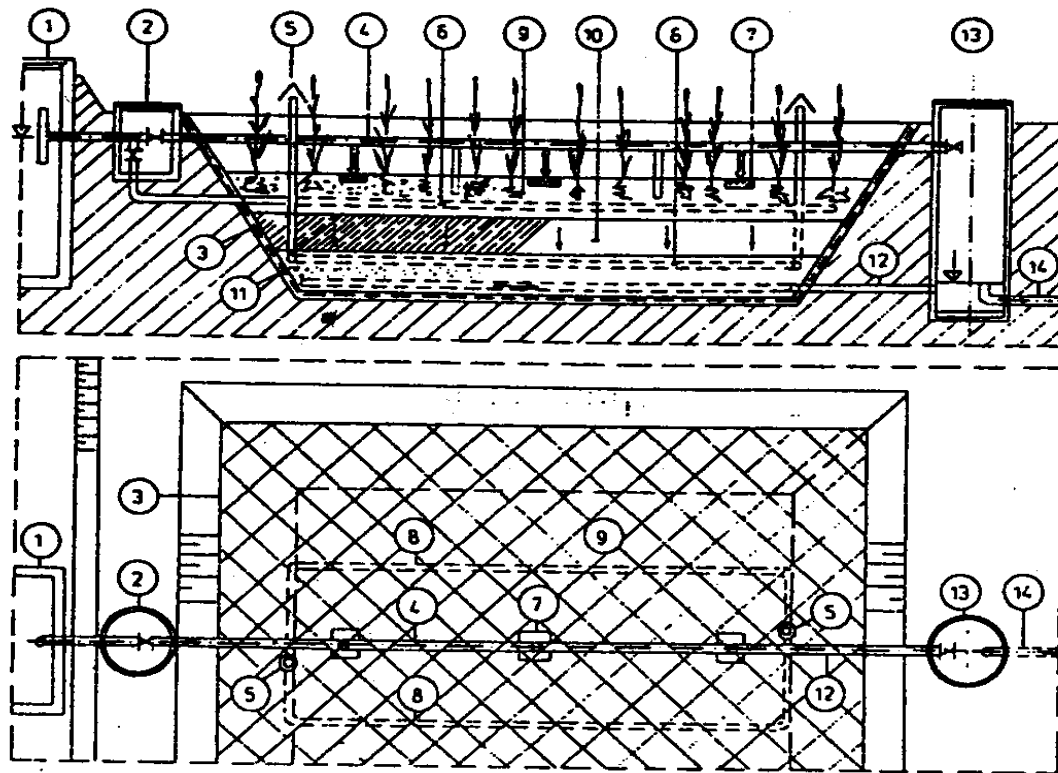
Obr. 7.10. Řešení VKČ s horizontálním prouděním a postupným rozdělováním odpadní vody 1-přívod OV, 2-rozdělovací šachtiice, 3-rozdělovací potrubí, 4-filtr, 5-sběrné potrubí, 6-porézní filtrační prostředí, 7-revizní šachtiice, 8-regulační šachtiice, 9-těsnění, 10-rozdělovací štěrkový pás, 11-jímka s filtračním materiálem, 12-mokřadní rostliny

Dvoustupňová VKČ s horizontálním prouděním



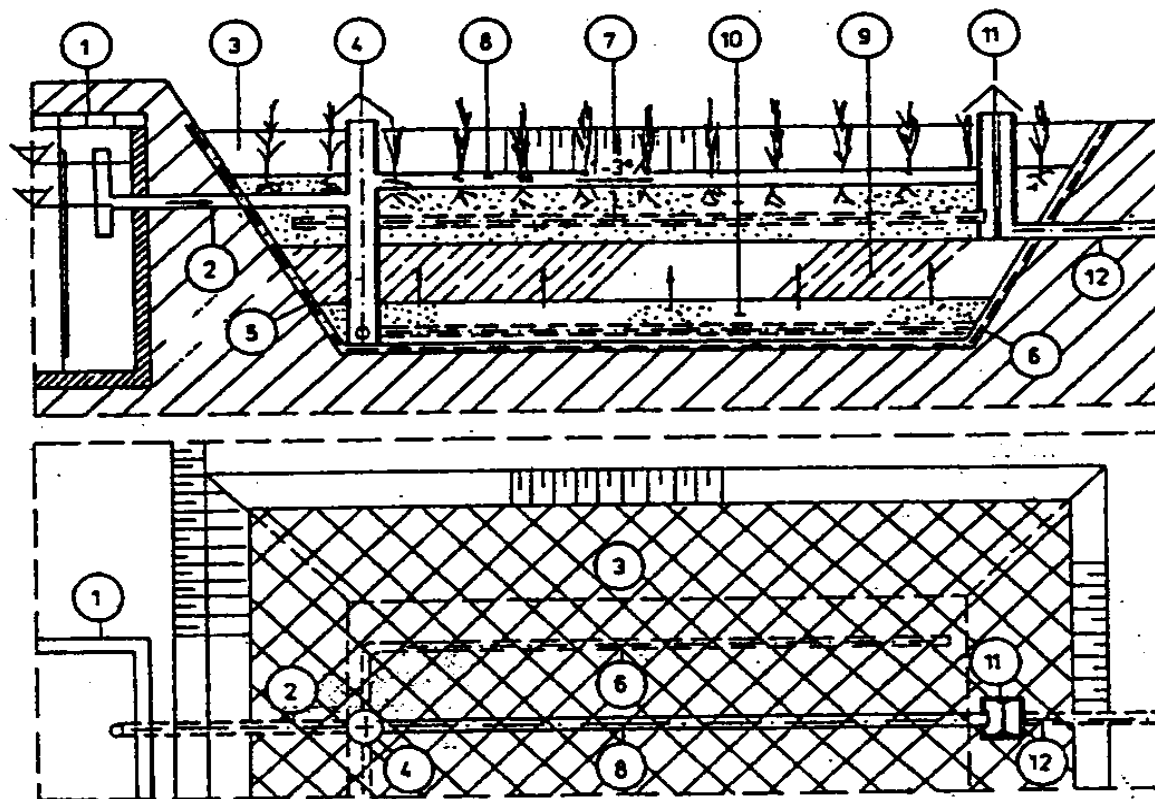
Obr. 7.11. Uspořádání dvoustupňové VKČ s horizontálním prouděním
1-přívod odpad.vody, 2,12-regulační a rozdělovací šachtice,
3-záchytný příkop, 4-přívod vody,5-jímka, 6,10-provzdušovací a
revizní šachtice, 7-porézní filtr.prostředí, 8-makrofyta,
9-filtry, 11-odpadní potrubí,13-odpad

VKČ s vertikálním prouděním (směrem dolů)



Obr. 7.12. Schéma VKČ s vertikálním prouděním odpadní vody směrem dolů
 1-přívod odpadní vody, 2-armaturní šachty, 3-těsnění, 4-nadzemní rozdělovací potrubí, 5-větrací šachty, 6-podzemní rozdělovací potrubí, 7-makrofyta, 8-průvzdušovací drén, 9,11-filtr, 10-filtrační prostředí, 12-odvod odpadní vody, 13-regulační šachty, 14-odpad

VKČ s vertikálním prouděním (směrem vzhůru)

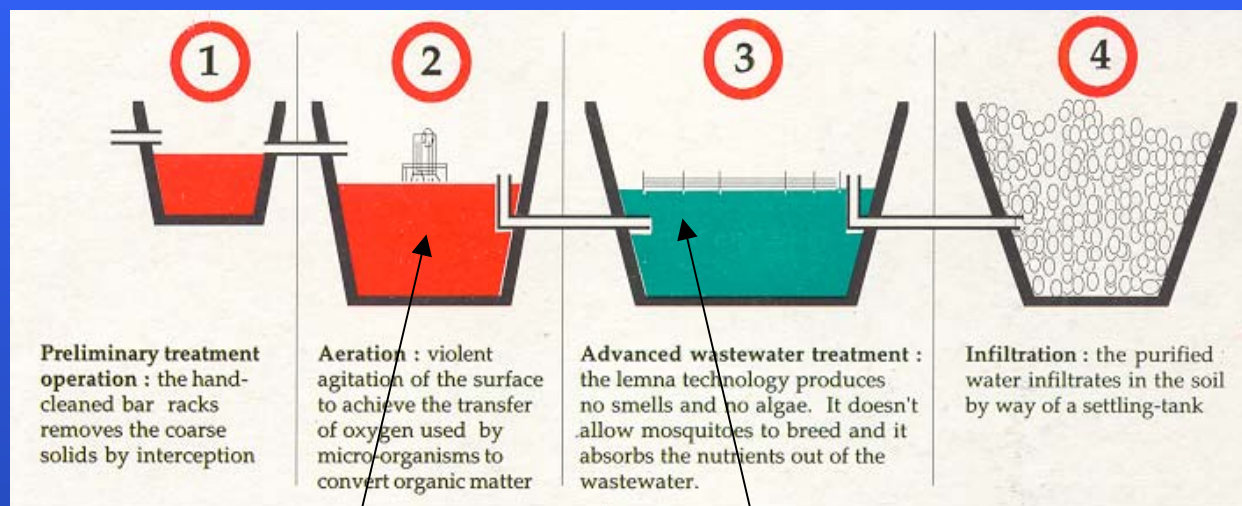


Obr. 7.13. Schéma jedné sekce VKČ s vertikálním prouděním směrem vzhůru
 1-přívod odpadní vody, 2-rozdělovací šachtice, 3-jímka, 4-rozdělovací potrubí, 5-rostliny, 6-filtrační prostředí, 7-přechodový filtr, 8-perforované mezidno, 9-usazovací prostor, 10-sběrný žlábek, 11-regulační šachtice, 12-odpad

Přírodní rezervace Walenbos, Belgie.



Kombinace provzdušňené nádrže a nádrže se vzplývavými vodními rostlinami



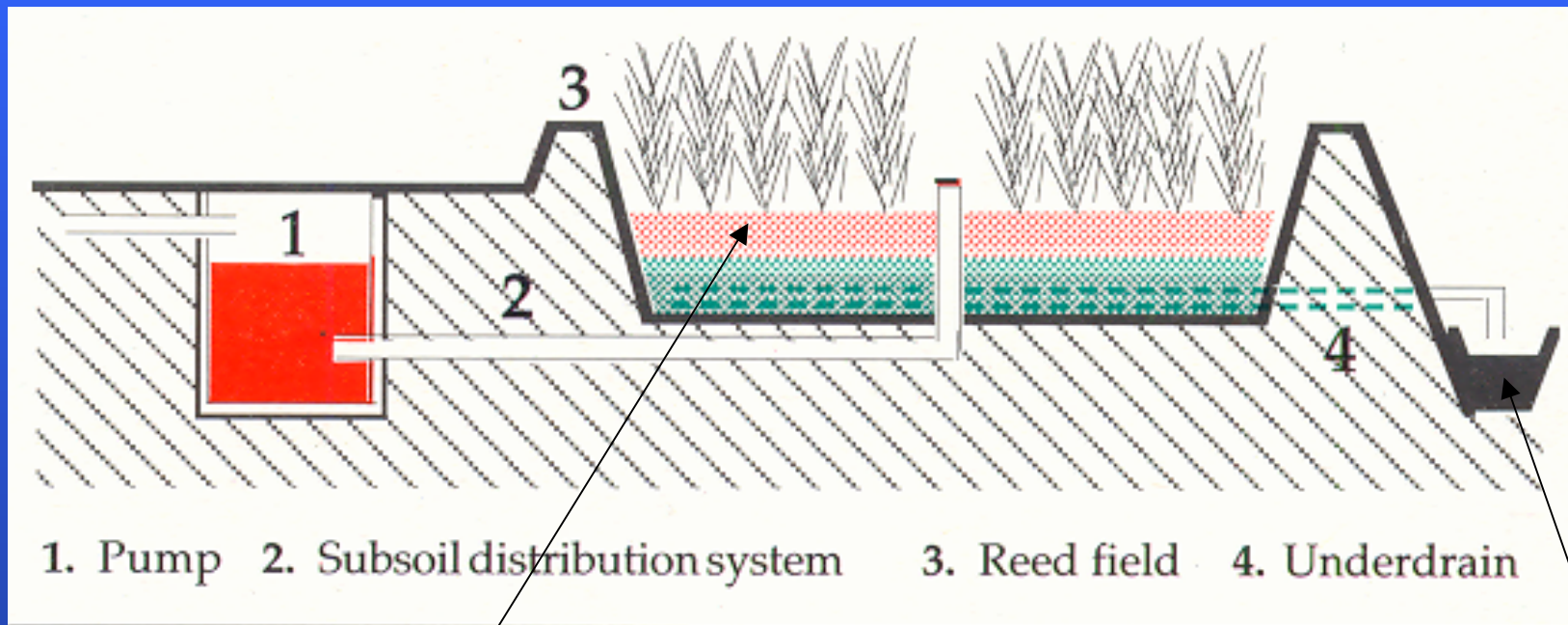
Provzdušňená nádrž



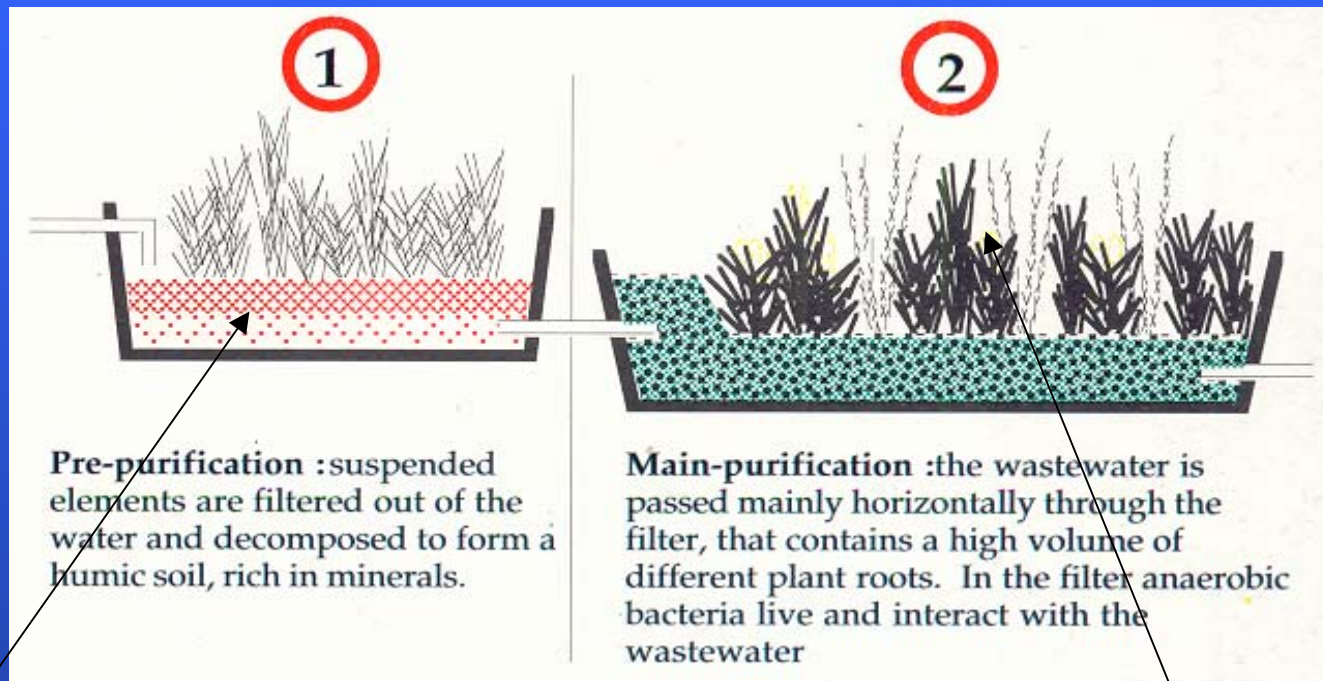
Vodní rostliny plovoucí na hladině



VKČ s vertikálním průtokem



Povrchový a podpovrchový průtočný systém čištění OV



Eutrofizace

= **nadměrné obohacení vody živinami (zejm. N, P)**

eutrofizace - přirozená

- antropická (hnojiva, detergenty)

- Eutrofizace vod: závisí na přísunu a poměru biogenních prvků + dalších faktorech (t, h, v výměny vody)
- poměr **C:N:P** : 106:16:1 v rostlinách
400-800:20-60:1 ve vodě

P limitní prvek,

N limitní výjimečně, protože většina řas a sinic schopna poutat N_2 z atmosféry,

C z prostředí (CO_2 , HCO_3^+)

→ **projevem eutrofizace je ↑ růst řas a sinic**

Snížení obsahu živin

a) Zásahy ve vodním sloupci

- srážení fosforu: $Al_2(SO_4)_3$ (vločky klesají ke dnu)



materiály jílového charakteru (zeolit, kaolin, bentonit)

- hypolimnické odpouštění: během letní stratifikace

b) Ošetření a těžba sedimentů

- překrývání sedimentů: obtížné vytvořit pod hladinou souvislou vrstvu
mechanická bariéra (čistý sediment: písek, štěrk)

aktivní bariéra (demobilizuje kontaminanty nebo živiny: zeolit, $CaCO_3$)

- odstranění sedimentů: se sedimentem odstraněna i část inokula

- oxidace sedimentů: při anaerobních podmínkách uvolňování živin
(aerace metodou RIPLOX- $FeCl_3$, $Ca(NO_3)_2$)

- provzdušnění hypolimnia: během období stratifikace
(anaerob. podmínky nad sedimenty)

Omezení rozvoje sinic

a) Cyanocidní a cyanostatické látky (algicidní)

- chemické látky s algicidními a cyanocidními účinky

CuSO_4 : Cu^{2+} nahradí v molekule chlorofylu Mg^{2+} -ztráta fotosyntetické fce.

- přírodní látky s algicidními a cyanocidními účinky

ječná sláma: fenolové látky z tlející slámy, antibiotické látky produkované bakteriemi

opadané listí: (*Aesculus hippocastanum*, *Acer campestre*, *Quercus robur*)

alelopatické látky produkované jinými rostlinami inhibují růst ostatních druhů (stolístek)

b) Omezení pomocí virů, bakterií, řas, prvoků

(viry = cyanofágové, prvoci = predátoři)

c) Regulace potravních vztahů v nádržích

Biomanipulace vztahů ryby-zooplankton-cyanobakterie (manipulace s potravním řetězcem: nízký potravní tlak ryb na zooplankton, který reguluje fytoplankton. Nutná je kontrola rybí populace)

Býložravé ryby: **Amur bílý** (*Ctenopharyngodon idella*)-vyšší rostliny-extra živiny do vodního prostředí,

Tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*)+**Tolstolobec pestrý** (*Aristichthys nobilis*)-sinice+řasy, tráví z 20%

Tilapie nilská (*Oreochromis niloticus*), všežravec, tráví sinice, ale teplomilná ryba

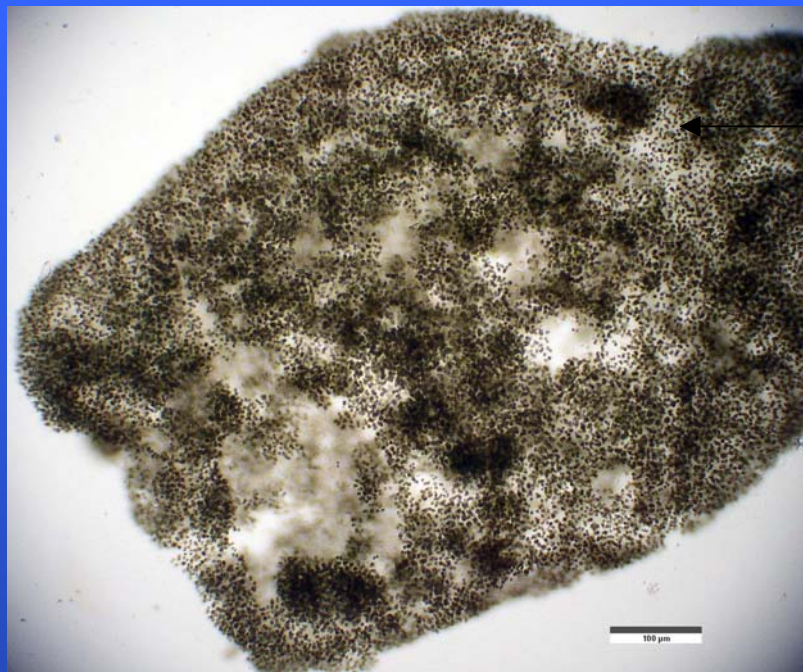
(sinice schopnost poutat vzdušný N₂, mají plynové měchýřky)

d) Další možnosti omezení rozvoje vodních květů sinic

- použití ultrazvuku (ultrasonikace)-zničení plynových měchýřků

- umělá destratifikace a míchání: podpora růstu netoxických zelených řas, živiny z hypolimnionu do vodního sloupce, ze sedimentu se neuvolňují

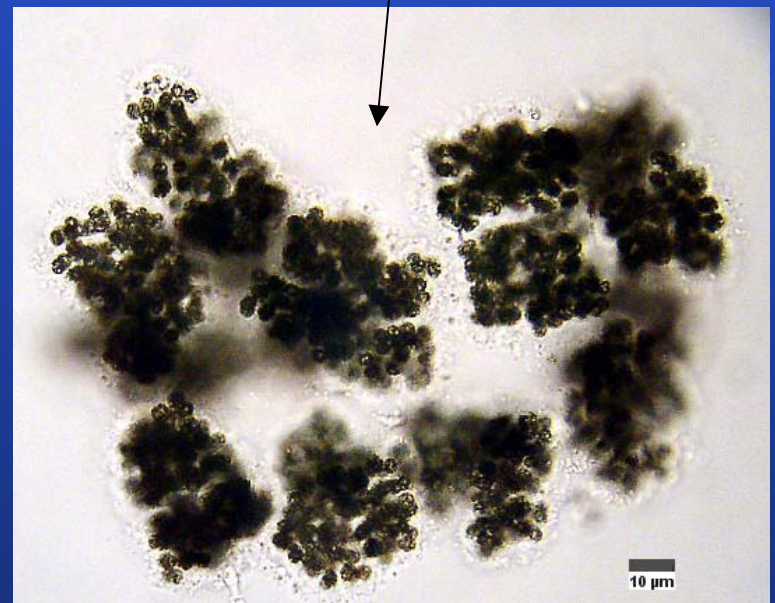
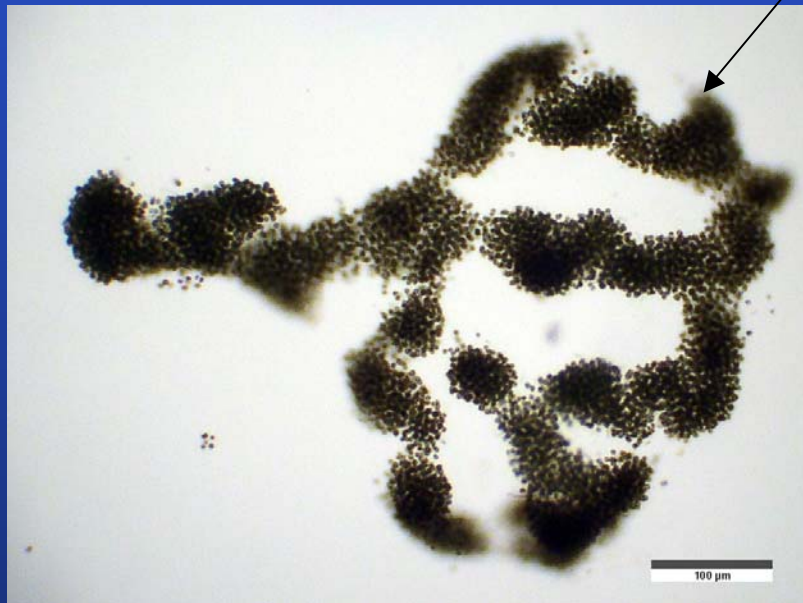
- proplachování a zředění: zdroj s nízkým obsahem živin → odplavení vody i se sinicemi
- odpuštění epilimnické vody: vyplavení vrstvy s fytoplanktonem, ↓t)
- odstranění biomasy: mechanicky nebo pomocí koagulace a flokulace
- zastínění hladiny (min. 60% - u malých vodních ploch)
- použití neškodných barviv (změna spektra → ↓rozvoje řas a sinic)
- použití vodních makrofyt: při růstu využívají N, P



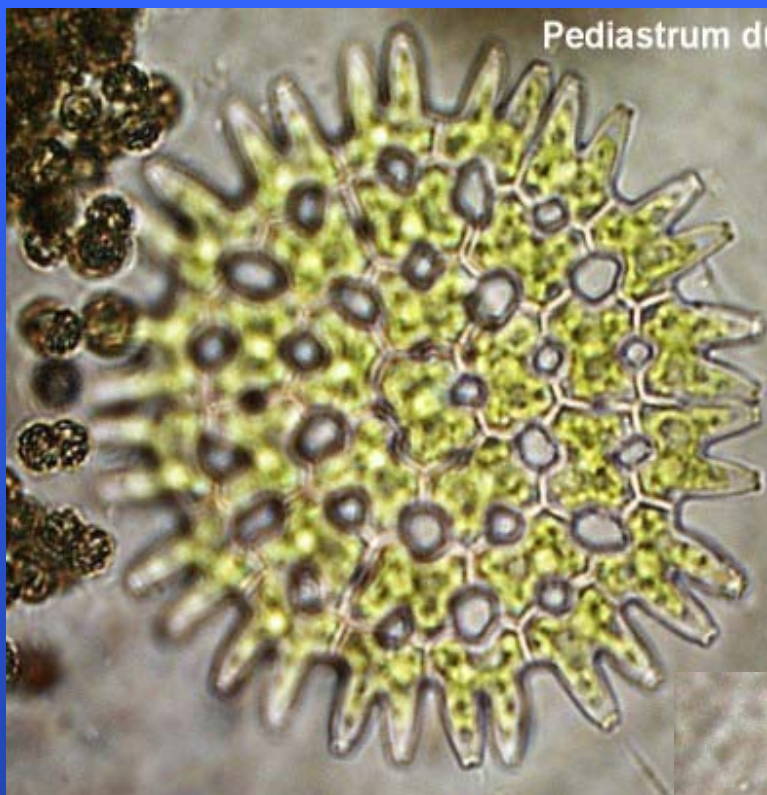
Microcystis ichthyoblabe

Microcystis aeruginosa

Microcystis viridis



Pediastrum duplex Br.přehr.



Coelastrum astroideum, Brněnská př.



Scenedesmus acuminatus, Brněnská př.



Brněnská přehrada – červenec 2003

