

Obsah

Úvod	9
1. Zdroje vody	10
1.1 <i>Složení a vlastnosti přírodních vod</i>	10
1.1.1 Výběr zdrojů pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou	10
1.2 <i>Podzemní vody</i>	11
1.2.1 Složení a vlastnosti podzemních vod	11
1.2.2 Jímání podzemních vod	12
1.3 <i>Povrchové vody</i>	12
1.3.1 Složení a vlastnosti povrchových vod	12
1.3.2 Jímání povrchových vod	13
1.4 <i>Hlavní rozdíly mezi podzemní a povrchovou vodou</i>	13
1.5 <i>Jakost vody</i>	14
1.5.1 Jakost povrchových vod	14
1.5.2 Jakost podzemních vod	15
1.5.3 Legislativa v oblasti jakosti pitné vody	15
2 Způsoby úpravy vody	15
2.1 <i>Návrh úpravny vody</i>	16
2.1.1 Kapacita úpravny vody	16
2.1.2 Územní řešení úpravny vody	17
2.1.3 Situační uspořádání	17
2.1.4 Výškové uspořádání	17
2.1.5 Ochrana před znečištěním	18
2.1.6 Řízení provozu	18
2.2 <i>Návrh technologického postupu úpravy</i>	19
2.3 <i>Způsoby úpravy vody</i>	20
2.4 <i>Chemické hospodářství úpraven vod</i>	21
2.5 <i>Zajištění jakosti vody při dopravě ke spotřebitelům</i>	21
3 Mechanické předčištění surové vody	22
3.1 <i>Přehled způsobů mechanického předčištění</i>	22
3.1.1 Česle	23
3.1.2 Síta	24
3.1.3 Lapáky písku	25
4 Čiření	26
4.1 <i>Princip čiření</i>	26
4.1.1 Koloidní částice a jejich elektrokinetický potenciál, vyvolání koagulace	26
4.1.2 Kinetika koagulace	27
4.2 <i>Koagulanty</i>	30
4.2.1 Koagulanty	30
4.2.2 Princip základních reakcí	31
4.2.3 Stanovení dávky koagulantu	32
4.3 <i>Intenzifikace procesu čiření</i>	33
4.4 <i>Zatěžkavadla</i>	33
4.5 <i>Flokulanty</i>	33
4.5.1 Anorganické polymery	33
4.5.2 Přírodní vysokomolekulární látky	34
4.5.3 Syntetické vysokomolekulární flokulanty	34
4.5.4 Výhody použití polymerních flokulantů	35
4.6 <i>Varianty separace vloček</i>	35
4.7 <i>Rychlomísíče</i>	36

4.8	<i>Vločkovací nádrže – pomalé míchání</i>	37
4.9	<i>Čiřiče</i>	38
4.9.1	<i>Čiřiče s rovnoměrným průtokem</i>	39
4.9.2	<i>Čiřiče s nerovnoměrným průtokem</i>	41
5	Filtrace	42
5.1	<i>Druhy filtrace</i>	43
5.2	<i>Pomalá filtrace (anglická)</i>	43
5.2.1	<i>Uspořádání pomalého filtru</i>	44
5.2.2	<i>Praní filtrační náplně</i>	45
5.2.3	<i>Použití pomalé filtrace</i>	46
5.3	<i>Rychlofiltrace</i>	46
5.3.1	<i>Rozdělení rychlofiltrů</i>	46
5.3.2	<i>Filtrační cyklus</i>	47
5.3.3	<i>Výpočet průběhu filtračního cyklu</i>	50
5.3.4	<i>Otevřené rychlofiltry</i>	51
5.3.5	<i>Tlakové rychlofiltry</i>	54
5.4	<i>Náplavná filtrace</i>	57
5.5	<i>Membránové způsoby</i>	58
6	Preoxidace	62
6.1	<i>Fyzikálně-chemická preoxidace vzdušným kyslíkem</i>	62
6.2	<i>Chemická preoxidace</i>	62
6.2.1	<i>Preoxidace ozonem</i>	62
6.2.2	<i>Preoxidace manganistanem draselným</i>	63
6.2.3	<i>Preoxidace peroxidem vodíku</i>	63
6.2.4	<i>Preoxidace chlorem</i>	63
6.2.5	<i>Preoxidace oxidem chloričitým</i>	63
7	Dezinfekce vody	64
7.1	<i>Druhy dezinfekce a její působení</i>	64
7.1.1	<i>Působení oxidačních činidel</i>	64
7.1.2	<i>Kinetika dezinfekce</i>	65
7.2	<i>Dezinfekce chemickými způsoby - dezinfekční činidla</i>	65
7.2.1	<i>Dezinfekce ozonem</i>	65
7.2.2	<i>Dezinfekce chlorem a chlornany</i>	66
7.2.3	<i>Dezinfekce chloraminy</i>	67
7.2.4	<i>Dezinfekce oxidem chloričitým</i>	68
7.2.5	<i>Dezinfekce stříbrem a jeho solemi</i>	68
7.3	<i>Fyzikálně-chemické způsoby dezinfekce</i>	68
7.3.1	<i>Dezinfekce UV zářením</i>	68
7.3.2	<i>Dezinfekce anodickou oxidací</i>	69
7.3.3	<i>Dezinfekce zářením</i>	70
7.4	<i>Vedlejší produkty dezinfekce</i>	71
7.4.1	<i>Druhy vedlejších produktů dezinfekce</i>	71
7.4.2	<i>Faktory ovlivňující tvorbu vedlejších produktů dezinfekce</i>	72
7.4.3	<i>Prekursory vedlejších produktů dezinfekce</i>	72
7.4.4	<i>Výzkum vlivu vedlejších produktů dezinfekce na lidské zdraví</i>	72
7.4.5	<i>Vývoj a směrnice týkající se dezinfekce vody a jejích vedlejších produktů</i>	72
7.4.6	<i>Metody a procesy omezující tvorbu vedlejších produktů dezinfekce</i>	73
8	Adsorpce	73
9	Odkyselování	76
9.1	<i>Mechanické způsoby odkyselování</i>	76
9.2	<i>Chemické způsoby odkyselování</i>	78

9.2.1	Odkyselování vápnem	78
9.2.2	Odkyselování mramorem	78
9.2.3	Odkyselování polovypáleným dolomitem	79
9.3	<i>Kriteria pro výběr vhodného způsobu odkyselení</i>	79
10	Odželezování a odmanganování vody	79
10.1	<i>Odželezování</i>	80
10.2	<i>Odmanganování</i>	80
10.3	<i>Přehled způsobů odstraňování železa a manganu z vody</i>	81
10.3.1	Odželezování provzdušňováním	81
10.3.2	Odmanganování provzdušňováním	81
10.3.3	Odželezování a odmanganování alkalizací	81
10.3.4	Odželezování a odmanganování oxidačními činidly	81
10.3.5	Kontaktní odželezování a odmanganování	83
10.3.6	Odmanganování pískovou filtrací	83
10.3.7	Odželezování v horninovém prostředí	83
10.3.8	Odželezování iontovou výměnou	84
10.3.9	Odželezování a odmanganování koagulací	84
10.3.10	Odželezování a odmanganování biologickou cestou	84
11	Ostatní způsoby předúpravy a úpravy vody	85
11.1	<i>Stabilizace</i>	85
11.2	<i>Flotace</i>	86
11.3	<i>Změkčování vody (odstraňování vápníku a hořčíku)</i>	87
11.3.1	Částečné odstranění vápníku a hořčíku	87
11.3.2	Úplné odstranění vápníku a hořčíku z vody	88
11.4	<i>Iontová výměna</i>	89
11.5	<i>Deionizace a demineralizace</i>	90
11.6	<i>Dechlorace vody</i>	91
11.7	<i>Fluoridování vody</i>	91
11.8	<i>Odstraňování dusíkatých látek z vody</i>	91
11.8.1	Odstraňování amonných iontů	91
11.8.2	Odstraňování dusitanů	91
11.8.3	Odstraňování dusičnanů	92
11.9	<i>Odstraňování fosforečnanů</i>	92
11.10	<i>Odstraňování radioaktivních látek z vody</i>	92
12	Kaly z úpravy vody	92
12.1	<i>Původ, složení a vlastnosti vodárenských kalů</i>	92
12.2	<i>Odvodňování vodárenských kalů</i>	93
13	Literatura k části úprava pitné vody	95
14	Úvod do čištění odpadních vod	97
14.1	<i>Historie zneškodňování odpadních vod</i>	97
14.2	<i>Aktuální stav</i>	98
15	Podklady pro návrh a výpočet ČOV	99
15.1	<i>Definice pojmu znečištění odpadních vod</i>	100
15.2	<i>Druhy odpadních vod</i>	100
15.3	<i>Množství OV</i>	100
15.3.1	A) Obyvatelstvo	101
15.3.2	B) Průmysl	102
15.3.3	C) Balastní vody	103
15.4	<i>Bilance:</i>	103

15.4.1	Průměrný bezdeštný denní přítok	103
15.4.2	Maximální bezdeštný denní přítok (výpočtový, návrhový průtok, $Q_d = Q_v$)	103
15.4.3	Maximální hodinový denní přítok	103
15.5	<i>Znečištění odpadních vod</i>	103
16	Mechanické způsoby čištění odpadních vod	105
16.1	<i>Přehled způsobů mechanického čištění</i>	105
16.2	<i>Filtrace, cezení</i>	105
16.3	<i>Flotace</i>	106
16.4	<i>Usazování (sedimentace) a zahušťování</i>	107
16.4.1	Pád částice v kapalině	108
16.4.2	Výpočet rychlosti usazování částic	110
16.4.3	Výpočet průměru částice d	110
16.4.4	Rušené usazování	111
16.4.5	Usazování částic v proudící kapalině	112
16.5	<i>Vzplývání</i>	114
16.6	<i>Odstřeďování (centrifugace)</i>	114
17	Jednotlivé objekty mechanického čištění:	114
17.1	<i>Lapák splavenin</i>	114
17.2	<i>Lapák štěrku</i>	115
17.3	<i>Česle a síta</i>	116
17.3.1	Ručně stírané klasické česle	117
17.3.2	Strojně stírané klasické česle	117
17.3.3	Krokové česle (step screen)	117
17.3.4	Samočistící česle	118
17.3.5	Rotační česle	118
17.3.6	Rotační síta	118
17.3.7	Rotační šnek se sítem, šroubové česle	118
17.3.8	Rotační bubnové česle s drtičem	119
17.3.9	Stírané válcové síto - SVS	120
17.3.10	Spádové scezovací síto	120
17.3.11	Bubnové síto	121
17.3.12	Mělníci česle a čerpadla	121
17.4	<i>Sdružení objektů hrubého předčištění</i>	121
17.4.1	Integrované hrubé předčištění ECONOMY IHPE	121
17.4.2	Integrované hrubé předčištění IHP	122
17.4.3	Kompaktní zařízení Ro5, Ro5K	122
17.4.4	Kompaktní zařízení Ro5C	123
17.4.5	Rotamat Minicop	123
17.4.6	Shrabky	123
17.4.7	Pračka shrabků a lis	125
17.5	<i>Lapák písku</i>	125
17.5.1	Horizontální lapáky písku	126
17.5.2	Vertikální lapáky písku	127
17.5.3	Vírový lapák písku	128
17.5.4	Provzdušňovaný lapák písku	128
17.5.5	Likvidace písku	129
17.6	<i>Lapáky tuků</i>	130
17.7	<i>Rozdělovací objekt</i>	131
17.8	<i>Čerpání</i>	132
17.8.1	Šneková	132
17.8.2	Odstředivá	132
17.8.3	Mamutka	133
18	MĚŘENÍ PRŮTOKU	133

19	Usazovací nádrže	134
19.1	<i>Primární (usazovací nádrže)</i>	134
19.1.1	Návrh a dimenzování	134
19.2	<i>Sekundární (dosazovací nádrže)</i>	135
19.2.1	Návrh a dimenzování	135
19.3	<i>Rozdělení sedimentačních nádrží</i>	137
19.3.1	Pravouhlé s horizontálním průtokem (podélné)	137
19.3.2	Kruhové s horizontálním průtokem (radiální)	138
19.3.3	Kruhové s vertikálním průtokem (vertikální) a pravouhlé s vertikálním průtokem	138
19.3.4	Šterbinové usazovací nádrže (s kalovým prostorem)	139
19.3.5	Lamelové	139
19.3.6	Etážové (patrové)	140
19.4	<i>Vybavení sedimentačních nádrží:</i>	141
20	Biologické čištění	145
20.1	<i>Princip biologického čištění</i>	145
20.1.1	Základní názvosloví	146
20.1.2	Aerobní biologické čištění	146
20.1.3	Enzymy	147
20.1.4	Kinetika odstraňování organických látek	148
20.1.5	Růst a množení mikroorganismů	148
20.1.6	Bilance celkové biomasy	150
20.2	<i>Aktivace</i>	150
20.2.1	Aktivovaný kal	151
20.2.2	Technologické parametry aktivace	151
20.3	<i>Základní technologické modifikace aktivace</i>	155
20.3.1	SBR reaktor - Diskontinuální systém čištění odpadních vod	155
20.3.2	Aktivace směšovací	156
20.3.3	Aktivace s postupným tokem	157
20.3.4	Postupně zatěžovaná aktivace	157
20.3.5	Aktivace s oddělenou regenerací kalu	158
20.3.6	Aktivace s cirkulací aktivační směsi	158
20.3.7	Šachtová aktivace	159
20.3.8	Věžová aktivace	159
20.3.9	Selektorová aktivace	159
20.4	<i>Odstraňování dusíku a fosforu</i>	159
20.4.1	Dusík	160
20.4.2	Nitrifikace	160
20.4.3	Denitrifikace	161
20.4.4	Systémy se simultánní nitrifikací a denitrifikací	162
20.4.5	Aktivační systémy s predenitrifikací (D-N)	162
20.4.6	Aktivační systémy s predenitrifikací a regenerací vratného kalu R-D-N	163
20.4.7	Diskontinuální systém čištění: SBR reaktor	164
20.4.8	Diskontinuální systém čištění: Bio Denitro proces	164
20.4.9	Fosfor	164
20.4.10	Chemické srážení fosforu	164
20.4.11	Biologické odstraňování fosforu	165
20.5	<i>Biofilmové reaktory (aerobní čištění směsnou kulturou)</i>	167
20.5.1	Biofilmové procesy	167
20.5.2	Rozdělení biofilmových reaktorů	168
20.5.3	Skrápené biologické kolony	168
20.5.4	Ponořené biologické kolony	169
20.5.5	Rotační biofilmové reaktory (biodisky)	170
20.5.6	Reaktory kombinované	171
20.6	<i>Aerace</i>	172
20.6.1	Přestup kyslíku do vody	173

20.6.2	Přestup kyslíku do aktivační směsi	173
20.6.3	Výtěžek kyslíku	174
20.7	<i>Způsoby aerace</i>	174
20.7.1	Pneumatická aerace	174
20.7.2	Mechanická aerace	175
20.7.3	Hydropneumatická aerace	176
20.7.4	Kombinovaná aerace	176
20.7.5	Použití čistého kyslíku v aktivačních nádržích	176
20.8	<i>Anaerobní biologické čištění</i>	177
21	Terciární stupeň čištění (dočišťování odpadních vod)	178
21.1	<i>Fyzikálně - chemické metody čištění komunálních odpadních vod</i>	179
21.1.1	Dávkování koagulantů	179
22	Kalové hospodářství	180
22.1	<i>Druhy kalu</i>	180
22.2	<i>Zahušťování kalu</i>	182
22.2.1	Gravitační zahušťování	182
22.2.2	Flotace	183
22.2.3	Strojní způsoby	183
22.3	<i>Předúprava kalu</i>	184
22.4	<i>Stabilizace kalu</i>	184
22.4.1	Anaerobní biologická stabilizace	184
22.4.2	Aerobní biologická stabilizace	187
22.4.3	Chemická stabilizace	188
22.4.4	Spalování kalů	189
22.4.5	Kompostování	189
22.5	<i>Odvodňování kalu:</i>	190
22.5.1	Přirozené odvodňování kalu	190
22.5.2	Strojní odvodňování kalu	190
22.6	<i>Konečné zpracování kalu (využití nebo likvidace):</i>	192
22.6.1	Skládkování	192
22.6.2	Spalování (termické zpracování)	192
22.6.3	Využití kalu v zemědělství a rekultivace	192
23	Literatura	193