

# OBSAH

ÚVOD.....	ii
OBSAH .....	iii
<b>1. KVALITA PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD.....</b>	<b>1</b>
1.1. SLOŽKY PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD.....	1
1.2. PODMÍNKY PRO VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD DO VEŘEJNÉ KANALIZACE	1
1.3. PODMÍNKY PRO VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD DO VODNÍCH RECIPIENTŮ.	4
1.4. LÁTKY OBSAŽENÉ V PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VODÁCH .....	5
1.4.1 <i>Látky organické</i> .....	5
1.4.2 <i>Látky anorganické</i> .....	11
1.4.3 <i>Rozdělení látek dle jejich velikostí</i> .....	15
1.5. ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD.....	15
1.6. VÝVOJ OPTIMÁLNÍ STRATEGIE PŘI NÁVRHU ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD.....	18
<b>2. VYROVNÁNÍ PRŮTOKU A ZATÍŽENÍ .....</b>	<b>21</b>
<b>3. ZACHYCENÍ LÁTEK NA FILTRAČNÍ PŘEPÁŽCE.....</b>	<b>25</b>
3.1. ČESLE A SÍTA.....	25
3.2. MIKROSÍTA .....	29
3.2.1 <i>Mikrosíta s filtračním pletivem</i> .....	30
3.2.2 <i>Štěrbinová mikrosíta</i> .....	31
3.3. MIKROFILTRY .....	33
3.4. FILTRACE VE FILTRAČNÍ VRSTVĚ.....	35
3.4.1 <i>Beztlakové otevřené filtry</i> .....	35
3.4.2 <i>Tlakové filtry</i> .....	36
3.4.3 <i>Filtry s filtrační vrstvou ve vzhledu</i> .....	37
3.4.4 <i>Náplavná filtrace</i> .....	37
<b>4. DĚLÍČÍ METODY NA PRINCIPU POLOPROPUSTNÝCH MEMBRÁN .....</b>	<b>39</b>
4.1. MEMBRÁNOVÉ PROCESY .....	39
4.1.1 <i>Rozdělení procesů</i> .....	39
4.1.2 <i>Polopropustné membrány</i> .....	41
4.1.3 <i>Uspořádání filtrační přepážky do modulů</i> .....	42
4.2. ULTRAFILTRACE .....	44
4.3. NANOFILTRACE .....	46
4.4. REVERZNÍ OSMÓZA.....	47

4.5.	DIALÝZA.....	50
4.6.	ELEKTRODIALÝZA.....	53

## 5. SEDIMENTACE .....57

5.1.	ROZLIŠENÍ SUSPENZÍ S MOŽNOSTÍ SEPARACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC SEDIMENTACÍ.....	57
5.2	ZÁKONITOSTI USAZOVÁNÍ ČÁSTIC, USAZOVACÍ RYCHLOST .....	57
5.2.1	<i>Síly působící na usazované částice .....</i>	57
5.2.2	<i>Rychlost usazování částic.....</i>	58
5.2.3	<i>Usazování částic v proudící kapalině.....</i>	61
5.2.4	<i>Vliv turbulence na proces usazování .....</i>	62
5.3.	LAPAČE PÍSKU .....	62
5.4.	USAZOVACÍ NÁDRŽE.....	63
5.5.	LAMELOVÉ USAZOVACÍ NÁDRŽE .....	65
5.6.	HYDROCYKLONY .....	66

## 6. ODLUČOVÁNÍ LEHKÝCH ČÁSTIC .....69

6.1.	GRAVITAČNÍ SEPARÁTORY OLEJŮ A TUKŮ.....	69
6.2.	FLOTACE .....	73
6.2.1	<i>Volná flotace .....</i>	73
6.2.2	<i>Tlaková flotace.....</i>	74
6.2.3	<i>Elektroflotace .....</i>	75
6.2.4	<i>Flotace kombinovaná s koagulací.....</i>	76
6.3.	PŘÍKLADY POUŽITÍ GRAVITAČNÍ SEPARACE A FLOTACE PRO ODSTRANĚNÍ TUKŮ.....	76
6.3.1	<i>Gravitační odlučování .....</i>	76
6.3.2	<i>Tlaková flotace.....</i>	77
6.3.3	<i>Elektroflotace .....</i>	77
6.4.	ODPADNÍ VODY ZE ZPRACOVÁNÍ ROPY .....	78

## 7. NEUTRALIZACE .....81

7.1.	NEUTRALIZAČNÍ PROCESY.....	81
7.2.	NEUTRALIZACE PŘÍDAVKEM ČINIDEL .....	82
7.3.	NEUTRALIZACE KYSELÝCH VOD VÁPENCEM A DOLOMITEM .....	85
7.4.	PŘÍKLADY NEUTRALIZACE ODPADNÍCH VOD.....	86
7.4.1	<i>Důlní vody .....</i>	86
7.4.2	<i>Odpadní vody z předúpravy kovových předmětů před jejich povrchovou úpravou .....</i>	86
7.5.	KONTROLA PROCESU NEUTRALIZACE.....	87

## 8. EXTRAKCE.....89

8.1.	EXTRAKČNÍ PROCES .....	89
8.2.	ČIŠTĚNÍ FENOLOVÝCH ODPADNÍCH VOD EXTRAKCÍ .....	93
8.2.1	<i>Postup extrakce s benzenem .....</i>	95
8.2.2	<i>Postup fenosolvanový .....</i>	95
8.2.3	<i>Postup Otto-Phenodest s difenylxylenylyfosfátem .....</i>	95
<b>9.</b>	<b>STRIPOVÁNÍ .....</b>	<b>97</b>
9.1.	STRIPOVACÍ PROCESY .....	97
9.2.	KINETIKA DESORPCE V DISKONTINUÁLNÍM PROCESU .....	97
9.3.	ODSTRANĚNÍ ORGANICKÝCH LÁTEK .....	98
9.3.1	<i>Odstranění fenolů .....</i>	100
9.4.	ODSTRANĚNÍ ANORGANICKÝCH LÁTEK .....	101
9.4.1	<i>Odstranění amoniaku .....</i>	101
9.4.2	<i>Odstranění sulfanu (sirovodíku) .....</i>	102
9.4.3	<i>Odstranění dalších plynných látek kyselého charakteru .....</i>	102
<b>10.</b>	<b>SRÁŽECÍ REAKCE .....</b>	<b>105</b>
10.1.	PROCESY SRÁŽENÍ .....	105
10.2.	SRÁŽENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ .....	107
10.2.1	<i>Srážení jako hydroxidy .....</i>	107
10.2.2	<i>Srážení jako sulfidy .....</i>	109
10.3.	PŘÍKLADY ODSTRAŇOVÁNÍ TĚŽKÝCH KOVŮ SRÁŽENÍM .....	111
10.3.1	<i>Odpadní vody z povrchové úpravy kovů .....</i>	111
10.3.2	<i>Odpadní voda z výroby elektrochemických článků .....</i>	113
10.3.3	<i>Odpadní voda z tištěných spojů .....</i>	113
10.4.	SRÁŽENÍ ANIONTŮ .....	113
10.4.1	<i>Srážení fosforečnanů .....</i>	113
10.4.2	<i>Srážení kyanidů .....</i>	115
<b>11.</b>	<b>REDOXNÍ REAKCE .....</b>	<b>117</b>
11.1.	OXIDAČNÍ A REDUKČNÍ PROCESY .....	117
11.2.	OXIDAČNÍ LÁTKY .....	120
11.2.1	<i>Chlor a jeho sloučeniny .....</i>	120
11.2.2	<i>Oxid chloričitý .....</i>	123
11.2.3	<i>Ozón .....</i>	123
11.2.4	<i>Manganistan draselný .....</i>	124
11.2.5	<i>Peroxid vodíku .....</i>	124
11.3.	REDUKČNÍ LÁTKY .....	124
11.4.	OXIDAČNÍ POSTUPY ODSTRANĚNÍ KYANIDŮ .....	124
11.4.1	<i>Oxidace chlorem .....</i>	124
11.4.2	<i>Oxidace jinými oxidovadly .....</i>	125
11.5.	POUŽITÍ PEROXIDU VODÍKU .....	126

11.5.1	<i>Oxidace sulfidů</i> .....	126
11.5.2	<i>Oxidace fenolů</i> .....	126
11.6.	REDUKCE CHROMANŮ .....	127
<b>12.</b>	<b>ADSORPCE</b> .....	<b>129</b>
12.1.	ADSORPČNÍ ROVNOVÁHA .....	129
12.2.	KINETIKA ADSORPCE .....	130
12.3.	CHARAKTERISTIKA ADSORBENTŮ .....	131
12.4.	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ADSORPCI .....	131
12.4.1	<i>Vliv adsorbátu a rozpouštědla</i> .....	131
12.4.2	<i>Vliv pH</i> .....	132
12.4.3	<i>Vliv teploty</i> .....	132
12.5.	ZPŮSOB POUŽITÍ ADSORBENTU .....	132
12.5.1	<i>Způsoby s dávkováním adsorbentu</i> .....	132
12.5.2	<i>Dynamická adsorpce</i> .....	133
12.6.	AKTIVNÍ UHLÍ .....	134
12.6.1	<i>Základní vlastnosti</i> .....	134
12.6.2	<i>Výroba aktivního uhlí</i> .....	135
12.6.3	<i>Formy aktivního uhlí a způsoby jeho použití</i> .....	135
12.6.4	<i>Adsorpce látek na aktivním uhlí</i> .....	137
12.6.5	<i>Regenerace aktivního uhlí</i> .....	139
12.6.6	<i>Použití aktivního uhlí pro čištění odpadní vody</i> .....	139
12.7.	POLYMERNÍ PRYSKYŘICE .....	142
12.7.1	<i>Adsorpce pesticidů</i> .....	143
12.7.2	<i>Adsorpce chlorovaných uhlovodíků</i> .....	143
12.8.	BENTONIT .....	143
12.9.	JINÉ ADSORBENTY .....	143
<b>13.</b>	<b>IONTOVÁ VÝMĚNA</b> .....	<b>145</b>
13.1.	VLASTNOSTI IONTOMĚNIČŮ.....	145
13.2.	DĚLENÍ IONEXŮ A NOSIČE FUNKČNÍCH SKUPIN .....	146
13.3.	HODNOCENÍ IONEXŮ A ZÁSADY JEJICH PROVOZU .....	148
13.3.1	<i>Frakční regenerace</i> .....	149
13.3.2	<i>Kontinuální proces</i> .....	149
13.4.	POUŽITÍ IONEXŮ VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ .....	150
13.4.1	<i>Změkčování vody</i> .....	150
13.4.2	<i>Deionizace vody</i> .....	150
13.4.3	<i>Zachycení kovů z odpadních vod</i> .....	150
13.4.4	<i>Čištění chromových galvanických lázní</i> .....	151
13.4.5	<i>Použití ionexů k neutralizaci kyselých a alkalických vod</i> ..	151
13.4.6	<i>Použití ionexů pro odstranění tenzidů</i> .....	152

<b>14.</b>	<b>ČIŘENÍ.....</b>	<b>153</b>
14.1.	ROZDĚLENÍ KOLOIDŮ A JEJICH STABILITA .....	153
14.2.	CHEMICKÁ PODSTATA ČIŘÍCÍCH PROCESŮ.....	155
14.2.1	<i>Anorganické koagulanty</i> .....	156
14.2.2	<i>Organické syntetické koagulanty</i> .....	158
14.2.3	<i>Přírodní flokulanty</i> .....	159
14.2.4	<i>Syntetické organické flokulanty</i> .....	160
14.3.	KOAGULAČNÍ PROCES.....	161
14.4.	POUŽITÍ KOAGULACE PRO ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLYVÝCH ODPADNÍCH VOD .....	162
14.4.1	<i>Odpadní vody textilního průmyslu</i> .....	162
14.4.2	<i>Odpadní vody z výroby celulosy a papíru</i> .....	163
14.5.	KOMBINACE KOAGULACE S FLOTACÍ.....	164
14.6.	ELEKTROKOAGULACE .....	165
<b>15.</b>	<b>ROZRÁŽENÍ STABILIZOVANÝCH EMULZÍ.....</b>	<b>167</b>
15.1.	EMULZE STABILIZOVANÉ ANIONTOVÝMI TENZIDY .....	167
15.1.1	<i>Rozrážení emulzí stabilizovaných aniontovými tenzidy</i> ..	167
15.1.2	<i>Postupy rozrážení</i> .....	168
15.2.	EMULZE STABILIZOVANÉ NEIONTOVÝMI TENZIDY .....	168
15.2.1	<i>Postupy rozrážení emulzí</i> .....	169
15.3.	ČIŠTĚNÍ ALKALICKÝCH ODMAŠŤOVACÍCH KAPALIN .....	169
<b>16.</b>	<b>TERMICKÉ ZPŮSOBY.....</b>	<b>171</b>
16.1.	DESTILACE .....	171
16.2.	ODPAŘOVÁNÍ.....	171
16.3.	SPALOVÁNÍ.....	171
16.4.	ODPADY Z VÝROBY CELULOSY.....	172
16.4.1.	<i>Výroba celulosy</i> .....	173
16.4.2.	<i>Množství a složení odpadních vod z výroby celulosy</i> .....	173
16.4.3.	<i>Zpracování koncentrátů</i> .....	173
<b>17.</b>	<b>BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ V ANAEROBNÍCH PODMÍNKÁCH.....</b>	<b>175</b>
17.1.	POROVNÁNÍ AEROBNÍCH A ANAEROBNÍCH PROCESŮ.....	175
17.2.	MECHANIZMUS A MIKROBIOLOGIE ANAEROBNÍHO PROCESU.....	176
17.2.1	<i>Hydrolytické a fermentační mikroorganismy - acidogeneze a acetogeneze</i> .....	177
17.2.2	<i>Methanogenní mikroorganismy - methanogeneze</i> .....	178
17.3.	BIOCHEMIE TVORBY METHANU A REGULAČNÍ MECHANIZMY V ANAEROBNÍM PROCESU .....	178
17.3.1	<i>Regulační úloha vodíku při acidogenezi</i> .....	179
17.3.2	<i>Regulační úloha vodíku při acetogenezi</i> .....	179

17.3.3	<i>Regulační úloha methanogenních substrátů při methanogenezi</i> .....	180
17.3.4	<i>Regulační mechanismy anorganických akceptorů vodíku</i> .....	180
17.4.	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ METHANIZACI .....	181
17.4.1	<i>Vliv teploty</i> .....	181
17.4.2	<i>Vliv reakce prostředí</i> .....	182
17.4.3	<i>Vliv koncentrace mastných kyselin</i> .....	183
17.4.4	<i>Vliv složení substrátu a přítomnost inhibujících látek</i> .....	183
17.5.	KULTIVACE ANAEROBNÍ BIOMASY .....	186
17.6.	PROVOZNÍ PARAMETRY ANAEROBNÍCH REAKTORŮ .....	187
17.7.	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ REAKTORŮ A JEJICH POUŽITÍ PŘI ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD .....	188
17.7.1	<i>Reaktory s biomasou v suspenzi</i> .....	189
17.7.2	<i>Reaktory s imobilizovanou biomasou - biofilmové reaktory</i> .....	191
17.7.2a	<i>Reaktory s pevnou náplní</i> .....	191
17.7.2b	<i>Reaktory s pohyblivou náplní - anaerobní diskový reaktor</i> .....	194
17.7.2c	<i>Reaktory s náplní ve vznosu</i> .....	194
17.7.3	<i>Reaktory s agregovanou biomasou a s kalovým mrakem</i> .....	197
17.7.3a	<i>Reaktory s kalovým ložem a vnitřním separátorem biomasy</i> .....	197
17.7.3b	<i>Reaktory s kalovým mrakem a externím separátorem biomasy</i> .....	199
17.7.3c	<i>Přepážkové a etážové reaktory</i> .....	201
17.7.4	<i>Hybridní reaktory</i> .....	202
17.8.	ZAPRACOVÁNÍ ANAEROBNÍCH REAKTORŮ .....	204
17.9.	VOLBA TYPU ANAEROBNÍHO REAKTORU .....	205
<b>18.</b>	<b>BIOLOGICKÉ AEROBNÍ ČIŠTĚNÍ</b> .....	<b>207</b>
18.1.	PRINCIP ČIŠTĚNÍ AKTIVACÍ .....	208
18.2.	TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY AKTIVACE .....	209
18.3.	TYPY AKTIVACE .....	211
18.4.	AKTIVOVANÝ KAL .....	213
18.5.	PROVZDUŠŇOVÁNÍ AKTIVAČNÍCH NÁDRŽÍ .....	215
18.6.	NUTRIČNÍ PRVKY .....	217
18.7.	KVALITA BIOLOGICKY ČIŠTĚNÉ ODPADNÍ VODY .....	218
18.8.	PŘÍKLADY BIOLOGICKÉHO AEROBNÍHO ČIŠTĚNÍ PRŮMYSLYCH ODPADNÍCH VOD .....	219
18.8.1	<i>Odpadní vody farmaceutického průmyslu</i> .....	219

18.8.2	Odpadní vody z mlékáren.....	220
18.8.3	Odpadní voda z pivovarů.....	223
18.8.4	Odpadní vody z cukrovarů.....	224
18.8.5	Odpadní vody z výroby škrobu (bramborového).....	224
18.8.6	Odpadní vody ze zpracování kůže.....	225
18.8.7	Odpadní vody z výroby celulosy.....	226
<b>19.</b>	<b>TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ KALŮ .....</b>	<b>229</b>
19.1.	ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI KALU .....	229
19.2.	ZAHUŠŤOVÁNÍ KALU .....	235
19.2.1	Gravitační zahušťování.....	236
19.2.2	Flotace.....	237
19.2.3	Odstředivky.....	237
19.2.4	Sítopásové lisy .....	240
19.2.5	Rotační síta .....	240
19.3.	STABILIZACE KALU .....	241
19.3.1	Anaerobní stabilizace .....	241
19.3.2	Aerobní stabilizace .....	244
19.3.3	Chemická stabilizace.....	245
19.4.	ODVODŇOVÁNÍ KALU.....	245
19.4.1	Pásové lisy .....	248
19.4.2	Kalolisy .....	248
19.4.3	Dekantační odstředivky .....	249
19.4.4	Vakuová filtrace .....	250
19.4.5	Přirozené způsoby odvodňování na kalových polích a lagunách.....	250
19.5.	FINÁLNÍ ETAPY ZPRACOVÁNÍ KALU .....	250
19.5.1	Skládkování kalu .....	250
19.5.2	Spalování kalu.....	250
19.5.3	Zakomponování kalu do stavebních materiálů.....	250
19.5.4	Kompostování.....	251
19.5.5	Použití k hnojivým účelům .....	251
<b>20.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>253</b>