

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ ฟลูอิดไคเซชัน . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2528.

สุเมธ ชวเดช การบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,กรุงเทพฯ. 2535.

### ภาษาอังกฤษ

Andrews, G. ; and Trapasso, R. The optimal design of fluidized bed bioreactors Journal WPCF Vol.57, (February 1985) : 143-149.

Barnard, J.L. Cut N and P without chemicals. Part I. Water and Wastes Engineering, Vol. 11, No. 7, (1974) : 33.

Cooper, P.F. and Wheeldon, D.H.V. Fluidized and expanded-bed reactor for wastewater treatment. Water Pollution Control Vol. 79, (1980) : 286-306.

Cooper, P.F.,Collinson, B. and Green, M.K. Recent advances in sewage effluent denitrification. Part II. Water Pollution Control Vol.76, (1977) : 389-401.

Edwards, E. ; William, J. and Heitkamp, A. Laboratory-scale evaluation of aerobic fluidized bed reactors for the biotreatment of a synthetic , high-strength chemical industry waste stream, Water environment research Vol.66, No.11 , (1992): 70-83.

Eggers, E and Terlouw , T. Biological denitrification in a fluidised-bed with with sand as carrier material. Water Research Vol.13,(1979) : 1077-1090.

Famularo, J.et al. Application of Mass Transfer to Rotation Biological Contactors, Presented at the 49<sup>th</sup> Annual Conference of the Water Pollution Control Federation, Minneapolis, Minn. (October 1976).

- Filion, M.P. et al. Performacer of a Rotating Biological Contactor Under Transient Loading Conditions. Journal of the Water Pollution Control Federation Vol.51 No.7, (1979) : 925.
- Forster, C.F. ; Boyes, A.P. ; Hay, B.A. ; and Butt, J.A. An aerobic fluidised bed reactor for wastewater treatment. J.Chem.Eng.Res.Des. Vol.64 , (November 1986) : 425-430.
- Francis, C.W. and Malone, C.D. Anaerobic columnar denitrification of high-nitrate wastewater. Progress in Water Technology Vol.8, (1977) : 687-711.
- Hamdi, M. and Ellouz, T. Treatment of detoxified olive mill wastewaters by anaerobic filter and aerobic fluidized bed processes. Environmental technology vol.14, (1993) : 183-188.
- Hirata, A. and Motoharu, N. Biological wastewater treatment by three-phase fluidization – characteristics and basic design method. Wat.Sci.Tech. Vol.30, No.11, (1994) : 91-100.
- Jeris, J.S. and Owens, R.W. Pilot-Scale, High-Rate Biological Denitrification, Journal of the Water Pollution Control Federation Vol.47, (1975) : 2043-2057.
- Jeris, J.S., Owens, R.W., Hickey, R. and Flood, F. Biological fluidized-Bed Treatment for BOD and Nitrogen Removal, Journal of the Water Pollution Control Federation Vol.49, (1977): 816-831.
- Merchuk, J.C. and Asenjo, J.A. Communication to the editor the Monod Equation and mass transfer. Biotechnology and Bioengineering Vol.45 ,(1995): 91-94.
- Oppelt, T., Smith, John and Feige, Walter. Expanded Bed Biological Treatment, Environmental Protection Agency Report (July 1978) : 600/2-78-117
- Safferman, I. and Bishop, L. Aerobic fluidized bed reactor with internal media cleaning. Journal of environmental engineering Vol.122, No.4 , (1996):284-291.
- Shahalam, A.B. Parametric sensitivity of comprehensive model of aerobic fluidized-bed biofilm process. Journal of environmental engineering Vol.122, No.12, (1996):1085-1093.
- Sehic, O.A. Fluidised sand recycle reactor for aerobic biological treatment of sewage. Biological Fluidised Bed Treatment of Water and Wastewater New York : John wiley & sons 1981.
- Sehic, O.A. The use of bioactive fluidized sand for the rapid carbonaceous oxidation of domestic wastewater .M.Egh.Sc. Thesis, Department of Chemical Engineering, University of Melbourne, Australia, October, 1978.

- Shieh, W.K. ; Sutton, P.M. ; and Kos, P. Predicting reactor biomass concentration in a fluidized-bed system. Journal WPCF Vol.53, (November 1981) : 1574-1583.
- Sutton, P.M. et al. Oxitron Fluidized Bed Wastewater Treatment System: Application to High Strength Industrial Wastewaters , Paper presented at the 34<sup>th</sup> Annual Purdue Industrial Waste conference, Lafayette,Indiana, May 1979.
- Van , T. and Wen, K. Evaluation of intrinsic and inhibition kinetics in biological fluidized bed reactors. Water research Vol. 29, No.11, (1995) : 2520-2524.
- Wastewater Engineering : Treatment/Disposal/Reuse, 2<sup>nd</sup> Edition, New York : McGraw-Hill,1979.
- Wilson, F. Total organic carbon as a predictor of biological wastewater treatment efficiency and kinetic reaction rates. Wat.Sci.Tech. Vol.35, No.8, (1997) : 119-126.

ตารางผนวกที่ 3 ค่าการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำเสียของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไลซ์เบด ของตัวกลางอิฐ

waste water flowrate( $m^3/h$ )	Volumetric Loading ( $kg\ BOD/m^3.d$ )	BOD <sub>5</sub> (mg/l)		Temp. °C	pH		MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	F/M ratio $kg\ BOD_5 / kg\ VSS.d$	BOD <sub>5</sub> Efficiency Total (%)	SS (mg/l)		Volumetric loading rate $kg\ BOD/m^3.d$	HRT min.	BOD <sub>5</sub> part reactor		BOD <sub>5</sub> In reactor efficiency. (%)
		influent	effluent		influent	effluent					In	Out					
0.25	15.26	432.5	-	33	6.68	7.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.25	15.26	432.5	48.6	33	6.67	7.21	9200.0	7634.1	0.30	93.07	100	123	15.198	40.80	430.6	54.3	91.65
0.25	15.35	434.8	47.5	33	6.66	7.21	9400.0	7380.0	0.31	93.37	110	117	15.265	40.80	432.5	52.6	92.10
0.25	15.17	429.8	48.1	33	6.66	7.22	9520.0	7600.0	0.30	93.14	100	114	15.116	40.80	428.3	56.4	91.08
0.25	15.37	435.6	49.2	33	6.65	7.21	9690.0	7640.0	0.30	92.97	80	120	15.268	40.80	432.6	58.7	90.62
0.25	15.28	432.9	48.5	33	6.66	7.21	9930.1	7850.0	0.29	93.10	75	115	15.18	40.80	430.1	61.4	89.90
0.25	15.41	436.7	47.8	33	6.67	7.19	9900.0	8023.5	0.29	93.33	86	113	15.335	40.80	434.5	62.3	89.79
0.30	18.46	435.8	65.2	33	6.67	7.19	9940.0	8103.7	0.33	89.13	92	119	18.335	34.00	432.9	68.4	88.28
0.30	18.49	436.5	65.1	33	6.68	7.20	10231.0	8220.0	0.33	89.17	90	110	18.58	34.00	438.7	68.8	88.34
0.30	18.20	429.8	64.2	33	6.68	7.20	10150.0	8480.0	0.31	89.21	100	116	18.152	34.00	428.6	74.6	86.64
0.30	18.14	428.4	63.8	33	6.68	7.21	10280.0	8600.0	0.31	89.28	100	116	18.055	34.00	426.3	76.4	86.12
0.30	18.20	429.7	64.2	34	6.69	7.21	10541.0	8640.0	0.30	89.21	100	116	18.03	34.00	425.7	66.7	88.49

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

waste water	Volumetric Loading rate	BOD <sub>5</sub> (mg/l)		Temp.	pH		MLSS	MLVSS	F/M ratio	BOD <sub>5</sub> Efficiency Total	SS (mg/l)		Volumetric loading rate	HRT	BOD <sub>5</sub> part reactor		BOD <sub>5</sub> In reactor
0.30	18.23	430.4	63.7	34	6.70	7.22	10490.0	8560.0	0.31	89.35	100	116	18.064	34.00	426.5	72.1	87.18
0.30	18.26	431.2	64.7	34	6.71	7.22	10490.0	8560.0	0.31	89.13	100	116	18.237	34.00	430.6	64.5	89.16
0.35	21.59	436.9	78.6	34	6.72	7.23	10620.0	8600.0	0.35	85.94	120	120	21.474	29.14	434.6	88.6	83.45
0.35	21.53	435.7	79.5	34	6.72	7.23	10969.0	8775.2	0.34	85.69	95	124	21.336	29.14	431.8	86.8	83.78
0.35	21.34	431.8	80.1	34	6.72	7.22	10870.0	8980.0	0.33	85.41	98	129	21.296	29.14	431	87.5	83.58
0.40	24.60	435.6	100.2	34	6.73	7.21	11080.0	9150.0	0.35	80.70	100	122	24.576	25.50	435.2	113.9	77.38
0.40	24.66	436.7	103.2	34	6.72	7.22	11120.0	9270.0	0.35	80.03	110	123	24.553	25.50	434.8	115.6	76.95
0.40	24.44	432.8	102.4	34	6.72	7.21	11414.4	9310.0	0.34	80.04	130	122	24.367	25.50	431.5	116.5	76.55
0.45	27.58	434.2	124.8	34	6.71	7.23	11441.5	9321.4	0.36	74.70	114.6	110.6	27.496	22.67	432.8	132.4	72.77
0.45	27.52	433.2	125.3	34	6.71	7.32	11401.2	9335.6	0.36	74.52	113.2	118.5	27.451	22.67	432.1	133.2	72.53
0.45	27.73	436.5	126.7	34	6.85	7.25	11443.8	9324.7	0.36	74.38	108.4	121.8	27.61	22.67	434.6	134.1	72.48
0.6	36.83	434.8	176.9	34	6.75	7.14	11420.5	9332.2	0.40	62.17	102.3	114.5	36.635	17.00	432.5	178.5	61.58
0.6	36.69	433.2	176.4	34	6.82	7.24	11524.7	9314.6	0.40	62.15	98.7	109.6	36.61	17.00	432.2	180.6	61.04
0.6	36.81	434.6	174.8	34	6.94	7.32	11537.6	9326.4	0.40	62.66	96.3	108.7	36.576	17.00	431.8	182.2	60.61
Mean		433.60		33.60	6.72	7.22	10584.19	8613.26	0.33		100.78	117.39			431.7		
Standard Deviation		2.87429		0.513	0.025	0.0123	622.7809	588.1356	0.0196		12.701	4.587			3.394		

ตารางผนวกที่ 4 ค่าการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำเสียของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด ของตัวกลางอัญมณีผสม

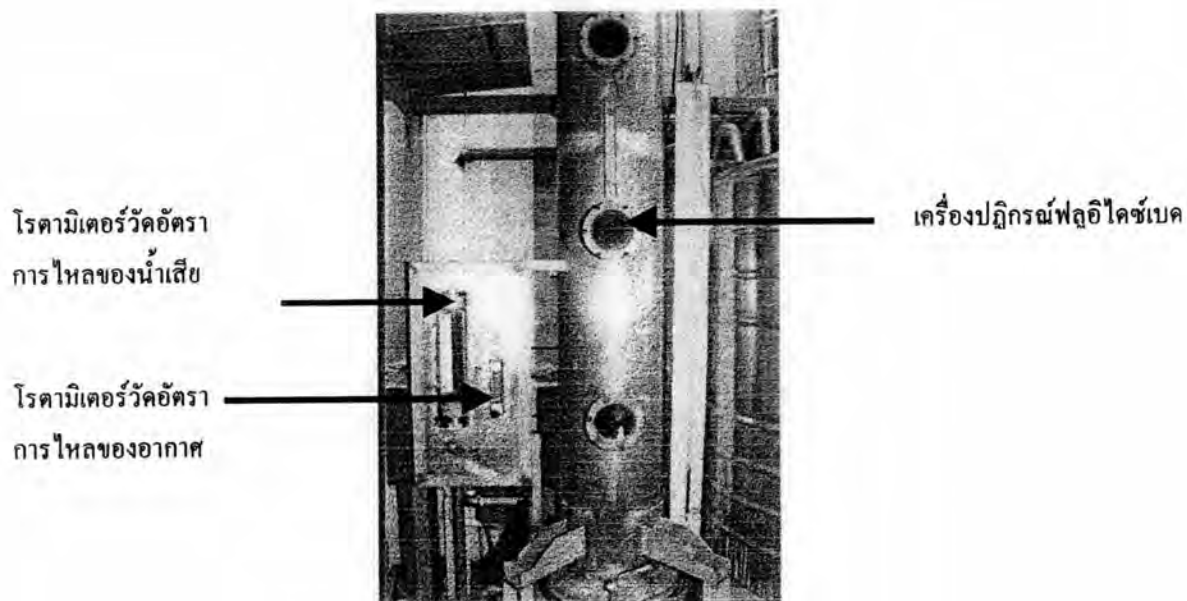
waste water Flowrate (m <sup>3</sup> /h)	Volumetric Loading (kg BOD/m <sup>3</sup> .d)	BOD <sub>5</sub> (mg/l), ave		Temp. °C	pH influent	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	F/M ratio kgBOD <sub>5</sub> /kg VS.d	Total BOD <sub>5</sub> Efficiency (%)	SS (mg/l)		Vol. Loading kg BOD/m <sup>3</sup> .d	HRT min.	pH effluent	BOD <sub>5</sub> part reactor		reactor BOD <sub>5</sub> efficiency (%)
		influent	effluent							influent	effluent				In	Out	
0.25	15.02	425.6	-	30	6.71	-	-	-	-	-	-	-	-	7.2	-	-	-
0.25	14.95	423.7	54.8	30	6.65	9500.0	7600.0	0.29	91.38	80	110	14.905	40.80	7.22	422.3	58.4	90.45
0.25	15.04	426.2	53.7	30	6.65	9595.0	7676.0	0.29	91.70	90	116	14.975	40.80	7.21	424.3	57.6	90.70
0.25	14.99	424.6	54.6	30	6.65	10000.0	8060.0	0.28	91.45	85	118	14.834	40.80	7.21	420.3	58.2	90.46
0.25	15.12	428.3	53.9	30	6.64	10110.0	8200.0	0.27	91.70	90	120	15.064	40.80	7.20	426.8	56.9	90.93
0.25	15.09	427.5	54.3	30	6.63	10110.0	8000.0	0.28	91.58	88	110	14.947	40.80	7.18	423.5	57.5	90.71
0.25	15.13	428.6	54.8	30	6.64	9984.6	7987.7	0.28	91.48	85	111	15.028	40.80	7.18	425.8	58.3	90.56
0.25	14.94	423.3	53.2	30	6.65	10084.4	7850.0	0.28	91.77	90	116	14.838	40.80	7.17	420.4	57.6	90.61
0.30	18.10	427.4	70.2	30	6.67	10185.3	8148.2	0.32	87.68	68	120	18.025	34.00	7.18	425.6	74.5	86.56
0.30	18.11	427.6	71.4	30	6.68	10680.0	8229.7	0.31	87.39	70	117	18.025	34.00	7.20	425.6	75.6	86.29
0.30	18.04	425.9	72.3	30	6.68	10800.0	8630.0	0.30	87.12	84	124	17.941	34.00	7.20	423.6	76.2	86.08
0.30	18.06	426.3	71.5	31	6.68	10750.0	8630.0	0.30	87.32	88	126	17.992	34.00	7.22	424.8	75.8	86.22
0.30	18.15	428.5	72.4	31	6.69	10598.8	8700.0	0.29	87.17	92	124	18.055	34.00	7.23	426.3	76.3	86.14
0.30	18.06	426.4	71.8	31	6.70	10800.0	8563.9	0.30	87.25	92.5	117.4	18.013	34.00	7.24	425.3	76.4	86.08



## ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

waste water	Volumetric Loading	BOD <sub>5</sub> (mg/l), ave		Temp.	pH	MLSS	MLVSS	F/M ratio	Total BOD <sub>5</sub> Efficiency	SS (mg/l)		Vol. Loading	HRT	pH	BOD <sub>5</sub> part reactor		reactor BOD <sub>5</sub> efficiency
0.30	18.14	428.4	71.9	31	6.72	11200.0	8649.5	0.30	87.29	98.5	115.3	18.059	34.00	7.25	426.4	74.6	86.56
0.35	20.87	422.3	86.2	31	6.72	11200.0	9120.0	0.31	83.54	74	112	20.768	29.14	7.25	420.3	91.5	82.14
0.35	20.93	423.5	85.6	31	6.73	11240.0	9050.0	0.31	83.74	82	120	20.792	29.14	7.24	420.8	92.1	82.01
0.35	20.98	424.6	87.2	31	6.82	11234.5	9022.3	0.31	83.39	76	112.4	20.827	29.14	7.25	421.5	90.6	82.42
0.4	24.07	426.2	108.6	31	6.73	11139.5	8911.6	0.34	78.19	90.2	120.2	24.04	25.50	7.24	425.7	112.3	77.25
0.4	24.02	425.3	107.6	31	6.74	11250.9	9260.0	0.33	78.39	95.4	112.2	23.972	25.50	7.22	424.5	113.2	76.96
0.4	24.08	426.4	109.2	31	6.732	11363.4	9090.7	0.33	78.05	90.6	115.6	23.96	25.50	7.22	424.3	113.5	76.87
0.4	24.04	425.7	106.9	31	6.722	11477.0	9550.0	0.32	78.58	94.6	118.4	23.983	25.50	7.21	424.7	112.4	77.17
0.45	26.85	422.6	131.5	31	6.72	11591.8	9470.0	0.33	72.31	90.3	116.4	26.72	22.67	7.21	420.6	133.6	71.64
0.45	27.15	427.3	133.2	31	6.72	11880.0	9760.0	0.33	72.21	90.8	114.3	27.07	22.67	7.21	426.10	134.50	71.80
0.45	27.11	426.8	132.6	31	6.72	12160.0	10040.0	0.32	72.32	97.8	124.2	26.956	22.67	7.22	424.3	135.2	71.51
0.60	35.88	423.6	180.5	31	6.78	12014.2	9842.5	0.36	60.23	102.4	112.3	35.678	17.00	7.35	421.2	184.6	58.97
0.60	36.31	428.7	182.5	31	6.75	12325.6	9945.3	0.36	60.24	101.8	114.8	36.144	17.00	7.31	426.7	185.2	59.38
0.60	36.04	425.5	183.1	31	6.81	12145.3	9864.6	0.35	59.78	105.7	118.6	35.881	17.00	7.33	423.6	183.5	59.49
Mean		425.98		30.63	6.70	10788.97	8674.98	0.31		86.78	116.9			7.21	423.9		
Standard Deviation		1.8908		0.5036	0.0446	715.7591	670.106	0.01984		8.182	4.609			0.022	2.181		

## ภาคผนวก ข

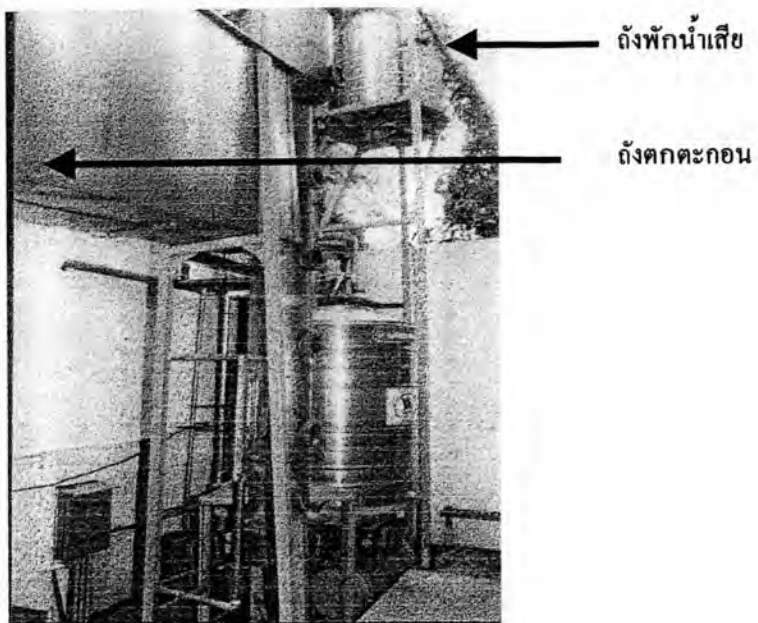


ภาพผนวกที่ 1 เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบด โรตاميเตอร์อัตราการไหลของน้ำเสีย และ อากาศ



ภาพผนวกที่ 2 ถังเคมิสสารเคมีปรับสภาพน้ำเสีย ถังเคมิสสารอาหาร และ ถังปรับสภาพน้ำเสีย





ภาพผนวกที่ 3 ถังพักน้ำเสีย และ ถังตกตะกอน

### ประวัติผู้เขียน

นายไพศาล ปั่นสง่า เกิดวันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2512 ที่อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2538