

C6890 Technologie a nástroje ochrany životního prostředí 2015/2016 *IV. Úprava a čištění vod*

Petr Šindler

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR
holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Osnova

1. Přehled typů přírodního, komunálního a průmyslové znečištění vod
2. Technologie na úpravu vody
 - 1) pro pitné účely
 - 2) pro technologické účely
 - 3) pro speciální účely
3. Technologie čistění vody
 - 1) Čistírny odpadních vod
 - 2) Čistírny průmyslových vod
 - 3) Malé čistírny odpadních vod
4. Kalové hospodářství, úprava a zneškodnění kalů
5. Moderní trendy ve vodním hospodářství

1. Přehled typů znečištění vod

1

Přírozené zdroje znečištění

- horninové prostředí - různorodé složení
 - Fe, Mn, humínové látky, přírozená radioaktivita, radon
- rostliny a živočichové - včetně rozkladu po ukončení životního cyklu
- přívalové deště, záplavy
- sesuvy půdy,
- geologicky aktivní lokality - vyplavování toxických látek
- sopečná činnost,
- zvyšování teploty vody v důsledku vysychání v období snížených vodních srážek.

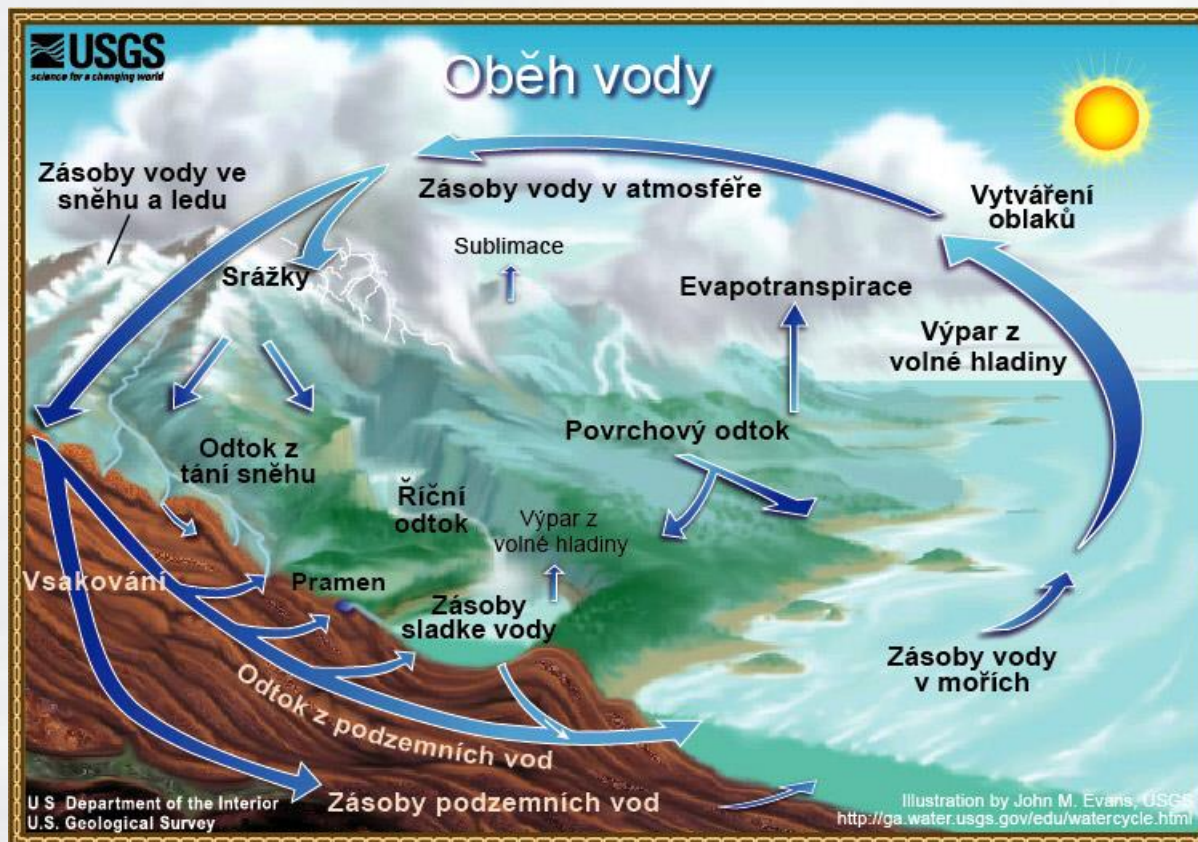
1. Přehled typů znečištění vod

Komunální a průmyslové zdroje znečištění

- odpadní vody
- emise do ovzduší - topení, doprava, výroba, energetika
 - kyselá deště, spady
- odpady
 - oficiální skládky - průsakové vody
 - nelegální likvidace odpadu - úniky nebezpečných látek do horninového prostředí
- zemědělství
 - plošné znečištění - hnojiva (zdroj dusičnanů), pesticidy
 - bodové - hnojníky
- havárie
 - úniky chemických látek (včetně ropných) do prostředí či toku

2. Technologie na úpravu vody

Oběh vody



2. Technologie na úpravu vody

Zásoby vody na Zemi

- slaná cca 95 % všech zásob - oceány, moře, slaná jezera
- sladká pouze cca 5 % všech zásob
 - ledovce 71 %
 - podzemní voda 28 %
 - povrchová voda 1 %
 - jezera 95 %
 - řeky 5 %

2. Technologie na úpravu vody

Člověk a voda

- Voda je základní složkou lidského těla. Její obsah s věkem klesá:
 - 70 - 80 % u čerstvě narozených
 - kolem 50 - 60 % u dospělých jedinců s normální váhou
 - kolem 50 % u starších lidí
- Průměrná spotřeba vody na osobu v roce 2013 byla v Praze 111 litrů

WC	28 l
Osobní hygiena, sprchování	42 l
Praní, úklid	16 l
Příprava jídla, mytí nádobí	8 l
Mytí rukou	6 l
zalévání	5 l
pití	2 l
ostatní	4 l

2. Technologie na úpravu vody

4

Vývoj některých ukazatelů zásobování PV

Ukazatel	1989	2013
Počet zásobovaných obyvatel (tis.)	8 537	9 854
Podíl zásobovaných obyvatel (%)	82,4	93,8
Voda vyrobená (mil. m ³ . rok ⁻¹)	1 251	600
Voda fakturovaná (mil. m ³ . rok ⁻¹)	929	472
Specifické množství VV (l. os ⁻¹ . den ⁻¹)	401	156
Specifické množství VF (l. os ⁻¹ . den ⁻¹)	298	123
Specifické množství VF pro dom. (l. os ⁻¹ . den ⁻¹)	171	82
Vodné celkem (mil. Kč)	1 764	15 894

2. Technologie na úpravu vody

Zdroje vody

- sladká
 - podzemní voda - vázána na horninové prostředí (to ovlivňuje i fyzikálně chemické vlastnosti vody).
 - *v případě vyhovující kvality i bez úpravy, pro pitnou vodu pouze s hygienickým zabezpečením*
 - *s úpravou - nejčastějším případem vyšší obsah železa a/nebo manganu. Typickým znakem zvýšeného obsahu železa a manganu ve vodě je charakteristické okrové až černohnědé zbarvení vody a kovová chuť*
 - povrchová voda - veškerá tekoucí i stojatá voda
 - *toky, přehrady - vždy nutná úprava - nutno počítat s biologickým oživením a s obsahem cizorodých látek*
 - ledovce
 - krasová voda - (jeskyně) - *vyšší obsah uhličitánů*
- Slaná
 - brakická voda - na rozhraní sladké a slané vody
 - mořská voda

2. Technologie na úpravu vody

6

Hlavní rozdíly mezi podzemní a povrchovou vodou

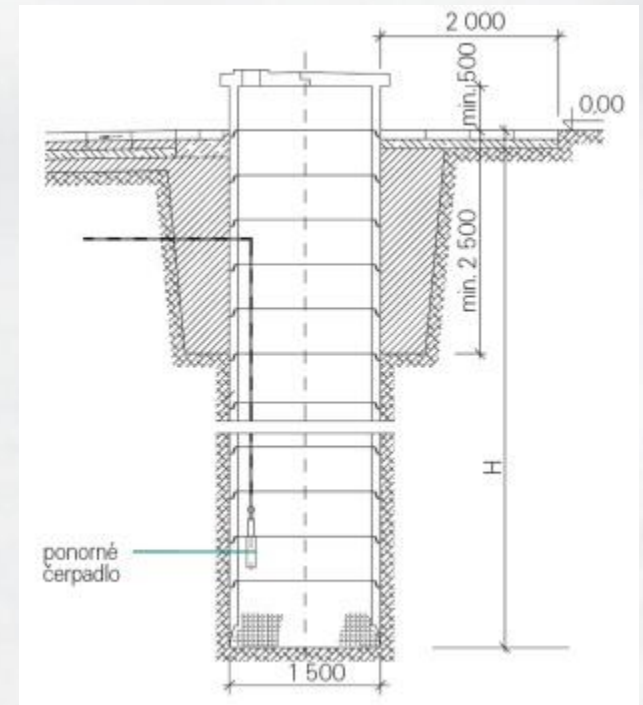
Charakteristika	Povrchová voda	Podzemní voda
Teplota	Značné kolísání	Relativně stálá
Rozpuštěné látky	Časté změny	Konstantní, ale vyšší
Fe, Mn	Většinou nejsou (jen u dna)	Běžný výskyt
Agresivní CO ₂	Obvykle žádný	Často vysoký obsah
NO ₃	Obsah nízký	Často vyšší
KNK _{4,5} – přechodná tvrdost	Nízké hodnoty	Vysoké hodnoty
mikroznečištění	Nepřavidelný výskyt	Většinou žádný výskyt
Živé mikroorganismy	Bakterie, viry	Železité bakterie
eutrofizace	Často, vzrůstá s teplotou	Ne
CHSK	vyšší	nižší
pH	6 – 8,5, výjimečně 4	6 - 7

2. Technologie na úpravu vody

7

Zařízení k jímání podzemní vody

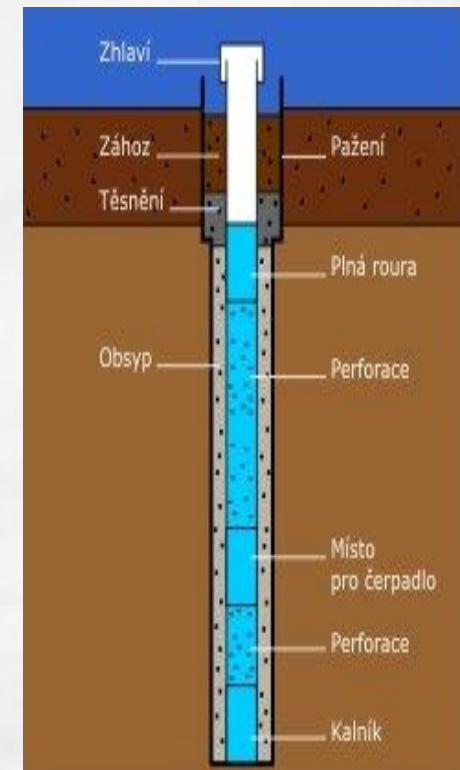
- *Vertikální jímací objekty*
 - šachtová studna - kopané, spouštěné
 - trubní studna - vrtané, vpichované
- *Horizontální jímací objekty*
 - jímací zářezy
 - štoly
 - galerie
- *Plošné - pramenní jímky*
- *Kombinované jímací objekty*
 - Sběrná studna s horizontálními vrty



2. Technologie na úpravu vody

Volba typu jímacího objektu

- *hydrogeologický průzkum*
 - rešerše archivních materiálů
 - vyhodnocení geologických a hydrogeologických poměrů zájmového území
 - druh vodonosných vrstev
 - vydatnost zdroje - na základě dlouhodobé čerpací zkoušky
 - kvalita jímané vody
 - riziková analýza kontaminace zdroje
 - podklady pro stanovení pásem ochrany vodního zdroje
 - návrh monitoringu kvality a hladin
- *projekční kancelář*
 - návrh technického řešení



2. Technologie na úpravu vody

Zařízení k jímání povrchové vody

- *Nádrže - objekty*
 - věžové
 - břehové
 - plovoucí
 - sdružené
- *Vodní toky - objekty*
 - jezové
 - břehové
 - dnové
- *Volba typu objektu*
 - návrh technického řešení dle místních podmínek



2. Technologie na úpravu vody

10

Zdroje vody - podmínky využívání

- *Zařízení k jímání vody je vodním dílem (zákon 254/2001 Sb., o vodách) - tedy nutné povolení vodoprávního úřadu*
 - *pro jeho stavbu*
 - *k nakládání s vodami - k jejich odběru*
- *Zpoplatnění odběrů vody v ČR*
 - *podzemní voda - platba státu 3,- Kč / m³.*
 - *povrchová vody - platba podnikům Povodí 7,35 Kč vč. DPH / m³ dle platné smlouvy*
- *Evidance odběrů*
 - *vykazování odebraného množství*
 - *poplatkové hlášení ČIŽP - pro podzemní vody*
 - *ohlašování údajů pro vodní bilance správci povodí*
 - *kontrola dodržování podmínek odběru - ČIŽP*

2.1. Úprava vody pro pitné účely

1

Ochranná pásma vodních zdrojů

- *Stanovují se k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů*
 - *podzemních nebo povrchových vod pro zásobování pitnou vodou s průměrným odběrem více než 10 000 m³ za rok*
 - *podzemní vody pro výrobu balené kojenecké vody nebo pramenité vody*
- *Stanovení ochranných pásem je vždy veřejným zájmem*
- *Dělení pásem*
 - *ochranná pásma I. stupně - slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného zařízení. Je zakázán vstup a vjezd s výjimkou osob, které mají právo vodu z vodního zdroje odebírat, a u vodárenských nádrží osob, které tato vodní díla vlastní.*
 - *ochranná pásma II. stupně, která slouží k ochraně vodního zdroje v územích stanovených vodoprávním úřadem tak, aby nedocházelo k ohrožení jeho vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti. Je zakázáno provádět činnosti poškozující nebo ohrožující vydatnost, jakost nebo zdravotní nezávadnost vodního zdroje, jejichž rozsah je vymezen v opatření obecné povahy o stanovení nebo změně ochranného pásma.*
- *Za prokázané omezení užívání pozemků a staveb v ochranných pásmech vodních zdrojů náleží vlastníkům těchto pozemků a staveb náhrada*

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Kvalita vody odebrané z vodních zdrojů (surová voda)

- *Každá surová voda je svým způsobem jedinečná a vyžaduje při úpravě individuální přístup*
- *Surová voda musí splňovat v místě odběru před její vlastní úpravou požadavky na její jakost ve vazbě na použité standardní metody úpravy surové vody na vodu pitnou (274/2001 a 428/2001 Sb.) - úplný rozbor surové vody obsahuje cca 50 analýz, úplný rozbor vyrobené vody cca 60 analýz, monitorovací rozbor cca 34 analýz*
- *Četnost analýz stanovena ve vazbě na množství vyrobené vody a / nebo počet zásobovaných obyvatel*
- *Analýzy mezi jednotlivými technologickými stupni úpravy vody jsou na uvážení provozovatele*

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Typy úprav pitné vody dle 428/2001 Sb.

Kat.	Typy úprav
A1	Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti
A2	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtraci, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody
A3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou desinfekcí, popř. jejich kombinací. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Kvalitativní požadavky na pitnou vodu

- *směrnice rady Evropy 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě*
- *zákon 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví + vyhláška 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*
- *vyhláška 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody*
- *zákon 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření + vyhláška 307/2002 Sb., o radiační ochraně*

Způsob využití pitné vody

- zásobování obyvatelstva, občanské vybavenosti
- zásobování zemědělství, průmyslu a služeb
 - užití při výrobě potravin a nápojů
 - technologická - např. napouštění kotlů
 - provozní - úklid, myčky apod.
- pro požární účely

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Kontrola kvality pitné vody

- podle zákona 258/2000 Sb. - provozovatel je povinen zajistit jakost pitné vody. To platí i pro náhradní zásobování pitnou vodou
- podle zákona 18/1997 Sb. - provozovatel je povinen zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů

To znamená

- zajistit odběr vzorků pitné vody a jejich laboratorní kontrolu
- zajistit pořízení protokolu o této kontrole v elektronické podobě a jeho neprodleně předání příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví.
- vypracovat provozní řád a předložit jej ke schválení příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví.
- neprodleně prošetřit nedodržení nejvyšší mezní hodnoty nebo mezní hodnoty jakéhokoli ukazatele, zjistit jeho příčinu a přijmout účinná nápravná opatření. O těchto skutečnostech neprodleně informovat orgán ochrany veřejného zdraví.

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Způsoby úpravy vody

Podzemní voda

- Základní
 - *Odkyselování*
 - *Odželezování*
 - *Odmanganování*
 - *Filtrace*
 - *Desinfekce*
- Další možnosti
 - *Čiření*
 - *Iontová výměna*
 - *Membránové procesy*

Povrchová voda

- Základní
 - *Mechanické předčištění*
 - *Preoxidace*
 - *Čiření*
 - *Filtrace*
 - *Adsorpce*
 - *Desinfekce*
 - *Stabilizace*
- Další možnosti
 - *Membránové procesy*
 - *Flotace*

2.1. Úprava vody pro pitné účely

7

Mechanické předčištění surové vody

Pro zachycení hrubších nečistot

- Česle - součást odběrného objektu nebo ÚV
 - *hrubé*
 - *střední*
 - *jemné*
- Rotační síta
- Lapáky písku
- Usazovací nádrže

Použití

- u povrchových vod s odběrem přímo z vodního toku
- u povrchových vod s odběrem z nádrží - jen rotační síta

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Preoxidace

k oxidaci anorganických a organických látek

- Fyzikálně-chemická - vzdušným kyslíkem objektu nebo ÚV. Při
 - *nízkém obsahu kyslíku*
 - *přebytku plynů - H_2S , O_2 , CO_2 , radon*
- Chemická
 - Ozon - rozklad huminových látek, barviv a fenolů, likvidace virů
 - Manganistan draselný - v případě obsahu Mn
 - Peroxid vodíku - možno i v kombinaci s ozonem - lepší eliminace chlorofylu
 - Chlor - odstranění amoniaku, dusitanů. Může vést ke vzniku chlororganických sloučenin a haloformů
 - Oxid chloričitý - nedochází k tvorbě haloformů, oxidace rychlejší než u Cl

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Čiření (1)

k odstranění suspenzí a koloidních částic. Podstatou čiření je koagulace - shlukování koloidních částic do větších agregátů

Koloidní disperse - velikost částic 5 - 500 nm, náboj 50 - 100 mV

- hydrofobní - tvořeny látkami anorganického původu
- hydrofilní - rozpuštěné organické látky (bílkoviny, škrob, polysacharidy, želatina)

Koagulaci lze vyvolat

- přidavkem sloučenin zvaných flokulanty
- úpravou pH
- podstatným zvýšením teploty
- UV nebo gama zářením
- ultrazvukem

při 1 m výšky vody

Průměr částice μm	Typ částice	Doba sedimentace
1000	Písek	10 sekund
100	Jemný písek	2 minuty
10	Jíl	2 hodiny
1	Bakterie	8 dní
0,1	Koloid	2 roky

2.1. Úprava vody pro pitné účely

10

Čiření (2)

Ke koagulaci dojde, klesne-li náboj částic pod 30 mV

Průběh koagulace

- perikinetická fáze
 - agregace koloidních částic - 2 až 3 minuty od promíchání s koagulantem
 - probíhá ve směšovacích nádržích
- ortokinetická fáze
 - tvorba větších částic - 20 až 30 minut
 - probíhá ve vločkovací nádrži při vhodné intenzitě míchání

Koagulanty

- soli hliníku a železa - sírany železitý a hlinitý, chloridy železitý a hlinitý
- předpolymerizovaný hlinitý koagulant - hlinitan sodný
- hlinité polymery - polyaluminiumchlorid

Provozní dávku koagulantu nelze přesně spočítat, nutné empiricky ověřit koagulačním pokusem

2.1. Úprava vody pro pitné účely

11

Čiření (3)

Intenzifikace procesu čiření

- účinnější základní flokulanty
 - směsné flokulanty
 - koagulanty na bázi manganu
 - kombinace koagulantu s kyselinami nebo alkalizačními prostředky
- pomocné koagulační prostředky
 - zatěžkávadla - zlepšení sedimentačních vlastností - jíly (bentonit), práškové aktivní uhlí, jemný křemičitý písek, jemný mletý vápenec apod.
 - polymerní flokulanty
 - anorganické - aktivní kyselina křemičitá
 - přírodní vysokomolekulární látky - škrob, dextrin, alginát sodný, deriváty celulózy, ligninsulfonové kyseliny a jejich soli
 - syntetické vysokomolekulární látky - neiontové, aniontové, kationtové

2.1. Úprava vody pro pitné účely

12

Čiření (4)

Způsoby úpravy

- jednostupňová úprava
 - pro čistější vody, nižší dávka koagulantu
 - voda s koagulantem přímo na filtr
- dvoustupňová úprava
 - pro povrchové vody s vyšším zákalem nebo pro podzemní vody s obsahem železa nad 4 mg/l
 - 1. stupeň - čič
 - 2. stupeň - rychlofiltr

Perikinetická fáze - rychlomísiče

- mechanické - lopatky, vrtule
- mechanicko - pneumatické - princip mamutky
- hydraulické - clony, dýzy

2.1. Úprava vody pro pitné účely

13

Čiření (5)

Ortokinetická fáze

- vločkovací nádrže + usazovací nádrž
- čiriče - využívá se efekt vločkového mraku (vznášená vrstva vločkovitých částic)
 - úspornější na plochu i prostor
 - citlivější na kolísání průtoku
 - existuje velké množství konstrukčních uspořádání a typů

Základní konstrukční prostory čiričů

- flokulační prostor
- prostor vločkového mraku
- prostor vyčiřené vody
- zahušťovací prostor

2.1. Úprava vody pro pitné účely

14

Čiření (6)

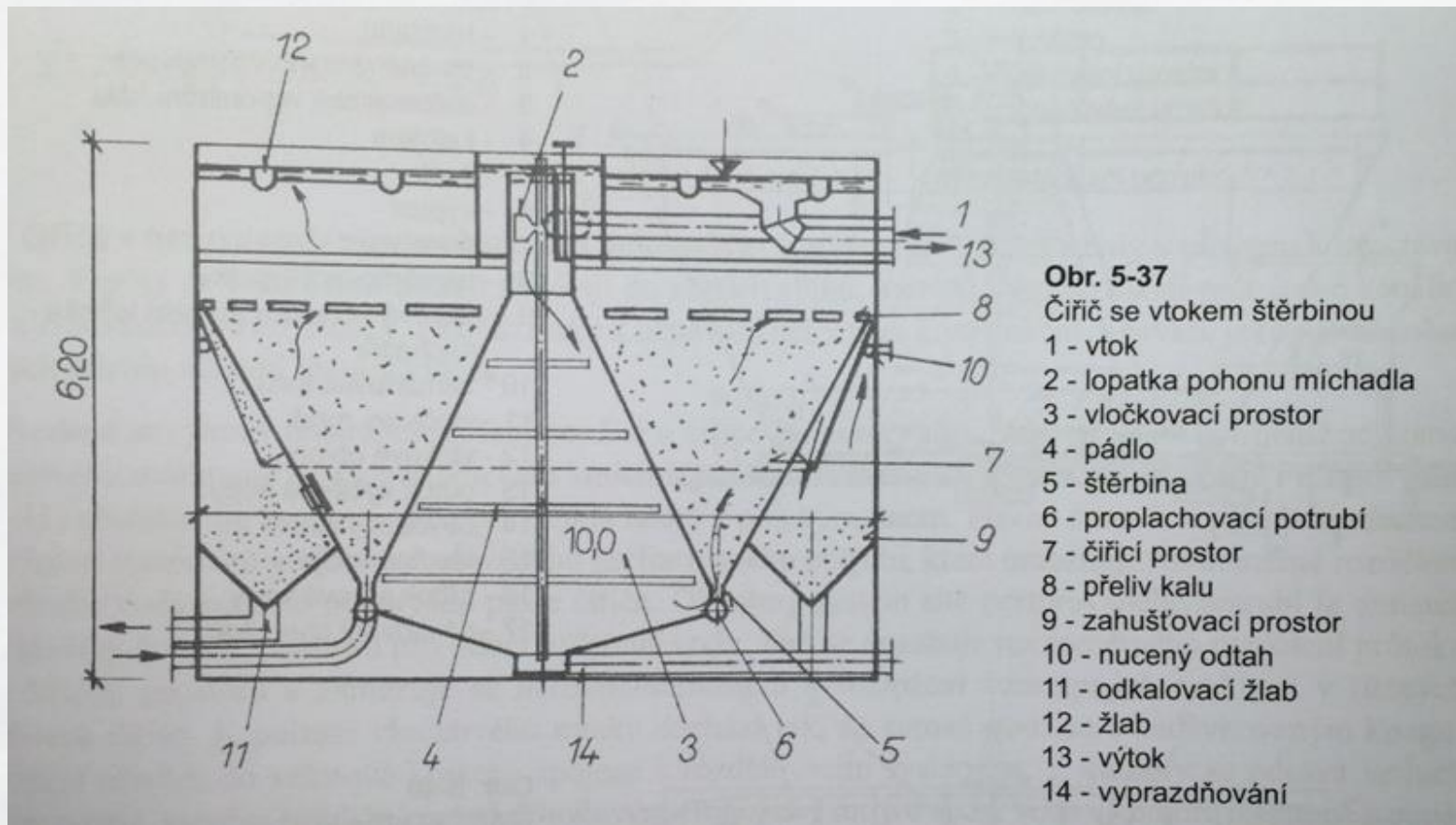
Charakter čiření podle pH

- suspendované látky mají obvykle záporný náboj
- charakter čiření je určen složením vody (zejména alkalita) a následným použitím
 - kyselé - hydroxidy železa, polymerní koagulanty (při nízké alkalitě surové vody dávkujeme předem Ca(OH)_2 nebo NaOH) - voda pro demineralizaci
 - neutrální - pracuje v oblasti pH 6 - 7 (8), oxidy železa nebo hliníku - především pro pitnou vodu
 - alkalické - pracuje v oblasti pH 9,6 - 10,5, soli Fe^{3+} nebo Al^{3+} - výstupem je nízká korozivita vody

2.1. Úprava vody pro pitné účely

15

Čiření (7)



2.1. Úprava vody pro pitné účely

16

Filtrace (1)

Objemová filtrace (1)

- Pomalá
- Rychlá
 - Přímá - bez přídavku reakčních činidel
 - Koagulační - koagulant před filtrem
 - In line filtrace - kationické polymery na povrch filtru, chemická reakce na povrchu zrn (až 80% využití výšky filtračního lože)

Materiály

- Křemičitý písek
- Antracit
- Aktivní uhlí
- Preparované písky
- Filtralite - spékáním jílu při 1.200 °C

Požadavky na filtrační náplň

- Mechanická stálost a pevnost
- Chemická odolnost
- Stejnozrnnost
- Tvar zrn (optimum kulovitý)
- Mezerovitost
- Měrná hmotnost zrn

2.1. Úprava vody pro pitné účely

17

Filtrace (2)

Objemová filtrace (2)

Pomalá filtrace

- není předřazována koagulace a sedimentace
- rychlost filtrace cca 0,1 m/h
- celková výška filtrační náplně 150 - 200 cm
- v pískové filtrační vrstvě (až do cca 40 cm) probíhají biologické procesy
- nejúčinnější horní vrstva - intenzivní oživení
- výška vody nad filtrem 120 - 150 cm
- vyžadují velkou plochy, v zimě nezbytná temperace - vhodná pro malé výkony
- při snížení účinnosti seříznutí horní vrstvy
- po úpravě pouze hygienické zabezpečení

2.1. Úprava vody pro pitné účely

18

Filtrace (3)

Objemová filtrace (3)

Rychlá filtrace

dle režimu proudění

- otevřené
- tlakové

dle konstrukce

- evropské
- americké

dle počtu vrstev

- jednovrstvé
- vícevrstvé

dle směru proudění

- shora dolů
- zdola nahoru
- obousměrné

dle způsobu provozu

- cyklické praní
- kontinuální praní

2.1. Úprava vody pro pitné účely

Filtrace (4)

Objemová filtrace (4)

klasický Evropský filtr

- filtrační náplň - 1,0 - 5,0 mm
- praní vodou a vzduchem
- přítok vody žlabem nad hladinou - rychlost vody do 0,6 m/s - netříštění vloček
- mezidno, pod ním rozvody prací vody a vzduchu

Americký filtr

- nemá mezidno, drenážní systém
- praní pouze vodou
 - shora
 - současně shora i zdola
 - zdola
- jemnější filtrační náplň - 0,6 - 1,0 mm

2.1. Úprava vody pro pitné účely

20

Filtrace (5)

Náplavná filtrace

Částice se zachytávají na tenké vrstvě materiálu, naplaveného např. na tkanině ze syntetických vláken. Materiál - rozsvíková zemina, perlit apod.

Membránová filtrace

- Mikrofiltrace pro částice 0,1 - 10 mikrometrů
- Ultrafiltrace pro částice 0,005 - 0,1 mikrometrů (organické látky s molekulovou hmotností 103 - 106, bakterie a viry), tlak 0,1 - 0,6 MPa
- Nanofiltrace organické látky s molekulovou hmotností 500 - 1000 (Na⁺ a K⁺ - 40 - 70 %, Ca²⁺ a Mg²⁺ - 85 - 95 %), tlak 0,5 - 0,7 MPa
- Reversní osmóza veškeré rozpuštěné soli a organické látky s částicemi menšími než 0,001 mikrometrů, tlak více než 5 MPa

Využívá se membrána jako selektivní bariéra mezi vodou a odstraňovanými látkami.

Membrány - symetrické , asymetrické (2 vrstvy), kompozitní (několik vrstev)

2.1. Úprava vody pro pitné účely

21

Adsorpce

Zachycování plynů, par a rozpuštěných látek na povrchu pevných látek. Používá se k pro zlepšování organoleptických vlastností, odstraňování pesticidů, humínových látek, uhlovodíků a pro dechloraci

Materiály

- zrněné aktivní uhlí
 - při trvale zhoršené kvalitě vody jako náplň filtru
 - předřazena oxidace nejčastěji ozonizací
 - zrna 1,5 - 3 mm, objemová hmotnost 300 - 500 g / l
- práškové aktivní uhlí
 - při sezónně zhoršení kvalitě vody
 - dávkování do vody
 - zařazeno před filtraci
- Sorpční hmoty - na bázi měničů iontů, křemičitanů nebo hlinitokřemičitanů

2.1. Úprava vody pro pitné účely

22

Dezinfekce (1)

Zneškodnění choroboplodných zárodků (bakterie a viry)

Druhy dezinfekce

Primární - součást vlastního procesu úpravy vody, odstranění patogenních zárodků z upravované vody

Sekundární - hygienické zabezpečení upravené vody.

- dostatečná zbytková koncentrace k zajištění mikrobiologické kvality v celém systému.
- minimalizace tvorby vedlejších produktů

Způsoby

- chemické - působení silných oxidačních látek na patogenní zárodky (chlor, chlornan sodný, oxid chloričitý, ozon, manganistan draselný)
- fyzikální - UV záření, anodická oxidace, ionizující záření

2.1. Úprava vody pro pitné účely

23

Dezinfekce (2)

Ozon

- pro primární dezinfekci, preoxidaci surové vody, oxidaci za prvním separačním stupněm, před filtry se zrněným aktivním uhlím
- nejsilnější oxidační činidlo, je značně nestálý
- nedá se stlačit a skladovat, vyrábí se na místě úpravy
- vysoce toxický a korozivní - nutné dokonalé odvětrání z prostoru úpravny
- ne pro hygienické zabezpečení



2.1. Úprava vody pro pitné účely

24

Dezinfekce (3)

Chlor

- žlutozelený dusivý plyn, pro hygienické zabezpečení v případě, že nevzniká větší množství vedlejších produktů
- dodává se kapalný (láhve, sudy) nebo plynný (láhve)
- dávkování chlorátory jako
 - plyn
 - vodný roztok
- výhodou nízká cena, jednoduché dávkování
- tvorba chlorderivátů - karcinogenní
- tvorba chlorfenoly - silný zápach
- účinnost klesá od hodnoty pH 6



2.1. Úprava vody pro pitné účely

25

Dezinfekce (4)

Oxid chloričitý

- oranžový nestabilní plyn, pro preoxidaci i hygienické zabezpečení
- při tlaku 0,1 Mpa a teplotě 11°C kondenzuje jako explozivní kapalina
- vyrábí se z kyseliny chlorovodíkové a chloritanu sodného jako koncentrovaný roztok, který se dávkuje
- vyšší provozní náklady
- vznik chloritanů, chlorečnanů a dalších organických látek s mutagenními vlastnostmi
- vyšší stabilita
- netvoří haloformy, páchnoucí chlorderiváty, efektivní v širším rozsahu pH

2.1. Úprava vody pro pitné účely

26

Dezinfekce (5)

UV záření

- nejúčinnější při vlnové délce 254 nm
- rozhodujícím předpokladem je absorpce záření nukleovými kyselinami DNA a RNA - zamezuje se množení mikroorganismů
- zdroje UV záření - rtuťové výbojky
 - vysokotlaké
 - nízkotlaké
- nevzniká indukované znečištění
- účinek dezinfekce není trvalý
- balené vody



2.1. Úprava vody pro pitné účely

27

Stabilizace

- pro velmi měkké povrchové vody - docílení vápenato-uhličitanové rovnováhy a odstranění korosivních vlastností

Přímé - smíchání vápenné vody

- s vodou přímo obohacenou CO_2
- se sodovou vodou

Nepřímé - reakce uhličitanu vápenatého s kyselinou sírovou, následné odkyselení CO_2 hydrátem vápenatým

- rychlé smísení jemně mletého vápence x kyseliny sírové, vyvločkování, před přítokem na filtr vápenná voda
- při ztvrdování místo vápna i filtrace (mramor, polovypálený dolomit)

2.1. Úprava vody pro pitné účely

28

Flotace

- flotace rozpuštěným vzduchem - pro první separační stupeň suspendované látky jsou mikrobublínkami vynášeny k hladině, kde jsou jako pěna odstraňovány
- používaná převážně v úpravě průmyslových vod
- energeticky náročnější proces, potřebuje však méně prostoru než sedimentace

Odkyselování

- odstranění agresivního oxidu uhličitého (koroze betonových a kovových konstrukcí)
- mechanické - odvětrání části CO_2 a obohacování vzdušným kyslíkem
 - rozstřikování
 - intenzivní aerace
 - skrápění
- chemické - reakce CO_2 se zásaditými hmotami
 - alkalizační prostředky - dávkování vápenného mléka
 - odkyselovací hmoty - mramor, polovypálený dolomit

2.1. Úprava vody pro pitné účely

29

Odželezování, odmanganování

Zvýšený obsah Fe a Mn

- zhoršuje organoleptické vlastnosti vody
- způsobuje zanášení potrubí

Způsoby odstraňování

- oxidace vzdušným kyslíkem (dtto mechanické odkyselování), ozonem, chlorem, někdy alkalizace (hydroxidy sodný a vápenatý, uhličitan sodný) - oxidace při nižším pH nízká
- filtrace
- mangan - filtry preparované manganistanem draselným

2.2. Úprava vody pro technologické účely

1

Změkčování

Odstraňování vápníku a hořčíku, které jsou příčinou nadměrných inkrustací nebo jsou nevhodné v technologických vodách (např. textilní, koželužský a potravinářský průmysl)

Částečné změkčení (odstraňování hydrogenuhličitanů) - dekarbonizace

- termická - zahřátí vody k bodu varu
- kyselinou (chlorovodíková, sírová) - vyšší provozní náklady, složitější obsluha
- srážením vápnem - současné odstranění CO_2 (sytič, reaktor, filtr)
- výměnou iontů

Úplné změkčení

- srážení - NaOH , Ca(OH)_2 , Na_2CO_3 , fosforečnany
- iontová výměna
- membránové procesy

2.2. Úprava vody pro technologické účely

2

Iontová výměna (1)

- průtok vody kolonou s náplní ionexu, důležitá pravidelná regenerace ionexu. Ionty jsou zachycovány a nahrazovány stejně nabitými ionty z ionexu.
- limitujícím faktorem likvidace regeneračních roztoků s vysokým obsahem solí
- některé nejznámější aplikace
 - změkčení úplné, částečné (dekarbonizace)
 - deionizace, demineralizace
 - odstraňování amonných iontů
 - odstraňování dusičnanů a dusitanů

Podle náboje disociované funkční skupiny

- katexy - vyměňují kationty (např. K^+), jejich funkční skupiny mají záporný náboj
- anexy - vyměňují anionty (např. CO_3^-), jejich funkční skupiny mají kladný náboj

2.2. Úprava vody pro technologické účely

3

Iontová výměna (2)

- Katexy
 - silně kyselé - skupiny - SO_3 - odstraňují vápník a hořčík
 - slabě kyselé - skupiny - COO
- Anexy
 - silně zásadité - kvarterní amoniové skupiny - výměna aniontů silných i slabých kyselin za OH^-
 - slabě zásadité - primární, sekundární a terciální amoniové skupiny - výměna pouze ionty silných kyselin (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-)
- Kombinací silně kyselých katexů a slabých zásaditých anexů lze z vody odstranit všechny ionty - deionizace vody
- Kombinací silně kyselých katexů a silně zásaditých anexů lze z vody odstranit prakticky všechny rozpuštěné anorganické látky včetně neelektrolytů - demineralizace vody



2.2. Úprava vody pro technologické účely

4

Reversní osmóza (1)

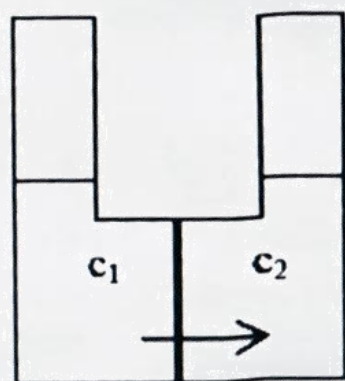
- Osmóza - proudění rozpouštědla přes membránu do roztoku do dosažení osmotické rovnováhy
- Osmotický tlak - rozdíl koncentrací kapalin
- Reverzní osmóza - působením vyššího tlaku na roztok přechází molekuly rozpouštědla membránou v opačném směru než při osmóze
 - mořská voda 5 -7 MPa
 - brakická voda 1,5 -2 MPa
- Membrána - polopropustná kompozitní vrstva (polyamid, polysulfen, zpevňující vrstva...)
- Koncentrát - zahuštěná vstupní kapalina v závislosti na použitém tlaku
- Permeát - výstupní kapalina zbavená prakticky všech úplně rozpuštěných solí a organických látek
- Vodu lze zbavit všech rozpuštěných solí a organických látek menších než 0,001 mikrometrů i jednomocných iontů

2.2. Úprava vody pro technologické účely

5

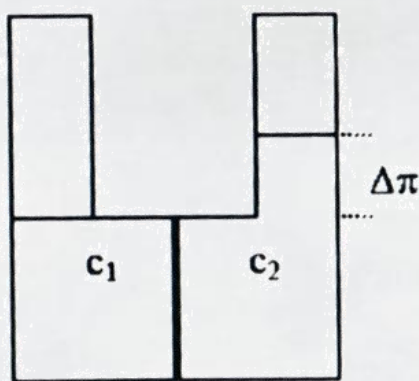
Reversní osmóza (2)

Princip reversní osmózy

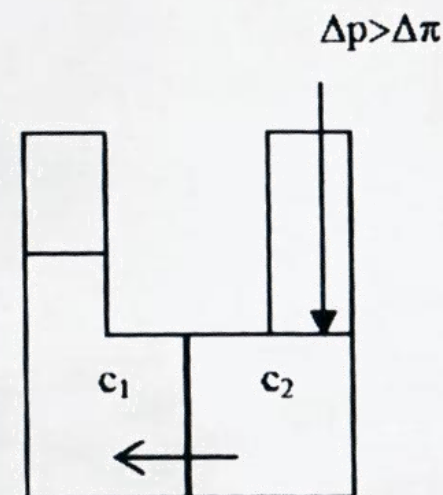


$t = 0$

$c_1 < c_2$



Rovnováha



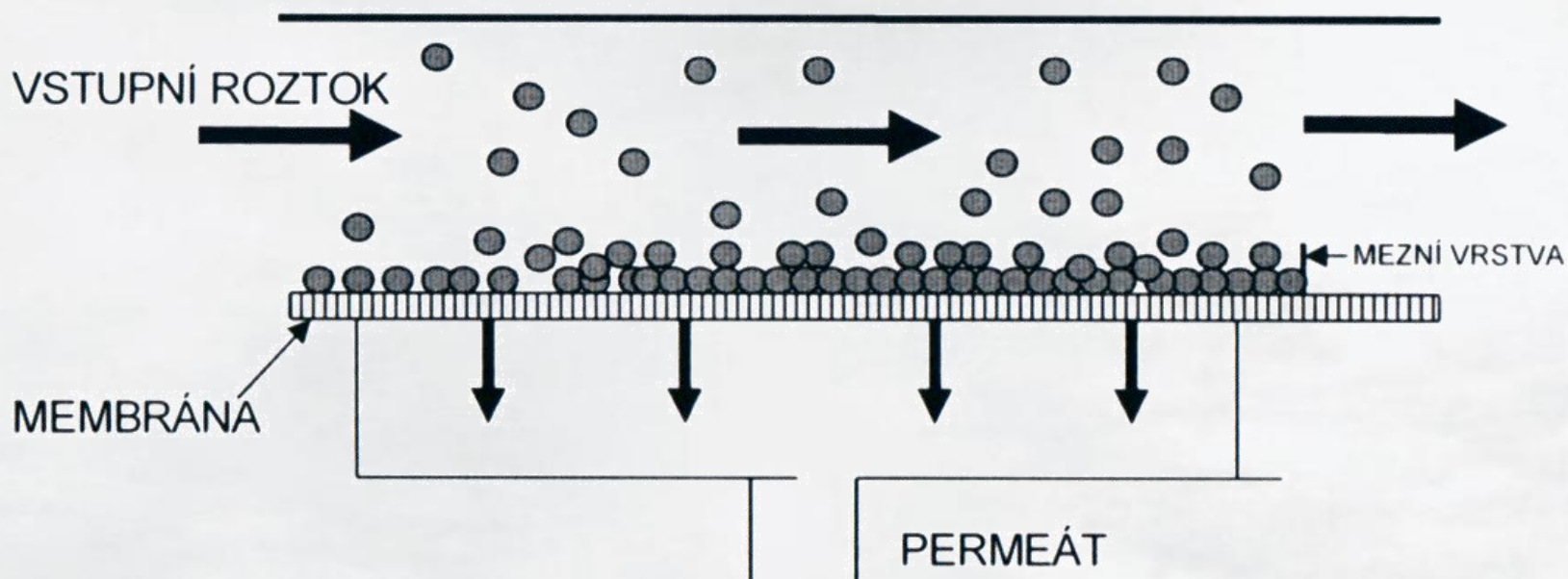
Aplikovaný vnější tlak

2.2. Úprava vody pro technologické účely

6

Reversní osmóza (3)

Princip spirálně vinutého modulu - dvě plošné membrány oddělené pórzní vložkou, spirálovitě stočené kolem centrálního děrovaného potrubí



2.2. Úprava vody pro technologické účely

7

Napájecí vody parních a horkovodních kotlů

- ohřevem vody dochází k vypadávání solí a plynných složek z vody, což způsobuje zahušťování nečistot a nežádoucí úsady na površích.
- příslušné normy uvádějí požadavky na složení kotelní a napájecí vody
 - nesmí docházet ke korozi
 - nesmí docházet k úsadám

Odplynění vody - termické, siřičitan sodný (doplňkově)

- Termická úprava v odplyňovacích zařízeních - kaskádovité, sprchové, atomizační s tryskou
- Principem je vždy maximální kontakt s párou, kdy dochází k dohřátí na teplotu blízkou varu vody (105 -140 °C) a pak k odplynění

Alkalizace vody

- tuhé alkalizační prostředky - fosfát, NaOH - dávkování přímo do kotlů
- těkavé alkalizační prostředky - amoniak, hydrazín, alkalizační aminy - dávkování do systému při průtočných kotlích

Kontrola solnosti napájecí vody (vodivost)

2.2. Úprava vody pro technologické účely

8

Vody pro chladicí okruhy (1)

- Chladicí okruh průtočný - filtrace před vstupem do chladicího systému (zárodky vyšších živočichů)
- Chladicí okruh s významnou obměnou chladiva - část vody se nahrazuje, filtrace výjimečně
- Chladicí okruh uzavřený - oběhovou vodu alkalizovat, přídavnou vodu změkčovat
- Otevřené chladicí okruhy s odparem (velké elektrárenské a chladírenské provozy) - velmi pečlivě nastavit úpravu s ohledem na kvalitu surové vody a potřebu provozů (filtrace, alkalické nebo kyselé čiření, nárazová desinfekce)

2.2. Úprava vody pro technologické účely

9

Vody pro chladicí okruhy (2)

Moderní přípravky

- Sekvestrační činidla - látky zabraňující vylučování sraženin (CaCO_3) na bázi polyfosfátů, fosfových kyselin, polyelektrolyty - působí i jako inhibitory koroze
- Dispergátory - polyelektrolyty, které zvyšují náboj v roztoku vznikajících sraženin či suspendovaných látek a zabraňují vzniku sedimentujícího kalu
- Inhibitory koroze - látky zvyšují odolnost daného materiálu proti korozi - sloučeniny chloru a zinku, organické inhibitory
- Biocidy - látky k hubení, tlumení nebo omezování růstu škodlivých organismů - směs chlornanu s bromidy

2.2. Úprava vody pro speciální účely

1

Ultračistá voda (1)

Mikroelektronika, zdravotnictví, letecký a kosmický průmysl

- Minimální vodivost, velmi nízké TOC, počet částic, počet bakterií, určité rozpuštěné soli a plyny (koncentrace v ng/l)
- Zvýšené nároky na znovuvyužívání vody (recirkulace) a snížení spotřeby
- Doprava vody pod správným průtokem a vhodným tlakem, zajistit neustálý průtok, vložená desinfekce UV zářením nebo ozonem
- Použitý materiál pro konstrukce - polypropylen, polyvinilchlorid (na ústupu), nerezová ocel, PVDF (derivát fluorovaných uhlovodíků)

2.2. Úprava vody pro speciální účely

2

Ultračistá voda (2)

Stupeň úpravy vody	Technologie
Předúprava	Dávkování POF Vícevrstvá filtrace Sorpční anex Aktivní uhlí Změkčování
Základní úprava	Ohřev vody Reversní osmóza UV oxidace Mixbed (Ionex) Mikrofiltrace Ultrafiltrace Odstranění O ₂

2.2. Úprava vody pro speciální účely

3

Ultračistá voda (3)

Stupeň úpravy vody	Technologie
Dočistění Recirkulace	Ochrana N2 UV oxidace Mixbed UV desinfekce Ultrafiltrace Distribuční smyčka z PVDF

2.2. Úprava vody pro speciální účely

4

Membránové procesy

Mikrofiltrace

Filtrovaná voda prochází překážkou o dané porozitě, filtrované látky zůstávají na membráně, regenerace membrány se neprovádí, filtrační materiál - navinutý polypropylénový drát (úhel navinutí=otvor 0,05 - 0,2 μm)

Ultrafiltrace

Filtrovaná voda protéká podél mebrány, voda zbavená nečistot protéká membránou, nečistoty jsou z povrchu odplavovány do odpadu, dvojitá mebrána z dutých vláken, odstranění částic velikosti 0,005 - 0,1 μm



2.2. Úprava vody pro speciální účely

5

Průsakové vody ze skládek

Značná kvalitativní a kvantitativní rozmanitost v návaznosti na

- sládkovaný odpad
- stáří skládky (kyselinotvorná nebo methanogenní fáze)
- množství dešťových srážek
- provozní parametry (hutnění, odvod bioplynu, systém ukládání odpadů)



2.2. Úprava vody pro speciální účely

6

Příklad vybraných parametrů sledovaných u průsakových vod ze skládky odpadů a rozsah obvyklých hodnot

	CHSK _{Cr}	BSK ₅	RL	RAS	NL	Co	Ni	Se	Hg	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	N _{celk}	NH ₄ ⁺	C ₁₀ -C ₄₀	pH
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-
od	350	40	3 000	2 500	30	0,00	0,00	0,000	0,000	600	250	1	70	50	0,06	7
do	2 300	1 300	7 000	6 000	250	0,01	0,08	0,005	0,001	2 000	1 500	4	200	160	1,20	8

Technologické možnosti čištění

- membránové separační procesy (mikrofiltrace, nanofiltrace ultrafiltrace, reverzní osmóza)
- vakuová odparka (destilace, odpařování vody)

