

# SADRŽAJ

---

<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>1 EKOLOGIJA I POJMOVI ŽIVOTNE SREDINE .....</b>	<b>3</b>
1. 2 ZAGAĐENJA ŽIVOTNE SREDINE I NJIHOVI IZVORI .....	5
1.2.1 <i>Klasifikacija zagađujućih materija</i> .....	6
1.2.1.1 Toksičnost .....	7
1.2.1.2 Postojanost.....	8
1.2.1.3 Mobilnost .....	9
1.2.1.4 Lakoća kontrolisanja.....	9
1.2.1.5 Bioakumulacija .....	9
1.2.1.6 Hemijske transformacije .....	9
1.2.1.7 Stanje životne sredine .....	10
1.2.2 <i>Ksenobiotici i mogućnost njihove biološke razgradnje</i> .....	10
1.2.3 <i>Strategije kontrole zagađujućih materija</i> .....	11
1.2.3.1 Razblaživanje i disperzija .....	11
1.2.3.2 Koncentrisanje i zadržavanje .....	11
<b>2 MIKROORGANIZMI I ŽIVOTNA SREDINA .....</b>	<b>13</b>
2.1 ULOGA MIKROORGANIZAMA U ŽIVOTNOJ SREDINI .....	13
2.2 METABOLIČKA KLASIFIKACIJA MIKROORGANIZAMA.....	13
2.3 MIKROORGANIZMI HIDROSFERE .....	15
2.4 MIKROORGANIZMI PEDOSFERE .....	17
2.5 MIKROORGANIZMI ATMOSFERE.....	19
2.6 GEOHEMIJSKA AKTIVNOST MIKROORGANIZAMA.....	21
2.6.1 <i>Cilus kiseonika</i> .....	22
2.6.2 <i>Ciklus ugljenika</i> .....	23
2.6.3 <i>Ciklus azota</i> .....	24
2.6.4 <i>Ciklus sumpora</i> .....	26
2.7 MIKROBIOLOŠKA OSNOVA BIORAZGRADNJE .....	28
2.8 ŠTETNI EFEKTI BIOLOŠKE RAZGRADNJE.....	30
<b>3 KLJUČNI ELEMENTI BIOLOŠKIH PROCESA.....</b>	<b>33</b>
3.1 ADEKVATNA MIKROBNA POPULACIJA .....	33
3.2 KRAJNI AKCEPTOR ELEKTRONA.....	35
3.3 NUTRIJENTI .....	36
3.4 USLOVI SREDINE .....	38
3.5 KARAKTERISTIKE RASTA MIKROORGANIZAMA.....	39
3.6 RAST NA DVA SUPSTRATA .....	43
3.7 MEŠANE KULTURE.....	46
3.8 KINETIKA I MODELOVANJE MIKROBNOG RASTA .....	48
3.8.1 <i>Osnovi modelovanja</i> .....	48
3.8.2 <i>Definisanje zapreminskih i specifičnih brzina za osnovne mikrobne aktivnosti</i> ....	53
3.8.3 <i>Eksplisitni izrazi brzine mikrobnih aktivnosti</i> .....	54
3.8.3.1 <i>Monodov kinetički model rasta</i> .....	55
3.8.3.2 <i>Inhibicija rasta</i> .....	57
3.8.3.3 <i>Odumiranje i spontana razgradnja ćelija</i> .....	58

3.8.3.4 Formiranje proizvoda.....	59
3.8.3.4.1 Inhibicija proizvodnje i razgradnja.....	61
3.8.3.5 Održavanje i endogena respiracija.....	61
3.8.3.6 Korišćenje supstrata.....	62
3.9 DISKONTINUALNO (ŠARŽNO) GAJENJE MIKROORGANIZAMA.....	65
3.9.1 Kinetički modeli za diskontinualno gajenje mikroorganizama.....	66
3.9.2 Produktivnost.....	69
3.9.3 Određivanje parametara.....	69
3.10 KONTINUALNO GAJENJE MIKROORGANIZAMA: HEMOSTAT.....	71
3.10.1 Kinetički modeli za hemostat.....	72
3.10.2 Ispiranje i kritična brzina razblaženja.....	73
3.10.3 Produktivnost.....	74
3.10.4 Određivanje parametara $\mu_{max}$ i $K_S$ .....	74
Nomenklatura.....	74
<b>4 OPŠTI BIOTEHNOLOŠKI POSTUPCI U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE.....</b>	<b>77</b>
4.1 BIOREMEDIJACIJA.....	77
4.2 PREVENCIJA.....	79
4.3 DETEKCIJA I MONITORING.....	80
4.4 GENETSKI INŽENJERING.....	81
4.5 PRIMENA BIOLOŠKIH SISTEMA U KONTROLI ZAGAĐENJA.....	82
4.5.1 Primena mikroorganizama.....	82
4.5.1.1 Proizvodnja mikrobnih kultura za bioaugmentaciju.....	83
4.5.1.2 Primena bioaugmentacije.....	84
4.5.2 Primena enzima.....	85
4.5.3 Primena imobilisanih ćelija.....	86
4.5.4 Primena biosenzora.....	89
<b>5 KONTROLA ZAGAĐENJA VODENIH EKOSISTEMA.....</b>	<b>93</b>
5.1 HIDROLOŠKI CIKLUS.....	93
5.2 PARAMETRI PRAĆENJA KVALITETA VODE.....	94
5.2.1 Izbor parametara u odnosu na upotrebu vode.....	95
5.2.2 Izbor parametara kvaliteta vode u odnosu na izvore zagađenja.....	99
5.3 ODREĐIVANJE PARAMETARA KVALITETA VODA I NJIHOV ZNAČAJ.....	102
5.3.3 Opšti parametri kvaliteta vode.....	103
5.3.3.1 Temperatura.....	103
5.3.3.2 Boja.....	104
5.3.3.3 Miris.....	105
5.3.3.4 Suvi ostatak i ukupno suspendovane čestice.....	105
5.3.3.5 Suspendovane materije, zamućenost i prozirnost (transparentnost).....	106
5.3.3.6 Provodljivost.....	106
5.3.3.7 pH, aciditet i alkalitet.....	107
5.3.3.8 Redoks potencijal.....	109
5.3.3.9 Rastvoreni kiseonik.....	109
5.3.3.10 Ugljen(IV)-oksid i puferovanje prirodnih voda.....	113
5.3.3.11 Tvrdća vode.....	113
5.3.3.12 Hlorofil.....	115
5.3.4 Nutrijenti.....	115
5.3.4.1 Azotna jedinjenja.....	116
5.3.4.2 Fosforna jedinjenja.....	119
5.3.5 Organske materije.....	120

5.3.5.1 Ukupni organski ugljenik .....	120
5.3.5.2 Biohemijska potrošnja kiseonika .....	121
5.3.5.3 Hemijska potrošnja kiseonika .....	121
5.3.5.4 Huminske i fulvinske kiseline.....	122
5.3.6 <i>Joni metala i druge neorganske materije</i> .....	123
5.3.7 <i>Biološki parametri kvaliteta vode</i> .....	125
5.3.7.1 Akvatični organizmi .....	125
5.3.7.2 Komponente planktona kao indikatori kvaliteta voda .....	126
5.3.7.3 Određivanje prisustva patogenih vrsta .....	127
5.3.7.4 Saprobnost i određivanje indeksa saprobnosti .....	129
5.3.8 <i>Mikrobiološki testovi za određivanje toksičnosti</i> .....	134
5.3.8.1 Testovi koji se zasnivaju na bioluminiscenciji .....	137
5.3.8.2 Testovi koji se zasnivaju na enzimskoj aktivnosti .....	137
5.3.8.3 Testovi koji se zasnivaju na inhibiciji rasta .....	138
5.3.8.4 Testovi koji se zasnivaju na inhibiciji pokretljivosti .....	139
5.3.8.5 Testovi koji se zasnivaju na merenju respiracije .....	139
5.3.8.6 Test inhibicije BPK .....	140
5.3.8.7 Određivanje genotoksičnosti .....	140
5.3.9 <i>Određivanje biorazgradljivosti</i> .....	141
5.3.9.1 Određivanje lake biorazgradljivosti .....	142
5.3.9.2 Određivanje prirodne biorazgradljivosti .....	143

## **6 MIKROBIOLOŠKI ASPEKTI PRIPREME VODE ZA PIĆE..... 145**

6.1 MIKROBIOLOŠKI KVALITET IZVORA VODE .....	145
6.2 PREGLED PROCESA U POSTROJENJU ZA PRIPREMU VODE ZA PIĆE .....	146
6.2.1 <i>Preliminarni tretman sirove vode</i> .....	149
6.3.1.1 Skladištenje sirove vode.....	149
6.3.1.2 Preliminarna filtracija.....	150
6.2.2 <i>Aeracija</i> .....	150
6.2.3 <i>Predhlorisanje</i> .....	151
6.2.4 <i>Koagulacija</i> .....	151
6.2.4.1 Jar test za određivanje optimalne doze koagulanata .....	153
6.2.5 <i>Flokulacija</i> .....	155
6.2.6 <i>Taloženje</i> .....	155
6.2.7 <i>Filtracija</i> .....	155
6.2.7.1 Spora peščana filtracija .....	156
6.2.7.2 Brza peščana filtracija .....	157
6.2.7.3 Unapređeni procesi filtracije .....	158
6.2.7.3.1 Filtracija diatomske zemljom .....	158
6.2.7.3.2 Filtracija aktivnim ugljem .....	159
6.2.7.3.3 Membranski sistemi .....	161
6.2.8 <i>Omekšavanje vode</i> .....	162
6.2.9 <i>Podešavanje pH</i> .....	163
6.2.10 <i>Dezinfekcija</i> .....	163
6.2.10.1 Ozonizacija .....	163
6.2.10.2 Ultraljubičasto zračenje (UV zračenje) .....	164
6.2.10.3 Hlorisanje i hloraminacija .....	165
6.3 MIKROBIOLOŠKI ASPEKTI DISTRIBUCIONIH SISTEMA VODE ZA PIĆE.....	166
6.3.1 <i>Razvoj biofilma u distribucionim sistemima</i> .....	167
6.3.1.1 Površinska priprema.....	168
6.3.1.2 Transport mikroorganizama do pripremljenih površina .....	168
6.3.1.3 Adhezija mikroorganizama za površine .....	168

6.3.1.4 Učvršćivanje ćelija na površini .....	169
6.3.1.5 Rast ćelija i akumulacija biofilma .....	169
6.3.2 Ekologija biofilмова .....	170
6.3.3 Odvajanje biofilma sa površina .....	170
6.3.4 Metodologija ispitivanja biofilмова .....	170
<b>7 IZVORI I KARAKTERISTIKE OTPADNIH VODA.....</b>	<b>173</b>
7.1 KOMUNALNE OTPADNE VODE .....	173
7.2 INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE .....	174
7.3 KARAKTERIZACIJA OTPADNIH VODA - PROCENA ORGANSKOG SADRŽAJA .....	180
7.3.1 Određivanje BPK .....	181
7.3.1.1 Kinetika BPK .....	182
7.3.1.2 Metodologija određivanja BPK .....	185
7.4 KORELACIONI ODNOSI PARAMETARA ZA PROCENU ORGANSKOG OPTEREĆENJA .....	187
<i>Nomenklatura</i> .....	188
<b>8 TRETMAN OTPADNIH VODA.....</b>	<b>189</b>
8.1 CILJEVI TRETMANA OTPADNIH VODA .....	189
8.2 OSNOVNE JEDINICE PROCESA .....	190
8.3 PRELIMINARNI TRETMAN .....	194
8.4 PRIMARNI TRETMAN.....	195
8.5 SEKUNDARNI TRETMAN.....	195
8.5.1 <i>Biološki aspekti sekundarnog tretmana</i> .....	196
8.5.1.1 Sistemi sa fiksiranim biofilmom .....	199
8.5.1.2 Sistemi sa suspendovanim rastom .....	199
<b>9 PROCES AKTIVNOG MULJA.....</b>	<b>201</b>
9.1 TERMINOLOGIJA PROCESA AKTIVNOG MULJA .....	201
9.2 OPIS PROCESA .....	203
9.2.1 <i>Procesna oprema</i> .....	205
9.3 BIOLOŠKE AKTIVNOSTI U AKTIVNOM MULJU.....	206
9.3.1 <i>Mikrobni sastav aktivnog mulja</i> .....	206
9.4 FLOKULACIJA AKTIVNOG MULJA .....	208
9.4.1 <i>Poremećaj flokulacije</i> .....	211
9.5 OPERATIVNI FAKTORI U PROCESU AKTIVNOG MULJA.....	212
9.5.1 <i>Kontrola uslova sredine</i> .....	212
9.4.2. <i>Kontrola procesnih parametara</i> .....	213
9.6 MODIFIKACIJE PROCESA AKTIVNOG MULJA .....	215
9.7 HETEROTROFNA AKTIVNOST U AKTIVNOM MULJU .....	216
9.8 NITRIFIKACIJA I DENITRIFIKACIJA U PROCESU AKTIVNOG MULJA.....	217
9.9 VEŠTAČKA JEZERA I LAGUNE ZA TRETMAN OTPADNIH VODA .....	220
<b>10 BIOLOŠKA FILTRACIJA .....</b>	<b>223</b>
10.1 TERMINOLOGIJA PROCESA SA PERKOLACIONIM FILTERIMA.....	223
10.2 PERKOLACIONI FILTERI (PROKAPNICI) .....	223
10.2.1 <i>Oprema perkolacionih filtera</i> .....	225
10.2.2 <i>Biološka aktivnost u perkolacionim filtrima</i> .....	225
10.3 KONTAKTNI ROTIRAJUĆI BIOFILTERI .....	226

---

<b>11 ANAEROBNI PROCESI ZA TRETMAN OTPADA I OTPADNIH VODA ....</b>	<b>229</b>
11.1 OSNOVNI PRINCIPI ANAEROBNE DIGESTIJE .....	230
11.2 BIOHEMIJA METANOGENEZE .....	231
11.3 USLOVI SREDINE KOJI UTIČU NA ANAEROBNU DIGESTIJU .....	233
11.4 BILOŠKA AKTIVNOST U ANAEROBNOJ DIGESTIJI.....	234
11.4.1 <i>Mikrobni sastav digestujućeg mulja</i> .....	234
11.4.2 <i>Preživljavanje patogena</i> .....	234
11.4.3 <i>Stabilnost anaerobne digestije</i> .....	235
11.5 RAZVOJ ANAEROBNIH TEHNOLOGIJA .....	236
11.6 OPERATIVNI PARAMETRI .....	238
<b>REČNIK MANJE POZNATIH IZRAZA .....</b>	<b>239</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>245</b>