

CHEMICKO-FYZIKÁLNÍ ÚPRAVA BAZÉNOVÉ VODY

Martin Hynouš
hynous@ghcinvest.cz
gsm: 603 178 866



CO JE CÍLEM?



VŠESTRANNÁ SPOKOJENOST!

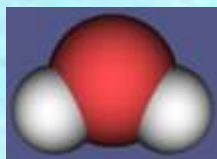
JAK TOHO DOSÁHNOUT...

1. VODA

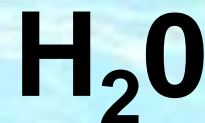
2. LEGISLATIVA

3. TECHNOLOGIE

4. CHEMIE



VODA



- **nejběžnější sloučenina na světě – tvoří přibližně 71% veškerého povrchu Země**
- **je tvořena 2 atomy vodíku a jedním atomem kyslíku**
- **jako jediná zaujímá v přírodě všechna 3 skupenství – kapalně (oceány, moře, řeky...), pevně (led) a plynně (oblačnost, páry)**
- **v přírodě se nikdy nevyskytuje v čisté formě – vždy obsahuje příměsi**

PŘÍMĚSI

(VÝZNAMNÉ PRO ÚPRAVU BAZÉNOVÉ VODY)



„OBOHACENÍ“ VODY O PŘÍMĚSI

ANORGANICKÉ LÁTKY: Do vody se dostávají především rozpouštěním minerálů a plynů; dále látky vnesené lidskou činností – např. fosfáty z pracích prostředků.

ORGANICKÉ LÁTKY: Do vody se dostávají vyluhováním – huminové látky; dále látky vnesené lidskou činností – např. residua léčiv, pesticidy.

ANORGANICKÉ PŘÍMĚSI PŘÍRODNÍHO PŮVODU

- kationty kovů: Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} ,
 Mg^{2+}
- nekovy: CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^-
- rozpuštěné plyny: CO_2 , O_2

ANORGANICKÉ PŘÍMĚSI VNESENÉ LIDSKOU ČINNOSTÍ

- kationty: Al^{3+} ,
- anionty: NO_3^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^-

VLIV ANORGANICKÝCH PŘÍMĚSÍ V BAZÉNOVÉ VODĚ NA JEJÍ KVALITU A ÚPRAVU

kationty:

Cu^{2+} - měď, obarvuje vodu do zelena

**$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+}$, Mn^{2+} - železo a mangan, obarvují
vodu do hněda, způsobují
nevzhledné zákaly**

**Ca^{2+} , Mg^{2+} - vápník a hořčík, tvoří tvrdost vody,
vápník způsobuje mléčné zákaly**

**Al^{3+} - hliník, používá se v různých formách pro
vločkování nečistot, při předávkování
vytvoří těžko zlikvidovatelný mléčný zákal**

VLIV Fe^{2+} / Fe^{3+} , Mn^{2+} NA KVALITU A ÚPRAVU BAZÉNOVÉ VODY



Bazénová voda s vysokým obsahem Fe před spuštěním technologie na jeho odstranění ze zdrojové vody

VLIV Fe^{2+} / Fe^{3+} , Mn^{2+} NA KVALITU A ÚPRAVU BAZÉNOVÉ VODY



Technologie na odstranění Fe a Mn ze zdrojové vody

VLIV Fe^{2+} / Fe^{3+} , Mn^{2+} NA KVALITU A ÚPRAVU BAZÉNOVÉ VODY



Stejný bazén po odstranění Fe ze zdrojové vody

VLIV ANORGANICKÝCH PŘÍMĚSÍ V BAZÉNOVÉ VODĚ NA JEJÍ KVALITU A ÚPRAVU

anionty:

**CO_3^{2-} , HCO_3^- - uhličitany a hydrogenuhličitany,
tvoří rovnováhu (tzv. celková alkalita),
která významně ovlivňuje spotřebu
všech důležitých chemikálií**

**Cl^- - chloridy, způsobují vysokou korozivitu vody,
nedají se chemicky odstranit**

**PO_4^{3-} - fosfáty, spolehlivě fungují jako hnojivo
pro řasy**

**NO_3^{2-} - dusičnany, napomáhají růstu řas a
některých dalších mikroorganismů**

ORGANICKÉ PŘÍMĚSI PŘÍRODNÍHO PŮVODU

- **huminové látky: rašeliniště, listnaté i jehličnaté lesy**
- **uhlovodíky: biosyntézou řas, produkty některých bakterií, odumíráním fytoplanktonu**

ORGANICKÉ PŘÍMĚSI VNESENÉ LIDSKOU ČINNOSTÍ

- **uhlovodíky: ropné produkty, rozpouštědla**
- **residua: herbicidy, pesticidy, apod. (zemědělství)**

VLIV ORGANICKÝCH PŘÍMĚSÍ V BAZÉNOVÉ VODĚ NA JEJÍ KVALITU A ÚPRAVU

Humínové látky - vyplavují se do vody z humusu, způsobují hnědé zbarvení vody, samostatně je nelze odfiltrovat, pokud ve vodě zůstanou až do chlorace vytvářejí nebezpečné produkty, tzv. THM

Ropné látky - způsobují nepříjemný charakteristický zápach vody

VLIV ORGANICKÝCH PŘÍMĚSÍ V BAZÉNOVÉ VODĚ NA JEJÍ KVALITU A ÚPRAVU

Tuky - do bazénové vody se dostávají hlavně s opalovacími krémy, způsobují zakalení vody, jsou živinami pro bakterie

Močovina a NH_4^+ - vnáší se do vody potem a močí, prekurzor vázaného chloru

Obsah organických látek ve vodě obecně zvyšuje jeden ze sledovaných kvalitativních parametrů vody – CHSK (chemická spotřeba kyslíku)

VLIV KOUPAJÍCÍCH SE LIDÍ NA KVALITU A ÚPRAVU BAZÉNOVÉ VODY

38.000
mikroorganismů
uvolněných při
„čištění“ nosu

100 milionů až
1 miliarda MO
uvolněných
z jedné sliny

až 1 litr potu
během 1 hodiny
v bazénu



5 milionů MO
uvolněných
z jednoho
umytí rukou

1/10 gramu
fekálií obsahující
miliony mikrobů
jako např.
Cryptosporidium
(je Cl resistantní)

ZDROJOVÁ VODA – JAKOU VYBRAT?

Výběr zdrojové vody velmi významně ovlivňuje náročnost úpravy a náklady na použité chemikálie!

Upravit lze prakticky jakoukoliv vodu, je jen otázka s jakou technologií a s jakými náklady!

Rozdělení dle náročnosti chemické úpravy:

- a) voda z vodovodního řadu**
- b) voda z podzemního zdroje**
- c) voda z povrchového zdroje**

ZDROJOVÁ VODA – JAKOU VYBRAT?

a) voda z vodovodního řadu

- většinou již vyhovuje požadavkům na kvalitu bazénové vody bez další složité úpravy
- je předem desinfikována – bez mikrobiální kontaminace
- je bez zákalu, většinou neobsahuje vyšší množství nežádoucích minerálů (Cu, Fe, Mn, Ca)

ZDROJOVÁ VODA – JAKOU VYBRAT?

b) voda z podzemního zdroje

- zdroj musí vyhovovat požadavkům vyhlášky 135/2004 Sb.
- většinou obsahuje vyšší množství nežádoucích minerálů (Cu, Fe, Mn, Ca), které se negativně projeví až po prvním desinfekčním ošetření
- poměrně vysoká pravděpodobnost mikrobiologického znečištění » nutno sledovat!

ZDROJOVÁ VODA – JAKOU VYBRAT?

c) voda z povrchového zdroje

- zdroj musí vyhovovat požadavkům vyhlášky 135/2004 Sb.
- většinou mikrobiologické znečištění
- poměrně vysoká pravděpodobnost znečištění ropnými látkami a/nebo detergenty
- často obsah huminových látek; výskyty zákalů
- velké výkyvy v kvalitě



LEGISLATIVA



- **vyhláška 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch**
 - **novela č. 262/2006 Sb.**

- **vyhláška 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého kontaktu s vodou a na úpravu vody**



ZÁKLADNÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

- **CHLOR** - základní kvalitativní parametr vyjadřující obsah desinfekce

I. Chlor VOLNÝ

- účinná forma, hlavní desinfekční účinek
- rychle vyprchává, s organickými nečistotami reaguje za vzniku vázaného chloru, s vyšší teplotou ztrácí účinnost
- maximální koncentrace:

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 0,3 – 0,6 mg/l Cl | plavecké bazény |
| 0,5 – 0,8 mg/l Cl | koupelové bazény do 32 °C |
| 0,7 – 1,0 mg/l Cl | koupelové bazény nad 32 °C |



ZÁKLADNÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

II. Chlor VÁZANÝ

- velmi málo účinná forma, vzniká reakcí volného Cl s org. nečistotami obsahujícími především NH_4^+ skupinu
- ve vodě přetrvává dlouho
- způsobuje charakteristický chlorový zápach, navíc dráždění očí, sliznic, pokožky
- maximální koncentrace dle vyhlášky: 0,3 mg/l
- snížení » ředěním nebo přechlorováním tzv. chlorací do bodu zlomu (1x za 14 dní, šokové dávka Cl tak, že koncentrace volného Cl je 10x vyšší než koncentrace vázaného Cl)



ZÁKLADNÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

III. Chlor CELKOVÝ (aktivní)

- součet koncentrací volného a vázaného Cl
- aktivní » obě jeho složky mají desinfekční účinek
- světově nejpoužívanější desinfekční činidlo pro úpravu vody – při správné technologii a omezení tvorby vázaného Cl prakticky bezkonkurenční

výhody vs. nevýhody

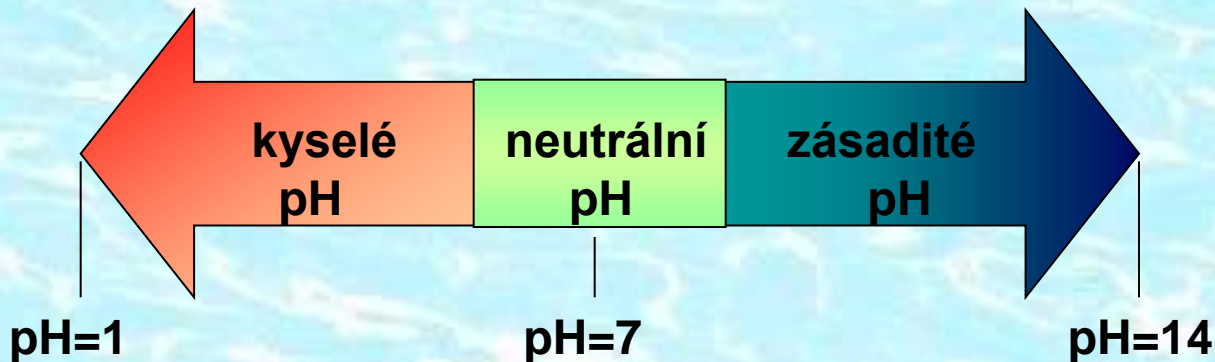
dlouhý účinek
(vydrží i v bazénu)

tvorba vázaného Cl
(lze omezit – použitím filtrace
s aktivním uhlím nebo ozonizace)



ZÁKLADNÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

- hodnota pH – parametr vyjadřující kyselost nebo zásaditost vody



- hodnota pH dle vyhlášky: v rozmezí 6,5 až 7,6
- doporučená hodnota pH: v rozmezí 6,8 až 7,2
- » nejlepší účinnost desinfekce, stejně tak moderních vložkovačů a další chemie



ZÁKLADNÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

Vliv hodnoty pH na úpravu vody:

- velmi významně ovlivňuje účinnost desinfekce, spotřebu všech chemikálií, tvorbu zákalů, koroziivnost nebo usazování minerálů, růst řas a další
- $\text{pH} < 6,0$ – vysoká koroziivnost a dráždivost vody
- $\text{pH} > 7,6$ – častá tvorba zákalů, vysoká dráždivost, tvorba minerálních usazenin, vysoký obsah vázaného Cl, nízká účinnost desinfekce



ZÁKLADNÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

- **Oxidačně-redukční potenciál (Redox potenciál, ORP) – schopnost látky přijímat elektrony (tj. oxidovat se) nebo elektrony předávat (tj. redukovat se)**
 - **redukce: $\text{ClO}^- \gg \text{Cl}^-$ chlor se redukuje a sám oxiduje nečistoty**
 - **oxidace: $\text{Fe}^{2+} \gg \text{Fe}^{3+}$ železo se oxiduje působením chloru**
 - **ORP je vyjádřeno poměrem mezi látkami schopnými oxidovat a látkami schopnými být oxidovány**



ZÁKLADNÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

- **ORP nám de facto říká, jestli desinfekce ve vodě funguje správně a jestli je její obsah vzhledem k obsahu nečistot dostatečný**
- **pravidelné sledování ORP pomáhá včas odhalit a vyřešit problém s vodou nebo na technologii**
- **hodnota ORP dle vyhlášky:**
 - upravená voda ≥ 750 mV**
 - voda v bazénu ≥ 700 mV**
- **zvýšení ORP » přidáním chloru**
 - zvýšením výkonu technologie**
 - opatrným dávkováním vložkovače**



DALŠÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

➤ Průhlednost

- hodnotí se vizuálně – v celé ploše bazénu musí být nerušený průhled na dno

➤ Zákal

- vzniká rozptýlením nejjemnějších částic nečistot do stabilní suspenze, ze které není možné je standardně odfiltrovat
- zákal dle vyhlášky:
 - upravená voda – do 0,2 NTU
 - voda v bazénu – do 0,5 NTU



DALŠÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

- **Chemická spotřeba kyslíku na KMnO_4**
 - vyjadřuje celkové znečištění vody organickými látkami
 - **CHSK dle vyhlášky:**
 - upravená voda - max. 3 mg/l
 - voda v bazénu – max. 2 mg/l nad hodnotu plnicí vody

- **Amonné ionty (NH_4^+)**
 - do vody se dostávají především z potu koupajících se, také z moči (důraz na hygienu!)
 - **obsah dle vyhlášky:**
 - voda v bazénu – do 0,5 mg/l nad hodnotu plnicí vody



DALŠÍ POJMY Z VYHLÁŠKY 135/2004 Sb.

- **Dusičnanové anionty (NO_3^{2-})**
 - neovlivňují příliš kvalitu bazénové vody, jejich obsah se sleduje pro jejich toxicitu na lidský organismus
 - (NO_3^{2-}) dle vyhlášky:
voda v bazénu – 20 mg/l nad hodnotu plnicí vody

- **Ozon (O_3)**
 - do vody se může dostat pouze z technologie
 - O_3 dle vyhlášky:
voda v bazénu – max 0,05 mg/l



DALŠÍ POJMY Z CHEMIE VODY (nepožadované vyhláškou 135/2004 Sb.)

➤ Celková alkalita (CA)

- je mírou tzv. pufrčních schopností vody a závisí hlavně na obsahu CO_3^{2-} a HCO_3^- aniontů (voda je schopna částečné autoregulace hodnoty pH)
- příliš nízká CA způsobuje velké a časté výkyvy pH
- příliš vysoká CA je většinou doprovázena vysokým pH a způsobuje časté zákaly, vyšší spotřebu chemie na desinfekci a snížení pH; snižuje účinnost desinfekce a zvyšuje tvorbu vázaného Cl



DALŠÍ POJMY Z CHEMIE VODY (nepožadované vyhláškou 135/2004 Sb.)

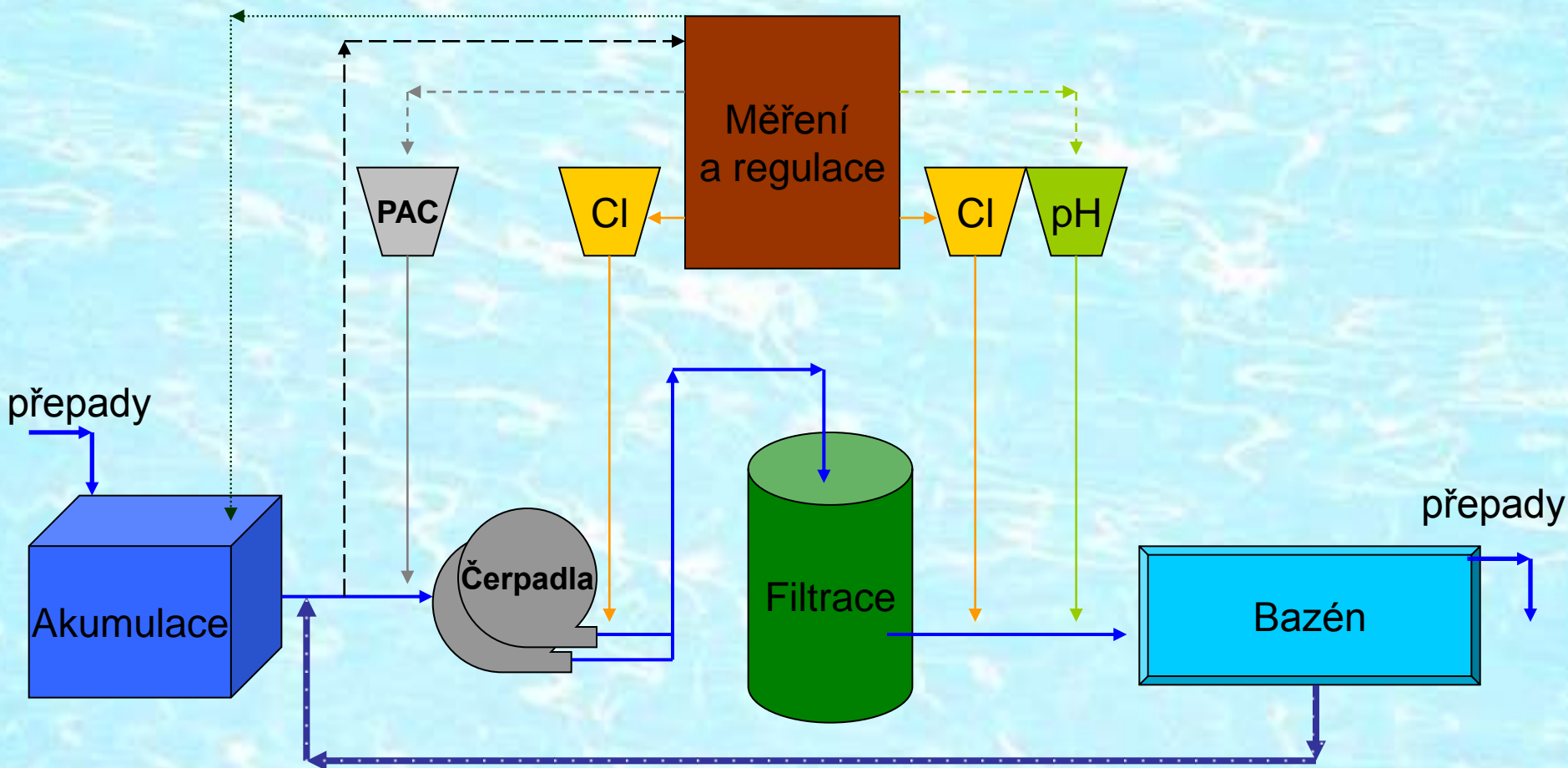
➤ Vápenatá tvrdost

- obsah Ca^{2+} iontů je důležitou součástí rovnováhy vody. Voda musí obsahovat určité množství minerálů, jinak je v nerovnováze, kterou se snaží vyrovnat tím, že rozpouští minerály ze svého okolí.
- příliš nízká Ca^{2+} tvrdost způsobuje vysokou korozivnost vody, zejména vůči materiálům obsahujícím vápník
- příliš vysoká Ca^{2+} tvrdost způsobuje vznik mléčného neodfiltrovatelného zákalu, vznik vodního kamene a ucpání filtru



TECHNOLOGIE

ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY





TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY - POPIS

- **Jímání vody z bazénu: přelivné žlábký, akumuláční jímka, sání ze dna bazénu**
- **Čerpání vod: jedno nebo více čerpadel**
- **Dávkování chemikálií: desinfekce a úprava pH**
- **Vločkování nečistot a filtrace**
- **Výtlač vody zpět do bazénu**



TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY – ÚPRAVA pH

- **hodnota pH vody se reguluje automaticky dávkováním chemikálie pro zvýšení či snížení pH – vzhledem k naměřené hodnotě pomocí pH elektrody**
- **nikdy nelze přesně říct přesné množství upravující chemikálie na snížení či zvýšení hodnoty pH – každá voda má jiné pufrční schopnosti (viz celková alkalita)**
- **dávkování chemikálie upravující hodnotu pH je lepší umístit až za filtraci (před filtraci se instaluje dávkování vločkovače a předchlorace pro desinfekci filtru)**



TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY – DÁVKOVÁNÍ DESINFEKCE (CHLORACE)

- množství dávkovaného chloru (chlornanu) je řízeno dle aktuální koncentrace volného chloru ve vodě přitékající z bazénu
- dávkování desinfekčního prostředku je vhodné umístit před i za filtraci (před filtrací se jedná o předchloraci pro desinfekci filtru a omezení tvorby vázaného Cl, za filtrací pro dochlorování)

pozn.: jakékoliv použití vodních atrakcí zvyšuje spotřebu chloru



TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY – POMOCNÉ PROSTŘEDKY DESINFEKCE A OXIDACE NEČISTOT

OZONIZACE:

- O_3 je vysoce toxický pro bakterie, je velmi silným oxidačním činidlem
- rozkládá organické nečistoty, se kterými jinak reaguje Cl
- rozkládá vázaný Cl
- sám se velmi rychle rozkládá (proto je pomocným prostř.)
- zbytkový O_3 lze odstranit pouze adsorpcí na aktivním uhlí



TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY – POMOCNÉ PROSTŘEDKY DESINFEKCE A OXIDACE NEČISTOT

UV LAMPY:

produkují UV záření, které:

- **je vysoce energetické**
- **rozkládá organické nečistoty**
- **omezuje tvorbu vázaného Cl**

Ozonizace a UV lampy snižují spotřebu Cl, ale nemají primární desinfekční účinek (působí pouze místně)



CHEMIE

- I. DESINFEKČNÍ ČINIDLA**
- II. CHEMIKÁLIE UPRAVUJÍCÍ pH**
- III. PŘÍPRAVKY PROTI ŘASÁM (ALGICIDY)**
- IV. VLOČKOVAČE**
- V. DALŠÍ CHEMIKÁLIE**



DESINFEKČNÍ ČINIDLA

CHLOR = Základní desinfekční látka

formy:

- a) **plynný chlor - dodávaný v tlakových nádobách**
 - obsahuje 99,8 % aktivního Cl
 - snižuje pH vody; vysoká trvanlivost

- b) **chlornan sodný - roztok**
 - obsahuje cca. 13 až 15 % aktivního Cl, zbytek je louh
 - zvyšuje pH vody; trvanlivost je omezená

- c) **výroba roztoku chlornanu ze slané vody – vhodné pouze pro vnější bazény**

- d) **chlordioxid**



CHEMIKÁLIE UPRAVUJÍCÍ pH

formy:

a) pH mínus

- přípravky pro snížení hodnoty pH
- ve formě roztoku: kyselina sírová (konc., nebo aku.)
- pevné: hydrogensíran sodný

b) pH plus

- přípravky ke zvýšení pH vody
- ve formě roztoku: hydroxid sodný
- pevné: hydroxid sodný pecičkový, uhličitan sodný



ALGICIDY – PŘÍPRAVKY PROTI ŘASÁM

typy:

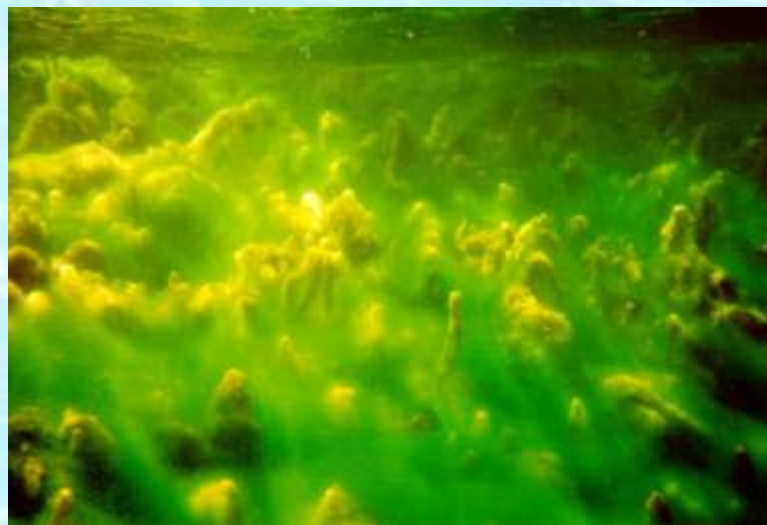
1. generace: síran měďnatý
(podle platné legislativy nepoužívat!)
2. generace: kvarterní amoniové soli
(dráždivé, pěnění)
3. generace: polymerní kvarterní amoniové soli - QAC
(nedráždivé, nepěnění)



ALGICIDY – PŘÍPRAVKY PROTI ŘASÁM

druhy algicidů QAC:

1. modrý: základní a tím i nejběžnější druh algicidu, vhodný zejména proti zeleným řasám
2. růžový: koncentrovanější forma algicidu, vhodný proti většině druhů řas (zelené a žluté řasy)
3. super: silný koncentrát na odstranění velmi odolných řas (černé řasy)

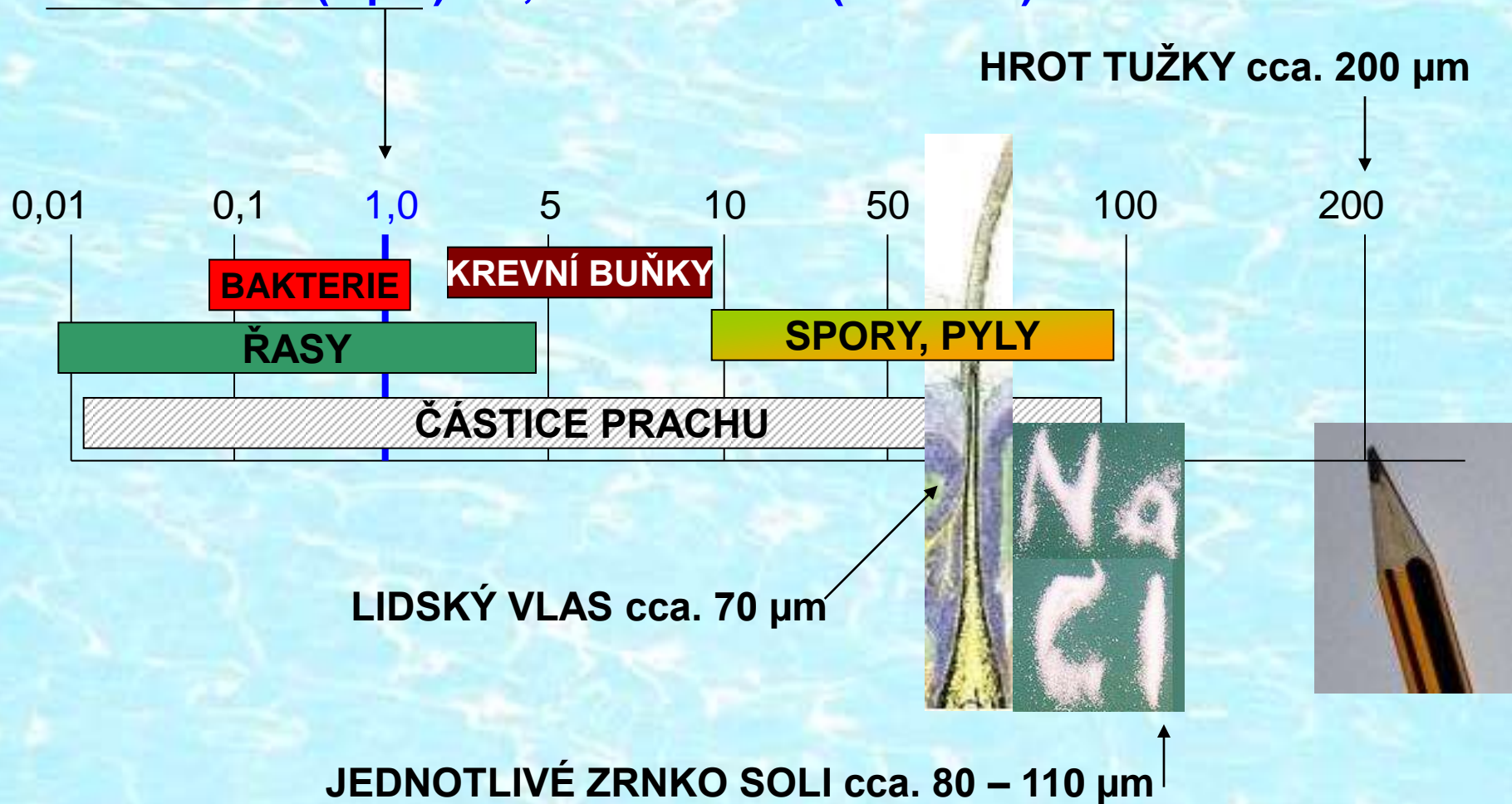




VLOČKOVAČE – PROČ JE POUŽÍVAT

Velikost částic

1 mikrometr (1 μm) = 0,000001 metru (1×10^{-6} m)





VLOČKOVACĚ – FUNKCE, DRUHY

průběh vločkování po aplikaci:

- 1. rozrušení stabilní suspenze nečistot**
- 2. vytvoření mikrovloček (koagulace)**
- 3. nárůst vloček (flokulace)**

druhy:

- 1. generace: síran hlinitý**
- 2. generace: PAX (též PAC - polyaluminiumhydroxidchlorid)
- současnost**
- 3. generace: chitosan acetát - (blízká) budoucnost**



VLOČKOVAČE – SÍRAN HLINITÝ

- levný
- zastaralý
- snadno se předávkuje a vytvoří velmi těžko zlikvidovatelný zákal
- pro optimální funkci potřebuje velmi nízké pH (< 6,3 – kontraproduktivní!)
- těžko se kontroluje zbytkový obsah Al
- vločkuje pomalu (vločky jsou často až v bazénu)
- vytvořené vločky jsou malé a málo kompaktní – obsahují velké množství vody
- velká spotřeba



VLOČKOVAČE – PAX

- moderní
- malá spotřeba (cca. 5 až 7x nižší než u síranu hlinitého)
- hůře se předávkuje
- optimální funkce při pH = 6,5 až 7,0 (ideální)
- zbytkový obsah Al je cca. 0,10 až 0,15 mg/l
- vločkuje rychle, vločky se spolehlivě odfiltrují
- vytvořené vločky jsou velké a dobře odvodněné
- je dražší

2 druhy vločkovače PAX - tekutý vločkovač (9 % Al_2O_3)

- super tekutý vločkovač (18 % Al_2O_3)



VLOČKOVAČE – CHITOSAN ACETÁT

- vložkovač budoucnosti
- minimální spotřeba
- nelze předávkovat
- optimální funkce při pH = 6,5 až 7,0 (ideální)
- neobsahuje žádný Al – jedná se o přírodní látku
- plně biologicky odbouratelný = ekologicky šetrný
- vločkuje rychle, vločky se spolehlivě odfiltrují
- vytvořené vločky jsou velké a dobře odvodněné
- mínusem je (zatím) cena



DALŠÍ CHEMIKÁLIE PRO ÚPRAVU VODY

- přípravky ke snížení/zvýšení celkové alkality
- přípravky ke snížení/zvýšení vápenaté tvrdosti
- stabilizátory tvrdosti
- odstraňovače kovů / usazenin / vodního kamene
- chlorové tablety a granuláty
- bezchlorová chemie (OXI)
- zazimovače
- a další...