

---

	<b>Introduzione</b>	1
<b>1</b>	<b>Capitolo 1</b>	
	<b>L'impianto di trattamento consortile dell'Alto Tagliamento di Tolmezzo</b>	<b>5</b>
1.1	Presentazione	5
1.2	Caratterizzazione degli scarichi idrici della Cartiera Burgo S.p.a. di Tolmezzo e della rete fognaria comunale del Comune di Tolmezzo	6
1.2.1	Gli scarichi idrici della Cartiera Burgo S.p.a.	6
1.2.2	Gli scarichi idrici della fognatura comunale	12
1.2.3	Il ciclo depurativo delle acque di cartiera e delle acque urbane	13
1.3	Il comparto di ossidazione biologica delle acque di cartiera e delle acque urbane	23
1.3.1	Caratteristiche funzionali delle unità di contatto e di ossidazione biologica	25
1.3.2	Caratteristiche funzionali dell'unità di degasaggio della miscela aerata	32
1.3.3	Caratteristiche funzionali dell'unità di sedimentazione finale	33
1.4	Conclusioni	34
<b>2</b>	<b>Capitolo</b>	
	<b>Monitoraggio dell'efficienza depurativa del comparto biologico mediante l'utilizzo di micro e macro parametri</b>	<b>37</b>
2.1	La microfauna nel fango attivo	37
2.1.1	La dinamica di colonizzazione dei batteri	38
2.1.2	La dinamica di colonizzazione della microfauna	38
2.2	Caratterizzazione del processo biologico a fanghi attivi con metodi non convenzionali	39
2.2.1	Caratterizzazione della morfologia del fiocco nell'analisi della sedimentabilità del fango attivo	40
2.2.2	Osservazione dei batteri filamentosi nell'analisi della sedimentabilità del fango attivo	40
2.2.3	Osservazione della microfauna che compone il fango attivo	45
2.3	Metodo per l'utilizzo dell'indice biotico del fango (SBI, sludge biotic index)	47

## *Indice*

---

2.3.1	Elaborazione dello SBI	47
2.4	Monitoraggio con macro e micro parametri applicato al comparto biologico dell'impianto Tolmezzo Depur	51
<b>3</b>	<b><i>Capitolo 3</i></b>	
	<b>La riproduzione "a scala pilota" del comparto biologico dell'impianto consortile dell'Alto Tagliamento</b>	<b>53</b>
3.1	La progettazione dell'impianto "a scala pilota"	53
3.1.1	L'alimentazione	53
3.1.2	La sezione di contatto	55
3.1.3	La sezione di ossidazione biologica	55
3.1.4	Sedimentazione secondaria	56
3.1.5	Turbo-flocculazione	57
3.2	Il dimensionamento dell'impianto "a scala pilota"	57
3.3	Il funzionamento dell'impianto "a scala pilota"	63
3.4	La realizzazione dell'impianto "a scala pilota"	68
<b>4</b>	<b><i>Capitolo 4</i></b>	
	<b>Ricostruzione modellistica del comparto biologico</b>	<b>85</b>
4.1	I modelli matematici degli impianti a fanghi attivi	87
4.1.1	Struttura matriciale dei modelli ASM	88
4.1.2	I sub-modelli necessari alla modellizzazione	89
4.1.3	Frazionamento del COD	91
4.1.4	Frazionamento dell'azoto	96
4.1.5	Frazionamento del fosforo	99
4.1.6	L'Activated Sludge Model No.1	100
4.1.6.1	Variabili di stato	101
4.1.6.2	Parametri stechiometrici	102
4.1.6.3	Parametri cinetici	102
4.1.6.4	Processi fondamentali	103
4.1.6.5	Matrice di Petersen ASM1	105
4.1.6.6	Limiti del modello ASM1	110
4.1.8.2	Parametri stechiometrici	117
4.1.8.3	Parametri cinetici	117
4.1.8.4	Processi fondamentali	119
4.1.8.5	Stechiometria dell'ASM3	121

4.1.8.6	Cinetiche dell'ASM3	122
4.1.9	Confronto ASM1 e ASM3	126
4.2	Il software GPS-X 5.0	128
4.2.1	Le librerie	129
4.2.2	Layout di un impianto	130
4.2.3	Condurre le simulazioni	131
4.2.4	Strumenti di analisi	132
4.3	Conclusioni	134
<b>5</b>		
	<b>Capitolo 5</b>	
	<b>La respirometria applicata ai processi fanghi attivi</b>	<b>135</b>
5.1	Principi della respirometria	136
5.2	Il respirometro	137
5.3	Metodi respirometrici per il frazionamento del COD nel refluo	141
5.3.1	Determinazione del COD totale	141
5.3.2	Determinazione del COD solubile (S)	141
5.3.3	Determinazione del COD rapidamente biodegradabile (S <sub>s</sub> )	142
5.3.3.1	Metodo a singolo-OUR	143
5.3.4	Determinazione del COD biodegradabile (S <sub>s</sub> +X <sub>s</sub> )	147
5.3.5	Determinazione del COD lentamente biodegradabile (X <sub>s</sub> )	149
5.3.6	Determinazione del COD solubile non biodegradabile (S <sub>i</sub> )	149
5.3.7	Determinazione del COD particolato (X)	150
5.3.8	Determinazione della biomassa attiva (X <sub>BH</sub> , X <sub>BA</sub> )	150
5.3.9	Determinazione del COD particolato non biodegradabile	150
5.3.10	Sintesi della procedura avanzata di frazionamento del COD mediante respirometria	151
5.4	Misura dei parametri cinetici e stechiometrici dei fanghi attivi per via respirometrica	152
5.4.1	Caratterizzazione della biomassa eterotrofa per la rimozione di substrati carboniosi	152
5.4.1.1	Coefficiente di resa cellulare Y <sub>H</sub>	153
5.4.1.2	Velocità di crescita della biomassa μ <sub>H</sub>	156
5.4.1.3	Velocità di decadimento cellulare b <sub>H</sub>	157
5.4.2	Caratterizzazione della biomassa autotrofa nitrificante	159
5.4.2.1	Coefficiente di resa cellulare Y <sub>A</sub>	160
5.4.2.2	Velocità di crescita della biomassa μ <sub>A</sub>	160
5.4.3	Caratterizzazione della biomassa eterotrofa denitrificante	162
5.4.3.1	Coefficiente di resa cellulare Y <sub>H,NO</sub> in condizioni anossiche	162
5.4.3.2	Velocità di crescita della biomassa μ <sub>H</sub> in condizioni anossiche	162

## *Indice*

---

5.4.3.3	Velocità di decadimento cellulare $b_H$ in condizioni anossiche	164
5.5	Frazionamento dei fanghi attivi	164
5.5.1	Le frazioni del COD particolato nel fango attivo	165
5.5.2	Biomassa eterotrofa $X_{BH}$	165
5.6	Conclusioni	167
<b>6</b>	<b><i>Capitolo 6</i></b>	
	<b>Prove respirometriche e modellizzazione dinamica del respirometro</b>	<b>169</b>
6.1	L'analisi di sensitività	169
6.1.1	L'analisi di sensitività sull'impianto reale	171
6.2	Strumentazione utilizzata in laboratorio	174
6.3	Prove respirometriche per la valutazione dei parametri cinetici e stechiometrici della biomassa	174
6.3.1	Modellizzazione dinamica del respirometro	175
6.3.2	Analisi di sensitività	180
6.3.2.1	Valutazione del parametro stechiometrico Y <sub>STO</sub>	181
6.3.2.2	Valutazione del parametro cinetico k <sub>STO</sub>	182
6.3.2.3	Valutazione del parametro cinetico K <sub>O2</sub>	183
6.3.2.4	Valutazione del parametro cinetico K <sub>S</sub>	184
6.3.2.5	Valutazione del parametro cinetico K <sub>STO</sub>	185
6.3.3	Ottimizzazione dei parametri cinetici e stechiometrici	186
6.4	Prove respirometriche di frazionamento del COD	187
6.4.1	Modellizzazione dinamica del respirometro	188
6.5	Conclusioni	191
<b>7</b>	<b><i>Capitolo 7</i></b>	
	<b>Simulazione del comparto biologico dell'impianto Consortile dell'Alto Tagliamento</b>	<b>193</b>
7.1	Introduzione alle simulazioni	193
7.2	Layout dell'impianto	196
7.3	Caratterizzazione del refluo	197
7.4	Caratterizzazione fisica e operativa delle singole unità del comparto biologico	199
7.4.1	Vasca di contatto	199
7.4.2	Vasca di ossidazione	200
7.4.3	Sedimentatori	202
7.5	Calibrazione del modello	205
7.5.1	Variabili cinetiche e stechiometriche nella vasca di contatto e di ossidazione	205

7.6	Risultati delle simulazioni allo stato stazionario	208
7.7	Validazione del modello in condizioni dinamiche	209
7.7.1	Simulazione dell'impianto con dati di progetto	211
7.7.2	Simulazione dell'impianto con dati di gestione reali	214
7.8	Conclusioni	217
<b>8</b>	<b><i>Capitolo 8</i></b>	
	<b>Considerazioni conclusive</b>	<b>221</b>

***Bibliografia***