

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2525. การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กด้วยระบบเอสบีอาร์. สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศักดิ์ชัย สุริยจันทร์ทาทอง. 2525. อิทธิพลของเวลากักน้ำที่มีต่อการทำงานของระบบเอสบีอาร์แบบไม่มีการทิ้งตะกอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

### ภาษาอังกฤษ

- Albertson, O.E. 1991. Bulking Sludge Control - Progress, Practice and Problems. Wat. Sci. Tech. 23: 835-846.
- Alleman, J.E., and Irvine, R.L. 1980a. Nitrification in the Sequencing Batch Biological Reactor. J. Water Pollut. Control Fed. 52: 2747-2754.
- Alleman, J.E., and Irvine, R.L. 1980b. Storage - Induced Denitrification using Sequencing Batch Reactor operation. Water Res. 14: 1483-1488.
- Alleman, J.E., Sweeney, M.W., and Kamber, D.M. 1988. Automatic of Batch Wastewater Treatment Systems Using Programmable Logic Controller. Wat. Sci. Tech. 21: 1271-1282.
- Arora, M.L., Barth, E.F., and Umphres, M.B. 1985. Technology Evaluation of Sequencing Batch Reactors. J. Water Pollut. Control Fed. 57: 867-875.
- ATV Working Group 2.6.1 Report. 1989. Prevention and Control of Bulking Sludge and Scum. Korrespondenz Abwasser. 36: 165-177.
- Benfield, L.D., and Randall, C.W. 1980. Biological Process Design for Wastewater Treatment. USA: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Chudoba, J., and Wanner, J. 1989. Notes on Oxidic, Anoxic and Anaerobic Selectors. Newsletter of the IAWPRC Specialist Group on Activated Sludge Population Dynamics. 1: 46-49.
- Chudoba, J., Grau, P., and Ottova, V. 1973. Control of Activated Sludge Filamentous Bulking-II. Selection of Microorganisms by mean of a Selector. Water Res. 7: 1389-1406.

- Daigger, G.T. and Nicholson, G.A. 1990. Performance of Four Full-Scale Nitrifying Wastewater Treatment Plants Incorporating Selectors. Res. J. Water Pollut. Control Fed. 62: 676-683.
- Daigger, G.T., Robbins, M.T., and Marshall, B.R. 1985. The Design of a Selector to Control Low F/M Filamentous Bulking. J. Water Pollut. Control Fed. 57: 220-226.
- Dennis, R.W., and Irvine, R.L. 1977. Laboratory Investigation of Fill and Draw Biological Reactors for Treatment of High-Strength Waste. Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Purdue Industrial Waste Conference, West Lafayette, Indiana: 776-785.
- Dennis, R.W., and Irvine, R.L. 1979. Effect of Fill : React Ratio on Sequencing Batch Biological Reactors. J. Water Pollut. Control Fed. 51: 255-263.
- Eckenfelder, W. and Grau, P. 1992. Activated Sludge Process Design and Control : Theory and Practice. USA. : Technomic Publishing Company, Inc.
- Eikelboom, D.H. 1991. Scum Formation in Carrousel Treatment Plants. Proceedings of the IAWPRC Specialised Seminar on Interactions of Wastewater, Biomass and Reactor Configurations in Biological Treatment Plants. August 21-23, 1991, Copenhagen, DK, paper no. 24
- Ekama, G.A., Dold, P.L., and Marais, G.v.R. 1986. Procedure for Determining Influent COD Fractions and the Maximum Specific Growth Rate of Heterotrophs in Activated Sludge System. Wat. Sci. Tech. 18: 91-114.
- Grady Jr, C.P.L., and Henry, C.L. 1980. Biological Wastewater Treatment : Treory and Application. USA : Marcel Dekker, Inc.
- Hoepker, E.C., and Schroeder, E.D. 1979. The Effect of Loading Rate on Batch Activated Sludge Effluent Quality. J. Water Pollut. Control Fed. 51: 264-273.
- Irvine, R.L. 1977. Application of Sequencing Batch Reactors for Treatment of Municipal and Industrial Wastewaters. 1<sup>st</sup> Annual Rpt. to Nat. Sci. Fdn., Univ. Notre Dame, Ind.
- Irvine, R.L., and Busch, A.W. 1979. Sequencing Batch Biological Reactors - an overview. J. Water Pollut. Control Fed. 51: 235-243.
- Irvine, R.L., and Davis, W.L. 1971. Use of Sequencing Batch Reactors for Waste Treatment - CPC International, Corpus Christi, Texas. Proceedings of the 26<sup>th</sup> Purdue Industrial Waste Conference, West Lafayette, Indiana: 450-462.

- Irvine, R.L., and Ketchum, L.H. 1983. Full - Scale Study of Sequencing Batch Reactors. EPA-600/2-83-020.
- Irvine, R.L., and Richter, R.O. 1976. Computer Simulation and Design of Sequencing Batch Biological Reactors. Proceedings of the 31<sup>st</sup> Purdue Industrial Waste Conference, West Lafayette, Indiana: 183-192.
- Irvine, R.L., Fox, T.P., and Richter, R.O. 1977. Investigation Fill and Batch Period of Sequencing Batch Biological Reactors. Water Res. 11: 713-717.
- Irvine, R.L., Ketchum, L.H., Arora, M.L., and Barth, E.F. 1985. An Organic Loading Study of Full - Scale Sequencing Batch Reactors. J. Water Pollut. Control Fed. 57: 847-853.
- Irvine, R.L., Ketchum, L.H., Breyfogle, R., and Barth, E.f. 1983. Municipal application of Sequencing Batch Treatment. J. Water Pollut. Control Fed. 55: 484-488.
- Irvine, R.L., Miller, G., and Bhamrah, A.S. 1979. Sequencing Batch Treatment of Wastewaters in Rural Areas. J. Water Pollut. Control Fed. 51: 244-254.
- Irvine, R.L., Murthy, D.V.S., Arora, M.L., Copeman, J.L., and Heidman, J.A. 1987. Analysis of Full - Scale SBR operation at Grundy Center, Iowa. J. Water Pollut. Control Fed. 59: 132-138.
- Irvine, R.L., Richter, R.O., and Fox, T.P. 1975. Batch Treatment for Industrial Waste. Proceedings of the 30<sup>th</sup> Purdue Industrial Waste Conference, West Lafayette, Indiana: 841-849.
- James, M.L., Smith, G.M., and Wolford, J.C. 1985. Application Numerical Methods for Digital Computation. 3<sup>rd</sup> ed. USA : Harper&Row, Publishers,Inc.
- Jenkins, D., Richard, M.G., and Daigger, G.T. 1993. Manual on the Cause and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming. 2<sup>nd</sup> ed. USA : Lewis Publishers, Inc.
- Lee, S.E., Koopman, B.L. Jenkins, D., and Lewis, R.F. 1982. The Effect of Aeration Basin Configuration on Ativated Sludge Bulking at Low Organic Loading. Wat. Sci. Tech. 14: 407-427.
- Linne, S.R., Chiesa, S.C., Rieth, M.G., and Polta, R.C. 1989. The Impact of Selector Operation on Activated Sludge Settleability and Nitrification. Pilot-Scale Results. J. Water Pollut. Control Fed. 61: 66-72.

- Melcer, H., Bedford, W.K., Topnik, B.H., and Schmidtke, N.W. 1987. Conversion of Small Municipal Wastewater Treatment Plant to Sequencing Batch Reactors. J. Water Pollut. Control Fed. 59: 79-85.
- Metcalf & Eddy, Inc. 1991. Wastewater Engineering : Treatment/Disposal/Reuse. 3<sup>rd</sup> ed. Singapore : McGraw-Hill Book Co., N.Y.
- Mines, R.O., and Sherrard, J.H. 1989. Biokinetic Constants in Activated Sludge. In Cheremisinoff, P.N.(ed.), Encyclopedia of Environmental Control Technology. Vol. 3 : Wastewater Treatment Technology, pp. 203-228. Texas : Gulf Publishing Company.
- Orhon, D., and Artan, N. 1994. Modelling of Activated Sludge System. USA : Technomic Publishing Company, Inc.
- Orhon, D., Cimist, and Turnay, O. 1986. Substrate Removal Mechanism for Sequencing Batch Reactors. Wat. Sci. Tech. 18: 21-33.
- Pujol, R., Duchene, Ph., Schietrite, S., and Canler, J.P. 1991. Biological Foams in Activated Sludge Plant: Characterization and Situation. Water Res. 25: 1399-1404.
- Rensink, J.H., and Donker, H.J.G.W. 1992. Management of Bulking Sludge Control by the Selector. Proc. Two-Day Workshop on Prevention and Control of Bulking Activated Sludge, June 22-23, Perugia, I.
- Schultz, J.R., Hegg, B.A., and Rakness, K.L. 1982. Realistic Sludge Production for Activated Sludge Plants without Primary Clarifiers. J. Water Pollut. Control Fed. 54: 1355-1360.
- Still, D., Blackbeard, J.R., Ekama, G.A., and Marais, G.v.R. 1985. The Effect of Feeding Patterns on Sludge Growth Rate and Sludge Settleability. Res Rept. no W 5 5, Dept Civil Eng, Univ of Cape Toen.
- van Niekerk, A.M., Jenkins, D., and Richard, M.G. 1987. The Competitive Growth of Zoogloea ramigera and Type 0021N in Activated Sludge and Pure Culture - A Model For Low F:M Bulking. J. Water Pollut. Control Fed. 59: 262-273.
- Wanner, J. 1994. The Implementation of Bulking Control in the Design of Activated Sludge Systems. Wat. Sci. Tech. 29: 193-202.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## Fourth Order Runge Kutta Method

ในกรณีจะต้องแก้สมการดิฟเฟอเรนเชียลอันดับที่หนึ่งที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กันสองสมการ เราสามารถใช้ Runge Kutta Method ในการแก้สมการได้ เช่นกำหนดให้มีสมการดิฟเฟอเรนเชียลอันดับหนึ่งสองสมการคือ

$$dS/dt = f \{ t, S(t), X(t) \} \quad (ก1)$$

$$dX/dt = F \{ t, S(t), X(t) \} \quad (ก2)$$

หากเรารู้ค่าเริ่มต้น (  $S = S_0, X = X_0$  เมื่อ  $t = t_0$  ) เราก็จะสามารถแก้สมการข้างต้นโดยใช้สูตรของ Runge Kutta คือ

$$S_{i+1} = S_i + ( k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4 ) / 6 \quad (ก3)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } k_1 &= (h) * f \{ t_i, S_i, X_i \} \\ k_2 &= (h) * f \{ t_i+h/2, S_i+k_1/2, X_i+q_1/2 \} \\ k_3 &= (h) * f \{ t_i+h/2, S_i+k_2/2, X_i+q_2/2 \} \\ k_4 &= (h) * f \{ t_i+h, S_i+k_3, X_i+q_3 \} \end{aligned}$$

และ

$$X_{i+1} = X_i + ( q_1 + 2q_2 + 2q_3 + q_4 ) / 6 \quad (ก4)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } q_1 &= (h) * F \{ t_i, S_i, X_i \} \\ q_2 &= (h) * F \{ t_i+h/2, S_i+k_1/2, X_i+q_1/2 \} \end{aligned}$$

$$q_3 = (h) * F \{ t_1+h/2, S_1+k_2/2, X_1+q_2/2 \}$$

$$q_4 = (h) * F \{ t_1+h, S_1+k_3, X_1+q_3 \}$$

เราเริ่มต้นแก้สมการดิฟเฟอเรนเชียลข้างต้น (ก1, ก2) โดยการแทนค่าเริ่มต้นของ  $S, X$  (ซึ่งจะต้องรู้) แทนลงในสมการดิฟเฟอเรนเชียล เพื่อให้ได้ค่าของฟังก์ชัน  $f$  และ  $F$  จากนั้นก็จะสามารถหาค่าของ  $k_1, q_1$  ได้โดยคุณค่าของฟังก์ชัน  $f, F$  นี้กับ  $h$  ( $h = \Delta t$ , เป็นช่วงการเพิ่มขึ้นของขั้นเวลาที่เรากำหนดขึ้นเอง) ด้วยค่า  $k_1, q_1$  ที่รู้นี้ ก็จะสามารถหาค่า  $k_2, q_2$  จากนั้นก็เป็นค่า  $k_3, q_3$  และสุดท้ายคือค่า  $k_4, q_4$  ได้

แทนค่า  $k_1$  ถึง  $k_4$  และ  $q_1$  ถึง  $q_4$  ในสมการ ก3, ก4 ก็จะสามารถหาค่า  $S$  และ  $X$  ที่  $t = t_1+h$  ได้ ( $S_{i+1}$  และ  $X_{i+1}$ ) ค่า  $S$  และ  $X$  ใหม่ที่ได้ก็นำไปเป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณรอบใหม่ ก็จะได้  $S_{i+2}$  และ  $X_{i+2}$  ที่  $t = t_1+2h$  ทำเช่นนี้ไปเรื่อยจนกระทั่งได้ช่วงของการอินทิเกรตครบตามที่เรากำลังต้องการ

## ภาคผนวก ข

## รายละเอียดแผงควบคุม PLC และโปรแกรมควบคุม

รายละเอียดแผงควบคุม PLC

ในการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งเป็นการจำลองการควบคุมของระบบเอสบีอาร์ ทำให้มีความจำเป็นต้องควบคุมให้ปั้มน้ำเสีย เครื่องเติมอากาศและโซลินอยด์วาล์ว ทำงานสลับกันเป็นช่วง ๆ ตามเวลาที่ตั้งเอาไว้ ซึ่งในครั้งแรกนั้นผู้ทำวิจัยได้ลองใช้ Timer เป็นตัวควบคุม โดยใช้ Timer 1 ชุดต่ออุปกรณ์ 1 ตัว ปรากฏว่าพบปัญหาหลายอย่าง ( อาจเป็นเพราะผู้ทำวิจัยเลือกใช้ Timer ที่ราคาไม่แพงนัก ทำให้มาตรฐานไม่ค่อยดี ) คือ

- ในช่วงระยะเวลายาว ๆ เช่น 1 วัน พบว่า Timer แต่ละตัวเดินได้ไม่เท่ากัน เวลาของแต่ละตัวจึงไม่เท่ากัน เป็นผลให้เวลาการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวคลาดเคลื่อนกันไป
- Timer ที่ใช้มีกลไกกระดิ่งเป็นตัวเตะสวิตช์ให้ปิดหรือเปิด มีความคลาดเคลื่อนของเวลาในการเตะปิดเปิดสวิตช์
- ความละเอียดของช่วงเวลาในการปิดเปิดค่อนข้างหยาบคือช่วง 15 นาที หากต้องการให้อุปกรณ์ทำงานปิดเปิดในช่วงเวลาที่ละเอียดกว่านี้ก็ไม่สามารถทำได้

จึงได้ลองเปลี่ยนมาใช้ PLC ( Programable Logic Control ) เป็นตัวควบคุม โดยใช้ PLC ยี่ห้อ SQUARE - D รุ่น TSX 07 2101628 ซึ่งมีข้อมูลทั่วไปดังนี้

- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| • Number of I/O   | 16 ( 9 Inputs / 7 Outputs ) |
| • Power supply    | 110/240 VAC.                |
| • Input type      | 24 VDC.                     |
| • Output type     | Relay 24 VDC, 24/240 VAC    |
| • Memory capacity | Data = 256 Internal words   |
|                   | 64 Constant words           |
|                   | 128 Internal bits           |



Program  $\leq$  1,000 Instructions

PLC Ram : by battery

Backup duration : 30 days

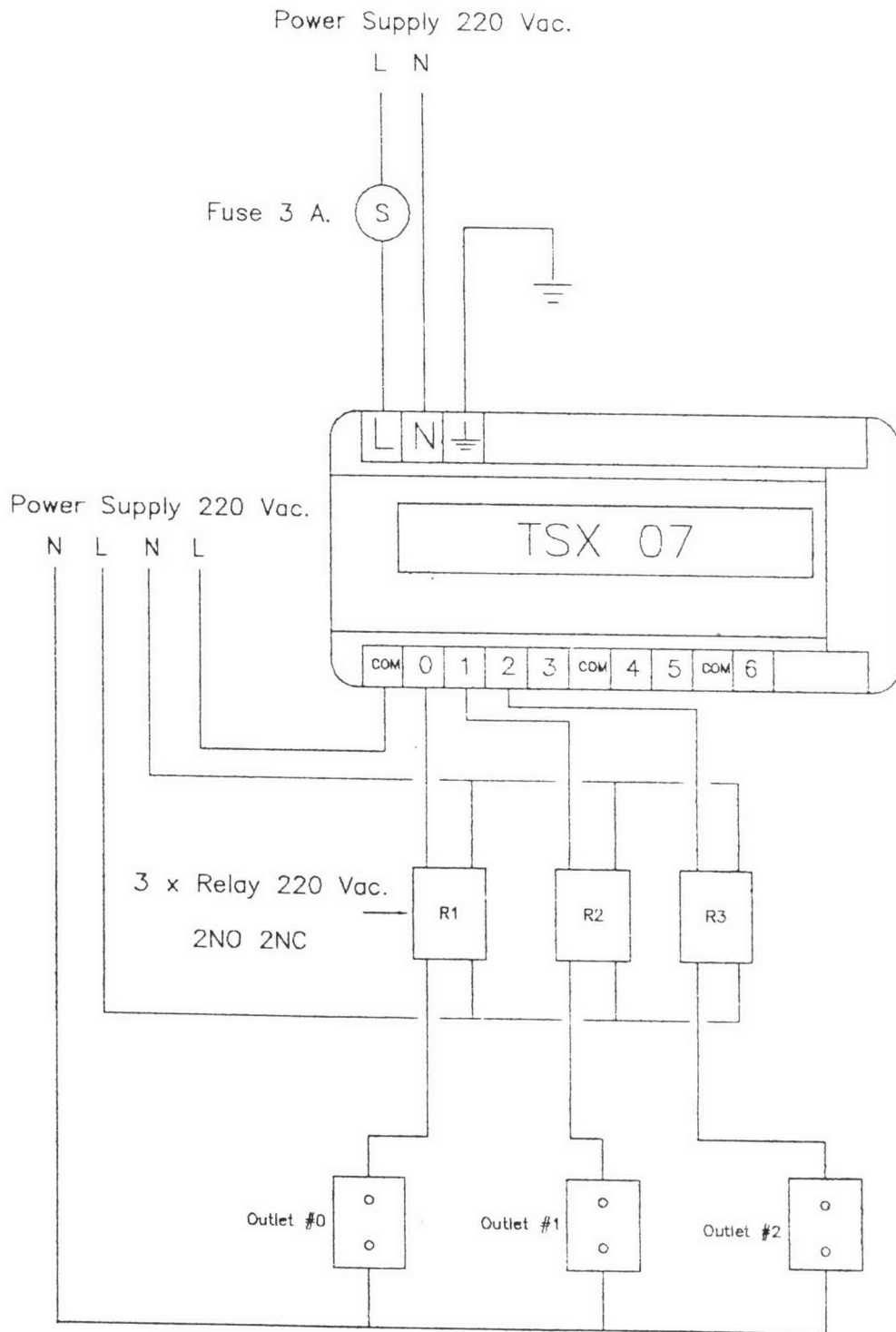
- Backup

โดยได้ติดตั้งเป็นแผงควบคุมดังที่แสดงในภาพที่ ข-1 และภาพที่ ข-2 เป็นภาพถ่ายของแผงควบคุมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

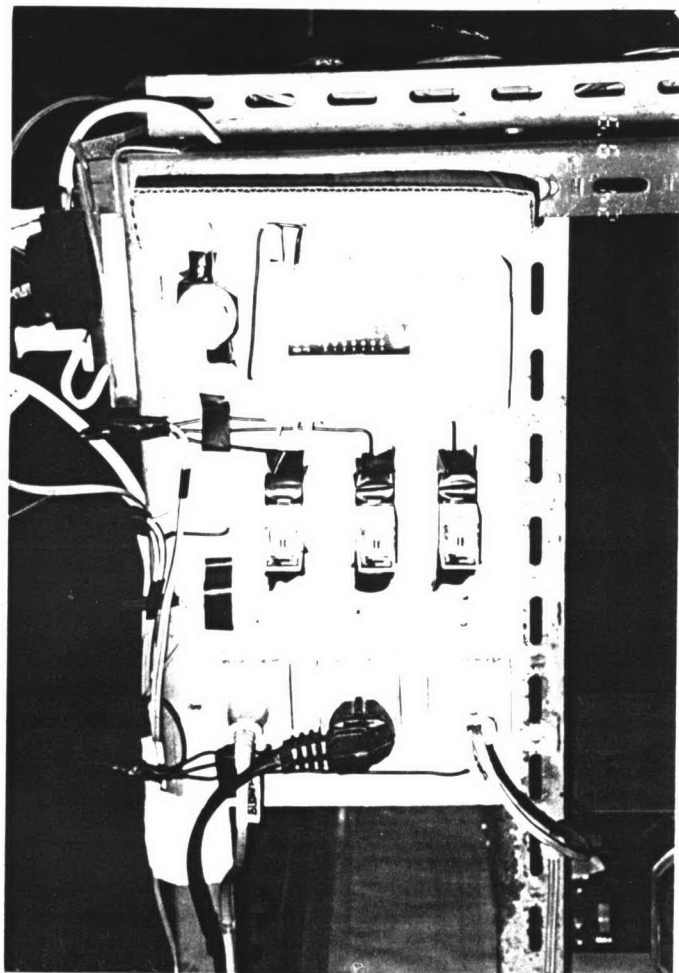
- ไฟที่จ่ายเลี้ยง PLC ใช้ไฟ 220 VAC โดยติดตั้งฟิวส์ขนาด 3 A. เป็นตัวป้องกันกระแสเกิน
- ด้าน Input ของ PLC เนื่องจากไม่มีการกำหนดให้ส่งสัญญาณใด ๆ จากระบบเข้าสู่ PLC จึงไม่มีการเดินสายไฟเข้า Input
- ด้าน Output ของ PLC ใช้ไฟ 220 VAC ในการทดลองชุดนี้ ได้เอา Output ของ PLC มาใช้เพียง 3 Outputs ( จาก 7 Outputs ) คือ Output 0, 1, 2 ซึ่งสัญลักษณ์ที่ใช้เขียนในโปรแกรมจะเป็น %Q0.0, %Q0.1, %Q0.2 ตามลำดับ
- เนื่องจาก Output ของ PLC สามารถทนกระแสได้ไม่เกิน 1 A. ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายหรือไหม้เนื่องจากการจ่ายกระแสเกิน ให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการการกระแสมากกว่า 1 A. จึงทำการติดตั้ง Relay เพิ่มเติม โดยให้ Output ของ PLC จ่ายไฟมาเลี้ยงคอยล์ของ Relay แทน และใช้หน้าสัมผัสเปิดของ Relay เป็นสวิทช์ปิดเปิด จ่ายไฟให้กับเต้าเสียบ ( Outlet#0, Outlet#1, Outlet#2 )
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง คือ เครื่องเติมอากาศ, บั้มป้อนน้ำเสียและโซลินอยด์วาล์ว จะต่อเข้ากับเต้าเสียบเหล่านี้

ภาพที่ ข-3 แสดงวงจรไฟฟ้าของแผงควบคุมที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ในแถวที่ 1, 2, 3 สัญญาณ Output จาก PLC คือ %Q0.0, %Q0.1, %Q0.2 จะเป็นตัวส่งจ่ายไฟให้ Relay R1, R2, R3 ทำงาน
- เมื่อมีกระแสไฟจ่ายให้คอยล์ของ Relay R1, R2 R3 ก็จะทำให้หน้าสัมผัสเปิดของ Relay R1,R2, R3 ในแถวที่ 4, 5, 6 ปิดวงจร ทำให้มีไฟมาจ่ายให้กับ Outlet#0, Outlet#1, Outlet#2
- ในการทดลอง ให้เสียบปลั๊กของเครื่องเติมอากาศเข้ากับ Outlet#0, บั้มป้อนน้ำเสียเข้ากับ Outlet#1, โซลินอยด์วาล์วเข้ากับ Outlet#2

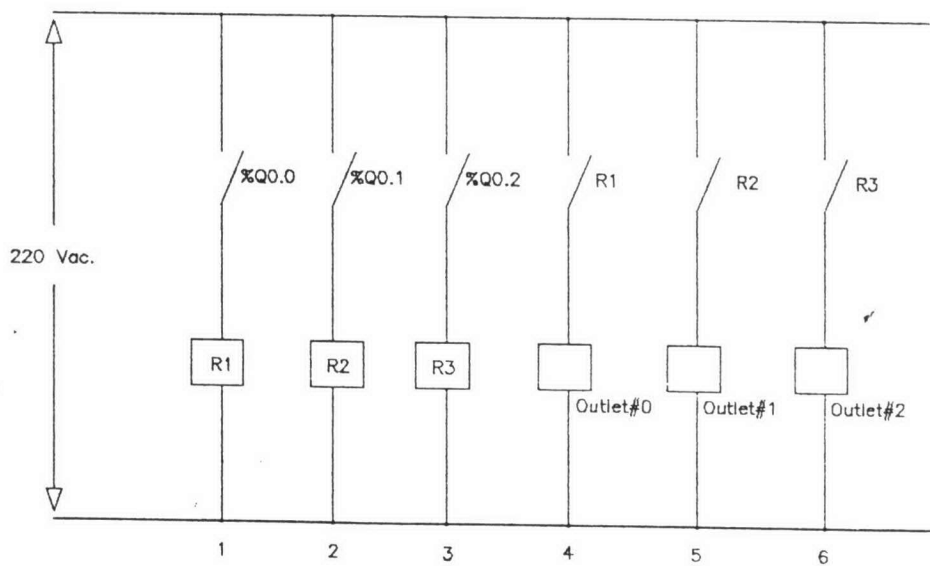


ภาพที่ ข -1 รายละเอียดการเดินสายไฟของแผงควบคุม PLC



ภาพที่ ข-2

ภาพถ่ายของแผงควบคุม PLC



note : %Q0.0, %Q0.1, %Q0.2 = Output of PLC %Q0.0, %Q0.1, %Q0.2

R1, R2, R3 = Relay 220 Vac. 2NO 2NC


Outlet#0, Outlet#1, Outlet#2 = Outlet no. 0, 1, 2

ภาพที่ ข-3 วงจรของแผงควบคุม PLC

## โปรแกรมควบคุมของ PLC

เขียนโปรแกรมควบคุม PLC ใน software PL7-07 ซึ่งเป็น software ที่ใช้คู่กับ PLC เริ่มต้นโดยการ install software นี้ลงใน hard disk ของคอมพิวเตอร์ (ดูรายละเอียดในคู่มือของ PLC) แล้วจึงเริ่มเขียนโปรแกรม เมื่อเขียนและทดสอบการทำงานของโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ก็จะโหลดโปรแกรมนี้ลงหน่วยความจำของ PLC และนำ PLC ไปติดตั้งที่แผงควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่อไป

การเขียนโปรแกรม PLC จะเขียนในรูปของ Ladder diagram ดังที่ได้แสดงในภาพที่ ข-5 และ ข-7 ซึ่งเป็นโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในการทดลองชุดที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- Ladder diagram ประกอบด้วยเส้นแนวตั้ง 2 เส้นซ้ายขวา ซึ่งเปรียบได้ดั่ง สาย L (line) และ N (neutral) ของวงจรควบคุมไฟฟ้าทั่วไป
- โชนซ้ายมือของ Ladder ประกอบด้วยสัญลักษณ์  ซึ่งเป็นบล็อกเปรียบเทียบ ถ้านิพจน์ภายในบล็อกเป็นจริง บล็อกก็จะมีค่าเป็น 1 ถ้านิพจน์ภายในบล็อกเป็นเท็จ บล็อกก็จะมีค่าเป็น 0
- นิพจน์ที่ใช้ในบล็อกเปรียบเทียบของภาพที่ ข-5 และ ข-7 เป็นนิพจน์ที่ใช้เปรียบเทียบเวลา โดยการตรวจสอบเวลาปัจจุบันจากหน่วยความจำของ PLC เทียบกับเวลาที่เรากำหนด เช่น

นิพจน์ %SW51 >= 16#0415


%SW51 เป็นหน่วยความจำระบบของ PLC ที่ใช้เก็บค่าชั่วโมงและนาที จากเวลาปัจจุบันของ PLC

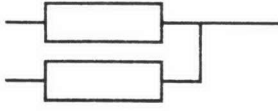
16#0415 เป็นเวลาที่เรากำหนดขึ้นเอง หมายถึงเลข 16 บิต ในรูป BCD ( Binary Code Decimal )

04 คือชั่วโมง หมายถึง 4 นาฬิกา

15 คือนาที หมายถึง 15 นาที

ดังนั้น นิพจน์ %SW51 >= 16#0415 จึงเป็นการตรวจสอบว่าเวลาปัจจุบันของ PLC มากกว่าหรือเท่ากับ 04:15 นาฬิกาหรือไม่ ถ้าเป็นจริง บล็อกเปรียบเทียบจะมีค่าเป็น 1 แต่หากเป็นเท็จ บล็อกเปรียบเทียบจะมีค่าเป็น 0

- สัญลักษณ์  หมายถึงการนำบล็อกสองบล็อก มาปฏิบัติการ AND ทางตรรกศาสตร์ ผลของการ AND จะมีค่าเป็น 1 ก็ต่อเมื่อทั้งสองบล็อกมีค่าเป็น 1 หากบล็อกใดบล็อกหนึ่งมีค่าเป็น 0 ผลของการ AND ก็จะมีค่าเป็น 0 ทันที

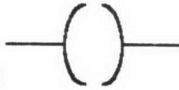
- สัญลักษณ์  หมายถึงการนำบล็อกสองบล็อกมาปฏิบัติการ OR ทางตรรกศาสตร์ ผลของการ OR จะมีค่าเป็น 0 ก็ต่อเมื่อทั้งสองบล็อกมีค่าเป็น 0 หากบล็อกใดบล็อกหนึ่งมีค่าเป็น 1 ผลของการ OR ก็จะมีค่าเป็น 1 ทันที

- โชนขวามือของ Ladder ประกอบด้วยสัญลักษณ์  ซึ่งก็คือ Output ของ PLC เราระบุชื่อของแต่ละ Output ดังนี้

%Q0.0 หมายถึง Output#0

%Q0.1 หมายถึง Output#1

%Q0.2 หมายถึง Output#2

- หากโชนขวามือมีค่าเป็น 1 ก็จะทำให้โชนขวามือหรือ  มีค่าเป็น 1 ซึ่งผลก็คือมีกระแสไฟจ่ายออกมาจาก Output นั้น ๆ ของ PLC หากโชนขวามือมีค่าเป็น 0 ก็จะทำให้โชนขวามือมีค่าเป็น 0 ด้วย ซึ่งผลก็คือไม่มีกระแสไฟจ่ายออกมาจาก Output นั้น ๆ
- เรานำอุปกรณ์ที่จะควบคุมมาต่อกับ Output ของ PLC
  - หาก Output มีค่าเป็น 1 อุปกรณ์นั้นก็จะทำงาน
  - หาก Output มีค่าเป็น 0 อุปกรณ์นั้นก็จะไม่ทำงาน

ภาพที่ ข-4 เป็นการแสดงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการทดลองย่อยที่ 2.1 และ 2.2 (อายุสัปดาห์ 10 และ 4 วัน) ซึ่งกำหนดให้อุปกรณ์แต่ละตัวทำงานตามเวลาดังนี้

- เครื่องเติมอากาศ ทำงานวันละ 4 ครั้ง ๆ ละ 4.5 ชั่วโมง ดังนี้ 04:00-08:30, 10:00-14:30, 16:00-20:30, 22:00-02:30 นาฬิกา
- ปัมป์อนน้ำเสีย ทำงานวันละ 4 ครั้ง ๆ ละ 1 ชั่วโมง ดังนี้ 04:00-05:00, 10:00-11:00, 16:00-17:00, 22:00-23:00 นาฬิกา
- โซลินอยด์วาล์วทำงานวันละ 4 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที ดังนี้ 03:15-03:20, 09:15-09:20, 15:15-15:20, 21:15-21:20 นาฬิกา
- การควบคุมค่าอายุสัปดาห์ทำได้โดยการตัดน้ำสัปดาห์ออกจากถังปฏิกริยาโดยตรง ในช่วงท้ายของการเติมอากาศที่เวลา 08:25-08:30 น. วันละ 1 ครั้ง

ภาพที่ ข-5 เป็นโปรแกรม PLC ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานตามเวลาที่กำหนดในภาพที่ ข-4 สำหรับการทดลองย่อยที่ 2.1 และ 2.2 (อายุสลักซ์ 10 และ 4 วัน) มีรายละเอียดดังนี้

- กำหนดให้ เครื่องเติมอากาศ ต่อเข้ากับ Output %Q0.0 ของ PLC  
ปั๊มป้อนน้ำเสีย ต่อเข้ากับ Output %Q0.1 ของ PLC  
โซลินอยด์วาล์ว ต่อเข้ากับ Output %Q0.2 ของ PLC
- แถวที่ 1 เป็นคำสั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงานที่ช่วงเวลา 04:00-08:30  
แถวที่ 2 เป็นคำสั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงานที่ช่วงเวลา 10:00-14:30  
แถวที่ 3 เป็นคำสั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงานที่ช่วงเวลา 16:00-20:30  
แถวที่ 4, 5 เป็นคำสั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงานที่ช่วงเวลา 22:00-02:30
- แถวที่ 6 เป็นคำสั่งให้ปั๊มป้อนน้ำเสียทำงานที่ช่วงเวลา 04:00-05:00  
แถวที่ 7 เป็นคำสั่งให้ปั๊มป้อนน้ำเสียทำงานที่ช่วงเวลา 10:00-11:00  
แถวที่ 8 เป็นคำสั่งให้ปั๊มป้อนน้ำเสียทำงานที่ช่วงเวลา 16:00-17:00  
แถวที่ 9 เป็นคำสั่งให้ปั๊มป้อนน้ำเสียทำงานที่ช่วงเวลา 22:00-23:00
- แถวที่ 10 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 03:15-03:20  
แถวที่ 11 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 09:15-09:20  
แถวที่ 12 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 15:15-15:20  
แถวที่ 13 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 21:15-21:20

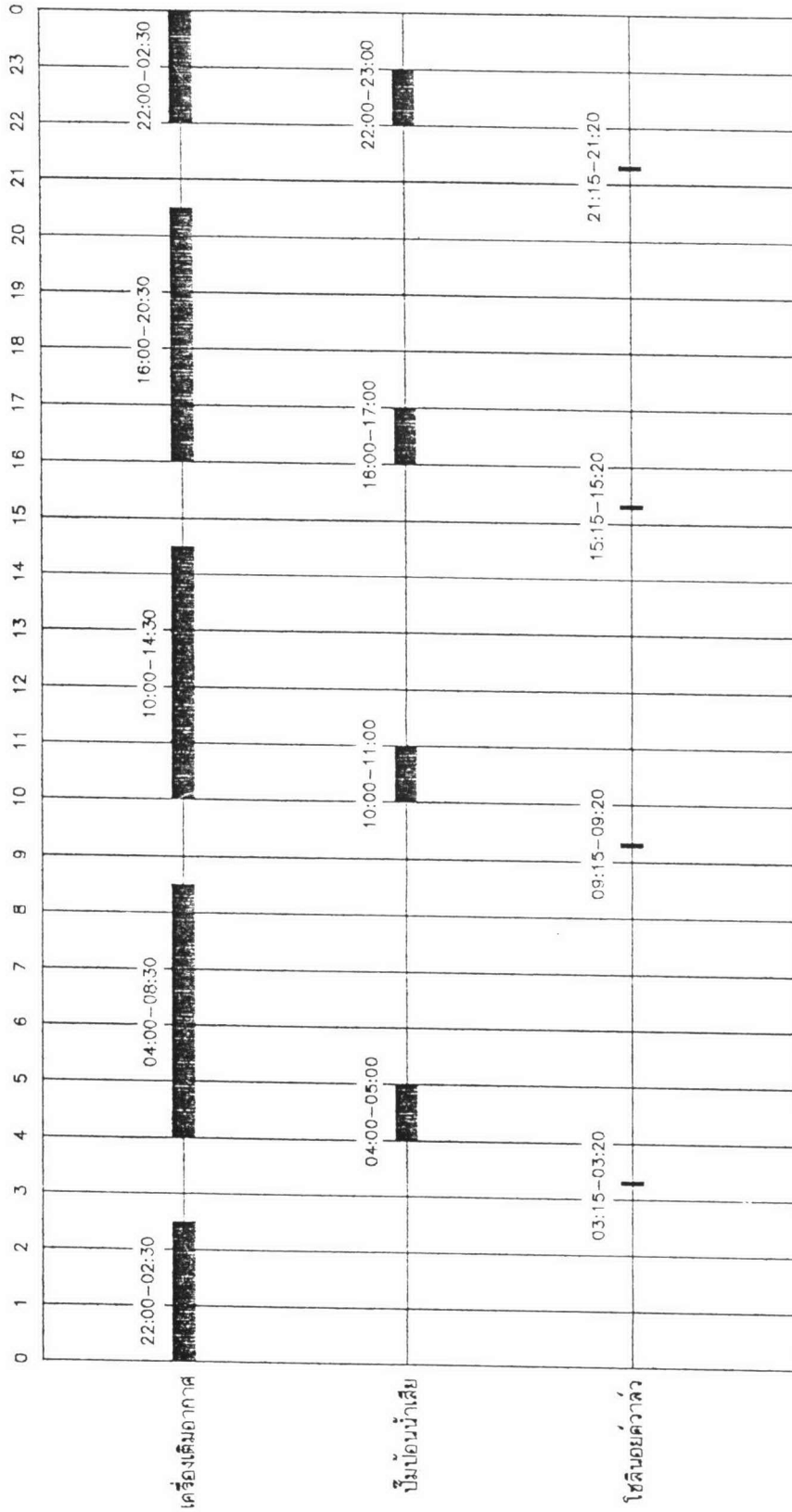
ภาพที่ ข-6 เป็นการแสดงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการทดลองย่อยที่ 2.3 (อายุสลักซ์ 1.25 วัน) มีรายละเอียดดังนี้

- การควบคุมเวลาการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะเหมือนกับการทดลองย่อยที่ 2.1 และ 2.2 (ภาพที่ ข-4) ยกเว้นโซลินอยด์วาล์ว ได้มีการเปลี่ยนแปลงเวลาการทำงานเล็กน้อย
- กำหนดให้โซลินอยด์วาล์วทำงานวันละ 4 ครั้ง ดังนี้ 03:15-03:20, 08:30-08:40, 15:15-15:20, 20:30-20:40
- ขณะที่โซลินอยด์วาล์วทำงานที่เวลา 08:30-08:40 และ 20:30-20:40 นั้น เครื่องเติมอากาศก็กำลังทำงานอยู่ ดังนั้นจึงเป็นการเปิดระบายน้ำสลักซ์ออกเพื่อควบคุมค่าอายุสลักซ์ ในขณะที่การทำงานของโซลินอยด์วาล์วที่เวลา 03:15-03:20 และ 15:15-15:20 นั้นเป็นการเปิดระบายน้ำใสออกตามปกติ

ภาพที่ ข-7 เป็นโปรแกรม PLC ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานตามเวลาที่กำหนดในภาพที่ ข-6 สำหรับการทดลองย่อยที่ 2.3 (อายุสัปดาห์ 1.25 วัน) มีรายละเอียดดังนี้

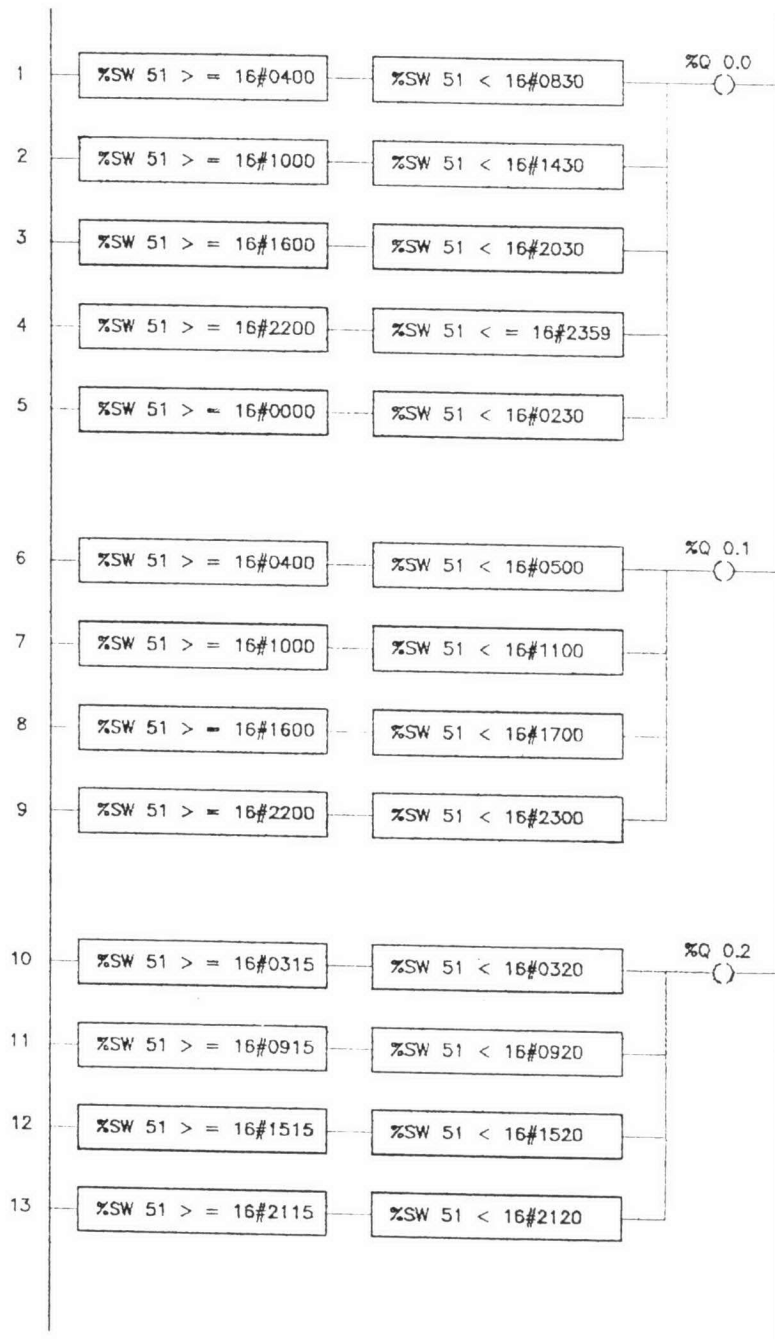
- โปรแกรมการควบคุมเวลาการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะเหมือนกับการทดลองย่อยที่ 2.1 และ 2.2 (ภาพที่ ข-5) ยกเว้นแถวที่ 11 และ 13 ได้มีการเปลี่ยนแปลงเวลาการทำงานเล็กน้อย
- แถวที่ 10 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 03:15-03:20 เพื่อระบายน้ำใส
- แถวที่ 11 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 08:30-08:40 เพื่อระบายน้ำสกปรก
- แถวที่ 12 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 15:15-15:20 เพื่อระบายน้ำใส
- แถวที่ 13 เป็นคำสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานที่ช่วงเวลา 20:30-20:40 เพื่อระบายน้ำสกปรก

เวลา ( ชั่วโมง )



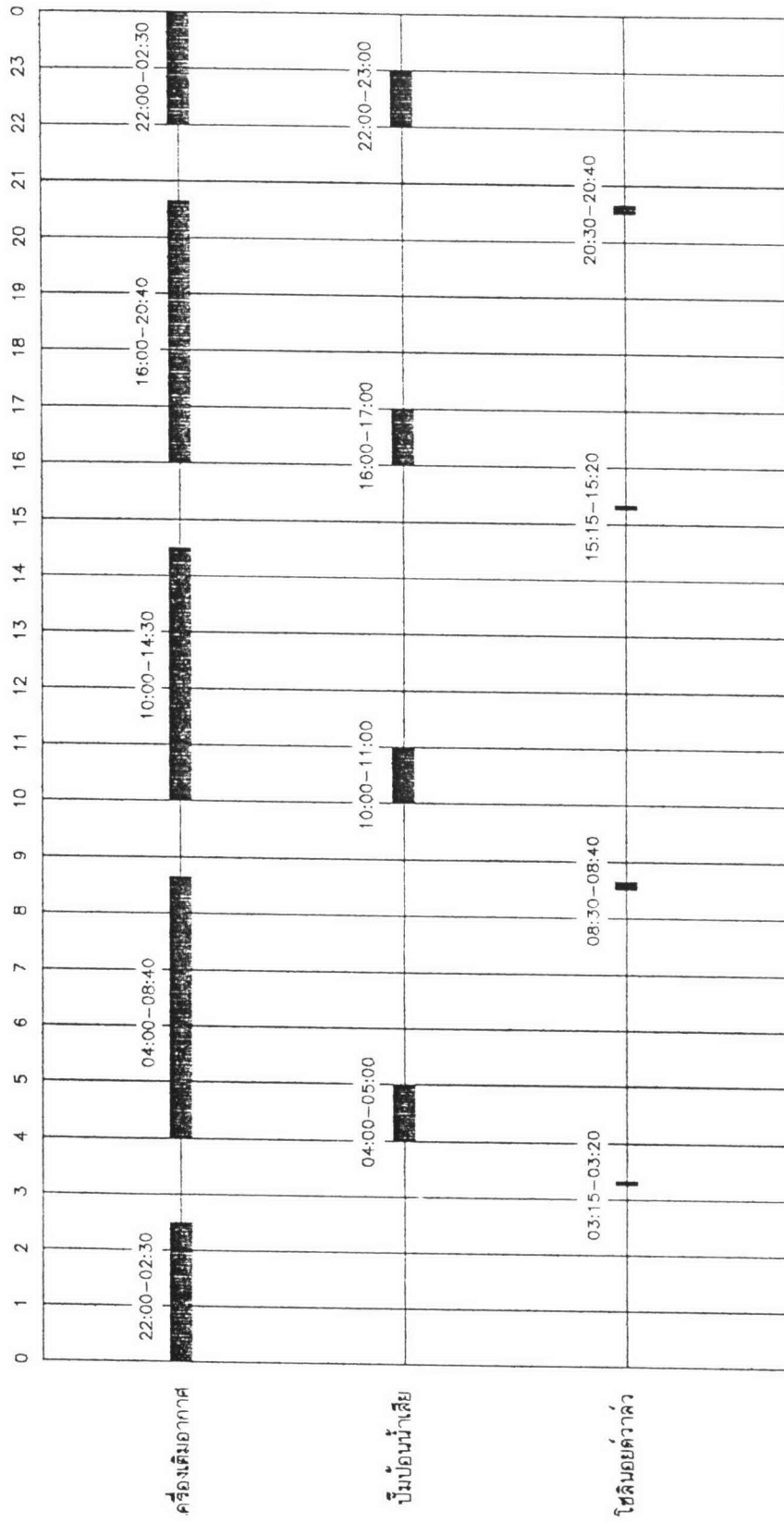
ภาพที่ ๒-4 ตารางเวลาการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการทดลองตอนที่ 2.1 และ 2.2 ( อายุสัตว์ 10 และ 4 วัน )



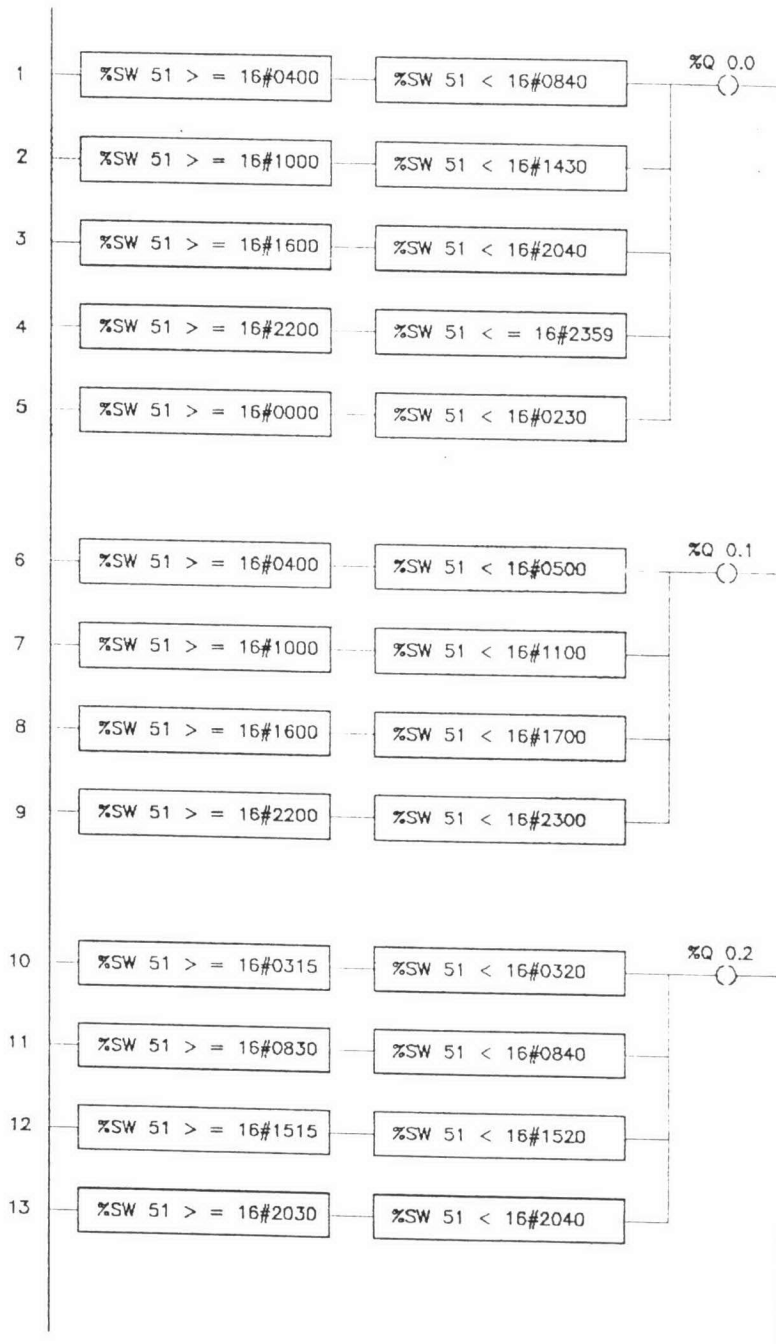


ภาพที่ ข-5 โปรแกรม PLC สำหรับการทดลองย่อยที่ 2.1 และ 2.2 ( อายุสัปดาห์ 10 และ 4 วัน )

เวลา (ชั่วโมง)



ภาพที่ ข-6 ตารางเวลาการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการทดลองครั้งที่ 2.3 (อายุสัตว์ 1.25 วัน)



ภาพที่ ๕-7 โปรแกรม PLC สำหรับการทดลองย้อยที่ 2.3 (อายุสลิคค์ 1.25 วัน)

## ภาคผนวก ก

## ข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลอง

แสดงข้อมูลดิบของการทดลองต่าง ๆ ในรูปของตารางดังนี้

- ตารางที่ ค1-1 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 1.1
- ตารางที่ ค1-2 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 1.2
- ตารางที่ ค1-3 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 1.3
- ตารางที่ ค1-4 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 1.4
- ตารางที่ ค2-1 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 2.1
- ตารางที่ ค2-2 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 2.2
- ตารางที่ ค2-3 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 2.3

ตารางที่ ค1-1 ข้อมูลดิบของภากรทดลองยี่ห้อ 1.1

DAY	DATE	TOC			SS			VSS	pH	TEMP.	DO		V30
		INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR				AERATION	SELECTOR	
0	11-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1	12-Feb	--	--	--	--	--	--	6.9	25.5	--	--	145	
2	13-Feb	--	--	--	--	--	--	7	27	--	--	118	
3	14-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	95	
4	15-Feb	--	--	--	--	--	--	7.4	28.5	--	--	143	
5	16-Feb	--	--	--	--	--	--	7.4	28	6.2	6.4	290	
6	17-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	460	
7	18-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	200	
8	19-Feb	--	--	--	9	460	416	7.6	27.3	5.2	6.2	160	
9	20-Feb	--	--	--	11	524	500	7.6	25	5.3	5.6	125	
10	21-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	150	
11	22-Feb	--	--	--	9	348	368	7.8	22	5.2	6.2	220	
12	23-Feb	--	--	--	--	--	--	8	25	5.2	5.4	215	
13	24-Feb	--	--	--	--	--	--	8	26.5	5.4	4.4	250	
14	25-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
15	26-Feb	251.8	15.1	13.94	11	136	128	8	27.5	4.5	4.8	85	
16	27-Feb	--	--	--	--	--	--	8	28	4.8	4.8	80	
17	28-Feb	--	--	--	16	276	214	7.7	27.5	7.2	6.6	90	
18	29-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
19	01-Mar	229.9	12.92	13.25	29	218	270	7.5	28	7.4	6.9	75	
20	02-Mar	222.5	14.15	13.15	36	278	224	7.45	27	7.2	6	115	
21	03-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
22	04-Mar	244.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	155	

ตารางที่ ค1-1(ต่อ) ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 1.1

DAY	DATE	TOC			SS			VSS	PH	TEMP.	DO		V30	
		INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR				AERATION	EFFLUENT		SELECTOR
23	05-Mar	--	--	--	--	23	336	260	264	7.5	28	7	6	170
24	06-Mar	--	--	--	--	27	328	284	294	7.45	28	--	--	140
25	07-Mar	217.6	21.1	21.8	--	31	364	340	307	--	--	--	--	145
26	08-Mar	--	--	--	--	32	390	356	329	7.45	27.6	7.4	6.5	145
27	09-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28	10-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29	11-Mar	238.8	21.18	21.39	--	12	372	350	356	7.5	28.6	--	--	260
30	12-Mar	237.7	17.76	17.65	--	15	406	368	370	7.35	28.5	7	6.2	250
31	13-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
32	14-Mar	224.8	12.67	13.29	13.21	26	506	362	348	7.4	28.6	6.9	5.8	110
33	15-Mar	217.3	13.26	13.76	13.31	34	438	336	334	--	--	--	--	100
34	16-Mar	212.1	13.28	13.28	13.08	27	322	292	282	7.35	28.6	--	--	90
35	17-Mar	234.6	12.92	13.47	12.86	12	378	318	310	--	--	--	--	110
36	18-Mar	219.8	12.96	12.97	12.63	23	410	314	294	7.25	29	--	--	110

ตารางที่ ก1-2 ข้อมูลดิบของารทดลองข้อที่ 1.2

DAY	DATE	TOC			SS			VSS	pH	TEMP.	DO		V30
		INFLUENT	SELECTOR	ABRATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR				ABRATION	EFFLUENT	
0	11-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1	12-Feb	--	--	--	--	--	--	--	6.75	26	--	--	145
2	13-Feb	--	--	--	--	--	--	--	7.09	27	--	--	132
3	14-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	120
4	15-Feb	--	--	--	--	--	--	--	7.3	28.5	--	--	115
5	16-Feb	--	--	--	--	--	--	--	7.3	28	6.4	6.4	120
6	17-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	120
7	18-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	120
8	19-Feb	--	--	--	9	794	628	7	7.6	27.3	5.3	6.3	120
9	20-Feb	--	--	--	11	832	840	6	7.45	25	5	5.6	120
10	21-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	110
11	22-Feb	--	--	--	9	692	684	--	7.7	22	4.9	6	110
12	23-Feb	--	--	--	--	--	--	--	7.6	25	5.4	5.6	135
13	24-Feb	--	--	--	--	--	--	--	7.7	26.5	4.5	4.7	600
14	25-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	560
15	26-Feb	252.4	14.7	13.5	11	580	452	9	7.7	27.5	4.4	4.8	710
16	27-Feb	--	--	--	--	--	--	--	7.6	28	7.2	6.6	250
17	28-Feb	--	--	--	16	240	390	9	7.3	27.5	--	--	130
18	29-Feb	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	01-Mar	229.9	14.16	13.73	29	242	330	0	7.4	28	7	6.6	90
20	02-Mar	222.5	11.42	11.14	36	346	398	17	7.45	27	6.5	6.5	400
21	03-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22	04-Mar	244.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	450

ตารางที่ ค1-2(ต่อ) ข้อมูลประกอบการทดลองย่อยที่ 1.2

DAY	DATE	TOC			SS			VSS	pH	TEMP.	DO		V30		
		INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR				AERATION	EFFLUENT		SELECTOR	AERATION
23	05-Mar	--	--	--	--	23	418	484	0	476	7.3	28	7	6	180
24	06-Mar	--	--	--	--	27	414	446	3	440	7.4	28	--	--	140
25	07-Mar	217.6	21.33	21.48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	110
26	08-Mar	207.6	18.97	19.55	--	32	374	508	3	--	7.38	27.6	7.4	6.5	100
27	09-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28	10-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29	11-Mar	238.8	11.56	12.16	--	12	480	456	23	446	7.3	28.6	--	--	340
30	12-Mar	237.7	11.78	11.95	--	15	494	448	0	--	7.1	28.5	7.5	6.2	110
31	13-Mar	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
32	14-Mar	224.8	10.69	11.21	10.61	26	646	494	0	458	7.2	28.6	6.9	5.8	120
33	15-Mar	217.3	10.6	10.65	10.57	34	566	542	0	516	--	--	--	--	110
34	16-Mar	212.1	11.21	10.27	10.56	27	618	526	0	508	7.25	28.6	--	--	120
35	17-Mar	234.6	9.85	9.89	9.72	12	636	534	0	512	--	--	--	--	120
36	18-Mar	219.8	10.79	10.34	10.22	23	574	498	0	460	7.2	29	--	--	150



ตารางที่ ก.1-3 ข้อมูลการทดลองครั้งที่ 1.3

DAY	DATE	TOC				SS				VSS	pH	TEMP	DO		V30	SVI	FILAMENT ABUNDANCE	VOLUME SELECTOR	F/M SELECTOR	SLUDGE BLANKET
		INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT				SELECTOR	AERATION						
1	24-Apr	--	--	--	--	3,064	--	--	--	--	--	--	--	970	317	--	--	--	--	
2	25-Apr	--	--	--	--	2,668	--	--	--	--	--	--	--	950	356	--	--	--	--	
3	26-Apr	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	945	--	--	--	--	--	
4	27-Apr	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	910	--	--	--	--	--	
5	28-Apr	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	885	--	--	--	--	--	
6	29-Apr	--	--	--	--	2,432	--	--	--	--	--	--	--	845	347	--	0.41	--	--	
7	30-Apr	--	--	--	--	2,328	--	--	--	--	--	--	--	760	326	--	0.30	--	--	
8	1-May	--	6.97	6.67	33	2,480	2,600	6.83	28.6	--	6.83	28.6	--	780	315	1	0.30	10.6	--	
9	2-May	--	--	--	--	--	--	6.33	29.1	--	6.33	29.1	7.1	750	--	1	0.30	--	--	
10	3-May	--	6.92	6.41	39	2,472	2,672	--	--	--	--	--	--	820	332	1	0.20	15.4	--	
11	4-May	--	--	--	--	--	--	6.73	29.6	--	6.73	29.6	6.5	790	--	2	0.20	--	--	
12	5-May	--	--	--	--	--	--	6.20	29.8	--	6.20	29.8	6.3	795	--	--	0.20	--	--	
13	6-May	221.3	10.67	20.39	41	2,214	3,824	6.16	29.6	1,496	6.16	29.6	6.1	765	346	2	0.18	12.0	--	
14	7-May	--	--	--	--	--	--	6.38	30.1	--	6.38	30.1	6.2	765	--	--	0.20	--	--	
15	8-May	221.0	6.55	6.19	42	1,860	2,320	7.12	28.8	1,376	7.12	28.8	6.2	760	409	3	0.23	15.5	--	
16	9-May	--	--	--	--	--	--	7.30	28.8	--	7.30	28.8	6.4	825	--	3	0.23	--	--	
17	10-May	219.7	7.08	5.86	37	1,604	1,648	7.16	28.8	1,204	7.16	28.8	6.4	830	517	--	0.25	20.0	--	
18	11-May	--	--	--	--	--	--	7.05	28.1	--	7.05	28.1	6.6	760	--	4	0.25	--	--	
19	12-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	440	--	--	0.25	--	--	
20	13-May	226.4	10.44	8.99	32	1,266	1,112	6.60	28.1	986	6.60	28.1	6.4	310	245	3	0.28	27.0	--	
21	14-May	--	--	--	--	--	--	6.37	28.0	--	6.37	28.0	6.7	200	--	3	0.28	--	--	
22	15-May	224.2	9.48	9.05	58	988	1,864	--	--	834	--	--	--	110	111	3	0.35	12.6	--	
23	16-May	--	--	--	--	--	--	6.30	29.0	--	6.30	29.0	6.7	100	--	3	0.35	--	--	
24	17-May	227.3	9.39	7.48	35	852	900	7.20	29.4	738	7.20	29.4	6.5	90	106	2	0.45	20.4	--	
25	18-May	--	--	--	--	--	--	7.55	29.0	--	7.55	29.0	--	90	--	--	0.45	--	--	
26	19-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	95	--	3	0.45	--	--	
27	20-May	229.0	10.57	8.58	44	830	1,408	7.51	27.8	670	7.51	27.8	--	120	145	--	0.45	13.0	--	
28	21-May	--	--	--	--	--	--	7.25	28.7	--	7.25	28.7	6.1	120	--	3	0.40	--	--	

ตารางที่ ๓1-3(ต่อ) ข้อมูลการทดลองของชุดที่ 1.3

DAY	DATE	TOC				SS				VSS	pH	TEMP.	DO		SVI	FILAMENT ABUNDANCE	VOLUME SELECTOR	F/M SELECTOR	SLUDGE BLANKET
		INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT				SELECTOR	AERATION					
28	22-May	227.2	9.10	10.03	--	840	820	--	740	--	--	6.6	6.2	120	146	0.40	24.6	--	
29	23-May	--	--	--	--	--	--	--	--	7.98	27.6	6.2	6.3	140	--	0.40	--	--	
30	24-May	230.1	10.57	9.33	--	1,038	788	--	690	7.51	27.5	--	--	130	165	0.40	19.9	--	
31	25-May	--	--	--	--	--	--	--	--	7.02	28.4	6.5	6.0	130	--	0.40	--	--	
32	26-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	28.4	6.7	6.0	120	3	0.50	--	--	
33	27-May	--	9.81	9.33	--	604	644	--	598	--	--	--	--	170	264	0.50	27.3	--	
34	28-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	29.1	6.2	6.1	160	--	0.50	--	--	
35	29-May	--	--	--	--	1,324	713	--	631	6.95	29.0	6.9	6.5	180	252	0.50	12.5	--	
36	30-May	212.5	10.84	10.04	--	704	761	--	684	7.10	28.4	--	--	250	329	0.45	26.0	--	
37	31-May	--	--	--	--	--	--	--	--	7.90	29.4	6.9	6.2	270	4	0.45	--	--	
38	1-Jun	212.2	10.65	9.03	9.78	740	731	3	667	8.10	29.7	--	--	240	328	0.45	24.8	--	
39	2-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	7.98	29.6	5.9	6.4	260	--	0.45	--	--	
40	3-Jun	210.2	8.84	8.31	8.30	944	762	8	695	8.00	28.3	--	--	290	381	0.45	19.4	--	
41	4-Jun	205.9	8.28	9.53	7.48	960	837	4	743	7.92	28.1	7.0	6.5	370	442	0.45	19.1	--	
42	5-Jun	200.2	8.69	9.41	7.46	1,028	832	10	741	7.90	28.4	--	--	440	529	0.40	20.1	--	
43	6-Jun	--	7.92	8.58	8.70	940	769	11	662	7.80	28.4	--	--	530	689	0.40	21.9	--	
44	7-Jun	205.4	8.72	9.00	7.65	1,044	769	14	682	7.65	30.0	--	--	655	852	0.40	19.8	--	
45	8-Jun	216.3	8.62	9.42	--	836	812	8	724	7.60	28.6	7.1	6.1	800	985	0.40	24.7	--	
46	9-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	7.55	28.8	--	--	850	--	0.40	--	--	
47	10-Jun	214.0	9.48	9.41	--	944	822	7	732	--	--	--	--	880	1071	0.40	21.8	--	
48	11-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	7.54	29.4	7.1	6.5	880	--	0.35	--	500	
49	12-Jun	211.9	7.84	9.47	--	1,056	854	--	742	7.60	29.1	7.0	6.0	830	972	0.35	22.3	--	
50	13-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	7.60	29.5	6.9	6.0	810	--	0.35	--	500	
51	14-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	7.55	29.6	--	--	680	--	0.35	--	400	
52	15-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	430	--	0.35	--	--	
53	16-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	470	--	0.35	--	--	
54	17-Jun	--	--	--	--	1,200	786	--	730	7.45	29.3	6.9	6.0	440	560	0.35	19.6	300	
55	18-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	7.60	28.4	7.0	6.1	470	--	0.35	--	100	
56	19-Jun	--	--	--	--	1,252	780	--	706	--	--	--	--	--	--	0.35	18.8	--	

ตารางที่ 11-4 ข้อมูลของภาวะทดลองข้อที่ 1.4

DAY	DATE	TOC			SS			VSS	pH	TEMP.	DO		V30	SVI	FILAMENT ABUNDANCE	VOLUME SELECTOR	F/M SELECTOR	SLUDGE BLANKET
		INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR				AERATION	SELECTOR						
1	24-Apr	--	--	--	3,440	--	--	--	--	--	--	970	282	--	--	--	--	
2	25-Apr	--	--	--	2,920	--	--	--	--	--	--	960	329	--	--	--	--	
3	26-Apr	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	955	--	--	--	--	--	
4	27-Apr	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	945	--	--	--	--	--	
5	28-Apr	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	940	--	--	--	--	--	
6	29-Apr	--	--	--	2,624	--	--	--	--	--	--	895	341	--	0.41	--	--	
7	30-Apr	--	--	--	2,560	--	--	--	--	--	--	820	320	--	0.30	--	--	
8	1-May	--	7.08	6.57	2,652	--	--	--	6.97	28.6	--	790	298	1	0.30	7.0	--	
9	2-May	--	--	--	3,924	--	--	--	6.50	29.1	6.4	710	--	1	0.30	--	--	
10	3-May	--	7.41	5.72	2,388	--	--	--	--	--	--	760	318	--	0.20	10.7	--	
11	4-May	--	--	--	--	--	--	--	6.97	29.6	6.4	760	--	2	0.20	--	--	
12	5-May	--	--	--	--	--	--	--	6.34	29.8	5.7	730	--	--	0.20	--	--	
13	6-May	221.3	15.16	6.92	2,204	--	--	1,444	6.36	29.6	6.4	675	306	2	0.18	12.2	--	
14	7-May	--	--	--	--	--	--	--	6.76	30.1	4.9	660	--	--	0.20	--	--	
15	8-May	221.0	8.24	6.38	1,912	--	--	1,336	7.33	28.8	4.4	630	329	3	0.23	13.0	--	
16	9-May	--	--	--	--	--	--	--	7.42	28.8	6.0	805	--	3	0.23	--	--	
17	10-May	219.7	7.47	5.46	1,804	--	--	1,260	7.42	28.8	5.9	810	449	--	0.23	18.5	--	
18	11-May	--	--	--	--	--	--	--	7.22	28.1	6.4	885	--	4	0.23	--	--	
19	12-May	--	--	--	--	--	--	--	6.88	28.7	--	865	--	--	0.23	--	--	
20	13-May	226.4	7.97	12.41	1,702	--	--	1,108	6.70	28.1	6.4	650	382	4	0.23	20.9	--	
21	14-May	--	--	--	--	--	--	--	6.29	28.0	6.7	405	--	3	0.23	--	--	
22	15-May	224.2	8.37	7.72	1,502	--	--	1,082	--	--	--	220	146	3	0.25	20.2	--	
23	16-May	--	--	--	--	--	--	--	6.13	29.0	6.4	230	--	3	0.25	--	--	
24	17-May	227.3	8.48	7.55	1,440	--	--	1,110	7.10	29.4	6.3	270	188	3	0.25	19.5	--	
25	18-May	--	--	--	--	--	--	--	7.41	29.0	--	240	--	--	0.25	--	--	
26	19-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	210	--	2	0.25	--	--	
27	20-May	229.0	8.80	7.61	1,412	--	--	1,132	7.26	27.8	--	170	120	--	0.25	25.5	--	
28	21-May	--	--	--	--	--	--	--	7.09	28.7	6.5	150	--	2	0.24	--	--	

ตารางที่ ก1-(ก6) ข้อมูลคุณภาพการทดลองยี่ห้อ 1.4

DAY	DATE	TOC				SS				VSS	pH	TEMP.	DO		V30	SVI	FILAMENT ABUNDANCE	VOLUME SELEVTOR	F/M SELEVTOR	SLUDGE BLANKET
		INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT	INFLUENT	SELECTOR	AERATION	EFFLUENT				SELECTOR	AERATION						
28	22-May	227.2	8.05	7.55	--	1,528	1,380	--	1,116	--	--	6.0	5.9	140	101	2	0.24	22.5	--	
29	23-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.90	27.6	6.3	130	--	--	0.24	--	--	
30	24-May	230.1	9.62	7.82	--	1,432	1,286	--	1,064	--	7.31	27.5	--	120	93	2	0.24	24.0	--	
31	25-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	6.70	28.4	6.5	110	--	--	0.24	--	--	
32	26-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	28.4	6.1	100	--	2	0.28	--	--	
33	27-May	--	11.23	7.59	--	1,052	1,184	--	1,012	--	--	--	--	100	84	--	0.28	28.5	--	
34	28-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	29.1	6.2	100	--	--	0.28	--	--	
35	29-May	--	--	--	--	1,332	1,176	--	1,004	--	6.97	29.0	6.2	110	94	2	0.28	22.5	--	
36	30-May	212.5	11.74	7.24	--	1,180	1,142	--	998	--	7.08	28.4	--	120	105	3	0.28	25.4	--	
37	31-May	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.88	29.4	6.4	120	--	4	0.28	--	--	
38	1-Jun	212.2	10.25	7.98	9.49	968	1,152	1	1,046	--	8.00	29.7	--	140	122	4	0.28	31.0	--	
39	2-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.93	29.6	6.2	140	--	--	0.28	--	--	
40	3-Jun	210.2	11.62	8.78	8.18	1,124	1,148	8	996	--	7.99	28.3	--	140	122	--	0.28	26.7	--	
41	4-Jun	205.9	11.73	8.18	7.57	988	1,140	12	986	--	7.94	28.1	6.4	150	132	--	0.28	30.4	--	
42	5-Jun	200.2	17.21	7.14	7.71	880	1,214	12	1,024	--	7.92	28.4	--	150	124	--	0.28	34.1	--	
43	6-Jun	--	10.86	7.12	8.33	1,112	1,226	8	1,032	--	7.80	28.4	--	160	131	2	0.28	27.0	--	
44	7-Jun	205.4	10.41	6.97	6.37	828	1,148	14	998	--	7.75	30.0	--	150	131	3	0.28	36.2	--	
45	8-Jun	216.3	9.00	7.71	--	940	1,156	5	982	--	7.60	28.6	6.8	170	147	--	0.28	31.9	--	
46	9-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.55	28.8	--	170	--	--	0.28	--	--	
47	10-Jun	214.0	9.55	7.30	--	1,412	1,118	6	970	--	--	--	--	160	143	2	0.28	21.2	--	
48	11-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.43	29.4	7.0	245	--	--	0.28	--	40	
49	12-Jun	211.9	7.97	7.25	--	1,912	1,048	--	960	--	7.60	29.1	7.1	240	229	--	0.28	15.7	--	
50	13-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.60	29.5	6.7	290	--	--	0.28	--	40	
51	14-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.60	29.6	--	345	--	--	0.28	--	150	
52	15-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	320	--	--	0.28	--	--	
53	16-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	300	--	--	0.28	--	--	
54	17-Jun	--	--	--	--	1,392	1,040	--	980	--	7.35	29.3	6.0	290	279	4	0.28	21.6	150	
55	18-Jun	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7.55	28.4	5.8	360	--	--	0.28	--	100	
56	19-Jun	--	--	--	--	1,228	1,090	--	966	--	--	--	--	--	--	--	0.28	24.4	--	



ตารางที่ ก2-2 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 2.2

DAY	DATE	TOC		SS		VSS REACTOR	pH	TEMP.	DO	V30	SVI
		INFLUENT	REACTOR	INFLUENT	REACTOR						
	14-Aug	--	--	--	3,128	2,488	7.62	29.3	--	--	--
1	15-Aug	615	14.26	96	3,484	2,824	7.88	28.4	7.9	230	66
2	16-Aug	608	13.37	90	3,868	3,088	7.94	29.3	7.9	260	67
3	17-Aug	618	15.47	92	4,224	3,532	7.91	28.8	7.5	430	102
4	18-Aug	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	19-Aug	613	14.44	82	4,172	3,516	7.58	28.9	--	410	98
6	20-Aug	--	14.04	--	4,000	3,404	7.81	28.1	7.7	520	130
7	21-Aug	612	16.26	105	4,124	3,484	7.76	28.0	7.9	555	135
8	22-Aug	605	16.08	--	4,100	3,456	--	--	--	450	110
9	23-Aug	607	15.31	62	3,932	3,416	7.82	27.2	7.9	430	109
10	24-Aug	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	25-Aug	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	26-Aug	620	15.92	--	3,492	3,244	--	--	--	--	--
13	27-Aug	--	--	--	--	--	7.85	28.1	7.6	340	--
14	28-Aug	--	--	--	--	--	7.81	28.4	7.5	330	--
15	29-Aug	--	--	--	3,508	3,332	--	--	7.9	350	100
16	30-Aug	--	--	--	--	--	7.85	28.5	7.9	--	--
17	31-Aug	--	--	--	--	--	7.90	28.7	7.9	--	--

ตารางที่ ก2-3 ข้อมูลดิบของการทดลองย่อยที่ 2.3

DAY	DATE	TOC		SS		VSS REACTOR	pH	TEMP.	DO	V30	SVI
		INFLUENT	REACTOR	INFLUENT	REACTOR						
	1-Sep	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1	2-Sep	--	20.53	--	1,650	1,402	7.95	28.7	7.9	95	58
2	3-Sep	619	21.51	86	1,576	1,260	8.00	27.1	7.7	70	44
3	4-Sep	--	--	--	1,453	1,307	--	--	--	--	--
4	5-Sep	613	23.72	32	1,385	1,243	8.10	28.5	7.8	60	43
5	6-Sep	608	21.50	88	1,702	1,445	8.10	28.1	7.8	60	35
6	7-Sep	--	--	--	1,550	--	8.10	27.6	7.9	70	45
7	8-Sep	--	--	64	1,460	1,320	--	--	--	--	--
8	9-Sep	605	22.12	--	--	--	8.10	27.3	7.9	--	--
9	10-Sep	--	--	73	1,521	1,375	7.95	27.1	7.9	--	--
10	11-Sep	611	22.58	--	--	--	7.93	27.3	7.9	--	--

## ประวัติผู้เขียน

นายธีระพงษ์ วงศ์รัตนานนท์ เกิดวันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2509 ที่อำเภอเมือง จังหวัดเลย สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2537