

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta



**Popis a zhodnocení současného stavu úpravy vody
k pitným účelům**

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Autor práce: Jana Šafránková

Praha 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Šafránková

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Popis a zhodnocení současného stavu úpravy vody k pitným účelům

Název anglicky

The description and evaluation of the current state of water treatment for drinking purposes

Cíle práce

Seznámit se s problematikou současného stavu úpravy vody k pitným účelům a popsat a zhodnotit jednotlivé používané technologie a technologická zařízení.

Metodika

1. Metodika práce

Na základě literárního rozboru oblasti zabývající se problematikou úpravy vody k pitným účelům, provést popis a zhodnocení používaných technologií a technologických zařízení úpraven vody.

2. Osnova práce

1. Úvod

2. Cíl práce a metodika

3. Charakteristika vybraných ukazatelů jakosti pitné vody

4. Technologie používané při úpravě vody k pitným účelům

5. Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům

6. Zhodnocení jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům

7. Závěr

8. Seznam literatury

9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran

Klíčová slova

voda, pitná voda, úprava vody, technologická linka

Doporučené zdroje informací

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

VEGER, J.: Dezinfekce spotřebních dávek pitné vody. Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garrigua Masaryka, Praha 1995, 82 s., ISBN 80-85900-07-6

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 83/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
ZELINKA, Z. – FORMÁNEK, Z.: Úpravny vody. ERA, Brno 2005, 66 s., ISBN 80-7366-036-9

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 6. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Popis a zhodnocení současného stavu úpravy vody k pitným účelům vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědoma, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědoma že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

Podpis:

Poděkování:

Velmi děkuji Technické fakultě za příležitost studovat, dále doc. Petru Vaculíkovi za skvělé vedení a své rodině za nekonečnou podporu.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je popis a zhodnocení současného stavu úpravy vody k pitným účelům. V kapitole „Charakteristika vybraných ukazatelů jakosti pitné vody“ jsou uvedeny právní předpisy a základní definice pojmů daných právními předpisy. Tato kapitola obsahuje, jak se v ČR voda získává a jaké má pitná voda vlastnosti, tj. od mikrobiologických, biologických, fyzikálně-chemických a organoleptických. Kapitola „Technologie používané k úpravě vody k pitným účelům“ popisuje vodní zdroje, odběr vody, rozvody vody a technologické procesy na její úpravu. Další kapitola „Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům“ popisuje jednotlivá zařízení, např. česle, síta, pásové filtry, filtry, lapáky písku apod. Kapitola „Popis a zhodnocení vybrané technologie používané při úpravě vody k pitným účelům“ se zabývá úpravnou vodou Mokošín na Pardubicku a jejími technologickými postupy.

Klíčová slova: voda, pitná voda, úprava vody, technologická linka

The description and evaluation of the current state of water treatment for drinking purposes

The aim of this work is a description and evaluation of the current state of water treatment for drinking purposes. In the chapter „Characteristics of selected drinking water quality indicators“ are listed law and the basic definitions of the law. This chapter contains, as in the Czech water gains and what are the properties as drinking water. Since microbiological, biological, physical-chemical and organoleptic. The chapter „Technology used in water treatment for drinking purposes“ describes the water resources, water abstraction, water distribution systems and technological processes for its modification. Another chapter „Technological equipment used in water treatment for drinking purposes“ describes the devices, filters etc. The chapter „Description and evaluation of selected technologies used in water treatment for drinking purposes,“ deals with water treatment Mokošín in the Pardubice region and their technological processes.

Key words: water, drinking water, water treatment, technological line

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	3
3	Metodika práce	4
4	Charakteristika vybraných ukazatelů jakosti pitné vody	5
4.1	Právní předpisy	5
4.2	Základní definice a pojmy	6
4.3	Způsoby získávání vody v ČR	7
4.4	Základní vlastnosti pitné vody	8
4.4.1	Mikrobiologické vlastnosti vody	10
4.4.2	Biologické vlastnosti vody	11
4.4.3	Fyzikálně-chemické vlastnosti vody	11
4.4.4	Organoleptické vlastnosti vody	12
4.5	Mikrobiologické, biologické, fyzikální chemické a organoleptické ukazatele teplé vody z individuálních zdrojů	13
5	Technologie používané k úpravě vody k pitným účelům	16
5.1	Vodní zdroje, jímání a odběr vody	16
5.2	Doprava a rozvod vody	17
5.3	Technologické procesy úpravy pitné vody	18
5.3.1	Mechanické předčištění vody pro vodárenské účely	20
5.3.2	Úprava povrchových vod	20
6	Technologické postupy úpravy podzemní vody	26

6.1	Odstraňování dalších specifických látek	27
6.2	Další způsoby čištění vody	27
7	Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům.....	32
7.1	Česle	32
7.1.1	Typy česlí, které patří mezi nejpoužívanější	32
7.2	Síta	33
7.2.1	Typy sít, které se v praxi nejvíce využívají.....	33
7.3	Pásové filtry	34
7.4	Lapáky písku.....	34
7.5	Čiřiče	35
7.6	Filtry	36
7.7	Aerátory	36
8	Popis a zhodnocení vybrané technologie používané při úpravě vody k pitným účelům .	37
9	Závěr.....	40
10	Citovaná literatura	41
11	Přílohy	45

Seznam obrázků:

Obr. 1 Atypické mykobakterie	11
Obr. 2 Pseumonády	11
Obr. 3 Coliformní bakterie	14
Obr. 4 Styfylokok	14
Obr. 5 Streptokok	15
Obr. 6 Zjednodušené blokové schéma úpravy vody	19
Obr. 7 Podrobné schéma úpravy povrchové vody	19
Obr. 8 Porovnání technologií	28
Obr. 9 Pevný uhlíkový filtr	29
Obr. 10 Princip iontové výměny	31
Obr. 11 Technologické schéma česlí.....	32
Obr. 12 Technologické schéma lapáku písku.....	34
Obr. 13 Schéma čířiče	35
Obr. 14 Filtry.....	36
Obr. 15 Obec Mokošín na Pardubicku	38
Obr. 16 Mokošín	39

1 Úvod

Thalés z Milétu:

„Principem všech věcí je voda, z vody je vše a vše se do vody vrací“

Již zakladatel řecké filosofie Thalés z Milétu (548 př.n.l.) si byl vědom důležitosti vody pro život na Zemi. Hydrosféra (vodní obal Země) představuje soubor všeho vodstva Země – tj. povrchové vody, podpovrchové vody, vody obsažené v atmosféře a vody v živých organismech. Celkové zásoby vody na Zemi činí asi 1 385 989 600 km³, z toho sladká voda představuje 2,53 %. Ve světovém oceánu je obsaženo asi 96,54 % slané vody a 2,5 % sladké vody (POŠTA, 2005).

Voda na zemském povrchu není stacionární, ale je v neustálém koloběhu (cirkulaci), kterého se zúčastňuje ročně přibližně 525 tisíc km³, která během oběhu přechází postupně z jednoho skupenství do druhého. Oběh vody je způsoben dopadající sluneční energií a zemskou přitažlivostí. Vlivem dopadajícího slunečního záření se voda ze zemského povrchu vypařuje do atmosféry, kde ji unášejí vzdušné proudy v podobě mraků. Při následném poklesu teploty dojde k tomu, že se vodní pára začne kondenzovat v mracích a začne se snášet zpět na zemský povrch v podobě dešťových či sněhových srážek. Převážné množství srážek spadne zpět do oceánů a jen asi 8,3 % dopadne na pevninu. (POŠTA, 2005)

Z tohoto množství je jen malé množství vody v takové kvalitě, aby mohla být v původním stavu, či po úpravě používána k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, v potravinářství, k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami, nebo lidským tělem. Hygienické požadavky na pitnou vodu jsou stanoveny vyhláškami a pravidelně jsou novelizovány.

Definicí pitné vody může být citát z Vyhlášky 252/2004 Sb. „pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví“.

Více než miliarda lidí na světě nemá přístup ke kvalitnímu zdroji pitné vody. Nejhorší je situace v subsaharské Africe, kde má přístup k nezávadné pitné vodě pouze 56 % obyvatel (DENNÍ TISK, 2015).

Dá se předpokládat, že v budoucnu bude voda strategickou surovinou. Nedostatek srážek v roce 2015 dává tomuto tvrzení zapravdu. Zdrojem pitné vody jsou z velké části podzemní hlubinné zdroje. Ty jsou především doplňovány ze sněhových srážek. Poslední mírné zimy s nedostatkem sněhu deficit spodních vod ještě prohloubily. Úbytek vodních zdrojů vhodných k úpravám na vodu pitnou je patrný i v povrchových vodách (HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV).

2 Cíl práce

Tato kapitola se zabývá popisem cíle bakalářské práce. Cílem je se seznámit s problematikou současného stavu úpravy vody k pitným účelům a zhodnotit vybrané používané metody při úpravě vody.

Na základě literárního rozboru oblasti hospodářství, která se zabývá problematikou současného stavu úpravy vody k pitným účelům, provést popis a zhodnocení vybraných používaných technologií a technologických zařízení.

3 Metodika práce

Tato kapitola se zabývá popisem metodiky práce. Zvolené metody zpracování této bakalářské práce, s ohledem na cíl uvedený v předchozí podkapitole a téma „Popis a zhodnocení současného stavu úpravy vody k pitným účelům“ jsou následující:

1. charakteristika vybrané části hospodářství;
2. charakteristika pitné vody;
3. popis problematiky úpravy vody;
4. popis vybraných technologií používaných při úpravě vody k pitným účelům;
5. popis technologických zařízení používaných při úpravě vody k pitným účelům;
6. celkové zhodnocení dané problematiky.

4 Charakteristika vybraných ukazatelů jakosti pitné vody

Voda je jedna z nejdůležitějších látek na Zemi a je nezbytná pro vznik života. Ve starověkém Řecku byla považována za jeden ze čtyř elementárních prvků (ostatní jsou vzduch, země a oheň). Podle vodních zdrojů se budovala i sídla. Souhrn veškeré vody na Zemi se nazývá hydrosféra (z řeckého hydór = voda) (PITTER, P., 2009).

V České republice průměrné roční srážky činí 672 mm. Baltské moře je nám nejbližší. Řeka Vltava je nejdelší, měří 433 km. Labe je nejvodnatější a má také největší plochu povodí, která činí 51 394 km² (ČSÚ)

Světový den vody se koná každý rok 22. března. Byl vyhlášen na Valném shromáždění OSN v roce 1992. Vznikl z důvodu nedocení významu ochrany, rozvoje a udržitelnosti vodních zdrojů, na nichž závisí budoucnost lidstva. (KRÁL M., 2000)

4.1 Právní předpisy

- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.
- Novela 83/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.
- Vyhláška č. 313/2015 Sb., kterou se mění vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod.
- Vyhláška č. 48/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 414/2013 Sb., o rozsahu a způsobu vedení evidence rozhodnutí, opatření obecné povahy, závazných stanovisek, souhlasů a ohlášení, k nimž byl dán souhlas podle vodního zákona, a částí rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci.
- Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- Vyhláška č. 155/2011 Sb., o profilech povrchových vod využívaných ke koupání.
- Vyhláška č. 93/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody.
- Vyhláška č. 393/2010 Sb., o oblastech povodí.

4.2 Základní definice a pojmy

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, definuje základní pojmy, které jsou uvedeny v § 2 a v Hlavě II § 3:

- Pitná voda

Zdravotně nezávadná voda, která je určena k pitným účelům

- Užitková voda

Zdravotně nezávadná voda, která není určena k pitnému režimu. Vhodná na hygienu, mytí nádobí a praní prádla.

- Hygienický limit

Hodnota stanovená v přílohách 1,2 a 3 Vyhlášky 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

- Mezní hodnota

Hodnota ukazatele jakosti pitné vody, jejíž překročení obvykle nepředstavuje zdravotní riziko. Není-li uvedeno jinak, jedná se o horní hranici rozmezí přípustných hodnot.

Další pojmy definuje vyhláška č. 83/2014 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody:

- pH

Přesná definice zní: „Záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových kationtů ve zředěném vodném roztoku.“ Velmi zjednodušeně by se dalo říct potenciál vodíku. Roztoky rozdělujeme na kyselé, neutrální a zásadité. Stupnice, která slouží pro zjištění pH je od 0–14. Hodnota pH lze zjistit například pH papírky nebo metyl oranž. Ideální pH pitné vody se pohybuje mezi 6,5 až 9,5. Nižší pH je agresivní a naopak vyšší je snížena schopnost dezinfekce (DEFINICE pH, 2016).

4.3 Způsoby získávání vody v ČR

Řešení problému získávání pitné vody se soustřeďuje na dvě oblasti, a to na kvalitu vodních zdrojů a na úpravárenské technologie. Jakost vody je v ČR sledována v „Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí“. V České republice je přibližně 42% obyvatel zásobováno pitnou vodou vyrobenou z podzemních vod, kolem 30% z povrchových zdrojů a 23% ze smíšených zdrojů. Její spotřeba od roku 1989 klesá. V roce 2004 byla přibližná spotřeba na osobu 211 litrů na jeden den. V roce 2011 už „jen“ 83 litrů (ČSÚ).

Vodní zdroje

Skládají se z podzemní nebo povrchové vody, které jsou využívány pro lidskou potřebu. Jejich hlavním rysem je, že se v rámci oběhu vody na Zemi obnovují. Můžeme je hodnotit podle vydatnosti a kvality. Lze je rozdělit na zdroje, u kterých není potřeba vodu upravovat a na zdroje, kde je nutná desinfekce, odkyselení provzdušňováním. Dále na zdroje, kde je nutné vodu složitěji upravit a nakonec na zdroje, které jsou nevhodné na pitné účely.

Je zde i několik přírodních faktorů, které ovlivňují vodní zdroje. Patří mezi ně srážky (atmosférické=kapalné nebo tuhé, horizontální=rosa, jinovatka, námraza) a výpar, morfologické a geologické poměry území, vegetační pokryv území, složení a hydrogeologické vlastnosti půd území (PITTER, P. 2009).

Rozdělení vody na Zemi: 96,5% moře a oceány, 99% slaná voda a 1% sladká voda (povrchová, v atmosféře, podzemní).

Odvětví, které se zabývá vodou, se nazývá hydrochemie. Ta se zabývá původem vody a jejím chemickým složením. Dále se vodou zabývá technologie úpravy a čištění vod, jinak nazývaná aplikovaná hydrochemie. Hydrochemie se zajímá o způsoby získávání vody, její úpravy a čištění (PITTER, P., 2009).

Počátky vzniku kvantitativní chemie a základů analýz vod spadají do poloviny 18. století a jejich autorem je Antoine Laurent Lavoisier. Další rozvoj byl v důsledku rozvoje průmyslu a také v důsledku větších požadavků na pitnou vodu, spojenou s růstem měst. V 19. století vznikly samostatné obory „Hydrochemie“ a „Technologie vody“ (PITTER, 2009).

4.4 Základní vlastnosti pitné vody

Voda je také dobrým rozpouštědlem. Lze rozpouštět látky polární (pozn.: voda je silně polární) i nepolární (polární látky jsou látky, u kterých lze rozlišit kladný a záporný pól, kdežto látky nepolární jsou takové látky, u kterých póly nejdou přesně určit). Co se týče rozpustnosti plynů ve vodě, tak plyn se rozpouští tak dlouho, až mezi oběma fázemi nastane rovnováha. Rozpustnost ovlivňuje chemická povaha plynu a povaha kapaliny, tlak dle Henryho zákona a teplota. Rozpustnost tuhých a kapalných látek ve vodě znamená, že dochází k rozptýlení částic látky rozpouštěné v rozpouštědle. Pokud spolu látky nereagují, označujeme to jako roztok (STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2011, 2013).

• Požadavky na jakost vody

Dle účelu použití dělíme vodu na užitkovou, pitnou a provozní. Za užitkovou vodu můžeme označit takovou vodu, která je hygienicky nezávadná, avšak není určena k pití a vaření. Za pitnou je označena taková voda, která je určena pro zásobování obyvatel na pití a vaření. Pro účely v průmyslu a zemědělství se využívá voda provozní. Ta je určena například pro chlazení, mytí zařízení, rozpouštění, hydraulickou dopravu, zavlažování a napájení parních kotlů (STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, 2011, 2013).

Ukazatele jakosti pitné a teplé vody a jejich hygienické limity

V úvodu práce byla použita citace z Vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Tato vyhláška byla novelizována naposledy Vyhláškou 83/2014 Sb.

Touto vyhláškou 83/2014 Sb. se stanoví v souladu s právem Evropských společenství hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody včetně pitné vody balené a teplé vody dodávané potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem. Vyhláška dále stanoví rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody.

a) Fyzikálně-chemické vlastnosti

Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoli druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví (Vyhláška č. 83/2014 Sb.)

b) Radiologické ukazatele

U surových nebo pitných vod, u kterých je uměle snižován obsah vápníku, nebo hořčíku, nesmí být po úpravě obsah hořčíku nižší, než 10 mg.l^{-1} a obsah vápníku nižší než 30 mg.l^{-1} . Radiologické ukazatele pitné vody a jejich limity stanoví zvláštní předpis.

c) Mikrobiologické a biologické ukazatele

Mikrobiologické a biologické ukazatele jsou zjišťovány mikroskopickým rozborem vzorku vody. Pro tyto účely se tím rozumí živé organismy – sinice, řasy, prvoci, mikromycéty, vířníci, hlístice. Organismy, které obsahují zelené barvivo chlorofyl, jsou detekovány autofluorescenční metodou, ostatní většinou pohybem.

Např. sinice (*Cyanobacteria*) jsou velmi jednoduché prokaryotické fotosyntetizující organismy, které se nacházely již v Prekambriu před 3,5 miliardami let. Předpokládá se, že ovlivnily i vznik atmosféry na Zemi. Rozmnožují se nepohlavně. Dále mikromycéty (*Aspergillus*) jsou všechny formy mikroskopických hub. Většinou vláknité vícebuněčné organismy. Rozmnožují se pohlavně i nepohlavně (MARA D., 2003); (SINICE 2016).

Zvýšenou pozornost je potřeba věnovat přítomnosti aromatických uhlovodíků (toluenu, xylenu, ethylbenzenu). Dalším významným kritériem je zjištění dusičnanů a dusitanů. Ve výpočtu pro obsah těchto látek platí vzájemný poměr - součet poměrů zjištěného obsahu dusičnanů v mg.l^{-1} děleného 50 a zjištěného obsahu dusitanů v mg.l^{-1} děleného 3 byl menší, nebo rovný 1. Obsah dusitanů v pitné vodě na výstupu z úpravny musí být nižší, než $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

Obsah chloru se sleduje u vod upravovaných chlorem, tam je mezní hranice $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$. V pitné vodě jsou rovněž sledovány obsahy kovů – manganu – hranicí je $0,10 \text{ mg.l}^{-1}$, dále mědi, u tohoto prvku je hraniční hodnotou $100 \text{ } \mu\text{mol.l}^{-1}$.

d) Další látky obsažené ve vodě

Další významnou sledovanou hodnotou je obsah pesticidů, kterými rozumíme všechny organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, ale i regulátory růstu a jejich případné metabolity. Sledují se i plynné látky, jako chloroform, bromoform, hodnoty nalezených plynů se sčítají a rovněž nesmí překročit stanovenou hranici. Součástí hodnocení je i obsah železa, hodnoty se považují za normální do limitu $0,50 \text{ mg.l}^{-1}$ (WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY 9/2004).

4.4.1 Mikrobiologické vlastnosti vody

Dají se považovat za nejdůležitější vlastnosti vody. O mikrobiologickou čistotu vody se starají úpravní vody. Nicméně i přes všechny úpravy, obsahuje voda malé mikroorganismy zvané spóry.

Pokud jsou dlouhé pauzy mezi čerpáním vody, je možné že ve vodě dojde k výskytu legionelly (*legionellapneumophila*) což je bakteriální onemocnění, pod tímto pojmem rozumíme 40 různých typů bakterií z čehož 20 je nebezpečných. Bakterie žije ve vodních prostředích. Největší riziko nákazy hrozí při vdechnutí bakterie v uzavřených prostorech jako například v bazénech, sprchových koutech, v průmyslových zařízeních a podobně.

Ideální podmínky pro výskyt legionelly jsou teploty od $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ až do 45°C a vhodné prostředí. Pod $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se nerozmnožuje. Rychlost množení jsou 4 hodiny, za tuto dobu se rozdělí na 2 další bakterie. Příznaky nemoci jsou stejné jako při zápalu plic, tj. horečka s bolestmi hlavy a suchý kašel. Mezi další příznaky patří průjem, špatná funkce ledvin, pocit zmatenosti.

Dále výskyt heterotrofní bakterie, což je druh bakterie, která se živí látkami, které pocházejí z jiných. Považujeme je za běžnou součást biofilmu. Rozmnožují se při teplotách kolem $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (MIKROBIOLOGICKÉ VLASTNOSTI VODY, 2016).

Biofilmy jsou mikrobiální společenstva buněk, které se obklopují vylučováním polymerů. Mnoho druhů bakterií tvoří biofilm a jejich studie ukázala, že jsou složité a různorodé. Strukturní a fyziologická složitost vedla k myšlence, že jsou koordinovány a shlukují se do skupin, analogicky jako mnohobuněčné organismy (NADELL, C.,2016).

Dále atypické mykobakterie, které označujeme i jako netuberkulózní mykobakterie. Jsou schopny žít v půdě i ve vodě a jsou odolné vůči chlóru a pseudomonády (*Pseudomonasaeruginosa*). Jedná se převážně o nemocniční bakterii, která napadá osoby s oslabenou imunitou. Může se přenášet potravinami nebo předměty, které s touto bakterií přišly do styku. Ke svému životu potřebují vlhké prostředí, tudíž se mohou snadno množit ve vodních zdrojích, ať už pitných či užitkových. Léčba je obtížná, protože bakterie je odolná proti řadě antibiotik. Může se projevovat zápallem plic, může postihnout močové cesty, kosti či u plavců zvukovod. Riziko je i při nevhodném uskladnění očních čoček. (ŠTEFÁNEK, 2011); (MIKROBIOLOGICKÉ VLASTNOSTI VODY, 2016).



Obr. 1 Atypické mykobakterie

Zdroj: www.is.muni.cz



Obr. 2 Pseumonády

Zdroj: www.viega.cz

4.4.2 Biologické vlastnosti vody

Pod biologickými vlastnostmi označujeme přítomnost mikroorganismů a makroorganismů. Do nich patří například sinice, řasy, prvoci, korýši, ryby, obojživelníci.

4.4.3 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Za fyzikálně-chemické vlastnosti vody můžeme označit pH, přítomnost kovů, prvků, anorganických a organických látek a sloučenin (BIELA, 2013).

4.4.4 Organoleptické vlastnosti vody

Za organoleptické vlastnosti vody označujeme teplotu, barvu, zákal, průhlednost, chuť a pach. Optimální teplota pitné vody je mezi 8 °C a 12 °C. Nad 12 °C není voda osvěžující a chladnější může způsobovat zdravotní potíže. Barva vody závisí na neabsorbovaném záření vlnové délky v oblasti viditelného spektra. Čistá voda záření neabsorbuje, tudíž se v tenké vrstvě jeví jako průhledná a v silné vrstvě jako modrá. Zákal je způsoben nerozpuštěnými organickými nebo anorganickými látkami. Může být dvojího typu, a to přirozený nebo umělý. Průhlednost je dána barvou a zákalem vody a udává se v cm vodního sloupce. Pach vody je primární a sekundární. Do primárního patří látky biologického původu, splaškové a průmyslové odpadní vody. Sekundární nastává např. při hygienickém zabezpečení chlorací. Chuť vody je ovlivňována podílem Ca, Mg, Fe, Mn, hydrogenuhličitanů a oxidu uhličitého.

- Teplota

V závislosti na druhu vody teplota kolísá od 0 °C až do téměř 100 °C. Teplota podzemních vod je přibližně konstantní. Obyčejné podzemní vody mají teplotu okolo 5 °C do 13 °C. Vyšší teplotu mají minerální vody. Teplota povrchových vod kolísá v závislosti na ročním období, také výrazně ovlivňuje intenzitu samočisticích procesů.

- Barva

Zabarvení vody ovlivňují také látky rozpuštěné a nerozpuštěné. Rozlišuje se barva skutečná a zdánlivá. Jak bylo řečeno v předchozím odstavci primárně je voda průhledná a přechází do modré. V důsledku jemně rozptýlených látek modrá barva může přecházet do zelené. Barva také závisí na mikroorganismech obsažených ve vodě, ty také dávají charakteristické zabarvení.

- Zákal

V povrchových vodách zákal způsobují SiO₄, oxidy železa, oxidy manganu, organické koloidy, bakterie a plankton. Právě zákal způsobuje nežádoucí vzhled vod.

- Průhlednost

U mořské vody je průhlednost asi do 200 m. U povrchové vody se v prvním metru pohltí kolem 50% světla, do 10 m se dostane asi 30%.

- Pach

V přírodních vodách, které obsahují anorganické látky je možno pociťovat pouze sirovodík. I při různých procesech, které vodu upravují např. chloraci lze pociťovat z vody chlor.

- Chuť

Kyselou chuť vyvolávají kyseliny, slanou hlavně chlorid sodný. Hořkou chuť způsobují živice a alkaloidy, sladkou sacharidy (RADVANSKÁ a kol., 2008).

4.5 Mikrobiologické, biologické, fyzikální chemické a organoleptické ukazatele teplé vody z individuálních zdrojů

Mikrobiologické požadavky

U hygienických limitů teplé vody jsou především sledovány coliformní bakterie. Bakterie z čeledi enterobakterií. V lidském těle se nachází ve střevech, ale jsou schopné žít i v půdě a ve vodě. V pitné vodě určené k zásobování požadujeme tzv. mezní hodnotu, která určuje, že vhodná je taková voda, která má nepřítomnost bakterie minimálně v 10 ml. Voda, ve které se tato bakterie nachází, může způsobovat zdravotní problémy, jako jsou například průjem, zvracení a nevolnosti (ODSTRANĚNÍ BAKTERIÍ A VIRŮ, 2016; KOLIFORMNÍ BAKTERIE, 2016).



Obr. 3 Coliformní bakterie

Zdroj: www.aquarex.cz

Dále se sleduje zlatý stafylokok (*Staphylococcus aureus*). Bakterie, ve své podstatě velmi zákeřná. Některé druhy jsou nám totiž neškodné a některé při přemnožení mohou způsobit velké zdravotní problémy. Přenáší se přímým kontaktem s nakaženou osobou. Léčba je obtížná kvůli nevyzpytatelnosti této bakterie a je nutná totiž léčba odborníkem. Projevů je mnoho, od hnisu, po impetigo což je kožní bolestivá vyrážka až k celulitidě. V některých případech nastává bakteriémie, což je případ kdy se stafylokok dostane do krevního oběhu člověka. V tomto případě následují horečky a může se objevit infekce mozku, srdce, plic nebo kostí a svalů. Léčí se antibiotiky. Jako prevence se dá označit dostatečná hygiena (STAFYLOKOK, 2012).



Obr. 4 Stafylokok

Zdroj: www.hermanka.cz

A v poslední řadě i streptokok (*Streptococcus*). Jeho název naznačuje i jeho strukturu, proto, že streptos znamená ohebný. Mezi příznaky patří bolesti hlavy, bolesti na hrudi, horečka, kašel, únava a vyrážka. Jsou trojího typu:

1. Alfa hemolytické

Přenáší se kapénkami. Inkubační doba je různá, od 1 do 3 dnů. Mezi typická onemocnění patří angína, zápal plic, zánět středního ucha, zánět nosních dutin a meningitida.

2. Beta hemolytické

Přenáší se také kapénkami, ale i kontaminovaným jídlem a kontaktem s nakaženou osobou. Mezi typická onemocnění patří angína, spála a zánět středního ucha. Může také způsobovat onemocnění kůže zvané impetigo a růže, taktéž celulitidu.

3. Gama hemolytické

Označované za tzv. nehemolytické neboli beze změn (HOLMANNOVÁ, 2013).



Obr. 5 Streptokok

Zdroj: www.ceskaordinace.cz

5 Technologie používané k úpravě vody k pitným účelům

Tato kapitola se zabývá technologiemi, používanými při úpravě vody k pitným účelům.

5.1 Vodní zdroje, jímání a odběr vody

Při posuzování vodních zdrojů se klade důraz na územní nerovnoměrnost vodních zdrojů a na časovou nerovnoměrnost výskytu vody.

Vodní zdroj může být charakterizován jako zdroj povrchové nebo podzemní vody, které společnost využívá. Půdní voda není zahrnuta do kapacity vodního zdroje.

Společnost se snaží maximálně využívat vodní zdroje. Mnohdy i rozporuplně. Jedná se o víceúčelové využívání tekoucích povrchových vod. To znamená zhoršení jakosti povrchové vody v důsledku vypouštění odpadních vod. Proto je užívání vody nutné koordinovat pomocí technických, organizačních, ekonomických, legislativních a správních opatření a postupů.

Při výběru vhodných vodních zdrojů, které mají zásobovat obyvatelstvo, průmysl i zemědělství se zaměřujeme zpravidla na vody podzemní a povrchové. Nicméně kapacita zmíněných vodních zdrojů není dostatečná, a proto se využívají i méně kvalitní vodní zdroje z toků řek, které je nutné upravit složitějšími a nákladnějšími technologickými postupy (DOHÁNYOS M., 1998).

Při výběru vodního zdroje je nutno posuzovat:

- podzemní vody – hygienický stav místa jímacího zařízení a přilehlého území;
- povrchové vody – hygienický stav místa odběru vody a vlastního zdroje nad a pod místem odběru;
- jakost zdroje;
- prognóza jakosti a vydatnosti.

Pod označením jakost zdroje je rozuměno, jaký technologický postup bude využíván, aby bylo docíleno pitné vody.

Jakost upravené vody je závislá na jakosti a druhu zdroje, také na technologickém postupu a na použitém zařízení.

- Podzemní vody

Podzemní vody vyplňují dutiny zvodněných hornin. Podzemní vody lze z hlediska jakosti rozdělit na vhodné pro vodárenské užití a nevhodné pro vodárenské užití. Vodárenským účelem je využívat vody, jejichž chemické složení je blízké normě ČSN 75 7111 „Pitná voda“, nebo vody, která se dá běžnými postupy na požadovanou jakost upravit. Po srovnání podzemní a povrchové vody, je zjištěno, že podzemní mají méně rozkolísané složení. Jde např. o teplotu, přítomnosti či nepřítomnosti kyslíku, množství oxidu uhličitého, zvýšená koncentrace Fe a Mn, obsah organických a mikrobiologických látek. Jakost podzemních vod je ovlivňována také procesy, které zde probíhají. Například vyluhování minerálních a organických složek z půd, vyluhování nerozpustných sraženin, a adsorpce a desorpce rozpustných látek půd a hornin.

- Povrchové vody

Hlavní část vodních zdrojů ČR představují povrchové vody, kvůli svému množství. Předpokladem je, že povrchová voda představuje až 80 % vyrobené vody. Využití vody závisí na jakosti povrchové vody. Povrchové vody na rozdíl od podzemních, se charakterizují vyšší proměnlivou teplotou, vyšším obsahem organických látek, vyšším obsahem kyslíku, nízkým obsahem oxidu uhličitého, Fe, Mn a také mají výrazně vyšší zastoupení mikroorganismů.

- Ochranná pásma vodních zdrojů

Ochranná pásma vodních zdrojů slouží k ochraně před znečištěním. Skládá se ze tří oddílů, kterými jsou: pásma hygienické ochrany (PHO), zřizování vodárenských nádrží a ustanovení závěrečná.

5.2 Doprava a rozvod vody

Vodárenská soustava, je systém zásobování vodou zahrnuje: zdroje vody včetně jímacích zařízení, úpravní vody a čerpací stanice, akumulaci vody a vodovodní potrubí. Vyplývá zde několik nejdůležitějších parametrů, např. vypočtený průtok vody (Q_v) a průměr potrubí (d).

Vypočtený průtok vody:

$$Q_v = \sqrt{\sum_{i=1}^m (q^2 \cdot n)} \quad [l \cdot s^{-1}] \quad /1/$$

q = jmenovitý výtok jednotlivými druhy armatur na vodovodním potrubí

n = počet stejných výtokových armatur

m = počet druhů výtokových armatur

Návrh průměru potrubí:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\Pi \cdot V_v}} \quad [m] \quad /2/$$

V_v = maximální rychlost

- Potřeba vody

Odběrem vody je rozuměno množství vyrobené a odebírané vody. Lze rozdělit na čtyři hlavní skupiny: odběry pro veřejné zásobování pitnou vodou, odběry pro zemědělství, pro průmyslové účely, pro ostatní účely.

- Nerovnoměrnost potřeby vody

Tato hodnota není konstantní, je závislá na čase, hospodářských a klimatických podmínkách. Lze rozdělit na hodinové, denní, měsíční a roční kolísání.

- Spotřeba a ztráty vody

Potřeba vody je skutečné nebo předpokládané odebírané množství vody. Zatímco za spotřebu lze označit takovou část, která se z celkové potřeby spotřebuje a nevrátí zpět do vodního zdroje. Lze rozeznávat dva typy spotřeby, absolutní a přechodnou.

5.3 Technologické procesy úpravy pitné vody

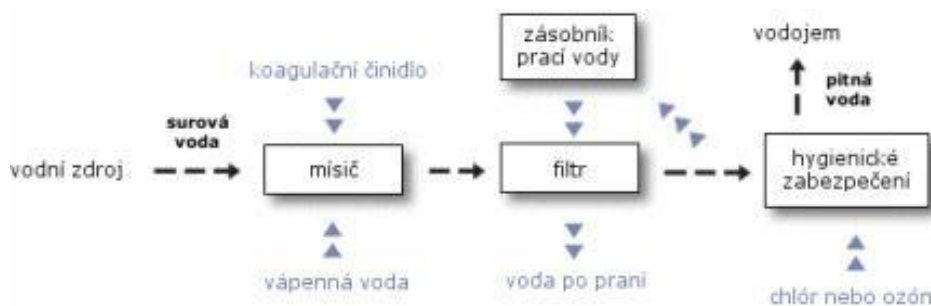
Vodní zdroje lze rozdělit do tří skupin:

- vody nevyžadující úpravu a vody vyžadující pouze mechanické odkyselení a hygienické zabezpečení – vody podzemní;
- vody vyžadující složitější úpravu – vody podzemní a povrchové, zahrnuje odkyselení, úpravu koncentrace Ca a Mg, odželezování a odmanganování, dekarbonizaci, sorpci, koagulační filtraci a další hygienické zabezpečení;

- vody méně vhodné či nevhodné pro zásobování obyvatelstva – podzemní a povrchové vody, patří sem i vody s vyšší koncentrací dusičnanů.

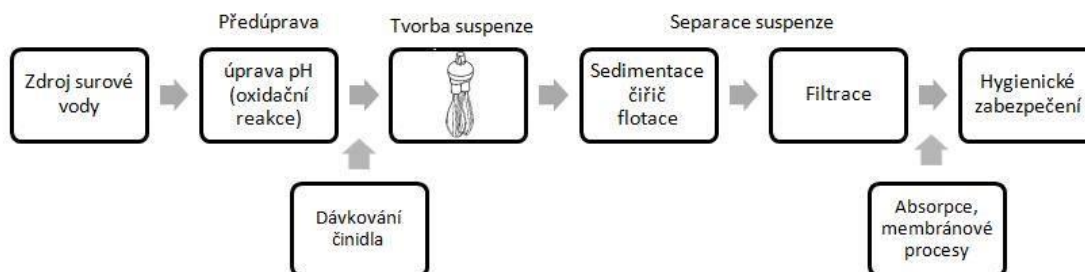
Dle koncentrace a charakteru látek ve vodě navrhujeme postup úpravy vody. Hrubě rozložené látky se odstraňují sedimentací, jemnější suspenze filtrací a sedimentací, velmi jemné čiřením. Rozpuštěné látky můžeme odstranit sorpcí, výměnou iontů a oxidací.

Z výše uvedených tvrzení vyplývá, že linka, která bude zpracovávat povrchovou vodu na pitnou, musí být vybavena technologickými procesy a strojním zařízením, které tento proces umožňuje. Je možné sem zařadit sorpci na aktivním uhlí, odstraňování amonných iontů, oxidační proces ozonizace, výměnu iontů apod (DOHÁNYOS M., 1998).



Obr. 6 Zjednodušené blokové schéma úpravy vody

Zdroj: www.is.mendelu.cz



Obr. 7 Podrobné schéma úpravy povrchové vody

Zdroj: www.pivokonsky.wz.cz

5.3.1 Mechanické předčištění vody pro vodárenské účely

Povrchová voda, jež se používá na vodu pitnou, obsahuje plovoucí látky, hrubší suspenze a látky šinuté vodním proudem, což může být písek. Všechny tyto látky se z vody musí odstranit, protože by se mohly dostat až do úpravně a narušit tak proces úpravy vody. Mezi zařízení, které slouží pro odstranění těchto látek, slouží česle, síta, pásové filtry a lapáky písku.

5.3.2 Úprava povrchových vod

Výběr vhodného technologického postupu závisí na povaze a koncentraci látek ve vodě. Žáček považuje za rozhodující kritérium hodnotu CHSK mn. Je nutné přihlížet k laboratorním, modelovým a poloprovozním zkouškám a také ke kolísání jakosti zdroje a dalším. Při rozhodování zda použít jednostupňovou či dvoustupňovou úpravu musíme brát v úvahu nejen kvalitu ale i ekonomické hledisko navržených postupů.

Tabulka 1.1. Rozdělení povrchových vod ve vztahu k upravitelnosti dle Žáčka, 1990

Technologický proces	Zákal	CHSK	Použití po úpravě
Hygienické zabezpečení	Bez	Do 3	Pitná a užitková voda
Koagulační filtrace	Nepatrný	3-5	Pitná a užitková voda
Dvoustupňová nebo vícestupňová úprava	Nerozhoduje	5-15	Pitná a užitková voda
Dvoustupňová nebo vícestupňová úprava	nerozhoduje	Nad 15	Užitková voda

- Úprava vody čířením

Jinak také koagulace, je fyzikálně - chemický proces, který slouží k odstraňování koloidních látek. Spočívá v dávkování dvojmocných nebo trojmocných solí Fe, Al a koagulantů. Vznikají oddělené částice zvané vločky, které lze odstranit několika metodami, např. sedimentací, filtrace a průchodem vločkového mraku v čířičích.

Tato poslední metoda je nejčastější, princip je dost podobný jako u pískových filtrů. Spočívá v separaci suspenzí pomocí adhezních sil. Rozdělujeme několik způsobů separace, jednostupňová separace se užívá především u kvalitnějších zdrojů a dávka koagulantu je nízká. Jako koagulanty se nejčastěji používají soli Fe a Al, chlorid a síran železitý apod. Dvoustupňová separace spočívá ze dvou stupňů, první je čířič a druhý je filtr.

- Filtrace

Filtraci lze považovat za jeden ze závěrečných technologických článků úpravy vody. Obvykle následuje za sedimentací nebo za čířením. Vlastní filtrační cyklus se skládá z filtrační a prací fáze. Filtrační fáze je fáze, ve které se ve filtrační náplni zachycují suspenze. V pracovní fázi pak dochází k regeneraci filtračního lože a odvádění zachycených částic do odpadu (DOHÁNYOS M., 1998).

Příklady filtrace:

- a) Filtrace vody aktivním uhlím

Aktivní uhlí rozdělujeme na prachové, granulované a tvarované. Je schopno absorbovat organické látky z vody i plynů. Chlór se mění na chlorid, sirovodík na síran. Odstraňuje zápachy, pachutě, zbarvení a mnoho dalších látek (AKTIVNÍ UHLÍ, 2016).

- b) Písková filtrace

Snaží se napodobit přírodní filtraci. Užívá se písková křemičitá náplň, která je schopná zachytit mikroskopické částice. Hojně se používá u bazénů (PÍSKOVÁ FILTRACE, 2016).

- Hygienické zabezpečení

Mezi poslední technologické postupy při výrobě pitné vody patří zabezpečení zdravotní stránky vody. Proto se využívají různé dezinfekční prostředky, abychom zabránili šíření a přenášení infekčních onemocnění a zaručili tzv. bakteriologickou nezávadnost (DOHÁNYOS M., 1998).

Mezi technické způsoby používané pro úpravu vody patří:

- a) Chlorace a chloraminace vody

Chlorace je dávkování plynného chloru, chlornanu sodného nebo vápenatého do vody. Velikost dávky uvedených chemikálií závisí na složení vody (spotřebě chloru) a na dezinfekčních limitech. Zabezpečení pomocí chloru má největší význam pro centrální zásobování. Ideální množství je v rozmezí 0,2 – 1 mg.l⁻¹. Rozmezí závisí na teplotě, kvalitě vody a době styku prostředku s vodou. Dle normy ČSN 75 7111 nesmí hodnota chloru klesnout pod 0,05 mg.l⁻¹.

Pro pitnou vodu je potřeba zajistit minimální hodnotu zbytkové koncentrace chloru. K dosažení účinné dezinfekce musí účinná látka působit minimálně 20 minut. Účinnost chlorace je mimořádně závislá na pH hodnotě vody. U organicky znečištěných vod může dojít k výraznému zhoršení chuti a vůně vody a navíc hrozí nebezpečí vzniku vedlejších produktů chlorace – haloformů.

Ochrana rozvodů vody chlorem před bakteriologickou rekontaminací je všeobecně přeceňována, neboť chloru ve vodě velmi rychle ubývá během dopravy potrubím ke spotřebiteli (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A.; 2007).

Rozeznáváme několik druhů chlorace:

- prostou chloraci,
- předchloraci - její výhodou je, že přispívá ke zlepšení kvality upravené vody,
- dochlorování,
- předchloraci a dechloraci,
- chloraminaci – užívá se tam, kde jde o hygienické zabezpečení skupinových vodovodů.

b) Oxidace použitím oxidu chloričitého

Tento způsob úpravy vody je omezen složitostí přípravy oxidu chloričitého. Vznikají větší ekonomické náklady na daný proces. Nicméně oxidace má i své výhody. Za ty se dá považovat minimalizace vzniku chlorovaných uhlovodíků. Oxid chloričitý se připravuje dvěma způsoby:

- reakcí chloritanu sodného s chlorem,
- rozkladem chloritanu sodného minerálními kyselinami.

c) Ozónování vody

Ozón je dalším stále častěji používaným dezinfekčním prostředkem. Ozon je považován za nejsilnější dezinfekční a oxidační prostředek použitelný pro úpravu vody. Připravuje se ze vzdušného nebo čistého kyslíku při vysokém napětí. Ozón se rychle rozkládá za odštěpení kyslíku. Kyslík, který pak vznikne, má oxidační účinnost.

Tato metoda je podstatně účinnější než chlorace. Má ovšem nízkou trvanlivost (krátký poločas rozpadu) a poměrně špatně se rozpouští ve vodě. Při úpravě pitné vody dostává tato metoda přednost v případě, že je zapotřebí odbourat zabarvení vody, odbourání železa, manganu, nebo při likvidaci organických látek, jako např. kyseliny huminové. V Německu smí být ozon použit pouze pro oxidační procesy (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A., 2007), (DOHÁNYOS M., 1998).

Za výhodu se dá označit dezinfekční účinnost a zlepšení sensorických vlastností vody. Za nevýhodu pak vysoké energetické náklady a rychlá spotřeba ozónu.

d) Ostatní způsoby dezinfekce

U malých vodních zdrojů lze využít tzv. oligodynamické působení těžkých kovů, většinou solí stříbra nebo mědi. Oligodynamii rozumíme schopnost usmrcovat mikroorganismy jistým množstvím daného kovu, při dezinfekci např. stříbrem. Dále se užívá ultrafialové záření, nyní velmi perspektivní postup pro malé zdroje. Radioaktivní záření, které se užívá pro potlačení růstu mikroorganismů ve zdrojích podzemní vody s obsahem Fe a Mn (DOHÁNYOS M., 1998).

Chlordioxid je dezinfektant, který díky svým mnohačetným přednostem stále častěji nahrazuje chlor v mnoha aplikacích. Jeho dezinfekční účinek je větší a je nezávislý na pH hodnotě vody. Díky svým speciálním vlastnostem nevznikají vedlejší nežádoucí produkty, jako je tomu v případě chlorace. Mnohem větší stabilita a trvanlivost přináší lepší dezinfekční účinek v upravované vodě.

Pro pitnou vodu je zapotřebí zajistit minimální hodnotu zbytkové koncentrace chlordioxidu ve výši $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$. K dosažení účinné dezinfekce je potřeba minimální doba působení v trvání 15 minut. Na rozdíl od působení chloru lze konstatovat, že chlordioxid je schopen likvidovat biofilmy a tím zabránit nárůstům legionell (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A., 2007).

Při UV dezinfekci je voda krátkodobě vystavena působení UV záření. UV záření je efektivní způsob záření UV lampami, který neovlivňuje kvalitu vody. UV záření nemá dlouhodobější účinek v potrubních rozvodech, je však nesrovnatelně účinnější, než jsou chemické dezinfektanty při likvidaci parazitů.

Záření má intenzitu v rozmezí od 200 – 400 nm, které poškozují DNA mikroorganismů, likviduje enzymy, buněčné membrány a tímto vylučuje následnou reaktivaci mikroorganismů a jejich likvidace je úplná a trvalá. Není též zanedbatelný levný a efektivní provoz (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A., 2007).

Dezinfekce ionty stříbra - při procesu sterilizace pomocí stříbrných iontů se do vody dávkuje ionty stříbra v koncentraci od $0,05$ do $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$. Stříbrné ionty působí ve vodě jako tzv. oligodynamický germicid. Přesný průběh jejich působení není znám.

Pro dosažení požadovaného účinku je zapotřebí zabezpečit dobu zdržení v řádu několika hodin. V současné době se tento způsob dezinfekce pitné vody používá na zámořských lodích, nebo v oblastech postižených živelnými pohromami (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A., 2007).

Sterilní filtrace - vysoké náklady na tento proces vymezují jeho použití pouze v lékařských nebo farmaceutických provozech. Sterilní filtrace je založena na použití ultrafiltračních membrán se světlostí oka pod 0,5 μmol . Membrány musí být v pravidelných intervalech dezinfikovány. Jednoduché verze ultrafiltrů jsou rovněž používány pro malé domácí filtry pitné vody. U těchto filtrů však hrozí nebezpečí průniku bakterií přes filtr. Spolehlivý dlouhodobý účinek proti průniku bakterií nepřineslo ani použití stříbrných iontů (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A., 2007).

Písková pomalá filtrace s filtrační rychlostí okolo 0,1 m/hod je schopna dosáhnout výrazného snížení počtu mikroorganismů ve vodě. Velké filtrační povrchy a časově náročná údržba filtrů však znamenají, že tento způsob je nahrazován jinými metodami. V případě problematické surové vody je stejně nezbytné provádět dodatečnou dezinfekci vody jiným způsobem (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A., 2007).

Mechanická (keramická či membránová) separace bakterií, plísni, prvoků a jejich oocyst je moderní technologie, která umožňuje odstranit z vody nežádoucí biologické znečištění bez použití chemických látek, které produkují často karcinogenní látky (MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ A., 2007).

6 Technologické postupy úpravy podzemní vody

Tato kapitola se zabývá technologickými postupy úpravy podzemní vody. Jednotlivé postupy jsou popsány v dalších kapitolách.

Z podzemní vody je třeba odstranit především Fe, Mn, oxid křemičitý, oxid uhličitý, Ca, Mg a jiné kovy.

- Odkyselování

To je proces, při kterém se z vody odstraňuje oxid uhličitý. Ten způsobuje korozi kovových i betonových konstrukcí. Agresivní voda rozpouští Fe, Cu, Zn, Pb a způsobuje zdravotní problémy. Odkyselování se provádí mechanicky nebo chemicky, o výběru způsobu rozhoduje chemické složení vody.

Mechanické odkyselování je založeno na odstranění oxidu uhličitého provzdušňováním. Používá se tam, kde je větší obsah CO_2 . Jakmile se začne zmenšovat obsah rovnovážného CO_2 je odkyselování bezúčelné. Z praktické stránky se odkyselování provádí rozstříkem vody do vzduchu nebo vháněním vzduchu do vody.

Chemické odkyselování spočívá v odstranění CO_2 průtokem vody přes odkyselovací hmoty. Ty chemicky váží CO_2 . Například se používá mramor, dolomit, fermago, magno, vápno, hydroxid sodný a uhličitán sodný. Zařízení se nazývá rychlofiltr, nebo také tlakový filtr. Účinek této metody závisí na teplotě, výšce filtrační náplně a zrnění.

- Odželezování a odmanganování

Fe a Mn se vyskytují v podzemních vodách ve formě kationtů. Při této metodě je principem odstranění Fe a Mn a převedení z rozpustné formy na nerozpustnou. Je několik způsobů odželezování a odmanganování, patří mezi ně: metody oxidační, alkalizace hydroxidem vápenatým, kontaktní odželezování a odmanganování na písku preparovaném vyššími oxidy manganu, odstranění Fe a Mn z organických komplexů čiřením, odželezování a odmanganování v horninovém prostředí (Vyredox) (DOHÁNYOS M., 1998).

6.1 Odstraňování dalších specifických látek

K vážným problémům úpravy povrchových a podzemních vod patří odstraňování amonných iontů, dusitanů, dusičnanů a fosforečnanů. Amonné ionty se odstraňují sorpčními a oxidačními metodami. Dusitany se mění na dusičnany. Fosforečnany se odstraňují sorpčními a koagulačními pochody.

Anorganické a organické mikroznečištění způsobují olovo, rtuť, kadmium, chrom, stříbro a zinek. Lze je odstranit alkalickým čiřením, sorpcí. Organické mikroznečištění lze odstranit adsorpcí, oxidací ozónem.

Při odstraňování radioaktivních látek záleží na druhu znečištění. Například radon se odstraňuje aerací, uran čiřením. Dusičnany se odstraňují metodami chemické redukce, membránovými procesy, reverzní osmózou, biologickou denitrifikací a iontovou výměnou.

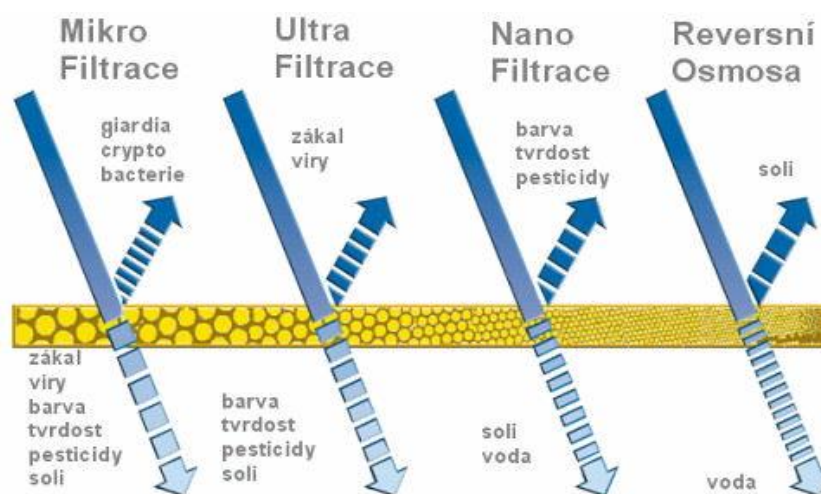
Biologická denitrifikace a iontová výměna se uplatňují, pokud je ve vodě vyšší koncentrace dusičnanů. Nicméně biologická denitrifikace má i své nevýhody, tou je například, že voda po denitrifikaci obsahuje mikroorganismy, které je nutné další metodou odstranit. Můžeme ji rozdělit na chemolitotrofní a organotrofní. Organotrofní denitrifikaci považujeme za výhodnější, protože probíhá vyšší rychlostí než chemolitotrofní a jsou při ní důležité tyto substráty: metanol, etanol, glukóza či kyselina octová. Chemolitotrofní denitrifikace je založena na principu bakterií, které čerpají energii z oxidace anorganických látek. Avšak biologickou denitrifikací úpravy vody nekončí. Koncentrace bakterií po této metodě je podobná, jako u povrchových vod. Při použití iontové výměny je třeba dbát na to, aby měniče měly hygienický atest. Ten je nutný, protože se mohou uvolňovat monomery a oligomery (DOHÁNYOS M., 1998).

6.2 Další způsoby čištění vody

• Membránová technologie

Využívá nanotechnologii. Rozdělujeme na mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci. Princip je v tom, že kal se filtruje přes membránu. Nabízí firma Mitsubishi. Na území ČR je odmítána, avšak má veliké přednosti oproti konvenční technologii. Membrány se vyrábí z polymerů jako např. acetát celulózy, polyamidy, polyestery, ale lze je vyrobit i ze skla a hliníku.

1. Mikrofiltrace, je proces, při kterém se zachycují například buňky bakterií nebo kvasinky. Je užívána v potravinářství u piva, vína, ovocných šťáv. Také v lékařském odvětví a i v metalurgii má jisté zastoupení. Tuto filtraci rozdělujeme na „Deadend“ a nebo „Cross-flow“.
2. Ultrafiltrace je další z procesů využívaných v membránové technologii. Zachycuje viry, bílkoviny a polysacharidy. Je využívána v potravinářském průmyslu v mlékárnách a při zpracování brambor. Dále se využívá k přípravě sterilní a pitné vody, čištění džusů. Dá se říci, že je předúpravou vody před tím, než využijeme reverzní osmózu.
3. Nanofiltrace se považuje za jeden z nejnovějších membránových procesů. Oddělují se nízkomolekulární organické látky cukrů, barviv, pesticidů a herbicidů. Co se týče požadavků na tlak, tak ty se pohybují v mnohem větších hodnotách než u ultrafiltrace, řádově až desítky barů. Nanofiltrací odstraňujeme pesticidy ve vodě nebo čistíme odpadní vody (CHUDOBA, ČIŽÍK, 2005; MEMBRÁNOVÁ FILTRACE, 2016).



Obr. 8 Porovnání technologií
Zdroj: www.tbz-info.cz

- Reverzní osmóza

Tento princip se používá již od začátku 60. let 20. Století (LÁNSKÝ, PAUL, 2008; REVERZNÍ OSMOZA, 2016).

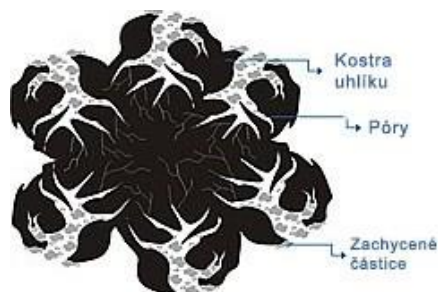
Má několik fází:

- 1.stupeň.: Filtr zachytí prach a jiné hrubé nečistoty
- 2.stupeň.: Granulovaný filtr zachytí pachy a chlór
- 3.stupeň.: Pevný uhlíkový filtr zachytí organické kontaminanty

4.stupeň: Membrána reverzní osmózy

5.stupeň: Koncový uhlíkový filtr odstraní zbylé pachutě

6.stupeň: Ultrafialový sterilizátor zneškodní bakterie, viry a jiné mikroorganismy



Obr. 9 Pevný uhlíkový filtr
Zdroj: www.cistickyvody.cz

- Snížení tvrdosti

Jde o součet obsahu Ca a Mg ve vodě (PRODUKTY PRO ÚPRAVU PITNÉ VODY, 2016).

Existují základní 4 způsoby: 1. Iontovměna

2. Fyzikální úprava

3. Použití fosforečnanu

4. Membránová filtrace/Reverzní osmóza

- Odstraňování dusičnanů

Dusičnany představují jisté zdravotní riziko. V menší míře škodí dospělým, ve větší míře pak dětem, tvoří tzv. dusitany. Do vody se dostávají převážně únikem z jímek a odpadních vod. Nejvyšší přípustná hodnota je 50 mg.l^{-1} . Nejběžněji se dusičnany odstraňují iontovou výměnou za chloridy (ZMĚKČENÍ VODY, 2016).

Tyto prvky se velmi často vyskytují ve vodě společně. Koncentrace se pohybuje od desetin až po desítky mg.l^{-1} . Avšak spíše se tyto prvky vyskytují v podzemních vodách. Pokud se vyskytují v povrchových vodách, tak Mn tvoří při velké koncentraci černé skvrny na povrchu. Velmi záleží na organoleptických vlastnostech vody (barva, chuť, zákal). Odstraňují se oxidací sloučenin těchto prvků. Oxidaci rozdělujeme na oxidaci vzdušným kyslíkem, oxidaci chlorem, oxidaci manganistanem draselným, oxidaci ozonem. Mezi další způsoby odstraňování Fe a Mn

patří odželezování a odmanganování vody biologickým způsobem, dále lze použít i vápnění, koagulaci, kontaktní filtraci nebo užití měniče iontů (BIELA, 2013)

1. Oxidace vzdušným kyslíkem - považuje se za nejjednodušší metodu
2. Oxidace chlorem - u této oxidace je nutné sledovat hodnotu pH
3. Oxidace manganistanem draselným - velmi rychlá reakce, kde hlavní roli hraje oxidační činidlo
4. Oxidace ozonem - opět velmi rychlá reakce
5. Odželezování a odmanganování vody biologickým způsobem - používá se dvoustupňový filtrační proces, za užití tlakových a otevřených filtrů
6. Vápnění

- Koagulace a flokulace

Jinými slovy srážení a vločkování. Proces, který probíhá, se nazývá chemické čiření. Hlavním účelem je odstranění koloidních částic suspenzí. Ve své podstatě je to dávkování roztoků hydrolyzujících solí na bázi železa a hliníku (ČIŘENÍ A FILTRACE, 2016; ČIŘENÍ VODY, 2016).

- Sedimentace

Neboli usazování. Jeden z nejrozšířenějších separačních procesů. Vznikají usazované částice, které nazýváme sedimenty. Touto metodou je možné odstranit z vody až 90% látek. Účinnost této metody závisí na tvaru částic a jejich velikosti (ZELENÝ, 2016).

- Deemulgace

Technologie, která je založena na principu fyzikálně chemického odloučení uhlovodíků. Slouží k odstraňování olejů ve vodě, odpadu z myček aut, odpadu z čistíren, a jiných ropných znečištění (DEEMULGACE, 2016).

- Snížení tvrdosti pomocí iontoměníčů

Při této úpravě voda přechází do iontoměníčů. To jsou zrnité pryskyřice nerozpustné ve vodě. Podle iontů, které chceme odstranit, rozdělujeme procesy na: změkčení, dekarbonizaci a demineralizaci (ZMĚKČENÍ VODY, 2016).

1. Změkčení-výměna látek, které způsobují tvrdost za ionty sodíku
2. Dekarbonizace-mění ionty Mg a Ca vázané na ionty hydrogenuhličitanu za ionty H⁺
3. Demineralizace-ionty vodíku a hydroxylu ve vodě se změni tak, že je docíleno odstranění solí



Obr. 10 Princip iontové výměny
Zdroj: www.euroclean.cz

7 Technologická zařízení používaná při úpravě vody k pitným účelům

Tato kapitola se zabývá podrobným popisem vybraných zařízení používaných k úpravě vody k pitným účelům.

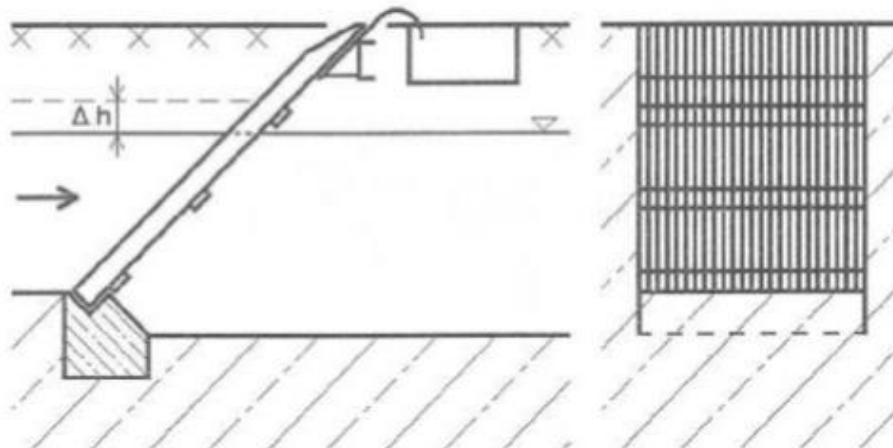
7.1 Česle

Jsou využívány v úpravárnách jako mechanické předčištění. Obecně se dá říci, že slouží k zachycení hrubých nečistot o velikosti 1 mm. Hlavní úlohou česlí je ochránit zařízení, aby se nezaneslo či nepoškodilo a neucpávalo. Česle jsou tvořené hustou sítí prutů, které nazýváme česlice a mezer, které nazýváme průliny. Materiál, který se na česlích zachycuje, nazýváme jako shrabky (ČESLE A SÍTA, 2014).

Dle velikosti rozdělujeme: hrubé česle (40-120 mm) a jemné česle (0,5-6mm).

Dle způsobu odstraňování shrabku: ručně stírané a mechanické stírané.

7.1.1 Typy česlí, které patří mezi nejpoužívanější



Obr. 11 Technologické schéma česlí

Zdroj: www.hydraulika.fvs.cvut.cz

- Samočistící česle

Jsou tvořeny nekončícím pásem. Při otáčení se vynáší zachycené shrabky a poté shrabky padají do kontejneru nebo na dopravník. Tvarové uspořádání a vzájemný pohyb v místě filtračního pásu zabezpečuje samočištění.

- Mechanicky (strojně) stírané česle

Využívá se u jemných i hrubých česlí, např. v elektrárnách a energetických zařízeních.

- Ručně stírané česle

Skládají se ze šikmých česlicových mříží. U malých zásahů jsou používány jako hrubé předčištění. Využívají se i u kanálů.

- Stupňové česle

Jsou to pohyblivé česle. Česlice mají tvar pásu, kde jsou zářezy. Shrabky na česlích zachycené, umožňují zachytit další shrabky.

- Pásové česle

Tyto česle jsou určené k hrubému předčištění. Zároveň se sami čistí vymetacím kartáčem a odstříkovacím zařízením. Nečistoty jsou zachyceny na pásu česlic a odváděny do výsyvky.

7.2 Síta

Podobně jako česle se i síta používají jako mechanické předčištění. Také slouží k zachycení nečistot. Jsou schopny oddělit i vlasy a řasy. Mikrosíta zachytí částice od 0,01 – 1 mm.

7.2.1 Typy sít, které se v praxi nejvíce využívají

- Bubnová pohyblivá síta

Síto tvoří otáčivý buben s česlicemi. Česlice se dovnitř rozšiřují, aby se zamezilo ucpávání. Voda vstupuje do síta shora a odchází dnem. Zachycené částice se odstraňují vypláchnutím proudem vody nebo tryskami, které jsou uvnitř bubnu.

- Bubnová nepohyblivá síta

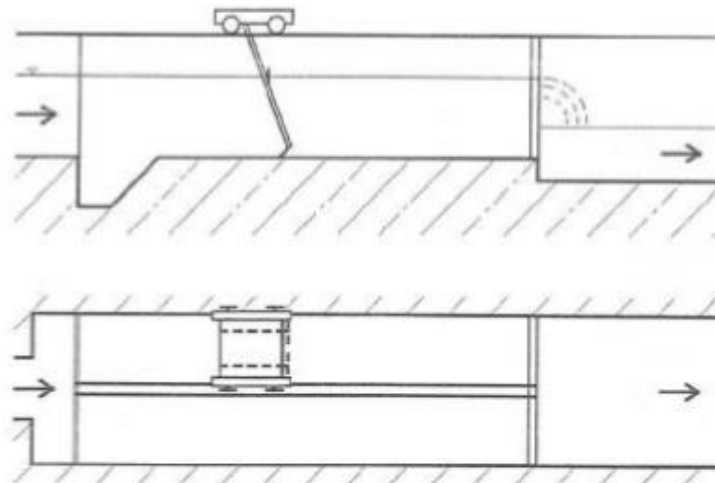
Skládají se z šikmého bubnu, tvořeného kruhovými česlicemi. Česle se směrem ven rozšiřují (ČESLE A SÍTA, 2014).

7.3 Pásové filtry

Pásové filtry slouží hlavně v průmyslu k odstranění pilin a kalů z chladicích kapalin a olejů. Pásové filtry mají několik výhod, např. menší spotřeba filtrační textilie a papíru, automatické čištění síta, automatický chod stroje (PÁSOVÉ FILTRY, 2016).

7.4 Lapáky písku

Lapáky písku slouží k předčištění vod, a jak název napovídá, slouží k zachytávání minerální látek, především písku. Využívají se v úpravkách pitné vody, čistírnách odpadních vod a průmyslových objektech (LAPÁKY PÍSKU, 2016).



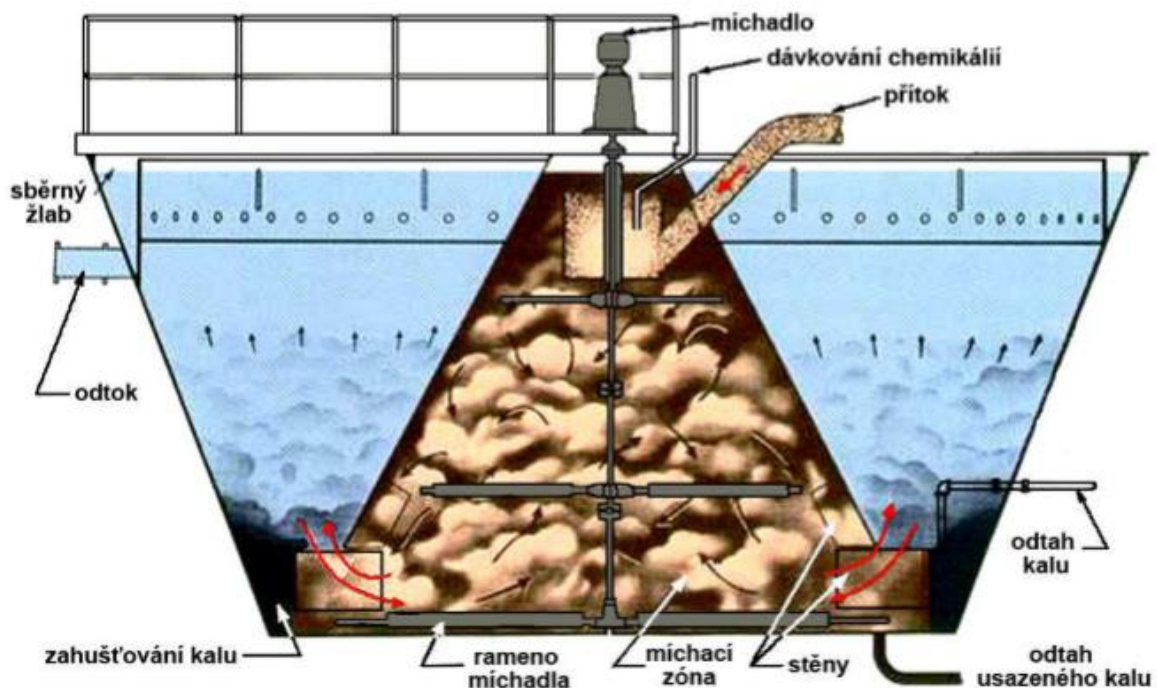
Obr. 12 Technologické schéma lapáku písku
Zdroj: www.hydraulika.fvs.cvut.cz

7.5 Čiřiče

Zařízení, která číří vodu, se nazývají čiřiče. V čiřičích dochází k několika procesům, např. sedimentaci, koagulaci a filtraci. Čiřiče rozdělujeme dvojího typu, s rovnoměrným průtokem a nerovnoměrným průtokem, ty pracují na bázi pulzátoru.

Čiřiče s rovnoměrným průtokem dále rozdělujeme na:

- čiřiče s dokonalým vznášením vločkového mraku – vločkový mrak je udržován jen hydraulicky,
- čiřiče s nedokonalým vznášením vločkového mraku – vločkový mrak je udržován shrabovákem nebo pádlem, které ruší sedimentaci vloček,
- čiřiče s intenzivní cirkulací kalu – na bázi akceleratoru, část kalu se vrací do koagulačního a vločkového mraku (DOHÁNYOS M., 1998); (VOSTŘIL, TESAŘÍK, 1999)



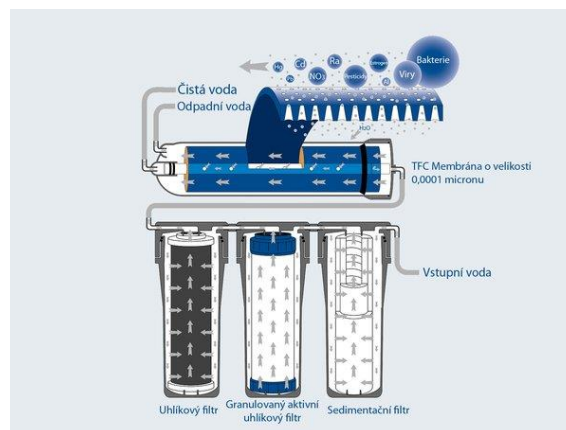
Obr. 13 Schéma čiřiče
Zdroj: www.pivokonsky.wz.cz

7.6 Filtry

Filtrační cyklus má několik fází. První je filtrační fáze, která se označuje za pracovní. Spočívá v zachycování suspenzí. Další fází je fáze prací, kde se suspenze odvádí do odpadu a filtrační lože je regenerováno.

Filtry můžeme rozdělit na několik druhů, např.: pomalé, otevřené (atmosférické), tlakové, dvouvrstvé, obráceně protékané, filtry s plastickou náplní hmot, filtry na principu koláčové filtrace.

Pro filtraci suspenzí se nejčastěji používají tzv. otevřené filtry. Ty lze rozeznávat dvojího typu, americké a evropské. Odlišují se zrnitostí náplně, která ovlivňuje účinnost filtrace. Kvalita filtrátu je ovlivněna jemnější náplní. Nevýhodou je, že s menší zrnitostí rostou tlakové ztráty. Zatímco u hrubších zrn, je nižší tlaková ztráta a nižší filtrační účinnost. Očekáváme naopak rychlejší průnik suspenzí do filtrátu. V posledních letech je nový trend používání filtrů plněných plastickými hmotami (DOHÁNYOS M., 1998).



Obr. 14 Filtry

Zdroj: www.domaciupravavody.cz

7.7 Aerátory

Tímto postupem se odstraňuje oxid uhličitý z vody. Provádí se u vod, kde je větší množství CO₂, iontů Ca² plus apod. Provádí se rozstříkem vody do vzduchu nebo vháněním vzduchu. Jako příklad se dá uvést systém Inka, který se hojně využívá ve Švédsku i k odželezování a systém Kessener. (DOHÁNYOS M., 1998)

8 Popis a zhodnocení vybrané technologie používané při úpravě vody k pitným účelům

Úpravna vody Mokošín se nachází v Pardubickém kraji v obvodě Přelouč. Obec má okolo 160 obyvatel. První historická zmínka pochází již z roku 1073, tudíž se Mokošín dá považovat za jednu z nejstarších obcí na východě Čech (MOKOŠÍN, 2016)

Tato úpravna, kde je používána metoda dezinfekce pitné vody UV zářením, byla uvedena do zkušebního provozu v květnu 1999, v té době se jednalo o novou technologii, proto pro provoz úpravny musela být udělena výjimka SZÚ a hlavního hygienika ČR.

V úpravně jsou používány speciální středotlaké „MultiWave“ UV lampy od holandského výrobce Berson, které vyzařují polychromatické UV záření (200-400 nm) o vysoké intenzitě, které poškozují nejen DNA, ale také enzymy při cca 280 nm a buněčné membrány při cca 220 nm a tím vylučují možnost reaktivace mikroorganismů (KOPECKÝ, JANEBA, 2002), (KALISVAART, 1998).

Jednou za šest týdnů je prováděna dezinfekce chlorem, s tím, že jeho přítomnost je detekována i v koncových místech vodovodu. Je sledováno 62 parametrů pitné vody, z toho 10 biologických a mikrobiologických, 52 fyzikálních a chemických.

Bylo provedeno hodnocení po desetiletém provozu úpravny v roce 2009 a bylo konstatováno, že dodávaná pitná voda dosahuje lepších parametrů, než při použití dezinfekce chlorem. Vstupní a provozní náklady byly sice vyšší, ale jsou z pohledu dosahované kvality přijatelné.

Obsah dusičnanů i dusitanů má trvale sestupnou tendenci a od počátku měření nevykazoval limitní hodnoty. Provoz vybraného UV zářiče byl po desetiletém používání bezproblémový. Některé lampy vydržely i dvojnásobek udávané životnosti (HAMPL, 2010).

Dle ústního vyjádření pracovníka úpravny vody při návštěvě úpravny v listopadu 2015 je plánována po 17 letech provozu rekonstrukce. Parametry rekonstrukce mohou být předmětem dalšího výzkumu.

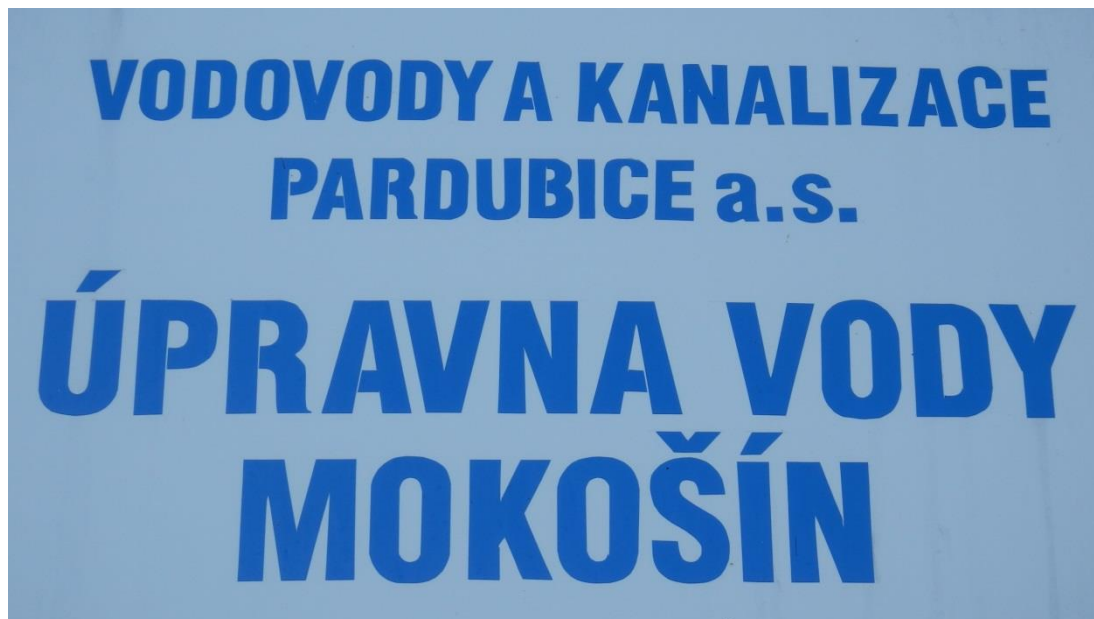


*Obr. 15 Obec Mokošín na Pardubicku
Zdroj: www.googlemaps.cz*

Ekonomické zhodnocení provozu v Mokošíně:

- spotřeba energie – průměrná spotřeba činí $0,015 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$;
- náklady na výměnu lamp – na 1 m^3 vyrobené vody činí $0,03 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$;
- odpisy – na 1 m^3 vyrobené vody za první rok $0,024 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$ a v dalších letech $0,05 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$;
- celkové provozní náklady na 1 m^3 vyrobené vody činí $0,12 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$.

V Mokošíně se nejvíce ze všeho využívá k dezinfekci pitné vody právě UV záření. V praxi se tato metoda osvědčuje od roku 1999, protože tato metoda je spolehlivá, nevytváří vedlejší produkty, nemění organoleptické vlastnosti vody, neznečišťuje životní prostředí a je velmi finančně nenáročná. Odstraňují se zde železité ionty na otevřených pískových filtrech.



*Obr. 16 Mokošín
Zdroj: osobní archiv autorky (Šafránková)*

V současné době úpravna vody v Mokošíně zásobuje téměř 19 tisíc obyvatel. Výkon je kolem 35-40 l.s⁻¹. Pitná voda je dále rozváděna nejenom do centrálního vodojemu v Mokošíně, ale i do Lipoltic, Turkovic, Řečan a Chvaletic. Délka skupinového vodovodu Přelouč má celkovou délku okolo 190 km. Za zdroj vody se považují čtyři artézské vrty, které jsou okolo 70 m hluboké (KOPECKÝ, JANEBA, 2002).

9 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá popisem a zhodnocením současného stavu úpravy vody k pitným účelům. Dle právních norem jsou uvedeny základní požadavky na jakost pitné vody a vybrané technologické procesy, které mají zabezpečit vodu pitnou.

Dále se v této bakalářské práci nachází charakteristika vybraných ukazatelů jakosti pitné vody. Zde se lze dozvědět, jaké jsou základní vlastnosti pitné vody, např. mikrobiologické, biologické, fyzikálně-chemické a organoleptické.

Další, v pořadí 5. kapitola se zabývá technologiemi, které se používají k úpravě vody k pitným účelům. Patří sem mechanické předčištění vody, úprava povrchových vod, úpravy podzemní vody a odstraňování specifických látek.

Při úpravě pitné vody k pitným účelům se využívají různá technologická zařízení. Všechna tato technologická zařízení jsou ve výše uvedených kapitolách bakalářské práce popsána i s jejich charakteristikami. Jsou to česle, síta, pásové filtry, lapáky písku, čířiče, filtry a aerátory.

V práci je dále popsána úpravna vody Mokošín na Pardubicku. V úpravně vody Mokošín se nejvíce využívá úprava vody UV zářením, s využitím speciálních středotlakých „MultiWave“ UV lamp od holandského výrobce Berson a jednou za šest týdnů je prováděna dezinfekce chlorem. Právě úpravna vody Mokošín, byla jedna z prvních v ČR, která začala využívat metodu UV záření. Po zhodnocení jakosti vody z Mokošína v roce 2009 bylo zjištěno, že pitná voda ošetřena UV zářením, dosahuje lepších hodnot, než kdyby se pouze využilo dezinfekce chlorem.

Z ekonomického hlediska, metoda UV záření není tak finančně náročná oproti jiným metodám. Bylo zjištěno, že průměrná spotřeba činí $0,015 \text{ kWh/m}^3$ a celkové provozní náklady na 1 m^3 vyrobené vody činí „pouhých“ $0,12 \text{ Kč.m}^{-3}$.

Do budoucna je nadále vhodné se touto tematikou více zabývat a metodu UV filtrace více využívat.

10 Citovaná literatura

- BIELA, R. (2013). *Odstraňování železa a manganu ze zdrojů pitné vody* .
- CHUDOBA, P., ČIŽÍK, M. (2005). *Membránové technologie pro úpravu pitných vod* . Zlín .
- DOHÁNYOS, M., KOLLER, J., STRNADOVÁ, N. (1998). *Čištění odpadních vod*. Praha: VŠCHT - Fakulta technologie ochrany prostředí. ISBN 80-7080-316-9.
- HAMPL, S. (2010). *Desetiletá zkušenost s provozem vodovodu Přelouč zdravotně zabezpečených UV zářeními*. České Budějovice: WET Team. ISBN 987-80-254-6854-8.
- HOLMANNOVÁ, A. (2013). *Streptokok*. Načteno z Symptomy: www.symptomy.cz
- KALISVAART, B. (1998). *The microbiological effects of MultiWave UV lamps*.
- KOPECKÝ J., JANEBA, Z. (2015). : Pokroky technologie úpravy pitných vod - dezinfekce pitné vody UV-zářeními v úpravně vody Mokošín.
- KRÁL, M. (2000). *Kvalita a monitoring surové vody* .
- LÁNSKÝ M., PAUL, J. (2008). *Technologie reverzní osmózy*.
- MARA D., HORAN, N. (2003). *Handbook of Water and Wastewater Microbiology* . Elsevier. ISBN 0-12-470100-0.
- MICHEK V., DAŘÍČKOVÁ, A. (2007). *Upravujeme vodu doma a na chatě: zdroj pitné vody, vyšetření kvality, úprava a dezinfekce*. Praha : Grada. ISBN 978-80-247-1546-6.
- NADELL, C. (2016). *The sociobiology of biofilms*. Načteno z MPKB: <http://mpkb.org/home/pathogenesis/microbiota/biofilm>
- PITTER., P. (2009). *Hydrochemie* . Praha : VŠCHT. ISBN 978-80-7080-701-9.
- POŠTA, J. (2005). *Čistírny odpadních vod*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta. ISBN 80-213-1366-6.
- RADVANSKÁ, A., HLOCH, S., FEČKO, P. (2008). *Technika a technologie pro ochranu životního prostředí*. Ostrava : Vysoká škola báňská.

TRAKSEL, D. (1998). *Drinkwater disinfection with UV-light from a distribution perspective: regrowth and secondary contamination.*

VOSÁHLO, J. (2012). *Hodnocení kvality vody v úpravě vody Mokošín - Příloha Diplomové práce.* Brno

VOSTŘIL, J., TESAŘÍK, I. (1999). *Čiřiče na úpravu vložkovým mrakem.* Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.

ZELENÝ, Z. (2016). *Sedimentace.* Načteno z Vodovod: <http://www.vodovod.info/index.php/tema/219-uprava-vody-sedimentace#.Vq-rA1nbm2k>

ŽÁČEK, L. (2000). *Chemické a technologické procesy úpravy vody .* Brno : NOEL.

Další použité zdroje:

Aktivní uhlí . (6. březen 2016). Načteno z Erspol : http://www.erspol.cz/index.php?site=aktivni_uhli

Česle a síta . (20. březen 2016). Načteno z ASIO : <http://www.asio.cz/cz/285.cesle-a-sita>

Čiření a filtrace. (5. březen 2016). Načteno z Hydraulika: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke_stazeni/Vodarenstvi.pdf

Čiření vody. (3. březen 2016). Načteno z Úprava vody: <http://www.uprava-vody.com/cireni-vody>

Deemulgace . (4. březen 2016). Načteno z Síta: <http://www.sita.cz/24860-deemulgacni-a-neutralizacni-stance-kapalne-odpady>

Definice pH. (15. únor 2016). Načteno z Aristoteles: <http://www.aristoteles.cz/chemie/ph/ph-vzorci-definice.php>

Filtrace vody. (2. březen 2016). Načteno z UCV: <http://www.ucv.cz/produkty/filtrace-vody/>

HAMPL, S. (2010). *Desetiletá zkušenost s provozem vodovodu Přelouč zdravotně zabezpečených UV záření.* České Budějovice: WET Team.

Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství . (2007). Načteno z Státní zdravotní ústav : www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hygmin2.pdf

Koliformní bakterie. (6. březen 2016). Načteno z Bakterie:
<http://www.bakterie.eu/koliformni-bakterie>

Lapáky písku . (20. březen 2016). Načteno z BMTO: <http://www.bmto.cz/separace-a-prani-pisku/lapak-pisku/>

Legionella . (6. březen 2016). Načteno z Legionella: <http://legionella.cz/>

Membránová filtrace. (7. březen 2016). Načteno z Membrain:
<http://www.membrain.cz/mikrofiltrace.html>

Metody úpravy vody. (6. březen 2016). Načteno z ELUC: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1785>

Mikrobiologické vlastnosti vody. (3. březen 2016). Načteno z Fast:
(<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-1/1.html>)

Mokošín . (21. březen 2016). Načteno z Místopisy :
http://www.mistopisy.cz/mokosin_10557.html

Odstranění bakterií a virů . (6. březen 2016). Načteno z Aquarex:
<http://www.aquarex.cz/odstraneni-bakterii-a-viru>

Odstranění dusičnanů . (18. únor 2016). Načteno z Změkčení vody:
<http://www.zmekceni-vody.cz/49-odstraneni-dusicnanu>

Odstraňování železa a manganu z pitné vody. (10. únor 2016). Načteno z Voda :
<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9320-odstranovani-zeleza-a-manganu-ze-zdroju-pitne-vody>)

Pásové filtry . (20. březen 2016). Načteno z Quins: <http://www.quins.cz/prumyslova-reseni/pasove-filtry>

Písková filtrace . (4. březen 2016). Načteno z Marimex :
<http://www.marimex.cz/poradna/bazenova-filtrace/jaky-je-rozdil-mezi-kartusovou-a-piskovou-filtraci/>

Pitná voda. (20. březen 2016). Načteno z Státní zdravotní ústav :

www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/pitna-voda

Produkty pro úpravu pitné vody. (10.. únor 2016). Načteno z Filtry pitné vody:

<http://www.filtrypitnevody.cz/produkty-pro-upravu-pitne-vody/filtry-pro-tvrdou-vodu/zakladni-principy-upravy-tvrde-vody/>

Pseudomonádové infekce. (6. březen 2016). Načteno z Stefajir:

<http://www.stefajir.cz/?q=pseudomonadove-infekce>

Reverzní osmóza. (10. březen 2016). Načteno z Čističky vody:

<http://www.cistickyvody.cz/stranka-reverzni-osmoza-technologie-8>

Sinice . (10.. únor 2016). Načteno z Sinice a řasy : <http://www.sinicearasy.cz/provsechny#sinice>

Stafylokok. (7. březen 2016). Načteno z Symptomy: <http://www.symptomy.cz/>

Úprava vody. (5. březen 2016). Načteno z Fast: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb->

Změkčení vody. (10. březen 2016). Načteno z CHOS: <http://www.chos.cz/uprava-vody/zmekceni/>

11 Přílohy



Příloha Obr.1 – Úpravna vody Mokošín (ŠAFRÁNKOVÁ, 2015 (archiv autorky))



Příloha Obr.2 – Úpravna vody Mokošín (jiný úhel) (ŠAFRÁNKOVÁ, 2015 (archiv autorky))



Příloha Obr.3 – Úpravna vody Mokošín – interiér (ŠAFRÁNKOVÁ, 2015 (archiv autorky))



Příloha Obr.4 – Panel v úpravně vody Mokošín (ŠAFRÁNKOVÁ, 2015 (archiv autorky))



Příloha Obr.5 – Úpravna vody Mokošín (jiný úhel) (ŠAFRÁNKOVÁ, 2015 (archiv autorky))



Příloha Obr.6 – Okolí úpravny vody Mokošín (ŠAFRÁNKOVÁ, 2015 (archiv autorky))