0058-32860

การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Preliminary Feasibility Study of Huachiew Chalermprakiet University Wastewater Treatment System

นุชนาถ แช่มช้อย
คเชนท์ พิทักษ์คีรี

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ปีการศึกษา 2544

ชื่อเรื่อง การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ผู้วิจัย นางสาวนุชนาถ แซ่มช้อย
นายคเชนท์ พิทักษ์คีรี

สถาบัน มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีที่พิมพ์ 2546

สถานที่พิมพ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

แหล่งที่เก็บรายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

จำนวนหน้างานวิจัย 154 หน้า **คำสำคัญ** ความเหมาะสมเบื้องต้น, ระบบบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยทำการเก็บข้อมูลลักษณะน้ำเสียในปัจจุบัน เพื่อคาดการณ์ลักษณะน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แล้วทำการออกแบบและคัดเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม

ผลจากการวิจัย พบว่า อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเสียและน้ำฝนที่วัดได้ เท่ากับ 11.89 และ 65.40 ลบ.ม./ชม. ตัวอย่างเฉพาะที่เก็บบริเวณต้นน้ำ มีค่า DO และ BOD_5 เฉลี่ย เท่ากับ 3.92 และ 101.20 มก./ล. ส่วนบริเวณท้ายน้ำ มีค่า DO และ BOD_5 เฉลี่ย เท่ากับ 3.39 และ 113.21 มก./ล. ตามลำดับ ตัวอย่างรวม มีค่า BOD_5 และ SS เฉลี่ย 58.2 และ 35.3 มก./ล. ตามลำดับ โดยในอนาคตจะมีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นเท่ากับ 67.32 ลบ.ม./ชม. มีค่า BOD_5 เท่ากับ 90 มก./ล. ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ (Sequencing Batch Reactor, SBR)

Research Title Preliminary Feasibility Study of Huachiew Chalermprakiet University Wastewater Treatment System

Researchers Miss Nutchanat Chamchoi

Mr. Kachen Pithakkeree

Institution Huachiew Chalermprakiet University

Year of Publication 2003

Publisher Huachiew Chalermprakiet University

Sources Huachiew Chalermprakiet University

No. of Pages 154 pages

Keywords Preliminary Feasibility, Wastewater Treatment System

Copyright Huachiew Chalermprakiet University

ABSTRACT

This report on Preliminary Feasibility Study of Huachiew Chalermprakiet University Wastewater Treatment System is an applied research. The purpose was study the preliminary feasibility of wastewater treatment system for Huachiew Chalermprakiet University. Collecting of exiting wastewater characteristic data for predicting the trend of it in the future is the first stage of methodology. Design and selecting the suitable wastewater treatment system are the next stage consequently.

Results showed that the average flow of wastewater and storm water are 11.89 and 65.40 m^3/hr. Grab samples from upstream have the average dissolved oxygen value (DO) and biochemical oxygen demand on the fifth day values (BOD_5) of 3.92 and 101.20 mg/l. Furthermore, at the downstream, it has DO and BOD_5 values of 3.39 and 113.21 mg/l consequently. Composite samples have the average BOD_5 and SS values of 58.2 and 35.3 mg/l consequently. The estimated quantity of wastewater which would be generated in the future is 67.32 m^3/hr, BOD_5 90 mg/l. Then the suitable wastewater treatment system for Huachiew Chalermprakiet University is the Sequencing Batch Reactor or SBR.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่สนับสนุนด้านงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสีย การออกแบบขั้นขบวนการ การประมาณราคาค่าก่อสร้าง รวมทั้งการตรวจทานแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณ นายอัครบัณฑิต อัครสุขบุตร วิศวกรสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยนี้เป็นอย่างสูง ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำตลอดมาจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

นุชนาถ แซ่มช้อย

คเชนท์ พิทักษ์คีรี

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญรูปภาพ		ซ
บทที่ 1	บทนำ	
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	นิยามตัวแปร	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3	ระเบียบวิธีวิจัย	
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	25
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	25
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	28
	การวิเคราะห์ข้อมูล	36
บทที่ 4	ผลการวิจัย	
	ผลการศึกษาข้อมูลระบบท่อระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน	39
	ผลการศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ	63
	ผลการศึกษาข้อมูลสำหรับการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของ ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ	71
บทที่ 5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
	สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	83
	ข้อเสนอแนะ	137

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	138
ภาคผนวก	
ก ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม SPSS	142
ข ประวัติผู้วิจัย	153

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

3 – 1 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเสียชุมชน 32

3 – 2 ช่วงเวลาการวัดอัตราการไหลและการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย (จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1) 33

3 – 3 พารามิเตอร์ที่จะทำการวัดและวิธีการวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างเฉพาะ (Grab sample) 34

3 – 4 พารามิเตอร์ที่จะทำการวัดและวิธีการวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างรวม (Composite sample) 34

4 – 1 ค่าระดับจากการสำรวจภาคสนาม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 40

4 – 2 พื้นที่ใช้สอยของแต่ละอาคารในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 60

4 – 3 สรุปรายละเอียดปริมาณการใช้น้ำประปาของ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (บางพลี) 62

4 – 4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติตัวอย่างน้ำเสียรวม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 64

4 – 5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติตัวอย่างน้ำเสียเฉพาะ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 65

4 – 6 ผลการวัดอัตราการไหลของน้ำเสียครั้งที่ 1 บริเวณจุดเก็บน้ำหลังอาคารโภชนาการ 69

4 – 7 ผลการวัดอัตราการไหลของน้ำเสียครั้งที่ 2 บริเวณจุดเก็บน้ำหลังอาคารโภชนาการ 70

4 – 8 การพยากรณ์จำนวนประชากรในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (อัตราการเพิ่ม, %) 72

4 – 9 การพยากรณ์จำนวนประชากรในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (จำนวนประชากรพยากรณ์) 73

4 – 10 การพยากรณ์จำนวนประชากรและปริมาณน้ำใช้ใน มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 75

4 – 11 ลักษณะน้ำเสียจากงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง 77

4 – 12 ค่าสมมูลย์ประชากรของน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4 – 13	ทางเลือกและระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนต่าง ๆ	80
4 – 14	ข้อกำหนดในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย	81
4 – 15	ค่าสัมประสิทธิ์จลน์ (Kinetic Coefficients) ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมดา (Conventional Activated Sludge Process) จากการทบทวนเอกสาร	82
5 – 1	ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้าง Log-Probability Curve	93
5 – 2	การพยากรณ์ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอนาคตแต่ละอาคารของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	128
5 – 3	รายการคำนวณขนาดท่อระบายน้ำเสียที่เหมาะสมโดยโปรแกรมสำเร็จรูป	130
5 – 4	ราคาค่าก่อสร้างส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก	134
5 – 5	การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก	136

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่

3 – 1	จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย	30
4 – 1	จุดวัดระดับจากการสำรวจภาคสนาม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	42
4 – 2	ตำแหน่งของแนวท่อขนาดต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	43
4 – 3	ตำแหน่งของบ่อพักและถังเกรอะ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	46
5 – 1	ทิศทางการไหลของน้ำเสียและน้ำฝนในท่อระบายน้ำในปัจจุบันของ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	87
5 – 2	การแปรผันของอัตราการไหลของน้ำเสียในการวัด ครั้งที่ 1	90
5 – 3	การแปรผันของอัตราการไหลของน้ำเสียในการวัด ครั้งที่ 2	91
5 – 4	Log-Probability Curve ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	94
5 – 5	การพยากรณ์ประชากรในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	97
5 – 6	ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix Activated Sludge : CMAS)	105
5 – 7	ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor : SBR)	115
5 – 8	ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD)	121
5 – 9	ผลการวิเคราะห์ท่อระบายน้ำเสียมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	129

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติเป็นสถาบันการศึกษาระดับสูงที่ประกอบไปด้วยบุคลากร นักวิชาการ และนักศึกษาเป็นจำนวนมาก โดยในปัจจุบันมีจำนวนนักศึกษาทั้งหมด 6,806 คน (มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สำนักทะเบียนและประมวลผล. 2543) จำนวนบุคลากรทั้งหมด 663 คน (มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. กองบุคลากร. 2543) ซึ่งการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน การวิจัย และอื่น ๆ จะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณ 60-80 % ของปริมาณน้ำใช้ (Metcalf and Eddy. 1991 : 25) โดยมาจากห้องปฏิบัติการ อาคารเรียน โรงอาหาร หอพัก และน้ำเสียจากท่อระบายน้ำฝน

การแก้ไขปัญหาน้ำเสียของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติในปัจจุบันดำเนินการโดยใช้ถังเกรอะ (Septic Tank) บำบัดน้ำเสียจากอาคารต่าง ๆ ใช้ถังดักไขมันบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร และน้ำเสียส่วนอื่นจะปล่อยให้ไหลล้นไปยังคลองเปิดด้านหน้าและหลังมหาวิทยาลัยฯ เป็นเหตุให้คลองทั้งสองแห่งมีสีดำ เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคและแลดูน่ารังเกียจ จากการตรวจวัดลักษณะน้ำเสียจากหอพักนักศึกษาพบว่า ค่าบีโอดี (BOD) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้บอกถึงปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำ มีค่า 74 มิลลิกรัมต่อลิตร (มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม. 2542) เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของอาคารประเภท ก ที่กำหนดไว้ว่าค่าบีโอดีจะต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2541) จะเห็นว่ายังคงเกินมาตรฐานอยู่ จากสภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ไม่สามารถรองรับน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ทั้งหมด รวมทั้งในอนาคตจำนวนประชากรภายในมหาวิทยาลัยฯ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อันจะส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้นจนทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียอย่างรุนแรงได้

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยประเด็นสำคัญที่จะทำการศึกษาคือ ปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน แล้วคาดการณ์ปริมาณน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จากนั้นจึงออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป ซึ่งผลการศึกษาที่ได้นี้จะเป็นแนวทางให้แก่มหาวิทยาลัยฯ ในการวางแผนจัดการกับปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้มหาวิทยาลัยฯ ได้ตระหนักถึงปัญหาและความจำเป็นของการมีระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้มาตรฐาน

และมีประสิทธิภาพ อันจะทำให้ก้าวสู่การเป็นศูนย์กลางทางการศึกษาอย่างเต็มภาคภูมิและเป็นตัวอย่างที่ดีแก่ชุมชนในด้านการรักษาสภาพแวดล้อมของประเทศต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยตามโครงการนี้มีเป้าหมายหลักที่จะศึกษาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียในมหาวิทยาลัยฯ ที่สามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอย่างได้ผล และมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ
2. เพื่อออกแบบเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมให้เป็นทางเลือกของมหาวิทยาลัยฯ
3. เพื่อประเมินราคาเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก
4. เพื่อเสนอแนะรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมแก่มหาวิทยาลัยฯ

ขอบเขตของการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา ภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
2. การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสีย แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ

2.1 ศึกษาและสำรวจระบบท่อระบายน้ำ และระบบการกำจัดน้ำเสียในปัจจุบัน

2.2 ศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 3 จุด โดย

- ทำการเก็บตัวอย่างและวัดอัตราการไหลของน้ำเสีย 2 ครั้ง ในช่วงฤดูที่แตกต่างกัน คือ ช่วงฤดูหนาว-แล้ง และฤดูฝน และนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

2.2.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

2.2.2 บีโอดีที่เวลา 5 วัน (BOD_5)

2.2.3 ซีโอดี (COD)

2.2.4 แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

2.2.5 ไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N)

2.2.6 เจดาห์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

2.2.7 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus, TP)

2.2.8 ฟอสเฟต (PO_4^{3-})

2.2.9 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)

2.2.10 พีเอช (pH)

2.2.11 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform)

2.2.12 ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform)

2.3 ศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ โดยทำการศึกษาในหัวข้อดังนี้

2.3.1 ประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2.3.2 ออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

2.3.3 ประเมินราคาระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

2.3.4 เสนอรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมแก่มหาวิทยาลัยฯ

นิยามตัวแปร

1. การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสีย (Preliminary Feasibility Study Of Wastewater Treatment System) หมายถึง การศึกษาเพื่อประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสีย ออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย ประเมินราคาระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก และเสนอรูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม

2. เกณฑ์กำหนด (Criteria) หมายถึง เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการหนึ่ง ในที่นี้เป็นเกณฑ์กำหนดสำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

3. ตัวอย่างแบบจ้วง/ตัวอย่างเฉพาะ (Grab Sample) หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บเป็นครั้งโดยไม่คำนึงเรื่องเวลา และอัตราการไหล

4. ตัวอย่างแบบผสมรวม/ตัวอย่างรวม (Composite Sample) หมายถึง ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บมาตามช่วงเวลาที่กำหนด ในที่นี้ จะเก็บทุก ๆ 2 ชั่วโมง ใน 1 วัน แล้วนำมาผสมกันก่อนวิเคราะห์ เพื่อกำจัดผลกระทบจากตัวแปรต่าง ๆ ของตัวอย่างน้ำแต่ละตัวอย่างให้มีน้อยที่สุด

5. น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่ไม่ต้องการ หรือน้ำใช้แล้วและระบายทิ้ง; น้ำใช้แล้วจากชุมชน อาจประกอบด้วยสิ่งปะปนที่ติดมาจากกิจกรรมจากที่อยู่อาศัย ธุรกิจ โรงงานอุตสาหกรรมและสถาบันต่าง ๆ รวมกับน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน น้ำฝน

6. น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่ได้จากที่อยู่อาศัย อาคารธุรกิจ สถาบัน และอื่น ๆ อาจรวมหรือไม่รวมน้ำบาดาล น้ำผิวดิน น้ำฝนที่รั่วซึมเข้ามาในท่อระบาย เรียกอีกอย่างว่า Sanity Wastewater

7. บ่อเกรอะ/ถังเกรอะ (Septic Tank) หมายถึง บ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

8. สลัดจ์ (Sludge) หมายถึง ของแข็งที่แยกออกจากน้ำหรือน้ำเสีย และจมสะสมตัวอยู่เบื้องล่าง; ของแข็งซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการบำบัดโดยวิธีการทางเคมีและตกตะกอน; กลุ่มจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของมหาวิทยาลัยฯ
2. สามารถเสนอประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯได้
3. เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบและก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยฯ ในอนาคต

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การกำจัดน้ำเสีย

ศุภฤกษ์ สินสุพรรณ (2534 : 13-27) กล่าวว่า การจัดการน้ำเสียแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

(1) งานรวบรวมน้ำเสีย (Collection Work) ซึ่งเป็นการนำน้ำที่ใช้แล้วผ่านท่อระบายน้ำนำไปทิ้ง (Disposal) หรือนำไปยังโรงบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Plant) เพื่อลดความสกปรกก่อนนำไปทิ้ง

(2) งานบำบัดน้ำเสีย (Treatment Work) เป็นการบำบัดน้ำเสียก่อนนำไปทิ้งหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และเนื่องจากในน้ำเสียประกอบด้วยส่วนที่ละลายน้ำและส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งสามารถเปลี่ยนให้ไปอยู่ในรูปของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำกลายเป็นตะกอนได้ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงรวมไปถึงการบำบัดตะกอนด้วย

(3) งานกำจัดน้ำเสีย (Disposal Work) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะต้องปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ หรือทิ้งบนพื้นดินหรือใต้ดินต่อไป

เสริมพล รัตสุข (2524 : 34) กล่าวว่าสิ่งสกปรกในน้ำทิ้งประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในรูปที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment) จึงประกอบด้วยขบวนการต่าง ๆ หลายขบวนการรวมกัน ซึ่งสามารถจัดแบ่งออกได้เป็น 4 ขบวนการใหญ่ ๆ คือ

(1) ขบวนการทางฟิสิกส์ (Physical Process) ใช้กำจัดของแข็งอินทรีย์และของแข็งอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ การดักด้วยตะแกรง (Screening) การกวาด (Skimming) การทำให้ลอย (Floatation) การตกตะกอน (Sedimentation) การแยกด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugation) การกรอง (Filtration)

(2) ขบวนการทางเคมี (Chemical Process) ใช้กำจัดสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ ได้แก่ การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การทำให้เกิดตะกอน (Precipitation) ขบวนการโคแอกกูเลชั่น (Coagulation)

(3) ขบวนการทางชีววิทยา (Biological Process) ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ขบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) ได้แก่ Oxidation Pond, Aerated Lagoon, Activated Sludge, Trickling Filter, Biological Disc Filter และขบวนการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) ได้แก่ Anaerobic Lagoon, Anaerobic Digestion, Anaerobic Contact, Anaerobic Filters

(4) ขบวนการทางฟิสิกัลเคมี (Physical-Chemical Process) ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียซึ่งมีขนาดเล็กมากจนขบวนการทั้ง 3 ขบวนการข้างต้นไม่สามารถกำจัดออกได้ ตัวอย่างเช่น การดูดซึมด้วยถ่านกัมมันต์ (Carbon Adsorption) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) ออสโมซีสย้อนกลับ (Reverse Osmosis) เป็นต้น

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2534 : 4-11); ศุภฤกษ์ สินสุพรรณ (2534 : 13-27) กล่าวว่าการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปสามารถแยกออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้

(1) การบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment) เป็นการปรับปรุงสภาพของน้ำทิ้งให้เหมาะกับการบำบัด โดยอาศัยขบวนการทางกายภาพ เช่น การแยกสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่โดยใช้ตะแกรง (Screening) การควบคุมอัตราการไหล (Equalization) การแยกไขมันและน้ำมัน เป็นต้น

(2) การบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) เป็นการแยกของแข็งอินทรีย์และของแข็งอนินทรีย์ที่สามารถตกตะกอนได้ให้แยกตัวออกจากน้ำโดยการใช้การตกตะกอนในถังตกตะกอน ซึ่งถ้าเป็นการแยกของแข็งอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้จะเรียกถังตกตะกอนนี้ว่า ถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Clarification) ส่วนการแยกของแข็งอนินทรีย์ที่สามารถตกตะกอนได้ (กรวด ทราย ฯ) จะเรียกถังตกตะกอนนี้ว่า ถังกำจัดกรวดทราย (Grit Chamber)

(3) การบำบัดขั้นที่ 2 (Secondary Treatment) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดก่อนขั้นต้น และระบบบำบัดขั้นต้นแล้ว จะยังเหลือความสกปรกอยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนสารอินทรีย์ละลายน้ำนั้น ให้กลายเป็นเซลล์จุลชีพซึ่งสามารถตกตะกอนได้ จากนั้นจึงนำเซลล์จุลชีพดังกล่าวไปตกตะกอนในถังตกตะกอนขั้นที่ 2 (Secondary Clarification) ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้จึงต้องอาศัยกระบวนการทางชีวภาพเป็นหลัก เช่น ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) เป็นต้น

การบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 นี้จะเรียกว่าเป็นการบำบัดน้ำเสียแบบทั่วไป (Conventional) ที่ต้องดำเนินการร่วมกันตามลำดับ เพื่อทำหน้าที่ในการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากน้ำเสียก่อนนำไปกำจัดต่อไป

(4) การบำบัดขั้นสุดท้าย หรือการบำบัดขั้นที่ 3 (Tertiary or Advance Treatment) น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการบำบัดในขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 มาแล้วมีความสกปรกต่ำสามารถระบายลงแหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ อย่างไรก็ตามหากน้ำเสียนั้นยังมีสารที่ก่อให้เกิดอันตราย หรือต้องการลดความสกปรกให้น้อยลงไปอีก หรือต้องการนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์ต่อทันทีต้องมีการบำบัดต่ออีกขั้นหนึ่ง ซึ่งเป็นการกำจัดขั้นสุดท้าย โดยมุ่งที่จะกำจัดสารต่อไปนี้ออกจากน้ำเสีย

- สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพไม่ได้
- สารเร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำ (N, P)
- สี
- กลิ่น
- โลหะต่าง ๆ
- ของแข็งแขวนลอยที่ทำให้เกิดความขุ่น

การบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนนี้จะอาศัยขบวนการทางกายภาพ ขบวนการทางเคมี ขบวนการทางชีวภาพ และขบวนการทางกายภาพ-เคมี ร่วมกัน

คาซิม (Qasim. 1985 : 73-80) กล่าวว่าการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ปฏิบัติการหน่วย (Unit Operation) และขบวนการหน่วย (Unit Process) โดยปฏิบัติการหน่วยเป็นการกำจัดหรือบำบัดสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำเสียโดยแรงทางกายภาพ หรือเป็นขบวนการบำบัดทางกายภาพนั่นเอง ในขณะที่ขบวนการหน่วยการบำบัดหรือกำจัดจะเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาทางเคมีและปฏิกิริยาทางชีวภาพเป็นหลัก ซึ่งในการบำบัดน้ำเสียจะต้องใช้ทั้ง 2 ขบวนการร่วมกัน

2.1.2 ระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในประเทศไทย

การบำบัดน้ำเสียแบบทั่วไป (Conventional) จะอาศัยขั้นตอนในการบำบัดก่อนขั้นต้น การบำบัดขั้นต้น และการบำบัดขั้นที่ 2 ร่วมกันตามลำดับ ซึ่งการบำบัดในขั้นตอนก่อนขั้นต้น และการบำบัดขั้นต้นจะใช้ปฏิบัติการหน่วย (Unit Operation) ที่ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การบำบัดขั้นที่ 2 ที่เป็นการบำบัดทางชีวภาพนั้นสามารถใช้ขบวนการแบบต่าง ๆ ได้มากมาย ดังนั้นในการกล่าวถึงชนิดของระบบบำบัดที่ใช้งานจึงนิยมเรียกตามชนิดของขบวนการบำบัดทางชีวภาพ

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2542 : 34-39) กล่าวว่าวิวัฒนาการของระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศไทยมีมาประมาณ 50 ปี โดยเริ่มตั้งแต่การใช้บ่อเกรอะบ่อซึมในการบำบัดน้ำโสโครกจากบ้านเรือนในชุมชน อาคารและอาคารพาณิชย์ ซึ่งในปัจจุบันในอาคารขนาดใหญ่ได้มีการใช้ระบบ

เติมอากาศที่มีการผลิตเป็นแบบสำเร็จรูป (Package) ต่อมาเมื่อประเทศได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมมากขึ้น น้ำทิ้งจากกิจกรรมอุตสาหกรรมก็ยังคงใช้หลักการของบ่อเกรอะบ่อซึม โดยการขุดเป็นบ่อขนาดใหญ่ที่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้หลายสิบวันจำนวนหลายบ่อ ทำให้เกิดการย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ซึ่งในช่วง 15-20 ปีที่แล้วที่ดินยังมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย จึงนิยมใช้ระบบบ่อซึ่งไม่ต้องดูแลมาก สำหรับน้ำทิ้งจากการเกษตร ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการกำจัดหรือการจัดการมากนัก ต่อมาเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2520 ที่ดินเริ่มมีราคาสูงขึ้นจึงได้เริ่มมีการนำระบบบำบัดที่ใช้เครื่องจักรกลมากขึ้นและใช้พื้นที่น้อยลงเข้ามาใช้งาน โดยเริ่มตั้งแต่ ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ต่อมาเป็นระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งใช้เนื้อที่น้อยที่สุดในขณะนั้นทำให้เป็นที่นิยมใช้กันมาก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่ใกล้เคียงหรือต่ำกว่าระบบตะกอนเร่ง รวมทั้งระบบแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระตามหลักการของถังเกรอะที่เรียกว่า ถังหมักเข้ามาแทนที่บ่อหมัก โดยสามารถนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ด้วย ซึ่งมีทั้งระบบ Anaerobic Digester (Conventional), Anaerobic AS Digester, Anaerobic Filter และล่าสุดคือ ระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ส่วนระบบแบบที่ใช้ออกซิเจนอิสระก็มีระบบ Trickling Filter, Oxidation Ditch, Rotating Biological Contractor (RBC) ระบบบำบัดดังกล่าวเหล่านี้นับวันจะได้รับการยอมรับและใช้กันมากขึ้นด้วยเหตุผลคือ ที่ดินมีราคาแพงขึ้นและหาได้ยากมากขึ้น

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2538 : 5-10) กล่าวว่าจากการสำรวจข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมตามลุ่มน้ำสายต่าง ๆ ประมาณ 1,000 แห่ง ในปี พ.ศ. 2529 พบว่าประมาณ 50% มีการใช้ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond, OP) ทั้งนี้เพราะโรงงานเหล่านี้อยู่ในเขตชนบทพอจะหาที่ขนาดใหญ่ได้ รองลงไป 8.5% เป็นระบบตะกอนเร่ง (Conventional Activated Sludge, CAS) รองลงไปอีก 8.3% เป็นระบบตกตะกอนทางเคมี (Physical and Chemical Treatment, PCT) ซึ่งได้แก่การกำจัดสารโลหะหนัก หรือเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ ระบบอื่นๆ ก็ได้รับความนิยมลดหลั่นกันไปตามลำดับคือ ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) บ่อกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) บ่อเกรอะบ่อซึม (Septic Tank, ST) และคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ตามลำดับ อย่างไรก็ดีอัตราส่วนเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงได้หากมีการสำรวจอีกครั้ง

2.1.3 การวางโครงการระบบบำบัดน้ำเสีย

ธิติ เชี่ยวชาญวิทย์ (2542 : 19-23) กล่าวว่าการวางโครงการระบบบำบัดน้ำเสียมีขั้นตอน ดังนี้

(1) สำรวจและศึกษาความเป็นไปได้ (Survey and Feasibility Study)

- การเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำ กระบวนการ ตรวจลักษณะแหล่งน้ำ ตรวจลักษณะน้ำทิ้ง ศึกษาการทำงานของจุดใช้น้ำ ตั้งเงื่อนไขที่ต้องการ

- วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหา แหล่งของสิ่งเจือปนที่ต้องการกำจัด การแยกน้ำทิ้งที่ต้องการบำบัดออกจากน้ำทิ้งในส่วนที่เจือจาง คุณภาพน้ำทิ้ง ต้องการการบำบัดน้ำทิ้งหรือไม่

- การลดปัญหาลงให้น้อยที่สุด เช่น ลดปริมาณน้ำทิ้ง ตรวจสอบระดับการบำบัดที่ต้องการ ประเมินอีกครั้งว่าต้องการการบำบัดหรือไม่

- รายงานโดยละเอียดของการสำรวจทางวิศวกรรม เช่น แนวทางปฏิบัติเบื้องต้น ให้คำปรึกษาว่าโรงบำบัดน้ำเสียมีความจำเป็นหรือไม่ อธิบายประเภทของโรงบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ จัดเตรียมการประมาณราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้น จัดเตรียมการประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเบื้องต้น

(2) การออกแบบทางวิศวกรรมขั้นละเอียด (Detail Engineering Design)

- การออกแบบกระบวนการ และการประเมินในด้านการติดต่อและวางบุคลากรทางวิศวกรรมที่ต้องการ การประเมินข้อมูลในระดับห้องทดลองและระดับโรงงานต้นแบบ (Lab-Scale Test and Pilot-Scale Test) จัดผังกระบวนการและข้อกำหนดในการทำงาน เตรียมแผนแสดงแบบร่าง รวบรวมรายงานทางวิศวกรรม เข้ารับการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- งานด้านวิศวกรรมในส่วนเฉพาะ เป็นการจัดเตรียมผังกระบวนการ (Flow Diagram) การรับรองการออกแบบ การออกแบบส่วนเฉพาะ การรับรองขั้นสุดท้าย การอนุญาตจากหน่วยงานที่ควบคุม

(3) การก่อสร้างและเริ่มเดินโรงงานบำบัดน้ำเสีย (Construction and Startup)

- การจัดหาและวางตารางเวลา จัดเตรียมรายละเอียดของอุปกรณ์ ตารางเวลาเบื้องต้น การจัดส่งอุปกรณ์และการติดตั้ง บริหารโครงการ ประสานงานและตรวจสอบการทำงานของผู้ติดตั้ง

- การติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบ การวางแผนให้คำปรึกษา ประสานงานการติดตั้ง การทดสอบแต่ละหน่วย ตรวจสอบ ปรับ และตั้งเครื่องวัดเครื่องควบคุม

- การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงาน : การเตรียมคู่มือปฏิบัติงาน คู่มือซ่อมและบำรุงรักษา การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงาน

- เริ่มเดินอุปกรณ์บำบัดน้ำเสีย

มอนท์โกเมอรี่ (Montgomery. 1985 : 1-3) กล่าวว่าการแก้ปัญหาน้ำเสียเกี่ยวข้องอยู่กับการดำเนินการ 5 ขั้นตอนดังนี้

(1) การตรวจสอบลักษณะของแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำหลังการบำบัดที่ต้องการ และข้อกำหนดคุณภาพน้ำตามกฎหมาย

(2) การออกแบบเบื้องต้น รวมทั้งการเลือกขบวนการในการบำบัดน้ำเสีย

(3) การออกแบบรายละเอียด (Detail Engineering Design) ขบวนการที่เลือก

(4) การก่อสร้าง

(5) การดำเนินการและบำรุงรักษา

ไวท์ (White. 1978 : 298-300) กล่าวว่าการออกแบบงานด้านการบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ

(1) การออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมในการดำเนินการหรือไม่ และเพื่อประเมินราคาเบื้องต้น อันจะทำให้เจ้าของโครงการตัดสินใจได้ว่าจะดำเนินการต่อไปหรือไม่

(2) การออกแบบเพื่อทำสัญญาก่อสร้าง (Contract Design) ในขั้นตอนนี้จะเตรียมแบบรายละเอียด ข้อกำหนดต่าง ๆ และบัญชีรายการประมาณราคาค่าก่อสร้าง เพื่อใช้ในการประมูลงานก่อสร้าง

(3) การปรับปรุงและแก้ไขในระหว่างการก่อสร้าง (Modification during Construction) ในระหว่างการก่อสร้างอาจต้องมีการออกแบบใหม่บางส่วน นอกจากนี้ยังต้องจัดทำแบบที่ก่อสร้าง (As-Built Drawing) แผนผังของระบบควบคุมต่าง ๆ เป็นต้น

เมทคาล์ฟ และเอ็ดดี้ (Metcalf and Eddy. 1991 : 137-142) กล่าวว่า การดำเนินโครงการบำบัดน้ำเสียประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

(1) การวางแผนโครงการ (Facility Planing) เป็นการจัดเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ การเงิน และสิ่งแวดล้อม โดยขอบเขตของการวางแผนโครงการประกอบด้วย

1.1 การกำหนดหรือชี้ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.2 การกำหนดช่วงเวลาในการออกแบบ

1.3 การกำหนดทางเลือกของระบบบำบัด และกำจัดน้ำเสีย

1.4 เลือกระบบที่ใช้งาน

1.5 วางแผนผังการทำงาน และการเงินในการออกแบบและก่อสร้าง

(2) การออกแบบ ประกอบด้วยการออกแบบขั้นขบวนการ (Conceptual or Process Design) การออกแบบเบื้องต้น การศึกษาพิเศษ (การสำรวจในภาคสนาม การทดลอง การทดสอบเพื่อพัฒนาเกณฑ์การออกแบบ) และการออกแบบขั้นสุดท้าย (การออกแบบรายละเอียด ข้อกำหนด และเอกสารการประมูลโครงการ)

(3) วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) วัตถุประสงค์ของวิศวกรรมคุณค่าคือ การวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งโครงการที่ดีที่สุดมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยไม่ลดคุณภาพหรือความน่าเชื่อถือของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคต่างๆ ในการกำหนดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นในโครงการ

(4) การก่อสร้าง (Construction)

(5) การเริ่มเดินระบบ และการดำเนินการ (Startup and Operation) ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานด้านต่าง ๆ คือ

5.1 การจัดหา ดำเนินการ และบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ

5.2 การจัดการค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา

5.3 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถดำเนินการและให้บริการได้อย่างเหมาะสม

5.4 การฝึกอบรมพนักงาน

สุเมธ ชวเดช (2535 : 238-257) กล่าวว่าการพิจารณาเพื่อคัดเลือกและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียมีขั้นตอนที่ควรดำเนินการดังนี้

(1) การสำรวจภายในโรงงาน (In-Plant Survey) ศึกษาวัตถุดิบ น้ำใช้ ผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการบำบัดและระบบรวบรวมน้ำเสียในปัจจุบัน

(2) การสำรวจน้ำเสีย ทำการวัดปริมาณน้ำเสีย และเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีต่าง ๆ

(3) การประเมินประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียในกรณีที่มีระบบบำบัดน้ำเสียเดิมอยู่แล้ว โดยต้องประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน และประเมินผลกระทบของการทิ้งน้ำลงในแหล่งน้ำสาธารณะ

(4) การปรับปรุงภายในโรงงาน โดยทำการปรับปรุงขบวนการต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณน้ำเสีย

(5) การคัดเลือกขบวนการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

5.1 คุณภาพน้ำทิ้ง (Effluent Quality)

5.2 ความน่าเชื่อถือของเทคโนโลยีและอุปกรณ์

5.3 พื้นที่ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

5.4 ความยากง่าย และปัญหาในการควบคุมดูแล

5.5 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และพลังงาน

5.6 สามารถปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงได้

5.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

5.8 การเงิน

(6) การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

6.1 การออกแบบขั้นขบวนการ (Process Design) โดยกำหนดลักษณะสมบัติและปริมาณน้ำเสีย การคำนวณ ข้อกำหนดในการออกแบบ และอาจต้องศึกษาในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot Plant Study) ในกรณีที่ข้อมูลในการออกแบบไม่แน่ชัด

6.2 การออกแบบทางเครื่องกล (Mechanical Design) เป็นการออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ทางเครื่องกล

6.3 การออกแบบโครงสร้าง (Structural Design)

6.4 การออกแบบทางไฟฟ้า

(7) การควบคุมงานก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

(8) การเดินระบบครั้งแรก

(9) การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2536) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเมืองเชียงราย พบว่าน้ำเสียที่ปล่อยจากแหล่งชุมชนในเขตเทศบาลเมืองเชียงรายมีค่า BOD ต่ำ (BOD เฉลี่ย 50 มก./ลิตร) อย่างไรก็ตามในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียได้เลือกใช้ค่าอัตราการปล่อยน้ำเสีย 250 ลิตร/(คน-วัน) BOD เฉลี่ยของน้ำเสีย 90 มก./ลิตร และสมมูลย์ประชากร 22.5 กรัม/คน-วัน เป็นเกณฑ์ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย โดยทำการออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย 3 ระบบคือ

- ระบบบ่อผึ่ง (Facultative Pond, FP) ในการออกแบบ ใช้ค่า BOD Loading Rate 120 กก./(เฮกตาร์-วัน) ต้องการพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมด 100 ไร่ มีค่าก่อสร้างระบบรวม 17.91 ล้านบาท

ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย 0.64 ล้านบาท/ปี ระบบบำบัดน้ำเสียประกอบไปด้วย บ่อผึ่งและบ่อฆ่าเชื้อโรคทำงานขนานกัน แต่ละชุดมีบ่อรวม 3-4 บ่อ ต่อกันแบบอนุกรม โดยแยกท่อน้ำเข้า/ออกจากกัน ทั้งนี้น้ำเสียจะผ่านการบำบัดขั้นต้นคือ การแยกด้วยตะแกรง การตกตะกอนทราย ก่อนถูกสูบเข้าสู่ถังกระจายน้ำ ซึ่งจะแยกไปสู่บ่อชุดต่าง ๆ ต่อไป

- ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ระบบมี 2 ชุด ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศลึก 3 ม. จำนวน 1 บ่อ และบ่อตกตะกอนลึก 2 ม. จำนวน 1 บ่อ น้ำที่ล้นจากบ่อตกตะกอนจะไปยังระบบเติมคลอรีน และอยู่ในถังฆ่าเชื้อโรคระยะหนึ่งก่อนปล่อยออกสู่แม่น้ำกก ใช้เนื้อที่รวม 33 ไร่ น้ำเสียจะผ่านการบำบัดขั้นต้นคือ การแยกด้วยตะแกรง การตกตะกอนทราย ก่อนถูกสูบเข้าสู่ถังกระจายน้ำ ซึ่งจะแยกไปสู่บ่อบำบัดทั้ง 2 ชุดต่อไป ประมาณการค่าก่อสร้าง 17.5 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย 3.90 ล้านบาท/ปี

- ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge, AS) ใช้พื้นที่ในการก่อสร้าง 3 ไร่ น้ำเสียที่สูบเข้าระบบจะผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยแยกด้วยตะแกรงและตกตะกอนทราย ก่อนสูบเข้าระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งมี 2 ชุดขนานกัน ระบบประกอบด้วย ถังเติมอากาศ ถังกระจายน้ำ ถังตกตะกอน และชุดเติมคลอรีนพร้อมถังฆ่าเชื้อโรค ก่อนปล่อยทิ้งลงแม่น้ำกก สำหรับตะกอนส่วนเกินจะบำบัดโดยใช้การหมักแบบไร้ออกซิเจน และแยกตะกอนให้แห้งโดยใช้ Belt Press ประมาณค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง 41.06 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย 2.51 ล้านบาท/ปี

จากการศึกษาเปรียบเทียบแนวทางเลือกที่เหมาะสมคือ ใช้ระบบบ่อผึ่งในช่วงแรก โดยในอนาคตถ้าน้ำเสียมีลักษณะสมบัติที่สูงกว่าค่าที่ประมาณการไว้อาจปรับเปลี่ยนเป็นระบบบ่อเติมอากาศได้

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) ได้ทำการศึกษาโครงการศึกษาความเป็นไปได้ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเมืองเชียงใหม่ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะและปริมาณน้ำเสียที่ประเมินสำหรับปี 2554 ในพื้นที่เทศบาลปัจจุบัน 40 ตร.กม. มีค่า BOD 90 มก./ล. และมีปริมาณ 87,000 ลบ.ม./วัน สำหรับพื้นที่ในเขตเทศบาลที่ขยายเป็น 100 ตร.กม. ในปี 2554 จะมีปริมาณน้ำเสีย 130,000 ลบ.ม./วัน และระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมคือ ระบบศูนย์กลางแบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond, OP) ที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็น AL และแบบ AS ได้ ค่า BOD Load ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเท่ากับ 7,830 กก. BOD/วัน และกำหนดให้ค่า BOD Load ของระบบบำบัดแบบ OP เท่ากับ 19.76 กก. BOD/ไร่-วัน ขนาดที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้างแยกเป็นฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของแม่น้ำปิงคือ 180 ไร่ และ 220 ไร่ตามลำดับ มีงบประมาณค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวม 173 ล้านบาท

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2537) ได้ทำการศึกษาโครงการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบรวบรวมน้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดขยะสุขาภิบาลแม่สาย พบว่า น้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่ไหลผ่านเขตสุขาภิบาลแม่สายมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีและมีคุณภาพใกล้เคียงกันตลอดสาย โดยจัดเป็นแหล่งรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรค และปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน ในส่วนของลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการออกแบบจะใช้ค่า BOD เฉลี่ย 90 มก./ล. ในขณะที่อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยเป็น 250 ลิตร/คน-วัน และทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียมี 3 ระบบคือ

- ระบบบ่อผึ่ง (Facultative Pond) ต้องการพื้นที่รวม 105 ไร่ ระบบมี 2 Line ขนานกัน แต่ละ Line ประกอบด้วยบ่อผึ่งขนาดเท่ากัน 2 บ่อ ปริมาตรรวม 82,000 ลบ.ม. ต่ออนุกรมกัน เป็นบ่อดินลึก 1.8 ม. ผนังดาดคอนกรีต น้ำทิ้งทั้ง 2 Line จะลงสู่บ่อฆ่าเชื้อโรค (Maturation Pond) 1 บ่อ ปริมาตร 36,600 ลบ.ม. ก่อนระบายทิ้งลงคลองชลประทาน มีค่าก่อสร้าง 61.26 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ 0.87 ล้านบาท/ปี

- ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ต้องการพื้นที่รวมประมาณ 31 ไร่ มี 2 Line ขนานกัน แต่ละ Line ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศลึก 3.3 เมตร ผนังดาดคอนกรีต ปริมาตร 29,700 ลบ.ม. มีเครื่องเติมอากาศแบบทุ่นลอย 4 ชุด/บ่อ น้ำทิ้งจากบ่อเติมอากาศจะไหลล้นไปยังบ่อตกตะกอน (Polishing Pond) ลึก 2.4 เมตร ผนังดาดคอนกรีตปริมาตร 15,200 ลบ.ม. น้ำใสจากทั้ง 2 Line จะไหลรวมกันลงสู่บ่อเติมคลอรีนปริมาตร 820 ลบ.ม. โดยมีการเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค มีค่าก่อสร้าง 41.80 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ 2.93 ล้านบาท/ปี

- ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge, AS) ต้องการพื้นที่ประมาณ 4 ไร่ ประกอบด้วยถังเติมอากาศ 2 ถัง ขนานกัน ปริมาตรรวม 2,190 ลบ.ม. มีเครื่องเติมอากาศขนาด 15 แรงม้า 4 ชุด ถังตกตะกอน 4 ถังขนานกัน ปริมาตรรวม 2,890 ลบ.ม. ฆ่าเชื้อโรคโดยการเติมคลอรีน บ่อคลอรีนปริมาตร 820 ลบ.ม. ตะกอนส่วนเกินถูกบำบัดโดยทำให้เข้มข้นด้วย Gravity Thickener ปริมาตร 79 ลบ.ม. ก่อนสูบเข้าสู่ถังหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digester) ชนิด High Rate ปริมาตร 475 ลบ.ม. และแยกตะกอนให้แห้งโดยลานตากตะกอน พื้นที่รวม 420 ตร.ม. มีค่าก่อสร้าง 49.59 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ 2.49 ล้านบาท/ปี

น้ำเสียก่อนที่จะเข้าระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ทางเลือกดังกล่าวจะต้องมีการบำบัดขั้นต้นด้วย ตะแกรง การตกตะกอนทราย ก่อนลงสู่บ่อสูบน้ำเสียต่อไป และจากการเปรียบเทียบพบว่าระบบแบบเลี้ยงตะกอนเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสุขาภิบาลแม่สาย ในขณะที่เสนอให้ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งในช่วงแรก โดยในอนาคตหากน้ำเสียมีลักษณะสมบัติ และปริมาณที่สูงกว่าที่ประเมินไว้ อาจปรับเปลี่ยนเป็นระบบบ่อเติมอากาศได้

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2539) ได้ทำการศึกษาโครงการศึกษาความเป็นไปได้ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดมูลฝอยเทศบาลเมืองอุตรดิตถ์ พบว่าน้ำในแม่น้ำน่านที่ไหลผ่านเขตเทศบาลเมืองอุตรดิตถ์ มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้และมีคุณภาพใกล้เคียงกันตลอดสาย โดยสามารถจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 4 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และนำไปใช้เพื่อการอุตสาหกรรมได้ สำหรับลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ในการออกแบบมีค่า BOD เฉลี่ยเท่ากับ 90 มก./ล. ในขณะที่อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยเป็น 200 ลิตร/คน-วัน สำหรับทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียมีรายละเอียดดังนี้

- ระบบบ่อผึ่ง ในการออกแบบใช้ค่า BOD Loading Rate 120 กก./(เฮกตาร์-วัน) ต้องการพื้นที่ทั้งหมด 90 ไร่ ประกอบด้วยบ่อผึ่ง 2 บ่อ และบ่อฆ่าเชื้อโรค 1 บ่อ มีค่าก่อสร้างทั้งหมด 28.31 ล้านบาท ค่าดำเนินการ 0.51 ล้านบาท/ปี

- ระบบบ่อเติมอากาศ ระบบแบ่งออกเป็น 2 ชุดต่อขนานกัน แต่ละชุดมีบ่อเติมอากาศ 1 บ่อ และบ่อตกตะกอน 1 บ่อ จากนั้นน้ำล้นจะไหลไปสู่บ่อเติมคลอรีน เพื่อเติมคลอรีนแบบก๊าซเหลว ต้องการพื้นที่ทั้งหมด 42 ไร่ มีค่าก่อสร้างรวม 28.97 ล้านบาท ค่าดำเนินการ 2.61 ล้านบาท/ปี

- ระบบเลี้ยงตะกอน ต้องการพื้นที่ประมาณ 6.2 ไร่ ระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยบ่อกระจายน้ำเสีย ถังเติมอากาศ ถังตกตะกอน ชุดเติมคลอรีนแบบก๊าซเหลว พร้อมบ่อเติมคลอรีน บำบัดตะกอนโดยทำให้เข้มข้นด้วย Gravity Thickener ปริมาตร 79 ลบ.ม. และแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digester) ชนิด High Rate ปริมาตร 475 ลบ.ม. และแยกตะกอนให้แห้งโดยลานตากตะกอน พื้นที่รวม 420 ตร.ม. มีค่าก่อสร้าง 46.23 บาท ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ 2.26 ล้านบาท/ปี

โดยน้ำเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ทางเลือกจะต้องผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยการแยกด้วยตะแกรง การตกตะกอนทราย ก่อนลงบ่อสูบและถูกสูบไปยังระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป ซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่าระบบบำบัดแบบบ่อผึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเทศบาลเมืองอุตรดิตถ์ และเสนอให้ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งในช่วงแรก โดยในอนาคตหากน้ำเสียมีลักษณะสมบัติและปริมาณที่สูงกว่าที่ประเมินไว้อาจปรับเปลี่ยนเป็นระบบบ่อเติมอากาศได้

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2540) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียบริเวณพื้นที่ต้นน้ำห้วยแก้ว จากการศึกษาพบว่า

- แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำห้วยแก้วได้แก่ วัดศรีโสดา ชุมชนหมู่บ้านห้วยแก้ว และสวนสัตว์เชียงใหม่

- แหล่งน้ำสำคัญที่ไหลผ่านพื้นที่ศึกษาได้แก่ ห้วยแก้วและห้วยกู่ขาว มีคุณภาพน้ำในบริเวณต้นน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีมากทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน โดยสามารถจัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมิใช่ทะเลประเภทที่ 2

- น้ำในห้วยแก้วภายหลังการรับน้ำเสียจากชุมชนห้วยแก้วและวัดศรีโสดา และน้ำในห้วยกู่ขาวภายหลังจากการรับน้ำเสียจากสวนสัตว์ มีคุณภาพด้อยลงกว่าบริเวณต้นน้ำ โดยผลกระทบนี้สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนในฤดูแล้ง

- น้ำในอ่างแก้วมีคุณภาพน้ำในเกณฑ์ดีมาก โดยสามารถจัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมิใช่ทะเลประเภทที่ 2 ถึง 3 ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปผลิตเป็นน้ำประปา

- อัตราการเกิดน้ำเสียของวัดศรีโสดาในปัจจุบัน (2539) มีค่าประมาณ 128 ลิตร/(คน-วัน) โดยน้ำเสียมีค่า BOD เฉลี่ยประมาณ 97 มก./ล. ซึ่งคิดเป็นสมมูลย์ประชากรเท่ากับ 12.4 กรัมบีโอดี/(คน-วัน)

- ค่า BOD เฉลี่ยของน้ำเสียที่ควรใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ใช้ได้ในอีก 20 ปีข้างหน้า ในกรณีของวัดศรีโสดาคือ 100 มก./ล. ในขณะที่อัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยเป็น 200 ลิตร/คน-วัน คิดเป็นสมมูลย์ประชากรเท่ากับ 20 กรัมบีโอดี/(คน-วัน)

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดของวัดศรีโสดาคือ ระบบตะกอนเร่ง ซึ่งควรตั้งอยู่ทางทิศใต้ของโรงครัว โดยต้องสร้างระบบท่อรวบรวมน้ำเสียแบบท่อแยก พร้อมสถานีสูบน้ำเสีย 2 แห่ง สูบส่งน้ำเสียไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายทิ้งโดยลอดผ่านถนนห้วยแก้วไปยังลำห้วยขุนซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออก สำหรับประมาณการค่าก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียของวัดศรีโสดาเท่ากับ 1,956,000 บาท และประมาณการค่าใช้จ่ายในการเดินระบบเท่ากับ 85,000 บาท/ปี (1.94 บาท/ลบ.ม.)

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่หมู่บ้านห้วยแก้วคือ ระบบ On-Site Treatment โดยมีบ้านที่ต้องปรับปรุงถังส้วมปัจจุบันด้วยการทำบ่อซึมประมาณ 20 หลังคาเรือน และให้ทุกครัวเรือนจัดสร้างบ่อเกรอะบ่อซึมสำหรับน้ำทิ้งทั่วไป สำหรับงบประมาณที่ต้องใช้ในการปรับปรุงถังส้วมและสร้างบ่อเกรอะบ่อซึมใหม่คือ 40,000 บาท (2,000 บาท/ครัวเรือน) และ 525,000 บาท (5,000 บาท/ครัวเรือน 105 ครัวเรือน) ตามลำดับ

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับสวนสัตว์เป็นระบบ On-Site Treatment โดยให้ทุกครัวเรือนของบ้านพักเจ้าหน้าที่และร้านอาหารจัดสร้างบ่อเกรอะบ่อซึมสำหรับน้ำทิ้งทั่วไป

ส่วนน้ำเสียจากคอกฮิปโปและคอกช้างให้บำบัดร่วมกันซึ่งใช้งบประมาณในการปรับปรุง 400,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบเท่ากับ 40,000 บาท/ปี

บริษัทซิสเต็ม เอนจิเนียริ่ง จำกัด (2540) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ พบว่า น้ำเสียในพื้นที่โครงการ มีค่า BOD อยู่ในช่วง 0.4-640.0 มก./ล. (จากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด) ปริมาณน้ำเสียรวม 4,650 ลบ.ม./วัน 6,200 ลบ.ม./วัน และ 7,700 ลบ.ม./วัน ในปี 2539 2549 และ 2559 ตามลำดับ โดยออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้สูงสุด 7,700 ลบ.ม./วัน และเสนอรูปแบบระบบบำบัดน้ำเสียไว้ 3 ระบบ คือ ระบบบ่อคงตัว (Waste Stabilization Pond) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) และคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) แบ่งเป็นทางเลือก 5 ทางเลือก ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 ระบบบ่อคงตัว ปริมาณน้ำเสีย 7,700 ลบ.ม./วัน (ที่ 20 ปี) ต้องการพื้นที่บำบัด 90 ไร่ มีค่าก่อสร้าง 47,803,000 บาท

ทางเลือกที่ 2 ระบบบ่อเติมอากาศ ปริมาณน้ำเสีย 7,700 ลบ.ม./วัน (ที่ 20 ปี) ต้องการพื้นที่บำบัด 45 ไร่ มีค่าก่อสร้าง 79,353,000 บาท

ทางเลือกที่ 3 ระบบคลองวนเวียน ปริมาณน้ำเสีย 7,700 ลบ.ม./วัน (ที่ 20 ปี) ต้องการพื้นที่บำบัด 20 ไร่ มีค่าก่อสร้าง 88,088,000 บาท

ทางเลือกที่ 4 ระบบบ่อคงตัว ปริมาณน้ำเสีย 6,200 ลบ.ม./วัน (ที่ 10 ปี) และปรับปรุงเป็นระบบบ่อเติมอากาศ ปริมาณน้ำเสีย 7,700 ลบ.ม./วัน (ที่ 10 ปี ถัดไป) ต้องการพื้นที่บำบัด 70 ไร่ มีค่าก่อสร้าง 38,046,000 บาท และ 36,231,000 บาท ตามลำดับ

ทางเลือกที่ 5 ระบบบ่อคงตัว ปริมาณน้ำเสีย 4,000 ลบ.ม./วัน 2 แห่ง ใช้พื้นที่แห่งละ 50 ไร่ รวมแล้วใช้พื้นที่ทั้งหมด 100 ไร่ มีค่าก่อสร้าง 32,918,000 บาท 32,258,000 บาท ตามลำดับ

สรุปว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่บริษัทพิจารณาเห็นว่าควรใช้ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบบ่อคงตัว เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา ดูแลง่าย และสามารถดัดแปลงบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจได้ ส่วนสถานที่ก่อสร้างเลือกทางเลือกที่ 5 และทางเลือกที่ 4 เป็นทางเลือกสำรองไว้ในกรณีที่ทางเลือกที่ 5 ไม่สามารถดำเนินการได้

บริษัทสยาม-เทค กรุ๊ป จำกัด (2542) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียสุขาภิบาลสูงเนิน จ.นครราชสีมา พบว่า ในเขตสุขาภิบาลสูงเนิน มีค่า BOD_5 อยู่ในช่วง 8.5-520 มก./ล. (จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 7 จุด) และคาดการณ์ว่าในอนาคตค่า BOD_5 จะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

โดยในปี 2541 จะมี BOD_5 เท่ากับ 90.3 มก./ล. และเพิ่มเป็น 134.18 มก./ล. ในปี 2561 ตามลำดับ น้ำเสียที่เกิดขึ้นมาจากแหล่งกำเนิด 4 แหล่ง ได้แก่ 1) น้ำเสียจากชุมชน 2) น้ำเสียจากโรงพยาบาล 3) น้ำเสียจากสถาบันราชการ รัฐวิสาหกิจ สถานศึกษา และ 4) น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ โดยมีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.8-187 ลิตร/(คน-วัน) สำหรับค่าสมมูลย์ประชากรที่คำนวณได้ มีค่าระหว่าง 0.192-11.50 ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่จะนำมาใช้ในโครงการมีวิธีการศึกษาเปรียบเทียบ 2 แบบ คือ แบบแยกระบบบำบัดเป็น 2 ฝั่ง (พื้นที่ทางตอนใต้ และตอนเหนือของถนนมิตรภาพ) และแบบรวมน้ำเสียของพื้นที่ทางตอนใต้ของถนนมิตรภาพไปรวมบำบัดในพื้นที่บ่อบำบัดเดิม ที่อยู่บนพื้นที่ทางตอนเหนือถนนมิตรภาพ โดยสรุปได้เสนอทางเลือกไว้ 3 ระบบ คือ

- ระบบบ่อผึ่ง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้เนื้อที่มาก แต่ต้องการพลังงานและการดูแลรักษาต่ำ ในการออกแบบใช้ค่า BOD Loading Rate ระหว่าง 150-300 (กก.บีโอดี/เฮกแตร์.วัน) และ 60-150 (กก.บีโอดี/เฮกแตร์.วัน) สำหรับบ่อ Facultative และ Maturation Pond ตามลำดับ มีค่าก่อสร้างแบบแยกระบบบำบัดเป็น 2 ฝั่ง ดังนี้ ทางตอนใต้ของถนนมิตรภาพ 11.66 ล้านบาท ส่วนทางตอนเหนือแยกพิจารณาเป็น ค่าก่อสร้างแบบปรับปรุงบ่อเดิมให้รับปริมาณน้ำเสียได้ 3,070 ลบ.ม/วัน เป็นเงิน 6.04 ล้านบาท ค่าก่อสร้างแบบปรับปรุงบ่อเดิมให้รับน้ำเสียได้ 2,620 ลบ.ม/วัน เป็นเงิน 11.66 ล้านบาท และแบบรวมน้ำเสียของพื้นที่ทางตอนใต้ไปบำบัดในบ่อบำบัดเดิมที่อยู่บนพื้นที่ทางตอนเหนือของถนนมิตรภาพ ที่จะปรับปรุงให้สามารถรับน้ำเสียได้ 3,520 ลบ.ม/วัน มีค่าใช้จ่ายรวม 5.87 ล้านบาท ต้องการที่ดินสำหรับก่อสร้างระบบเพื่อรองรับน้ำเสียจากพื้นที่ทางตอนเหนือและตอนใต้ของถนนมิตรภาพเพิ่มอีก 12.56 ไร่ ระบบจะประกอบไปด้วยการทำงานของส่วนหลัก ๆ 2 ส่วนคือ Facultative Pond และ Maturation Pond โดยจะทำงานควบคู่กันไป ลักษณะของบ่อจะแบ่งย่อยเป็น 4 บ่อ ดังนี้คือ บ่อแรกทำหน้าที่เป็นบ่อปรับเสถียร มีหน้าที่ปรับสภาพน้ำเสียที่จะเข้าไปยังบ่อที่ 2 ส่วนบ่อที่ 2 (Facultative Pond)ทำหน้าที่เป็นบ่อกึ่งไร้อากาศ มีหน้าที่ลดค่า BOD และแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน บ่อที่ 3 ทำหน้าที่เช่นเดียวกับบ่อที่ 2 และบ่อที่ 4 ทำหน้าที่เป็นบ่อฆ่าเชื้อ (Maturation Pond) ทำหน้าที่กำจัดแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน

- ระบบบ่อเติมอากาศ เป็นระบบที่ใช้เนื้อที่ปานกลาง การดูแลรักษาง่าย แต่ใช้พลังงานค่อนข้างสูง ระบบมี 2 ชุด คือ Aerated Lagoon (บ่อเติมอากาศ) ที่มีความลึกอยู่ในช่วง 2-5 ม. และ Polishing Pond (บ่อตกตะกอน) ที่มีความลึก 1.5-2.0 ม. โดยจะเดินระบบแบบขนาน ค่าก่อสร้างแบบแยกระบบบำบัดเป็น 2 ฝั่ง 4 ทางเลือก สรุปได้ดังนี้คือ ค่าก่อสร้าง 11.27, 13.88, 11.17 และ 10.78 ล้านบาท ใช้เนื้อที่เพิ่มขึ้นอีก 8.12 ไร่ จากพื้นที่ตั้งระบบบำบัดเดิม

- ระบบคลองวนเวียน เป็นระบบที่ใช้เนื้อที่น้อย แต่ต้องการการดูแลรักษาและใช้พลังงานสูง ประกอบด้วยการทำงาน 5 ชุด คือ ระบบเติมอากาศแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ถัง

ตกตะกอนขั้นสุดท้าย (Final Clarifier) ถังทำข้น (Sludge Thickener) ลานตากตะกอน และการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสัมผัสคลอรีน (Chlorination) มีค่าก่อสร้างแบบแยกระบบบำบัดเป็น 2 ฝั่ง 13.26, 18.77, 13.26 และ 12.74 ล้านบาท โดยต้องการที่ดินเพิ่ม 2.36 ไร่

สรุปทางเลือกที่เหมาะสม คือ ใช้ระบบบ่อผึ่ง เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและบำรุงรักษาต่ำ ใช้พื้นที่ทั้งหมด 22 ไร่ มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบบำบัดรวม 5.873 ล้านบาท และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียทั้งโครงการมีทั้งสิ้น 125.558 ล้านบาท

บริษัทเสนาอินเตอร์เนชั่นแนลดีวีลอปเมนท์ จำกัด (2540) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียสุขาภิบาลธาตุพนม พบว่า ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณน้ำเสียในเขตสุขาภิบาล มีค่า 3,820.90 ลบ.ม./วัน และ 3,668.06 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ การสำรวจลักษณะน้ำเสียแบ่งเป็น น้ำเสียชุมชน และน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งน้ำเสียชุมชนแบ่งเป็น น้ำเสียจากที่อยู่อาศัย ตลาด และย่านพาณิชยกรรม พบว่าค่า BOD มีค่าเฉลี่ย 6.54-8.88 มก./ล. 34.74 มก./ล. 15.48 มก./ล. และ 17.85 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนในแหล่งน้ำผิวดินที่ไหลผ่านเขตพื้นที่ศึกษา มีค่า BOD เฉลี่ย 1.15 มก./ล. ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียมี 4 ทางเลือก ได้แก่ ระบบบ่อผึ่งธรรมชาติ ระบบสระเติมอากาศ ระบบตะกอนเร่ง และระบบตะกอนเร่งแบบเติมอากาศยืดเวลา โดยมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

- ระบบบ่อผึ่งธรรมชาติ (Stabilization Pond) ระบบบ่อผึ่งธรรมชาติแบบที่มี/ไม่มีออกซิเจนอิสระ (Facultative Ponds) เป็นระบบที่เหมาะสมมากกว่าแบบที่มีออกซิเจนอิสระ (High Rate Ponds) มีเกณฑ์การออกแบบ ดังนี้

ปริมาณบีโอดี	200	กก.บีโอดี/เฮกแตร์/วัน
ความลึกของบ่อ	1.50	ม.
ระยะเวลากักพักน้ำเสีย	20	วัน

- ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoons) ประกอบด้วยสระเติมอากาศและบ่อบ่ม มีเกณฑ์การออกแบบ ดังนี้

สระเติมอากาศ

ความลึกของสระ	3.0	ม.
ระยะเวลากักพัก	5	วัน

บ่อบ่ม

ความลึกของบ่อ	1.50	ม.
ระยะเวลากักพักน้ำเสีย	1	วัน

- ระบบตะกอนเร่งอัตราสูง (Activated Sludge) ใช้เกณฑ์การออกแบบ ดังนี้

ถังตกตะกอนขั้นต้น

อัตราน้ำล้น	40	ลบ.ม./ตร.ม./วัน
ระยะเวลากักพัก	1.5	ชม.

ถังเติมอากาศ

F/M Ratio	0.50	กก.บีโอดี/กก. SS/วัน
SS	2,500	มม./ก
ระยะเวลาเติมอากาศ	4	ชม.

ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย

อัตราน้ำล้น	30	ลบ.ม./ตร.ม./วัน
ระยะเวลากักพัก	2	ชม.

ถังน้ำข้นสลัดจ์

ปริมาณสลัดจ์	30	กก./ ตร.ม./วัน

ถังย่อยสลาย

ระยะเวลากักพัก	30	วัน

- สระเติมอากาศแบบยืดเวลา (Extended Aeration) ประกอบด้วย ถังเติมอากาศ ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย และถังน้ำข้นสลัดจ์ เกณฑ์การออกแบบ สรุปได้ดังนี้

ถังเติมอากาศ

F/M Ratio	0.15	กก.บีโอดี/กก. SS/วัน
SS	4,000	มม./ลิตร
ระยะเวลาเติมอากาศ	12	ชม.

ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย

อัตราน้ำล้น	20	ลบ.ม./ตร.ม./วัน
ระยะเวลากักพัก	3	ชม.

ถังน้ำข้นสลัดจ์

ปริมาณสลัดจ์	30	กก./ ตร.ม./วัน

ขนาดพื้นที่ในการก่อสร้างระบบ (ไร่)

อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	2,000	5,000	10,000	15,000	20,000
ประเภทของระบบ					
1. บ่อผึ่ง	22.2	53.1	102.5	150.7	198.1
2. สระเติมอากาศ	3.6	8.4	16.2	23.7	31.0
3. ตะกอนเร่ง	1.2	2.5	4.2	5.7	7.1
4. ตะกอนเร่งแบบเติมอากาศยืดเวลา	1.5	3.1	5.4	9.9	9.2

ราคาค่าก่อสร้างระบบ (ราคารวม, ล้านบาท)

อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	2,000	5,000	10,000	15,000	20,000
ประเภทของระบบ					
1. บ่อผึ่ง	4.5	9.2	15.8	21.7	27.2
2. สระเติมอากาศ	4.9	9.9	16.8	23.0	28.7
3. ตะกอนเร่ง	13.8	27.4	46.0	62.3	77.4
4. ตะกอนเร่งแบบเติมอากาศยืดเวลา	11.4	22.6	38.0	51.5	63.9

ราคาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและการซ่อมบำรุงรักษาระบบประจำปี (ราคารวม, ล้านบาท)

อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	2,000	5,000	10,000	15,000	20,000
ประเภทของระบบ					
1. บ่อผึ่ง	0.07	0.14	0.24	0.33	0.41
2. สระเติมอากาศ	0.58	1.18	2.02	2.76	3.44
3. ตะกอนเร่ง	0.69	1.37	2.30	3.16	3.87
4. ตะกอนเร่งแบบเติมอากาศยืดเวลา	0.80	1.58	2.66	3.61	4.47

ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับสุขาภิบาลธาตุพนม และประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ได้แก่ ระบบบ่อผึ่ง เนื่องจากพื้นที่สำหรับใช้เป็นที่ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นพื้นที่สาธารณประโยชน์ ไม่ต้องลงทุนในการจัดหา และหากมีความจำเป็นต้องจัดหา ราคาประเมินที่ดินสำหรับบริเวณดังกล่าวอยู่ในอัตราไม่เกินไร่ละ 300,000 บาท ซึ่งมีราคารวมอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด (2539) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียสุขาภิบาลท่าแร่ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร พบว่า ปริมาณน้ำเสียรวมที่ต้องบำบัดเท่ากับ 2,054 ลบ.ม./วัน มีความเข้มข้นของมลสารที่นำมาใช้ในการออกแบบ คือ BOD, COD, SS, TKN, TP, FOG (Fat Oil and Grease) เท่ากับ 270, 620, 440, 67, 20 และ 205 มก./ล. ตามลำดับ โดยทำการออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย 3 ระบบ ดังนี้

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Oxidation Pond ประกอบด้วย บ่อสูบน้ำเสียขนาด 40 x 40 x 5 ม. Facultative Pond ขนาด 60 x 185 x 2.5 ม. Water Hyacinth Pond ขนาด 20 x 190 x 1.50 ม. จำนวน 4 บ่อ ลานตากผักตบชวา 270 ตร.ม. มีค่าก่อสร้างรวม 22,585,000 บาท มีค่าดำเนินการ 0.448 ล้านบาท/ปี

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Aerated Lagoon ประกอบด้วย บ่อสูบน้ำเสียขนาด 40 x 40 x 5 ม. บ่อเติมอากาศแบบ Completely Mixed ขนาดจุ 2,200 ลบ.ม. ความลึกน้ำ 3 ม. เครื่องเติมอากาศ 5.5 แรงม้า 4 ชุด และขนาด 10 แรงม้า 1 ชุด บ่อ Facultative Pond ความจุ 8,000 ลบ.ม. ความลึกน้ำ 3.3 ม. Polishing Pond ความจุบ่อ 3,081 ลบ.ม. ความลึกของระดับน้ำ 1 ม. และบ่อ Water Hyacinth มีค่าก่อสร้างรวม 18,252,010 บาท มีค่าดำเนินการ 1.52 ล้านบาท/ปี

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ประกอบด้วย บ่อสูบน้ำเสียขนาด 40 x 40 x 5 ม. บ่อบำบัด UASB ขนาด 11.5 x 11.5 x 4.5 ม. จำนวน 4 ชุด Water Hyacinth Pond และลานตากผักตบชวา

ผลการศึกษาพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Oxidation Pond มีความเหมาะสมสูงสุด โดยมีค่าใช้จ่ายรวมเป็นเงิน 31.556 ล้านบาท

บริษัท ซี.อี.โอ.อี.เอส จำกัด (2539) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเมืองพล จังหวัดขอนแก่น โดยออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขีดความสามารถรองรับน้ำเสียด้วยอัตราเฉลี่ย 3,600 ลบ.ม./วัน (150 ลบ.ม./ชม.) และสามารถรับอัตราการไหลสูงสุดได้ 5,400 ลบ.ม./วัน (225 ลบ.ม./ชม.) ค่าบีโอดี (BOD) สาร

แขวนลอย (Suspended Solids) ออร์กานิคไนโตรเจน (ORG-N) และสารละลาย (Dissolved Solids) มีค่าไม่เกิน 150, 100, 50 และ 4,500 มก./ล. ตามลำดับ และได้ทำการออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย 3 ระบบ ดังนี้

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Aerated Lagoons (AL) ประกอบด้วย ทางรับน้ำเสียเข้าระบบบำบัด ตะแกรงดักขยะ อุปกรณ์วัดและบันทึกอัตราการไหล บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoons) จำนวน 2 บ่อ โดยบ่อที่ 1 มีพื้นที่ขนาด 4,115 ตร.ม. และบ่อที่ 2 มีขนาดพื้นที่ 1,029 ตร.ม. บ่อตกตะกอนและปรับสภาพน้ำ (Sedimentation and Polishing Ponds) เป็นบ่อดิน 2 บ่อ วางขนานกัน และถังสัมผัสคลอรีน มีต้นทุนในการรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย 12.451 บาท/ลบ.ม.

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Stabilization Ponds ประกอบด้วย ทางรับน้ำเสียเข้าระบบบำบัด ตะแกรงดักขยะ อุปกรณ์วัดและบันทึกอัตราการไหล บ่อผึ่ง (Facultative Ponds) จำนวน 3 บ่อ พื้นที่เฉลี่ย 48,000 ตร.ม. มีต้นทุนในการรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย 9.232 บาท/ลบ.ม.

- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Constructed Wetlands ประกอบด้วย ทางรับน้ำเสียเข้าระบบบำบัด ตะแกรงดักขยะ อุปกรณ์วัดและบันทึกอัตราการไหล และ Constructed Wetland Cell ขนาดพื้นที่ 49,091 ตร.ม. ความลึกน้ำ 0.20 ม. มีต้นทุนในการรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย 9.174 บาท/ลบ.ม.

ผลการศึกษาพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสมที่สุดเป็นระบบ Constructed Wetlands เนื่องจากก่อสร้างง่าย และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำสุด การเดินระบบทำได้ง่าย ระบบมีประสิทธิภาพสูงและมีเสถียรภาพดี เป็นระบบที่ก่อให้เกิดคุณค่าทางนิเวศวิทยา ให้ความสวยงามและเป็นพื้นที่สีเขียวของเมืองได้

บริษัท เอ็นไวรอนเมนทอล แคร์ เซ็นเตอร์ จำกัด มหาวิทยาลัยขอนแก่น และบริษัท สยาม-เทค กรุ๊ป จำกัด (2540) ได้ทำการศึกษาออกแบบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองขอนแก่น จะถูกรวบรวมไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสีย 3 แห่ง คือ

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่บึงทุ่งสร้าง สามารถรองรับน้ำเสียได้ 78,000 ลบ.ม./วัน ประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ต่อด้วยบ่อตกตะกอน (Polishing Pond) ก่อนที่จะฆ่าเชื้อโรคด้วยถัง Chlorine Contact Tank ต่อไป มีค่าก่อสร้าง 67.878 ล้านบาท มีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาตลอดระยะเวลาโครงการประมาณ 8.66-44.04 ล้านบาท/ปี

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่หนองเล็งเปื่อย สามารถรองรับน้ำเสียได้ 9,300 ลบ.ม./ชม. เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียแบบ Facultative Pond จำนวน 2 บ่อ แล้วตามด้วยบ่อฆ่าเชื้อโรค (Maturation Pond)

อีก 2 บ่อ มีค่าก่อสร้าง 21.756 ล้านบาท ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาตลอดระยะเวลาโครงการประมาณ 1.560-4.214 ล้านบาท/ปี

- ระบบบำบัดน้ำเสียที่ อบต.บ้านเป็ด สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 11,000 ลบ.ม./วัน เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียแบบ Facultative Pond จำนวน 2 บ่อ แล้วตามด้วยบ่อฆ่าเชื้อโรค (Maturation Pond) อีก 2 บ่อ มีค่าก่อสร้าง 25.983 ล้านบาท ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาตลอดระยะเวลาโครงการประมาณ 1.49-4.26 ล้านบาท/ปี

จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการดำเนินโครงการเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสียต้องมีการวางโครงการตามขั้นตอน คือ การศึกษาความเหมาะสม การออกแบบรายละเอียด การก่อสร้างและเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการศึกษาความเหมาะสมจะต้องดำเนินการศึกษาปริมาณและลักษณะของน้ำเสีย กำหนดค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบ ทำการออกแบบทางเลือก ประมาณราคา และเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางโครงการการจัดการน้ำเสียในขั้นต่อไป ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขตการวิจัยในครั้งนี้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร - น้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติและในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ

กลุ่มตัวอย่าง - น้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ

1. ทางน้ำออกบริเวณโรงอาหาร
2. จุดปล่อยน้ำเสียในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ บริเวณต้นน้ำ
3. จุดปล่อยน้ำเสียในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ บริเวณท้ายน้ำ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย เลือกใช้ขวดพลาสติก เนื่องจากขนส่งสะดวกและไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในน้ำ

2. อุปกรณ์ในการวัดอัตราการไหลของน้ำเสีย อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลจะขึ้นกับวิธีการวัดอัตราการไหลของน้ำเสียโดยในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้แผ่นกั้นสี่เหลี่ยม (Rectangular weirs) ที่ทำด้วยไม้อัด

3. อุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการ

3.1 เครื่องแก้ว ได้แก่ ขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตรพร้อมจุกแก้ว บิวเรต ปิเปต และขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร

3.2 ชุดกลั่นแอมโมเนีย

3.3 ชุดเครื่องมือย่อยสลาย

3.4 กระดาษกรอง

3.5 เตาเผา (Furnace)

3.6 เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic stirrer)

3.7 ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ $20 \pm 1^{\circ}$ C

3.8 ชุดเครื่องมือรีฟลักซ์

3.9 เตาไฟฟ้า

3.10 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย แยกตามพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด มีดังนี้

DO

1. $MnSO_4.H_2O$
2. NaOH
3. NaI
4. NaN_3
5. H_2SO_4 conc.
6. Starch
7. $Na_2S_2O_3.5H_2O$
8. Chloroform
9. $K_2Cr_2O_7$
10. KH_2PO_4
11. $Na_2HPO_4.7H_2O$
12. NH_4Cl
13. $MgSO_4.7\ H_2O$

COD

1. $K_2Cr_2O_7$
2. Ag_2SO_4
3. H_2SO_4 conc.
4. $C_{12}H_8N_2.H_2O$
5. $FeSO_4.\ 7H_2O$
6. $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$
7. $HgSO_4$

NH_3-N

1. $Na_2B_4O_7.10H_2O$
2. NaOH
3. $Na_2S_2O_3$
4. H_3BO_3

5. Methyl red
6. Methylene blue
7. Ethanol 95%
8. H_2SO_4 0.02 N

NO_3^--N

1. Nitrate standard 100 ppm
2. Nitrate ISA

TKN

1. HgO
2. K_2SO_4
3. H_2SO_4 conc.
4. NaOH
5. $Na_2S_2O_3$
6. Phenolphthalein

TP/PO_4^{3-}

1. Phenolphthalein
2. HCl conc.
3. Activated Carbon
4. $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$
5. NH_4VO_3
6. KH_2PO_4

pH

1. Buffer 4
2. Buffer 7
3. Buffer 10

Coliform Bacteria/Fecal Coliform

1. Lactose broth
2. Brilliant green bile broth
3. EC Medium
4. EMB agar

5. Gram iodine
6. Crytal violet
7. Safranine O
8. TSI agar
9. Simmon citrate agar
10. Tryptone broth 1%
11. Kovac's reagent

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามขอบเขตการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและสำรวจระบบท่อระบายน้ำและระบบการกำจัดน้ำเสียในปัจจุบัน

ทำการศึกษาโดยการสำรวจในภาคสนาม และการรวบรวมข้อมูลจากกองอาคารและสถานที่ ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. แบบผังบริเวณของมหาวิทยาลัยฯ โดยเป็นแบบ True scale ที่แสดงระดับความสูงภายในบริเวณ แนวท่อ-รางระบายน้ำเสียและน้ำฝน ขนาดท่อระบาย-รางระบาย ความลึกของท่อระบาย-รางระบาย ตำแหน่งบ่อพัก (Manhole) ตำแหน่งถังเกรอะ (Septic Tank)

2. แบบถังเกรอะ (Septic Tank) ที่ติดตั้งในแต่ละอาคารทุกอาคาร และตำแหน่งที่ติดตั้งพร้อมทั้งขนาดอัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำ และระบบการควบคุม (ระดับน้ำที่เครื่องสูบน้ำทำงาน-หยุดทำงาน)

3. รายงานการศึกษาความเหมาะสมระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ทำการศึกษาไว้ในอดีต (ถ้ามี)

4. พื้นที่ใช้สอยของแต่ละอาคาร
5. การควบคุมการระบายน้ำฝน-น้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยฯ
6. การบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน
7. ปริมาณการใช้น้ำในมหาวิทยาลัยฯ

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ

วัดอัตราการไหลและเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด (รูปที่ 3 – 1) ดังต่อไปนี้

1. ทางน้ำออกบริเวณโรงอาหาร
2. จุดปล่อยน้ำเสียในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ บริเวณต้นน้ำ
3. จุดปล่อยน้ำเสียในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ บริเวณท้ายน้ำ

ซึ่งการวัดอัตราการไหลและเก็บตัวอย่างน้ำเสีย แบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

1. การวัดอัตราการไหล

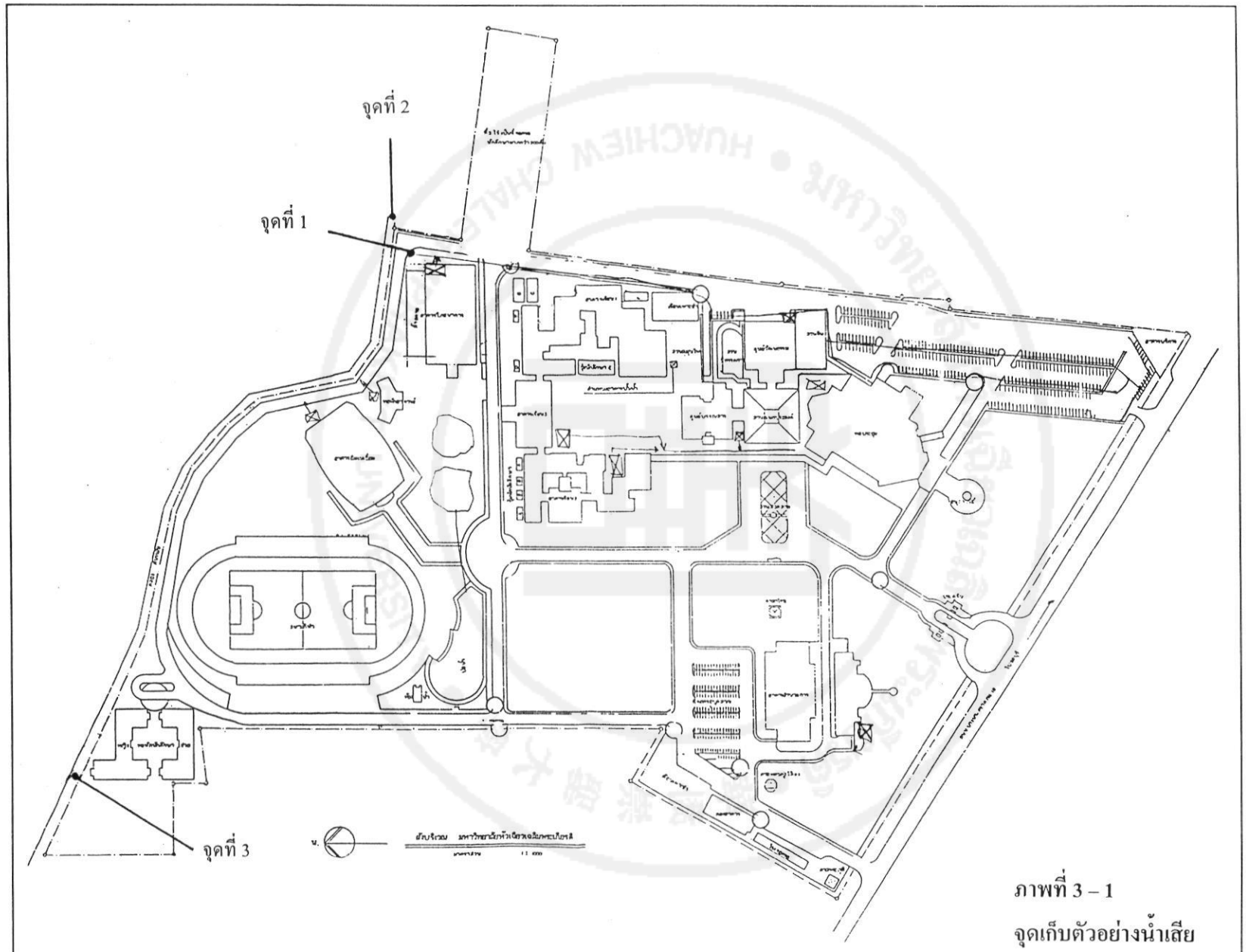
วัดอัตราการไหลจากจุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 (สำหรับจุดที่ 2 และ 3 ไม่มีการวัดอัตราการไหล) โดยแบ่งการวัดออกเป็น 2 ช่วง ในฤดูหนาว-แล้ง และในฤดูฝน ทำการวัดอัตราการไหลในแต่ละช่วงทุก ๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน (จันทร์-อาทิตย์) ติดต่อกัน วิธีการวัดอัตราการไหลเลือกใช้วิธีวัดอัตราการไหลโดยใช้แผ่นกั้น (Weir) โดยแผ่นกั้นที่เลือกใช้เป็นแผ่นกั้นสี่เหลี่ยม (Rectangular weir) ที่ทำด้วยไม้อัด

2. การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ในระหว่างการวัดอัตราการไหลของน้ำเสียจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียไปพร้อมกัน โดยตัวอย่างที่เก็บจะเป็นตัวอย่างเฉพาะ (Grab sample) และตัวอย่างรวม (Composite sample) ดังต่อไปนี้

2.1 ตัวอย่างเฉพาะ (Grab sample)

การเก็บตัวอย่างเฉพาะมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยฯ โดยเก็บตัวอย่างเฉพาะจากจุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 และ 3 ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงฤดูหนาว-แล้ง และในฤดูฝน โดยเก็บตัวอย่างในวันอังคารซึ่งเป็นวันเปิดทำการช่วงกลางสัปดาห์



ภาพที่ 3 – 1

จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ที่มา : กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

2.2 ตัวอย่างรวม (Composite sample)

ทำการเก็บตัวอย่างรวม 24 ชั่วโมงจากจุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะรวมของน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละวัน เลือกเก็บตัวอย่างในวันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ โดยเก็บตัวอย่าง 2 ซ้ำ ทุก ๆ 2 ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้มารวมกันด้วยปริมาตรที่แปรผันตามอัตราการไหล ตัวอย่างรวมที่ได้นำไปเก็บรักษาก่อนการวิเคราะห์ตามวิธีที่แสดงในตารางที่ 3 – 1 ช่วงเวลาการวัดอัตราการไหลและการเก็บตัวอย่างน้ำเสียของจุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 แสดงไว้ในตารางที่ 3 – 2

3. การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย

ตัวอย่างน้ำเสียที่ได้จะนำมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยรายละเอียดพารามิเตอร์ที่จะทำการวัดและวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างเฉพาะ (Grab sample) และตัวอย่างรวม (Composite sample) แสดงไว้ในตารางที่ 3 – 3 และ 3 – 4 ตามลำดับ

HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

ตารางที่ 3 – 1 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	วิธีการเก็บรักษา	ช่วงระยะเวลายอมให้เก็บ
1. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	วิเคราะห์ทันที	0.5 ชั่วโมง
2. บีโอดีที่เวลา 5 วัน (BOD_5)	แช่เย็น 4°ซ	6 ชั่วโมง
3. ซีโอดี (COD)	แช่เย็น 4°ซ + 2 มล. H_2SO_4 / ล.(pH 2)	7 วัน
4. แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)	แช่เย็น 4°ซ + 2 มล. H_2SO_4 / ล.(pH 2)	28 วัน
5. ไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^--N)	40 มก. $HgCl_2$ / ล. + แช่เย็น 4°ซ	7 วัน
6. เจดาห์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)	แช่เย็น 4°ซ + 2 มล. H_2SO_4 / ล.(pH 2)	7 วัน
7. ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus, TP)	40 มก. $HgCl_2$ / ล. + แช่เย็น 4°ซ	7 วัน
8. ฟอสเฟต (PO_4^{3-})	แช่เย็น 4°ซ	2 วัน
9. ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)	แช่เย็น 4°ซ	7 วัน
10. พีเอช (pH)	วัดในสนาม	-
11. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform)	แช่เย็น 4°ซ	24 ชั่วโมง
12. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform)	แช่เย็น 4°ซ	24 ชั่วโมง

ตารางที่ 3 – 2 ช่วงเวลาการวัดอัตราการไหลและการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

(จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1)

วัน / เวลา	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
06.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
08.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
10.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
12.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
14.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
16.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
18.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
20.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
22.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
24.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
02.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O
04.00 น.	O	O ★	O	O ★	O	O ★	O

หมายเหตุ :

O : การวัดอัตราการไหล

★ : การเก็บตัวอย่างแบบรวม (Composite sample) 24 ชั่วโมง

- จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 และ 3 เก็บตัวอย่างแบบเฉพาะ (Grab sample)

ไม่มีการวัดอัตราการไหล

ตารางที่ 3 – 3 พารามิเตอร์ที่จะทำการวัดและวิธีการวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างเฉพาะ (Grab sample)

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	เอกสารอ้างอิง
DO	Azide Modification	Standard Method, 1995.
BOD_5	Direct or Dilution Method	
COD	Open Reflux Method	
TP	Ascorbic Acid Method	
NH_3-N	Titration Method	
NO_3^--N	Nitrate Electrode Method	
pH	pH meter	
Total Coliform	Multiple-Tube Fermentation Technique	
Fecal Coliform	Multiple-Tube Fermentation Technique	

ตารางที่ 3 – 4 พารามิเตอร์ที่จะทำการวัดและวิธีการวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างรวม (Composite sample)

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	เอกสารอ้างอิง
BOD_5	Direct or Dilution Method	Standard Method, 1995.
COD	Open Reflux Method	
NH_3-N	Titration Method	
TKN	Kjeldahl Method	
PO_4^{3-}	Ascorbic Acid Method	
SS	กรองผ่านกระดาษกรอง glass fiber filter	
pH	pH meter	

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ แบ่งหัวข้อที่ต้องพิจารณาตามขอบเขตการวิจัย ดังนี้

3.1 การประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม การศึกษาจะดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาปริมาณประชากรทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยฯ ทั้งในอดีตและปัจจุบันจากนั้นประเมินประชากรในอนาคตจนถึงปี พ.ศ. 2565

3.1.2 ศึกษาปริมาณการใช้น้ำประปาและน้ำบาดาลภายในมหาวิทยาลัยฯ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

3.1.3 คำนวณหาค่าอัตราการใช้น้ำ (Water use rate) ของประชากรภายในมหาวิทยาลัยฯ

3.1.4 คำนวณหาปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยมีค่าประมาณ 60-80% ของปริมาณน้ำใช้

3.1.5 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยและปริมาณน้ำเสียสูงสุดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างกับปริมาณน้ำเสียที่ได้จากการคำนวณในข้อ 4 และทำการเลือกปริมาณน้ำเสียที่จะใช้ออกแบบต่อไป

3.1.6 ศึกษาลักษณะของน้ำเสียจากงานวิจัยอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

3.1.7 คำนวณหาสมมูลย์ประชากร (Equivalent population) จากลักษณะน้ำเสียที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง

3.1.8 เลือกค่าสมมูลย์ประชากรที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบ

3.2 ออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

การศึกษาเพื่อออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.2.1 ศึกษาชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ ที่เสนอไว้ในงานวิจัยอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

3.2.2 ศึกษาเกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria) จากงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง จากนั้นกำหนดเกณฑ์การออกแบบที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้

3.2.3 ศึกษาค่า Kinetic Coefficient ที่ใช้ในการออกแบบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.4 ออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ 3 ระบบ โดยทำการออกแบบในส่วนของการออกแบบขั้นขบวนการ (Process Design)

3.3 ประเมินราคาเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

การประเมินราคาระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือกมีขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 ศึกษารายการประมาณราคาค่าก่อสร้างจากงานวิจัยอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

3.3.2 ศึกษาราคาต่อหน่วยของวัสดุต่าง ๆ จากหน่วยงานราชการและหน่วยงานเอกชนที่เกี่ยวข้อง

3.3.3 ทำการประเมินราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

3.4 เสนอรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมแก่มหาวิทยาลัยฯ

ทำการศึกษาเปรียบเทียบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ออกแบบไว้ขั้นต้นในด้านราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการ เพื่อเสนอรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมให้กับมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะนำมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนและวิธีการต่าง ๆ โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 ส่วน ตามขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลระบบท่อระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

ข้อมูลที่ได้ในส่วนนี้จะนำมาสรุปรวมในรูปแผนผัง ตาราง และรูปภาพ เพื่อวิเคราะห์หาสภาพโดยรวมในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ทิศทางการไหลของน้ำเสียและน้ำฝนภายในบริเวณพื้นที่โครงการ

1.2 ความเพียงพอของระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝนในปัจจุบันและในอนาคต

1.3 ความเพียงพอของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันและในอนาคต

1.4 ความเหมาะสมของการควบคุมดูแลระบบระบายและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

2. การศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ

ข้อมูลที่ได้ในส่วนนี้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลเฉลี่ย (Average flow) อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) และอัตราการไหลต่ำสุด (Minimum flow) จากกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (แกน x) และอัตราการไหล (แกน y)

2.2 วิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลและลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ในการออกแบบจาก Arithmetic and Log-Probability Curve แบบใดแบบหนึ่งที่เหมาะสม เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราการไหลและลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ออกแบบในโครงการอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

2.3 ข้อมูลลักษณะของน้ำเสียที่ได้ในแต่ละวันนำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) แล้วตรวจสอบความแตกต่างด้วย Least Significant Differences (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

3. การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

การวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดในแต่ละหัวข้อการศึกษาดังนี้

3.1 การประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอนาคต

3.1.1 ประเมินประชากรในอนาคตโดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression)

3.1.2 ประเมินอัตราการใช้น้ำในอนาคตโดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression)

3.1.3 คำนวณหาสมมูลย์ประชากรจากลักษณะน้ำเสียที่ได้จาก Arithmetic and Log-Probability Curve ที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 80%

3.2 การออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

3.2.1 ทบทวนสมการที่ใช้ในการออกแบบจากสมการของโมโนด (Monode Equation) และสมการของถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix) และถังปฏิกิริยาแบบปลักโฟลว์ (Plug Flow, PF) แบบใดแบบหนึ่งที่เหมาะสม

3.2.2 ออกแบบขั้นขบวนการ (Process Design) จากสมการที่ได้ในขั้นต้นร่วมกับเกณฑ์การออกแบบ และค่า Kinetic Coefficience จากเอกสารงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

3.3 การประเมินราคาเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

ราคาค่าก่อสร้าง, ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

3.3.1 ราคาค่าก่อสร้าง (Investment Cost)

$$\text{Investment Cost} = \sum_{i=1}^{n} (Q_i \times C_i)$$

เมื่อ Q_i = ปริมาณงานก่อสร้างแต่ละอย่าง

C_i = ราคาต่อหน่วยของแต่ละอย่าง

i = งานชนิดที่ i (i = 1,2,3,…,n)

3.3.2 ราคาดำเนินการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Cost, O&M Cost)

$$\text{O\&M Cost} = \sum_{i=1}^{n} (t_i \times c_i)$$

เมื่อ t_i = เวลาในการดำเนินการ

c_i = ราคาค่าดำเนินการต่อเวลา

i = การดำเนินการชนิดที่ i (i = 1,2,3,….,n)

3.4 เสนอรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมแก่มหาวิทยาลัยฯ

การวิเคราะห์หาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมเพื่อเสนอแก่มหาวิทยาลัยฯ อาศัยหลักการ คือ

3.4.1 เป็นระบบที่มีค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษาที่ถูกที่สุด

3.4.2 เป็นระบบที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่ทำให้ได้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมาย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลระบบท่อระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

4.1.1 ผลการศึกษาจากแบบผังบริเวณของมหาวิทยาลัยฯ

แบบผังบริเวณที่ใช้ศึกษาเป็นแบบผังแนวท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก ระบายน้ำฝนและน้ำทิ้ง มาตราส่วน 1 : 1000 มีรายละเอียดการศึกษา ดังนี้

4.1.1.1 ระดับความสูงภายในบริเวณ

แบบผังบริเวณที่ใช้ในการศึกษาไม่ได้แสดงระดับความสูงภายในมหาวิทยาลัยฯ ไว้ รวมทั้งได้มีการสืบค้นจากแบบส่วนอื่น ๆ พบว่าไม่มีแบบส่วนใดที่แสดงระดับความสูงภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างครบถ้วน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาระดับความสูงภายในบริเวณโดยการสำรวจทำระดับในภาคสนาม ข้อมูลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4 – 1 และรูปที่ 4 – 1

4.1.1.2 แนวท่อ-รางระบาย น้ำเสียและน้ำฝน

ตำแหน่งของแนวท่อขนาดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4 – 2 โดยสามารถแบ่งทางระบายหลักออกได้เป็น 3 เส้นทาง คือ ทางระบายน้ำหลักเส้นที่ 1 เป็นรางระบายน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้าริมรั้วด้านอาคารบริการ รับน้ำฝนและน้ำเสียจากอาคารบริการ ถนน และทางเดินบริเวณดังกล่าวจนถึงด้านหลังมหาวิทยาลัยฯ บริเวณทางน้ำออกหลังอาคารโภชนาการ ทางระบายน้ำหลักเส้นที่ 2 เป็นโครงข่ายท่อขนาด 1.0 และ 1.2 เมตร อยู่ในบริเวณสนามหญ้าหน้าอาคารเรียน 2 และบริเวณทางเดินริมรั้วที่จะไปอาคารหอพักนักศึกษา ทำหน้าที่รับน้ำฝนและน้ำเสียจากถนน ทางเดิน สนามหญ้า และอาคารหอพักนักศึกษา เพื่อระบายลงคลองต้นหมันบริเวณหลังหอพักนักศึกษา สำหรับทางระบายน้ำหลักเส้นที่ 3 เป็นโครงข่ายท่อระบายที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของมหาวิทยาลัยฯ ประกอบด้วยท่อระบายขนาด 0.6 – 1.0 เมตร รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูและรางน้ำเปิดบริเวณประตู 3 ทำหน้าที่รับน้ำฝนและน้ำเสียจากพื้นที่และอาคารที่เหลือจากทางระบายน้ำทั้ง 2 เส้นทาง ที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ลงสู่ท่อระบายน้ำบริเวณทางน้ำออกหลังอาคารโภชนาการที่มีขนาด 1.0 เมตร

4.1.1.3 ขนาดและความลึก ท่อระบาย-รางระบาย ภายในมหาวิทยาลัยฯ

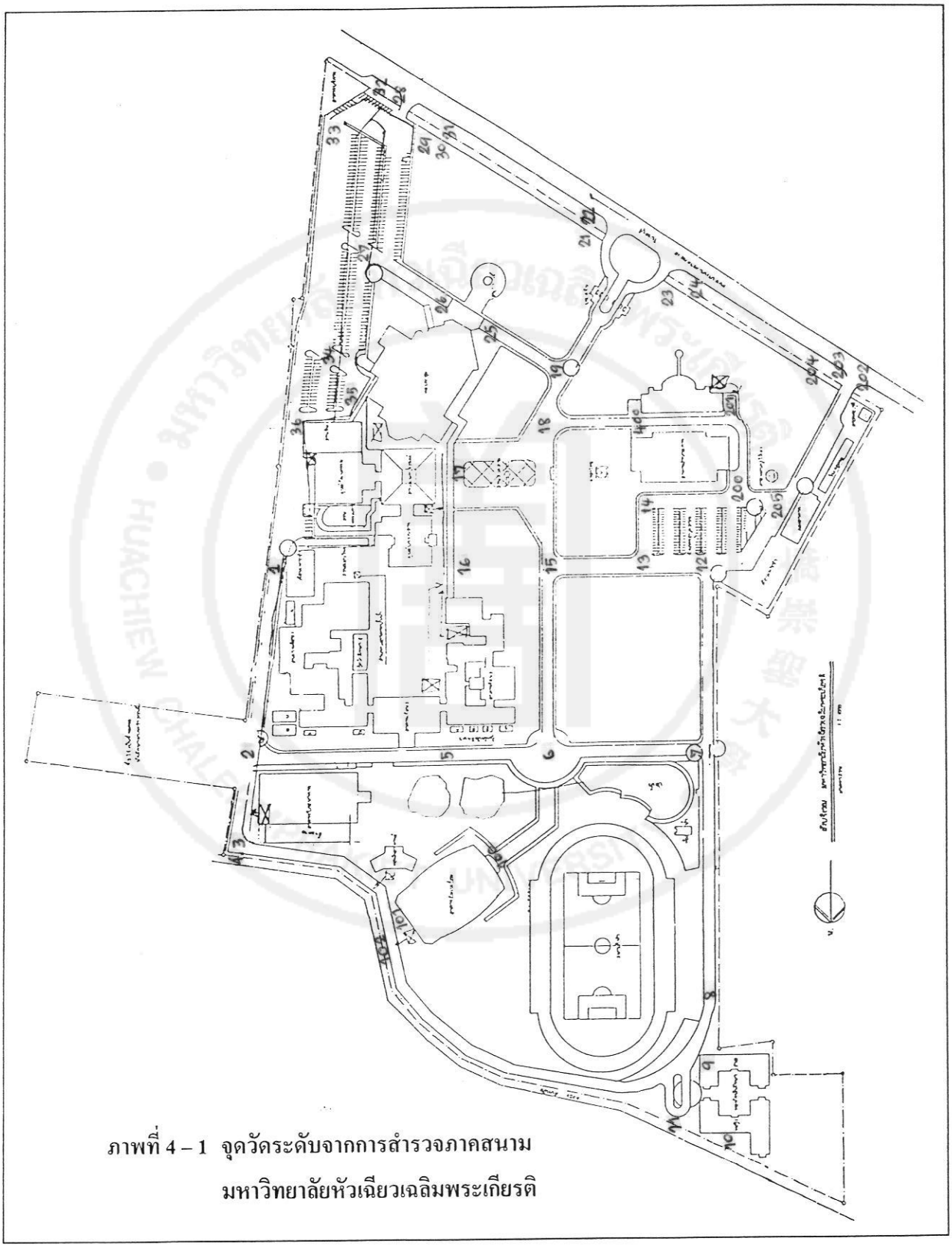
การระบายน้ำภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยฯ อาศัยระบบระบายรวม (Combined System) ในการระบายน้ำเสียและน้ำฝนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำที่รองรับ คือ คลองต้นหมัน บริเวณหลังมหาวิทยาลัยฯ ระบบระบายรวมดังกล่าวประกอบด้วย รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ ท่อกลม มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4 - 1 ค่าระดับจากการสำรวจภาคสนาม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

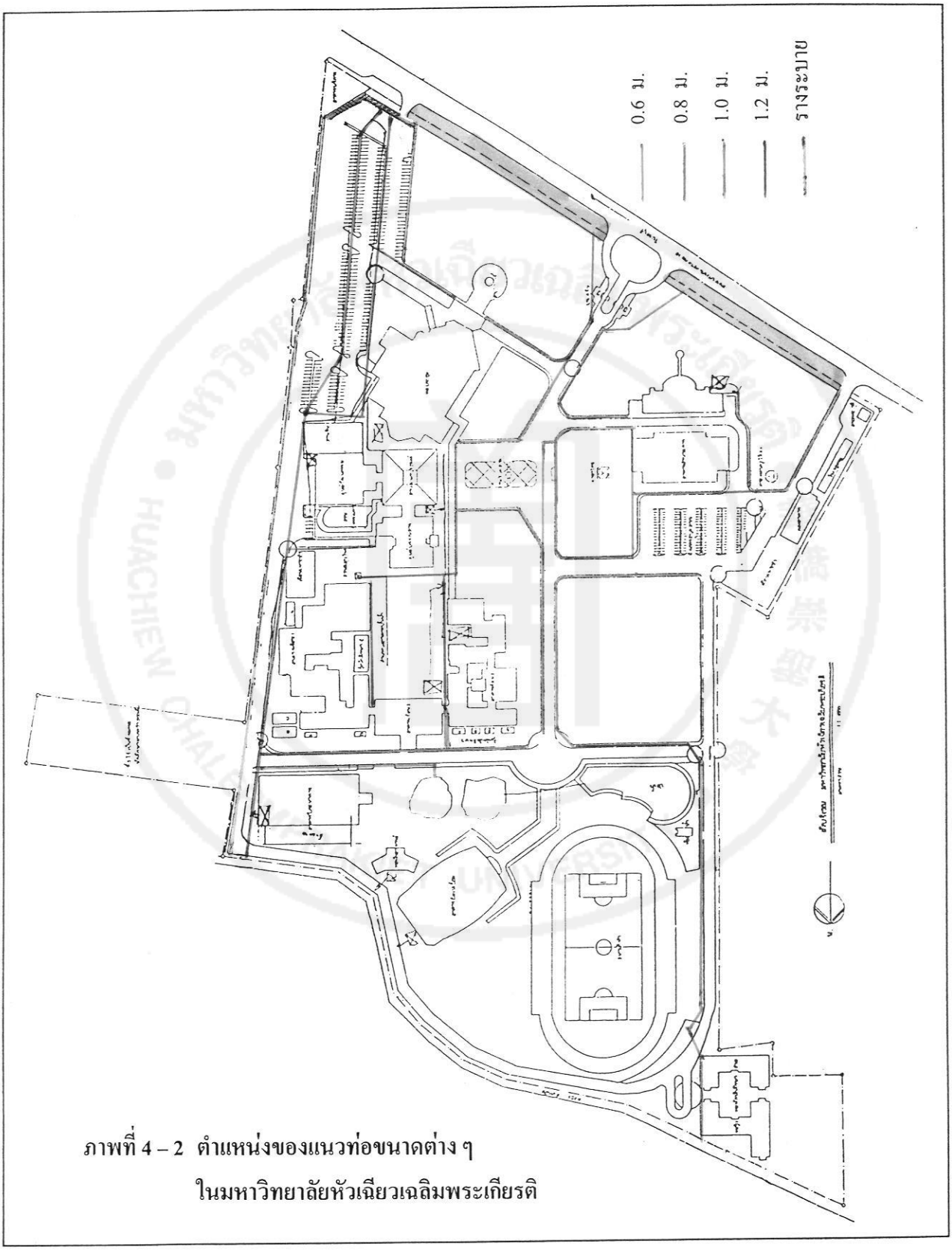
หมุด		BS	FS	ความสูงกล้อง	ค่าระดับ		หมายเหตุ
กล้อง	ไม้ระดับ				Ref. 100	Ref. min	
TP1	BM	1.147		101.147	100	1.258	
	1		1.145		100.002	1.26	
	2		1.33		99.817	1.075	
TP2	2	1.392		101.209			
	3		1.435		99.774	1.032	
	4		2.275		98.934	0.192	ระดับน้ำในคลอง
	5		1.405		99.804	1.062	
TP3	5	1.35		101.154			
	6		1.446		99.708	0.966	
	7		1.355		99.799	1.057	
TP4	7	1.465		101.264			
	8		1.43		99.834	1.092	
TP5	8	1.38		101.214			
	9		1.26		99.954	1.212	
	10		1.54		99.674	0.932	
	11		2.44		98.774	0.032	ระดับน้ำในคลอง
TP6	7	1.195		100.994			
	12		1.2		99.794	1.052	
	13		1.385		99.609	0.867	
	14		1.4		99.594	0.852	
	15		1.48		99.514	0.772	
TP7	15	1.55		101.064			
	16		1.03		100.034	1.292	
	17		1.3		99.764	1.022	
	18		1.525		99.539	0.797	
	19		1.48		99.584	0.842	
TP8	19	1.903		101.487			
	20		1.97		99.517	0.775	
	21		1.555		99.932	1.19	ระดับบนสันราง
	22		2.23		99.257	0.515	ระดับบนท่อ
	23		1.86		99.627	0.885	ระดับบนท่อ
	24		2.17		99.317	0.575	ระดับบนท่อ
	25		1.845		99.642	0.9	

ตารางที่ 4 - 1 ค่าระดับจากการสำรวจภาคสนาม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (ต่อ)

หมุด		BS	FS	ความสูงกล้อง	ค่าระดับ		หมายเหตุ
กล้อง	ไม้ระดับ				Ref. 100	Ref. min	
TP9	25	1.835		101.477			
	26		1.842		99.635	0.893	
	27		?		99.477	0.735	
	28		1.8		99.677	0.935	
TP10	28	1.405		101.082			
	29		1.375		99.707	0.965	ระดับสันราง
	30		1.772		99.31	0.568	ระดับบนท่อ
	31		2.34		98.742	0	ระดับน้ำในราง
	32		1.315		99.767	1.025	
	33		1.36		99.722	0.98	
TP11	33	1.21		100.932			
	34		1.523		99.409	0.667	
	35		1.44		99.492	0.75	
	36		1.48		99.452	0.71	
TP20	6	1.663		101.371			
	100		1.405		99.966	1.224	
TP21	100	1.55		101.516			
	101		1.765		99.751	1.009	
TP22	101	1.245		100.996			
	102		1.905		99.091	0.349	ระดับน้ำในคลอง
TP23	14	1.365		100.959			
	200		1.415		99.544	0.802	
	201		1.295		99.664	0.922	
	202		1.16		99.799	1.057	กลางถนน
	203		2.13		98.829	0.087	ระดับน้ำในราง
	204		1.28		99.679	0.937	ระดับสันราง
	205		1.405		99.554	0.812	
TP300	201	1.865		101.419			
	400		1.79		99.629	0.887	
				min	98.742		
				max	1.292		



ภาพที่ 4 – 1 จุดวัดระดับจากการสำรวจภาคสนาม
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ



ภาพที่ 4 – 2 ตำแหน่งของแนวท่อขนาดต่าง ๆ
ในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

1) รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นทางระบายน้ำหลัก มีความลึกประมาณ 1.15 เมตร ความกว้างของพื้นราง 2.70 เมตร ความลาดเอียงของผนังราง 1 : 1 ตั้งอยู่บริเวณด้านหน้ามหาวิทยาลัย ความยาวรวมทั้งสิ้น 475 เมตร ทำหน้าที่รับและระบายน้ำเสียจากอาคารกองอาคารและสถานที่ อาคารอำนวยการ และระบายน้ำฝนจากพื้นที่บริเวณด้านหน้ามหาวิทยาลัยฯ ไปยังท่อและรางระบายด้านข้างมหาวิทยาลัยฯ บริเวณอาคารบริการก่อนที่จะระบายออกสู่คลองต้นหมันต่อไป โดยจากการศึกษาสำรวจ พบว่าสภาพน้ำในคลองเปิดดังกล่าวมีสีดำ ส่งกลิ่นเหม็นในบางครั้ง อันแสดงให้เห็นว่าเกิดการสะสม และย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไร้อากาศ ก่อให้เกิดทัศนวิสัยที่ไม่ดีต่อมหาวิทยาลัยฯได้

2) รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามหน้าที่ คือ รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ก่อสร้างอยู่โดยรอบอาคารเรียน อาคารโภชนาการ อาคารซ่อมบำรุง อาคารหอพักอาจารย์ และอาคารบริการ ทำหน้าที่รับน้ำฝนและน้ำเสียจากแต่ละอาคาร ระบายลงสู่ท่อหรือรางระบายน้ำหลัก เพื่อระบายลงสู่คลองต้นหมันต่อไป และรางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ทำหน้าที่เป็นรางระบายน้ำหลักโดยตั้งอยู่ในบริเวณริมทางเดินหน้าประตู 3 ขนาดกว้าง 0.5 เมตร ลึก 0.55 เมตร ความยาวประมาณ 110 เมตร และอีกแห่งหนึ่งบริเวณข้างรั้วด้านอาคารบริการ ขนาดกว้าง 0.5 เมตร มีความลึกระหว่าง 0.7 – 1.0 เมตร ทำหน้าที่รับน้ำเสียและน้ำฝนจากถนน ทางเดิน สนามหญ้า และอาคารบางส่วน เพื่อระบายออกนอกมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

3) ท่อกลม

ท่อกลมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามหน้าที่ได้เช่นเดียวกับรางระบายน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยประเภทแรกเป็นท่อกลมที่ก่อสร้างอยู่โดยรอบอาคารหอพักนักศึกษา อาคารยิมเนเซียม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 – 0.5 เมตร ทำหน้าที่ระบายน้ำเสียและน้ำฝนจากอาคารออกนอกมหาวิทยาลัยฯ และท่อกลมอีกประเภทหนึ่งทำหน้าที่เป็นทางระบายน้ำหลักในการรวบรวมน้ำเสียและน้ำฝนออกสู่ภายนอกมหาวิทยาลัยฯ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.6 – 1.2 เมตร ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เมตร ความยาวรวม 1,194 เมตร
- ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เมตร ความยาวรวม 1,290 เมตร
- ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร ความยาวรวม 1,131 เมตร
- ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ความยาวรวม 92 เมตร

4.1.1.4 ผลการศึกษาตำแหน่งบ่อพักและตำแหน่งของถังเกรอะ

จากการสำรวจในภาคสนาม และการศึกษาจากแบบผังบริเวณของมหาวิทยาลัยฯ สามารถกำหนดตำแหน่งของบ่อพักและถังเกรอะได้ดังแสดงในรูปที่ 4 – 3

4.1.2 ผลการศึกษาแบบถังเกรอะและการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

ผลการศึกษาข้อมูลและสำรวจระบบการกำจัดน้ำเสียในปัจจุบัน มีดังนี้

4.1.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียอาคารเรียนรวม

น้ำเสียจากอาคารเรียนรวม เกิดจากน้ำใช้ในห้องน้ำ ประกอบด้วย น้ำทิ้ง (Greywater) จากอ่างล้างมือ น้ำล้างพื้น ฝักบัว ก๊อกน้ำล้าง และน้ำโสโครก (Blackwater) จากส้วม การบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี ดังนี้

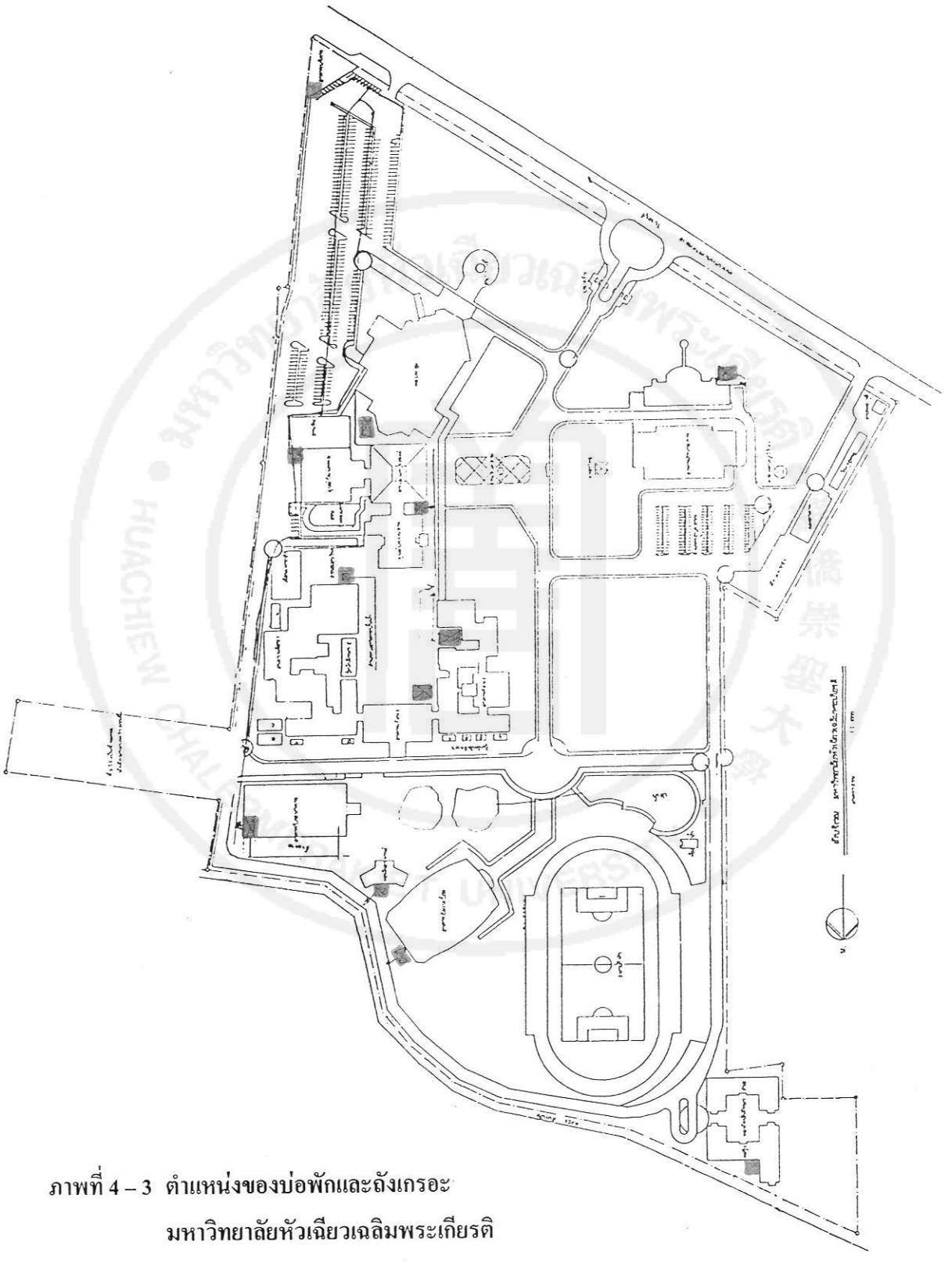
1) การบำบัดน้ำทิ้ง มีการต่อท่อขนาด 2 – 2 ½ นิ้ว จากแหล่งกำเนิดในอาคาร ทิ้งยังราง/ท่อระบายน้ำ โดยไม่ผ่านการบำบัดใด ๆ

2) การบำบัดน้ำโสโครก น้ำโสโครกจากชักโครกในห้องน้ำประกอบด้วยกากตะกอนและน้ำเสีย ซึ่งการบำบัดได้ต่อท่อขนาด 4 นิ้ว ระบายลงไปยังถังบำบัดระบบเกรอะ-กรองไร้อากาศ มีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

- เป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 4.75 เมตร x 7.50 เมตร ความสูงจากก้นถัง 2.40 เมตร สร้างโผล่พ้นระดับดิน 0.4 เมตร มีลักษณะเป็นถังเดียวที่ประกอบด้วย ถังเกรอะ (Septic Tank) 1 ส่วน ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter Tank) 2 ส่วน และถังน้ำออก (Effluent Tank) 1 ส่วน

- การทำงานของถังบำบัดน้ำเสียดังกล่าว เริ่มต้นโดยน้ำโสโครกจากอาคารไหลด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกเข้าสู่ถังเกรอะโดยท่อเหล็กขนาด 6 นิ้ว กากตะกอนจะตกลงสู่ก้นถังเกรอะ ไขมัน (Scum) ลอยอยู่ที่ผิวบน และน้ำส่วนที่ใสจะอยู่ตรงกลาง ถังเกรอะมีขนาดที่สามารถเก็บกักน้ำเสีย ตะกอน และไขมันได้ 2.7 x 1.8 x 4.35 ลบ.ม. ภายในถังเกรอะเกิดการบำบัดกากตะกอนน้ำเสีย และไขมัน ในสภาพไร้อากาศ ทำให้เกิดก๊าซผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ระบายออกโดยใช้ท่ออากาศขนาด 3 นิ้ว สามารถบำรุงรักษาได้โดยการติดตั้งฝาปิดเหล็กหล่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร

- น้ำเสียส่วนใสที่ผ่านการตกตะกอนจากถังเกรอะ จะไหลเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศถังที่ 1 โดยท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว โดยให้น้ำเสียไหลล้นจากรางน้ำ (Gutter) ขนาดกว้าง 0.25 เมตร สูง 0.25 เมตร เพื่อกระจายน้ำเข้าสู่ถังกรองถังที่ 1 ได้อย่างสม่ำเสมอ น้ำเสียจะไหลผ่านถังกรองในลักษณะไหลลง โดยในถังกรองติดตั้งตัวกลางกรองที่เป็นพลาสติก (Plastic Media) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวทำหน้าที่กำจัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ทำให้



ภาพที่ 4 – 3 ตำแหน่งของบ่อพักและถังเกรอะ
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นน้ำเสียจะไหลผ่านเข้าไปยังถังกรองถังที่ 2 ในลักษณะไหลขึ้น โดยถังที่ 2 มีการติดตั้งตัวกลางกรองเพื่อให้จุลินทรีย์เกาะและทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกัน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากถังทั้ง 2 แล้ว จะไหลล้นเข้าสู่รางน้ำ และออกไปสู่ถังน้ำออกต่อไป

- ภายในถังกรองไร้อากาศได้ติดตั้งท่อดูดตะกอนพีวีซี ขนาด 10 นิ้ว (Sludge Suction Pipe) เพื่อทำหน้าที่สูบตะกอนที่ค้างอยู่ก้นถังกรอง รวมทั้งติดตั้งท่อระบายอากาศ ขนาด 3 นิ้ว และฝาปิดเหล็กหล่อ ขนาด 1 เมตร ไว้ด้วย

- น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากถังกรองไร้อากาศแล้ว จะไหลเข้าสู่ถังน้ำออก ขนาด 1.3 เมตร x 4.75 เมตร ลึก 1.7 เมตร เพื่อทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนที่อาจหลุดออกมาจากตัวกลางกรองได้ ซึ่งจะทำให้คุณภาพน้ำที่ออกจากถังบำบัดดีขึ้น

- น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลออกจากถังน้ำออกโดยท่อขนาด 4 นิ้ว ไปยังบ่อตรวจระบาย (Manhole) ของระบบราง/ท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อระบายลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียอาคารศูนย์บรรณสาร

การบำบัดน้ำเสียจากอาคารศูนย์บรรณสารใช้ระบบบำบัดสำเร็จรูป (Package Water Treatment Tank) ขนาดประมาณ 6 ลบ.ม. จำนวน 2 ชุด ระบบดังกล่าวจัดเป็นการบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite System) อาศัยหลักการของถังบำบัดแบบเกรอะ-กรองไร้อากาศ โดยแต่ละชุดประกอบด้วย ถังเกรอะ 1 ถัง และถังกรอง 1 ถัง น้ำเสียจากอาคารศูนย์บรรณสารประกอบด้วย น้ำทิ้ง (Greywater) และน้ำโสโครก (Blackwater) จากการระบายน้ำฝนและน้ำจากห้องน้ำ มีลักษณะการบำบัดน้ำเสีย ดังนี้

1) น้ำทิ้ง บำบัดโดยการต่อท่อระบายจากสุขภัณฑ์แต่ละชนิดผ่านท่อขนาด 3 – 4 นิ้ว ไปบำบัดยังถังกรองไร้อากาศโดยไม่ผ่านถังเกรอะ

2) น้ำโสโครก จากส้วม/ชักโครก จะถูกระบายผ่านท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 – 6 นิ้ว ไปยังถังเกรอะ เพื่อตกตะกอนกากตะกอนก่อนที่น้ำใสจะไหลล้นไปบำบัดยังถังกรองไร้อากาศต่อไป น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายต่อไปยังบ่อตรวจระบาย (Manhole) ของระบบท่อ/รางระบายภายในมหาวิทยาลัยฯ ก่อนจะปล่อยออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.3. ระบบบำบัดน้ำเสียอาคารเรียน 1

น้ำเสียจากอาคารเรียน 1 ประกอบด้วย น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ น้ำทิ้ง และน้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม และน้ำจากท่อระบายน้ำฝน น้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะนำไปบำบัดโดยถัง

บำบัดแบบเกรอะ-กรองไร้อากาศ ร่วมกับหลุมซึมน้ำ (Absorption Pit) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite System) การบำบัดน้ำเสียจากอาคารเรียน 1 มีลักษณะ ดังนี้

1) น้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ น้ำทิ้ง และน้ำโสโครก จะถูกต่อลงถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ โดยใช้ท่อขนาด 4 – 6 นิ้ว

2) ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ มีลักษณะเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 5.00 เมตร x 8.00 เมตร สูง 3.00 เมตร ความสูงของระดับน้ำเก็บกักสูงสุด 2.20 เมตร มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ถังเกรอะ (Septic Tank) จำนวน 1 ส่วน ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter Tank) 2 ส่วน และถังสูบน้ำ (Sump Tank) 1 ส่วน มีรายละเอียด แต่ละส่วน ดังนี้

- ถังเกรอะ มีขนาด 3.25 เมตร x 5.00 เมตร ระดับน้ำสูงสุด 2.20 เมตร ด้านบนเจาะช่องบ่อตรวจระบายขนาด 0.60 เมตร x 0.60 เมตร ปิดไว้ด้วยฝาปิดคอนกรีตเสริมเหล็ก ถังเกรอะดังกล่าวมีลักษณะเป็นถังส่วนเดียว ทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนจากน้ำโสโครก กำจัดบีโอดีของแข็งแขวนลอย และคอลลอยด์ น้ำเสียทั้งหมดจะไหลเข้าสู่ส่วนนี้ก่อนเพื่อตกตะกอนและบำบัดขั้นต้น จากนั้นน้ำใสบริเวณส่วนกลางของถังจะไหลล้นเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศต่อไป

- ถังกรองไร้อากาศ ประกอบด้วย 2 ถัง แต่ละถังมีขนาด 3.25 เมตร x 2.15 เมตร น้ำเสียไหลแบบอนุกรมจากถังที่ 1 ไปยังถังที่ 2 ภายในถังกรองไร้อากาศติดตั้งตัวกลางพลาสติก ความสูง 1.04 เมตร เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะ พร้อมติดตั้งท่อสูบตะกอนก้นถังขนาด 10 นิ้ว ส่วนบนของถังก่อสร้างเป็นบ่อตรวจระบายขนาด 0.60 เมตร x 0.60 เมตร ปิดไว้ด้วยฝาคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนน้ำใสจากถังเกรอะจะถูกนำมาสู่ถังกรองไร้อากาศโดยท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว น้ำจะไหลผ่านตัวกลางพลาสติกจากบนลงล่าง (Down Flow) และไหลเข้าสู่ถังที่ 2 จากล่างขึ้นบน (Up Flow) จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนตัวกลางพลาสติกจะบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลล้นเข้าสู่รางระบายเพื่อระบายผ่านท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ไปยังถังสูบน้ำต่อไป

- ถังสูบน้ำ ขนาด 1.20 เมตร x 5.00 เมตร ลึก 3.00 เมตร ทำหน้าที่กักน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้เครื่องสูบแบบจมน้ำ (Submersible Pump) ที่ติดตั้งไว้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากถังบำบัดน้ำเสียมีความลึกก้นถังถึง 3.0 เมตร จากระดับผิวดิน ดังนั้นจึงต้องมีการสูบน้ำออกจากถังเพื่อระบายลงสู่ราง/ท่อระบายของมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป โดยเครื่องสูบแบบจมน้ำที่ติดตั้งไว้มีจำนวน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องมีขนาดมอเตอร์ 0.25 กิโลวัตต์

3) หลุมซึมน้ำ มีขนาด 1.60 เมตร โดยรอบหลุมกรุไว้ด้วยอิฐหักอัดแน่น ผนังหลุมก่ออิฐโปร่ง พื้นด้านบนปิดด้วยฝาคอนกรีตขนาด 1.00 เมตร มีฝาปิดเปิดทองเหลืองขนาด 6 นิ้ว หลุมซึมน้ำทำหน้าที่กำจัด (Disposal) น้ำบางส่วนที่ผ่านการบำบัดแล้วจากถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ โดยอาศัยหลักการให้น้ำซึมลงสู่ชั้นดิน

ศูนย์บรรณสารสนเทศ 0057-32860
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

4.1.2.4 ระบบบำบัดน้ำเสียอาคารเรียน 2

น้ำเสียจากอาคารเรียน 2 เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการใช้น้ำในห้องน้ำ น้ำจากการระบายน้ำฝน โดยน้ำทิ้งจากการชะล้างในห้องน้ำและน้ำจากการระบายน้ำฝน จะระบายลงสู่บ่อตรวจระบายของท่อระบายคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.60 เมตร เพื่อระบายลงสู่รางระบายน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยฯ โดยมิได้มีการบำบัดเสียก่อน ในขณะที่น้ำโสโครกจากชักโครกจะระบายลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารก่อนที่จะระบายลงสู่ท่อระบายคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.60 เมตร เพื่อกำจัด (Disposal) ต่อไป

ระบบบำบัดน้ำเสียของอาคารเรียน 2 เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบเกรอะ-กรองไร้อากาศ อยู่ในกลุ่มของระบบบำบัดแบบติดกับที่ (Onsite System) มีจำนวนทั้งหมด 2 ถัง ลักษณะของถังทั้ง 2 มีรายละเอียด ดังนี้

1) ถังบำบัดน้ำเสียหมายเลข 1 (Wastewater Treatment Tank No. 1) มีขนาด 4.00 เมตร x 6.20 เมตร ความสูง 2.40 เมตร ก้นถังลึกจากผิวดิน 2.00 เมตร ภายในถังแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ถังเกรอะ (Septic Tank) 1 ส่วน ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter Tank) 2 ส่วน และถังน้ำออก (Effluent Tank) 1 ส่วน แต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

- ถังเกรอะ มีลักษณะเป็นถังส่วนเดียว ทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนจากน้ำโสโครกที่มาจากส้วม/ชักโครก เป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2.20 เมตร x 4.00 เมตร สูง 2.40 เมตร ความสูงของระดับน้ำเก็บกัก 1.80 เมตร น้ำโสโครกจากส้วม/ชักโครกเข้าสู่ถังเกรอะโดยท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว และไหลล้นออกจากถังเกรอะโดยท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ภายในถังติดตั้งท่อระบายอากาศขนาด 3 นิ้ว

- ถังกรองไร้อากาศ มีจำนวน 2 ถัง ขนาดแต่ละถังเท่ากับ 1.10 เมตร x 1.70 เมตร ภายในถังติดตั้งตัวกลางพลาสติกที่มีพื้นที่ผิว 110 ตร.ม./ลบ.ม. สูง 1.08 เมตร พร้อมท่อสูบตะกอนจากก้นถังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว ถังทั้ง 2 ต่อกันแบบอนุกรม โดยน้ำเสียส่วนใสจากถังเกรอะจะไหลล้นจากท่อพีวีซี เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ไปยังรางน้ำของถังที่ 1 จากนั้นจะไหลล้นรางน้ำลงสู่ตัวกลางกรองจากบนลงล่าง (Down Flow) แล้วไหลเข้าสู่ถังกรองที่ 2 ทางด้านล่าง และไหลจากล่างขึ้นบน (Up Flow) ล้นลงสู่รางระบาย และปล่อยออกสู่ถังน้ำออก (Effluent Tank) ต่อไป ในขั้นนี้บีโอดีจะลดลงได้โดยจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ที่ผิวของตัวกลางกรอง

- ถังน้ำออก มีขนาด 1.00 เมตร x 4.00 เมตร สูง 2.40 เมตร มีระดับน้ำเก็บกัก 1.80 เมตร ถังน้ำออกนี้มีหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนจุลินทรีย์ที่อาจหลุดออกมาจากถังกรองไร้อากาศ ทำให้น้ำออกที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพดีขึ้น ภายในถังติดตั้งไว้ด้วยท่อน้ำออกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว และท่ออากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว

มฉก
วศ
น725ก
2544

- น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลล้นลงสู่บ่อตรวจระบายของท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.6 เมตร เพื่อระบายออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

2) ถังบำบัดน้ำเสียหมายเลข 2 (Wastewater Treatment Tank No. 2) ทำหน้าที่บำบัดน้ำโสโครกจากส้วม/ชักโครก มีลักษณะเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4.00 เมตร x 8.00 เมตร สูง 2.40 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 1.70 เมตร ประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ 4 ส่วน คือ ถังเกรอะ (Septic Tank) 1 ส่วน ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter Tank) 2 ส่วน และถังน้ำออก (Effluent Tank) 1 ส่วน มีรายละเอียด ดังนี้

ถังเกรอะ มีลักษณะเป็นถังส่วนเดียวขนาด 3.00 เมตร x 4.00 เมตร ติดตั้งท่อน้ำเข้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ท่อน้ำออกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว พร้อมท่ออากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว น้ำโสโครกจากส้วม/ชักโครก ไหลเข้าถังเกรอะแล้วจะตกตะกอนแยกเป็น 3 ส่วน คือ ชั้นตะกอน น้ำใส และชั้นบนสุดเป็นชั้นของไขมันลอย (Scum) ซึ่งน้ำใสจะไหลล้นออกไปบำบัดยังถังกรองไร้อากาศต่อไป

- ถังกรองไร้อากาศ จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีขนาด 1.70 เมตร x 3.00 เมตร สูง 2.40 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 1.70 เมตร ติดตั้งตัวกลางกรองพลาสติกขนาดพื้นที่ผิว 110 ตร.ม/ลบ.ม. ความสูง 1.08 เมตร พร้อมท่อดูดตะกอนจากก้นถังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว น้ำเสียจากถังเกรอะจะไหลเข้าสู่รางน้ำด้านบนของถังกรอง จากนั้นจะไหลล้นลงสู่ถังกรองไร้อากาศถังที่ 1 ไหลผ่านตัวกลางกรองจากบนลงล่าง และไหลผ่านเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศถังที่ 2 จากด้านล่างขึ้นบน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลล้นเข้าสู่รางน้ำในถังกรองไร้อากาศถังที่ 2 และไหลล้นออกไปยังถังน้ำออกด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว

- ถังน้ำออก ขนาด 1.20 เมตร x 4.00 เมตร สูง 2.40 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 1.80 เมตร ทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนจุลินทรีย์ที่หลุดลอกออกมาจากตัวกลางพลาสติก ทำให้น้ำที่ออกจากถังบำบัดมีคุณภาพดีขึ้น

- น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลล้นออกจากถังบำบัดด้วยท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ไปยังบ่อตรวจระบายของท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เมตร เพื่อระบายต่อไปยังรางระบายน้ำรอบมหาวิทยาลัยฯ แล้วปล่อยออกยังคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียอาคารหอพักนักศึกษา A

น้ำเสียที่เกิดจากอาคารหอพักนักศึกษา A ประกอบด้วย น้ำจากการระบายน้ำฝน น้ำเสียจากห้องซักล้าง น้ำทิ้งและน้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม การบำบัดน้ำเสียแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1) น้ำจากการระบายน้ำฝน น้ำส่วนนี้มีความสกปรกน้อย ดังนั้นจึงระบายลงสู่บ่อตรวจระบายของรางระบายน้ำรวมของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อปล่อยออกสู่คลองเปิดด้านหลังมหาวิทยาลัยฯ โดยไม่มีการบำบัดใด ๆ ก่อน

2) น้ำเสียจากห้องซักล้าง น้ำเสียส่วนนี้ได้ทำการบำบัดโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ประกอบด้วย ถังเกรอะ 1 ใบ ถังกรองไร้อากาศ 2 ใบ โดยน้ำเสียจากห้องซักล้างจะไหลเข้าสู่ถังเกรอะโดยท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว เพื่อตกตะกอนกากตะกอนบางส่วน และน้ำส่วนใสจะไหลล้นลงสู่ถังกรองไร้อากาศถังที่ 1 มีลักษณะการไหลแบบไหลขึ้น (Up Flow) เพื่อให้น้ำผ่านตัวกลางกรองที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ น้ำที่ผ่านการบำบัดจากถังกรองถังที่ 1 แล้ว จะไหลเข้าสู่ถังกรองถังที่ 2 เพื่อบำบัดซ้ำอีกครั้งก่อนที่จะปล่อยให้ไหลลงสู่บ่อตรวจระบายของรางระบายน้ำรวม เพื่อระบายลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

3) น้ำทิ้งและน้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม น้ำเสียในส่วนนี้มาจากระบบท่อระบายภายในห้องน้ำ/ส้วม ที่เป็นระบบรวมท่อน้ำเสียและน้ำโสโครก (Combined System) โดยน้ำเสียจากห้องน้ำ/ส้วม ที่ชั้นที่ 1 ต่อระบายด้วยท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ออกไปผสมกับน้ำจากห้องซักล้างแล้วไหลลงไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ดังรายละเอียดที่กล่าวถึงในการบำบัดน้ำเสียจากห้องซักล้าง ในขณะที่น้ำทิ้ง/น้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม ในชั้นที่ 2 – 5 ของอาคารต่อระบายไปบำบัดยังถังเกรอะ-กรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศก่อนที่จะปล่อยลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป โดยถังเกรอะ-กรองไร้อากาศและถังกรองเติมอากาศ มีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 5.00 เมตร x 24.00 เมตร สูง 3.35 เมตร แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ ถังเกรอะ 2 ส่วน ถังกรองไร้อากาศ 2 ส่วน และถังกรองเติมอากาศ 1 ส่วน แต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

- ถังเกรอะ เป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีขนาด 5.00 เมตร x 5.50 เมตร สูง 3.35 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 2.70 เมตร เป็นถังส่วนเดียว ทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนจากส้วม/ชักโครก โดยน้ำเสีย/น้ำโสโครกที่ไหลเข้าถัง แบ่งออกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นล่างสุดเป็นชั้นตะกอน ชั้นกลางเป็นน้ำส่วนใส และชั้นบนสุดเป็นชั้นไขมันลอย (Scum) น้ำส่วนใสจะไหลเข้าไปยังถังเกรอะถังที่ 2 เพื่อตกตะกอนบางส่วนที่หลุดออกมาจากถังเกรอะถังที่ 1 ช่วยทำให้น้ำมีสารแขวนลอยลดลง ซึ่งช่วยให้ตัวกลางกรองในถังกรองไร้อากาศอุดตัน ช้าลง

- ถังกรองไร้อากาศ จำนวน 2 ถัง ขนาดแต่ละถัง 5.00 เมตร x 5.25 เมตร ความสูง 3.35 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 2.60 เมตร ติดตั้งตัวกลางพลาสติกสูง 1.04 เมตร พร้อมท่อสูบตะกอนก้นถังขนาด 10 นิ้ว ด้านล่างเป็นช่องเปิดเชื่อมถึงกันทั้ง 2 ถัง ด้านบนแยกอิสระต่อกันด้วยผนังคอนกรีต น้ำเสียจากถังเกรอะถังที่ 2 จะไหลเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศโดยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว เข้าไปยังรางเปิดด้านบน แล้วไหลล้นลงสู่ตัวกลางกรอง ลักษณะการไหลเป็นแบบบนลงล่าง (Down

Flow) และไหลเข้าสู่ถังที่ 2 จากล่างขึ้นบน (Up Flow) น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลเข้าสู่รางน้ำด้านบนของถังกรองไร้อากาศถังที่ 2 แล้วไหลลงสู่ก้นถังของถังกรองเติมอากาศต่อไป

- ถังกรองเติมอากาศ น้ำที่ผ่านการบำบัดจากถังกรองไร้อากาศ จะไหลผ่านท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว ลงไปยังก้นถังของถังกรองเติมอากาศ โดยบริเวณนี้มีการเติมอากาศจากเครื่องเติมอากาศแบบจมน้ำ (Submersible Aerator) จากนั้นน้ำจะไหลจากล่างขึ้นบนผ่านตัวกลางพลาสติกความสูง 1.04 เมตร และไหลล้นไปยังบ่อตรวจระบายของรางระบายรวมของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อระบายออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป ถังกรองเติมอากาศดังกล่าวมีขนาด 3.50 เมตร x 5.50 เมตรสูง 3.35 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 2.50 เมตร

4.1.2.6 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารโภชนาการ

น้ำเสียจากอาคารโภชนาการประกอบด้วย น้ำจากการระบายน้ำฝนของชั้นดาดฟ้าที่ปรับปรุงเป็นสนามเทนนิส น้ำเสียจากอ่างล้างจาน ชาม ภาชนะ น้ำเสียจากล็อตขายอาหาร ห้องครัว และน้ำทิ้ง/น้ำโสโครก จากห้องน้ำ/ส้วม การบำบัดน้ำเสียแต่ละส่วนมีวิธีการ ดังนี้

1) น้ำจากการระบายน้ำฝนของชั้นดาดฟ้า ได้ระบายลงสู่รางระบายน้ำที่อยู่รอบ ๆ อาคาร เพื่อระบายออกไปยังคลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ โดยไม่มีการบำบัดใด ๆ ก่อน

2) น้ำเสียจากอ่างล้างจาน ชาม ภาชนะ น้ำเสียส่วนนี้มีส่วนประกอบเป็น ไขมันและน้ำมัน (Grease and oil) จึงติดตั้งถังดักไขมันสำเร็จรูปที่บริเวณท่อน้ำทิ้งของอ่าง ก่อนที่จะปล่อยให้น้ำเสียไหลระบายลงสู่รางระบายต่อไป

3) น้ำเสียจากล็อตขายอาหาร ห้องครัว และน้ำทิ้ง/น้ำโสโครก จากห้องน้ำ/ส้วม ได้รับการบำบัดก่อนปล่อยออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ โดยใช้ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ ซึ่งถังดังกล่าวมีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 8.00 เมตร x 8.00 เมตร สูง 2.50 เมตร มีระดับน้ำเก็บกัก 1.60 เมตร แบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ ถังดักไขมัน 1 ส่วน ถังเกรอะ 2 ส่วน ถังกรอง 2 ส่วน และถังสูบน้ำ 1 ส่วน แต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

- ถังดักไขมัน (Grease Trap) มีขนาด 2.00 เมตร x 4.20 เมตร สูง 2.50 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 1.60 เมตร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 มีแผงกั้นด้านบน บริเวณกลางถังทำหน้าที่ดักไขมันไว้ที่ผิวน้ำ และส่วนที่ 2 เป็นทางน้ำออก ติดตั้งไว้ด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว เพื่อเป็นทางน้ำออกไปยังถังเกรอะ โดยน้ำเสียจากล็อตขายอาหาร ห้องครัว จะไหลเข้าสู่ถังดักไขมันนี้ก่อน จากนั้นจึงจะไหลล้นเข้าไปยังถังเกรอะ

- ถังเกรอะ จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีขนาด 3.10 เมตร x 4.00 เมตร สูง 2.50 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 1.60 เมตร มีลักษณะเป็นถังส่วนเดียว น้ำทิ้ง/น้ำโสโครก จากห้องน้ำ/ส้วม จะไหล

เข้าสู่ถังเกรอะถังที่ 1 โดยท่อขนาด 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว ตามลำดับ ในขณะที่น้ำเสียจากล็อตขายอาหาร ห้องครัว จากถังดักไขมันจะเข้าสู่ถังเกรอะโดยท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ถังเกรอะถัง ที่ 1 ทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอน ทำให้น้ำแบ่งออกเป็น 3 ชั้น โดยน้ำใสชั้นกลางจะไหลเข้าสู่ถังเกรอะถังที่ 2 โดยท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ถังเกรอะถังที่ 2 นี้ ช่วยตกตะกอนบางส่วนที่อาจหลุดออกมาจากถังเกรอะถังที่ 1 ได้ ทำให้น้ำเสียที่ออกจากถังเกรอะถังที่ 2 มีสารแขวนลอยน้อยลง ช่วยยืดอายุการทำงานของถังกรองไร้อากาศได้

- ถังกรองไร้อากาศ จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2.65 เมตร x 2.80 เมตร สูง 2.50 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 1.60 เมตร ติดตั้งไว้ด้วยตัวกลางพลาสติก สูง 0.52 เมตร พร้อมท่อสูบตะกอนขนาด 10 นิ้ว น้ำเสียจากถังเกรอะจะเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศที่ด้านบนของถังโดยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางพลาสติกจากบนลงล่าง และไหลเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศถังที่ 2 จากทางด้านล่างขึ้นบน และไหลล้นเข้าสู่รางน้ำบริเวณด้านบนของถังกรองไร้อากาศถังที่ 2 และไหลเข้าสู่ถังสูบน้ำ (Sump Tank) โดยท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ต่อไป

- ถังสูบน้ำ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำให้มีระดับพอเหมาะแก่การสูบด้วยเครื่องสูบแบบจมน้ำ มีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1.20 เมตร x 8.00 เมตร สูง 2.50 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 1.60 เมตร ติดตั้งเครื่องสูบแบบจมน้ำ (Submersible Pump) ขนาดสูบ 20 แกลลอนต่อนาที (GPM) ส่งน้ำสูง 15 ฟุต ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ทำหน้าที่สูบน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกสู่รางระบาย เพื่อระบายลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.7 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารอำนวยการ

น้ำเสียจากอาคารอำนวยการสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ น้ำจากการระบายน้ำฝน ซึ่งทำการระบายลงสู่รางระบายน้ำ เพื่อปล่อยออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ และน้ำทิ้ง/น้ำโสโครก จากห้องน้ำ/ส้วม ซึ่งบำบัดโดยใช้ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ ก่อนปล่อยออกสู่รางระบายเพื่อระบายลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเกรอะ-กรองไร้อากาศ มีลักษณะโดยรวมเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 8.00 เมตร x 16.00 เมตร สูง 3.10 เมตร แบ่งออกเป็น 7 ส่วน คือ ถังเกรอะ 2 ส่วน ถังกรองไร้อากาศ 4 ส่วน และถังสูบน้ำ 1 ส่วน แต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1) ถังเกรอะ (Septic Tank) จำนวน 2 ส่วน (ถัง) แต่ละถังมีขนาด 3.65 เมตร x 7.50 เมตร สูง 3.10 เมตร น้ำทิ้ง/น้ำโสโครก จากห้องน้ำ/ส้วม จะไหลเข้าสู่ถังที่ 1 เกิดการตกตะกอนของกากตะกอน แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นล่างสุดเป็นชั้นตะกอน ชั้นกลางเป็นชั้นน้ำใส และชั้นบนสุด

เป็นชั้นไขมันลอย (Scum) น้ำใสส่วนกลางจะไหลเข้าสู่ถังเกรอะถังที่ 2 เพื่อตกตะกอนอีกครั้ง ด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ทำให้น้ำที่ออกจากถังเกรอะมีปริมาณสารแขวนลอยน้อยลง ช่วยให้ยืดอายุของถังกรองไร้อากาศ

2) ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter Tank) ถังกรองไร้อากาศทำหน้าที่ให้จุลินทรีย์เกาะ เพื่อทำหน้าที่บำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มีจำนวนทั้งสิ้น 4 ส่วน (ถัง) แต่ละถังมีขนาด 2.80 เมตร x 3.65 เมตร สูง 3.10 เมตร ติดตั้งไว้ด้วยตัวกลางพลาสติกสูง 1.04 เมตร พร้อมท่อสูบตะกอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว น้ำเสียจะเข้าสู่ด้านบนของถังกรองไร้อากาศถังที่ 1 โดยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จากนั้นน้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางกรองจากบนลงล่าง และไหลเข้าสู่ตัวกลางกรองในถังกรองไร้อากาศถังที่ 2 จากล่างขึ้นบน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากทั้ง 2 ถังแล้วจะไหลล้นเข้าสู่รางน้ำด้านบนของถังกรองไร้อากาศถังที่ 2 และไหลเข้าสู่ด้านบนของถังกรองไร้อากาศถังที่ 3 และมีสภาพการไหลของน้ำในถังที่ 3 และ 4 เช่นเดียวกับถังที่ 1 และ 2 หลังจากนั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะไหลล้นเข้าสู่รางน้ำด้านบนของถังกรองไร้อากาศถังที่ 4 เพื่อไหลเข้าสู่ถังสูบน้ำต่อไป

3) ถังสูบน้ำ (Sump Tank) มีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2.80 เมตร x 3.65 เมตร สูง 3.10 เมตร ติดตั้งเครื่องสูบแบบจมน้ำจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดมีขนาดสูบ 50 แกลลอนต่อนาที (GPM) ส่งน้ำสูง 15 ฟุต ขนาดมอเตอร์ขับ 20 แรงม้า ทำหน้าที่สูบน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปยังรางระบาย เพื่อระบายลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.8 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารซ่อมบำรุง

น้ำทิ้งและน้ำโสโครกจากอาคารซ่อมบำรุง ถูกนำไปบำบัดยังถังเกรอะสำเร็จรูป จำนวน 2 ถัง โดยใช้ท่อ 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่รางระบาย เพื่อระบายออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.9 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารเฉลิมพระเกียรติ

ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite System) ประกอบด้วย ถังกรอง และถังเกรอะ ที่ต่อกันแบบอนุกรม น้ำโสโครกจากส้วมและโถปัสสาวะจะถูกต่อไปลงถังกรองก่อน จากนั้นน้ำใสจึงไหลล้นไปลงยังถังเกรอะ ในขณะที่น้ำทิ้งจากอ่างล้างมือจะถูกต่อไปลงยังถังเกรอะ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อทั้ง 2 จะไหลล้นไปลงยังบ่อตรวจระบาย (Manhole) ของระบบท่อระบายน้ำเสียและน้ำฝนของมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

ท่อน้ำทิ้งและท่อน้ำโสโครก มีขนาด 4 นิ้ว ในขณะที่ท่ออากาศ (Vent) มีขนาด 3 นิ้ว ถังเกรอะและถังกรองมีขนาดรวมกัน 6,000 ลิตร

4.1.2.10 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารหอประชุม

น้ำเสียจากอาคารหอประชุม ประกอบด้วย น้ำจากการระบายน้ำฝน น้ำทิ้งและน้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม โดยน้ำจากการระบายน้ำฝนจะระบายลงสู่บ่อตรวจระบายที่ติดตั้งอยู่โดยรอบอาคาร ในขณะที่น้ำทิ้งและน้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม จะถูกบำบัดโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ ที่ประกอบด้วย ถังเกรอะและถังกรองไร้อากาศ ที่ต่อกันแบบอนุกรม จำนวนทั้งหมด 3 ชุด โดยน้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม จะถูกต่อลงไปยังถังเกรอะ เพื่อตกตะกอนกากตะกอน แล้วน้ำส่วนใสจะไหลล้นไปบำบัดต่อยังถังกรองไร้อากาศต่อไป สำหรับน้ำทิ้งจากการชำระล้าง เช่น น้ำจากอ่างล้างหน้า น้ำจากการล้างพื้น เป็นต้น จะถูกต่อลงไปบำบัดยังถังกรองไร้อากาศเพียงขั้นตอนเดียวโดยไม่ผ่านถังเกรอะ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลล้นลงสู่บ่อตรวจระบายที่อยู่รอบ ๆ บริเวณอาคาร และไหลล้นลงสู่รางระบายน้ำรวมของมหาวิทยาลัยฯ และกำจัดขั้นสุดท้ายโดยการปล่อยออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.11 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารยิมเนเซียม

การบำบัดน้ำเสียจากอาคารยิมเนเซียม ใช้ระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ จำนวน 2 ชุด โดยทำหน้าที่บำบัดน้ำทิ้ง/น้ำโสโครก จากห้องน้ำ/ส้วม ที่ใช้ระบบท่อระบายรวม ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศแต่ละชุด มีรายละเอียด ดังนี้

1) ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ ชุดที่ 1 มีลักษณะเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด กว้าง x ยาว 3.50 เมตร x 7.40 เมตร สูง 3.30 เมตร ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 3 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 เป็นถังเกรอะ จำนวน 2 ถัง มีสภาพการไหลของน้ำเป็นแบบอนุกรม ขนาดกว้าง x ยาว 1.40 เมตร x 3.50 เมตร ระดับน้ำเก็บกัก 2.10 เมตร ถังเกรอะทั้ง 2 เป็นถังแบบส่วนเดียว โดยถังแรกมีแผ่นกั้นช่องเป็นทางน้ำเข้า น้ำทิ้ง/น้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม จะไหลเข้าสู่ถังเกรอะถังแรกโดยท่อเหล็กขาด 6 นิ้ว กากตะกอนจะตกตะกอนลงบริเวณก้นถัง และน้ำส่วนใสจะไหลล้นลงสู่ถังเกรอะถังที่ 2 ตะกอนบางส่วนที่อาจหลุดออกมาจากถังเกรอะถังที่ 1 จะตกตะกอนอีกครั้งในถังเกรอะถังที่ 2 นี้ ทำให้น้ำที่ออกจากถังเกรอะมีสารแขวนลอยน้อยลง

- ส่วนที่ 2 เป็นถังกรองไร้อากาศ จำนวน 2 ส่วน ขนาดกว้าง x ยาว 1.40 เมตร x 3.50 เมตร มีระดับน้ำเก็บกัก 2.00 เมตร ถังกรองไร้อากาศแต่ละส่วน แบ่งออกเป็นถังกรองจำนวน 2 ถัง ขนาดกว้าง x ยาว 1.40 เมตร x 1.65 เมตร น้ำส่วนใสจากถังเกรอะถังที่ 2 จะไหลล้นเข้าสู่ถังกรองไร้

อากาศส่วนที่ 1 โดยท่อพีวีซี ขนาด 6 นิ้ว ไหลล้นเข้าสู่รางน้ำ เพื่อกระจายน้ำให้ไหลล้นลงสู่ถังกรองถังที่ 1 อย่างสม่ำเสมอ โดยน้ำจะไหลจากบนลงล่าง (Down Flow) ผ่านตัวกลางกรองที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ ทำหน้าที่บำบัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย จากนั้นน้ำจะไหลเข้าสู่ถังกรองถังที่ 2 จากล่างขึ้นบน (Up Flow) ผ่านตัวกลางกรองที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ ทำหน้าที่บำบัดสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียเช่นเดียวกัน น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากถังกรองไร้อากาศส่วนที่ 1 แล้ว จะไหลเข้าสู่รางน้ำที่ต่อเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศส่วนที่ 2 เพื่อบำบัดซ้ำอีกครั้ง โดยมีลักษณะการไหลของน้ำ และการบำบัดสารอินทรีย์เช่นเดียวกับถังกรองไร้อากาศส่วนที่ 1

ภายในถังกรองไร้อากาศแต่ละส่วนจะติดตั้งไว้ด้วยตัวกลางกรองพลาสติก ความสูง 1.04 เมตร พร้อมท่อสูบตะกอนพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว เพื่อสูบตะกอนที่สะสมอยู่ที่ก้นถัง

- ส่วนที่ 3 บ่อสูบ ขนาดกว้าง x ยาว 1.00 เมตร x 3.50 เมตร ระดับน้ำเก็บกักสูงสุด 1.30 เมตร ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ 2 ชุด มีระดับน้ำต่ำสุดที่ทำงาน 0.50 เมตร โดยน้ำทิ้ง/น้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม ที่ผ่านการบำบัดจากถังกรองไร้อากาศส่วนที่ 2 จะไหลล้นเข้าสู่บ่อสูบด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว และเครื่องสูบจะทำหน้าที่สูบน้ำออกสู่บ่อตรวจระบายที่อยู่รอบ ๆ อาคาร เพื่อกำจัดขั้นสุดท้ายลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

2) ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศชุดที่ 2 มีลักษณะคล้ายกับถังเกรอะ-กรองไร้อากาศชุดที่ 1 โดยเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดกว้าง x ยาว 4.00 เมตร x 9.80 เมตร ความสูงจากก้นถัง 3.30 เมตร ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 3 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 ถังเกรอะ จำนวน 2 ถัง ขนาดแต่ละถัง 1.80 เมตร x 4.00 เมตร ระดับน้ำเก็บกักสูงสุด 2.10 เมตร มีลักษณะการไหลของน้ำเสียเป็นแบบอนุกรม โดยน้ำเสียจะไหลเข้าสู่ถังเกรอะถังที่ 1 โดยท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว กากตะกอนในน้ำเสียจะตกตะกอนและน้ำส่วนใส จะไหลเข้าสู่ถังเกรอะถังที่ 2 โดยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว เพื่อตกตะกอนกากตะกอนที่อาจหลุดออกไปจากถังเกรอะถังที่ 1 อีกครั้ง หลังจากนั้นน้ำส่วนใสจะไหลล้นเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศต่อไป

- ส่วนที่ 2 ถังกรองไร้อากาศ จำนวน 2 ส่วน ขนาดแต่ละถัง 1.80 เมตร x 4.00 เมตร โดยถังกรองไร้อากาศแต่ละส่วน แบ่งออกเป็น ถังกรอง 2 ถัง ขนาดแต่ละถัง 1.80 เมตร x 1.90 เมตร ติดตั้งไว้ด้วยตัวกลางกรองพลาสติก สูง 1.04 เมตร พร้อมท่อสูบตะกอนพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว ลักษณะการไหลของน้ำเสียและการบำบัด มีลักษณะเช่นเดียวกับถังเกรอะ-กรองไร้อากาศชุดที่ 1

- ส่วนที่ 3 บ่อสูบ จำนวน 1 บ่อ ขนาด 1.80 เมตร x 1.80 เมตร ระดับน้ำเก็บกักสูงสุด 1.20 เมตร ระดับต่ำสุดที่เครื่องสูบน้ำทำงาน 0.50 เมตร ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ จำนวน 2 ชุด เพื่อทำหน้าที่สูบน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่บ่อตรวจระบาย และเพื่อกำจัดในขั้นสุดท้ายด้วยการปล่อยลงคลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.12 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารหอพักอาจารย์

น้ำเสียจากอาคารหอพักอาจารย์ ประกอบด้วยน้ำซักล้างจากห้องซักรีด น้ำฝนจากการระบายน้ำฝน น้ำทิ้ง/น้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม โดยน้ำฝนจากการระบายน้ำฝนจะปล่อยให้ไหลลงรางระบายรอบ ๆ มหาวิทยาลัยฯ เพื่อระบายออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ในขณะที่น้ำซักล้าง น้ำทิ้ง/น้ำโสโครกจะบำบัดก่อนกำจัดขั้นสุดท้ายด้วยบ่อเกรอะ-กรองไร้อากาศ ซึ่งมีลักษณะเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด กว้าง x ยาว 5.00 เมตร x 15.50 เมตร สูง 3.00 เมตร แบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ 3 ส่วน ดังนี้

1) ส่วนที่ 1 ถังเกรอะ จำนวน 1 ถัง มีลักษณะเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 4.50 เมตร x 4.50 เมตร ระดับน้ำเก็บกักสูงสุด 2.20 เมตร เป็นถังส่วนเดียว ทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนที่มีอยู่ในน้ำเสียจากห้องซักรีด ห้องน้ำ/ส้วม

2) ส่วนที่ 2 ถังกรองไร้อากาศ จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีขนาด กว้าง x ยาว 3.10 เมตร x 3.15 เมตร ระดับน้ำเก็บกักสูงสุด 2.20 เมตร โดยภายในถังกรองไร้อากาศทั้ง 2 ติดตั้งตัวกลางกรองพลาสติกสูง 1.04 เมตร พร้อมท่อสูบตะกอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว เพื่อทำหน้าที่สูบตะกอนที่สะสมอยู่ก้นถัง น้ำส่วนใสจากถังเกรอะจะไหลเข้าสู่ถังกรองไร้อากาศถังที่ 1 โดยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว และไหลผ่านตัวกลางกรองจากบนลงล่าง (Down Flow) จุลินทรีย์ในตัวกลางจะทำหน้าที่บำบัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย น้ำที่ผ่านการบำบัดจากถังที่ 1 แล้ว จะไหลเข้าสู่ถังกรองถังที่ 2 จากล่างขึ้นบน (Up Flow) โดยด้านล่างของถังกรองทั้ง 2 จะเปิดเชื่อมต่อถึงกัน จุลินทรีย์ในตัวกลางของถังกรองที่ 2 จะทำหน้าที่บำบัดสารอินทรีย์อีกครั้ง น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลล้นเข้าสู่รางน้ำ และไหลออกไปยังส่วนที่ 3 โดยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ต่อไป

3) ส่วนที่ 3 บ่อสูบ (Sump Tank) ขนาด 1.20 เมตร x 6.35 เมตร ติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 0.25 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่สูบน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกสู่บ่อตรวจระบายที่ติดตั้งอยู่รอบ ๆ อาคาร เพื่อระบายลงรางระบายน้ำรวม แล้วกำจัดขั้นสุดท้ายโดยการปล่อยออกสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.2.13 ระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคารบริการ

การบำบัดน้ำเสียจากอาคารบริการใช้ระบบบำบัดแบบติดกับที่ ที่ประกอบด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป 2 แบบ คือ ถัง AQUA-SEPT ทำหน้าที่ตกตะกอนกากตะกอนจากน้ำทิ้ง/น้ำโสโครก และถัง AQUA-FILTER ที่ทำหน้าที่บำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่ในตัวกลางกรองภายในถัง การบำบัดน้ำเสียมีลักษณะ ดังนี้

1) น้ำจากการระบายน้ำฝน จะปล่อยให้ไหลล้นระบายลงสู่รางระบายบริเวณด้านหน้าอาคาร

2) น้ำทิ้ง/น้ำโสโครกจากห้องน้ำ/ส้วม บำบัดโดยใช้ถัง AQUA-SEPT ร่วมกับถัง AQUA-FILTER โดยติดตั้งไว้จำนวน 3 ชุด (1 ชุด ประกอบด้วย AQUA-SEPT 1 ถัง และ AQUA-FILTER 1 ถัง)

3) น้ำจากห้องครัว บำบัดโดยใช้ถังดักไขมัน (Grease Trap) ทำหน้าที่ดักไขมันก่อนที่จะบำบัดน้ำที่ไหลล้นออกมาด้วย AQUA-SEPT และ AQUA-FILTER ต่อไป

4) การกำจัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย (Ultimate Disposal) โดยการปล่อยให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไหลล้นเข้าสู่รางระบายรอบมหาวิทยาลัยฯ เพื่อระบายลงสู่คลองเปิดหลังมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป

4.1.3 ผลการศึกษารายงานการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียในอดีต

จากการศึกษาพบว่า ยังไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยมีเพียงข้อเสนอทางด้านเทคนิคและข้อเสนอทางด้านราคาของโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (บริษัท เบ็ทเทอร์ไลฟ์ จำกัด, 2540) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อเสนอทางด้านเทคนิค ประกอบด้วยการเสนอที่จะทำการศึกษาและจัดทำรายงาน ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะสมบัติน้ำเสีย
- การคัดเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม โดยในขั้นต้นเสนอระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)
- การสำรวจพื้นที่ ประกอบด้วยการสำรวจ ระดับ แนวเขต และระดับน้ำต่ำสุดสูงสุด รวมทั้งสำรวจข้อมูลทางปฐพีกลศาสตร์ของบริเวณสถานที่ก่อสร้าง
- การออกแบบรายละเอียด (Detail Engineering Design) โดยกำหนดเกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และเกณฑ์การออกแบบโครงสร้าง

- การออกแบบและเขียนแบบรายละเอียด
- การจัดเตรียมเอกสารเพื่อประกวดราคา และเอกสารการจ้างเหมางานก่อสร้าง
- การจัดทำเอกสารมาตรฐานการก่อสร้าง และข้อกำหนดเฉพาะงาน (Specification)
- การจัดเตรียมเอกสารประกอบการออกแบบ (Design Note)
- การจัดทำบัญชีวัสดุ และปริมาณงาน (Bill of Quantities)
- การประมาณราคาค่าก่อสร้าง (Detailed Cost Estimates)
- การจัดทำแผนดำเนินการก่อสร้าง และกำหนดระยะเวลาของการก่อสร้าง (Consruction Schedule)
- การจัดเตรียมคู่มือการดำเนินการ และบำรุงรักษา

2. ข้อเสนอทางด้านราคา โดยเสนอราคาในการดำเนินการศึกษา และจัดทำรายงานตามขอบเขตดังกล่าวข้างต้นเป็นจำนวนเงิน 1,800,700.00 บาท (หนึ่งล้านแปดแสนเจ็ดร้อยบาทถ้วน)

4.1.4 ผลการศึกษาพื้นที่ใช้สอยของแต่ละอาคาร

พื้นที่ใช้สอยของแต่ละอาคารแสดงดังตารางที่ 4-2 ประกอบด้วยอาคารทั้งสิ้น 13 อาคาร มีพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งสิ้น 83,457.18 ตร.ม. คิดเป็นปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อพื้นที่เท่ากับ 186.14 ลิตร/ตร.ม-เดือน

4.1.5 ผลการศึกษาการควบคุมการระบายน้ำฝนและน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยฯ

การควบคุมการระบายน้ำฝนและน้ำเสียใช้ระบบท่อและรางระบายที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อ 4.1.1 ในการรวบรวมและระบายออกสู่คลองต้นหมันหลังมหาวิทยาลัยฯ แบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน โดยในช่วงฤดูแล้งจะทำการปิดกั้นทางน้ำออกบริเวณหลังอาคารโภชนาการ เพื่อกักน้ำไว้ในระบบท่อ สำหรับนำไปใช้ในการรดน้ำต้นไม้โดยรอบบริเวณ ในขณะที่ในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไป จะนำเครื่องสูบน้ำดีเซลไปติดตั้งไว้ยังบริเวณทางน้ำออกหลังอาคารโภชนาการ เพื่อช่วยสูบระบายน้ำออกจากมหาวิทยาลัยฯ ไม่ให้เกิดการท่วมขังในกรณีที่มีฝนตกอย่างหนัก ซึ่งจากการดำเนินการในการควบคุมการระบายน้ำฝนและน้ำเสียดังกล่าว มีปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้

1) ในช่วงฤดูฝน ที่ฝนตกหนัก ระบบท่อระบายไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ทำให้เกิดน้ำท่วมขังในมหาวิทยาลัยฯ ในระยะเวลาหนึ่ง

ตารางที่ 4 - 2 พื้นที่ใช้สอยของแต่ละอาคารในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ลำดับที่	รายการ	พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.)
1	อาคารอำนวยการ	7,418.50
2	อาคารเรียน	31,700.00
3	อาคารบรรณสาร	9,000.00
4	อาคารเฉลิมพระเกียรติ	4,910.00
5	อาคารหอประชุม	3,898.00
6	อาคารบริการ	2,370.00
7	อาคาร โภชนาการ	4,705.00
8	อาคารบำรุงรักษา	846.00
9	อาคารยิมเนเซียม	4,050.00
10	อาคารหอพักอาจารย์	3,052.00
11	อาคารหอพักนักศึกษา	9,700.00
12	อาคารห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุขศาสตร์ฯ และเภสัชฯ	495.00
13	อาคารพัฒนานักศึกษา	1,312.68
	รวม	83,457.18

ที่มา : กองอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (2544)

2) ท่อระบายน้ำหลักขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร ที่บริเวณอาคารเฉลิมพระเกียรติมีการทรุดตัวตกท้องช้าง ทำให้เกิดตะกอนดินทรายอุดตัน และไม่สามารถระบายน้ำได้ทันในช่วงฤดูฝน

3) เนื่องจากมีการทรุดตัวของถนนบางช่วงมากกว่าการทรุดตัวของท่อระบาย ดังนั้นทำให้ระดับถนนต่ำกว่าระดับทางน้ำเข้าข้างถนน (Street Inlet) มาก น้ำไหลนองจะไม่สามารถระบายลงสู่ท่อระบายได้

4) มีตะกอนดินทรายติดค้างในระบบท่อในปริมาณมาก ทำให้ลดขนาดความสามารถในการระบายน้ำของระบบท่อลง

5) เนื่องจากการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันของท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดการแตกร้าว รั่วซึม ของระบบระบายน้ำ

นอกจากการควบคุมการระบายน้ำฝนและน้ำเสียแล้ว ในส่วนของการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละอาคาร พบว่าไม่มีการสูบสลัดจ์ส่วนเกินที่เกิดขึ้นในถังเกรอะ-กรอง รวมทั้งเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งไว้ในถังบำบัดไม่สามารถระบุได้ว่าเสีย หรือทำงานได้หรือไม่ โดยในระหว่างการเก็บตัวอย่าง และวัดอัตราการไหลพบว่า มีตะกอนจากถังเกรอะ-กรอง หลุดออกมาในปริมาณมาก ซึ่งอาจเนื่องมาจาก น้ำที่ไหลล้นในระบบท่อระบายได้ไหลล้นเข้าไปในถังบำบัดทำให้ตะกอนจากถังเกรอะ-กรองหลุดออกมา อันอาจทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่อแหล่งน้ำสาธารณะ เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบต่อสุขอนามัยของชุมชนบริเวณคลองต้นหมันได้

4.1.6 ผลการศึกษาปริมาณการใช้น้ำในมหาวิทยาลัยฯ

ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยฯ จากแผนกบัญชี กองคลัง มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ แสดงดังตารางที่ 4 – 3 โดยสามารถสรุปลักษณะการใช้น้ำได้ดังนี้

1. ปี พ.ศ. 2541 มีปริมาณน้ำใช้รวมทั้งสิ้น 124,620.00 ลบ.ม. (ข้อมูล 7 เดือน) ปริมาณน้ำใช้สูงสุด 20,044.00 ลบ.ม. ต่ำสุด 13,203.00 ลบ.ม. เฉลี่ย 17,802.86 ลบ.ม./เดือน

2. ปี พ.ศ. 2542 มีปริมาณน้ำใช้รวมทั้งสิ้น 195,085.00 ลบ.ม. ปริมาณน้ำใช้สูงสุด 19,326.00 ลบ.ม. ต่ำสุด 11,666.00 ลบ.ม. เฉลี่ย 16,257.08 ลบ.ม./เดือน

3. ปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณน้ำใช้รวมทั้งสิ้น 160,315.00 ลบ.ม. ปริมาณน้ำใช้สูงสุด 18,153.00 ลบ.ม. ต่ำสุด 8,003.00 ลบ.ม. เฉลี่ย 13,359.58 ลบ.ม./เดือน

4. ปี พ.ศ. 2544 มีปริมาณน้ำใช้รวมทั้งสิ้น 132,484.00 ลบ.ม. (ข้อมูล 9 เดือน) ปริมาณน้ำใช้สูงสุด 19,381.00 ลบ.ม. ต่ำสุด 8,228.00 ลบ.ม. เฉลี่ย 14,720.44 ลบ.ม./เดือน

ตารางที่ 4 - 3 สรุปรายละเอียดปริมาณการใช้น้ำประปาของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (บางพลี)

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ (ลบ.ม.)															
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	Max	Min	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	รวม
2541	-	-	-	-	-	19,733.00	19,275.00	17,028.00	17,862.00	13,203.00	17,475.00	20,044.00	20,044.00	13,203.00	17,802.86	124,620.00
2542	19,326.00	15,298.00	15,119.00	15,363.00	11,666.00	19,298.00	16,522.00	17,291.00	18,516.00	13,345.00	16,929.00	16,412.00	19,326.00	11,666.00	16,257.08	195,085.00
2543	18,153.00	14,718.00	16,080.00	15,737.00	8,437.00	14,632.00	14,672.00	13,395.00	12,115.00	8,003.00	13,108.00	11,265.00	18,153.00	8,003.00	13,359.58	160,315.00
2544	15,113.00	12,755.00	12,317.00	12,983.00	8,228.00	16,568.00	16,168.00	18,971.00	19,381.00	-	-	-	19,381.00	8,228.00	14,720.44	132,484.00
ค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน	17,530.67	14,257.00	14,505.33	14,694.33	9,443.67	17,557.75	16,659.25	16,671.25	16,968.50	11,517.00	15,837.33	15,907.00				

ที่มา : แผนกบัญชี กองคลัง มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (2544)

4.2 ผลการศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ

ดำเนินการเก็บตัวอย่างและวัดปริมาณน้ำเสีย 2 ครั้ง คือ

- ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 2 - 8 พฤศจิกายน 2544
- ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 7 - 13 พฤษภาคม 2545

มีผลการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสีย

ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียแบ่งเป็นตัวอย่างรวมและตัวอย่างเฉพาะ โดยตัวอย่างรวม เก็บตัวอย่างบริเวณจุดที่ 1 ในวันที่ 3 6 และ 8 พฤศจิกายน 2544 และวันที่ 7 9 และ 11 พฤษภาคม 2545 ส่วนตัวอย่างเฉพาะ ดำเนินการเก็บตัวอย่างบริเวณจุดที่ 2 และจุดที่ 3 ในวันที่ 6 พฤศจิกายน 2544 และวันที่ 7 พฤษภาคม 2545 มีผลการตรวจวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4 – 4 และตารางที่ 4 – 5 ดังนี้

4.2.1.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียรวม

ตัวอย่างน้ำเสียรวมใช้เป็นตัวแทนลักษณะน้ำเสียของมหาวิทยาลัยฯ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยมีผลการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

1) ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวะ (Biochemical Oxygen Demand, BOD) เป็นค่าที่ใช้แทนความสกปรกของน้ำเสียในมหาวิทยาลัยฯ โดยแสดงถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ค่าที่ตรวจวัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 17.7 ถึง 115.0 มก./ล. มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 58.2 มก./ล (20 มก./ล)*

2) ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand, COD) แสดงถึงปริมาณความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี ค่าที่ตรวจวัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 64.0 ถึง 294.0 มก./ล. มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 131.8 มก./ล

3) ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) เป็นค่าที่ใช้ร่วมกับค่าเจคาห์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen) เพื่อศึกษาถึงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและแสดงถึงอายุของน้ำเสียที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ โดยค่าที่ตรวจวัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.6 มก./ล มีค่าเฉลี่ย 0.3 มก./ล

---

* ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก
ที่มา : คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชน, 2541

ตารางที่ 4 - 4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติตัวอย่างน้ำเสียรวม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ลำดับที่	พารามิเตอร์	ผลการตรวจวิเคราะห์														
		ส. 3 พ.ย. 44		อ. 6 พ.ย. 44		พฤ. 8 พ.ย. 44		อ. 7 พ.ค. 45		พฤ. 9 พ.ค. 45		ส. 11 พ.ค. 45		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2			
1	BOD_5 (mg/L)	41.7	49.5	108.0	108.0	115.0	111.0	32.1	31.5	31.8	27.2	24.6	17.7	17.7	115.0	58.2
2	COD (mg/L)	104.0	78.0	182.0	206.0	294.0	278.0	88.0	68.0	88.0	64.0	68.0	64.0	64.0	294.0	131.8
3	NH_3-N (mg/L)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.6	0.6	0.3	0.4	0.1	0.6	0.3
4	TKN (mg/L)	0.3	0.3	0.6	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.9	0.8	0.5	0.5	0.2	0.9	0.5
5	PO_4^{3-} (mg/L)	35.3	35.7	40.1	33.1	36.2	35.6	47.8	45.9	49.0	47.4	48.6	47.4	33.1	49.0	41.8
6	SS (mg/L)	17.7	25.1	51.7	69.8	56.6	50.2	22.3	21.8	21.3	21.4	35.5	30.7	17.7	69.8	35.3
7	pH	6.9	7.2	6.5	6.7	6.7	6.6	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.6	6.5	7.6	7.1

ตารางที่ 4 - 5 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติตัวอย่างน้ำเสียเฉพาะ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ลำดับที่	พารามิเตอร์	ผลการตรวจวิเคราะห์													
		ต้นน้ำ							ท้ายน้ำ						
		อ. 6 พ.ย. 44		อ. 7 พ.ค. 45		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	อ. 6 พ.ย. 44		อ. 7 พ.ค. 45		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R1	R2				R1	R2	R1	R2			
1	DO (mg/L)	1.92	1.93	5.57	6.25	1.92	6.25	3.92	0.83	0.43	6.44	5.87	0.43	6.44	3.39
2	BOD_5 (mg/L)	7.56	6.24	197.00	194.00	6.24	197.00	101.20	8.82	9.00	210.00	225.00	8.82	225.00	113.21
3	COD (mg/L)	220.00	164.00	220.00	230.00	164.00	230.00	208.50	228.00	224.00	350.00	335.00	224.00	350.00	284.25
4	NH_3-N (mg/L)	0.12	0.13	0.28	0.31	0.12	0.31	0.21	0.11	0.07	0.28	0.28	0.07	0.28	0.18
5	NO_3-N (mg/L)	15.60	16.30	44.50	39.40	15.60	44.50	28.95	25.50	16.50	50.20	48.60	16.50	50.20	35.20
6	TP(mg/L)	11.84	19.25	15.00	14.50	11.84	19.25	15.15	11.20	11.20	14.00	7.45	7.45	14.00	10.96
7	pH	7.39	7.34	7.41	7.41	7.34	7.41	7.39	7.34	7.28	7.76	6.09	6.09	7.76	7.12
8	Total Coliform (MPN/100)	2,400.00	2,400.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00	2,400.00	2,000.00	2,400.00	2,400.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00	2,400.00	2,000.00
9	Fecal Coliform (MPN/100)	2,400.00	2,400.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00	2,400.00	2,000.00	2,400.00	2,400.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00	2,400.00	2,000.00

4) ค่าเจดาห์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนรวมกับแอมโมเนียไนโตรเจน โดยค่าที่ตรวจวัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.9 มก./ล มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.5 มก./ล (35 มก./ล)*

5) สารแขวนลอย (Suspended Solid, SS) มีค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในพิสัยระหว่าง 17.7 ถึง 69.8 มก./ล มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 35.3 มก./ล (30 มก./ล)*

6) ค่าพีเอช ที่ตรวจวัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 7.6 โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.1 มก./ล (5 – 9)*

7) ค่าออโธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ค่าออโธฟอสเฟตที่ตรวจวัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 33.1 ถึง 49.0 โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 41.8 มก./ล

4.2.1.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียเฉพาะ

ตัวอย่างน้ำเสียเฉพาะเป็นตัวแทนที่แสดงถึงลักษณะของแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยฯ โดยลักษณะของน้ำตัวอย่างที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 ใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำก่อนรองรับน้ำเสีย และลักษณะของน้ำตัวอย่างที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 ใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำหลังจากรองรับน้ำเสีย โดยมีผลการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

1) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ถึงคุณภาพของแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยฯ โดยเป็นค่าของปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งค่าที่วัดได้ มีรายละเอียดดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ (Upstream) ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 1.92 ถึง 6.25 มก./ล มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.92 มก./ล
- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ (Downstream) ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 6.44 มก./ล มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.39 มก./ล

2) ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวะ (Biochemical Oxygen Demand, BOD) เป็นปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยฯ มีรายละเอียดผลการตรวจวัด ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 6.24 ถึง 197.0 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 101.20 มก./ล

---

* ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก

ที่มา : คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชน, 2541

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 8.82 ถึง 225.0 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 113.21 มก./ล

3) ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand, COD) ของแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยฯ มีรายละเอียดผลการตรวจวัด ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 164.0 ถึง 230.0 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 208.5 มก./ล

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 224.0 ถึง 350.0 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 284.25 มก./ล

4) ค่าฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus, TP) ค่าฟอสฟอรัสรวมในแหล่งน้ำเป็นดัชนีที่ใช้ชี้วัดปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นของสาหร่าย (Algae) และจุลินทรีย์ หากแหล่งน้ำมีฟอสฟอรัสมากเกินไปอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Algae Bloom ได้ ซึ่งค่าที่วัดได้มีรายละเอียด ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 11.84 ถึง 19.25 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 15.15 มก./ล

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 7.45 ถึง 14.0 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 10.96 มก./ล

5) ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) มีรายละเอียดค่าที่ตรวจวัดได้ ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 0.31 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.21 มก./ล

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.07 ถึง 0.28 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.18 มก./ล

6) ค่าไนเตรตไนโตรเจน (NO_3^--N) มีรายละเอียดค่าที่ตรวจวัดได้ ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 15.6 ถึง 44.5 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 28.95 มก./ล

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 16.50 ถึง 15.20 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 35.20 มก./ล

7) ค่า Total Coliform เป็นดัชนีที่ชี้วัดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ โดยค่าของ Coliform Bacteria ที่ตรวจวัดได้มีรายละเอียด ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 1,600 ถึง 2,400 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2,000 มก./ล

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 1,600 ถึง 2,400 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2,000 มก./ล

8) ค่า Fecal Coliform เป็นดัชนีที่ชี้วัดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำจากอุจจาระ มีผลของการตรวจวัด ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 1,600 ถึง 2,400 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2,000 มก./ล

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 1,600 ถึง 2,400 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2,000 มก./ล

9) ค่า pH มีผลของการตรวจวัด ดังนี้

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณต้นน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 7.34 ถึง 7.41 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.39 มก./ล

- จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณท้ายน้ำ ค่าที่วัดได้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 6.09 ถึง 7.76 มก./ล คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.12 มก./ล

4.2.2 ผลการวัดอัตราการไหลของน้ำเสีย

อัตราการไหลของน้ำเสียแสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยฯ การวัดได้ดำเนินการ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 2 ถึง 8 พฤศจิกายน 2544 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว-แล้ง และครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 7 ถึง 13 พฤษภาคม 2545 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน โดยผลการวัดอัตราการไหลทั้ง 2 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4 – 6 และตารางที่ 4 – 7 มีรายละเอียด ดังนี้

- การวัดอัตราการไหลครั้งที่ 1 พบว่ามีอัตราการไหลเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด เท่ากับ 11.89, 18.01 และ 2.81 ลบ.ม./ชม. ตามลำดับ โดยอัตราการไหลสูงสุดวัดได้ที่เวลา 14.00 น. ของวันจันทร์ ที่ 5 พฤศจิกายน 2544 ในขณะที่อัตราการไหลต่ำสุดวัดได้ที่เวลา 16.00 น. และ 18.00 น. ของวันศุกร์ ที่ 2 พฤศจิกายน 2544

- การวัดอัตราการไหลครั้งที่ 2 พบว่ามีอัตราการไหลเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด เท่ากับ 65.40, 657.62 และ 2.79 ลบ.ม./ชม. ตามลำดับ โดยอัตราการไหลสูงสุดวัดได้ที่เวลา 16.00 น. ของวันเสาร์ ที่ 11 พฤษภาคม 2545 ในขณะที่อัตราการไหลต่ำสุดวัดได้ที่เวลา 06.00 น. ของวันพุธ ที่ 8 พฤษภาคม 2545

ตารางที่ 4 - 6 ผลการวัดอัตรากการไหลของน้ำเสียครั้งที่ 1 บริเวณจุดเก็บน้ำหลังอาคารโภชนาการ

วันที่	เวลา																							
	06.00		08.00		10.00		12.00		14.00		16.00		18.00		20.00		22.00		24.00		02.00		04.00	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
ศุกร์ 2 พ.ย. 44	4.6	9.80	4.4	9.17	5	11.11	3.6	6.79	3.6	6.79	2	2.81	2	2.81	3.6	6.79	5.6	13.17	6.2	15.34	6.2	15.34	5.4	12.47
เสาร์ 3 พ.ย. 44	5.8	13.88	5.4	12.47	5.6	13.17	6.2	15.34	6.8	17.62	4.5	9.48	4.5	9.48	4.5	9.48	4.9	10.78	4.7	10.12	4.5	9.48	4.7	10.12
อาทิตย์ 4 พ.ย. 44	4.3	8.86	3.9	7.65	4.1	8.25	3.9	7.65	3.7	7.07	3.7	7.07	3.7	7.07	4.1	8.25	4.5	9.48	4.9	10.78	4.5	9.48	4.5	9.48
จันทร์ 5 พ.ย. 44	4.1	8.25	5	11.11	5.6	13.17	6	14.60	6.9	18.01	6	14.60	6	14.60	5.2	11.78	5.8	13.88	5.6	13.17	5.2	11.78	4.8	10.45
อังคาร 6 พ.ย. 44	4.2	8.55	4.8	10.45	5.8	13.88	5.8	13.88	6.4	16.09	6	14.60	6	14.60	5.6	13.17	5.8	13.88	6	14.60	5	11.11	4.6	9.80
พุธ 7 พ.ย. 44	3.8	7.36	4.8	10.45	5	11.11	5.8	13.88	6.6	16.85	6.7	17.23	6.4	16.09	6	14.60	6	14.60	6.2	15.34	5.8	13.88	5.4	12.47
พฤหัสบดี 8 พ.ย. 44	4.6	9.80	5.2	11.78	6	14.60	6.4	16.09	6.8	17.62	6.4	16.09	6.4	16.09	6	14.60	6	14.60	6	14.60	5.6	13.17	5	11.11

หมายเหตุ

- ความยาวสันเวียร์ วัดครั้งที่ 1 = 15 ซม.
- (1) ความสูงของน้ำเหนือสันเวียร์ (ซม.)
- (2) อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./ชม.)

ตารางที่ 4 - 7 ผลการวัดอัตราการไหลของน้ำเสียครั้งที่ 2 บริเวณจุดเก็บน้ำหลังอาคารโภชนาการ

วันที่	เวลา																							
	10.00		12.00		14.00		16.00		18.00		20.00		22.00		24.00		02.00		04.00		06.00		08.00	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
อังคาร 7 พ.ค. 45	12.9	98.21	8.45	52.07	7.35	42.24	5.25	25.50	4.9	22.99	3.5	13.88	2.45	8.13	2.5	8.38	2.2	6.92	1.9	5.55	1.2	2.79	1.35	3.32
พุธ 8 พ.ค. 45	1.55	4.09	1.6	4.29	1.85	5.33	2.15	6.68	2.65	9.14	3.7	15.09	3.2	12.13	3	11.01	2.5	8.38	2.5	8.38	2.2	6.92	3.3	12.71
พฤหัสบดี 9 พ.ค. 45	3.5	13.88	3	11.01	3.4	13.29	3.5	13.88	7.5	43.54	6.5	35.13	6.5	35.13	6.5	35.13	6.5	35.13	6	31.15	3.5	13.88	3.5	13.88
ศุกร์ 10 พ.ค. 45	4.85	22.64	4.65	21.25	4	16.96	6.15	32.33	8.25	50.23	8.15	49.32	6.4	34.32	6	31.15	5.4	26.60	3.5	13.88	3.5	13.88	7.55	43.97
เสาร์ 11 พ.ค. 45	6.65	36.35	5.7	28.85	30	398.59	36.5	657.62	31.35	445.99	22.5	221.54	21	203.99	20.5	196.74	18.5	168.67	15	123.14	9.5	62.07	7	39.26
อาทิตย์ 12 พ.ค. 45	8.25	50.23	8	47.96	6.75	37.17	7	39.26	6.25	33.12	22	218.73	18.5	168.67	13.5	105.14	10	67.03	9.5	62.07	7.5	43.54	22	218.73
จันทร์ 13 พ.ค. 45	20.5	196.74	15.75	132.49	13.5	105.14	10.5	72.12	9.5	62.07	5.75	29.23	6.25	33.12	6.15	32.33	5.75	29.23	5.5	27.34	5.35	26.23	5.5	27.34

หมายเหตุ

- ความยาวสันเวียร์ วัดครั้งที่ 2 = 32 ซม.
- (1) ความสูงของน้ำเหนือสันเวียร์ (ซม.)
- (2) อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./ชม.)

4.3 ผลการศึกษาข้อมูลสำหรับการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

ข้อมูลที่ใช้เพื่อการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นประกอบด้วย ข้อมูลในการประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ และข้อมูลสำหรับการประเมินราคาเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก มีผลการศึกษาแยกเป็นหัวข้อ ดังนี้

4.3.1 ข้อมูลในการประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

การศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นในการประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลปริมาณประชากรทั้งหมดในมหาวิทยาลัยฯ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ และลักษณะของน้ำเสียจากงานวิจัยอื่น ๆ มีผลการศึกษา ดังนี้

1) ประชากรทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยฯ ประกอบด้วย บุคลากรและนักศึกษา มีปริมาณรวมแต่ละปีในอดีตจนถึงปัจจุบันดังแสดงในตารางที่ 4 – 8 คิดเป็นอัตราการเพิ่มประชากรเฉลี่ย ร้อยละ 41.32 ลักษณะการขยายตัวของประชากรในมหาวิทยาลัยฯ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงปี พ.ศ. 2536 - 2540 ซึ่งเป็นช่วงแรกของการเริ่มดำเนินงานของมหาวิทยาลัยฯในวิทยาเขตบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ โดยคิดเป็นอัตราการเพิ่มประชากรโดยเฉลี่ยในช่วงนี้ เท่ากับร้อยละ 64.62 หลังจากนั้นในช่วงปี พ.ศ. 2541 ถึงปัจจุบัน การเพิ่มของประชากรในมหาวิทยาลัยฯ ยังมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการเพิ่มที่น้อยกว่าในอดีต โดยมีอัตราการเพิ่มประชากรโดยเฉลี่ยในช่วงนี้ เท่ากับร้อยละ 2.48

การพยากรณ์จำนวนประชากรได้ใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2539 – 2543 ในการกำหนดเส้นแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง โดยผลการศึกษาได้สมการเชิงเส้นตรง ดังนี้

$$Y = 316.20 X - 796328.40$$

$$R^2 = 0.63$$

โดยที่

Y = จำนวนประชากรที่พยากรณ์ (คน)

X = ปี พ.ศ.

เมื่อพยากรณ์จำนวนประชากรโดยใช้สมการเชิงเส้นตรงดังกล่าว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 – 9 พบว่าประชากรในมหาวิทยาลัยฯ ในปี พ.ศ. 2565 มีจำนวนทั้งสิ้น 14,725 คน

ตารางที่ 4 - 8 การพยากรณ์จำนวนประชากรในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (อัตราการเพิ่ม, %)

ปี พ.ศ.	จำนวน				อัตราการเพิ่ม (%)			
	นักศึกษา	อาจารย์	บุคลากร	รวม	แต่ละปี	2536-2540	2541-2543	2536-2543
2535	447	93	112	652				
2536	756	122	150	1028	57.67			
2537	1977	140	202	2319	125.58			
2538	3430	191	275	3896	68.00			
2539	5538	240	318	6096	56.47			
2540	6452	259	322	7033	15.37	64.62		
2541	7050	296	350	7696	9.43			
2542	6683	295	343	7321	-4.87			
2543	6891	295	347	7533	2.90		2.48	41.32

ตารางที่ 4 - 9 การพยากรณ์จำนวนประชากรในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

(จำนวนประชากรพยากรณ์)

ปี พ.ศ.	จำนวน				จำนวนประชากรพยากรณ์
	นักศึกษา	อาจารย์	บุคลากร	รวม	
2535	447	93	112	652	
2536	756	122	150	1028	
2537	1977	140	202	2319	
2538	3430	191	275	3896	
2539	5538	240	318	6096	
2540	6452	259	322	7033	
2541	7050	296	350	7696	
2542	6683	295	343	7321	
2543	6891	295	347	7533	
2544					8,084
2545					8,401
2546					8,717
2547					9,033
2548					9,349
2549					9,665
2550					9,982
2551					10,298
2552					10,614
2553					10,930
2554					11,246
2555					11,563
2556					11,879
2557					12,195
2558					12,511
2559					12,827
2560					13,144
2561					13,460
2562					13,776
2563					14,092
2564					14,408
2565					14,725

2) ปริมาณการใช้น้ำภายในมหาวิทยาลัยฯ พบว่าแหล่งน้ำหลักที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคของประชากรภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดน้ำเสีย คือ น้ำประปา ดังนั้นการศึกษาจะนำเอาปริมาณการใช้น้ำประปามาพิจารณาคำนวณหาอัตราการใช้น้ำเท่านั้น โดยปริมาณการใช้น้ำภายในมหาวิทยาลัยฯ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 - 2 ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.1.6

3) การหาค่าอัตราการใช้น้ำ (Water Use Rate) ของประชากรภายในมหาวิทยาลัยฯ ได้นำข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในอดีตแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 – 2544 มาหารด้วยจำนวนประชากรในแต่ละปี พบว่า อัตราการใช้น้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 58.31 – 75.67 ลิตร/คน-วัน ซึ่งอัตราการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลงทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ 2544 ที่มีอัตราการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจาก 58.31 ลิตร/คน-วัน เป็น 60.03 ลิตร/คน-วัน อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวยังมีค่าน้อยกว่า 75.67 ลิตร/คน-วัน ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดในปี พ.ศ 2541 ดังนั้นในอนาคตคาดว่าอัตราการใช้น้ำของประชากรในมหาวิทยาลัยฯ จะยังมีค่าอยู่ในช่วงดังกล่าว ด้วยเหตุผลที่การประหยัดน้ำจะก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อประเทศและมหาวิทยาลัยฯ จึงคาดว่าอัตราการใช้น้ำในอนาคตจะมีค่าเท่ากับ 66.75 ลิตร/คน-วัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2541 – 2545 และกำหนดให้อัตราการใช้น้ำดังกล่าวมีค่าคงที่จนถึงปี พ.ศ 2565 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการพยากรณ์ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4 – 10

4) การคำนวณหาปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอนาคต จะใช้การคาดการณ์โดยการนำอัตราการใช้น้ำในอนาคตคูณเข้ากับจำนวนประชากรที่คาดการณ์ได้ โดยค่าที่ได้เป็นปริมาณการใช้น้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีน้ำบางส่วนที่ถูกนำไปใช้ในกิจกรรมอื่น ซึ่งไม่ได้ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ เช่น การใช้น้ำรดต้นไม้ ล้างรถ ฯลฯ และมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งรั่วไหลเนื่องจากการรั่วซึมของระบบท่าประปา ดังนั้นจึงประเมินว่ามีปริมาณน้ำเสียเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำใช้ ซึ่งอยู่ในช่วงที่แนะนำโดย Metcalf & Eddy ประกอบด้วยสมมุติฐาน 2 ประการ คือ

- น้ำที่สูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมของระบบท่อร้อยละ 25 ของปริมาณน้ำประปาทั้งหมด (กรมโยธาธิการ, 2541) โดยเป็นค่าที่เหมาะสมในการประเมินปริมาณน้ำสูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมของระบบท่อน้ำประปา
- น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีค่าร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ (Metcalf & Eddy, 1991)

ผลการพยากรณ์พบว่า ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 67.32 ลบ.ม./ชม. รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4 – 10

ตารางที่ 4 - 10 การพยากรณ์จำนวนประชากรและปริมาณน้ำใช้ในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน-วัน)		ปริมาณน้ำใช้				ร้อยละ 60 ของน้ำใช้ (ลบ.ม./ชม.)
		ปัจจุบัน (ลิตร/คน-วัน)	พยากรณ์ (ลิตร/คน-วัน)	ปัจจุบัน (ลบ.ม.)	อนาคต (ลบ.ม.)	อนาคต (ลบ.ม./วัน)	อนาคต (ลบ.ม./ชม.)	
2535	652							
2536	1,028							
2537	2,319							
2538	3,896							
2539	6,096							
2540	7,033							
2541	7,696	75.67		124,620				
2542	7,321	73.01		195,085				
2543	7,533	58.31		160,315				
2544	8,084	60.03		132,484				
2545	8,401		66.75		560,756	1,536	64	38.41
2546	8,717		66.75		581,863	1,594	66	39.85
2547	9,033		66.75		602,970	1,652	69	41.30
2548	9,349		66.75		624,077	1,710	71	42.74
2549	9,665		66.75		645,184	1,768	74	44.19
2550	9,982		66.75		666,291	1,825	76	45.64
2551	10,298		66.75		687,398	1,883	78	47.08
2552	10,614		66.75		708,505	1,941	81	48.53
2553	10,930		66.75		729,612	1,999	83	49.97
2554	11,246		66.75		750,719	2,057	86	51.42
2555	11,563		66.75		771,826	2,115	88	52.86
2556	11,879		66.75		792,933	2,172	91	54.31
2557	12,195		66.75		814,040	2,230	93	55.76
2558	12,511		66.75		835,147	2,288	95	57.20
2559	12,827		66.75		856,253	2,346	98	58.65
2560	13,144		66.75		877,360	2,404	100	60.09
2561	13,460		66.75		898,467	2,462	103	61.54
2562	13,776		66.75		919,574	2,519	105	62.98
2563	14,092		66.75		940,681	2,577	107	64.43
2564	14,408		66.75		961,788	2,635	110	65.88
2565	14,725		66.75		982,895	2,693	112	67.32

หมายเหตุ

- อัตราการไหลของน้ำเสียคิดเป็นร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำใช้ซึ่งประกอบด้วยน้ำสูญเสียจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ปริมาณน้ำสูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมในระบบท่อประปา ร้อยละ 25
2. ปริมาณน้ำสูญเสียเนื่องจากการใช้น้ำในกิจกรรมอื่นๆ ที่ไม่ได้ระบายทิ้งลงระบบท่อระบาย ร้อยละ 20

5) การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำเสียที่ได้จากการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

- การวัดครั้งที่ 1 มีค่าอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 11.89 ลบ.ม./ชม. มีค่าอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 18.01 ลบ.ม./ชม. คิดเป็นค่าตัวคูณยอด (Peak Factor) เท่ากับ 1.51
- การวัดครั้งที่ 2 มีค่าอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ 65.40 ลบ.ม./ชม. มีค่าอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 657.62 ลบ.ม./ชม. คิดเป็นค่าตัวคูณยอด (Peak Factor) เท่ากับ 10.05
- อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเสียที่ได้จากการคาดการณ์ปริมาณน้ำใช้ของมหาวิทยาลัยฯ ในปี พ.ศ. 2545 มีค่าเท่ากับ 38.41 ลบ.ม./ชม.

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า อัตราการไหลเฉลี่ยในการวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าต่ำกว่าและสูงกว่าค่าที่คาดการณ์ได้ตามลำดับ โดยการวัดในครั้งที่ 1 อยู่ในช่วงฤดูแล้ง ทำให้มีปริมาณน้ำเสียที่ไหลลงสู่ระบบท่อระบายน้อยกว่าปกติ ในขณะที่การวัดครั้งที่ 2 มีฝนตกทุกวันในระหว่างการวัด ดังนั้นปริมาณน้ำที่วัดได้จึงมีค่าสูง อย่างไรก็ตามเพื่อความปลอดภัยจะเลือกค่าที่ได้จากการคาดการณ์เป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบ และใช้ค่าตัวคูณยอดเท่ากับ 3.5 (Metcalf & Eddy, 1991)

6) การศึกษาลักษณะของน้ำเสียจากงานวิจัยอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ลักษณะน้ำเสียจากงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องได้รวบรวมมาจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นในชุมชนอาคารบ้านเรือนซึ่งเป็นลักษณะน้ำเสียที่ใกล้เคียงกับน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ ที่มาจากกิจกรรมในการ ซักล้าง ทำความสะอาด ปรุงอาหาร ฯ เช่นเดียวกัน รายละเอียดดังตารางที่ 4 – 11

7) สมมูลย์ประชากร (Equivalent Population)

ในการวางแผนเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียเรานิยมใช้ค่าสมมูลย์ประชากร (Population Equivalent) เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณหา ภาระ (Load) ที่เข้าสู่ระบบ (เสนีย์, 2533) โดยสมมูลย์ประชากรมีค่าดังนี้

$$\text{สมมูลย์ประชากร} = \frac{\text{ค่าบีโอดี x อัตราการไหลของน้ำเสีย}}{\text{จำนวนคน}}$$

กก.บีโอดี/คน-วัน

ตารางที่ 4 - 11 ลักษณะน้ำเสียจากงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

ลำดับที่	พารามิเตอร์	เอกสารที่		
		1	2	3
1	BOD5 (mg/l)	39	74.33	29.2
2	COD (mg/l)	105	111.1	73
3	NH3-N (mg/l)	-	-	5.35
4	TKN (mg/l)	9.6	15.52	9.9
5	PO4 3- (mg/l)	-	-	-
6	SS (mg/l)	356	87.67	27
7	pH	7.12	7.08	7.5
8	อัตราการไหล (m3/d)	470	-	2,775
9	สมมูลย์ประชากร (gBOD/คน-วัน)	7.6	-	4.4
10	ค่าที่ใช้ออกแบบ			
	BOD5 (mg/l)	90	90	90
	สมมูลย์ประชากร (gBOD/คน-วัน)	22.5	22.5	18
	อัตราการไหล (m3/d)	14,750	217,000	53,976

หมายเหตุ :

1 ใช้ค่าของน้ำเสียในคูระบายน้ำหน้าสถานีตำรวจภูธร อ. แม่สาย

2 ใช้ค่าเฉลี่ยจากท่อระบายน้ำ/รางเปิด ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

3 ใช้ค่าเฉลี่ยจากน้ำเสียในท่อระบายน้ำสาธารณะ เทศบาลเมืองอุตรดิตถ์

การคำนวณหาค่าสมมูลย์ประชากรแบ่งเป็น 6 กรณี ตามการเก็บตัวอย่างน้ำเสียรวม 6 วัน แสดงดังตารางที่ 4 – 12 โดยค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละกรณี พบว่าน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยฯ มีค่าสมมูลย์ประชากรอยู่ระหว่าง 537.46 ถึง 4552.16 กก.บีโอดี/คน-วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1596.18 กก.บีโอดี/คน-วัน

8) ค่าสมมูลย์ประชากรที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบ

ค่าสมมูลย์ประชากรที่ใช้ในการศึกษามีค่าเท่ากับ 134.72 กก.บีโอดี/คน-วัน โดยประเมินจากค่าอัตราการไหลเฉลี่ยที่คาดการณ์ได้จากจำนวนประชากรและปริมาณการใช้น้ำในอนาคตของมหาวิทยาลัย (67.32 ลบ.ม./ชม.) รวมกับค่าบีโอดี ที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ (BOD_5 = 90 มก./ล.)

4.3.2 ข้อมูลในการออกแบบทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

ข้อมูลในการออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ ประกอบด้วย การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ ที่เสนอไว้ในงานวิจัยอื่น การศึกษาเกณฑ์การออกแบบ และการศึกษาค่า Kinetic Coefficient ที่ใช้ในการออกแบบ มีรายละเอียดการศึกษา ดังนี้

1) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ที่เสนอไว้ในงานวิจัยอื่น

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ศึกษาเป็นระบบบำบัดที่ใช้กับน้ำเสียชุมชน ซึ่งใกล้เคียงกับลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ รายละเอียดการศึกษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 – 13

2) เกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria)

เกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียในชุมชนต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4 – 14

3) ค่า Kinetic Coefficient

ค่า Kinetic Coefficient ที่ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ เลือกศึกษาเฉพาะค่าที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง 3 แบบ คือ ระบบตะกอนเร่งแบบทั่วไป (Complete-Mix Activated Sludge) ระบบตะกอนเร่งแบบสลับเป็นกะ (Sequencing Batch Reactor) และระบบตะกอนเร่งแบบ คลองวนเวียน (Oxidation Ditch) แสดงดังตารางที่ 4 – 15

ตารางที่ 4 - 12 ค่าสมมูลย์ประชากรของน้ำเสียจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

วันที่	BOD5 (มก/ล)	อัตราการไหลเฉลี่ย (ลบ.ม./ชม)	สมมูลย์ประชากร (กก. BOD/วัน)
3 พย. 44	45.6	11.79	12.90
6 พย. 44	108	12.88	33.40
8 พย. 44	113	14.18	38.45
7 พค. 44	31.8	24.16	18.44
9 พค. 44	29.5	24.58	17.41
11 พค. 44	21.15	215.23	109.25
ค่าต่ำสุด			12.90
ค่าสูงสุด			109.25
ค่าเฉลี่ย			38.31
ค่าที่ใช้ออกแบบ	90	62.37	134.72

ตารางที่ 4 – 13 ทางเลือกและระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนต่างๆ

ทางเลือกที่	1	2	3	4	5	6
1	ระบบบ่อผึ่ง (Facultative Pond, FP)	ระบบ Oxidation Pond (OP)	ระบบบ่อผึ่ง (Facultative Pond, FP)	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งเท (Sequencing Batch Reactor, SBR)	ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge, AS)	ระบบ Oxidation Ditch (OD)
2	ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL)	ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL)	ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL)			
3	ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge, AS)	ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge, AS)	ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge, AS)			

1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2537) โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบรวบรวมน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบกำจัดขยะ สุขาภิบาลแม่สาย

2 สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน (2534) โครงการศึกษาความเป็นไปได้ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเมืองเชียงใหม่

3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2539) โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบรวบรวมน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบกำจัดขยะ เทศบาลเมืองอุตรดิตถ์

4 ข้อเสนอทางด้านเทคนิค โครงการศึกษา สำรวจ และออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

5 เสนีย์ กาญจนวงศ์ (2534) เอกสารประกอบการฝึกอบรม : ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

6 บริษัท เบ็ทเทอร์ไลฟ์ จำกัด (2540) ข้อเสนอโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ตารางที่ 4 - 14 ข้อกำหนดในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับที่	รายการ	ค่ากำหนด	ค่าที่ใช้	
1	บ่อสูบน้ำเสีย	HRT	10	นาที
2	บ่อวัดอัตราการไหล	HRT	1	นาที
3	ถังตกตะกอนขั้นต้น	HRT	1 - 4	ชม.
4	ถังเติมอากาศ	HRT	2 - 8	ชม.
5	ถังตกตะกอนขั้นที่ 2	HRT	2 - 10	ชม.
6	บ่อสัมผัสคลอรีน	HRT	30	นาที
7	บ่อสูบตะกอน	HRT	10	นาที
8	บ่อตากแห้งสลัดจ์	ความหนา	30	ซม.
9	ขนาดท่อระบาย		150 - 300	มม.
10	ความลึกดินกลบต่ำสุด		0.5	ม.
11	ความลึกดินกลบสูงสุด		3	ม.
12	n (Maning Coefficient)		0.013	
13	ความเร็วน้ำในท่อต่ำสุด		0.3	ม/ว
14	ความเร็วน้ำในท่อสูงสุด		3	ม/ว

ตารางที่ 4-15

ค่าสัมประสิทธิ์จลน์ (Kinetic Coefficients) ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมดา (Conventional Activated Sludge Process) จากการทบทวนเอกสาร

ลำดับที่	สัมประสิทธิ์จลน์ (Kinetic Coefficients)	ระบบ CMAS		ระบบ OD		ระบบ SBR
		เอกสารที่ 1 / 2	เอกสารที่ 3	เอกสารที่ 1 / 2	เอกสารที่ 3	เอกสารที่ 1 / 2
1	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (Um) (วัน$^{-1}$) (ในรูป BOD_5)	0.6 - 5.6 (2.0)	-	0.6 - 5.6 (2.0)	-	0.6 - 5.6 (2)
2	ความเข้มข้นที่ครึ่งความเร็ว (Ks) (มก./ล)	40 - 120 (80)	-	40 - 120 (80)	-	40 - 120 (80)
3	สัมประสิทธิ์ปริมาณผลผลิต (Y) (มก. VSS ที่เพิ่มขึ้น / มก. Substrate ที่ใช้) (ในรูป BOD_5)	0.3 - 0.7 (0.5)	0.03	0.3 - 0.7 (0.5)	0.01	0.3 - 0.7 (0.5)
4	สัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ (Kd) ((วัน$^{-1}$)	0.03 - 0.07 (0.05)	-	0.03 - 0.07 (0.05)	-	0.03 - 0.07 (0.05)
5	อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) (กก. BOD_5 / กก. MLVSS-วัน)	0.2 - 0.4	0.3 - 0.7	0.05 - 0.3	0.1 - 0.25	0.05 - 0.3
6	อายุสลัดจ์ (Qc) (วัน)	5.0 - 15.0	5.0 - 15.0	10.0 - 30.0	20.0 - 60.0	8 - 20
7	อัตราภาระอินทรีย์ (OLR) (กก. BOD_5 / ลบ.ม.-วัน)	0.3 - 0.6	-	0.1 - 0.5	-	0.1 - 0.3
8	ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (MLSS) (มก./ล)	1,500 - 3,000	-	3,000 - 6,000	-	1500 - 5000
9	เวลากักพักชลศาสตร์ (HRT) (ชั่วโมง)	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	8.0 - 36.0	15.0 - 36.0	-
10	อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ (Qr / Q)	0.25 - 1.0	-	0.75 - 1.50	-	-
11	ความต้องการออกซิเจน (กก.ออกซิเจน / กก. BOD_5 ที่ถูกกำจัด)	0.8 - 1.1	0.9 - 0.95	1.4 - 1.6	1.2	-
12	ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD_5 (%)	85 - 95	85 - 95	75 - 95	85 - 98	85 - 95
13	MLVSS (มก./ล)	-	2,000 - 3,000	-	3,500 - 5,000	-

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1 เพื่อศึกษาปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ

1.2 เพื่อออกแบบเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมให้เป็นทางเลือกของมหาวิทยาลัยฯ

1.3 เพื่อประเมินราคาเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

1.4 เพื่อเสนอแนะรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมแก่มหาวิทยาลัยฯ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร - น้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติและในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ

กลุ่มตัวอย่าง - น้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ

1. ทางน้ำออกบริเวณโรงอาหาร
2. จุดปล่อยน้ำเสียในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ บริเวณต้นน้ำ
3. จุดปล่อยน้ำเสียในคลองหลังมหาวิทยาลัยฯ บริเวณท้ายน้ำ

2.2 เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

2.2.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

2.2.2 อุปกรณ์ในการวัดอัตราการไหลของน้ำเสีย

2.2.3 อุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการ

2.2.4 สารเคมีที่ใช้ในการตรวจวัดลักษณะน้ำเสีย

รายละเอียดของอุปกรณ์และสารเคมี แสดงไว้ในบทที่ 3

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3.1 การศึกษาและสำรวจระบบท่อระบายน้ำและระบบการกำจัดน้ำเสียในปัจจุบัน

2.3.2 การศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ

2.3.3 การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบท่อระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

- ทิศทางการไหลของน้ำเสียและน้ำฝนภายในบริเวณพื้นที่โครงการ
- ความเพียงพอของระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝนในปัจจุบันและในอนาคต
- ความเพียงพอของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันและในอนาคต
- ความเหมาะสมของการควบคุมดูแลระบบระบายและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

2.4.2 การศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ

- วิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลเฉลี่ย (Average flow) อัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) และอัตราการไหลต่ำสุด (Minimum flow) จากกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (แกน x) และอัตราการไหล (แกน y)
- วิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลและลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ในการออกแบบจาก Arithmetic and Log-Probability Curve แบบใดแบบหนึ่งที่เหมาะสม เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราการไหลและลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ออกแบบในโครงการอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน
- ข้อมูลลักษณะของน้ำเสียที่ได้ในแต่ละวันนำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) แล้วตรวจสอบความแตกต่างด้วย Least Significant Differences (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

2.4.3 การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

2.4.3.1 การประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอนาคต

- ประเมินประชากรในอนาคตโดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression)
- ประเมินอัตราการใช้น้ำในอนาคตโดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression)
- คำนวณหาสมมูลย์ประชากรจากลักษณะน้ำเสียที่ได้จาก Arithmetic and Log-Probability Curve ที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 80%

2.4.3.2 การออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

- ทบทวนสมการที่ใช้ในการออกแบบจากสมการของโมโนด (Monode Equation) และสมการของถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix) และถังปฏิกิริยาแบบปลักโฟลว์ (Plug Flow, PF) แบบใดแบบหนึ่งที่เหมาะสม
- ออกแบบขั้นขบวนการ (Process Design) จากสมการที่ได้ในขั้นต้นร่วมกับเกณฑ์การออกแบบ และค่า Kinetic Coefficience จากเอกสารงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

2.4.3.3 การประเมินราคาเบื้องต้นระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

- ราคาค่าก่อสร้าง
- ราคาดำเนินการและบำรุงรักษา

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบท่อระบายน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

3.1.1 ทิศทางการไหลของน้ำเสียและน้ำฝนภายในบริเวณพื้นที่โครงการ

ระบบท่อระบายภายในมหาวิทยาลัยฯ เป็นระบบท่อรวม (Combined System) ที่รองรับทั้งน้ำเสียและน้ำฝน ดังนั้นทิศทางการไหลจึงเป็นการไหลของน้ำทั้ง 2 ประเภท ในการวิเคราะห์ได้ใช้ค่าระดับพื้นดินที่ทำการสำรวจในภาคสนามเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการกำหนดทิศทางการไหลของน้ำ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ แสดงดังรูปที่ 5 – 1

3.1.2 ความเพียงพอของระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝนในปัจจุบันและในอนาคต

การวิเคราะห์เพื่อหาความเพียงพอของระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน ใช้สมการของแมนนิ่ง (Manning's Equation) ร่วมกับเกณฑ์ต่ำสุดของการออกแบบระบบระบายน้ำ เพื่อหาอัตราการไหลสูงสุดที่ท่อแต่ละขนาด จะรองรับได้ มีรายละเอียดการวิเคราะห์ ดังนี้

1) สมการ Manning's Equation

$Q = 1/n\ AR^{2/3} S^{1/2}$ (ลบ.ม./วินาที)

โดยที่ n = Roughness Coefficient

= 0.013 (ผิวคอนกรีตธรรมดา)

A = พื้นที่หน้าตัดของทางน้ำเปิด (สมมติให้น้ำไหลเต็มท่อ)

= $\pi D^2/4$ (ตร.ม.)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (ม.)

R = Hydraulic Radius (ม.)

= A/P

P = Wetted Perimeter (ม.)

= πD

S = 0.0008 (ความชันต่ำสุดของท่อขนาด 610 มม.)

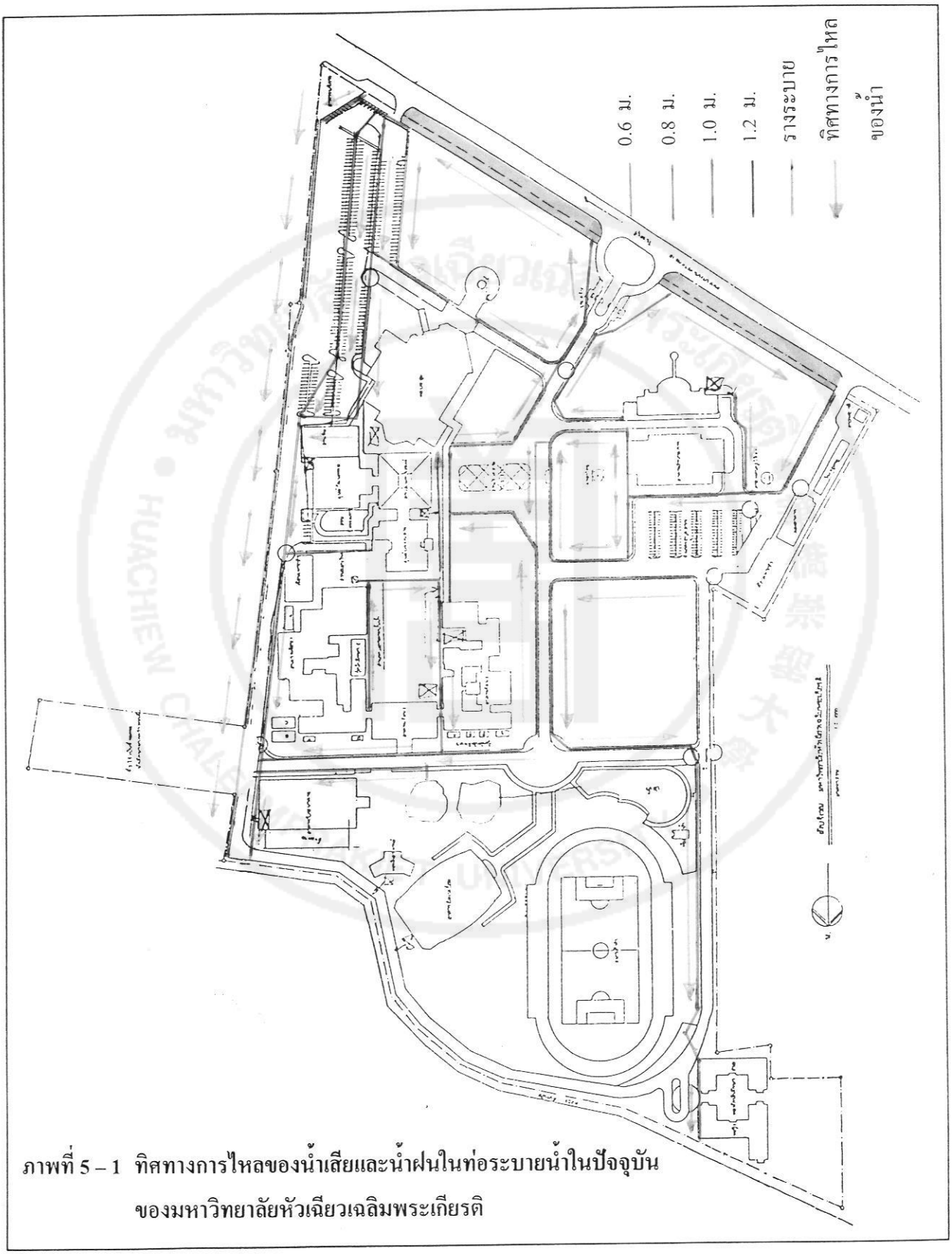
= 0.00058 (ความชันต่ำสุดของท่อขนาด 760 มม.)

= 0.00038 (ความชันต่ำสุดของท่อขนาด 1,050 มม.)

= 0.00032 (ความชันต่ำสุดของท่อขนาด 1,200 มม.)

2) ผลการคำนวณ

ท่อขนาด (มม.)	อัตราการไหลสูงสุด	
	ลบ.ม./วินาที	ลบ.ม./ชม.
600	0.174	626.4
800	0.318	1,144.8
1,000	0.467	1,681.2
1,200	0.697	2,509.2



ภาพที่ 5 – 1 ทิศทางการไหลของน้ำเสียและน้ำฝนในท่อระบายน้ำในปัจจุบัน ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

เมื่อพิจารณาผลการคำนวณและอัตราการไหลสูงสุดของน้ำเสีย-น้ำฝนที่ตรวจวัดได้ (657.62 ลบ.ม./ชม.) พบว่า ท่อหลักขนาด 1,000 มม. สามารถระบายน้ำเสีย-น้ำฝน ปริมาณ 657.62 ลบ.ม. ได้หมดภายในเวลา 23.5 นาที

3.1.3 ความเพียงพอของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันและในอนาคต

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ติดตั้งในมหาวิทยาลัยฯ เป็นระบบแบบติดกับที่ (Onsite System) โดยเป็นการบำบัดแบบไม่เติมอากาศ รวมทั้งไม่มีการควบคุมดูแลระบบ โดยการล้างย้อนการสูบตะกอน ทำให้ระบบไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดจึงไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งจากข้อมูลคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดในส่วนของตัวอย่างน้ำเสียรวม (Composite Sample) พบว่า BOD_5 มีค่าอยู่ระหว่าง 17.7 – 115.0 มก./ล. มีค่าเฉลี่ย 58.2 มก./ล. ซึ่งค่าต่ำที่สุดคือ 17.7 มก./ล. ตรวจพบในช่วงการเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 7 – 11 พฤษภาคม 2544 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน ที่มีน้ำฝนผสมเข้ามาเจือจาง ทำให้ตัวอย่างน้ำที่นำไปวิเคราะห์มีค่า BOD_5 ต่ำ อย่างไรก็ตามในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 3 – 8 พฤศจิกายน 2544 มีค่า BOD_5 สูงกว่ามาตรฐานทั้ง 6 ตัวอย่างที่วิเคราะห์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันไม่เพียงพอสำหรับบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคต

3.1.4 ความเหมาะสมของการควบคุมดูแลระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝนและระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน

การควบคุมดูแลระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน มีเพียงการนำน้ำที่ค้างในท่อระบายมาใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้ง และการสูบเพื่อช่วยระบายในช่วงฤดูฝนเท่านั้น โดยไม่มีการดูแลรักษา และปรับปรุงระบบท่อระบาย ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ดำเนินการดูแลรักษาระบบท่อระบายดังนี้

- ขุดลอกโคลนเลน และตะกอนดินทราย ในระบบท่อ โดยใช้แรงงานคน หรือรถดูดโคลนเลน ปีละ 2 ครั้ง ก่อนและหลังฤดูฝน
- ขุดลอกโคลนเลน และทราย บริเวณบ่อพักทุกจุด ปีละ 2 ครั้ง
- ทำความสะอาด ฉีดล้าง คราบไขมัน และคราบสกปรก บนถนนและบริเวณช่องทางเข้าข้างถนน
- ปรับปรุงระบบท่อระบาย โดยการก่อสร้างท่อใหม่ในส่วนที่ตกท้องช้าง บริเวณอาคารเฉลิมพระเกียรติ

- ก่อสร้างระบบท่อระบายน้ำเสีย แยกออกจากระบบท่อระบายน้ำฝน เพื่อลดปัญหาในด้านสุขอนามัย และช่วยให้การจัดการปัญหาด้านน้ำเสียง่ายขึ้น

- จัดทีมเจ้าหน้าที่เฉพาะ และงบประมาณที่เพียงพอในการจัดการด้านการระบายน้ำ และการบำบัดน้ำเสีย

ในส่วนของการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ไม่มีการดำเนินการใด ๆ อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการให้ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันดีขึ้น เสนอแนะให้มีการดำเนินการ ดังนี้

- กำจัดตะกอน และตะกอนลอย ในบ่อเกรอะ อย่างน้อย 2 ครั้ง/ปี โดยการกำจัดตะกอนควรเหลือตะกอนเก่าไว้ประมาณ 5 – 10 ลิตร

- ล้างทำความสะอาดถังกรองไร้อากาศ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยการนำตัวกลางออกมาล้าง และเทน้ำจากด้านบนลงด้านล่าง

- ตรวจสอบระบบเครื่องสูบ และระบบควบคุมเครื่องสูบ ให้ทำงานได้อย่างปกติตลอดเวลา

- มีการตักไขมันออกจากบ่อดักไขมัน เป็นประจำทุก 1 – 2 วัน

- ก่อสร้างหรือติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง รวมทั้งก่อสร้างท่อระบายน้ำเสียแยกออกจากท่อระบายน้ำฝนภายในบริเวณมหาวิทยาลัยฯ

3.2 การศึกษาปริมาณและลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยฯ

3.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอัตราการไหล

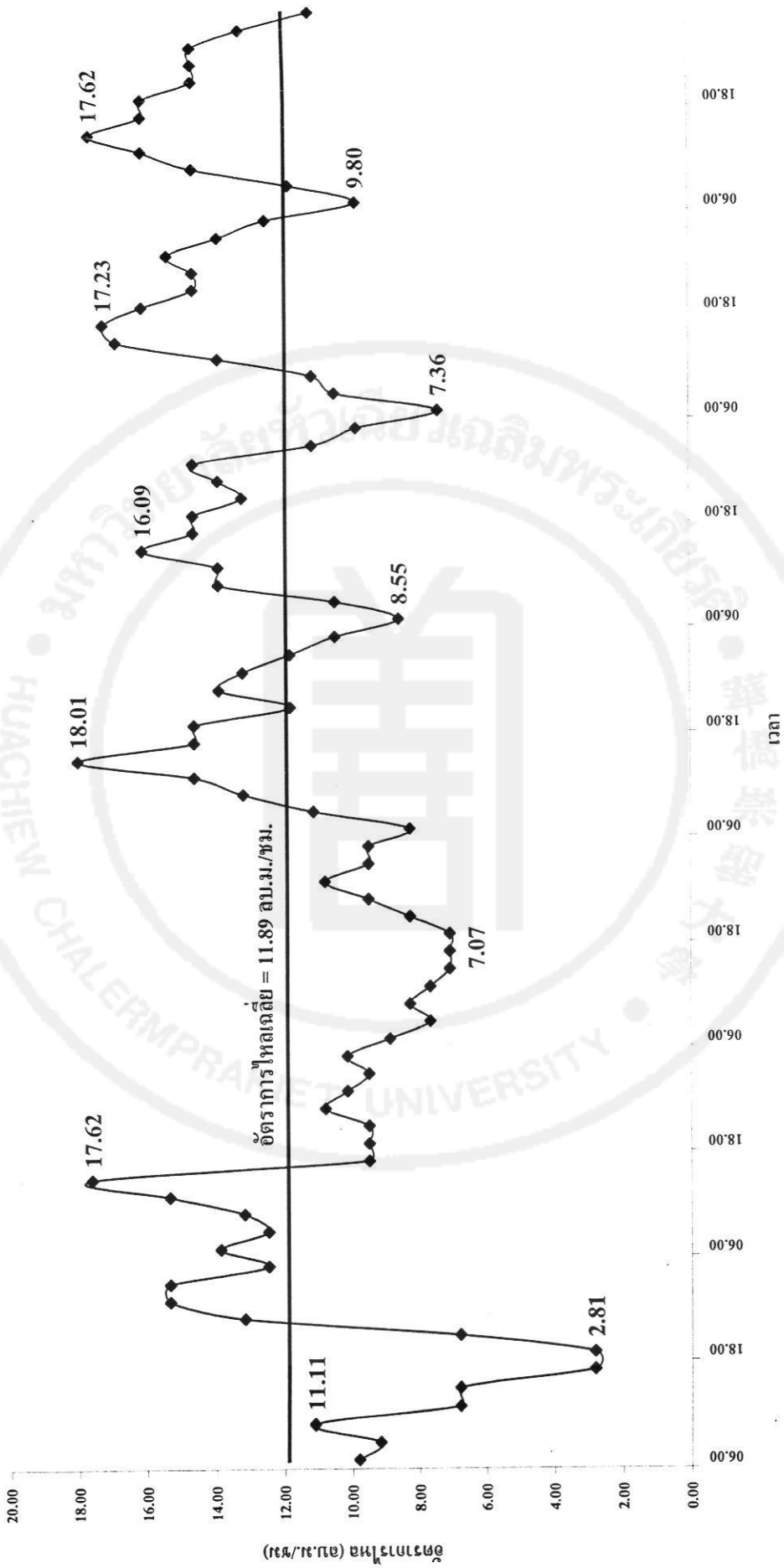
จากการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเสียและน้ำฝน ที่ไหลในท่อระบายของมหาวิทยาลัยฯ สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (แกน X) และอัตราการไหล (แกน Y) ได้ดังแสดงในรูปที่ 5 – 2 และรูปที่ 5 – 3 มีรายละเอียดจากการศึกษา ดังนี้

1) รูปที่ 5 – 2 แสดงข้อมูลการวัดอัตราการไหลในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 2 – 8 พฤศจิกายน 2544 มีค่าอัตราการไหลที่ตรวจวัดได้ ดังนี้

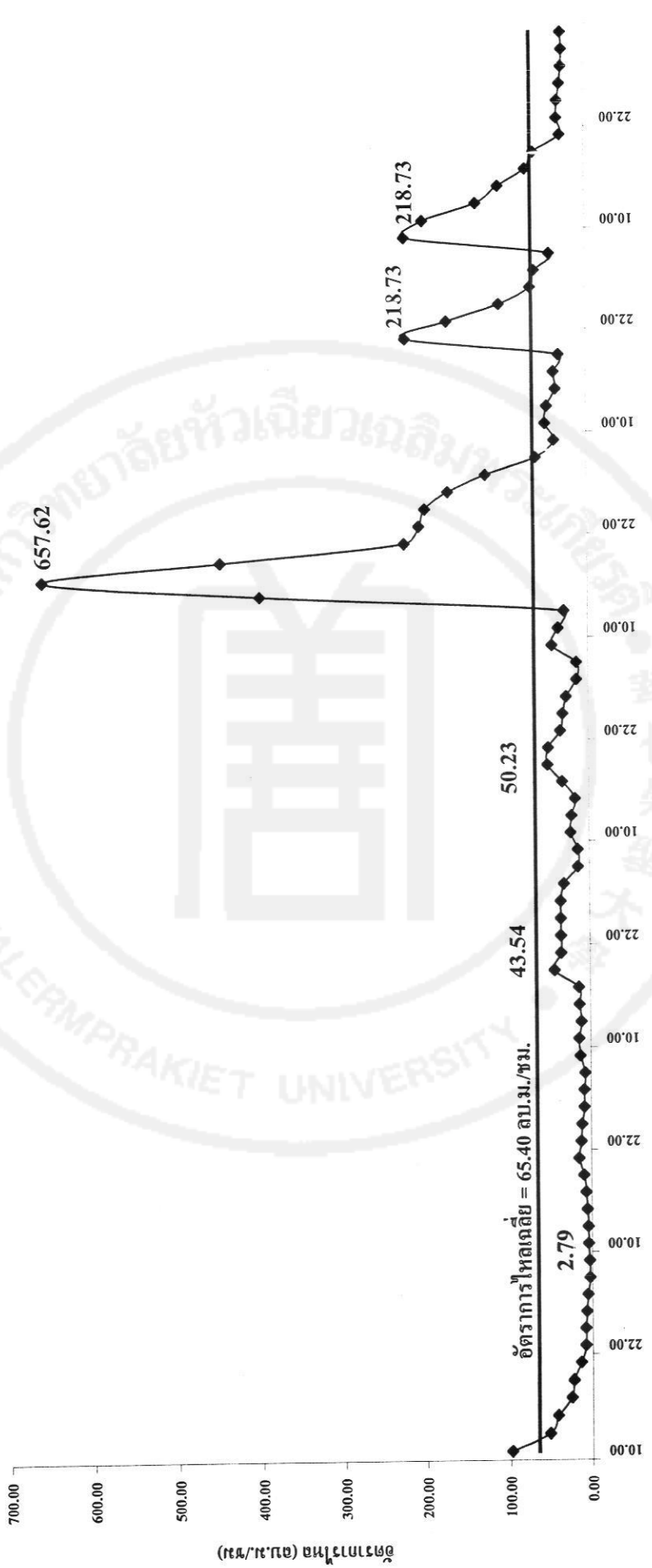
- อัตราการไหลต่ำสุด ตรวจวัดได้ในเวลา 16.00 – 18.00 น. ของวันศุกร์ ที่ 2 พฤศจิกายน 2544

- อัตราการไหลสูงสุด ที่ 18.01 ลบ.ม./ชม. ตรวจวัดได้ในเวลา 14.00 น. ของวันจันทร์ ที่ 5 พฤศจิกายน 2544

- อัตราการไหลเฉลี่ยตลอดทั้งอาทิตย์ที่เก็บข้อมูล มีค่าเท่ากับ 11.89 ลบ.ม./ชม.



ภาพที่ 5 - 2 การแปรผันของอัตราการไหลของน้ำเสียในการวัดครั้งที่ 1



ภาพที่ 5 - 3 การแปรผันของอัตราการไหลของน้ำเสียในการวัดครั้งที่ 2

ซึ่งลักษณะการไหลของน้ำเสีย ชี้ให้เห็นว่ามีการใช้น้ำสูงสุดในช่วง 13.00 – 14.00 น. มีการใช้น้ำต่ำที่สุดในช่วง 18.00 – 04.00 น. ของวันจันทร์ – เสาร์ ในขณะที่วันอาทิตย์ซึ่งเป็นวันหยุดมีปริมาณการใช้น้ำน้อย ทำให้อัตราการไหลที่เกิดขึ้นในช่วงนี้มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยตลอดทั้งวัน

2) รูปที่ 5 – 3 แสดงข้อมูลการวัดอัตราการไหลในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 7 – 13 พฤษภาคม 2545 มีรายละเอียดค่าที่ตรวจวัดได้ ดังนี้

- อัตราการไหลต่ำสุดที่ 2.79 ลบ.ม./ชม. ตรวจวัดได้ในเวลา 06.00 น. ของวันอังคาร ที่ 7 พฤษภาคม 2545
- อัตราการไหลสูงสุดที่ 657.62 ลบ.ม./ชม. ตรวจวัดได้ในเวลา 16.00 น. ของวันเสาร์ ที่ 11 พฤษภาคม 2545
- อัตราการไหลเฉลี่ยตลอดอาทิตย์ที่เก็บข้อมูล มีค่าเท่ากับ 65.40 ลบ.ม./ชม.

จากลักษณะการไหลของน้ำเสียและน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ในครั้งที่ 2 ไม่พบแนวโน้มที่แสดงถึงลักษณะการใช้น้ำในมหาวิทยาลัยฯ โดยในช่วงที่เก็บตัวอย่างมีฝนตกทุกวัน และปริมาณน้ำที่ระบายลงสู่คลองต้นหมันหลังมหาวิทยาลัยฯ ในช่วงที่สูงที่สุด มีค่าเป็น 10.05 เท่าของค่าเฉลี่ย

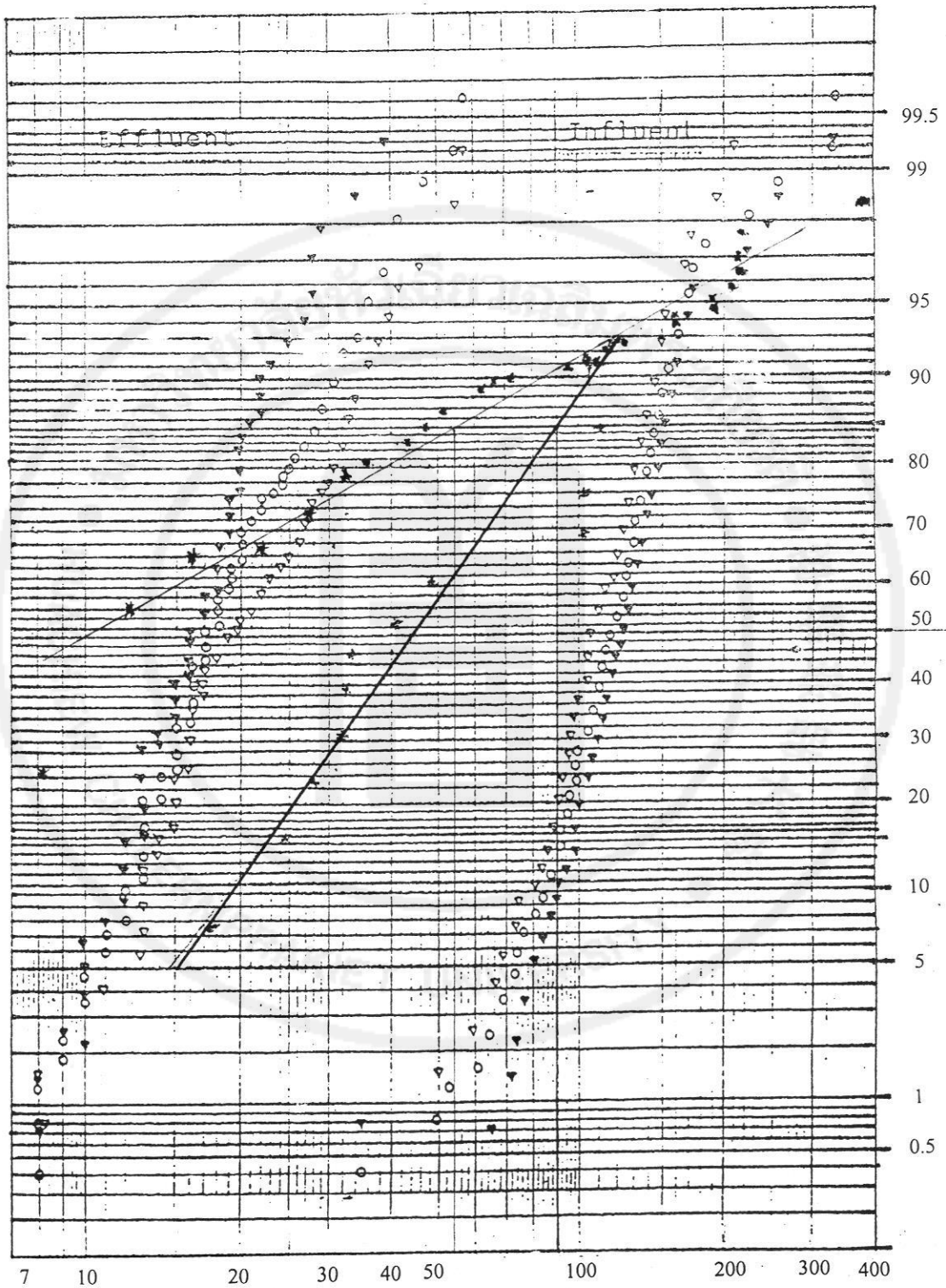
3.2.2 การวิเคราะห์อัตราการไหลและลักษณะน้ำเสียที่ใช้ออกแบบจาก Log-Probability Curve

การวิเคราะห์อัตราการไหล และลักษณะน้ำเสียที่ใช้ออกแบบ ได้สร้างกราฟของ Log-Probability Curve โดยใช้อัตราการไหล และบีโอดี (ตัวอย่างรวม) ที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง ในระหว่างวันที่ 2 – 8 พฤศจิกายน 2545 และวันที่ 7 – 13 พฤษภาคม 2545 ค่าที่นำมาใช้ในการสร้างกราฟแสดงดังตารางที่ 5 – 1 และผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 5 – 4 มีรายละเอียดดังนี้

- อัตราการไหลที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่า ที่ความน่าจะเป็น 80 % และ 85 % มีอัตราการไหลเท่ากับ 40 และ 56 ลบ.ม./ชม. ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่วัดได้จริงทั้ง 2 ครั้ง คือ 11.89 ลบ.ม./ชม. (วัดครั้งที่ 1) และ 65.40 ลบ.ม./ชม. (วัดครั้งที่ 2) และค่าที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณน้ำเสียในปี พ.ศ. 2545 ในตารางที่ 4 – 10 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 38.41 ลบ.ม./ชม. อย่างไรก็ตามในการเลือกค่าที่นำไปใช้ออกแบบ จะเลือกค่าที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากจำนวนประชากรคูณกับอัตราการใช้น้ำ เนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่คิดอยู่บนพื้นฐานของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้น้ำ ในขณะที่ค่าที่ได้จากการวัดจริง และค่าที่วิเคราะห์ได้จาก Log-Probability Curve เป็นค่าที่รวมปริมาณน้ำเสียและน้ำฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่โครงการไว้ด้วยกัน

ตารางที่ 5 - 1 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้าง Log-Probability Curve

ลำดับที่	BOD		ค่า Flow	
	BOD (mg/l)	Plotting Position (m/n+1) x 100	ค่า Flow	Plotting Position (m/n+1) x 100
1	17.7	7.7	3.35	3.57
2	24.6	15.4	8.15	24.40
3	27.2	23.1	12.89	56.55
4	31.5	30.8	16.32	66.07
5	31.8	38.5	22.29	67.86
6	32.1	46.1	27.54	72.62
7	41.7	53.8	32.50	76.79
8	49.5	61.5	36.57	81.55
9	108.0	69.2	43.32	83.93
10	108.0	76.9	48.64	85.12
11	111.0	84.6	50.84	86.90
12	115.0	92.3	0.00	0.00
13			62.07	88.69
14			67.03	89.29
15			72.12	89.88
16			98.21	90.48
17			105.14	91.07
18			105.14	91.67
19			123.14	92.26
20			132.49	92.86
21			168.67	93.45
22			168.67	94.05
23			196.74	94.64
24			196.74	95.24
25			203.99	95.83
26			218.73	96.43
27			218.73	97.02
28			221.54	97.62
29			398.59	98.21
30			445.99	98.81
31			657.62	99.40



ภาพที่ 5 – 4 Log-Probability Curve ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ทำให้มีปริมาณสูงเกินจริง รวมทั้งในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำเสียในการศึกษาครั้งนี้ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของระบบท่อแยกที่รับเฉพาะน้ำเสียเท่านั้น ดังนั้นการประเมินปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงไม่ควรนำค่าปริมาณน้ำฝนมารวมเข้าไปในการวิเคราะห์

- บีโอดี ที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่า ที่ความน่าจะเป็น 80 % และ 85 % มีบีโอดีเท่ากับ 80 และ 90 มก./ล. ตามลำดับ ในขณะที่ค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจริงมีค่าต่ำที่สุด สูงที่สุด และค่าเฉลี่ย เท่ากับ 17.7 และ 115.0 และ 58.2 มก./ล. ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้ค่าในการออกแบบ จะเลือกใช้ค่าบีโอดี ที่ 90 มก./ล. ที่ความน่าจะเป็น 85 % ซึ่งมาจากการวิเคราะห์ด้วย Log-Probability Curve เป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบ เนื่องจากน้ำเสียที่จะทำการบำบัดเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาจากระบบบำบัดแบบติดกับที่แล้ว

3.2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลลักษณะน้ำเสียที่ได้ในแต่ละวัน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลลักษณะน้ำเสียที่ได้ทำการตรวจวัด 2 ครั้ง ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน โดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) ได้ผลดังนี้

1) ข้อมูลลักษณะน้ำเสียจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1

- ตัวอย่างรวม

พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันในแต่ละวัน คือ ค่า BOD COD และ SS

- ตัวอย่างเฉพาะ

พบว่า มีเพียงค่า DO เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

- อัตราการไหล

พบว่า อัตราการไหลในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

2) ข้อมูลลักษณะน้ำเสียจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2

- ตัวอย่างรวม

พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันในแต่ละวัน คือ ค่า NH_3 TKN และ SS

- ตัวอย่างเฉพาะ

พบว่า มีเพียงค่า COD เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

- อัตราการไหล

พบว่า อัตราการไหลในแต่ละวันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

สำหรับผลการตรวจสอบความแตกต่างของข้อมูลลักษณะน้ำเสียจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง โดยวิธี Least Significant Differences (LSD) แสดงไว้ในภาคผนวก ก

3.3 การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

3.3.1 การประเมินปริมาณและลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอนาคต

ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยฯ จะทำการออกแบบเพื่อให้มีความจุที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอีก 20 ปีข้างหน้าได้ ดังนั้นในส่วนนี้จะทำการศึกษาเพื่อเลือกค่าอัตราการไหล และลักษณะน้ำเสีย (BOD_5) ที่ใช้ออกแบบ มีรายละเอียด ดังนี้

1) การประเมินประชากรในอนาคต

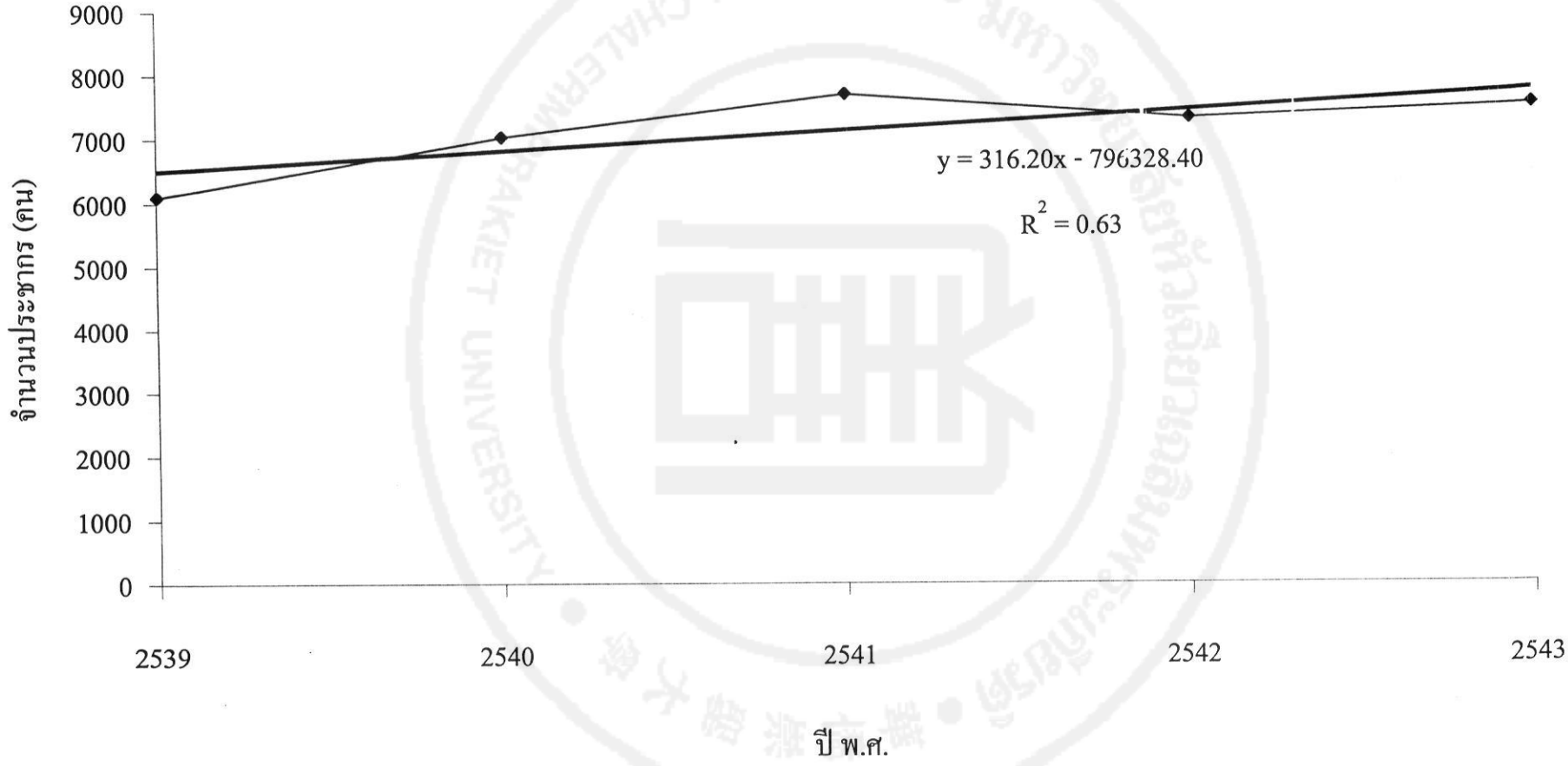
การประเมินประชากรในอนาคตได้กำหนดเส้นแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนประชากรด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นตรง โดยนำข้อมูลในปี พ.ศ. 2539 – 2543 มาใช้ในการวิเคราะห์ ได้ผลแสดงดังรูปที่ 5 – 5 ซึ่งจากการพยากรณ์จำนวนประชากรโดยใช้สมการที่ได้พบว่า ประชากรในอีก 10 ปี (พ.ศ. 2555) และ 20 ปี (พ.ศ. 2565) มีจำนวนเท่ากับ 11,563 คน และ 14,775 คน ตามลำดับ

2) การประเมินอัตราการใช้น้ำในอนาคต

อัตราการใช้น้ำที่ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำเสียในอนาคตมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้น้ำตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2541 – 2544 ที่ค่า 66.75 ลิตร/คน-วัน โดยกำหนดให้มีค่าคงที่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 – 2565 เนื่องจากอัตราการใช้น้ำที่ได้จากการศึกษาข้อมูลจริงในอดีตมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นการประเมินอัตราการใช้น้ำในอนาคตโดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงจึงไม่เหมาะสม โดยค่าอัตราการใช้น้ำที่ได้ จะมีค่าลดลงในแต่ละปีที่พยากรณ์ อันจะทำให้ปริมาณน้ำเสียที่พยากรณ์ได้ในอนาคตจากการนำจำนวนประชากรคูณกับอัตราการใช้น้ำ มีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

3) ค่าสมมูลย์ประชากรจาก Log-Probability Curve

จาก Log-Probability Curve ที่ได้ในรูปที่ 5 – 4 พบว่าที่ความน่าจะเป็น 80 % และ 85 % มีค่าสมมูลย์ประชากรเท่ากับ 76.8 และ 120.96 กก. บีโอดี/วัน ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวจะไม่นำมาใช้ในการออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัย เนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้รวมเอาปริมาณน้ำฝนและน้ำเสียมาพิจารณาร่วมกัน ในขณะที่ระบบระบายน้ำเสียจะออกแบบเป็นระบบแยกที่รับเฉพาะน้ำเสียเท่านั้น



ภาพที่ 5 – 5 การพยากรณ์ประชากรในมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

3.3.2 การออกแบบทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกออกแบบให้กับมหาวิทยาลัยฯ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่ง 3 ระบบ คือ

- ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix Activated Sludge, CMAS)
- ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ (Sequencing Batch Reactor, SBR)
- ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD)

โดยมีเหตุผลที่เลือกใช้ทางเลือกทั้ง 3 ระบบข้างต้น ดังนี้

- เป็นระบบเติมอากาศซึ่งเหมาะสมกับน้ำเสียในสถาบันการศึกษา โดยจะก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนการเรียนการสอนน้อยกว่าระบบแบบไม่เติมอากาศ
- เป็นระบบที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบแบบบ่อ (Pond System) หรือระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ (Wetland)
- เป็นระบบที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดิน ทำให้มองเห็นสภาพปัญหา และแก้ไขได้ง่ายกว่าระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่ติดตั้งไว้ใต้ดิน รวมทั้งสามารถใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างขึ้นเป็นแหล่งในการศึกษา วิจัย ดูงาน พัฒนาการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยฯ ได้
- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ CMAS และ SBR เป็นระบบที่มีใช้ในมหาวิทยาลัยอื่นอย่างได้ผล เช่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ระบบ CMAS และ SBR) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ระบบ SBR) เทศบาลเมืองลำพูน (ระบบ SBR) ฯลฯ
- ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ OD เป็นระบบที่เคยเสนอไว้ในข้อเสนอของบริษัทเบ็ทเทอร์ไลฟ์ จำกัด ดังนั้นจึงได้นำมาเปรียบเทียบในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

3.3.2.1 การทบทวนสมการที่ใช้ในการออกแบบ

ข้อกำหนดของสมการที่ใช้ในการออกแบบ

- ใช้สมการของโมโนด
- ถังปฏิกรณ์เป็นแบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix Stirred Tank Reactor, CSTR)
- ทบทวนในส่วนที่ใช้ในการออกแบบขั้นขบวนการ ของถังเติมอากาศแต่ละระบบ

การทบทวนสมการที่ใช้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับมหาวิทยาลัยฯ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) สมการที่ใช้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix Activated Sludge, CMAS)

- ขนาดถังเติมอากาศ, V

$$V = \frac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{X (1 + k_d \theta_c)}$$

V = ปริมาตรถังเติมอากาศ, ลบ.ม.

θ_c = อายุสลัดจ์, วัน

Q = อัตราการไหลของน้ำเสีย, ลบ.ม./วัน

Y = Yield Coefficient, มก.แบคทีเรีย/มก.บีโอดี ที่ใช้ไป

S_0 = BOD_5 เข้าสู่ระบบ, มก./ล.

S = BOD_5 ออกจากระบบ, มก./ล.

X = MLVSS ในถังเติมอากาศ, มก./ล.

K_d = Decay Coefficient, วัน$^{-1}$

- ปริมาณสลัดจ์ส่วนเกิน

$$P_x = Y_{obs} Q (S_0 - S)$$

P_x = สลัดจ์ส่วนเกิน, กก.VSS/วัน

Y_{obs} = Observed Yield, มก./มก.

$$= \frac{Y}{1 + k_d \theta_c}$$

- ปริมาณอากาศที่ต้องการ

$$O_2 = \frac{Q (S_0 - S)}{BOD_5/BOD_L} - 1.42 P_x$$

O_2 = ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ต้องการ, กก./วัน

BOD_L = Ultimated BOD, มก./ล.

BOD_5 = BOD ที่หาในวันที่ 5, มก./ล.

$$Q_{ao} = \frac{O_2}{E \times \text{นน.อากาศ} \times \text{นน.ออกซิเจนในอากาศ}}$$

E = ประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศ

Q_{ao} = ปริมาณอากาศที่ต้องการในสภาวะมาตรฐาน, ลบ.ม./วัน

$$Q_{af} = \frac{Q_{ao}}{\left\{\frac{\beta C_w - C_L}{9.17}\right\}\left\{1.024^{T-20}\right\}(\alpha)}$$

Q_{af} = ปริมาณอากาศที่สภาวะใช้งานจริง (T), ลบ.ม./วัน

β = Salinity-Surface Tension Correction Factor

C_w = DO อิ่มตัวที่ T°C, มก./ล.

C_L = DO ในถังเติมอากาศ, มก./ล.

T = อุณหภูมิของน้ำในถังเติมอากาศ, °ซ.

α = Oxygen-Transfer Correction Factor ของน้ำเสีย

- อัตราการหมุนเวียนตะกอน

$(Q + Q_r) X = X_r Q_r$

Q_r = อัตราการหมุนเวียนตะกอน, ลบ.ม./วัน

X_r = VSS ในตะกอนหมุนเวียน, มก./ล.

- ตะกอนส่วนเกินที่ต้องสูบทิ้งจากท่อหมุนเวียนตะกอน

$$Q_{WT} = \frac{VX}{\theta_c X_r}$$

Q_{WT} = ตะกอนส่วนเกินที่ต้องสูบทิ้งจากท่อตะกอนหมุนเวียน, ลบ.ม./วัน

2) สมการที่ใช้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ (Sequencing Batch Reactor, SBR)

- เวลาในการทำปฏิกิริยา

$T_C = T_F + T_R + T_S + T_W$

T_C = Total Cycle Time, %

T_F = Fill Time, %

T_R = React Time, %

T_S = Settle Time, %

T_W = $T_D + T_C$

= Idle Time and Effluent Withdrawal, %

T_D = Effluent Withdrawal or Decant Time, %

T_C = Idle Time, %

- ปริมาตรของเวลาในการเติมน้ำเสีย

$V_F = Q/m$

V_F = ปริมาตรในช่วงเวลาการเติมน้ำเสีย (T_F), ลบ.ม.

m = จำนวนครั้งในการทำปฏิกิริยาต่อวัน, ครั้ง/วัน

- เวลาในการทำปฏิกิริยา

$T_C = 1/m$

- ปริมาณสลัดจ์ในถังเติมอากาศ

$M_x = P_x \theta_c = (P_x)(T_A/T_C)(\theta_c^E)$

M_x = ปริมาณสลัดจ์ในถังเติมอากาศ, กก.SS

P_x = ปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้นจากการกำจัด BOD, กก.VSS/วัน

= $Y_{obs} Q (S_0 - S)$

Y_{obs} = Observed Yield, มก./มก.

$$= \frac{Y}{1 + k_d \theta_c}$$

Y = Yield Coefficient, มก.แบคทีเรีย/มก.บีโอดีที่ใช้ไป

θ_c^E = Effective Sludge Age, วัน

$$= \frac{T_A\ \theta_c}{T_C}$$

- ปริมาตรเริ่มต้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศ

$$V_0 = \frac{SF\ M_x}{X_R}$$

V_0 = ปริมาตรเริ่มต้น, ลบ.ม.

SF = Safety Factor

X_R = ความเข้มข้นของสลัดจ์ในช่วง Idle, มก./ล.

- ปริมาตรรวมของถังเติมอากาศ

$$V_T = V_0 + V_F$$

V_T = ปริมาตรรวมของถังเติมอากาศ, ลบ.ม.

- ปริมาณสลัดจ์เฉลี่ยในถังเติมอากาศ

$$\bar{X} = M_x/V_T$$

$\bar{X}$ = ปริมาณสลัดจ์เฉลี่ย, มก./ล.

- ขนาดของถังเติมอากาศที่ใช้

$$V_{Tn} = V_T/n$$

V_{Tn} = ขนาดของถังเติมอากาศที่ใช้, ลบ.ม.

n = จำนวนถังเติมอากาศ

- ปริมาณอากาศที่ต้องการ

ปริมาณอากาศที่ต้องการสามารถพิจารณาหาค่าได้เช่นเดียวกับสมการของระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์

3) สมการที่ใช้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD)

- ปริมาตรถังเติมอากาศ

$$V_1 = \frac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{X (1 + k_d \theta_c)}$$

- ปริมาณอากาศที่ต้องการ

$$O_2 = \frac{Q (S_0 - S)}{BOD_5/BOD_L} - 1.42 P_x$$

- ปริมาณการสูบสลัดจ์เวียนกลับ

$$(Q + Q_r) X = X_r Q_r$$

Q_r = อัตราการสูบสลัดจ์เวียนกลับ, ลบ.ม./วัน

X_r = VSS ในตะกอนหมุนเวียน, มก./ล. VSS

X = MLVSS ในถังเติมอากาศ, มก./ล. VSS

Q = อัตราการไหลของน้ำเสีย, ลบ.ม./วัน

- ปริมาณสลัดจ์ที่ต้องสูบทิ้งจากท่อหมุนเวียนตะกอน

$$Q_{WT} = \frac{VX}{\theta_c X_r}$$

V = ปริมาตรถังเติมอากาศ, ลบ.ม.

X = ปริมาณสลัดจ์ในถังเติมอากาศ, มก./ล. VSS

X_r = ปริมาณสลัดจ์ในท่อหมุนเวียนตะกอน, มก./ล. VSS

θ_c = อายุสลัดจ์, วัน

4) สมการที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำเสีย

ระบบท่อระบายน้ำเสียได้ออกแบบเป็นระบบท่อแยก (Separate System) โดยใช้สมการของแมนนิ่ง (ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.1.2) ร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูป (Microcomputer Programs for Improved Planing and Design of Water Supply and Waste Disposal System : Sewer Design) มีข้อกำหนดในการออกแบบ ดังนี้

1) เลือกใช้ค่าตัวคูณยอด (Peaking Factor, PF) เท่ากับ 3.5
2) ความเร็วต่ำสุดของน้ำไหลในท่อ 0.3 ม./วินาที
3) ความเร็วสูงสุดของน้ำไหลในท่อ 3 ม./วินาที
4) ระดับดินถมสูงสุด 3 ม.
5) เลือกใช้ค่า n = 0.013

3.3.2.2 การออกแบบขั้นขบวนการ ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

1) ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix Activated Sludge : CMAS) ดังรูปที่ 5 - 6

1.1 สถานีสูบน้ำเสีย

กำหนด HRT = 10 นาที ที่อัตราการไหลเฉลี่ย (พอล คอลซัลแตนท์, 2541)

อัตราการไหลเฉลี่ย Q_{avg} = 67.32 ลบ.ม./ชม.

ขนาดสถานีสูบน้ำเสีย = $\frac{67.32 \times 10}{60}$ = 11.22 ลบ.ม.

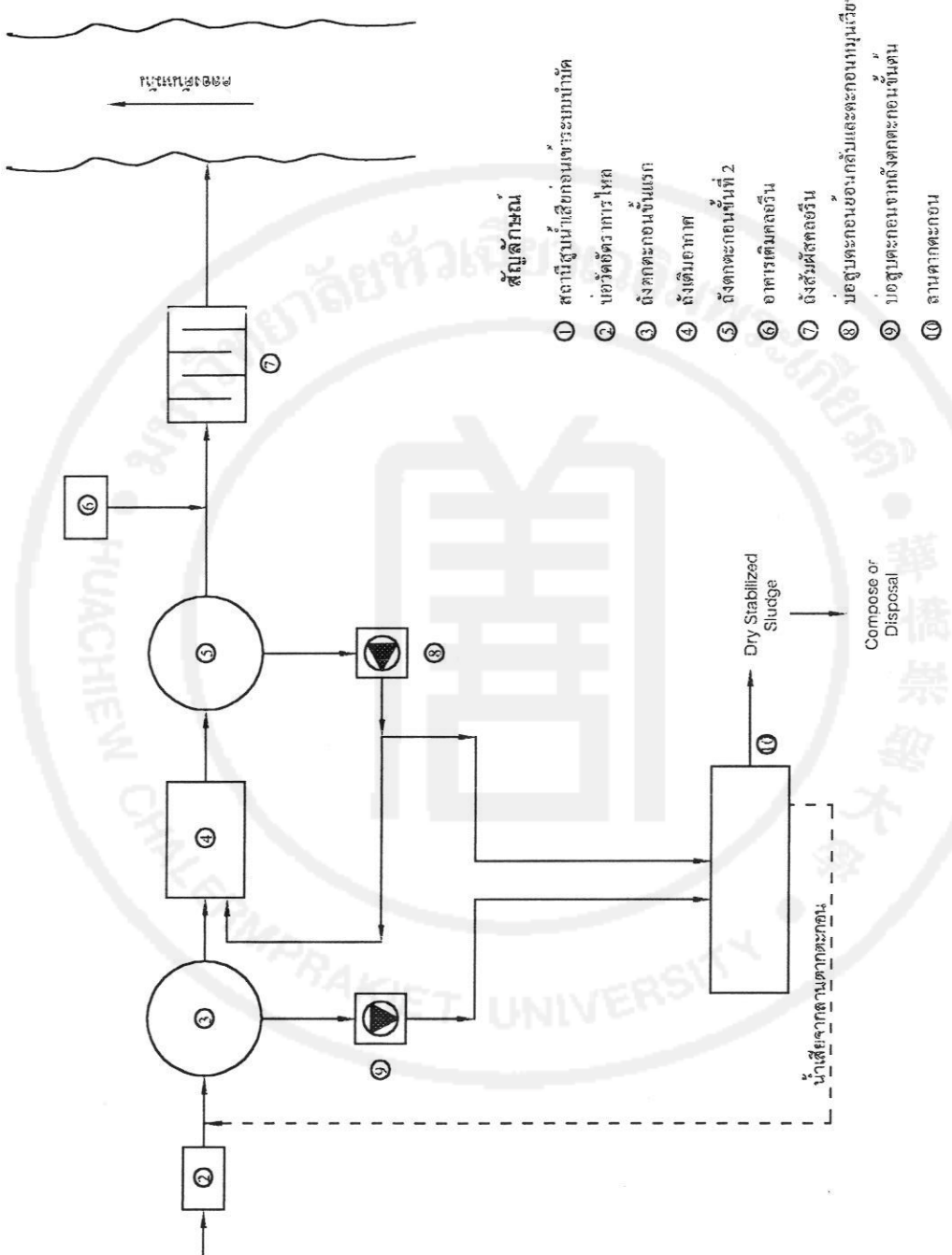
ใช้ กว้าง x ยาว = 2 x 2 ม. ความลึกไม่น้อยกว่า 2.8 ม.

1.2 บ่อวัดอัตราการไหล

กำหนด HRT = 1 นาที ที่อัตราการไหลสูงสุด (Peak Factor = 3.5)

ขนาดของบ่อวัดอัตราการไหล = $67.32 \times 3.5 \times \frac{1}{60}$ = 3.927 ลบ.ม.

ใช้ กว้าง x ยาว x ลึก = 2 x 2 x 1 = 4 ลบ.ม. > 3.927 ลบ.ม. OK



ภาพที่ 5 – 6 ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์

(Complete-Mix Activated Sludge : CMAS)

1.3 ถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation)

กำหนด HRT = 1 – 4 ชม.

อัตราน้ำล้น = 70 – 130 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน (อัตราไหลสูงสุด)

= 30 – 50 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน (อัตราไหลเฉลี่ย)

อัตราภาระฝาย = 250 ลบ.ม./ม.-วัน

ใช้ ถังกลม

- เส้นผ่าศูนย์กลาง = 3 – 60 ม.
- ความลึกของระดับน้ำ = 2 - 5 ม.
- ความชันพื้นด้านล่าง = 8 %

* เลือกอัตราน้ำล้น = 40 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน

พื้นที่ผิวของถังตกตะกอน = 67.32 x 24/40 = 40.4 ตร.ม.

เลือกถังกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง = 8 ม.

พ.ท.ผิว = 50.26 > 40.4 OK

ตรวจสอบ อัตราน้ำล้น

1. ที่อัตราการไหลสูงสุด = $\frac{67.32 \times 24 \times 3.5}{50.26}$ = 112.5 < 130 OK

2. ที่อัตราการไหลเฉลี่ย = $\frac{67.32 \times 24}{50.26}$ = 32.1 > 30 OK

* เลือกความลึกน้ำ = 5 ม.

ตรวจสอบ HRT

1. ที่อัตราการไหลสูงสุด = $\frac{50.26 \times 5}{67.32 \times 3.5}$ = 1.06 > 1 OK

2. ที่อัตราการไหลเฉลี่ย = $\frac{50.26 \times 5}{67.32}$ = 3.73 < 4 OK

* ความยาวฝายน้ำล้น = $\pi \times 7$ = 22.0 ม.

ตรวจสอบ อัตราภาระฝาย

1. ที่อัตราการไหลสูงสุด = 67.32 x 3.5 x 24/22.0 = 257.04 < 500 OK

2. ที่อัตราการไหลเฉลี่ย = 67.32 x 24/22.0 = 73.44 < 125 (ปรับเปลี่ยนระยะในการก่อสร้างจริง)

1.4 ถังเติมอากาศ

ออกแบบระบบเป็นตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix Activated Sludge ; CMAS) มีค่าที่เลือกใช้ในการออกแบบ ดังนี้

BOD_{inf}	=	90	มก./ล.
BOD_{eff}	$\leq$	20	มก./ล.
θ_c	=	10	วัน
Y	=	0.5	(มก. bact/มก. Substrate)
X	=	3500	มก./ล.
K_d	=	0.05	ต่อวัน
MLVSS/MLSS	=	0.8	
BOD_5/BOD_L	=	0.68	

- ขนาดถังเติมอากาศ $V = \dfrac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{X (1 + K_d \theta_c}$

$= \dfrac{10 \times 67.32 \times 24 \times 0.5 (90 - 20)}{3500 (1 + 0.05 (10))}$

ใช้ปริมาตรถังเติมอากาศ = 107.712 + 47 ลบ.ม. = 154.7 ลบ.ม.

* เลือกความลึกน้ำ = 3 ม. กว้าง 6 ม.

∴ ความยาวถังตกตะกอน = 8.6 ม.

ใช้ขนาดถังตกตะกอน ก x ย x ล = 6 x 8.6 x 3 = 154.8 ลบ.ม. > 154.7 OK

กำหนด Freeboard = 0.5 ม.

∴ ความลึกรวมของถังเติมอากาศ = 3.5 ม.

ขนาดถังเติมอากาศ = 6 x 8.6 x 3 ม.

- ปริมาณสลัดจ์ส่วนเกิน

$P_x = Y_{obs} Q (S_0 - S)$

$Y_{obs} = \dfrac{Y}{1 + K_d \theta_c}$

$$Q_{ao} = \frac{\text{ปริมาณ } O_2 \text{ ที่ต้องการ}}{\text{ประสิทธิภาพ x น้ำหนักอากาศ } (kg/m^3) \text{ x น้ำหนัก } O_2 \ (kg/kg)}$$

$$= \frac{113.32}{0.05 \times 1.2015 \times 0.232}$$

$$= 8136.4 \text{ ลบ.ม./วัน}$$

$$Q_{af} = \frac{8136.4}{\frac{(0.95 \times 8.38) - 1.5 \quad (1.024)^{25-20} (0.95)}{9.17}}$$

$$= \frac{8136.4}{(0.705)(1.1259)(0.95)}$$

$$= 10791 \text{ ลบ.ม./วัน} = 7.5 \text{ ลบ.ม./นาที}$$

- อัตราการหมุนเวียนตะกอน

$$(Q + Q_r)X = X_r Q_r$$

กำหนด $X = 3500$ มก./ล.

SS ในถังตกตะกอนขั้นที่ 2 = 10000 มก./ล.

MLVSS / MLSS = 0.8

$X_r = 8000$

$Q = 67.32 \times 24$ ลบ.ม./วัน

แทนค่า

$$(67.32 \times 24 + Q_r)3500 = 8000\ Q_r$$

$$2.28\ Q_r = 1616$$

$$Q_r = 709 \text{ ลบ.ม./วัน}$$

- ตะกอนส่วนเกินที่ต้องสูบทิ้ง

$$Q_{wt} = \frac{VX}{\theta_c X_r}$$

$$= \frac{154.8 \times 3500}{10 \times 8000}$$

$$= 6.77 \text{ ลบ.ม./วัน}$$

1.5 ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 (Secondary Sedimentation)

อัตราการไหลของน้ำเสีย = $Q_{เฉลี่ย} + Q_{สลัดจ์เวียนกลับ} - Q_{wt}$

= (67.32 x 24) + 709 – 6.77 ลบ.ม./วัน

= 2318 ลบ.ม./วัน

เลือกใช้ถังตกตะกอนที่ 2 = 1 ถัง

ขนาดพื้นที่ผิวของถัง = $QX / (1000 \times S_F)$

$$= \frac{(2318 / 24) \times 4375}{(2 \times 1000)}$$

= 211.3 ตร.ม.

(S_F = อัตราภาระของแข็งในถังตกตะกอน, กก/ตร.ม-ชม. = 2)

ใช้ถังกลม $D = \sqrt{\frac{211.3 \times 4}{\pi}} = 16.5$ ม.

$A_{จริง} = \pi (16.5)^2 / 4 = 213.8 > 211.3$ OK

- ตรวจสอบหาอัตราน้ำล้นบนถัง

OFR = Q/A = 2318 / 213.8

= 10.84 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน < 15 OK

- ตรวจสอบภาระของแข็ง (Solid Loading Rate, SLR)

SLR = QX/A = $\frac{2318 \times 4375}{1000 \times 213.8}$

= 47.43 กก./ ตร.ม.-วัน < 50 OK

- เลือกความลึกของถังตกตะกอนขั้นที่ 2 = 4 ม.

- ตรวจสอบเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน

DT = A x h / Q = $\frac{213.8 \times 4 \times 24}{2318}$

= 8.85 ชม.

1.6 เครื่องจ่ายคลอรีน

ใช้สารละลายคลอรีนของแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ 70% ที่อัตราการเติม 5 มก./ล.

- ปริมาณ $Ca(OCl)_2$ 70% ที่ใช้

อัตราการไหลสูงสุด = 3.5 x 2318 ลบ.ม./วัน

= 8113 ลบ.ม./วัน

อัตราการไหลเฉลี่ย = 2318 ลบ.ม./วัน

ปริมาณ $Ca(OCl)_2$ ที่ใช้ = $\frac{Q \times \text{อัตราการเติม}}{0.7 \times 1000}$ กก./วัน

= $\frac{8113 \times 5}{0.7 \times 1000}$

= 58 กก./วัน

- เตรียมสารละลายความเข้มข้น = 25% (ความถ่วงจำเพาะสารละลายคลอรีน = 1.0)

ปริมาณสารละลายที่ใช้ = $\frac{\text{ปริมาณ } Ca(OCl)_2 \text{ ที่ใช้}}{0.25} \times$ ความถ่วงจำเพาะสารละลาย

= $\frac{58}{0.25} \times 1 =$ 232 ลิตร/วัน

- เลือกเครื่องจ่ายสารเคมี ที่อัตราการสูบ 250 ลิตร/วัน จำนวน 1 ชุด

1.7 ถังสัมผัสคลอรีน

ใช้เวลาสัมผัส = 30 นาที ที่อัตราการไหล 2320 ลบ.ม./วัน

ขนาดถังสัมผัส = 2318 x 30 x 1/60 x 1/24

= 48.29 ลบ.ม.

เลือก ก x ย x ส = 4 x 12.5 x 1.1

= 52 ลบ.ม. > 48.29 OK

1.8 บ่อสูบตะกอนย้อนกลับ

- ปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องสูบทิ้ง + ปริมาณตะกอนย้อนกลับ

= $Q_{wt} + Q_r$

= 6.77 + 709 ลบ.ม./วัน

= 716 ลบ.ม./วัน

- เลือกใช้เครื่องสูบขนาดสูบไม่น้อยกว่า = $1.5 (Q_{wt} + Q_r)$

= 1.5 (716)

= 1074 ลบ.ม./วัน

- เลือก HRT บ่อสูบ = 10 นาที ที่อัตราการไหลเฉลี่ย

ขนาดบ่อสูบ = $\frac{67.32 \times 10}{60}$ ลบ.ม.

= 11.22 ลบ.ม.

- เลือกขนาดบ่อสูบ กว้าง x ยาว = 2 x 2 ม. ความลึกไม่น้อยกว่า 2.8 ม.

1.9 บ่อสูบตะกอนจากถังตกตะกอนขั้นต้น

ปริมาณตะกอนจากถังตกตะกอนขั้นต้น

ค่า SS ในน้ำเสีย = 70 มก./ล. (Maximum Value from Wastewater Sampling)

- เลือก 30% BOD removal และ 50% SS removal (บริษัท พอลคอนซัลแตนท์ จำกัด, 2540)

ถพ. ของสลัดจ์ = 1.02

ความเข้มข้นของสลัดจ์ = 2.75%

$Y_{anaerobic}$ = 0.05 gVSS/gCOD removed (MetCalf & Eddy, 2003:1000)

BOD / COD = 0.44 (Average Value from Wastewater Sampling)

- ปริมาณ SS ที่ถูกกำจัดออกจากถังตกตะกอน = 70 x 67.32 x 0.5 x (24/1000)

= 56.6 กก./วัน

- ปริมาณ BOD ที่ถูกกำจัดออกจากถังตกตะกอน = 90 x 67.32 x 0.3 x (24/1000)

= 43.62 กก./วัน

- ปริมาณ COD ที่ถูกกำจัดออกจากถังตกตะกอน = 43.62/0.44

= 99.14 กก.COD/วัน

2) ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบเอสบีอาร์ (Sequency Batch Reactor, SBR) ดังรูปที่ 5 – 7

2.1 สถานีสูบน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

ขนาด กว้าง x ยาว x สูง – 2 x 2 ลึกไม่น้อยกว่า 2.8 ม.

2.2 บ่อวัดอัตราไหล

ขนาด กว้าง x ยาว x สูง = 2 x 2 x 1 ลบ.ม.

2.3 บ่อแบ่งน้ำ

ออกแบบเป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็ก มีแผ่นกั้น 2 ช่อง โดยมีเวลากักน้ำ = 3 นาที ที่อัตราการไหลสูงสุด (Q peak)

ขนาดบ่อแบ่งน้ำ = 67.32 x 3.5 x 3/60 = 11.781 ลบ.ม.

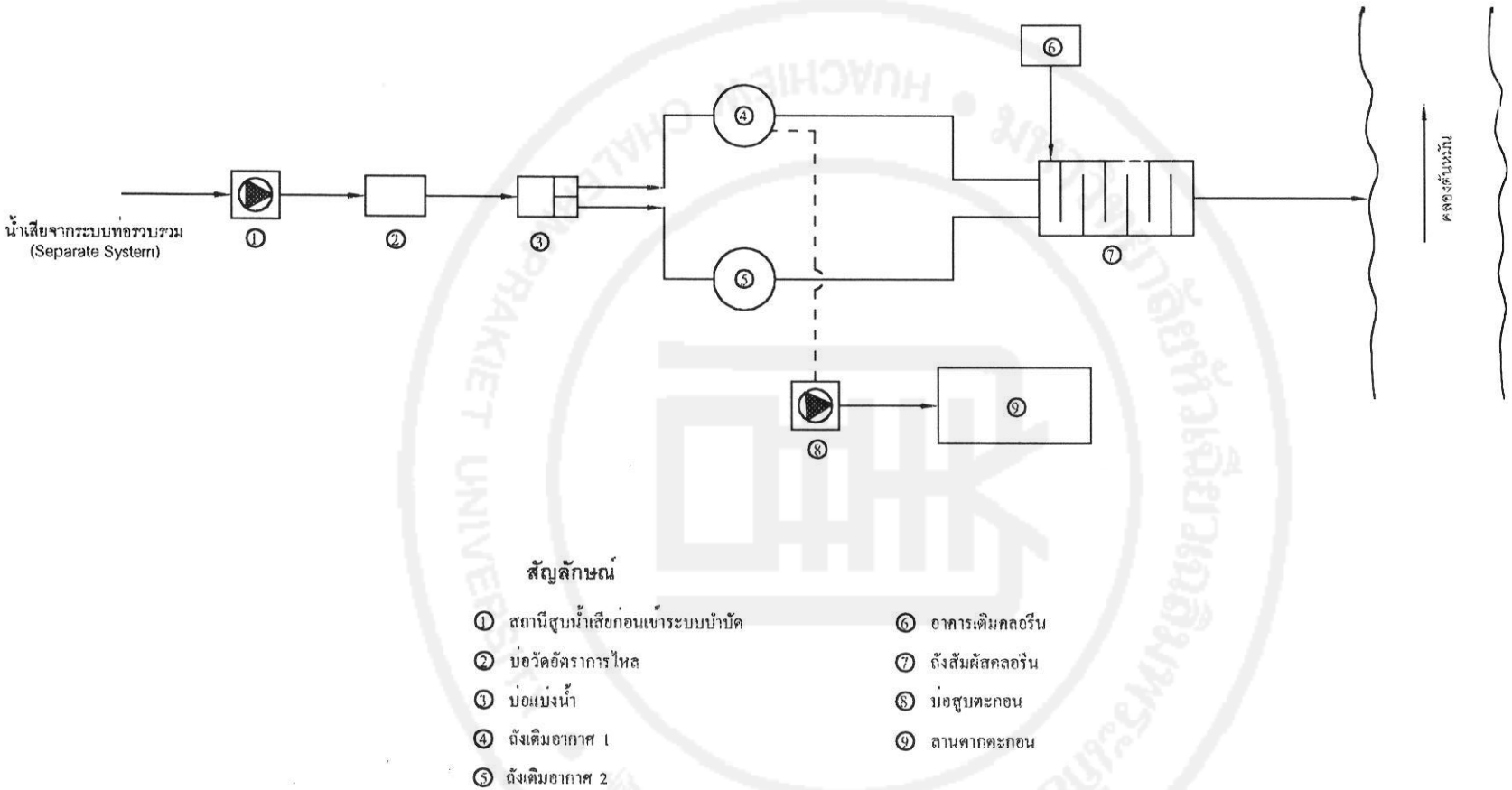
เลือกขนาดบ่อแบ่งน้ำ กว้าง x ยาว x สูง = 2 x 3 x 2

= 12 ลบ.ม. OK

2.4 ถังเติมอากาศ

เลือก

อายุสลัดจ์ (θ_c^E)	=	18	วัน
VSS	=	3500	มก./ล.
Total Time (T_C)	=	100	%
Fill (T_F)	=	20	%
React (T_R)	=	40	%
Settle (T_S)	=	20	%
Draw (T_D)	=	15	%
Idle (T_i)	=	5	%
อัตราภาระอินทรีย์	=	0.2	กก. BOD/ลบ.ม./วัน
จำนวนครั้งในการทำปฏิกิริยา (m)	=	2	ครั้ง



สัญลักษณ์

① สถานีสูบน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด
② บ่อวัดอัตราการไหล
③ บ่อแบ่งน้ำ
④ ถังเติมอากาศ 1
⑤ ถังเติมอากาศ 2
⑥ อาคารเติมคลอรีน
⑦ ถังสัมผัสคลอรีน
⑧ บ่อสูบตะกอน
⑨ ลานตากตะกอน

ภาพที่ 5 – 7 ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบเอสบีอาร์

(Sequencing Batch Reactor : SBR)

- หาปริมาตรส่วน Fill, VF = Q/m

$$= \frac{67.32 \times 24}{2} = 807.84 \text{ ลบ.ม.}$$

- หาเวลา Total Time, T_C = ½ = 0.5 วัน 12 ชม.

กำหนด $T_s + T_D + T_i$ = 4 ชม.

$T_A = T_c - (T_s + T_w) - T_F$ = 12 – 7

= 5 ชม.

= 0.208 วัน

- คำนวณหาปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้น

$P_x = Y_{obs} Q (S_0 - S)$ (Y_{obs} = 0.263)

= 0.263 x 67.32 x 24 x (90.20)/1000

= 29.74 กก.VSS/วัน

= 29.74/0.8 = 37.17 กก. SS/วัน

- คำนวณหาปริมาณตะกอนในถังเติมอากาศ (ช่วง Settle and Decant)

$M_x = P_x Q_x = P_x \frac{T_c \theta_x^E}{T_A}$ (θ_x^E = 18 วัน)

= 37.17 x 12/5 x 18

= 1605.74 กก.SS/วัน

- คำนวณหาปริมาตรในช่วง $T_D + T_c$, (T_w)

กำหนด X_R ในช่วง T_w = 10000 มก./ล.SS (1%)

ใช้สัดส่วนความปลอดภัย, SF = 1.0

$$V_o = \frac{SF\ M_x}{X_R}$$

$$= \frac{1.0 \times 1605.74}{10}$$

= 160.6 ลบ.ม. ≈ 161 ลบ.ม.

- ปริมาตรรวมของถังเติมอากาศ

$V_T = V_o + V_F$

= 807.84 + 161 = 968.84 ลบ.ม.

- คำนวณปริมาณความเข้มข้นของ Sludge เฉลี่ย ในถังเติมอากาศ (ช่วง React)

$$\overline{X} = \frac{M_x}{VT} = \frac{1605.74}{968.84}$$

$= 1.657$ กก./ลบ.ม.

$= 1657$ มก./ล. SS

$1500 < 1657 < 5000$ OK

- คำนวณหา Decant pumping rate

V_F = 807.84 ลบ.ม.

Decant time = 2 ชม.

Pumping rate = 807.84/2 = 404 ลบ.ม./ชม.

- หาปริมาณ O_2 ที่ต้องการในการทำปฏิกิริยา

$$O_2 = \frac{Q (S_o - S_t)}{BOD_5 / BOD_L} - 1.42 P_x$$

$$= \frac{67.32 \times 24 (90.20)}{1000 \times 0.68} - 1.42 (29.74)$$

$= 166.32 - 42.23$

$= 124.1$ กก.O_2/วัน

$$Q_{90} = \frac{124.1}{0.05 \times 1.2015 \times 0.232}$$

$= 8905$ ลบ.ม./วัน

$$Q_{af} = \frac{8905}{\frac{(0.95 \times 8.38) - 1.5}{9.17} (1.024)^{25-20} (0.5)}$$

$$= \frac{8905}{(0.705)(1.1259)(0.95)}$$

$= 11809$ ลบ.ม./วัน

$= 8.2$ ลบ.ม./นาที

- ปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องสูบออก

Q_{wa} = P_x

= 37.17 กก. SS/วัน

กำหนด สูบตะกอนออกในช่วง Settle + Decant

X = 10000 มก./ล.(SS)

ถพ. ของสลัดจ์ = 1.05

$\therefore$ ปริมาตรตะกอนที่ต้องสูบออก = $\frac{37.17}{0.01 \times 1.05}$

= 3.54 ลบ.ม./วัน

- เลือกเครื่องสูบที่อัตรา 1.5 ของ ค่าที่ได้

Q_{pump} = 1.5 x 3.54

= 5.31 ลบ.ม./วัน

= 0.22 ลบ.ม./ชม.

- เลือกจำนวนถังปฏิกิริยา n = 2

$\therefore V_{Tn} = \frac{V_T}{n} = \frac{968.84}{2}$

= 484 $\approx$ 485 ลบ.ม.

$\therefore$ เลือกใช้ถังเติมอากาศจำนวน 2 ถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง x สูง = 11 x 4.5 ม.

V = 495 > 485 ลบ.ม. OK

ใช้ Freeboard 0.5 ม. $\therefore$ ขนาดถังเติมอากาศเส้นผ่าศูนย์กลาง x สูง = 11 ม. x 5 ม. OK

2.5 เครื่องจ่ายคลอรีน

เลือกใช้สารละลายคลอรีนของ $Ca(OCl)_2$ 70% ที่อัตราการเติม 5 มก./ล.

- ปริมาณ $Ca(OCl)_2$ 70% ที่ใช้ = $\frac{8120 \times 5}{0.7 \times 1000}$

= 58 กก./วัน

- ปริมาณสารละลาย 25% ที่ใช้ = (58/0.25) x 1 = 232 ลิตร/วัน

- เลือกเครื่องจ่ายสารเคมีที่อัตราการสูบ 250 ลิตร/วัน จำนวน 1 ชุด

2.6 ถังสัมผัสคลอรีน

ใช้เวลาสัมผัส = 30 นาที ที่ $Q_{เฉลี่ย}$

ขนาดถังสัมผัส = 2320 x 30 x 1/60 x 1/24

= 48.33 ลบ.ม.

เลือก กว้าง x ยาว x สูง = 4 x 12.5 x 1.1

= 52 ลบ.ม. > 48.33 OK

2.7 บ่อสูบตะกอน

เลือก HRT บ่อสูบ = 10 นาที

ขนาดบ่อสูบ = $\frac{67.32 \times 10}{60}$ ลบ.ม.

= 11.2 ลบ.ม.

เลือกขนาดบ่อสูบ กว้าง x ยาว x สูง = 2 x 2 x 2.8 ม.

2.8 ลานตากแห้งสลัดจ์

เลือกระยะเวลาในการตากสลัดจ์ = 10 วัน

ความหนาชั้นสลัดจ์ = 0.3 ม.

Q สลัดจ์ = 3.54 ลบ.ม./วัน

ขนาดพื้นที่ของลานตาก = 3.54/0.3

= 11.8 ตร.ม.

เลือกขนาด 3 x 5 = 15 ตร.ม. > 11.8 OK

ใช้ลานตากจำนวน 10 ลาน

3) ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD)

รูปที่ 5 - 8

3.1 สถานีสูบน้ำเสีย

เลือก HRT = 10 นาที ที่อัตราไหลเฉลี่ย

ขนาดสถานีสูบ ใช้ กว้าง x ยาว = 2 x 2 ความลึกไม่น้อยกว่า 2.8 ม.

3.2 บ่อวัดอัตราการไหล

เลือก HRT = 1 นาที ที่อัตราไหลสูงสุด

ขนาดบ่อวัดอัตราการไหล = 2 x 2 x 1 ลบ.ม.

3.3 ถังเติมอากาศ

ออกแบบระบบเป็นตะกอนเร่ง

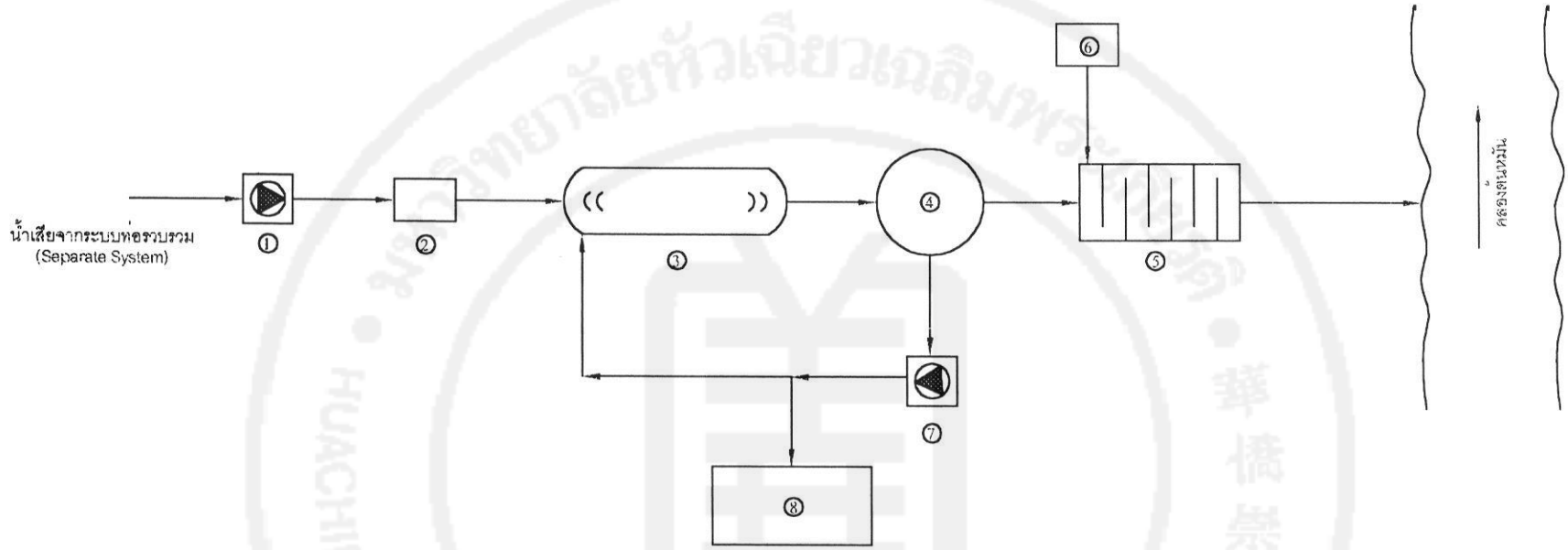
มีค่าที่เลือกใช้ในการออกแบบ ดังนี้

BOD_{inf}	=	90	มก./ล.
BOD_{eff}	$\leq$	20	มก./ล.
θ_c	=	20	วัน
Y	=	0.5	(มก. bact/มก. Substrate)
X	=	3500	มก./ล.
K_d	=	0.05	ต่อวัน
MLVSS/MLSS	=	0.8	
BOD_5/BOD_L	=	0.68	

- ขนาดถังเติมอากาศ $V = \dfrac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{X(1 + K_d \theta_c)}$

$= \dfrac{20 \times 67.32 \times 24 \times 0.5 (90 - 20)}{3500 (1 + 0.05 (20))}$

ใช้ปริมาตรถังเติมอากาศ = 161.57 + 71 ลบ.ม. = 233 ลบ.ม.



สัญลักษณ์

① สถานีสูบน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด
② บ่อวัดอัตราการไหล
③ ถังเติมอากาศ
④ ถังตกตะกอน
⑤ อาคารเติมคลอรีน
⑥ ถังสัมผัสคลอรีน
⑦ บ่อสูบตะกอน
⑧ ลานตากตะกอน

ภาพที่ 5 – 8 ทางเลือกระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน

(Oxidation Ditch : OD)

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

- มิติของถังเติมอากาศ

เลือกความลึกของน้ำ = 1.5 ม.

ความกว้างก้นราง = 2.0 ม.

พ.ท. หน้าตัด = $1.5^2 + (1.5 \times 2)$

= 5.25 ตร.ม.

ความยาวช่วงโค้ง = $2\pi (2.5 + 0.75)$

= 20.4 ม.

ความยาวที่ต้องการทั้งหมด = 254 / 5.25

= 48.4 ม.

ความยาวช่วงกลาง = (48.4 – 20.4)/2

= 14 ม.

- ปริมาณสลัดจ์ส่วนเกิน

$$P_x = Y_{obs} Q (S_0 - S)$$

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c}$$

$$= \frac{0.5}{1 + (0.05 \times 20)}$$

$$= 0.25$$

P_x = 0.25 x 67.32 x 24 x (90 – 20) / 1000

= 28.27 kg VSS/day

$$= \frac{28.27}{0.8} = 35.33 \text{ กก SS/วัน}$$

$$MLSS = \frac{MLVSS}{0.8}$$

$$= \frac{3500}{0.8}$$

= 4375 มก./ล. = 4.375 กก./ลบ.ม.

Volume of waste AS $= \dfrac{35.33}{4.375}$

$= 8.1$ ลบ.ม./วัน

- ปริมาณอากาศที่ต้องการ

$$O_2 = \frac{Q(S_0 - S)}{BOD_5 / BOD_L} - 1.42\,P_x$$

$$= \frac{67.32 \times 24\,(90 - 20)}{1000 \times 0.68} - 1.42\,(28.27)$$

$= 166.32 - 40.14$

$= 126.18$ กก. O_2/วัน

อากาศประกอบด้วย 23.21% O_2 โดยน้ำหนัก

น้ำหนักอากาศ 1.2015 กก./ลบ.ม.

ประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศ 5% (เลือกใช้ Air Diffuser)

ปริมาณอากาศที่ต้องการ $Q_{af} = \dfrac{Q_{ao}}{\left\{\dfrac{\beta C_w - C_L}{9.17}\right\}\left\{1.024^{T-20}\right\}\alpha}$

$\beta = 0.95$ $C_w = 8.38$ $C_L = 1.5$ $T = 25^{\circ}C$ $\alpha = 0.95$

$$Q_{ao} = \frac{\text{ปริมาณ } O_2 \text{ ที่ต้องการ}}{\text{ประสิทธิภาพ x น้ำหนักอากาศ } (kg/m^3) \text{ x น้ำหนัก } O_2\ (kg/kg)}$$

$$= \frac{126.18}{0.05 \times 1.2015 \times 0.232}$$

$= 9054$ ลบ.ม./วัน

$$Q_{af} = \frac{9054}{\dfrac{(0.95 \times 8.38) - 1.5}{9.17}\ (1.024)^{25-20}\ (0.95)}$$

$$= \frac{9054}{(0.705)\ (1.1259)\ (0.95)}$$

$= 12007$ ลบ.ม./วัน $=$ 8.34 ลบ.ม./นาที

- อัตราการหมุนเวียนตะกอน

$(Q + Q_r)X = X_r Q_r$

กำหนด $X = 3500$ มก./ล.

SS ในถังตกตะกอนขั้นที่ 2 = 10000 มก./ล.

MLVSS / MLSS = 0.8

$X_r = 8000$

$Q = 67.32 \times 24$ ลบ.ม./วัน

แทนค่า

$(67.32 \times 24 + Q_r)3500 = 8000\ Q_r$

$2.28\ Q_r = 1616$

$Q_r = 709$ ลบ.ม./วัน

- ตะกอนส่วนเกินที่ต้องสูบทิ้ง

$$Q_{wt} = \frac{VX}{\theta_c X_r}$$

$$= \frac{254 \times 3500}{20 \times 8000}$$

$= 5.5$ ลบ.ม./วัน

3.4 ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 (Secondary Sedimentation)

อัตราการไหลของน้ำเสีย $= Q_{เฉลี่ย} + Q_{สลัดจ์เวียนกลับ} - Q_{wt}$

$= (67.32 \times 24) + 709 - 5.5$ ลบ.ม./วัน

$= 2320$ ลบ.ม./วัน

เลือกใช้ถังตกตะกอนที่ 2 = 1 ถัง

ขนาดพื้นที่ผิวของถัง $= QX / (1000 \times S_F)$

$$= \frac{(2320 / 24) \times 4375}{(2 \times 1000)}$$

$= 212$ ตร.ม.

(S_F = อัตราภาระของแข็งในถังตกตะกอน, กก/ตร.ม-ซม. = 2)

ใช้ถังกลม $D = \sqrt{\frac{212 \times 4}{\pi}} = 16.5$ ม.

$A_{จริง} = \pi (16.5)^2 / 4 = 213.8 > 212$ OK

- ตรวจสอบหาอัตราน้ำล้นบนถัง

$OFR = Q/A = 2320 / 213.8$

$= 10.85$ ลบ.ม./ตร.ม.-วัน $<$ 15 OK

- ตรวจสอบภาระของแข็ง (Solid Loading Rate, SLR)

$SLR = QX/A = \frac{2320 \times 4375}{1000 \times 213.8}$

$= 47.47$ กก./ ตร.ม.-วัน $<$ 50 OK

- เลือกความลึกของถังตกตะกอนขั้นที่ 2 = 4 ม.

- ตรวจสอบเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน

$DT = A \times h / Q = \frac{213.8 \times 4 \times 24}{2320}$

$= 8.85$ ชม.

3.5 เครื่องจ่ายคลอรีน

ใช้สารละลายคลอรีนของแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ 70% ที่อัตราการเติม 5 มก./ล.

- ปริมาณ $Ca(OCl)_2$ 70% ที่ใช้

อัตราการไหลสูงสุด = 3.5 x 2320 ลบ.ม./วัน

= 8120 ลบ.ม./วัน

อัตราการไหลเฉลี่ย = 2320 ลบ.ม./วัน

ปริมาณ $Ca(OCl)_2$ ที่ใช้ = $\frac{Q \times \text{อัตราการเติม}}{0.7 \times 1000}$ กก./วัน

$= \frac{8120 \times 5}{0.7 \times 1000}$

$= 58$ กก./วัน

- เตรียมสารละลายความเข้มข้น = 25% (ความถ่วงจำเพาะสารละลายคลอรีน = 1.0)

ปริมาณสารละลายที่ใช้ = $\frac{\text{ปริมาณ } Ca(OCl)_2 \text{ ที่ใช้}}{0.25}$ x ความถ่วงจำเพาะสารละลาย

= $\frac{58}{0.25}$ x 1 = 232 ลิตร/วัน

- เลือกเครื่องจ่ายสารเคมี ที่อัตราการสูบ 250 ลิตร/วัน จำนวน 1 ชุด

3.6 ถังสัมผัสคลอรีน

ใช้เวลาสัมผัส = 30 นาที ที่อัตราการไหล 2320 ลบ.ม./วัน

ขนาดถังสัมผัส = 2320 x 30 x 1/60 x 1/24

= 48.33 ลบ.ม.

เลือก ก x ย x ส = 4 x 12.5 x 1.1

= 52 ลบ.ม. > 48.33 OK

3.7 บ่อสูบตะกอนย้อนกลับ

- ปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องสูบทิ้ง + ปริมาณตะกอนย้อนกลับ

= $Q_{wt} + Q_r$

= (5.5 + 709) + 56.6 / (1.05 x 0.01 x 1000) ลบ.ม./วัน (ตะกอน SS)

= 720 ลบ.ม./วัน

- เลือกใช้เครื่องสูบขนาดสูบไม่น้อยกว่า = 1.5 เท่า

= 1.5 (720)

= 1080 ลบ.ม./วัน

- เลือก HRT บ่อสูบ = 10 นาที ที่อัตราการไหลเฉลี่ย

ขนาดบ่อสูบ = $\frac{67.32 \text{ x } 10}{60}$ ลบ.ม.

= 11.22 ลบ.ม.

- เลือกขนาดบ่อสูบ กว้าง x ยาว = 2 x 2 ม. ความลึกไม่น้อยกว่า 2.8 ม.

3.8 ลานตากแห้งสลัดจ์ (Sand Drying Beds)

เลือกระยะเวลาในการตากสลัดจ์ = 10 วัน

ความหนาของชั้นสลัดจ์บนลานตาก = 30 ซม.

Q สลัดจ์ = (5.4 + 5.5) ลบ.ม./วัน

∴ พื้นที่ผิวลานตาก = 10.9/0.3 = 36.33 ตร.ม.

เลือกขนาด กว้าง x ยาว = 5 x 8 ม. จำนวน 10 ลาน โดยระบายตะกอนลงลานตากวันละ 1 ลาน

4) การออกแบบระบบท่อระบายน้ำเสีย

4.1 ปริมาณน้ำเสียที่เข้าหรือออกจาก Node

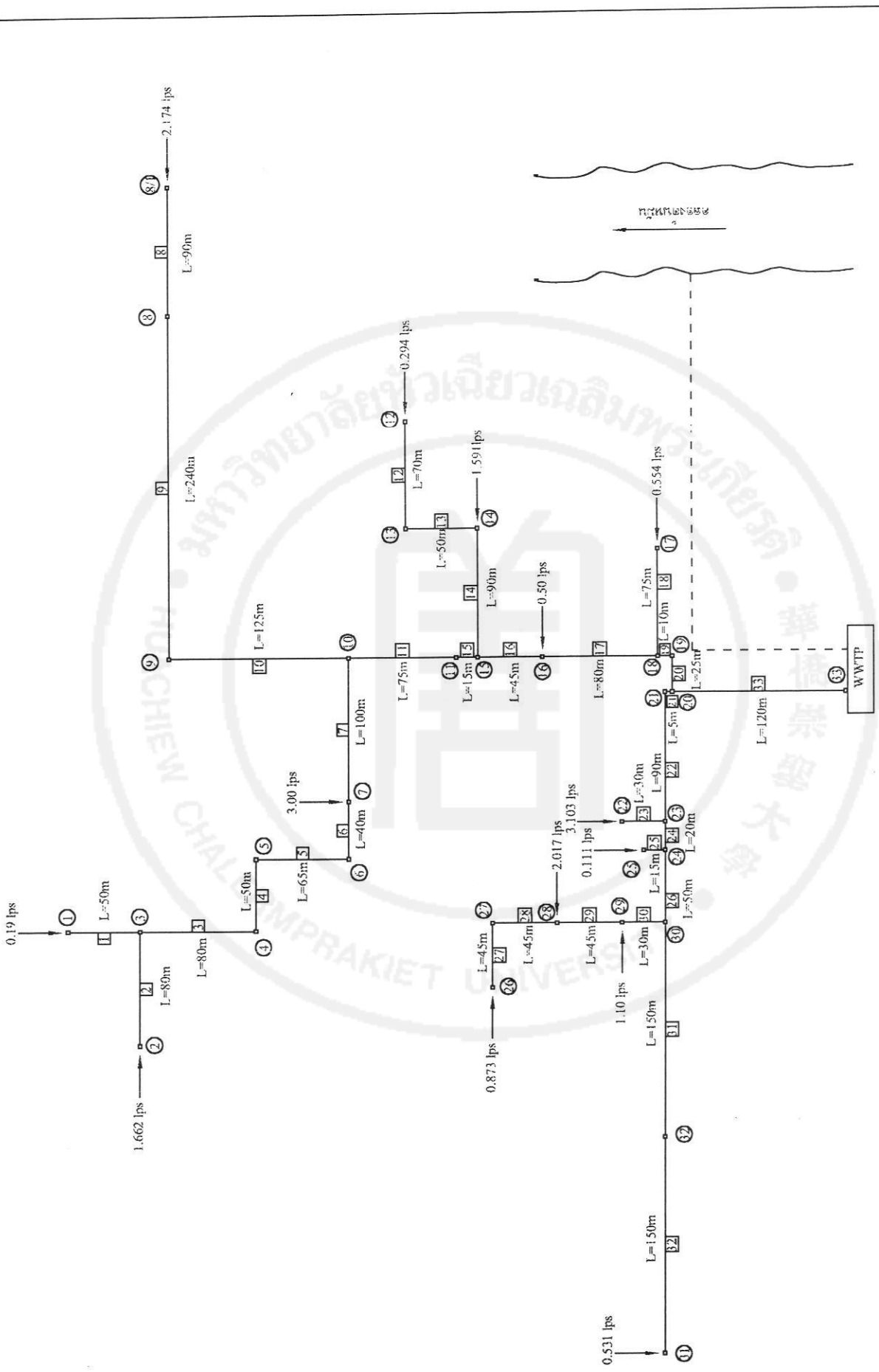
ปริมาณน้ำเสียในแต่ละ Node คำนวณจากน้ำเสียในแต่ละอาคารโดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละอาคารจะแบ่งออกเป็นสัดส่วนตามพื้นที่ โดยนำพื้นที่ในแต่ละอาคารคูณด้วยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2565 หารด้วยพื้นที่รวมทั้งหมดของทุกอาคาร แสดงดังตารางที่ 5 – 2 และรูปที่ 5 - 9

4.2 ขนาดท่อระบายน้ำเสีย

ขนาดท่อระบายน้ำเสียที่เหมาะสมได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Microcomputer Programs for Improved Planing and Design of Water Supply and Waste Disposal System : Sewer Design)ในการออกแบบดังแสดงในรายการคำนวณจากโปรแกรมดังกล่าว (ตารางที่ 5 – 3)

ตารางที่ 5 - 2 การพยากรณ์ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอนาคต แต่ละอาคารของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ลำดับที่	อาคาร	พื้นที่	ปริมาณน้ำเสีย (พ.ศ. 2565)	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น		
		(ตร.ม.)	(ลบ.ม./ชม.)	(ลบ.ม./ชม.)	(ลบ.ม./วัน)	(ลิตร/วินาที)
1	อาคารอำนวยการ	7,418.50	67.32	5.98	143.62	1.662
2	อาคารเรียน	31,700.00		25.57	613.71	7.103
3	อาคารบรรณสาร	9,000.00		7.26	174.24	2.017
4	อาคารเฉลิมพระเกียรติ	4,910.00		3.96	95.06	1.100
5	อาคารหอประชุม	3,898.00		3.14	75.46	0.873
6	อาคารบริการ	2,370.00		1.91	45.88	0.531
7	อาคารโภชนาการ	4,705.00		3.80	91.09	1.054
8	อาคารบำรุงรักษา	846.00		0.68	16.38	0.190
9	อาคารยิมเนเซียม	4,050.00		3.27	78.41	0.907
10	อาคารหอพักอาจารย์	3,052.00		2.46	59.09	0.684
11	อาคารหอพักนักศึกษา	9,700.00		7.82	187.79	2.174
12	อาคารห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุขศาสตร์ฯ และเภสัชฯ	495.00		0.40	9.58	0.111
13	อาคารพัฒนานักศึกษา	1,312.68		1.06	25.41	0.294
	รวม	83,457.18		67.32	1,615.72	18.70



ภาพที่ 5 – 9 ผลการวิเคราะห์ท่อระบายน้ำเสีย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ตารางที่ 5 – 3 รายการคำนวณขนาดท่อระบายน้ำเสีย
ที่เหมาะสม โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

PROJECT TITLE: FS Sewer Huachiew University

NUMBER OF NODES:	34
NUMBER OF LINKS:	33
PEAKING FACTOR:	3.5
MINIMUM SCOUR VELOCITY:	.3 (MPS)
MAXIMUM VELOCITY:	3 (MPS)
MAXIMUM COVER DEPTH:	3 (M)
SEWER OUTFALL NODE #:	33
CROWN ELEVATION OF OUTFALL NODE:	1.075 (M)
TOTAL SYSTEM LENGTH:	2250
AVERAGE WEIGHTED DIAMETER:	18.01111
AVERAGE WEIGHTED EXCAVATION DEPTH:	1.351705
AVERAGE WEIGHTED EXCAVATION AREA:	.274406

WARNING : ELEVATION OF LAST PIPE IS LOWER THAN CROWN OF OUTFALL NODE.

PROJECT TITLE: FS Sewer Huachiew University

L I N K D A T A

* => MAX COVER DEPTH EXCEEDE

LINK #	FROM NODE #	TO NODE #	PEAK FLOW (LPS)	LENGTH (M)	DIAM (CM)	WATER DEPTH (CM)	VEL (MPS)	LINK SLOPE %	MIN SLOPE %	MAX SLOPE %	GROUND SLOPE %
1	1	3	0.665	50.00	15.00	2.75	0.300	0.36	0.36	%260.87	0.02
2	2	3	5.817	80.00	15.00	11.60	0.397	0.16	0.16	39.84	0.15
3	3	4	6.482	80.00	15.00	11.60	0.442	0.20	0.20	36.39	-0.06
4	4	5	6.482	50.00	15.00	11.60	0.442	0.20	0.20	36.39	-0.03
5	5	6	6.482	65.00	15.00	11.60	0.442	0.20	0.20	36.39	0.15
6	6	7	6.482	40.00	15.00	11.60	0.442	0.20	0.20	36.39	-0.24
7	7	10	16.982	100.00	20.00	15.47	0.651	0.30	0.30	17.98	-0.10
8	81	8	7.609	90.00	15.00	11.60	0.519	0.28	0.28	31.82	-0.31
9	8	9	7.609	240.00	15.00	11.60	0.519	0.28	0.28	31.82	0.06
10	9	10	7.609	125.00	15.00	11.60	0.519	0.28	0.28	31.82	0.07
11	10	11	24.591	75.00	30.00	22.23	0.438	0.08	0.08	15.09	-0.13
12	12	13	1.029	70.00	15.00	3.73	0.300	0.25	0.25	%177.77	0.00
13	13	14	1.029	50.00	15.00	3.73	0.300	0.25	0.25	%177.77	0.16
14	14	15	6.597	90.00	15.00	11.61	0.450	0.21	0.21	35.84	0.09
15	11	15	28.091	15.00	30.00	23.21	0.479	0.09	0.09	13.50	-0.03
16	15	16	34.688	45.00	30.00	23.21	0.591	0.14	0.14	11.33	-0.01
17	16	18	36.438	80.00	30.00	23.21	0.621	0.16	0.16	10.89	-0.01
18	17	18	1.939	75.00	15.00	5.91	0.300	0.15	0.15	%102.21	-0.06
19	18	19	38.378	10.00	30.00	23.21	0.654	0.18	0.18	10.43	0.00
20	19	20	38.378	25.00	30.00	23.21	0.654	0.18	0.18	10.43	0.00
21	21	20	27.073	5.00	20.00	15.47	1.038	0.76	0.76	12.38	0.00
22	23	21	27.073	90.00	20.00	15.47	1.038	0.76	0.76	12.38	0.03
23	22	23	10.860	30.00	15.00	11.61	0.740	0.57	0.57	23.77	0.02
24	24	23	16.212	20.00	15.00	11.60	1.105	1.27	1.27	17.31	0.78
25	25	24	0.389	15.00	15.00	1.89	0.300	0.56	0.56	%418.96	-0.01
26	30	24	15.824	50.00	20.00	15.47	0.607	0.26	0.26	19.05	-0.44
27	26	27	3.056	45.00	15.00	8.40	0.300	0.11	0.11	69.00	0.00
28	27	28	3.056	45.00	15.00	8.40	0.300	0.11	0.11	69.00	-0.01
29	28	29	10.115	45.00	15.00	11.60	0.689	0.49	0.49	25.18	-0.02
30	29	30	13.965	30.00	15.00	11.60	0.952	0.94	0.94	19.45	-0.02
31	32	30	1.859	150.00	15.00	5.72	0.300	0.16	0.16	%106.07	-0.25
32	31	32	1.859	150.00	15.00	5.29	0.333	0.21	0.16	%106.07	

											0.21
33	20	33	65.450	120.00	30.00	23.21	1.115	0.51	0.51	6.82	0.00

ROJECT TITLE: FS Sewer Huachiew University

L I N K D A T A

* => MAX COVER DEPTH EXCEEDE

LINK #	GROUND ELEV UPSTRM (M)	GROUND ELEV DNSTRM (M)	CROWN ELEV UPSTRM (M)	CROWN ELEV DNSTRM (M)	INVERT ELEV UPSTRM (M)	INVERT ELEV DNSTRM (M)	EXCAVATION DEPTH UPSTRM (M)	EXCAVATION DEPTH DNSTRM (M)
1	0.81	0.80	0.31	0.13	0.16	-0.02	0.65	0.82
2	0.92	0.80	0.42	0.29	0.27	0.14	0.65	0.66
3	0.80	0.85	0.13	-0.03	-0.02	-0.18	0.82	1.03
4	0.85	0.87	-0.03	-0.13	-0.18	-0.28	1.03	1.15
5	0.87	0.77	-0.13	-0.26	-0.28	-0.41	1.15	1.18
6	0.77	0.87	-0.26	-0.34	-0.41	-0.49	1.18	1.36
7	0.87	0.97	-0.34	-0.64	-0.54	-0.84	1.41	1.81
8	0.93	1.21	0.43	0.18	0.28	0.03	0.65	1.18
9	1.21	1.06	0.18	-0.49	0.03	-0.64	1.18	1.70
10	1.06	0.97	-0.49	-0.84	-0.64	-0.99	1.70	1.96
11	0.97	1.06	-0.84	-0.90	-1.14	-1.20	2.11	2.26
12	1.22	1.22	0.72	0.55	0.57	0.40	0.65	0.82
13	1.22	1.14	0.55	0.43	0.40	0.28	0.82	0.87
14	1.14	1.07	0.43	0.24	0.28	0.09	0.87	0.98
15	1.06	1.07	-0.90	-0.92	-1.20	-1.22	2.26	2.28
16	1.07	1.07	-0.92	-0.98	-1.22	-1.28	2.28	2.35
17	1.07	1.08	-0.98	-1.11	-1.28	-1.41	2.35	2.48
18	1.03	1.08	0.53	0.42	0.38	0.27	0.65	0.81
19	1.08	1.08	-1.11	-1.13	-1.41	-1.43	2.48	2.50
20	1.08	1.08	-1.13	-1.17	-1.43	-1.47	2.50	2.55
21	1.08	1.08	-1.16	-1.19	-1.36	-1.39	2.43	2.47
22	1.10	1.08	-0.47	-1.16	-0.67	-1.36	1.77	2.43
23	1.11	1.10	0.61	0.44	0.46	0.29	0.65	0.81
24	1.26	1.10	-0.21	-0.47	-0.36	-0.62	1.62	1.72
25	1.26	1.26	0.76	0.67	0.61	0.52	0.65	0.74
26	1.04	1.26	-0.08	-0.21	-0.28	-0.41	1.32	1.67
27	1.02	1.02	0.52	0.47	0.37	0.32	0.65	0.70
28	1.02	1.03	0.47	0.42	0.32	0.27	0.70	0.76
29	1.03	1.04	0.42	0.20	0.27	0.05	0.76	0.99
30	1.04	1.04	0.20	-0.08	0.05	-0.23	0.99	1.27
31	0.67	1.04	0.17	-0.07	0.02	-0.22	0.65	1.26
32	0.98	0.67	0.48	0.17	0.33	0.02	0.65	0.65
33	1.08	1.08	-1.19	-1.81	-1.49	-2.11	2.57	3.19

ROJECT TITLE:FS Sewer Huachiew University

N O D E D A T A

NODE #	INPUT (LPS)	GROUND ELEV (M)	EXCAVATION DEPTH (M)	DIST TO HIGH LOW (M)	INVERT INVERT
1	0.190	0.81	0.65	0.00	
2	1.662	0.92	0.65	0.00	
3	0.000	0.80	0.82	0.16	
4	0.000	0.85	1.03	0.00	
5	0.000	0.87	1.15	0.00	
6	0.000	0.77	1.18	0.00	
7	3.000	0.87	1.41	0.05	
81	2.174	0.93	0.65	0.00	
8	0.000	1.21	1.18	0.00	
9	0.000	1.06	1.70	0.00	
10	0.000	0.97	2.11	0.30	

11	1.000	1.06	2.26	0.00
12	0.294	1.22	0.65	0.00
13	0.000	1.22	0.82	0.00
14	1.591	1.14	0.87	0.00
15	0.000	1.07	2.28	1.30
16	0.500	1.07	2.35	0.00
17	0.554	1.03	0.65	0.00
18	0.000	1.08	2.48	1.68
19	0.000	1.08	2.50	0.00
20	0.000	1.08	2.57	0.10
21	0.000	1.08	2.43	0.00
22	3.103	1.11	0.65	0.00
23	0.000	1.10	1.77	0.96
24	0.000	1.26	1.67	0.94
25	0.111	1.26	0.65	0.00
26	0.873	1.02	0.65	0.00
27	0.000	1.02	0.70	0.00
28	2.017	1.03	0.76	0.00
29	1.100	1.04	0.99	0.00
30	0.000	1.04	1.32	0.07
31	0.531	0.98	0.65	0.00
32	0.000	0.67	0.65	0.00
33	-18.700	1.08	3.19	0.00

HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY

4) การประมาณราคาค่าก่อสร้างและดำเนินการ

ราคาค่าก่อสร้างและดำเนินการในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก คือ ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ และ ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน โดยค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการที่ได้ คิดเปรียบเทียบในส่วนที่แตกต่างกันเท่านั้น โดยค่าก่อสร้างและดำเนินการบางส่วนที่เหมือนกันของระบบบำบัดในแต่ละทางเลือกจะไม่ได้นำมาพิจารณาร่วมในที่นี้ ดังนั้นราคาที่ได้ดังกล่าวในงานวิจัยนี้จึงไม่ใช่ราคาค่าก่อสร้างและดำเนินการที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งค่าก่อสร้างและดำเนินการที่เกิดขึ้นจริงจะสามารถประมาณการได้จากการออกแบบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกแล้ว

การประมาณราคาจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ค่าก่อสร้าง และค่าดำเนินการ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 5 – 4 มีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำเสีย บ่อวัดอัตราการไหล ถังตกตะกอนขั้นต้น ถังเติมอากาศ ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 อาคารเติมคลอรีน ถังสัมผัสคลอรีน บ่อสูบตะกอนย้อนกลับ บ่อสูบตะกอนจากถังตกตะกอนขั้นต้น ลานตากแห้งสลัดจ์ มีค่าก่อสร้างรวม 19.092 ล้านบาท

ในส่วนค่าดำเนินการ ประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงาน ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ซึ่งจากการประมาณการ มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เท่ากับ 2.558 ล้านบาท/ปี

2. ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำเสีย บ่อวัดอัตราการไหล บ่อแบ่งน้ำ ถังเติมอากาศ อาคารเติมคลอรีน ถังสัมผัสคลอรีน บ่อสูบตะกอนย้อนกลับ ลานตากแห้งสลัดจ์ มีค่าก่อสร้างรวม 17.196 ล้านบาท

ในส่วนค่าดำเนินการ ประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงาน ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ซึ่งจากการประมาณการ มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เท่ากับ 2.343 ล้านบาท/ปี

3. ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำเสีย บ่อวัดอัตราการไหล ถังเติมอากาศ ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 อาคารเติมคลอรีน ถังสัมผัสคลอรีน บ่อสูบตะกอนย้อนกลับ ลานตากแห้งสลัดจ์ มีค่าก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 17.5692 ล้านบาท

ในส่วนค่าดำเนินการ ประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงาน ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ซึ่งจากการประมาณการ มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เท่ากับ 2.535 ล้านบาท/ปี

$$= \frac{0.5}{1 + (0.05 \times 10)}$$

$$= 0.33$$

P_x = 0.33 x 67.32 x 24 x (90 – 20) / 1000

= 37.32 kg VSS/day

$$= \frac{37.32}{0.8} = 46.65 \text{ กก SS/วัน}$$

$$\text{MLSS} = \frac{\text{MLVSS}}{0.8}$$

$$= \frac{3500}{0.8}$$

= 4375 มก./ล. = 4.375 กก./ลบ.ม.

$$\text{Volume of waste AS} = \frac{46.65}{4.375}$$

= 10.66 ลบ.ม./วัน

- ปริมาณอากาศที่ต้องการ

$$O_2 = \frac{Q (S_0 - S)}{BOD_5 / BOD_L} - 1.42 P_x$$

$$= \frac{67.32 \times 24 (90 - 20)}{1000 \times 0.68} - 1.42 (37.32)$$

= 166.32 – 53.0

= 113.32 กก. O_2/วัน

อากาศประกอบด้วย 23.21% O_2 โดยน้ำหนัก

น้ำหนักอากาศ 1.2015 กก./ลบ.ม.

ประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศ 5% (เลือกใช้ Air Diffuser)

ปริมาณอากาศที่ต้องการ Q_{af} =

$$\frac{Q_{ao}}{\left\{\frac{\beta C_w - C_L}{9.17}\right\}\left\{1.024^{T-20}\right\}\alpha}$$

$\beta = 0.95$ $C_w = 8.38$ $C_L = 1.5$ $T = 25^{\circ}C$ $\alpha = 0.95$

- ปริมาณ VSS ที่เกิดขึ้น = 0.05 x 99.14

= 4.95 กก./วัน

∴ ปริมาณ SS ที่ถูกกำจัดออกจากถังตกตะกอน = 56.6 + 4.95 กก./วัน

= 61.55 กก./วัน

- ปริมาตรของสลัดจ์เข้มข้น 100% = 61.55/1.05

= 58.6 ลิตร/วัน

- ปริมาตรของสลัดจ์เข้มข้น 2.75% = 58.6/0.0275

= 2132 ลิตร/วัน

= 2.13 ลบ.ม./วัน

- เลือกใช้เครื่องสูบขนาดสูบไม่น้อยกว่า = 1.5 เท่า

= 1.5 x 2.13

= 3.2 ลบ.ม./วัน

เลือก HRT บ่อสูบ = 10 นาที ที่อัตราการไหลเฉลี่ย

ขนาดบ่อสูบ = 11.22 ลบ.ม.

เลือกขนาดบ่อสูบ = กว้าง x ยาว x สูง = 2 x2 x 2.8

1.10 ลานตากแห้งสลัดจ์ (Sand Drying Beds)

เลือกระยะเวลาในการตากสลัดจ์ = 10 วัน

ความหนาของชั้นสลัดจ์บนลานตาก = 30 ซม.

Q สลัดจ์ = 6.84 ลบ.ม./วัน

∴ พื้นที่ผิวลานตาก = 6.84/0.3 = 22.8 ตร.ม.

เลือกขนาด กว้าง x ยาว = 3 x 8 ม. จำนวน 10 ลาน โดยระบายตะกอนลงลานตากวันละ 1 ลาน

ตารางที่ 5 - 4 ราคาค่าก่อสร้างส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

ลำดับที่	รายการ	ราคาค่าก่อสร้าง (ล้านบาท)		
		ระบบตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ (Completely Mix Activated Sludge, CMAS)	ระบบตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ (Sequencing Batch Reactor, SBR)	ระบบตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD)
1	สถานีสูบน้ำเสีย	0.12	0.12	0.12
2	บ่อวัดอัตราการไหล	0.12	0.12	0.12
3	ถังตกตะกอนขั้นต้น	0.7	-	-
4	บ่อแบ่งน้ำ	-	0.18	-
5	ถังเติมอากาศ	0.36	1.71	0.466
6	ถังตกตะกอนขั้นที่ 2	2.41	-	2.41
7	อาคารเติมคลอรีน	0.18	0.18	0.18
8	ถังสัมผัสคลอรีน	0.8	0.8	0.8
9	บ่อสูบตะกอนย้อนกลับ	0.12	0.12	0.12
10	บ่อสูบตะกอนจากถังตกตะกอนขั้นต้น	0.12	-	-
11	ลานตากแห้งสลัดจ์	0.48	0.3	0.8
12	เครื่องจักร และอุปกรณ์	3.5	3.8	2.625
13	ระบบท่อระบาย	7	7	7
14	ค่าดำเนินการ ออกแบบ เผื่อ 20 %	3.182	2.866	2.9282
ราคาค่าก่อสร้างรวม		19.092	17.196	17.5692
15	ค่าดำเนินการระบบต่อปี	2.558	2.343	2.535

5) ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ

จากการศึกษาที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้น สามารถคัดเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯได้ โดยอาศัยเกณฑ์ในการคัดเลือกด้าน ราคาการก่อสร้าง และค่าดำเนินการ เป็นหลัก รวมทั้งพิจารณาข้อดี-ข้อเสีย ของระบบร่วมด้วย ซึ่งผลการคัดเลือกพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยฯ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ (Sequencing Batch Reactor, SBR) โดยมีเหตุผลในการคัดเลือก ดังนี้

- ระบบ SBR เป็นระบบที่มีการใช้งานในมหาวิทยาลัยอื่นอย่างได้ผล เช่น ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ดำเนินการและก่อสร้างแล้ว) ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (อยู่ในระหว่างการก่อสร้าง) เป็นต้น
- ระบบ SBR เป็นระบบที่ยืดหยุ่น เนื่องจากสามารถปรับเปลี่ยนการดำเนินการเพื่อให้เกิดการบำบัด บีโอดี เพียงอย่างเดียว หรือ บำบัดบีโอดีร่วมกับไนโตรเจน หรือ บำบัดบีโอดีร่วมกับไนโตรเจนร่วมกับฟอสฟอรัส โดยปรับเปลี่ยนช่วงเวลาในการดำเนินการเท่านั้น
- ระบบ SBR เป็นระบบที่สามารถนำมาใช้ในการวิจัยและพัฒนาของคณาจารย์นักศึกษา รวมทั้งเป็นแหล่งที่ใช้ในการฝึกงาน อบรม ดูงาน ได้ โดยระบบดังกล่าวยังต้องการการวิจัยอีกมากในด้านการควบคุมระบบเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการบำบัดตามต้องการ โดยสามารถศึกษาเพื่อหาสภาพการดำเนินการที่เหมาะสมกับน้ำเสียที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยฯ
- ระบบ SBR มีส่วนประกอบต่าง ๆ น้อยกว่าระบบอื่น ๆ ดังนั้นหารใช้พื้นที่ในการก่อสร้าง การดำเนินการบำรุงรักษา จะใช้งบประมาณและจำนวนคนน้อยกว่า
- ระบบ SBR เป็นระบบที่มีค่าก่อสร้าง รวมค่าดำเนินการต่ำกว่าระบบอื่น ๆ ที่เปรียบเทียบกัน
- ในแง่ของกระบวนการในการบำบัดน้ำเสีย ระบบแบบ SBR เป็นระบบที่มีสภาพการดำเนินการแบบทีละเท โดยไม่ได้มีการสมมติให้เกิดสภาพแบบคงที่ (Steady State) ดังนั้นจึงมีลักษณะการบำบัดน้ำเสียที่เข้าใกล้กับสภาพที่เกิดขึ้นจริงมากกว่า

รายละเอียดการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ทางเลือก ประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ ระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ และระบบบำบัดน้ำเสียตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน แสดงดังตารางที่ 5 – 5

ตารางที่ 5 - 5 การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก

ลำดับที่	ข้อดี - ข้อเสีย	ระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละทางเลือก		
		ระบบตะกอนเร่งแบบผสมสมบูรณ์ (Completely Mix Activated Sludge, CMAS)	ระบบตะกอนเร่งแบบถังปฏิกรณ์สลับเป็นกะ (Sequencing Batch Reactor, SBR)	ระบบตะกอนเร่งแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch, OD)
1	ข้อดี	- เป็นระบบที่ยืดหยุ่น - เป็นระบบที่ใช้ในประเทศมานาน - เป็นระบบสามารถปรับเปลี่ยนระบบได้บางส่วน - มีสมการการคำนวณที่เป็นที่ยอมรับ	- เป็นระบบที่ยืดหยุ่น - เป็นระบบที่เริ่มนิยมใช้ - เป็นระบบสามารถปรับเปลี่ยนระบบได้ - มีสมการการคำนวณที่เป็นที่ยอมรับ	- เป็นระบบที่ยืดหยุ่น - เป็นระบบที่ใช้ในประเทศมานาน - เป็นระบบสามารถปรับเปลี่ยนระบบได้บางส่วน - มีสมการการคำนวณที่เป็นที่ยอมรับ
2	ข้อเสีย	- ตั้งสมมุติฐานไม่ตรงกับสภาพที่เกิดจริง - มีค่าก่อสร้างสูงที่สุด - มีเครื่องจักรอุปกรณ์มาก - ใช้พื้นที่มากกว่า	- การดำเนินการต้องการผู้มีความรู้	- ตั้งสมมุติฐานไม่ตรงกับสภาพที่เกิดจริง - มีค่าก่อสร้างสูงที่สุด - มีเครื่องจักรอุปกรณ์มาก - ใช้พื้นที่มากกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยที่พบและการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการวิจัย เสนอให้มหาวิทยาลัยฯ ดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านน้ำเสียเป็นขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นตอนเร่งด่วน

- ปรับปรุงและดำเนินการดูแลรักษาระบบท่อระบายน้ำให้สามารถระบายน้ำได้ตามความจุที่ได้รับการออกแบบไว้ เช่น การขุดลอกโคลนเลน การวางท่อใหม่ในช่วงที่ตกท้องช้าง

- ดำเนินการดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่มีอยู่ (ถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ) ให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามความจุที่ได้รับการออกแบบไว้ เช่น การทำความสะอาดตัวกลางกรอง การสูบสลัดจ์ การซ่อมแซมตรวจตราบำรุงรักษาเครื่องสูบ เป็นต้น

1.2 ขั้นตอนในระยะยาว

- ควรมีการดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียตามที่เสนอไว้ในงานวิจัยนี้ โดยจัดหาพื้นที่ในการก่อสร้าง ดำเนินการออกแบบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียที่จะก่อสร้าง

- จัดสรรงบประมาณเพื่อใช้ในการก่อสร้าง

- ดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

- จัดหาบุคลากรและงบประมาณในการดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ทำการศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย (Treat Ability) ของระบบบำบัดแต่ละระบบ ที่มีต่อน้ำเสียของมหาวิทยาลัยฯ โดยใช้แบบจำลอง (Pilot Plant)

2.2 ศึกษาความสามารถในการดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยฯ ในแง่เศรษฐศาสตร์

2.3 ศึกษาออกแบบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสีย

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2534). วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 1 : Wastewater Engineering. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. (2542). "ระบบบำบัดน้ำเสียและกระบวนการบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย". Pollution Treatment Review 45 : 34-39.

ธิติ เชี่ยวชาญวิทย์. (2542). เอกสารประกอบการบรรยายวิชาการบำบัดน้ำทิ้งอุตสาหกรรม : Industril Wastewater Treatment. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บริษัท ซิสเต็ม เอนจิเนียริ่ง จำกัด. (2540). การศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ : รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : บริษัท ซิสเต็ม เอนจิเนียริ่ง จำกัด.

บริษัท ซี.อี.โอ.อี.เอส จำกัด. (2539). การศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองเมืองพล จ. ขอนแก่น : รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : บริษัท ซี.อี.โอ.อี.เอส จำกัด.

บริษัท สยาม-เทค กรุ๊ป จำกัด. (2542). โครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียสุขาภิบาลสูงเนิน จ. นครราชสีมา (เทศบาลตำบลสูงเนิน) : รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : บริษัท สยาม-เทค กรุ๊ป จำกัด.

บริษัท เสนาอินเตอร์เนชั่นแนลดีวีลอปเมนท์ จำกัด. (2540). โครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียสุขาภิบาลธาตุพนม : รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : บริษัท เสนาอินเตอร์เนชั่นแนลดีวีลอปเมนท์ จำกัด.

บริษัท เอ็นไวรอนเมนทอล แคร์ เซ็นเตอร์ จำกัด, มหาวิทยาลัยขอนแก่น และบริษัทสยาม-เทค กรุ๊ป จำกัด. (2540). การศึกษาออกแบบรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครขอนแก่น จ. ขอนแก่น : รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ.

บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด. (2539). การศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียสุขาภิบาลท่าแร่ อำเภอเมืองสกลนคร จ. สกลนคร : รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2541). คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชน. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์. (2536). โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเมืองเชียงราย เล่มที่ 1 : รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์. (2537). โครงการศึกษาความเป็นไปได้ระบบรวบรวมน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบกำจัดขยะ สุขาภิบาลแม่สาย เล่มที่ 1 : รายงานสำหรับผู้บริหาร. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์. (2539). โครงการศึกษาความเป็นไปได้ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียและระบบกำจัดมูลฝอย เทศบาลเมืองอุตรดิตถ์ รายงานฉบับสมบูรณ์ เล่มที่ 1 : รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิศวกรรมศาสตร์. (2540). การศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียบริเวณพื้นที่ต้นน้ำห้วยแก้วรายงานฉบับสมบูรณ์ เล่มที่ 1 : รายงานสรุป. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุภฤกษ์ สินสุพรรณ. (2534). การประปาและการควบคุมมลภาวะ เล่มที่ 1 : การรวบรวมและการลำเลียงน้ำและน้ำเสีย. ขอนแก่น : ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2534). โครงการศึกษาความเป็นไปได้ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเมืองเชียงใหม่ เล่มที่ 1 : รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร Volume 1 Executive Summary. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. (2538). "การบำบัดน้ำเสียของภาครัฐบาลและภาคเอกชน". ใน การสัมมนาวิชาการในโครงการรินน้ำใสให้สายน้ำ เรื่องการบำบัดน้ำเสียชุมชน. 5-10. สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. กรุงเทพฯ : การเคหะแห่งชาติ กระทรวงมหาดไทย.

สุเมธ ชวเดช. (2535). การบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม : Industrial Wastewater Treatment. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสริมพล รัตสุข. (2524). การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน : Treatment of Liquid Wastes of Industrial and Domestic Origin. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

Metcalf & Eddy, INC. (1991). Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse. Singapore : McGraw-Hill Inc.

Montgomery, J.M. (1985). Water Treatment Principle and Design. United State of America : John Wiley & Sons, Inc.

Qasim, S.R. (1985). Wastewater Treatment Plants. CBS International Editions.

Standard Method. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 th ed. Washington, DC : American Public Health Association.

White, J.B. (1978). Wastewater Engineering. Great Britain : Edward Arnold (Publishers) Ltd.

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม SPSS

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะสมบัติน้ำเสีย (ตัวอย่างรวม) ครั้งที่ 1

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BOD	Between Groups	5641.013	2	2820.507	220.237	.001
	Within Groups	38.420	3	12.807		
	Total	5679.433	5			
COD	Between Groups	38065.333	2	19032.667	75.727	.003
	Within Groups	754.000	3	251.333		
	Total	38819.333	5			
NH3	Between Groups	3.333E-03	2	1.667E-03	1.000	.465
	Within Groups	5.000E-03	3	1.667E-03		
	Total	8.333E-03	5			
TKN	Between Groups	1.000E-02	2	5.000E-03	.176	.846
	Within Groups	8.500E-02	3	2.833E-02		
	Total	9.500E-02	5			
PO4	Between Groups	1.240	2	.620	.075	.929
	Within Groups	24.760	3	8.253		
	Total	26.000	5			
SS	Between Groups	1750.963	2	875.482	12.408	.035
	Within Groups	211.665	3	70.555		
	Total	1962.628	5			
PH	Between Groups	.243	2	.122	5.214	.106
	Within Groups	7.000E-02	3	2.333E-02		
	Total	.313	5			

Multiple comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) DATE	(J) DATE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
BOD	1	2	-5.0000	3.5786	.257	-16.3888	6.3888
		3	62.4000*	3.5786	.000	51.0112	73.7888
	2	1	5.0000	3.5786	.257	-6.3888	16.3888
		3	67.4000*	3.5786	.000	56.0112	78.7888
	3	1	-62.4000*	3.5786	.000	-73.7888	-51.0112
		2	-67.4000*	3.5786	.000	-78.7888	-56.0112
COD	1	2	-92.0000*	15.8535	.010	-142.4529	-41.5471
		3	103.0000*	15.8535	.007	52.5471	153.4529
	2	1	92.0000*	15.8535	.010	41.5471	142.4529
		3	195.0000*	15.8535	.001	144.5471	245.4529
	3	1	-103.0000*	15.8535	.007	-153.4529	-52.5471
		2	-195.0000*	15.8535	.001	-245.4529	-144.5471
NH3	1	2	-5.0000E-02	4.082E-02	.308	-.1799	7.992E-02
		3	-5.0000E-02	4.082E-02	.308	-.1799	7.992E-02
	2	1	5.000E-02	4.082E-02	.308	-7.9923E-02	.1799
		3	.0000	4.082E-02	1.000	-.1299	.1299
	3	1	5.000E-02	4.082E-02	.308	-7.9923E-02	.1799
		2	.0000	4.082E-02	1.000	-.1299	.1299
TKN	1	2	5.000E-02	.1683	.786	-.4857	.5857
		3	.1000	.1683	.594	-.4357	.6357
	2	1	-5.0000E-02	.1683	.786	-.5857	.4857
		3	5.000E-02	.1683	.786	-.4857	.5857
	3	1	-.1000	.1683	.594	-.6357	.4357
		2	-5.0000E-02	.1683	.786	-.5857	.4857
PO4	1	2	.7000	2.8729	.823	-8.4427	9.8427
		3	1.1000	2.8729	.727	-8.0427	10.2427
	2	1	-.7000	2.8729	.823	-9.8427	8.4427
		3	.4000	2.8729	.898	-8.7427	9.5427
	3	1	-1.1000	2.8729	.727	-10.2427	8.0427
		2	-.4000	2.8729	.898	-9.5427	8.7427
SS	1	2	7.3500	8.3997	.446	-19.3816	34.0816
		3	39.3500*	8.3997	.018	12.6184	66.0816
	2	1	-7.3500	8.3997	.446	-34.0816	19.3816
		3	32.0000*	8.3997	.032	5.2684	58.7316
	3	1	-39.3500*	8.3997	.018	-66.0816	-12.6184
		2	-32.0000*	8.3997	.032	-58.7316	-5.2684
PH	1	2	-5.0000E-02	.1528	.765	-.5361	.4361
		3	-.4500	.1528	.060	-.9361	3.613E-02
	2	1	5.000E-02	.1528	.765	-.4361	.5361
		3	-.4000	.1528	.079	-.8861	8.613E-02
	3	1	.4500	.1528	.060	-3.6127E-02	.9361
		2	.4000	.1528	.079	-8.6127E-02	.8861

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะสมบัติน้ำเสีย (ตัวอย่างเฉพาะ) ครั้งที่ 1

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DO	Between Groups	1.677	1	1.677	41.899	.023
	Within Groups	8.005E-02	2	4.002E-02		
	Total	1.757	3			
BOD	Between Groups	4.040	1	4.040	9.105	.095
	Within Groups	.887	2	.444		
	Total	4.927	3			
COD	Between Groups	1156.000	1	1156.000	1.467	.350
	Within Groups	1576.000	2	788.000		
	Total	2732.000	3			
NH3	Between Groups	1.332E-03	1	1.332E-03	3.232	.214
	Within Groups	8.245E-04	2	4.122E-04		
	Total	2.157E-03	3			
NO3	Between Groups	25.503	1	25.503	1.252	.380
	Within Groups	40.745	2	20.373		
	Total	66.248	3			
TP	Between Groups	18.879	1	18.879	1.375	.362
	Within Groups	27.454	2	13.727		
	Total	46.333	3			
PH	Between Groups	3.025E-03	1	3.025E-03	1.984	.294
	Within Groups	3.050E-03	2	1.525E-03		
	Total	6.075E-03	3			
COLIFORM	Between Groups	.000	1	.000	.	.
	Within Groups	.000	2	.000		
	Total	.000	3			
FECAL	Between Groups	.000	1	.000	.	.
	Within Groups	.000	2	.000		
	Total	.000	3			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการไหลน้ำเสีย ครั้งที่ 1

ANOVA

FLOW

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	346.343	6	57.724	7.653	.000
Within Groups	580.764	77	7.542		
Total	927.106	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FLOW

LSD

(I) DATE	(J) DATE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-2.4192*	1.1212	.034	-4.6517	-.1866
	3.00	.9417	1.1212	.404	-1.2909	3.1742
	4.00	-3.5842*	1.1212	.002	-5.8167	-1.3516
	5.00	-3.5183*	1.1212	.002	-5.7509	-1.2858
	6.00	-4.2892*	1.1212	.000	-6.5217	-2.0566
	7.00	-4.8133*	1.1212	.000	-7.0459	-2.5808
2.00	1.00	2.4192*	1.1212	.034	.1866	4.6517
	3.00	3.3608*	1.1212	.004	1.1283	5.5934
	4.00	-1.1650	1.1212	.302	-3.3976	1.0676
	5.00	-1.0992	1.1212	.330	-3.3317	1.1334
	6.00	-1.8700	1.1212	.099	-4.1026	.3626
	7.00	-2.3942*	1.1212	.036	-4.6267	-.1616
3.00	1.00	-.9417	1.1212	.404	-3.1742	1.2909
	2.00	-3.3608*	1.1212	.004	-5.5934	-1.1283
	4.00	-4.5258*	1.1212	.000	-6.7584	-2.2933
	5.00	-4.4600*	1.1212	.000	-6.6926	-2.2274
	6.00	-5.2308*	1.1212	.000	-7.4634	-2.9983
	7.00	-5.7550*	1.1212	.000	-7.9876	-3.5224

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FLOW

LSD

(I) DATE	(J) DATE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4.00	1.00	3.5842*	1.1212	.002	1.3516	5.8167
	2.00	1.1650	1.1212	.302	-1.0676	3.3976
	3.00	4.5258*	1.1212	.000	2.2933	6.7584
	5.00	6.583E-02	1.1212	.953	-2.1667	2.2984
	6.00	-.7050	1.1212	.531	-2.9376	1.5276
	7.00	-1.2292	1.1212	.276	-3.4617	1.0034
5.00	1.00	3.5183*	1.1212	.002	1.2858	5.7509
	2.00	1.0992	1.1212	.330	-1.1334	3.3317
	3.00	4.4600*	1.1212	.000	2.2274	6.6926
	4.00	-6.5833E-02	1.1212	.953	-2.2984	2.1667
	6.00	-.7708	1.1212	.494	-3.0034	1.4617
	7.00	-1.2950	1.1212	.252	-3.5276	.9376
6.00	1.00	4.2892*	1.1212	.000	2.0566	6.5217
	2.00	1.8700	1.1212	.099	-.3626	4.1026
	3.00	5.2308*	1.1212	.000	2.9983	7.4634
	4.00	.7050	1.1212	.531	-1.5276	2.9376
	5.00	.7708	1.1212	.494	-1.4617	3.0034
	7.00	-.5242	1.1212	.641	-2.7567	1.7084
7.00	1.00	4.8133*	1.1212	.000	2.5808	7.0459
	2.00	2.3942*	1.1212	.036	.1616	4.6267
	3.00	5.7550*	1.1212	.000	3.5224	7.9876
	4.00	1.2292	1.1212	.276	-1.0034	3.4617
	5.00	1.2950	1.1212	.252	-.9376	3.5276
	6.00	.5242	1.1212	.641	-1.7084	2.7567

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะสมบัติน้ำเสีย (ตัวอย่างรวม) ครั้งที่ 2

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BOD	Between Groups	125.623	2	62.812	5.452	.100
	Within Groups	34.565	3	11.522		
	Total	160.188	5			
COD	Between Groups	165.333	2	82.667	.500	.650
	Within Groups	496.000	3	165.333		
	Total	661.333	5			
NH3	Between Groups	.103	2	5.167E-02	31.000	.010
	Within Groups	5.000E-03	3	1.667E-03		
	Total	.108	5			
TKN	Between Groups	.263	2	.132	39.500	.007
	Within Groups	1.000E-02	3	3.333E-03		
	Total	.273	5			
PO4	Between Groups	2.123	2	1.062	.837	.514
	Within Groups	3.805	3	1.268		
	Total	5.928	5			
SS	Between Groups	173.770	2	86.885	22.374	.016
	Within Groups	11.650	3	3.883		
	Total	185.420	5			
PH	Between Groups	2.333E-02	2	1.167E-02	3.500	.164
	Within Groups	1.000E-02	3	3.333E-03		
	Total	3.333E-02	5			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) DATE	(J) DATE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
BOD	1	2	2.3000	3.3944	.547	-8.5024	13.1024
		3	10.6500	3.3944	.052	-.1524	21.4524
	2	1	-2.3000	3.3944	.547	-13.1024	8.5024
		3	8.3500	3.3944	.091	-2.4524	19.1524
	3	1	-10.6500	3.3944	.052	-21.4524	.1524
		2	-8.3500	3.3944	.091	-19.1524	2.4524
COD	1	2	2.0000	12.8582	.886	-38.9205	42.9205
		3	12.0000	12.8582	.420	-28.9205	52.9205
	2	1	-2.0000	12.8582	.886	-42.9205	38.9205
		3	10.0000	12.8582	.493	-30.9205	50.9205
	3	1	-12.0000	12.8582	.420	-52.9205	28.9205
		2	-10.0000	12.8582	.493	-50.9205	30.9205
NH3	1	2	-.3000*	4.082E-02	.005	-.4299	-.1701
		3	-5.0000E-02	4.082E-02	.308	-.1799	7.992E-02
	2	1	.3000*	4.082E-02	.005	.1701	.4299
		3	.2500*	4.082E-02	.009	.1201	.3799
	3	1	5.000E-02	4.082E-02	.308	-7.9923E-02	.1799
		2	-.2500*	4.082E-02	.009	-.3799	-.1201
TKN	1	2	-.5000*	5.774E-02	.003	-.6837	-.3163
		3	-.1500	5.774E-02	.081	-.3337	3.374E-02
	2	1	.5000*	5.774E-02	.003	.3163	.6837
		3	.3500*	5.774E-02	.009	.1663	.5337
	3	1	.1500	5.774E-02	.081	-3.3739E-02	.3337
		2	-.3500*	5.774E-02	.009	-.5337	-.1663
PO4	1	2	-1.3500	1.1262	.317	-4.9341	2.2341
		3	-1.1500	1.1262	.382	-4.7341	2.4341
	2	1	1.3500	1.1262	.317	-2.2341	4.9341
		3	.2000	1.1262	.870	-3.3841	3.7841
	3	1	1.1500	1.1262	.382	-2.4341	4.7341
		2	-.2000	1.1262	.870	-3.7841	3.3841
SS	1	2	.7000	1.9706	.746	-5.5714	6.9714
		3	-11.0500*	1.9706	.011	-17.3214	-4.7786
	2	1	-.7000	1.9706	.746	-6.9714	5.5714
		3	-11.7500*	1.9706	.009	-18.0214	-5.4786
	3	1	11.0500*	1.9706	.011	4.7786	17.3214
		2	11.7500*	1.9706	.009	5.4786	18.0214
PH	1	2	-5.0000E-02	5.774E-02	.450	-.2337	.1337
		3	-.1500	5.774E-02	.081	-.3337	3.374E-02
	2	1	5.000E-02	5.774E-02	.450	-.1337	.2337
		3	-1.0000E-01	5.774E-02	.182	-.2837	8.374E-02
	3	1	.1500	5.774E-02	.081	-3.3739E-02	.3337
		2	1.000E-01	5.774E-02	.182	-8.3739E-02	.2837

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะสมบัติน้ำเสีย (ตัวอย่างเฉพาะ) ครั้งที่ 2

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DO	Between Groups	6.002E-02	1	6.002E-02	.305	.636
	Within Groups	.394	2	.197		
	Total	.454	3			
BOD	Between Groups	484.000	1	484.000	8.274	.103
	Within Groups	117.000	2	58.500		
	Total	601.000	3			
COD	Between Groups	13806.250	1	13806.250	169.923	.006
	Within Groups	162.500	2	81.250		
	Total	13968.750	3			
NH3	Between Groups	2.250E-04	1	2.250E-04	1.000	.423
	Within Groups	4.500E-04	2	2.250E-04		
	Total	6.750E-04	3			
NO3	Between Groups	55.503	1	55.503	7.771	.108
	Within Groups	14.285	2	7.143		
	Total	69.788	3			
TP	Between Groups	16.201	1	16.201	1.502	.345
	Within Groups	21.576	2	10.788		
	Total	37.777	3			
PH	Between Groups	.235	1	.235	.337	.620
	Within Groups	1.394	2	.697		
	Total	1.630	3			
COLIFORM	Between Groups	.000	1	.000	.	.
	Within Groups	.000	2	.000		
	Total	.000	3			
FECAL	Between Groups	.000	1	.000	.	.
	Within Groups	.000	2	.000		
	Total	.000	3			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการไหลน้ำเสีย ครั้งที่ 2

ANOVA

FLOW

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	371545.700	6	61924.283	9.263	.000
Within Groups	514744.602	77	6684.995		
Total	886290.302	83			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FLOW

LSD

(I) DATE	(J) DATE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-185.5233*	33.3791	.000	-251.9897	-119.0570
	3.00	-61.2600	33.3791	.070	-127.7263	5.2063
	4.00	-34.7375	33.3791	.301	-101.2038	31.7288
	5.00	5.5458	33.3791	.868	-60.9205	72.0122
	6.00	21.0317	33.3791	.531	-45.4347	87.4980
	7.00	5.1250	33.3791	.878	-61.3413	71.5913
2.00	1.00	185.5233*	33.3791	.000	119.0570	251.9897
	3.00	124.2633*	33.3791	.000	57.7970	190.7297
	4.00	150.7858*	33.3791	.000	84.3195	217.2522
	5.00	191.0692*	33.3791	.000	124.6028	257.5355
	6.00	206.5550*	33.3791	.000	140.0887	273.0213
	7.00	190.6483*	33.3791	.000	124.1820	257.1147
3.00	1.00	61.2600	33.3791	.070	-5.2063	127.7263
	2.00	-124.2633*	33.3791	.000	-190.7297	-57.7970
	4.00	26.5225	33.3791	.429	-39.9438	92.9888
	5.00	66.8058*	33.3791	.049	.3395	133.2722
	6.00	82.2917*	33.3791	.016	15.8253	148.7580
	7.00	66.3850	33.3791	.050	-8.1324E-02	132.8513

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FLOW

LSD

(I) DATE	(J) DATE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4.00	1.00	34.7375	33.3791	.301	-31.7288	101.2038
	2.00	-150.7858*	33.3791	.000	-217.2522	-84.3195
	3.00	-26.5225	33.3791	.429	-92.9888	39.9438
	5.00	40.2833	33.3791	.231	-26.1830	106.7497
	6.00	55.7692	33.3791	.099	-10.6972	122.2355
	7.00	39.8625	33.3791	.236	-26.6038	106.3288
5.00	1.00	-5.5458	33.3791	.868	-72.0122	60.9205
	2.00	-191.0692*	33.3791	.000	-257.5355	-124.6028
	3.00	-66.8058*	33.3791	.049	-133.2722	-.3395
	4.00	-40.2833	33.3791	.231	-106.7497	26.1830
	6.00	15.4858	33.3791	.644	-50.9805	81.9522
	7.00	-.4208	33.3791	.990	-66.8872	66.0455
6.00	1.00	-21.0317	33.3791	.531	-87.4980	45.4347
	2.00	-206.5550*	33.3791	.000	-273.0213	-140.0887
	3.00	-82.2917*	33.3791	.016	-148.7580	-15.8253
	4.00	-55.7692	33.3791	.099	-122.2355	10.6972
	5.00	-15.4858	33.3791	.644	-81.9522	50.9805
	7.00	-15.9067	33.3791	.635	-82.3730	50.5597
7.00	1.00	-5.1250	33.3791	.878	-71.5913	61.3413
	2.00	-190.6483*	33.3791	.000	-257.1147	-124.1820
	3.00	-66.3850	33.3791	.050	-132.8513	8.132E-02
	4.00	-39.8625	33.3791	.236	-106.3288	26.6038
	5.00	.4208	33.3791	.990	-66.0455	66.8872
	6.00	15.9067	33.3791	.635	-50.5597	82.3730

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนุชนาถ แช่มช้อย

ประวัติการศึกษา วท.บ. (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิทยาศาสตร์สุขาภิบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
โทรศัพท์ 3126300 ต่อ 1640

ผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายคเชนท์ พิทักษ์คีรี

ประวัติการศึกษา วท.บ. (จุลชีววิทยา) มหาวิทยาลัยบูรพา

สถานที่ติดต่อ ห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
โทรศัพท์ 3126300 ต่อ 1637