บรรณานุกรม

1. Amirtharajah A. (1978) Design of rapid mix units. Water treatment plant design, by R.L. Sanks. Ann Arbor science, Michigan.
2. Andrew-Villegas R. & Letterman R.D. (1976) Optimizing flocculation power input. J. ASCE. San.E.Div. 102, 251-264.
3. Argaman Y. & Kaufman W.J. (1970) Turbulence and flocculation. J. ASCE, San, E.Div. 96, 223-241.
4. ASCE & AWWA. (1969) Water treatment plant design. Conf. of State San. Engrs. AWWA, Inc., New York.
5. Bratby J.R. (1981) Interpreting laboratory results for the design of rapid mixing and flocculation systems. J.Am.Wat.Wks. Ass. 73, 318-325.
6. Camp T.R. (1955) Flocculation and Flocculation basins, Trans. ASCE. 120, 1-16.
7. Camp T.R. (1968) Floc volume concentration. J.Am.Wat.Wks.Ass. 60, 656-673.
8. Camp T.R. & Stein P.C. (1943) Velocity gradient and internal work in fluid motion. J.Boston Sci. Civil Eng. 30, 219-237.
9. Comittee Report. (1971) State of the art of coagulation. J.Am. Wat.Wks.Ass. 63, 99-108.
10. Fair G.M. & Gemmel R.S. (1964) A Mathematical model of Coagulation. J.Colloid Sci. 19, 360-372.
11. Fair G.M. & Geyer J.C. & Okun D.A. (1968) Water and Wastewater engineering, volume 2. John wiley and Sons, Inc; New York.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12. Gemmel R.S. (1971) Mixing and sedimentation. Water quality and treatment, AWWA, Inc., New York.

13. Hahn H.H and Stumm, W. Kinetics of coagulation with hydrolyzed Al (III). J. Colloid Interface Sci. 28:133 (1968).

14. Hanna G.D. & Rubin A.J. (1970) Effect of sulfate and other ions in coagulation with aluminium (III). J.Am. Wat. Wks.Ass.5,315.

15. Holland, F.A. and Chapman, F.S. Liquid mixing and processing in stirred tank. Reinhold Publishing Corporation. New York (1966).

16. Hudson H.E. (1965) Physical aspects of flocculation. J.Am.Wat. Wks. Ass. 57, 885-892.

17. Hudson H.E. & wolfner J.P. (1967) Design of mixing and flocculating basins. J.Am.Wat.Wks.Ass. 59, 1257-1267.

18. Ives K.J. (1978) The scientific basis of flocculation. Sijthoff and Noordhoff alphan aan den. Rizn-Netherlands. (1978).

19. Kao S.V. & Mason S.G. (1975) Dispersion of particle by shear. Nature.253, 619-621.

20. Kawamura S. (1973) Coagulation considerations. J.Am.Wat.Wks.Ass. 65, 417-423.

21. Kawamura S. (1976) Considerations on improving flocculation. J.Am.Wat.Wks.Ass. 68, 328-336.

22. Lagavanker A.L. & Gemmell R.S. (1968) A size-density relationship for flocs.J.Am.Wat.Wks.Ass. 9, 1040.

23. Langelier, W.F. and Ludwig, H.F. Mechanism of flocculation in the clarification of turbid waters. J. AWWA. 41:163 (1949).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

24. Letterman R.D. & Quon J.E. & Gemmel R.S. (1973) Influence of rapidmix parameters on flocculation. J.Am.Wat.Wks.Ass. 65, 716-722.

25. Letterman R.D. & Mojdeh T. & Ameg R.S. (1979) The effect of the bicarbonate ion concentration on flocculation with aluminium sulfate. J.Am.Wat.Wks.Ass. 71, 467.

26. Letterman R.D. & Vanderbrook S.G. & Srieharoen chaikit P. (1982) Electrophoretic mobility measurements in coagulation with aluminium salts. J.Am.Wat.Ass. 74, 44-51.

27. Levich V.G. (1962) Physiochemical hydrodynamics. Prentice-Hall, Inc., Englewoood Cliffs.

28. Lightnin in-line blenders engineering data. Lightnin Mirers Pty. Ltd. N.S.W. Australia. (1977)

29. Michaels A.S. & Bloger J.C. (1962) The plastic flow behavior of Flocculation kaolin suspensions. Industrial and engineering Chemical Society, Washington. 1, 69.

30. Notthakun, S. Optimization of direct filtration. Master thesis. No Ev-84-6. AIT. Bangkok Thailand (1984).

31. O'melia C.R. (1972) Coagualtion and flocculation. Physicochemical process for water quality control, by W.W.Weber Wiley-Interscience, New York.

32. O'melia C.R. (1978) Coagualtion. Water treatment plant design, by R.L. Sanks. An Arbor Science, Michigan.

33. Packham R.F. (1965) Some Studies of the coagulation of dispersed clays with hydrolyzing salts. J. Colloid Sci. 20, 81-92.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

34. Robeck G.G. (1963) High rate filtration study at Gaffney, South Carolina water plant, USPHS, R.A. Taft San.Eng.Center, Cincinati.

35. Schofiels, R.F. and Samson, H.R.Flocculation of kaolinite due to attraction of opposite charged crystal faces. Coagulation and flocculation discussions of the Faraday Society, No. 18. Arberdeen University Press Ltd. Arberdeen, Great Britain. (1954).

36. Simpsor, L.L. Turbulence and industrial mixing. J.Chem. Eng. Prog. 70:77 (1974).

37. Smoluchonski M. (1916) Versuch einer mathematischen theorie der Koagulations-Kinetik Kolloider losungen 2, Physik. Chemie,. XcII, 129.

38. Stevenson, D.G. Coagulation and flocculation.

39. Streeter, V.L. Fluid Mechanics. 4th ed. Mc. Graw-Hill Book Co., (1966).

40. Stumm W. & Morgan J.J. (1962) Chemical aspects of coagulation. J.Am.Wat.Wks.Ass, 54, 971-994.

41. Stumm W. & Morgan J.J. (1970) Aquatic chemistry. Wiley-Interscience, New York.

42. Stumm W. & O'Melia C.R. (1968) Stoichiometry of coagulation. J.Am.Wat.Wks.Ass. 60, 514-539.

43. Sundstorm D.W. and Klei, H.E. Wastewater Treatment Practice Hall, Inc., Englewood Cliffs. (1979)

44. Tambo H. B Watanabe Y. (1979) Physical aspect of flocculation process I. Fundamental practice. Water Res. 13, 429-439.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

45. Ten state standards. (1972) Recommended standards for water works. Health education service, Albany, New York.

46. Thomas D.G. (1964) Turbulent disruption of flocs in small particle size suspension. J.Am.Inst.Chem.Eng. 10, 517-523.

47. Vrale L. & Jorden R.M. (1971) Rapid mixing in water treatment. J.Am.Wat.Wks.Ass. 65, 52-58.

48. ปั่นสิน คัณฑุลเวศม์ วิศวกรรมการประปา เล่ม 1-2 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2526

49. วริษฐ์ มงคลศรี การใช้ตะกอนในกระบวนการรวมตะกอนสำหรับกำจัดความขุ่น วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2526

50. สุรินทร์ พละสมบูรณ์ พารามิเตอร์ควบคุมการกวนเร็วในท่อแนวระดับ วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2529

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการคำนวณที่ ผ.1 ความเร็วในการตกตะกอนของอนุภาคเป็นโทไนท์

จากสมการทั่วไปของการตกตะกอนแบบโดด

$$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho)d^2}{18\mu}$$

เมื่อ V_s = ความเร็วในการตกตะกอนของอนุภาคโดด, ม./วินาที

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

ρ_s = ความหนาแน่นของอนุภาคโดด, กก./ลบ.ม.

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคโดด, ม.

μ = ความหนืดพลศาสตร์ของน้ำ, นิวตัน-วินาที/ม.^{2}

อนุภาคเป็นโทไนท์มีขนาด 1 ไมครอน และมีความหนาแน่น 2650 กก./ม.^{3} โดยประมาณ

ที่อุณหภูมิ 25°C $\mu = 0.98 \times 10^{-3}$ นิวตัน-วินาที/ม.^{2} $\rho = 997$ กก/ม.^{3}

$$V_s = \frac{9.81(2650 - 997)(1 \times 10^{-6})^2}{18(0.98 \times 10^{-3})}$$

$$= 9.19 \times 10^{-7} \text{ ม./วินาที}$$

$$= 0.33 \text{ ซม./ซม.}$$

นั่นคือ อนุภาคเป็นโทไนท์ขนาด 1 ไมครอนมีความเร็วในการตกตะกอน 0.33 ซม./ซม.

ใน 48 ซม. จะตกตะกอนได้เป็นความลึก = 0.33×48

= 16 ซม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการคำนวณที่ ผ.2 ค่าเกรเดียนท์ความเร็วเมื่อลักษณะการไหลเป็นแบบราบเรียบ

จากสมการของ Reynolds number

$$R = \frac{VD\rho}{\mu}$$

โดยที่ V = ความเร็วการไหลในท่อ, ม/วินาที

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ , ม

ρ = ความหนาแน่นน้ำ , กก/$ม^3$

μ = ความหนืดพลศาสตร์ของน้ำ , นิวตัน-วินาที/$ม^2$

ที่อัตราไหลของน้ำ 1×10^{-3} $ม^3$/นาที ความเร็วการไหลในท่อ 0.0842 ม/วินาที ขนาดท่อ 0.015875 เมตร ที่อุณหภูมิ 30°C $\mu = 0.798 \times 10^{-3}$ นิวตัน-วินาที/$ม^2$ $\rho = 995.7$ กก/$ม^3$

$$R = \frac{(0.0842)(0.015875)(995.7)}{0.798 \times 10^{-3}}$$

$$= 1668 \approx 1700$$

จากสมการที่ 3-36 ใน (50*)

$$G = 5.66\frac{V}{D}$$

$$= \frac{5.66 \times 0.0842}{0.015875}$$

$$= 30 \text{ วินาที}^{-1}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการคำนวณที่ ผ.3 ค่าเกรเดียนท์ความเร็วเมื่อลักษณะการไหลเป็นแบบปั่นป่วน

จากสมการของ Reynolds number

$$R = \frac{VD\rho}{\mu}$$

ที่อัตราไหลของน้ำ 3×10^{-3} ม^3/นาที ความเร็วการไหลในท่อ 0.2526 ม/วินาที

$$R = \frac{(0.2526)(0.015875)(995.7)}{0.798 \times 10^{-3}}$$

$$= 5003 \approx 5000$$

จากสมการที่ 3-45 ใน (50*)

$$G = \left(\frac{g}{\nu} v \frac{H}{L}\right)^{\frac{1}{2}}$$

โดยที่ g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก , ม/วินาที^{2}

ν = ความหนืดจลน์ศาสตร์ , ม^2/วินาที

$\frac{H}{L}$ = เฮดสูญเสียเฉลี่ย

ที่อัตราไหลของน้ำ 3×10^{-3} ม^3/นาที ความเร็วการไหลในท่อ 0.2526 ม/วินาที $g = 9.81$ ม/วินาที^{2} $\nu_{30^\circ C} = 0.8 \times 10^{-6}$ ม^2/วินาที $\frac{H}{L} = 0.01$ ม/ม

$$G = \left(\frac{9.81}{0.8 \times 10^{-6}} \times 0.2526 \times 0.01\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 176 \approx 180 \text{ วินาที}^{-1}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการคำนวณที่ ผ.4 การหาค่าเวลากักน้ำ (T) ที่อัตราไหลหนึ่งๆ

จากสมการทั่วไป $$T = \frac{L}{V}$$

โดยที่ L = ความยาวท่อ , เมตร

V = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อ , เมตร/วินาที

ที่อัตราการไหลของน้ำ 1×10^{-3} $ม^3$/นาที L 1.5 เมตร V 0.0842 ม/วินาที

$$\therefore T = \frac{1.5}{0.0842}$$

$$= 17.8 \text{ วินาที}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.1 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 30 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	18	540	43	14
10	53	1590	43	14
10	125	3750	43	14
10	267	8010	42	16
10	445	13350	42	16
10	552	16560	42	16
15	18	540	35	30
15	53	1590	37.5	25
15	125	3750	39	22
15	267	8010	39	22
15	445	13350	28	44
15	552	16560	25	50
20	18	540	25	50
20	53	1590	24	52
20	125	3750	21	58
20	267	8010	20	60
20	445	13350	18	64
20	552	16560	19	62
30	18	540	18	64
30	53	1590	14	72
30	125	3750	12	76
30	267	8010	10	80
30	445	13350	12	76
30	552	16560	13	74
40	18	540	12	76
40	53	1590	10	80
40	125	3750	8	84
40	267	8010	8	84
40	445	13350	6	88
40	552	16560	7	86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.2 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 180 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	6	1080	45	10
10	18	3240	45	10
10	42	7560	44	12
10	89	16020	46	8
10	149	26820	44	12
10	184	33120	40	20
15	6	1080	26	48
15	18	3240	24	52
15	42	7560	21	58
15	89	16020	18	64
15	149	26820	18	64
15	184	33120	17	66
20	6	1080	24	52
20	18	3240	22	56
20	42	7560	20	60
20	89	16020	19	62
20	149	26820	18	64
20	184	33120	17	66
30	6	1080	16	68
30	18	3240	15	70
30	42	7560	9	82
30	89	16026	8	84
30	149	26820	6	88
30	184	33120	7	86
40	6	1080	14	72
40	18	3240	12	76
40	42	7560	8	84
40	89	16026	7	86
40	149	26820	7	86
40	184	33120	6	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.3 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 360 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	4	1440	27	46
10	11	3960	28	44
10	25	9000	29	42
10	53	19080	27	46
10	89	32040	22	56
10	110	39600	23	54
15	4	1440	24	52
15	11	3960	20	60
15	25	9000	17	66
15	53	19080	17	66
15	89	32040	12	76
15	110	39600	13	74
20	4	1440	22	56
20	11	3960	19	62
20	25	9000	17	66
20	53	19080	16	68
20	89	32040	11	78
20	110	39600	13	74
30	4	1440	16	68
30	11	3960	15	70
30	25	9000	10	80
30	53	19080	8	84
30	89	32040	7	86
30	110	39600	7	86
40	4	1440	17	66
40	11	3960	16	68
40	25	9000	13	74
40	53	19080	9	82
40	89	32040	6	88
40	110	39600	6	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.4 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 580 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	3	1740	50	0
10	8	4640	50	0
10	18	10400	50	0
10	38	22040	50	0
10	64	37120	50	0
10	79	45820	49	2
15	3	1740	44	12
15	8	4640	46	8
15	18	10440	48	4
15	38	22040	42	16
15	64	37120	30	40
15	79	45820	26	48
20	3	1740	29	42
20	8	4640	29	42
20	18	10440	27	46
20	38	22040	26	48
20	64	37120	20	60
20	79	45820	17	66
30	3	1740	20	60
30	8	4640	20	60
30	18	10440	18	64
30	38	22040	19	62
30	64	37120	11	78
30	79	45820	10	80
40	3	1740	18	64
40	8	4640	17	66
40	18	10440	16	68
40	38	22040	15	70
40	64	37120	8	84
40	79	45820	7	86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.5 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 1000 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	2	2000	43	14
10	5	5000	44	12
10	12	12000	41	18
10	27	27000	40	20
10	45	45000	37	26
10	55	55000	30	40
15	2	2000	33	34
15	5	5000	31	38
15	12	12000	30	40
15	27	27000	26	48
15	45	45000	25	50
15	55	55000	22	56
20	2	2000	26	48
20	5	5000	25	50
20	12	12000	24	52
20	27	27000	22	56
20	45	45000	20	60
20	55	55000	17	66
30	2	2000	22	56
30	5	5000	20	60
30	12	12000	17	66
30	27	27000	16	68
30	45	45000	14	72
30	55	55000	13	74
40	2	2000	18	64
40	5	5000	17	66
40	12	12000	16	68
40	27	27000	15	70
40	45	45000	12	76
40	55	55000	10	80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.6 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 1700 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	1.2	2040	50	0
10	4	6800	50	0
10	8	13600	50	0
10	18	30600	50	0
10	30	51000	50	0
10	37	62900	50	0
15	1.2	2040	35	30
15	4	6800	31	30
15	8	13600	33	38
15	18	30600	33	34
15	30	51000	33	34
15	37	62900	28	44
20	1.2	2040	33	34
20	4	6800	31	38
20	8	13600	29	42
20	18	30600	30	40
20	30	51000	28	44
20	37	62900	24	52
30	1.2	2040	23	54
30	4	6800	21	58
30	8	13600	20	60
30	18	30600	19	62
30	30	51000	18	64
30	37	42900	14	72
40	1.2	2040	18	64
40	4	6800	17	66
40	8	13600	17	66
40	18	30600	15	70
40	30	51000	13	74
40	37	62900	10	80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.7 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 2600 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	0.9	2340	50	0
10	3	7800	50	0
10	6	15600	50	0
10	13	33800	50	0
10	22	57200	50	0
10	28	72800	36	28
15	0.9	2340	33	34
15	3	7800	30	40
15	6	15600	27	46
15	13	33800	28	44
15	22	57200	27	46
15	28	72800	25	50
20	0.9	2340	28	44
20	3	7800	28	44
20	6	15600	25	50
20	13	33800	23	54
20	22	57200	22	56
20	28	72800	22	56
30	0.9	2340	25	50
30	3	7800	22	56
30	6	15600	20	60
30	13	33800	19	62
30	22	57200	17	66
30	28	72800	15	70
40	0.9	2340	19	62
40	3	7800	17	66
40	6	15600	16	68
40	13	33800	15	70
40	22	57200	15	70
40	28	72800	13	74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.8 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น ที่ OFR 0.38 ซ.ม./นาที G 3600 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	0.7	2520	50	0
10	2	7200	50	0
10	5	18000	50	0
10	11	39600	50	0
10	18	64800	50	0
10	22	79200	50	0
15	0.7	2520	32	36
15	2	7200	33	34
15	5	18000	32	36
15	11	39600	29	42
15	18	64800	30	40
15	22	79200	27	46
20	0.7	2520	31	38
20	2	7200	33	34
20	5	18000	31	38
20	11	39600	28	44
20	18	64800	27	46
20	22	79200	25	50
30	0.7	2520	23	54
30	2	7200	22	52
30	5	18000	23	54
30	11	39600	21	58
30	18	64800	21	58
30	22	79200	19	62
40	0.7	2520	21	58
40	2	7200	18	64
40	5	18000	18	64
40	11	39600	16	68
40	18	64800	17	66
40	22	79200	17	66

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.9 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 30 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	18	540	46	8
10	53	1590	47	6
10	125	3750	46	8
10	267	8010	45	10
10	445	13350	45	10
10	552	16560	45	10
15	18	540	39	22
15	53	1590	41	18
15	125	3750	42	16
15	267	8010	42	16
15	445	13350	35	30
15	552	16560	30	40
20	18	540	32	36
20	53	1590	30	40
20	125	3750	28	44
20	267	8010	26	48
20	445	13350	19	62
20	552	16560	20	60
30	18	540	20	60
30	53	1590	18	64
30	125	3750	15	70
30	267	8010	13	74
30	445	13350	12	76
30	552	16560	14	72
40	18	540	16	68
40	53	1590	12	76
40	125	3750	9	82
40	267	8010	10	80
40	445	13350	7	86
40	552	16500	8	84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.10 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 180 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	6	1080	50	0
10	18	3240	49	2
10	42	7560	48	4
10	89	16020	49	2
10	149	26820	48	4
10	184	33120	47	6
15	6	1080	35	30
15	18	3240	30	40
15	42	7560	24	52
15	89	16020	18	64
15	149	26820	19	62
15	184	33120	18	64
20	6	1080	33	34
20	18	3240	27	46
20	42	7560	23	54
20	89	16020	20	60
20	149	26820	19	62
20	184	33120	18	64
30	6	1080	19	62
30	18	3240	15	70
30	42	7560	11	78
30	89	16020	9	82
30	149	26820	7	86
30	184	33120	7	86
40	6	1080	16	68
40	18	3240	13	74
40	42	7560	9	82
40	89	16020	7	86
40	149	26820	7	86
40	184	33120	6	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.11 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 300 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	4	1440	35	30
10	11	3960	36	28
10	25	9000	36	28
10	53	19080	30	40
10	89	32040	25	50
10	110	39600	23	54
15	4	1440	27	46
15	11	3960	24	52
15	25	9000	18	64
15	53	19080	17	66
15	89	32040	13	74
15	110	39600	14	72
20	4	1440	28	44
20	11	3960	22	56
20	25	9000	18	64
20	53	19080	16	68
20	89	32040	11	78
20	110	39600	13	74
30	4	1440	17	66
30	11	3960	16	68
30	25	9000	10	80
30	53	19080	9	82
30	89	32040	8	84
30	110	39600	8	84
40	4	1440	19	62
40	11	3960	17	66
40	25	9000	13	74
40	53	19080	10	80
40	89	32040	7	86
40	110	39600	6	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.12 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 580 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	3	1740	50	0
10	8	4640	50	0
10	18	10440	50	0
10	38	22040	50	0
10	64	37120	50	0
10	79	45820	49	2
15	3	1740	50	0
15	8	4604	50	0
15	18	10440	50	0
15	38	22040	50	0
15	64	37120	32	36
15	79	45820	28	44
20	3	1740	39	22
20	8	4640	35	30
20	18	10440	32	36
20	38	22040	31	38
20	64	37120	22	56
20	79	45820	18	64
30	3	1740	22	56
30	8	4640	21	58
30	18	10440	19	62
30	38	22040	19	62
30	64	37120	11	78
30	79	45820	10	80
40	3	1740	20	60
40	8	4640	18	64
40	18	10440	16	68
40	38	22040	15	70
40	64	37120	9	82
40	79	45820	7	86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.13 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 1000 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	2	2000	50	0
10	5	5000	50	0
10	12	12000	50	0
10	27	27000	50	0
10	45	45000	50	0
10	55	55000	37	26
15	2	2000	46.5	7
15	5	5000	37	26
15	12	12000	35	30
15	27	27000	34	32
15	45	45000	30	40
15	55	55000	26	48
20	2	2000	36	28
20	5	5000	35	30
20	12	12000	31	38
20	27	27000	26	48
20	45	45000	25	50
20	55	55000	19	62
30	2	2000	25	50
30	5	5000	24	52
30	12	12000	18	64
30	27	27000	17	66
30	45	45000	15	70
30	55	55000	14	72
40	2	2000	19	62
40	5	5000	18	64
40	12	12000	17	66
40	27	27000	16	68
40	45	45000	13	74
40	55	55000	13	74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.14 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 1700 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	1.2	2040	50	0
10	4	6800	50	0
10	8	13600	50	0
10	18	30600	50	0
10	30	51000	50	0
10	37	62900	50	0
15	1.2	2040	50	0
15	4	6800	50	0
15	8	13600	50	0
15	18	30600	50	0
15	30	51000	37	26
15	37	62900	29	42
20	1.2	2040	50	0
20	4	6800	44	12
20	8	13600	47	6
20	18	30600	38	24
20	30	51000	32	36
20	37	62900	28	44
30	1.2	2040	24	52
30	4	6800	23	54
30	8	13600	24	52
30	18	30600	20	60
30	30	51000	19	62
30	37	62900	16	68
40	1.2	2040	18	64
40	4	6800	19	62
40	8	13600	17	66
40	18	30600	16	68
40	30	51000	14	72
40	37	62900	13	74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.15 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 2600 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	0.9	2340	50	0
10	3	7800	50	0
10	6	15600	50	0
10	13	33800	50	0
10	22	57200	50	0
10	28	72800	48	4
15	0.9	2340	50	0
15	3	7800	50	0
15	6	15600	44	12
15	13	33800	43	14
15	22	57200	32	36
15	28	72800	29	42
20	0.9	2340	39	22
20	3	7800	37	26
20	6	15600	36	28
20	13	33800	33	34
20	22	57200	28	44
20	28	72800	23	54
30	0.9	2340	29	42
30	3	7800	24	52
30	6	15600	23	54
30	13	33800	22	56
30	22	57200	18	64
30	28	72800	17	66
40	0.9	2340	20	60
40	3	7800	19	62
40	6	15600	19	62
40	13	33800	16	68
40	22	57200	17	66
40	28	72800	13	74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.16 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น ที่ OFR 0.63 ซ.ม./นาที G 3600 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	0.7	2520	50	0
10	2	7200	50	0
10	5	18000	50	0
10	11	39600	50	0
10	18	64800	50	0
10	22	79200	50	0
15	0.7	2520	50	0
15	2	7200	50	0
15	5	18000	50	0
15	11	39600	50	0
15	18	64800	50	0
15	22	79200	39	22
20	0.7	2520	42	16
20	2	7200	37	26
20	5	18000	37	26
20	11	39600	36	28
20	18	64800	33	34
20	22	79200	28	44
30	0.7	2520	24	52
30	2	7200	26	48
30	5	18000	24	52
30	11	39600	22	56
30	18	64800	22	56
30	22	79200	20	60
40	0.7	2520	21	58
40	2	7200	20	60
40	5	18000	18	64
40	11	39600	17	66
40	18	64800	17	66
40	22	79200	17	66

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.17 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 30 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	18	540	47	6
10	53	1590	47	6
10	125	3750	47	6
10	267	8010	46	8
10	445	13350	46	8
10	552	16560	46	8
15	18	540	44	12
15	53	1590	44	12
15	125	3750	44	12
15	267	8010	43	14
15	445	13350	42	16
15	552	16560	41	18
20	18	540	42	16
20	53	1590	39	22
20	125	3750	37	26
20	267	8010	34	32
20	445	13350	23	54
20	552	16560	25	50
30	18	540	25	50
30	53	1590	20	60
30	125	3750	17	66
30	267	8010	18	64
30	445	13350	15	70
30	552	16560	16	68
40	18	540	20	60
40	53	1590	16	68
40	125	3750	15	70
40	267	8010	14	72
40	445	13350	7	86
40	552	16560	9	82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.18 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 180 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	6	1080	50	0
10	18	3240	50	0
10	42	7560	50	0
10	89	16020	50	0
10	149	26820	49	2
10	184	33120	48	4
15	6	1080	42	16
15	18	3240	38	24
15	42	7560	32	36
15	89	16020	28	44
15	149	26820	29	42
15	184	33120	25	50
20	6	1080	38	24
20	18	3240	31	38
20	42	7560	29	42
20	89	16020	27	46
20	149	26820	24	52
20	184	33120	20	60
30	6	1080	22	56
30	18	3240	19	62
30	42	7560	16	68
30	89	16020	11	78
30	149	26820	9	82
30	184	33120	9	82
40	6	1080	17	66
40	18	3240	16	68
40	42	7560	13	74
40	89	16020	9	82
40	149	26820	9	82
40	184	33120	7	86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.19 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 360 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	4	1440	50	0
10	11	3960	50	0
10	25	9000	50	0
10	53	19080	37	26
10	89	32040	29	42
10	110	39600	12	44
15	4	1440	37	26
15	11	3960	32	34
15	25	9000	30	40
15	53	19080	26	48
15	89	32040	17	66
15	110	39600	20	60
20	4	1440	36	28
20	11	3960	32	36
20	25	9000	21	58
20	53	19080	19	62
20	89	32040	15	70
20	110	39600	18	64
30	4	1440	24	52
30	11	3960	19	62
30	25	9000	17	66
30	53	19080	14	72
30	89	32040	10	80
30	110	39600	10	80
40	4	1440	22	56
40	11	3960	20	60
40	25	9000	17	66
40	53	19080	15	70
40	89	32040	9	82
40	110	39600	8	84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.20 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 580 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	3	1740	50	0
10	8	4640	50	0
10	18	10440	50	0
10	38	22040	50	0
10	64	37120	50	0
10	79	45820	50	0
15	3	1740	50	0
15	8	4640	50	0
15	18	10440	50	0
15	38	22040	50	0
15	64	37120	38	24
15	78	45820	33	34
20	3	1740	46	8
20	8	4640	41	18
20	18	10440	39	22
20	38	22040	35	30
20	64	37120	24	52
20	79	45820	22	56
30	3	1740	27	46
30	8	4640	25	50
30	18	10440	20	60
30	38	22040	20	60
30	64	37120	16	68
30	78	45820	14	72
40	3	1740	24	52
40	8	4640	21	58
40	18	10440	18	64
40	38	22040	17	66
40	64	37120	15	70
40	79	45820	12	76

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.21 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 1000 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	2	2000	50	0
10	5	5000	50	0
10	12	12000	50	0
10	27	27000	50	0
10	45	45000	50	0
10	55	55000	50	2
15	2	2000	49	2
15	5	5000	49	2
15	12	12000	45	10
15	27	27000	45.5	9
15	45	45000	43	14
15	55	55000	32	36
20	2	2000	45	10
20	5	5000	45	10
20	12	12000	43	14
20	27	27000	41	18
20	45	45000	35	30
20	55	55000	29	42
30	2	2000	37	26
30	5	5000	33	34
30	12	12000	26	48
30	27	27000	25	50
30	45	45000	22	56
30	55	55000	24	52
40	2	2000	21	58
40	5	5000	20	60
40	12	12000	19	62
40	27	27000	17	66
40	45	45000	16	68
40	55	55000	13	74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.22 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 1700 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	1.2	2040	50	0
10	4	6800	50	0
10	8	13600	50	0
10	18	30600	50	0
10	30	51000	50	0
10	37	62900	50	0
15	1.2	2040	50	0
15	4	6800	50	0
15	8	13600	50	0
15	18	30600	50	0
15	30	51000	50	0
15	37	62900	36	28
20	1.2	2040	0	0
20	4	6800	0	0
20	8	13600	0	0
20	18	30600	0	0
20	30	51000	42	16
20	37	62900	34	32
30	1.2	2040	28	44
30	4	6800	28	44
30	8	13600	27	46
30	18	30600	25	50
30	30	51000	24	52
30	37	62900	21	58
40	1.2	2040	21	58
40	4	6800	21	58
40	8	13600	18	64
40	18	30600	17	66
40	30	51000	14	72
40	37	62900	13	74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.23 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 2600 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	0.9	2340	50	0
10	3	7800	50	0
10	6	15600	50	0
10	13	33800	50	0
10	22	57200	50	0
10	28	72800	50	0
15	0.9	2340	50	0
15	3	7800	50	0
15	6	15600	50	0
15	13	33800	50	0
15	22	57200	39	22
15	28	72800	38	24
20	0.9	2340	50	0
20	3	7800	43	14
20	6	15600	43	14
20	13	33800	42	16
20	22	57200	33	34
20	28	72800	29	42
30	0.9	2340	32	36
30	3	7800	29	42
30	6	15600	25	50
30	13	33800	23	54
30	22	57200	20	60
30	28	72800	20	60
40	0.9	2340	22	56
40	3	7800	20	60
40	6	15600	19	62
40	13	33800	16	68
40	22	57200	17	66
40	28	72800	16	68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.24 ความขุ่นที่เหลือและประสิทธิภาพในการจำกัดความขุ่น
ที่ OFR 1.90 ซ.ม./นาที G 3600 วินาที$^{-1}$

C (มก/ล)	T (วินาที)	GT	ความขุ่นที่เหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
10	0.7	2520	50	0
10	2	7200	50	0
10	5	18000	50	0
10	11	39600	50	0
10	18	64800	50	0
10	22	79200	50	0
15	0.7	2520	50	0
15	2	7200	50	0
15	5	18000	50	0
15	11	39600	50	0
15	18	64800	50	0
15	22	79200	45	10
20	0.7	2520	50	0
20	2	7200	49	2
20	5	18000	48	4
20	11	39600	49	2
20	18	64800	47	6
20	22	79200	37	26
30	0.7	2520	31	38
30	2	7200	28	44
30	5	18000	26	48
30	11	39600	24	52
30	18	64800	24	52
30	22	79200	22	56
40	0.7	2520	25	50
40	2	7200	23	54
40	5	18000	20	60
40	11	39600	18	64
40	18	64800	20	60
40	22	79200	20	60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ.25 แสดงค่า เรย์โนลนัมเบอร์ ความเร็วการไหล เฮดสูญเสียเฉลี่ย เกรเดียนท์ความเร็ว ที่อัตราการไหลต่างๆ ของกระแสเข้า

อัตราการไหล ลิตร/นาที	เรย์โนลนัมเบอร์	ความเร็วการไหล ม/วินาที	เฮดสูญเสียเฉลี่ย ม/ม	เกรเดียนท์ ความเร็ว
1	1700	0.08	0.001	30
3	5000	0.25	0.010	180
5	8300	0.42	0.028	360
7	11700	0.59	0.046	580
10	16700	0.84	0.088	1000
15	25000	1.26	0.190	1700
20	33350	1.68	0.319	2600
25	41700	2.10	0.489	3600

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นายถาวร ลีลาคระกูล เกิดเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2496 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเซนต์คาเบรียลเมื่อปี 2515 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี 2520 จากนั้นทำธุรกิจส่วนตัวอยู่ระยะหนึ่งจึงได้เข้ามาทำงานที่กรมชลประทาน ปากเกร็ด แล้วย้ายมาอยู่ที่สำนักงานปฏิบัติการฝนหลวง สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จนถึงปี 2526

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย