

# OBSAH

1.	<b>Průběh biochemické spotřeby kyslíku</b> . . . . .	17
1.1	Matematické vyhodnocování křivky průběhu BSK bez lagové fáze . . . . .	19
1.1.1	Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce I. řádu . . . . .	20
1.1.1.1	Stanovení $K_1$ a $L$ metodou podle Reeda a Theriaulta . . . . .	20
1.1.1.2	Stanovení $K_1$ a $L$ metodou „rozdílu logaritmů“ podle Faira . . . . .	22
1.1.1.3	Stanovení $k_1$ a $L$ „momentovou“ metodou . . . . .	25
1.1.1.4	Stanovení $K_1$ a $L$ „směrníkovou“ metodou . . . . .	29
1.1.2	Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce II. řádu . . . . .	31
1.2	Matematické vyhodnocování křivky průběhu BSK s lagovou fází . . . . .	33
1.2.1	Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce I. řádu . . . . .	33
1.2.1.1	Stanovení $K_1$ , $L$ a $t_0$ metodou podle Reeda a Theriaulta . . . . .	33
1.2.1.2	Stanovení $k_1$ , $L$ a $t_0$ „momentovou“ metodou . . . . .	37
1.2.1.3	Stanovení $K_1$ , $L$ a $t_0$ „směrníkovou“ metodou . . . . .	40
1.2.2	Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce II. řádu . . . . .	41
1.3	Jiné způsoby vyhodnocování křivky průběhu BSK . . . . .	44
	Literatura . . . . .	44
2.	<b>Samočistění</b> . . . . .	46
2.1	Rovnovážná koncentrace kyslíku ve vodě . . . . .	47
2.2	Přestup kyslíku ze vzduchu do vody . . . . .	48
2.3	Biochemický rozklad organických látek . . . . .	50
2.4	Kyslíkové poměry v toku. Streeterova–Phelpsova rovnice . . . . .	52
2.4.1	Výpočet kritické doby $t_k$ a kritického deficitu $D_k$ . . . . .	55
2.4.2	Určení konstant $k_1$ a $k_r$ . . . . .	57
2.4.2.1	Výpočet konstant $k_1$ a $k_r$ z dat naměřených ve dvou profilech . . . . .	57
	Výpočet konstanty $k_1$ . . . . .	57
	Výpočet konstanty $k_r$ . . . . .	57
2.4.2.2	Odhad konstant $k_1$ a $k_r$ z laboratorních a hydrologických dat . . . . .	59
	Odhad konstanty $k_1$ . . . . .	60
	Odhad konstanty $k_r$ . . . . .	61
2.4.3	Výpočet maximálně přípustného znečištění řeky . . . . .	63
	Literatura . . . . .	65
3.	<b>Hodnocení jakosti vody v tocích</b> . . . . .	67
	(Ing. I. Nesměrák)	
3.1	Změny jakosti vody v čase . . . . .	67
3.2	Praktické cíle vyhodnocování jakosti vody v tocích . . . . .	68
3.3	Základní statistické charakteristiky . . . . .	68
3.4	Frekvenční a distribuční funkce . . . . .	74
3.5	Hodnocení jakosti vody podle ČSN 83 0602 . . . . .	76
3.6	Interval spolehlivosti veličiny $x_{90}$ . . . . .	76
3.7	Test normality rozdělení souboru . . . . .	78
3.8	Korelační a regresní počet . . . . .	80
3.8.1	Koeficient korelace . . . . .	80
3.8.2	Koeficient pořadové korelace . . . . .	82
3.8.3	Regresní rovnice . . . . .	84
3.8.4	Interval spolehlivosti hodnoty vypočtené z regresní rovnice . . . . .	86

5.4.7.2	Výpočet směšovací aktivace . . . . .	195
5.4.7.3	Výpočet aktivace systému Gould . . . . .	201
5.4.8	Jiné způsoby výpočtu aktivačních nádrží . . . . .	205
5.5	Biologické filtry . . . . .	208
5.5.1	Vztah objemového látkového a hydraulického povrchového zatížení k funkci biofiltru	210
5.5.1.1	Vztah objemového látkového zatížení k funkci biofiltru . . . . .	210
5.5.1.2	Vztah hydraulického povrchového zatížení k funkci biofiltru . . . . .	210
5.5.2	Recirkulace . . . . .	212
5.5.3	Veličiny ovlivňující čistící účinek biofiltru . . . . .	214
5.5.3.1	Vliv doby styku . . . . .	214
5.5.3.2	Vliv teploty . . . . .	216
5.5.3.3	Vliv koncentrace organického znečištění . . . . .	216
5.5.3.4	Vliv množství a kvality mikroorganismů . . . . .	217
5.5.3.5	Vliv recirkulace . . . . .	218
5.5.4	Výpočet biofiltrů pomocí bezrozměrných kritérií . . . . .	220
5.5.5	Jiné způsoby výpočtu biofiltrů . . . . .	226
5.6	Stabilizační nádrže . . . . .	227
5.6.1	Rozdělení stabilizačních nádrží . . . . .	228
5.6.2	Mechanismus čištění odpadních vod ve stabilizačních nádržích . . . . .	229
5.6.3	Všeobecné zásady pro navrhování stabilizačních nádrží . . . . .	230
5.6.4	Výpočet stabilizačních nádrží . . . . .	230
	Literatura . . . . .	231
<b>6.</b>	<b>Biologické anaerobní čištění . . . . .</b>	<b>235</b>
6.1	Mechanismus rozkladu organických látek při anaerobním vyhnívání . . . . .	236
6.1.1	Hydrolyza a kyselé kvašení . . . . .	236
6.1.2	Methanové kvašení . . . . .	237
6.2	Vliv různých faktorů na anaerobní vyhnívání . . . . .	239
6.2.1	Vliv teploty . . . . .	239
6.2.2	Vliv pH . . . . .	240
6.2.3	Vliv míchání . . . . .	241
6.2.4	Vliv složení odpadní vody . . . . .	241
6.3	Anaerobní vyhnívání biologických kalů . . . . .	242
6.3.1	Normální vyhnívání a rychlovyhnívání, doba zdržení a zatížení . . . . .	242
6.3.2	Složení a vlastnosti surového a vyhnílého kalu . . . . .	244
6.3.3	Snížení obsahu organické sušiny a praktický stupeň vyhnití . . . . .	247
6.3.4	Kalový plyn . . . . .	248
6.3.5	Kalová voda . . . . .	251
6.4	Navrhování vyhnívacích nádrží . . . . .	252
6.4.1	Navrhování vyhnívacích nádrží na základě potřebného objemu na jednoho obyvatele	253
6.4.2	Navrhování vyhnívacích nádrží na základě objemového zatížení a doby zdržení	255
6.5	Anaerobní čištění koncentrovaných průmyslových odpadních vod . . . . .	258
6.6	Tepelná bilance vyhnívacích nádrží . . . . .	259
6.6.1	Množství tepla potřebné k ohřátí kalu . . . . .	259
6.6.2	Množství tepla potřebné k vyrovnání tepelných ztrát . . . . .	259
6.7	Odvodňování a vysoušení vyhnílého kalu na kalových polích . . . . .	268
	Literatura . . . . .	271
<b>7.</b>	<b>Usazování . . . . .</b>	<b>273</b>
7.1	Pád izolované částice v klidné kapalině . . . . .	273

3.9	Interpretace výsledků . . . . .	87
	Literatura . . . . .	88
<b>4.</b>	<b>Vyrovňávání změn průtoku a kvality odpadních vod . . . . .</b>	<b>89</b>
4.1	Vyrovňávání změn průtoku . . . . .	92
4.2	Vyrovňávání kvality odpadních vod . . . . .	94
4.2.1	Promíchávané egalizační nádrže . . . . .	95
4.2.2	Průtokové egalizační nádrže . . . . .	100
4.2.2.1	Průtokové nádrže s konstantním průtočným profilem . . . . .	101
4.2.2.2	Nádrže s konstantní průtočnou rychlostí . . . . .	105
	Literatura . . . . .	106
<b>5.</b>	<b>Biologické aerobní čištění . . . . .</b>	<b>107</b>
5.1	Mechanismus odstraňování organických látek z odpadních vod . . . . .	107
5.2	Kinetika odstraňování organických látek z odpadních vod . . . . .	108
5.3	Růst mikroorganismů v jednorázových a kontinuálních systémech . . . . .	114
5.3.1	Jednorázové systémy. Růstová křivka . . . . .	114
5.3.2	Kontinuální systémy . . . . .	117
5.3.3	Aplikace Monodovy rovnice na směsné kultury . . . . .	119
5.4	Aktivace . . . . .	122
5.4.1	Nejdůležitější technologické parametry aktivace . . . . .	122
5.4.2	Základní typy aktivačního procesu . . . . .	123
5.4.2.1	Jednorázový (diskontinuální) systém . . . . .	124
5.4.2.2	Semikontinuální systém . . . . .	125
5.4.2.3	Kontinuální systém s postupným tokem . . . . .	129
5.4.2.4	Kontinuální systém na principu ideálního směřování . . . . .	132
5.4.2.5	Stupeň podélného mísení v provozních nádržích s postupným tokem . . . . .	134
5.4.2.6	Stupeň konverze v nádržích s postupným tokem a v nádržích směšovacích . . . . .	137
5.4.3	Vliv základních veličin na čisticí účinek aktivace . . . . .	142
5.4.3.1	Vliv doby zdržení . . . . .	142
5.4.3.2	Vliv koncentrace a kvality aktivovaného kalu . . . . .	143
5.4.3.3	Vliv teploty . . . . .	146
5.4.3.4	Vliv koncentrace organického znečištění . . . . .	146
5.4.4	Přehled hlavních technologických modifikací aktivace . . . . .	147
5.4.5	Kalové poměry a produkce směsné kultury v aktivaci . . . . .	151
5.4.5.1	Výpočet koncentrace biomasy v nádrži a produkce biomasy . . . . .	151
5.4.5.2	Výpočet koncentrace sušiny aktivovaného kalu v nádrži a produkce kalu . . . . .	157
5.4.5.3	Vyjádření koeficientu produkce kalu v různých jednotkách a výpočet procenta syntézy a oxidace . . . . .	159
5.4.5.4	Závislost koncentrace sušiny kalu v nádrži na kalovém indexu a recirkulačním poměru . . . . .	164
5.4.5.5	Koncentrační spád sušiny kalu v nádržích Gouldova typu . . . . .	167
5.4.6	Spotřeba a potřeba kyslíku a vzduchu . . . . .	170
5.4.6.1	Reakce v aktivační nádrži spotřebovávající kyslík . . . . .	171
5.4.6.2	Rovnice spotřeby kyslíku . . . . .	171
5.4.6.3	Přestup kyslíku do vody bez jeho současné spotřeby . . . . .	173
5.4.6.4	Přestup kyslíku do vody při jeho současné spotřebě . . . . .	176
5.4.6.5	Oxygenační kapacita . . . . .	177
5.4.6.6	Výpočet potřebné oxygenační kapacity a intenzity aerace pro směšovací nádrže, nádrže s postupným tokem a nádrže Gouldovy . . . . .	180
5.4.7	Výpočet aktivačních nádrží pomocí bezrozměrných kritérií . . . . .	184
5.4.7.1	Výpočet aktivace s postupným tokem . . . . .	184

8.2.2	Micelární koloidy . . . . .	373
8.2.2.1	Klasifikace micelárních koloidů . . . . .	374
8.2.3	Rozdělení koloidních disperzí podle počtu fází . . . . .	375
8.3	Elektrická dvojvrstva . . . . .	375
8.3.1	Micely a jejich struktura . . . . .	378
8.4	Potenciál zeta . . . . .	378
8.4.1	Závislost potenciálu zeta na koncentraci elektrolytů . . . . .	379
8.5	Koagulace . . . . .	380
8.5.1	Koagulace solů elektrolyty . . . . .	380
8.5.2	Vzájemná koagulace lyosolů . . . . .	382
8.5.3	Vzájemné působení lyosolů a lyofilních koloidů . . . . .	382
8.6	Koagulace v technologii vody . . . . .	384
8.6.1	Koagulanty a chemické reakce při čiření . . . . .	384
8.6.2	Optimální pH při čiření . . . . .	386
8.6.3	Dávka koagulantu . . . . .	387
8.7	Kinetika koagulace . . . . .	388
8.7.1	Perikinetická koagulace . . . . .	389
8.7.2	Ortokinetická koagulace . . . . .	391
8.7.2.1	Vertikální ortokinetická koagulace . . . . .	392
8.7.2.2	Horizontální ortokinetická koagulace . . . . .	393
8.8	Pomalé míchání při chemickém čiření . . . . .	394
8.8.1	Vločkovací nádrže s míchadly . . . . .	395
8.8.2	Provzdušňované vločkovací nádrže . . . . .	399
8.9	Usazování vyvločkováného kalu . . . . .	401
8.10	Navrhování usazovacích nádrží, ve kterých probíhá ortokinetická koagulace . . . . .	401
8.10.1	Užití křivky zdržení v kombinaci s usazovací křivkou . . . . .	402
8.10.2	Aplikace teorie horizontální ortokinetické koagulace . . . . .	404
	Literatura . . . . .	409
<b>9.</b>	<b>Filtrace . . . . .</b>	<b>411</b>
9.1	Tok čistých kapalin vrstvou zrnitého materiálu . . . . .	414
9.1.1	Stabilní filtrační vrstva . . . . .	414
9.1.1.1	Výpočet ztráty tlaku podle Kozenyho rovnice . . . . .	414
9.1.1.2	Výpočet ztráty tlaku podle Erguna . . . . .	418
9.1.1.3	Výpočet ztráty tlaku pomocí bezrozměrných kritérií . . . . .	420
9.1.2	Fluidní vrstva . . . . .	421
9.2	Tok málo koncentrovaných suspenzí vrstvou zrnitého materiálu (Ing. F. Hereit, CSc.) . . . . .	427
9.2.1	Typy filtrů . . . . .	427
9.2.2	Filtrační cyklus . . . . .	432
9.2.2.1	Stadium vlastní filtrace . . . . .	432
9.2.2.2	Stadium praní . . . . .	435
	Mechanismus praní vodou . . . . .	435
	Mechanismus praní vzduchem a vodou . . . . .	435
9.2.3	Matematický popis filtračního procesu . . . . .	436
9.2.3.1	Matematické vyjádření podle Iwasakiho a Steina . . . . .	436
9.2.3.2	Matematické vyjádření podle Mince . . . . .	437
9.2.3.3	Matematické vyjádření podle Ivese . . . . .	439
9.2.3.4	Matematické vyjádření pro „mechanickou představu“ filtračního procesu . . . . .	440
9.2.4	Matematický model filtrace . . . . .	441
9.2.5	Výpočet délky filtračního cyklu a spotřeby prací vody . . . . .	444

7.1.1	Odpor prostředí podle Stokesa . . . . .	274
7.1.2	Odpor prostředí podle Oseena . . . . .	275
7.1.3	Odpor prostředí podle Newtona . . . . .	275
7.1.3.1	Vliv tvaru částic na koeficient odporu prostředí . . . . .	277
7.1.4	Výpočet rychlosti pádu částice v kapalině . . . . .	278
7.1.5	Výpočet průměru částice . . . . .	279
7.2	Usazování suspenzí . . . . .	281
7.2.1	Prosté usazování . . . . .	282
7.2.2	Rušené usazování . . . . .	285
7.2.3	Zahušťování suspenze . . . . .	287
7.2.3.1	Oblast volné sedimentace . . . . .	289
7.2.3.2	Deformační oblast . . . . .	291
7.2.3.3	Kompresní oblast . . . . .	293
7.3	Usazovací nádrže . . . . .	295
7.3.1	Výpočet usazovacích nádrží při prostém usazování bez přihlídnutí k vlivu turbulence 304	
7.3.1.1	Pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem . . . . .	305
7.3.1.2	Kruhové nádrže s horizontálním průtokem . . . . .	306
7.3.1.3	Nádrže s vertikálním průtokem . . . . .	307
7.3.2	Vliv turbulence na proces usazování v usazovacích nádržích . . . . .	312
7.3.2.1	Posouzení usazovacích nádrží z hlediska vyplavování usazených částic . . . . .	312
7.3.2.2	Výpočet usazovacích nádrží při prostém usazování, přihlížíme-li k vlivu turbulence 317	
	Výpočet podle Velikanova . . . . .	317
	Výpočet podle Dobbinse—Campa . . . . .	322
7.3.3	Výpočet usazovacích nádrží při rušeném usazování . . . . .	325
7.3.4	Výpočet nádrží, ve kterých dochází k zahušťování suspenzí . . . . .	325
7.3.4.1	Dekantační zahušťovací nádrže . . . . .	325
7.3.4.2	Průtokové zahušťovací nádrže . . . . .	327
	Výpočet plochy zahušťovací nádrže . . . . .	327
	Výpočet hloubky zahušťovací nádrže . . . . .	340
7.3.5	Výpočet usazovacích nádrží, ve kterých probíhá ortokinetická koagulace . . . . .	341
7.4	Usazování městských odpadních vod . . . . .	341
7.4.1	Lapáky písku . . . . .	342
7.4.1.1	Lapáky písku s horizontálním průtokem . . . . .	342
	Komorový lapák písku . . . . .	342
	Lapáky písku s kontrolovanou rychlostí . . . . .	345
	Dorrův lapák písku . . . . .	352
7.4.1.2	Lapáky písku s vertikálním průtokem . . . . .	352
7.4.1.3	Lapáky písku s příčnou cirkulací . . . . .	356
7.4.2	Usazovací nádrže . . . . .	359
7.4.2.1	Pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem . . . . .	360
7.4.2.2	Kruhové nádrže s horizontálním průtokem . . . . .	361
7.4.2.3	Usazovací nádrže s vertikálním průtokem . . . . .	362
7.4.3	Štěrbínové nádrže . . . . .	363
7.4.4	Dosazovací nádrže . . . . .	365
	Literatura . . . . .	367
<b>8.</b>	<b>Čiření . . . . .</b>	<b>369</b>
8.1	Disperzní soustavy . . . . .	369
8.2	Koloidní disperze . . . . .	371
8.2.1	Koloidní soustavy nevratné a vratné, lyofobní a lyofilní . . . . .	371

9.2.5.1	Kalová kapacita, její stanovení a výpočet délky cyklu . . . . .	445
	Stanovení kalové kapacity . . . . .	445
	Odhad délky cyklu z kalové kapacity . . . . .	447
9.2.5.2	Orientační určení délky cyklu pro standardní suspenzi podle Kljačka . . . . .	448
9.2.5.3	Orientační určení délky cyklu pro standardní suspenzi podle „mechanické představy“ procesu filtrace . . . . .	450
9.2.5.4	Výpočet délky cyklu pomocí matematického modelu na samočinném počítači . . . . .	456
9.2.5.5	Návrh parametrů filtrů na základě poloprovozních pokusů . . . . .	456
9.2.6	Výpočet plochy filtrů . . . . .	457
9.2.7	Výpočet tlakových filtrů . . . . .	459
9.3	Zachycování suspendovaných látek z koncentrovaných suspenzí na filtrační přepážce	462
9.3.1	Rovnice pro rychlost filtrace . . . . .	462
9.3.2	Vliv tlakového spádu na specifický filtrační odpor . . . . .	464
9.3.3	Vztah objemu koláče a hmotnosti tuhých částic v koláči k objemu filtrátu . . . . .	465
9.3.4	Stanovení konstant filtrační rovnice . . . . .	465
9.3.4.1	Výpočet konstant za použití diferencí měřených veličin . . . . .	467
9.3.4.2	Výpočet konstant za použití integrované filtrační rovnice . . . . .	469
9.3.4.3	Výpočet konstant z měření s konstantní výškou koláče . . . . .	472
9.3.5	Výpočet filtračních zařízení pro nepřetržitý provoz (Ing. V. Linek, CSc.) . . . . .	474
9.3.5.1	Výpočet kalolisové stanice . . . . .	475
9.3.5.2	Bubnové vakuové filtry . . . . .	485
	Literatura . . . . .	488
	<b>Rejstřík . . . . .</b>	<b>489</b>