

เอกสารอ้างอิง



- ADAMS, C.E. "Hot Problem Solved by Aerated Lagoon".  
Jour. Water & Wastes Eng. 9 (September 1972) :  
E 8 - E 11.
- APHA., AWWA., and WPCF. Standard Methods for the Examination  
of Water and Wastewater. 13 th ed. New York : Am.  
Pub. Health Assoc., Inc., 1971.
- AQUA - AEROBIC SYSTEM. Aqua - Jet Aerator's Catalogue.  
Rockford, Ill., 1973.
- ARCEIVALA, S.J. Simple Waste Treatment Methods. Ankara,  
Turkey : Middle East Technical University, 1973.
- AZAD, H.S. Industrial Wastewater Management Handbook.  
Tokyo : McGraw - Hill Co., 1976.
- BARTCH, E.H. and RANDALL, C.W. "Aerated Lagoons - A Report  
on the State of the Art." Jour. Water Poll. Control  
Fed. 43 (April 1971) : 699 - 708.
- BEBIN, J. Aerated Lagooning. France : Delft University of  
Technology, 1973.

BESS, F.D. and CONWAY, R.A. "Aerated Lagoon System Treats Roofing Felt Mill Wastes." Jour. Water Poll. Control Fed. 38 (June 1966) : 939 - 956.

BRITISH STANDARD. Method of Testing Water Used in Industry. Part 3. London : British Standard Institution, 1966.

COOKE, W.B., MOORE, W.A. and KABLER, P.W. "BOD Satisfaction by Fungi." Jour. Sewage and Ind. Wastes. 28 (September 1956) : 1075 - 1086.

DEVONES, K.R., FISHER, D.E. and MORGAN, O.P. "Experience with Low Rate Biological Treatment Process." In Proc. 23 th Ind. Waste Conf., pp. 10 - 17. Purdue Univ. : Indiana, 1968.

DUTTON, C.S. and FISHER, C.P. "The Use of Aero-Hydraulic Guns in the Biological Treatment of Organic Wastes." In Proc. 21 st Ind. Waste Conf., pp. 403 - 423. Purdue Univ. : Indiana, 1966.

ECKENFELDER, W.W. and BARNHART, E.L. "Laboratory Procedures for Bio-Oxidation Design." In Proc. 16 th Ind. Waste Conf., pp. 405 - 412. Purdue Univ. : Indiana, 1961.

- ECKENFELDER, W.W. Industrial Water Pollution Control.  
New York : McGraw - Hill, Inc., 1966.
- ECKENFELDER, W.W., Jr., and FORD, D.L. Water Pollution Control Experimental Procedures for Process Design.  
New York : Pemberton Press, 1970.
- ESVELT, L.A. and HART, H.H. "Treatment of Fruit Processing Waste by Aeration." Jour. Water Poll. Control Fed. 42 (July 1970) : 1305 - 1326.
- FARQUHAR, G.J. and BOYLE, W.C. "Identification of Filamentous Microorganisms in Activated Sludge." Jour. Water Poll. Control Fed. 43 (April 1971) : 604 - 622.
- FARQUHAR, Q.J. and BOYLE, W.C. "Occurrence of Filamentous Microorganisms in Activated Sludge." Jour. Water Poll. Control Fed. 43 (May 1971) : 779 - 798.
- GEAR HEART, R.M. "Aeration Prooves Efficiency." Jour. Water and Wastes Eng. 9 (June 1972) : 35 - 36.
- GELLMAN, I. "Aerated Stabilization Basin Treatment of Mill Effluents." TAPPI 48 (June 1965) : 106 A - 110 A.
- GLOYNA, E.F., BRADY, S.P. and LYLES, H. "Use of Aerated Lagoons and Pond in Refinery and Chemical Waste Treatment." Jour. Water Poll. Control Fed.

41 (March 1969) : 429 - 439.

GRIFFITH, C.C. "Poultry Processing Waste Treatment Experience in Aerated Ponds." In Proc. 23 rd Ind. Waste Conf. pp. 537 - 539. Purdue Univ. : Indiana, 1968.

HAYNES, F.D. "Three Years Operation of Aerated Stabilization Basins for Paperboard Mill Effluent." In Proc. 23 rd Ind. Waste Conf., pp. 361 - 373. Purdue Univ. : Indiana, 1968.

KALINSKE, A.A. "Effect of Dissolved Oxygen and Substrate Concentration on the Uptake Rate of Microbial Suspensions." Jour. Water Poll. Control Fed. 43 (January 1971) : 73 - 80.

KORMANIK, R.A. "Design of Two Stages Aerated Lagoon." Jour. Water Poll. Control Fed. 44 (March 1972) : 451 - 458.

LING, J.T. "Pilot Study of Treating Chemical Waste with An Aerated Lagoon." Jour. Water Poll. Control Fed. 35 (August 1963) : 963 - 972.

LOEHR, R.C. and McKINNEY, R.E. "Aerated Lagoon System Treat Roofing Felt Mill Wastes." Jour. Water and Wastes Eng. (September 1966) : 91 - 93.

- MCKINNEY, R.E. Microbiology for Sanitary Engineers.  
New York : McGraw - Hill, 1962.
- MCKINNEY, R.E. "Overloaded Oxidation Ponds - Two Case Studies." Jour. Water Poll. Control Fed.  
40 (January 1968) : 49 - 56.
- METCALF & EDDY, Inc. Waste Water Engineering. TMH ed.  
New Delhi : TATA McGraw - Hill Book Co., 1974.
- NOVAK, J.T. "Temperature - Substrate Interactions in Biological Treatment." Jour. Water Poll. Control Fed. 46 (August 1974) : 1984 - 1994.
- PERRY, J.H. Chemical Engineers' Handbook. 4 th ed.  
Tokyo : McGraw - Hill Book Co., 1963.
- SPIEGEL, M.R. Theory and Problems of Statistics. New York : McGraw - Hill Book Co., 1961.
- STAMBURG, J.B. and BISHOP, D.F. "Hydrogen Peroxide Cures Filamentous Growth in Activated Sludge." Jour. Water Poll. Control Fed. 45 (May 1973) : 829 - 836.
- STROUD, P.W., SORG, I.V. and LAMKIN, I.C. "The First Large Scale Industrial Waste Treatment." In Proc. 18 th Ind. Waste Conf., pp. 460 - 475. Purdue Univ. : Indiana, 1963.

SYMONS, J.M. "Simple, Continuous - Flow, Low and Variable Rate Pump." Jour. Water Poll. Control Fed. 35 (December 1963) : 1480 - 1485.

THABARAJ, G.J. "Effect of DO Concentration on the Metabolic Response of Completely Mixed Activated Sludge." Jour. Water Poll. Control Fed. 41 (August 1969) : R 322 - R 335.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Aerated Lagoon Treatment of Sulfite Pulping Effluents. Project No. WPRD 69 - 01 - 68. Washington, D.C. : U.S. Government Printing Office, 1970.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Design Guides for Biological Wastewater Treatment Process. Project No. 11010 ESQ. Washington, D.C. : U.S. Government Printing Office, 1971.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. State of the Art Review of Pulp and Paper Waste Treatment. Project No. 12040 GLV. Washington, D.C. : U.S. Government Printing Office, 1973.

VISUTHIRUNGSURI, N. "Evaluation of Economic and Technical Feasibility of Effluent Standards as Applied to the Mae Klong River." Master's Thesis, Department of Technology of Environment Management, Graduate Studies, Mahidol Univ., 1976.

WHITE, S.C. and RICH, L.G. "How to Design Aerated Lagoon System to Meet 1977 Effluent Standards." Jour. Water & Sewage Works. 123 (March 1976) : 85 - 87; (April 1976) : 82 - 83; (May 1976) : 88 - 89; (June 1976) : 90 - 92.

WHITE, S.C. and RICH, L.G. "BOD<sub>5</sub> Removal from Aerated Lagoon Systems." Jour. Water & Sewage Works. 124 (April 1977) : R 21 - R 23.

ภาคผนวก



ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางที่ ผ. 1 การคำนวณหาค่า K สำหรับ Unfiltered BOD จาก  
ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของการกำจัด (1/R) กับเวลา  
ในการกำจัด (1/T) จะได้ความชัน = 1/K

1/R Y	1/T X	$X^2$	XY	$Y^2$
1.045	0.0667	0.0045	0.0697	1.092
1.105	0.100	0.010	0.1105	1.221
1.074	0.125	0.0156	0.1343	1.1535
1.105	0.300	0.090	0.3315	1.221
1.196	0.3745	0.1403	0.4479	1.430
5.525	0.9662	0.2604	1.0939	6.1175



$$\begin{aligned}
 \text{Intercept, } a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(5.525)(0.26035) - (0.9662)(1.0939)}{5(0.2604) - (0.9662)^2} \\
 &= 1.0368
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Slope, } b &= \frac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{5(1.0939)(0.9662) - (5.525)}{5(0.2604) - (0.9662)} \\
 &= 0.3564
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore K &= \frac{1}{0.3564} \\
 &= 2.8054
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Correlation coef., } r &= \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y)/N}{\sqrt{[\sum X^2 - (\sum X)^2/N][\sum Y^2 - (\sum Y)^2/N]}} \\
 &= \frac{(1.0939) - (0.9662)(5.525/5)}{\sqrt{[0.2604 - \frac{(0.9662)^2}{5}][6.1175 - \frac{(5.525)^2}{5}]}} \\
 &= 0.8697
 \end{aligned}$$

สัมประสิทธิ์การทำลาย BOD, K White & Rich (1976)

แนะนำสำหรับการทดลองแบบ Semi-Continuous การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การ

ทำลายสารอินทรีย์ควรรักษาสมการ  $\frac{dS}{dt} = -KS$

ตารางที่ ๒ การคำนวณหาค่า K ที่เวลาในการกำจัด 6.67 วัน

X, ชม.	BOD, มก./ล.	$\frac{BOD_t}{BOD_0}$	$Y = \log \frac{BOD_t}{BOD_0}$	$X^2$	XY	$Y^2$	Removal, %
0	86						84.3
0.5	47						91.4
1	29						94.7
1.5	16	0.186	-0.731	2.25	-1.097	0.534	97.1
2	10.8	0.126	-0.899	4.0	-1.798	0.808	98.0
2.5	7.3	0.085	-1.071	6.25	-2.678	1.147	98.7
3	6.5	0.076	-1.119	9.0	-3.357	1.252	98.8
3.5	5.3	0.062	-1.208	12.25	-4.228	1.459	99.0
12.5			-5.028	33.75	-13.158	5.20	

$$\begin{aligned}
 \text{Intercept, } a &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{(-5.028)(33.75) - (12.5)(-13.158)}{5(33.75) - (12.5)^2} \\
 &= -0.4176
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Slope, } b &= \frac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2} \\
 &= \frac{5(-13.158) - (12.5)(-5.028)}{5(33.75) - (12.5)^2} \\
 &= -0.2352
 \end{aligned}$$

$$\therefore K = 5.64 \text{ ๓๑วัน}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Correlation coef., } r &= \frac{(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)/N}{\sqrt{[(\sum X^2) - (\sum X)^2/N] [(\sum Y^2) - (\sum Y)^2/N]}} \\
 &= \frac{(-13.158) - (12.5)(-5.028)/5}{\sqrt{[(33.75) - (12.5)^2/5] [(5.20) - (5.028)^2/5]}} \\
 &= 0.981
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ๓ การคำนวณหาค่า K ที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน

X, ชม.	BOD, มก./ล.	$\frac{BOD_t}{BOD_0}$	$Y = \log \frac{BOD_t}{BOD_0}$	$X^2$	XY	$Y^2$	Removal, %
0	180						67.1
0.5	121						77.9
1	68	0.38	-0.42	1	-0.42	0.1764	87.6
1.5	48.3	0.27	-0.568	2.25	-0.852	0.3226	91.2
2	37.6	0.21	-0.678	4	-1.356	0.4597	93.1
2.5	31.3	0.174	-0.759	6.25	-1.897	0.5761	94.3
3	27.0	0.15	-0.824	9	-2.472	0.6789	95.1
3.5	20.5	0.11	-0.959	12.25	-3.357	0.9197	96.3
13.5			-4.208	34.75	-10.354	3.1334	

แทนค่าตามสูตรในตาราง ๓. 2 จะได้

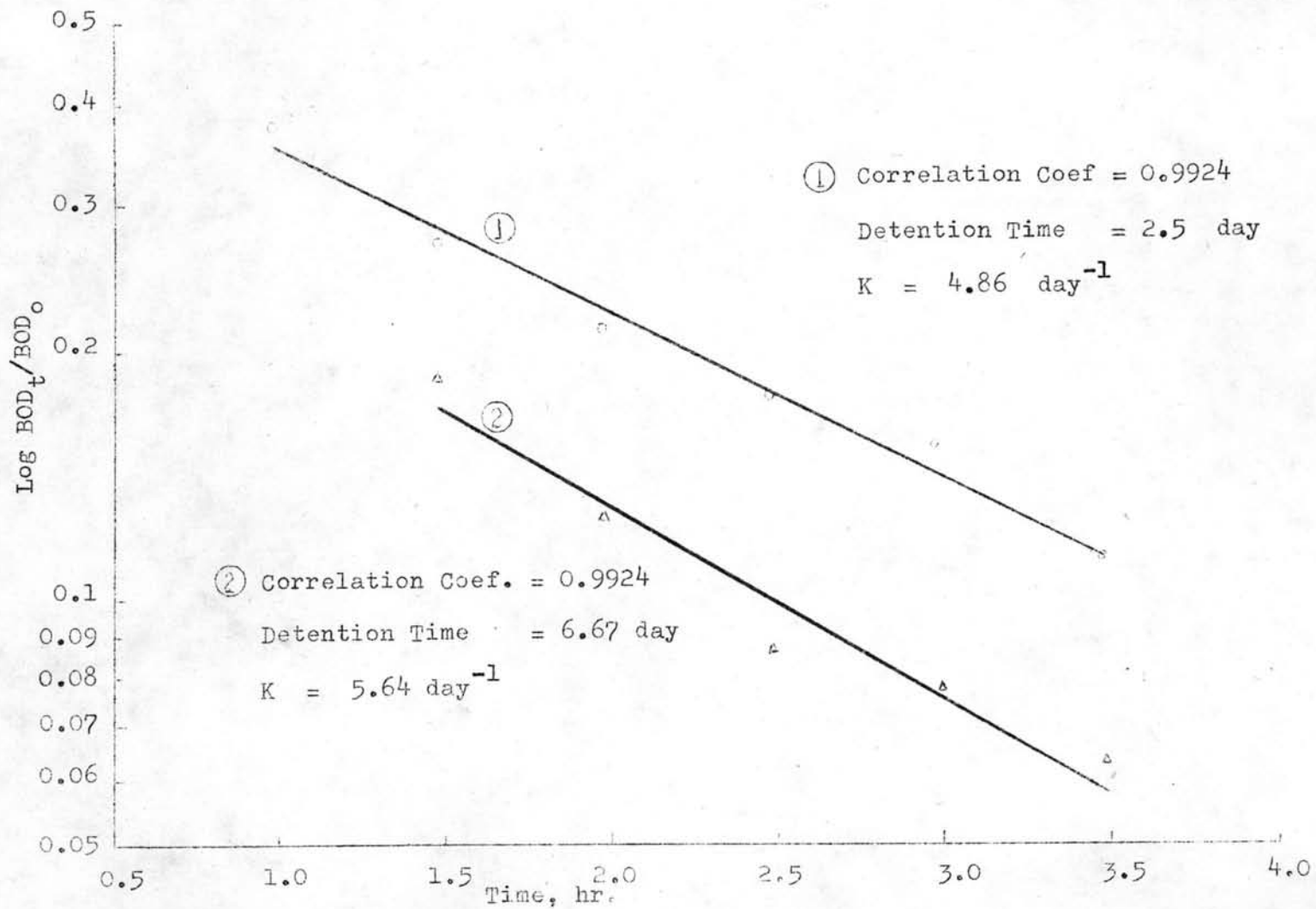
$$a = -0.246$$

$$b = -0.202$$

$$r = 0.9924$$

$$\therefore K = 4.86 \text{ วัน}^{-1}$$

รูปที่ ๑. -1 การหาสัมประสิทธิ์การพำลาย BOD ที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน และ 6.67 วัน



ตารางที่ ๘. 4 การคำนวณหาค่า K ที่เวลาในการกำจัด 6.67 วัน

X, ชม.	COD, มก./ล.	$\frac{COD_t}{COD_0}$	$Y = \log \frac{COD_t}{COD_0}$	$X^2$	XY	$Y^2$	Removal, %
0	186						81.4
0.5	127						87.3
1	106						89.4
1.5	82	0.4408	-0.3557	2.25	-0.5335	0.1265	91.8
2	51	0.2742	-0.5619	4	-1.1238	0.3157	94.9
2.5	44	0.2366	-0.6290	6.25	-1.565	0.3918	95.6
3	44	0.2366	-0.6260	9	-1.878	0.3918	55.6
3.5	51	0.2742	-0.5619	12.25	-1.9666	0.3157	94.9
13.5			-2.7315	33.75	-7.067	1.5415	

แทนค่าตามสูตรในตาราง ๘. 2 จะได้

$$a = -0.308$$

$$b = -0.0985 \quad \therefore K = 2.364 \text{ วัน}^{-1}$$

$$r = 0.8445$$

ตารางที่ ๕ การคำนวณหาค่า K ที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน

X, ชม.	COD, มก./ล.	$\frac{COD_t}{COD_0}$	$Y = \log \frac{COD_t}{COD_0}$	$X^2$	XY	$Y^2$	Removal, %
0	392						60.8
0.5	227	0.578					77.3
1	137	0.349	-0.457	1.0	-0.457	0.2088	86.3
1.5	92	0.234	-0.630	2.25	-0.945	0.3969	90.8
2	102	0.259	-0.586	4	-1.172	0.3434	89.8
2.5	83	0.2107	-0.676	6.25	-1.690	0.4569	91.7
3	76	0.1937	-0.713	9	-2.139	0.5084	92.4
3.5	71	0.1807	-0.743	12.25	-2.601	0.5522	92.9
13.5			-3.805	34.75	-9.004	2.4666	

แทนค่าตามสูตรในตาราง ๕ จะได้

$$a = -0.4065$$

$$b = -0.10 \quad \therefore K = 2.4 \text{ วัน}^{-1}$$

$$r = 0.9141$$

ตารางที่ ๘. 6 การคำนวณหาค่า K ที่เวลาในการกำจัด 2.5 วัน

X ชม.	COD, มก./ล.	$\frac{COD_t}{COD_0}$	$Y = \log \frac{COD_t}{COD_0}$	$X^2$	XY	$Y^2$	Removal, %
0	405						59.5
0.5	242	0.598					75.8
1	157	0.388	-0.411	1	-0.411	0.469	84.3
1.5	130	0.321	-0.493	2.25	-0.739	0.243	87.0
2	118	0.291	-0.536	4	-1.072	0.287	82.7
2.5	101	0.249	-0.604	6.25	-1.51	0.365	89.9
3	83	0.205	-0.688	9	-2.064	0.473	91.7
3.5	71	0.175	-0.756	12.25	-2.646	0.572	92.9
13.5			-3.488	34.75	-8.443	2.109	

แทนค่าตามสูตรในตาราง ๘. 2 จะได้

$$a = -0.275$$

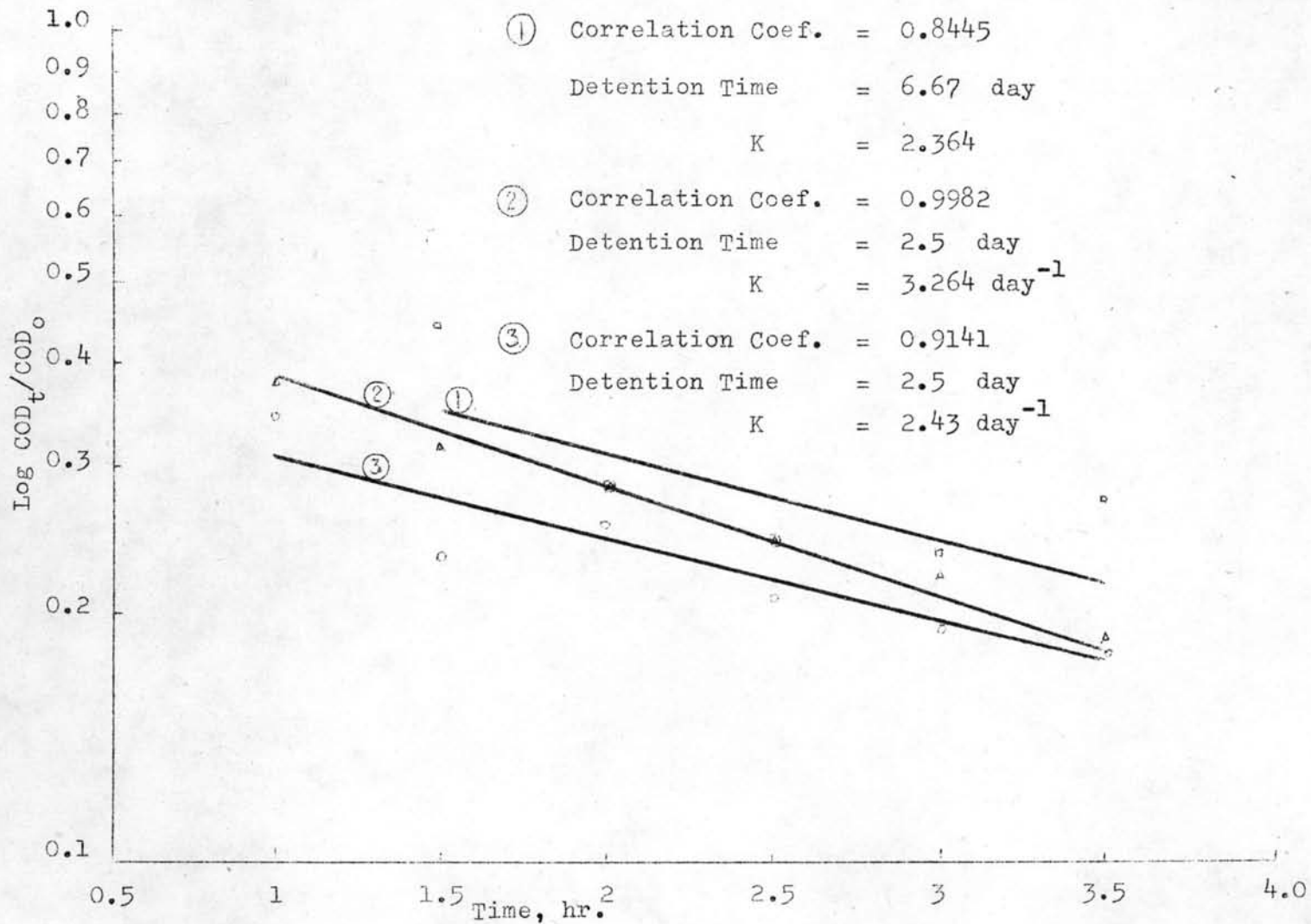
$$b = -0.136$$

$$r = 0.9982$$

$$\therefore K = 3.264 \text{ วัน}^{-1}$$



รูปที่ ๒.๒ การหาสัมประสิทธิ์การทำลาย COD ที่เวลาในการกำจัด 2.5 และ 6.67 วัน



ตารางที่ ๗ การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่าง MLSS กับ Unfiltered  
COD

COD, X	MLSS, Y	X <sup>2</sup>	XY	Y <sup>2</sup>
406	292	164,836	118,552	85,264
537	320	288,369	171,840	102,400
484	279	234,256	135,036	77,841
367	233	134,689	85,511	54,298
290	187	84,100	54,230	34,969
754	483	568,516	364,182	233,289
537	324	288,369	173,988	104,976
283	228	80,089	64,524	51,984
3,658	2,346	1,834,224	1,167,863	745,012

แทนค่าตามสูตรในตาราง ๗. 2 จะได้

$$a = 38.26$$

$$b = 0.56$$

$$r = 0.9645$$

ตารางที่ ๘ การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่าง MLSS กับ Unfiltered BOD

BOD, X	MLSS, Y	X <sup>2</sup>	XY	Y <sup>2</sup>
15.5	91	240.5	1,410.5	8,281
52	279	2,704	14,508	77,841
47	233	2,209	10,951	54,289
29	187	841	5,423	34,969
75	483	5,625	36,225	233,289
54	324	2,916	17,496	104,976
43	228	1,849	9,804	51,984
52	292	2,704	15,184	85,264
38	320	1,444	12,160	102,400
395.5	2,437	20,532.25	123,161.5	753,293

แทนค่าตามสูตรในตาราง ๘. 2 จะได้

$$a = 46.75$$

$$b = 5.098$$

$$r = 0.936$$

ตารางที่ ๘. 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง MLVSS กับ MLSS ในระบบบ่อกำจัดน้ำเสีย

MLSS	MLVSS	MLVSS/MLSS	MLSS	MLVSS	MLVSS/MLSS
510	500	0.980	545	510	0.936
510	510	1.0	630	560	0.889
540	522	0.966	600	558	0.930
600	480	0.800	582	550	0.945
495	485	0.979	656	602	0.917
475	455	0.957	554	516	0.931
548	506	0.923	438	414	0.945
572	530	0.926	442	406	0.919
606	554	0.914	510	498	0.976
530	486	0.917	436	404	0.927
535	485	0.907	380	340	0.895
535	475	0.888	465	410	0.882

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{22259}{24} = 0.927$$

## ประวัติผู้เขียน

นายสุภาพ แสนสุข เกิดวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2487  
 ที่จังหวัดสงขลา ประเทศไทย จบการศึกษาวិทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม-  
 เคมี จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2513 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่ง  
 นักวิทยาศาสตร์ 4 กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวง-  
 อุตสาหกรรม

