

# Hygienické zabezpečení pitné vody

Hygienické zabezpečení je posledním krokem při úpravě vody na vodu pitnou. Z fyzikálně chemických metod se využívají účinky tepla, ultrafialového záření, oligodynamického působení těžkých kovů a filtrace bakteriálními ultrafiltry. Tepelná úprava vyžaduje minimální teplotu 80°C a dobu ohřevu 20 minut, dochází při ní k porušení rovnováhy hydrogenuhličitanů a vylučování povlaků uhličitanu vápenatého, proto ji lze využívat pouze v domácnostech. Pro větší průtoky lze s výhodou použít ultrafialového záření. Je silně bakteriocidní, nedá se předávkovat, nepřidává se žádná chemikálie, musí se však aplikovat u čisté vody bez zákalu a v tenké vrstvě.

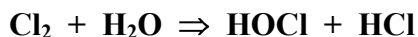
Metodu hygienického zabezpečení založenou na oligodynamickém působení těžkých kovů lze využívat pouze pro individuální zásobování pitnou vodou. Mechanismus není zcela jasný, je však známo že i velmi nízké koncentrace některých těžkých kovů ničí bakterie. Koncentrace kovových iontů nesmí překročit jejich vlastní hygienickou normu. V praxi se používá pouze stříbro ve formě směsi dusičnanu stříbrného a chloridu sodného, které v roztoku vytváří jemnou sraženinu chloridu stříbrného, ten se usadí na stěnách vrtu nebo studny a jeho rovnovážná koncentrace postačuje k hygienickému zabezpečení vodního zdroje. V poslední době se diskutuje o větší jedovatosti stříbra, než se dříve předpokládalo, proto je vhodné nepoužívat vodu s obsahem stříbra trvale.

Bakteriální ultrafiltry mají průměr pórů menší než 0,4 μm. Samozřejmě musí být chráněny proti hrubším nečistotám, které by tyto póry ucpávaly. Používají se jen v domácnostech.

Chemické metody hygienického zabezpečení jsou založeny na oxidačním působení dezinfekčního činidla na bakterie, případně i viry. V praxi se používají různé metody chlorace a ozonizace vody.

## Chlorace vody

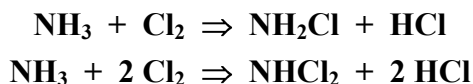
Při využití plynného chloru je dávkování prováděno tak, aby u spotřebitele byla koncentrace aktivního chloru v rozmezí 0,05 až 0,3 mg/l. Musíme si uvědomit, že ve vodě rozpuštěný molekulární chlor prakticky neexistuje. Reaguje s vodou podle rovnice:



Je tedy jedno, jestli se chlorace provádí plynným chlorem nebo chlornanem sodným. Určité nebezpečí přinášejí zbytkové koncentrace přirozených organických látek (humínové látky), neboť se chlorují na zdravotně závadné trihalogenmethany (haloformy). Jejich odstranění lze provést odvětráním a sorpcí na granulovaném aktivním uhlí.

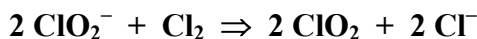
## Chloraminace vody

Použití anorganických chloraminů pro účely hygienického zabezpečení vody je výhodné hlavně tam, kde je dlouhá doba zdržení pitné vody mezi vodárnou a spotřebitelem. Během této dlouhé doby by mohlo dojít k úplnému rozkladu chloru a voda by již nebyla zabezpečena proti rekontaminaci ve vodovodním potrubí. Anorganické chloraminy jsou stálejší, takže lze očekávat pomalejší pokles koncentrace aktivního chloru v pitné vodě. Při tom jsou slabším dezinfekčním činidlem, vyžadují proto kvalitnější vodu, ale produkují nesrovnatelně méně haloformů než čistý chlor. Anorganické chloraminy se vyrábějí přímo v upravované vodě dávkováním chloru a amonných iontů. Tyto se dodávají zpravidla ve formě síranu amonného. Reakce lze také využít k odstraňování amonných iontů z vody. Průběh vzniku chloraminů znázorňují reakce:



## Oxid chloričitý

je velmi silné dezinfekční činidlo, působí však jen oxidačně, nikoliv chloračně. Dokáže rozštěpit fenolické struktury, aniž by vznikaly páchnoucí halogenované deriváty. Jeho nevýhodou je, že jej není možné skladovat a vyrábí se přímo ve vodě reakcí chloru s chloritanem podle reakce:



Protože chloritan je podezřelý z karcinogenity, je nutné kontrolovat jeho zbytkové koncentrace. V ČR je tento způsob využíván na úpravě vody v Brně - Pisárkách.

## Ozonizace vody.

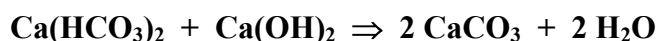
Ozon je nejsilnějším oxidačním činidlem s nejvyšším redox potenciálem ze všech používaných dezinfekčních činidel. Působí nejen na bakterie, ale i na viry. Některé organické látky štěpí na oxid uhličitý a vodu, některé na nižší karboxylové kyseliny. Ne zcela potvrzený je vznik organických peroxidů. Nevýhodou je, že se nedá skladovat a stlačit a musí se vyrábět energeticky nákladným způsobem (tichým elektrickým výbojem v suchém vzduchu). Ozon je vysoce toxický a korozivní plyn, jeho zbytkové koncentrace se musí kontrolovat a likvidovat např. průchodem přes katalyticky upravený pískový filtr ( $\text{MnO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ), vyhřátý na vyšší teplotu. Voda po odstranění zbytků ozonu se musí dochlorovávat, aby nedošlo k její rekontaminaci ve vodovodním potrubí.

## Úprava užitkových vod

Užitková voda se používá na jiné účely než na pití nebo na přípravu potravin. Jde na příklad o vodu na chlazení, ohřev, napájecí vodu pro parní kotle a o vodu do různých chemicko - technologických procesů. Užitková voda musí být zbavena nečistot, to se provede postupem stejným nebo podobným jako u pitné vody, dále musí být odplyněna a do určitého stupně demineralizovaná, tzn. které soli a do jaké míry požadujeme odstranit. Čím je odstranění solí úplnější, tím dražší bude získávání demineralizované vody. Je proto nutno pečlivě zvážit pro jaký účel bude použita. Nemusí to být jen soli zahrnuté v definované tvrdosti vody, to je soli kovů s větším oxidačním stupněm než "1", ale také soli sodné, draselné a křemičitany.

a/ Nejjednodušší úpravou vody, postačující u napájecí vody nízkotlakých kotlů nebo u vody na praní, je tzv. dekarbonizace, to je odstranění hydrogenuhličitanů  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ . V praxi je prováděno dvojnásobným způsobem:

Převedením na nerozpustné uhličitany přidáním levné alkalické látky:



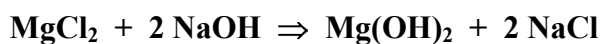
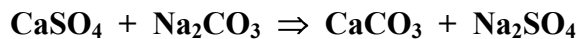
Postup vyžaduje dlouhou reakční a sedimentační dobu.

Hydrogenuhličitany je možno odstranit také termicky, zahřátím jejich roztoků na 80 - 100°C:

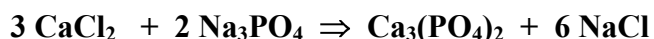


Vzhledem k vysokým energetickým nákladům se tento způsob již nepoužívá

b/ Předchozími postupy nelze odstranit ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  vázané v jiné formě např. ve formě síranů a chloridů, tyto lze odstranit jejich vysrážením  $\text{NaOH}$  nebo uhličitánem sodným:



Ke zmenšení zbytkového obsahu solí až asi na 1,15 mmol/l se používá dražší fosforečnan sodný, tvořící velmi nerozpustné fosforečnany:



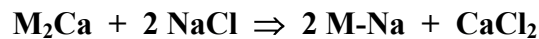
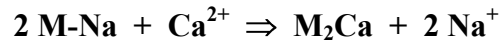
Uhličitán sodný byl první změkčující přísadou v pracích prostředcích. Dnes je nahrazován podstatně dražším ale účinnějším trifosforečnanem sodným  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ . Jeho předností je, že tvoří s  $\text{Ca}^{2+}$  a jinými ionty komplexní sloučeniny a tím zabraňuje vzniku pevných úsad na prádle a v pračkách.

c/ Další zmenšení obsahu rozpustných solí než je dosahováno předchozími postupy a nebo odstranění solí které předchozí metody neřeší je možné dosáhnout pouze iontoměniči. V současné době se jedná

o nejrozšířenější způsob změkčování vody. Iontoměniče jsou buď přírodní, hydratované hlinitokřemičitany sodné, nebo organické makromolekulární látky, které obsahují iontoměnné skupiny. Tyto iontoměniče jsou schopny na sebe vázat z vodných roztoků buď kationty (výměnnou za  $H^+$  nebo  $Na^+$ ) a nazývají se **katexy**, nebo anionty (výměnnou za  $OH^-$ ) a pak se nazývají **anexy**.

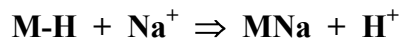
### **Katexy**

pracující v sodíkovém cyklu nahrazují kationty s vyšším oxidačním číslem než "1" ekvivalentem sodíkových iontů, vyčerpaný katex se regeneruje prolitím zředěným roztokem NaCl:

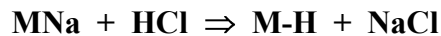


Sodíkový cyklus je možné použít pouze pro nízkotlaké kotle, zvyšuje obsah NaCl na úkor  $Ca^{2+}$  a  $Mg^{2+}$ , z vody tedy nevypadnou při zahřátí nerozpustné uhličitany tvořící kotelní kámen, ale vodu nemůžeme pochopitelně použít u vysokotlakých kotlů vyvíjejících páru.

Katexy pracující s vodíkovým cyklem odstraní veškeré kationty:

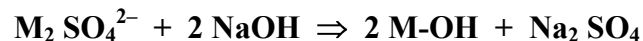
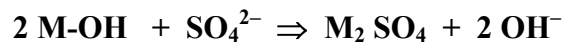


Vyčerpaný katex se regeneruje asi 5% roztokem HCl



### **Anexy**

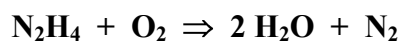
Voda zbavená všech kationtů, pochopitelně kromě vodíkového, obsahuje anionty silných kyselin, jako  $SO_4^{2-}$  a anionty slabých kyselin jako  $SiO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ . Anionty silných kyselin se odstraňují průchodem vody přes slabě zásaditý anex (regeneruje se zředěným roztokem NaOH), anionty slabých kyselin se odstraní průchodem přes silně zásaditý anex (regeneruje se koncentrovaným roztokem NaOH):



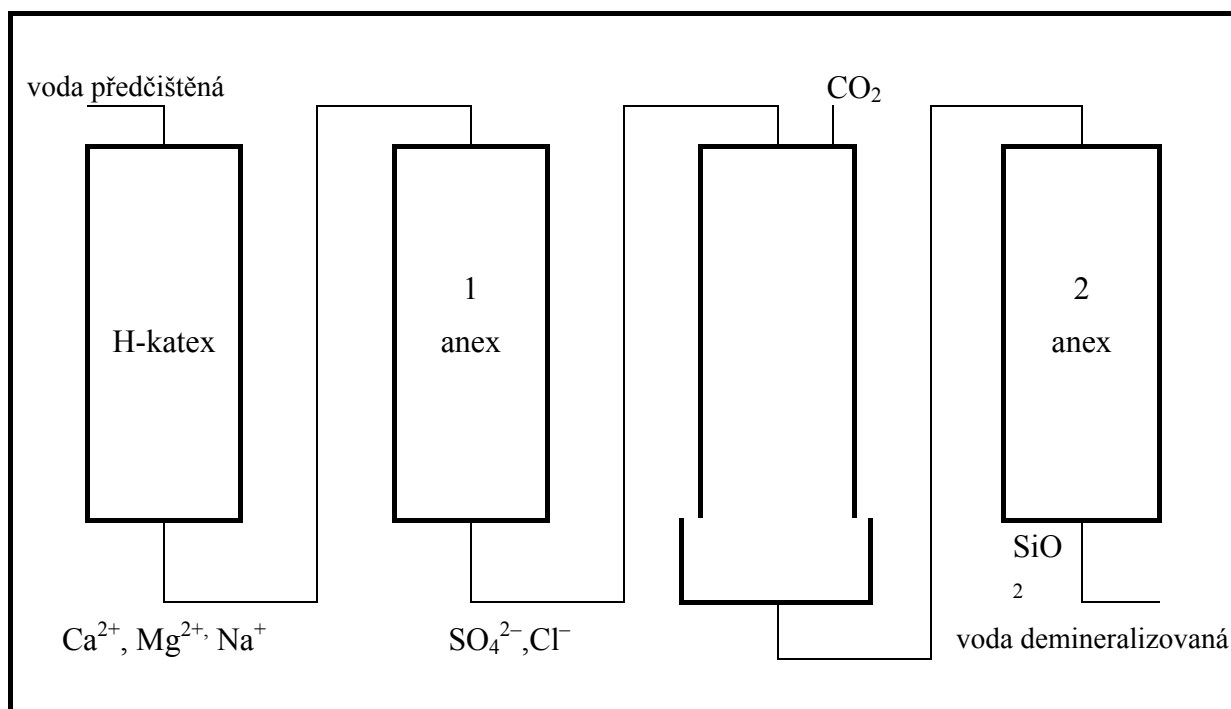
### **Katex - Anex**

Výměnou všech kationtů za  $H^+$  a aniontů za  $OH^-$  se získá demineralizovaná voda s čistotou srovnatelnou nebo větší než destilovaná voda, protože jsou odstraněny i křemičitany jejichž část při destilaci vody uniká v páře. Demineralizovaná voda se používá ve vysokotlakých kotlích pro parní turbíny.

K důkladné úpravě napájecí vody náleží na závěr také její odplynění. Je nutné odstranit ve vodě rozpuštěný kyslík, který způsobuje kyslíkovou korozi parního kotle a také  $CO_2$ , který v menším množství vzniká při demineralizaci a rozpuštěný ve vodě podporuje kyslíkovou korozi. Odstranění kyslíku lze provést přidávkem hydrazinu podle reakce:



Odplynění vody se provádí jejím zahřátím do  $100^\circ\text{C}$  a stékáním za sníženého tlaku v koloně.



**Obr. 13. Schema iontově výměnné stanice pro úplnou demineralizaci vody**

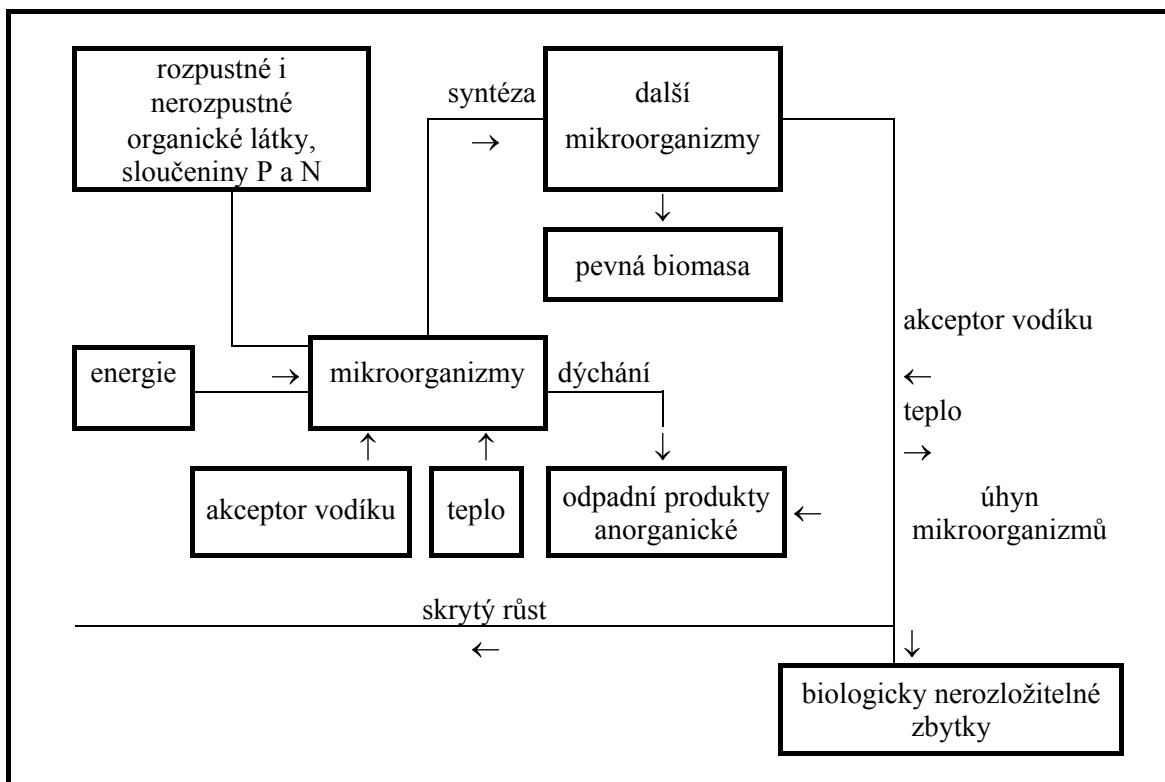
*1 - slabě bazický měnič aniontů*

*2 - silně bazický měnič aniontů*

## Odpadní vody

Odpadní vody vznikají po použití pitné nebo průmyslové vody. Můžeme rozlišit dva základní druhy odpadních vod: vody splaškové a průmyslové. Často dochází k jejich smíšení s dobrými i nedobrymi důsledky, jak bude dále uvedeno. Kvalita odpadní vody se klasifikuje podle několika ukazatelů. Nejčastěji se setkáme s hodnotou "biochemické spotřeby kyslíku za 5 dní" BSK<sub>5</sub>. Je to množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech na rozklad organických látek ve vodě při aerobních podmínkách. Stanovuje se jako rozdíl obsahu kyslíku ve vodě v mg/l v okamžiku odebrání vzorku a za 5 dní, podle ČSN 83 0540. Čím bude tato hodnota větší, tím je voda více znečištěna organickými látkami, protože kyslík spotřebovaly biochemické procesy samočištění vody.

Voda se dále klasifikuje podle obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě, protože ten je podmínkou průběhu samočisticích procesů, dále podle pH, obsahu fenolů, bakterií, mechanických nečistot a jiných parametrů. Povrchové vody v řekách a zdržích mají přirozenou samočisticí schopnost zbavovat se nečistot. Je to složitý proces, při kterém se usazují nečistoty, voda se sytí kyslíkem, probíhají neutralizační reakce a hlavně biochemické procesy, v jejichž průběhu se nežádoucí látky obsažené ve vodě přeměňují působením mikroorganismů v přítomnosti kyslíku na neškodné anorganické a nerozpustné kaly, které se usazují. Jedná se o aerobní biochemické čisticí procesy, které odebírají z vody kyslík. Při překročení samočisticích schopností nebo vyčerpání kyslíku, kromě toho, že ve vodě zahyne veškerý život, začnou probíhat anaerobní procesy. Vzniká metan, redukcí síranů sirovodík a jiné škodlivé a nepříjemné látky, voda vyhnívá. Samočisticí procesy proto podporuje rychlý tok vody, čerání vody, což jsou dobré podmínky pro sycení vzdušným kyslíkem, sluneční záření a pH přibližně 7. K nepříznivým podmínkám, kromě opaku uvedených, patří jedovaté látky které ničí mikroorganismy a látky které vytvářejí na povrchu vrstvu bránící přístupu kyslíku, jako ropné látky a saponáty. Samočisticí schopnost povrchových vod je přibližně známa a je jí limitován např. rozsah chatové a rekreační zástavby na březích přehrad a rybníků.



***Obr. 14. Schema procesů při biologickém čištění odpadních vod.***

Protože samočistící schopnosti vod našich vodních toků a zdrží zdaleka nestačí na znečištění, které způsobujeme, musí se budovat čistírny odpadních vod (ČOV), kterým se v současné době daří zpomalovat vzrůstající znečištění. K jednorázovému výraznému zlepšení čistoty vodních toků došlo po roce 1989, kdy značně klesla průmyslová výroba. Takto ale jistě nelze postupovat, řešením je pouze výstavba biologických ČOV, změna struktury výroby a úplně nejlépe, pracovat s uzavřeným technologickým cyklem vody a žádné odpady nevypouštět.