การศึกษาระบบประปา และระบบระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

(THE STUDY FOR WATER SUPPLY AND DRAINAGE SYSTEM IN NARESUAN UNIVERSITY)

นายกิตติวัตน์ คุณานนท์

นายธนากร ศังขะกฤษณ์

นายพงษ์พินันท์ บูรณะกิติ

1 3982580

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 12 มิ.ย. 2545
เลขทะเบียน 44080 CE
เลขเรียกหนังสือ TD
มหาวิทยาลัยนเรศวร 491
ก674 ก
2544

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2544

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมโยธา

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การศึกษาระบบประปาและระบบระบายน้ำภายใน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินงาน : นายกิตติวัฒน์ คุณานนท์ รหัส 41361593

: นายธนากร สังขะกฤษณ์ รหัส 41361684

: นายพงษ์พินันท์ บูรณะกิติ รหัส 41361809

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา : อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิศวกรรมโยธาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมโยธา

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

.....กรรมการ

(อาจารย์วรางลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

.....หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์รัฐภูมิ ปริชาติปรีชา)

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา	: การศึกษาระบบประปา และระบบระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ดำเนินงาน	: นายกิตติวัฒน์ คุณานนท์ รหัส 41361593
	: นายธนากร ศังขะกฤษณ์ รหัส 41361684
	: นายพงษ์พินันท์ บูรณะกิติ รหัส 41361809
ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา	: อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง
สาขาวิชา	: วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	: วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา	: 2544

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาระบบประปา และระบบระบายน้ำในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาอัตราการใช้น้ำ 2 คณะ ได้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ คณะวิทยาศาสตร์ เป็นเวลา 40 วัน และศึกษารูปแบบการวางท่อประปา อัตราการผลิตน้ำประปาของโรงประปา ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาพบว่า อัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ 45.5 ลิตร/คน/วัน และการใช้น้ำประปาเฉลี่ยของคณะวิศวกรรมศาสตร์มีค่าเท่ากับ 41.5 ลิตร/คน/วัน ซึ่งค่าที่ได้จากทั้งคณะวิทยาศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยน้อยกว่าค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยทั่วไปของโรงเรียน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 – 80 ลิตร/คน/วัน

Project Title : The study for water supply and drainage system in Naresuan University

Name : Mr. Kittiwat Kunarnon Code 41361593

: Mr.Tanakorn Sangkakrid Code 41361684

: Mr.Pongpinan Buranakiti Code 41361809

Project Advisor : Mr. Chaiwat Photong

Major : Civil Engineering

Department : Civil Engineering

Acadamic Year : 2001

Abstract

This project is a study for water supply and drainage system in Naresuan University. The purposes of this study are to study water consumption rate from 2 faculties ; Engineering and Science for 40 days, and to study piping system and production rate of water supply house in Naresuan University.

The study found that the average of water consumtion rate at Science Faculty is 45.5 litre/person/day and average of water consumtion rate at Engineering Faculty is 41.5 litre/person/day. These value from both faculties are less than the average water consumption rate of school that is about 50-80 litre/person/day

กิตติกรรมประกาศ

ที่โครงการนี้สำเร็จได้ ทางคณะผู้ดำเนินงานต้องขอขอบคุณ อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ให้ทางคณะผู้จัดทำสามารถนำหนังสือไปใช้เพื่อค้นคว้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่สามารถนำไปประกอบการวิเคราะห์ได้

ขอขอบคุณคณะท่านอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่คณะผู้ดำเนินงาน

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบิดามารดาที่ให้อุปการะคุณทางด้านการเงิน และทางด้านจิตใจจนกระทั่งทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

นายกิตติวัฒน์ คุณานนท์ รหัส 41361593

นายธนากร ศังขะกฤษณ์ รหัส 41361684

นายพงษ์พินันท์ บูรณะกิติ รหัส 41361809

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ตารางการทำการวิจัย	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ระบบการผลิตน้ำประปาโดยทั่วไป	3
2.2 คุณภาพน้ำประปาโดยทั่วไป	10
2.3 ระบบการจ่ายน้ำประปา	17
2.4 ระบบระบายน้ำทั่วไป	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การศึกษาระบบการผลิตน้ำประปา	31
3.2 การศึกษาระบบการแจกจ่ายน้ำประปา	32
3.3 การศึกษาระบบท่อระบายน้ำ	32
3.4 การศึกษาอัตราการใช้น้ำ	33
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	
4.1 ระบบน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร	34
4.2 ระบบจัดส่งน้ำดิบของมหาวิทยาลัยนเรศวร	34
4.3 ระบบการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร	39
4.4 ระบบการจ่ายน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร	50
4.5 คุณสมบัติของน้ำประปาที่ผลิตได้จากโรงผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร	56
4.6 ระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร	57

หน้า

4.7 การศึกษาอัตราการใช้น้ำของอาคาร 66
4.8 วิเคราะห์ผลอัตราการใช้น้ำ 75
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 77
เอกสารอ้างอิง 79
ภาคผนวก ก. 80
ภาคผนวก ข. 84
ภาคผนวก ค. 88
ภาคผนวก ง. 100
ประวัติย่อของคณะผู้จัดทำโครงงาน 109

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณลักษณะของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน	4
2.2	ค่า Threshold Odor Number (TON)	12
2.3	ค่าความขุ่นที่ยอมให้ของน้ำประเภทต่างๆ	13
2.4	ระดับความกระด้างของน้ำ	15
4.1	ชนิดและขนาดของท่อประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร	51
4.2	คุณสมบัติของน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร	56
4.3	แสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของแต่ละอาคาร	74
ข – 1	มาตรฐานของน้ำดื่มของการประปานครหลวง	84
ข – 2	มาตรฐานของน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก(WHO)	86
ค – 1	แสดงระดับของท่อระบายน้ำและขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ	93
ง – 1	แสดงอัตราการใช้น้ำแต่ละอาคาร (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร)	100
ง – 2	แสดงอัตราการใช้น้ำแต่ละอาคาร (หน่วยเป็นลิตร)	101
ง – 3	จำนวนคนใช้จ่ายน้ำ คณะวิทยาศาสตร์	104
ง – 4	จำนวนคนใช้น้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์	106

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
4.1	คลองส่งน้ำชลประทาน	35
4.2	สถานีสูบน้ำดิบจากคลองชลประทาน	35
4.3	คลองส่งน้ำดิบ	37
4.4	จุดปล่อยน้ำจากคลองส่งน้ำดิบลงสู่อ่างเก็บน้ำ	37
4.5	ผังแสดงระบบจัดส่งน้ำดิบ	38
4.6	โรงผลิตน้ำประปา	39
4.7	ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร	40
4.8	อ่างเก็บน้ำ	41
4.9	สถานีสูบน้ำดิบ	42
4.10	ถังกวนเร็ว	43
4.11	ถังกวนช้า	44
4.12	ถังตกตะกอน	45
4.13	ถังกรองน้ำ	46
4.14	สารแคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ ($Ca(OCl_2)$)	48
4.15	ถังผสมสารคลอรีนและมอเตอร์กวนสาร	48
4.16	ถังน้ำใส	49
4.17	เครื่องสูบจ่ายน้ำ	50
4.18	หอถังสูงบริเวณโรงผลิตน้ำประปา 1	53
4.19	ผังแสดงระบบท่อประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร	55
4.20	ถังเก็บน้ำเสียของอาคารเคมี คณะวิทยาศาสตร์	57
4.21	ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์	58
4.22	ถังบำบัดน้ำเสียของ อาคารคณะเกษตรศาสตร์	58
4.23	ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	59
4.24	ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะแพทย์	59
4.25	ถังบำบัดน้ำเสียของ อาคารคณะเภสัชศาสตร์	60

หน้า

รูปที่

4.26 ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารโภชนาคาร 1 60
4.27 จุดบำบัดน้ำเสียของ อาคารโภชนาคาร 2 61
4.28 จุดบำบัดน้ำเสียของ อาคารคณะมนุษยศาสตร์ 61
4.29 ทางระบายน้ำทิ้งของอาคารมิ่งขวัญ 62
4.30 จุดระบายน้ำทิ้งของ อาคารคณะศึกษาศาสตร์ 62
4.31 จุดระบายน้ำทิ้งของอาคารหอพักอาจารย์ 63
4.32 ทางระบายน้ำทิ้งของ อาคารหอหญิง 1 63
4.33 จุดบำบัดน้ำเสียของ อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) 64
4.34 ผังแสดงระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร 65
4.35 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาคณิตศาสตร์ ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 66
4.36 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาชีววิทยา ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 66
4.37 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาเคมี ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 67
4.38 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาฟิสิกส์ ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 67
4.39 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 68
4.40 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารเรียนรวม ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 68
4.41 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 69
4.42 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดวัน 69
4.43 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาคณิตศาสตร์ ตลอดระยะเวลา 40 วัน 70

หน้า

รูปที่

4.44 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาชีววิทยา ตลอดระยะเวลา 40 วัน 70

4.45 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาเคมี ตลอดระยะเวลา 40 วัน 71

4.46 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาฟิสิกส์ ตลอดระยะเวลา 40 วัน 71

4.47 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ตลอดระยะเวลา 40 วัน 72

4.48 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารเรียนรวม ตลอดระยะเวลา 40 วัน 72

4.49 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา ตลอดระยะเวลา 40 วัน 73

4.50 กราฟแสดงจำนวนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ตลอดระยะเวลา 40 วัน 73

ก – 1 แบบแสดงการเดินท่อภายในโรงประปา 80

ก – 2 แบบแสดงผัง อาคาร เสา กำแพง Sedimentation tank 81

ก – 3 แบบแสดงแปลนถังกรอง 82

ก – 4 แบบแสดง Clean Water Pumo Room 83

4.51 แสดงตำแหน่งท่อระบายน้ำ และ Mainhole 88

4.52 แสดง Profile ถนน และท่อระบายน้ำ 89

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เนื่องด้วยมหาวิทยาลัยนเรศวรได้มีการพัฒนาขยายตัวอย่างรวดเร็ว จึงอาจต้องทำการขยายระบบการผลิตน้ำประปา และพัฒนาระบบระบายน้ำทิ้ง รวมถึงการออกแบบระบบบำบัดน้ำทิ้งของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งจะเป็นส่วนที่จำเป็นอย่างยิ่งในอนาคต จึงทำการศึกษาเพื่อจะได้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย พัฒนา รวมทั้งออกแบบระบบผลิตน้ำประปา รวมถึงการพัฒนาระบบระบายน้ำได้ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้เห็นว่าข้อมูลดังกล่าวอาจเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของมหาวิทยาลัยในอนาคตได้จึงได้ทำการศึกษาโครงการวิจัยนี้ขึ้น

โครงการนี้จึงเป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้น้ำของกลุ่มอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ และกลุ่มอาคารคณะวิทยาศาสตร์ ระบบผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวรรวมถึงระบบท่อประปา และระบบท่อระบายน้ำทิ้ง เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประกอบการทำงานในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบการวางท่อประปาและการวางท่อระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราการใช้น้ำประปา และปริมาณน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2.3 เพื่อศึกษาอัตราการผลิตน้ำประปา และวิธีการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2.4 เพื่อศึกษาวิธีการแจกจ่ายน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทำให้ทราบถึงอัตราการใช้น้ำประปาของอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ และอาคารคณะวิทยาศาสตร์

1.3.2 สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และสรุปผลการใช้น้ำ และปริมาณน้ำทิ้ง

1.3.3 เพื่อให้ทราบถึงวิธีการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.4 เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบการวางท่อประปา และการวางท่อระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.5 เพื่อให้ทราบถึงวิธีการแจกจ่ายน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.6 ทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเป็นข้อมูลเพื่อประกอบการวางแผนเพื่อสร้าง ระบบบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยในอนาคต

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาอัตราการผลิตน้ำประปาและวิธีการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร มีการเก็บข้อมูลการใช้น้ำประปาของอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ และอาคารคณะวิทยาศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 40 วัน รวมถึงการเก็บรายละเอียดการวางท่อประปา และท่อระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.5 ตารางการทำการวิจัย

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	พ.ศ.2544		พ.ศ.2545		
	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
1. เก็บข้อมูลการใช้น้ำประปาของอาคารวิศวกรรมศาสตร์ และอาคารวิทยาศาสตร์	←	→			
2. ศึกษาระบบผลิตน้ำประปา		←	→		
3. ศึกษาระบบการแจกจ่ายน้ำประปา			←	→	
4. ศึกษาระบบการระบายน้ำ			←	→	
5. ศึกษาอัตราการใช้น้ำ และวิเคราะห์อัตราการใช้น้ำ ของอาคารวิศวกรรมศาสตร์ และอาคารวิทยาศาสตร์			←	→	
6.วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง				←	→
7.ทำรูปเล่ม				←	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ระบบการผลิตน้ำประปาโดยทั่วไป

การผลิตน้ำประปาได้พัฒนาขึ้นมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยมีเพียงบ่อตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำได้เป็นน้ำใส เพื่อการบริโภคอุปโภค ต่อมาก็เริ่มมีการใช้ระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำ มีระบบจับตะกอนเล็ก ๆ ให้เป็นตะกอนใหญ่ที่ตกตะกอนดีที่นิยมเรียกว่า Coagulation Flocculation มีระบบกำจัดความกระด้างของน้ำ มีการลองใช้ถ่าน (Charcoal) เพื่อกำจัดพวกสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้ และถึงช่วงปัจจุบันได้มีการพัฒนาใช้ระบบกรองที่ทำด้วยแผ่นสังเคราะห์ต่าง ๆ เพื่อกำจัดพวกสารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้ ทั้งหมดจะพบว่าระบบผลิตน้ำประปาได้มีการพัฒนามาตลอด แต่คุณภาพน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปาก็นับวันจะมีปริมาณน้อยลง และมีคุณภาพที่ไม่ดีทำให้ระบบผลิตน้ำประปาในอนาคตนับวันจะต้องมีการเพิ่ม และพัฒนากระบวนการผลิตให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบ

2.1.1 กระบวนการผลิตน้ำประปา

น้ำดิบทั่วไปที่จะนำมาผลิตน้ำประปาควรมีคุณภาพดีพอสมควร อย่างไรก็ตาม น้ำดิบทั่วไปก็ยังคงมีสิ่งปนเปื้อนที่ไม่พึงปรารถนาอยู่ โดยมีสิ่งปนเปื้อนทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา ดังนั้น จำเป็นต้องมีกระบวนการผลิตน้ำประปาที่เหมาะสมกับคุณภาพน้ำดิบต่าง ๆ เช่น น้ำใต้ดิน น้ำจากแม่น้ำ น้ำจากคลอง เป็นต้น โดยหลักการทั่วไปคือ ต้องสามารถทำน้ำดิบให้เป็นน้ำประปาที่สะอาดจนถึงสามารถดื่มได้ด้วยการยึดหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1) ต้องไม่ให้มีเชื้อจุลชีพใด ๆ หลงเหลืออยู่ในน้ำประปาตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปาส่งน้ำประปาไปตามท่อจนกระทั่งถึงก๊อกน้ำตามอาคารต่าง ๆ

2) ต้องไม่มีพวกสารอินทรีย์ใด ๆ ทั้งแขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำหลงเหลืออยู่ในประปา

3) ต้องกำจัดก๊าซต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำออกจากน้ำประปา

4) ต้องกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ไม่พึงปรารถนาทั้งที่เป็นสารแขวนลอยและสารที่ละลายอยู่ในน้ำประปา เช่น กำจัดเหล็กออกจากน้ำให้เหลือน้อยที่สุด

5) ต้องกำจัดสารพิษอันตรายต่าง ๆ ออกจากน้ำประปาให้หมด เช่น สารแคดเมียม (Cadmium), สารตะกั่ว (Lead), สารฟีนอล (Phenols) และสารไซยาไนด์ (Cyanide) เป็นต้น

6) ต้องกำจัดสีต่าง ๆ ออกจากน้ำให้หมดหรืออย่างน้อยไม่เกินมาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้

7) ต้องกำจัดกลิ่นและรสของน้ำประปาให้ได้มากที่สุดโดยไม่ให้น้ำประปามีกลิ่นและรสเป็นที่น่ารังเกียจต่อผู้บริโภค

8) ต้องทำให้น้ำประปาเป็นที่พอใจแก่ผู้ใช้ตลอดเวลาทั้งสำหรับดื่ม ปรุงอาหาร ชะล้างต่าง ๆ และกิจกรรมทั่วๆไปของโรงงานอุตสาหกรรม

9) ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดยแต่ละประเทศ

ในการเลือกกระบวนการผลิตน้ำประปาขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งน้ำดิบ ซึ่งโดยมากจะมีอยู่ 2 ประเภท คือ น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน (คลอง แม่น้ำ)

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน

น้ำใต้ดิน	น้ำผิวดิน
มีสารประกอบทั่วไปไม่เปลี่ยนแปลง	มีสารประกอบที่อาจแตกต่างกันได้
มีความขุ่นน้อย	มีความขุ่นมาก
มีแร่ธาตุต่าง ๆ มากกว่า	มีแร่ธาตุต่าง ๆ น้อยกว่า
มีสีน้อยกว่า	มีสีมากกว่า
ตัวเชื้อจุลชีพมีน้อย	ตัวเชื้อจุลชีพมีมากกว่า
มีความเข้มข้นของออกซิเจนละลายต่ำมาก	มีความเข้มของออกซิเจนละลายสูงกว่า
มีความกระด้างมากกว่า	มีความกระด้างน้อยกว่า
อาจพบ H_2S, Fe, Mn ได้	มีกลิ่นและรส
	อาจพบสารพิษได้เนื่องจากการปนเปื้อนจากน้ำเสียและของเสี

2.1.2 Coagulation – Flocculation

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากที่ใช้ในงานผลิตน้ำประปา โดยวัตถุประสงค์ของกระบวนการนี้มีดังต่อไปนี้

1) กำจัดความขุ่นทั้งในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

2) กำจัดสีทั้งสีแท้และสีปรากฏ

3) กำจัดเชื้อโรคและจุลชีพต่าง ๆ

4) กำจัดสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นและรส

5) กำจัดฟอสฟอรัส

ตะกอนแขวนลอยทั่วไปที่อยู่ในน้ำโดยมากจะมีประจุลบ ทำให้เป็นเหตุผลที่ใช้เกลือของสารโลหะที่มีประจุ +3 (เหล็ก หรืออลูมินัม) เพื่อให้เกิดการเกาะจับกันจนกลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่นิยมเรียกว่าฟล็อก (Floc) พวกฟล็อกนี้จะตกตะกอนได้ง่าย ทำให้น้ำที่ผ่านกระบวนการนี้แล้วจะมีความใส

2.1.2.1 หลักการ

การเกิดการสร้างตะกอน (Coagulation) ในระบบผลิตน้ำประปาจะเกิดขึ้นได้ ด้วยการเติมสารเคมีที่เรียกว่า สารสร้างตะกอน (Coagulation) ซึ่งมีให้เลือกใช้อยู่หลายชนิด ดังต่อไปนี้ เพื่อได้แยกตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ ออกจากน้ำ

1) สารส้ม (Aluminum Sulfate, Alum) ($Al_2(SO_4)3.18H_{20}$)

2) Ferric Chloride ($FeCl_3$)

3) Ferric Sulfate ($Fe_2(SO_4)_3$)

4) Ferrous Sulfate, Lime และออกซิเจน ($FeSO_4$, $7H_2O$, $Ca(OH)_2$, O_2)

5) Chlorinated copperas ($FeSO_4$, $7H_2O$, Cl_2)

6) Polyelectrolytes

2.1.2.2 ถังผสมเร็ว (Rapid Mixing Tank)

ถังผสมเร็วในระบบการสร้างตะกอน (Coagulation) สำหรับการผลิตน้ำประปา ทำหน้าที่กวนสารสร้างตะกอน (Coagulation) เช่น สารส้ม ให้ผสมเข้ากับน้ำดับที่มีตะกอนแขวนลอยพอเหมาะ

2.1.2.3 ถังผสมช้า (Slow Mixing Tank)

เมื่อสารเคมีกับน้ำผสมกันดีแล้วในถังผสมเร็ว ขั้นต่อมาน้ำที่ไหลออกจากถังผสมเร็วจะไหลเข้าสู่ถังผสมช้า เพื่อที่จะทำให้สารละลายเคมีมีโอกาสเกาะติด หรือจับตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ ในน้ำดิบ ซึ่งมีผลทำให้ตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักของตะกอนเหล่านี้เพิ่มขึ้นและพร้อมที่จะตกตะกอน การเกิดฟล็อกจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.ปริมาณของสารตะกอน

2.ขนาดของสารตะกอน

3.อัตราเร็วของการรวมตัวกันระหว่างประจุบวกกับประจุลบ

4.ความสามารถในการเกาะจับตัวกันระหว่างสารเคมีกับตะกอน

5.ระดับการกวน

6.อุณหภูมิของน้ำที่ถูกกวน

7.ความหนาแน่นของน้ำที่ถูกกวน

8.พื้นที่ผิวของแผ่นกวน

9.คุณลักษณะของน้ำที่ถูกกวน

10.ปริมาณสารเคมีที่ใส่ลงในถังผสมเร็ว

จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ระบบการผสมช้ามีปัจจัยต้องคำนึงถึงมากมาย ซึ่งมีมากกว่าของระบบการผสมเร็ว ดังนั้นการทดลองเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ระบบผสมช้า ถังผสมช้ามีอยู่ด้วยกันหลายแบบแต่สามารถแบ่งออกได้เป็น ประเภทใหญ่ 2 ประเภท คือ ถังผสมช้าแบบใช้แผ่นกวน และถังผสมช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน

2.1.3 การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนในระบบผลิตน้ำประปา เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากกระบวนการหนึ่ง ทำหน้าที่แยกตะกอนฟล็อก (Floc) ออกจากน้ำดิบ ทำให้ได้น้ำใส สำหรับตะกอนฟล็อกที่ตกลงสู่ก้นถังจะถูกปล่อยทิ้งออกหรือถูกสูบออกด้วยเครื่องสูบสลัดจ์ ต่อไปนี้จะได้อธิบายประเภทของถังตกตะกอน

2.1.3.1 ประเภทของถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ซึ่งแบ่งตามลักษณะทิศทางการไหลของน้ำ

ประเภทที่ 1 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน (Horizontal – flow) ซึ่งโดยมากจะเป็นถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ประเภทที่ 2 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง (Vertical – flow) ซึ่งโดยมากจะเป็นถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปทรงกลม

ประเภทที่ 3 ถังตกตะกอนแบบไหลไปตามแผ่นหรือท่อ (Plate – type หรือ Tube – type) ซึ่งเป็นถังที่มีแผ่นหรือท่อติดตั้งเอียงจุ่มอยู่ในน้ำของถังตกตะกอน

2.1.3.2 ทางเข้าและทางออกของถังตกตะกอน

ทางเข้าและทางออกของถังตกตะกอน มีความสำคัญมากต่อประสิทธิภาพของถังตกตะกอน ต้องพยายามจัดให้ทางเข้าและทางออกมีการกระจายของน้ำไหลเข้าออกสม่ำเสมอเท่า ๆ กัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหลลัดวงจรขึ้นภายในถัง และพยายามออกแบบให้ความเร็วของน้ำไหลเข้าออกต่ำที่สุดเท่าที่จะยอมให้ได้ ทางเข้าจะมีความสำคัญมากกว่าทางออก ถ้าออกแบบทางเข้าของถังตกตะกอนไม่ดีพอ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของถังตกตะกอนตกต่ำลง

เมื่อกล่าวถึงทางเข้าของถังทรงกลมซึ่งน้ำอาจไหลเข้าบริเวณใจกลางของถัง หรืออาจไหลเข้าบริเวณแนวรอบวงขอบถัง โดยน้ำที่ไหลเข้าบริเวณใจกลางของถังควรมีความเร็วของน้ำไหลไม่เกิน 1 เมตร ต่อวินาที สำหรับทางออกของถังทรงกลมควรติดตั้งฝายน้ำล้นให้ห่างจากขอบถังประมาณ 0.20 เท่าของรัศมีถัง ฝายน้ำล้นนี้มักจะสร้างเป็นแผ่นเหล็กรูปตัว V เพื่อให้แน่ใจว่าความยาวที่ต้องการของฝายน้ำล้นมีเพียงพอ

เมื่อกล่าวถึงทางเข้าของถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า ควรมีการแบ่งหรือกระจายให้น้ำที่ไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนมีอย่างเท่า ๆ กัน โดยอาจติดตั้งแผ่นกั้นขวางที่ถูกเจาะรูต่าง ๆ กระจายไปทั่วทั้งแผ่น เพราะฉะนั้นน้ำที่ไหลเข้าผ่านหน้าตัดของถังจะมีปริมาณและความเร็วที่เท่า ๆ กันและขนาดของช่องบนแผ่นกั้นขวาง ควรออกแบบให้ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านช่องดังกล่าวอยู่ในช่วง 0.08 ถึง 0.16 เมตรต่อวินาที สำหรับทางออกของถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะมีฝายน้ำล้นมักจะสร้างเป็นแผ่นเหล็กรูปตัว V ติดตั้งไว้บริเวณปลายทางออกของถัง และอาจจำเป็นต้องเพิ่มความยาวของฝายน้ำล้นด้วย เพื่อให้มีพอเพียงสำหรับการล้นออกของน้ำในถัง

2.1.4 ระบบกรองน้ำ

2.1.4.1 การทำงานของระบบกรองน้ำ

โดยทั่วไประบบกรองน้ำจะประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ การกรองน้ำ (Filtration) และล้างสารกรองในชั้นกรอง (Backwashing) การกรองน้ำคือการที่น้ำได้ไหลผ่านชั้นกรอง โดยอาจใส่สารเคมีหรือไม่ใส่สารเคมีลงในชั้นกรอง พวกตะกอนในน้ำได้ถูกกำจัดหรือดักไว้ที่ชั้นกรอง โดยปล่อยให้น้ำใสไหลออกจากระบบกรองน้ำ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการกรองน้ำแล้ว คือเมื่อมีค่า head loss ในชั้นกรองมากเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพในการกรองน้ำตกต่ำลง จำเป็นต้องหยุดการกรองน้ำชั่วคราว จากนั้นต้องทำการล้างสารกรองในชั้นกรองเพื่อไล่ตะกอนออกจากระบบกรองน้ำให้หมด โดยให้น้ำล้างสารกรองไหลผ่านชั้นกรอง ซึ่งต้องมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของน้ำไหลเข้าที่ต้องการกรอง จะเห็นได้ว่าระบบกรองน้ำจะมีค่า head loss เป็นตัวควบคุมระบบให้วิศวกรได้ทราบรายละเอียดการทำงานของระบบกรองน้ำนั้น ๆ

2.1.4.2 การออกแบบระบบกรองน้ำ

ในการออกแบบระบบกรองน้ำสำหรับน้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอน จำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่สำคัญสำหรับการออกแบบระบบกรองน้ำทั่ว ๆ ไป ได้แก่

-คุณลักษณะของน้ำที่ต้องการกรอง ได้แก่ ความขุ่น ความเข้มของตะกอนแขวนลอย ขนาดของตะกอน ความแข็งแรงของตะกอนที่ต้องทนกับการกระแทกประจุของ ตะกอน อุณหภูมิของน้ำ

-ลักษณะทั่วไปของสารกรองในชั้นกรอง -ขนาดของสารกรองมีความสำคัญมากที่เดียวต่อการกรองน้ำ เพราะจะไปเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า head loss ในชั้นกรองระหว่างการกรองน้ำ

-อัตราการกรองน้ำ อัตรากรองน้ำจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบขนาดพื้นที่รับน้ำที่ไหลเข้าสู่เครื่องกรอง อัตรากรองน้ำยังมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของตะกอนและขนาดของสารกรองอีกด้วย คือ ถ้าตะกอนมีความแข็งแรงไม่มากพอ เมื่อระบบกรองน้ำใช้อัตราการกรองที่สูงมาก จะมีแนวโน้มทำให้ตะกอนนั้น ๆ แตกกระจายออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ซึ่งอาจหลุดผ่านชั้นกรองออกไปได้ง่าย

2.1.4.3 ระบบการล้างสารกรองในชั้นกรอง

ระบบการล้างสารกรองในชั้นกรองมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี คือ

-ระบบใช้น้ำล้างอย่างเดียว

-ระบบใช้น้ำล้างสารกรองพร้อมทั้งมีระบบขะล้างสารกรองบริเวณผิวบนของชั้นกรอง

-ระบบใช้น้ำล้างสารกรองพร้อมทั้งมีระบบพ่นอากาศเพื่อช่วยในการขัดสี

-ระบบน้ำล้างรวมกับพ่นอากาศ

2.1.5 การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปา โดยมากจะเป็นกระบวนการสุดท้ายคือ ภายหลังจากกระบวนการกรองน้ำ ก็จะนำมาฆ่าเชื้อโรคที่มีหลงเหลืออยู่ในน้ำใสที่ผ่านการกรองแล้ว ซึ่งโดยมากมักจะเลือกใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา แต่ในต่างประเทศหลายแห่งได้เปลี่ยนจากการใช้คลอรีนกับน้ำประปา ไปเป็นเลือกใช้โอโซน

สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา ทั้งนี้ทั้งนั้น สาเหตุที่เลือกใช้คลอรีนและสาเหตุที่เลือกใช้โอโซน จะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อนี้ ก่อนที่จะได้กล่าวในรายละเอียดจะขออธิบายความหมายของคำ Disinfection และ Sterilization คือ การฆ่าจุลชีพทั้งหมดทั้งที่ก่อให้เกิดโรคและที่ไม่ก่อให้เกิดโรค สำหรับน้ำประปาไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการ Sterilization เพียงผ่านกระบวนการ Disinfection ก็เพียงพอแล้ว

โดยทั่วไปน้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะยังคงมีสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก) มีจุลชีพต่าง ๆ

ข) มีกลิ่น และรสที่ไม่พึงปรารถนา

ค) มีสี

ง) สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ (Dissolved inorganic salts)

ดังนั้นจำเป็นต้องนำน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว มาผ่านกระบวนการ Disinfection โดยใช้สารเคมีที่นิยมเรียกว่า Disinfectants ต่อไปนี้จะเป็นเกณฑ์การเลือกใช้ Disinfectants ที่ควรพิจารณา

1) สามารถกำจัดจุลชีพที่ก่อให้เกิดโรค ภายในเวลาจำกัด

2) ไม่ควรทำให้น้ำประปาเปลี่ยนคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี

3) ไม่ควรทำให้น้ำประปาเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ก่อให้เกิดสารพิษและทำให้เป็นน้ำประปาที่ไม่สามารถใช้อุปโภคบริโภคได้

4) ราคาของ Disinfectants ไม่ควรสูงเกินไป

5) ควรมีปริมาณ Disinfectants หลงเหลือในน้ำประปาที่ภายในท่อประปาตลอดเวลา เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อโรคที่อาจเกิดขึ้นได้ในท่อประปา

6) สามารถวัดหาปริมาณ Disinfectants ได้ด้วยวิธีง่าย ๆ

7) การเก็บสารเคมีของ Disinfectants สามารถกระทำได้ง่ายมีความปลอดภัยทั้งในขณะขนส่งและขณะเก็บไว้ใช้ต่อไป

2.1.5.1 วิธีการฆ่าเชื้อโรค

สามารถใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาได้อยู่ 7 วิธี ดังต่อไปนี้

1) วิธีต้มน้ำให้ถึงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

2) วิธีเติมก๊าซโอโซน (O_3)

3) วิธีเติมด่างให้มีปริมาณมากเกินพอ

4) วิธีเติมสารไอโอดีนและโบรมีน

5) วิธีใช้แสง Ultraviolet (UV rays)

6) วิธีใช้ Potassium permanganate (KmnO4)

7) วิธีเติมคลอรีน(Chlorination)

2.1.5.2 ระบบคลอรีน

การเติมคลอรีนลงไปในน้ำประปาสามารถทำให้ฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ทำให้กำจัดกลิ่นและรสชาติได้ และกำจัดสีออกได้ สารคลอรีนยังสามารถกำจัดพวกแอมโมเนีย เหล็ก แมงกานีส และซัลไฟด์ได้อีกด้วย

ข้อดีของการใช้คลอรีนในน้ำประปา

1) ราคาถูก

2) มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง

3) สามารถจัดหาได้ง่าย

4) ไม่มีพิษอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ขนาดใหญ่ เมื่อมีปริมาณไม่มาก

5) คลอรีนสามารถมีหลงเหลือค้างอยู่ในน้ำประปาได้

ข้อเสียของการใช้คลอรีนในน้ำประปา

1) จะเกิดสภาพกรด ได้แก่ HCI

2) มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น (Total Disslved Salts)

3) เกิดสารพวก Carcinogenic ซึ่งก่อให้เกิดมะเร็งได้

4)ต้องระมัดระวังในความปลอดภัย เกี่ยวกับปริมาณที่เติมลงในน้ำประปาและระบบเติมคลอรีนที่ใช้ก๊าซคลอรีน

การเติมคลอรีนก่อนบำบัด (Prechlorienation) น้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปา เช่น จากแม่น้ำ คลอง ฯลฯ ควรมีการเติมคลอรีนลงในน้ำดิบตั้งแต่ยังไม่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

ก) ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีของ Coagulation ดีขึ้น

ข) ช่วยลดกลิ่นและรส เนื่องจากตะกอนอินทรีย์ในถังตกตะกอน

ค) ช่วยป้องกันสาหร่ายขึ้นในถังกรอง

โดยทั่วไป จะเติมคลอรีนลงในน้ำดิบด้วยปริมาณพอที่จะทำให้มีความเข้มข้นของคลอรีนเหลือค้างในถังกรองประมาณ 0.1-0.5 มก./ลิตร

การเติมคลอรีนลงในถังภายหลัง (Postchlorienation) การเติมคลอรีนที่ตำแหน่งหลังจากกระบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว โดยทั่วไปจะเติมคลอรีนลงในถังเก็บกักน้ำประปาก่อนจ่ายไปตามชุมชนและต้องให้แน่ใจว่ามีระยะเวลาที่ให้คลอรีนทำปฏิกริยากับน้ำประปาอย่างน้อย 30 นาที ก่อนจ่ายถึงผู้ใช้

2.2 คุณภาพน้ำประปาโดยทั่วไป

น้ำประปาต้องมีคุณภาพดี ปราศจากสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ แหล่งน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปาจำเป็นต้องมีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำประปาด้วยกระบวนการผลิตทั่วไป ถ้าน้ำดิบมีสิ่งปนเปื้อนที่ไม่สามารถกำจัดออกด้วยกระบวนการผลิตทั่วไป จะทำให้คุณภาพน้ำประปาไม่ได้มาตรฐาน ดังนั้นจำเป็นต้องมีแหล่งน้ำดิบที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน และจำเป็นต้องมีระบบการควบคุมการผลิตได้มาตรฐานตลอดเวลา

คุณภาพน้ำประปา คือคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความขุ่น ตะกอน รส กลิ่น สี โดยปกติแล้วสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือสัมผัสได้ ทำให้ทราบว่าน้ำนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่ดี คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ความเป็นกรด ความเป็นด่าง ความกระด้าง สารเคมีและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจจะมีปะปนอยู่ในน้ำ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อาจมีพิษรุนแรงมาก แต่บางชนิดอาจสะสมในร่างกายจนแสดงผลอันตรายต่อสุขภาพได้ สารเคมีเหล่านี้ได้แก่ เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง ไนเตรท ฯลฯ สำหรับคุณสมบัติทางชีววิทยา ได้แก่ เชื้อจุลชีพต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ โดยไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยเชื้อจุลชีพเหล่านี้อาจไม่ก่อให้เกิดโรค แต่อาจทำให้เกิดรส กลิ่น สีได้ และเชื้อจุลชีพบางชนิดอาจทำให้เกิดโรคอันตราย เช่น อหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ ฯลฯ ดังนั้นน้ำดื่มต้องไม่มีเชื้อจุลชีพต่าง ๆ ปนเปื้อนอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกเชื้อจุลชีพที่ก่อให้เกิดโรค

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพเป็นคุณสมบัติที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือไม่ก็สามารถดมกลิ่น ชิมรสได้ เช่น น้ำมีความขุ่นมาก มีรสเค็มหรือรสกร่อย อาจมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ทั้งหมดนี้เกิดจากสารบางอย่าง ซึ่งโดยมากจะกำจัดออกได้หมดด้วยวิธีบำบัดทั่วไปที่ใช้ในโรงผลิตน้ำประปาของชุมชน คือ

2.2.1.1 สี (Color)

สีที่เกิดขึ้นในน้ำประปาหรือน้ำทั่วไปจะมีสาเหตุอยู่ 2 กลุ่ม คือ สีที่เกิดขึ้นจากสารตะกอนแขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น พวกเศษดิน เศษแร่ธาตุที่ไม่ละลายน้ำ เป็นต้น สีแบบนี้อาจมีสีน้ำตาล สีแดง สีเทา ฯลฯ ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับสิ่งปนเปื้อนที่ลอยอยู่ในน้ำ โดยจะเรียกสีที่ปรากฏ (Apparent Color) สำหรับสีที่เกิดขึ้นจากกพวกใบไม้หญ้า พืชผักต่าง ๆ หรือพวกสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ พบว่าสีแบบนี้จะมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น โรงฟอกหนัง โรงย้อมผ้า โรงงานกระดาษ โดยจะเรียกสีนี้ว่าสีจริง (True Color) สีสามารถวัดหาค่าขนาดความเข้มของสีด้วยเครื่องเทียบสีกับสีมาตรฐานที่ได้มาจากสาร Platinum คือ 1 มก./ลิตร ของ Platinum (K_2PtCl_6) จะมีความเข้มสีเท่ากับ 1 หน่วย ซึ่งจากมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก จะต้องมีความเข้มของสีในน้ำดื่มไม่เกิน 5 หน่วย โดยอาจยอมให้มีสูงสุดได้ถึง 50 หน่วยเท่านั้น

2.2.1.2 กลิ่นและรส

กลิ่นและรสที่เกิดขึ้นในน้ำทั่วไปจะมีสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1) ก๊าซต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซไข่เน่า ฯลฯ
2) แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น พวกเกลือคลอไรด์ เหล็ก คาร์บอเนต คลอรีน ซัลเฟต ฯลฯ
3) พวกจุลชีพต่าง ๆ เช่น สาหร่าย ปลา ฯลฯ

กลิ่นที่เกิดขึ้นในน้ำประปาสามารถวัดได้ด้วยการเติมน้ำประปาที่ต้องการวัดลงไปทีละน้อยละลายผสมกับน้ำบริสุทธิ์ปราศจากกลิ่น ให้ได้ปริมาตรรวม 200 มล. ลงในขวดปากกว้างที่ปราศจากกลิ่นขวด ถ้าตัวอย่างน้ำเติมผสมกับน้ำบริสุทธิ์ด้วยปริมาตร 6 มล. จะเริ่มได้กลิ่นแสดงว่ามีค่า Threshold Odor Nunber (TON) เท่ากับ 33 ซึ่งคำนวณหาได้จากสมการ (5-1) สำหรับน้ำดื่มควรจะมีค่า TON ไม่เกิน 3.0 เพราะถ้ามีค่ามากกว่านี้จะก่อให้เกิดความน่ารังเกียจต่อผู้บริโภคได้

$$\text{Threshold Odor Number (TON)} = 200/vs \qquad (5\text{-}1)$$

TON = ขนาดกลิ่น, TON

200 = ปริมาตรน้ำบริสุทธิ์รวมกับปริมาตรตัวอย่างน้ำ, มล.

Vs = ปริมาตรของตัวอย่างน้ำ, มล.

สำหรับรสชาติของน้ำสามารถวัดได้ด้วยผลออกมาเป็นรสหวาน รสเค็ม รสขม ฯลฯ ซึ่งต้องเป็นตัวอย่างน้ำที่ปลอดภัยสำหรับการทดสอบชิมรสชาติได้ สำหรับรสของน้ำก็ควรไม่มีรส ไม่เป็นที่น่ารังเกียจแม้แต่น้อย

ตารางที่ 2.2 ค่า Threshold Odor Number (TON)

ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ผสมกับน้ำบริสุทธิ์ให้ได้ 200 มล. (มล.)	ค่า TON
0.8	256
1.6	128
3.1	64
6.3	32
12.5	16
25	8
50	4
100	2
200	1

2.2.1.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำมีความสำคัญกับกระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีกับน้ำดิบ จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็ว หรือช้าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำด้วย เช่น ถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำจะต้องการสารเคมี (สารส้ม) ในการผลิตน้ำประปามากขึ้นและจะมีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำประปาต่ำกว่าน้ำอุ่น และถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำก็จะต้องการปริมาณคลอรีนน้อยกว่าน้ำอุ่น สำหรับมาตรฐานของน้ำดื่มไม่ได้บ่งชี้ค่าอุณหภูมิของน้ำ

2.2.1.4 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำจะเกิดจากสารตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ ที่ลอยอยู่ในน้ำ ทำให้น้ำดูไม่ใส สะอาด ไม่น่าใช้ พวกสารตะกอนแขวนลอยสามารถเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และพวกจุลชีพ เช่น พวกแพลงค์ตอน ฯลฯ ความขุ่นของน้ำมีความสำคัญมากต่อน้ำประปา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยทั่วไป

2) มีสภาพไม่น่าใช้

3) การควบคุมระบบผลิตน้ำประปาเป็นไปได้ยากขึ้น

4) ทำให้ประสิทธิภาพของคลอรีนมีลดลง

5) ตะกอนแขวนที่ลอยอยู่เมื่อทำปฏิกิริยากับคลอรีนอาจทำให้เกิดมะเร็งในมนุษย์

6) อาจเป็นตัวที่พาหรือเก็บสะสมสารพิษอันตรายได้ เช่น โลหะหนักต่าง ๆ

ความขุ่นของน้ำสามารถวัด โดยใช้หลักการให้แสงผ่านขวดแก้วใสที่บรรจุตัวอย่างน้ำ โดยถ้ามีความขุ่นมากแสงก็จะผ่านได้ยากหรือได้น้อยลง การวัดความขุ่นของน้ำจะต้องมีค่าความขุ่นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมา โดยใช้สาร Silica เป็นตัวแสดง ความขุ่นมาตรฐานคือมี 1.0 มก SiO_2 ต่อลิตร จะเทียบเท่ากับค่าความขุ่น 1 หน่วย

สำหรับมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก ได้กำหนดไว้ว่า น้ำดื่มควรมีค่าความขุ่นไม่เกิน 5 NTU และมีค่าความขุ่นที่ยอมให้มีได้สูงสุดไม่เกิน 25 NTU

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลความขุ่นที่ยอมให้ของน้ำประเภทต่าง ๆ

น้ำประเภทต่าง ๆ	ความขุ่น (NTU)
น้ำผิวดินที่มีความขุ่นมาก	1000
แม่น้ำทั่วไป	100
ทะเลสาบ	10
หลังจากผ่านระบบ Coagulation และ Flocculation แล้ว	1-5
หลังจากผ่านเครื่องกรองแล้ว	0.1

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีเป็นคุณสมบัติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือสัมผัสอื่น ๆ จำเป็นต้องผ่านกระบวนการปฏิกิริยาเคมี เพื่อจะได้ทราบผล โดยจะสามารถบอกได้ว่า น้ำมีคุณภาพลักษณะไหน คือ น้ำมีความกระด้าง หรือเป็นน้ำอ่อน น้ำมีสภาพเป็นกรดหรือด่างมากน้อยเพียงใด น้ำมีแร่ธาตุอะไรละลายอยู่ มีสารพิษอันตรายปะปนอยู่หรือไม่ เมื่อทราบผลการวิเคราะห์น้ำแล้วจึงสามารถบอกได้ว่าน้ำมีคุณภาพไปในลักษณะใด จำเป็นต้องผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีใด และจะช่วยในการออกแบบโรงผลิตน้ำประปาด้วย

2.2.2.1 pH

pH เป็นค่าวัดความเป็นกรดหรือด่างในน้ำทั่วไป โดยมีขนาดตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยค่า pH เท่ากับ 0 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกรดมาก ๆ และ pH เท่ากับ 14 หมายถึง น้ำมีสภาพเป็นด่างมาก ซึ่งแน่นอนค่า pH เท่ากับ 7.0 หมายถึง น้ำที่มีสภาพเป็นกลาง จากมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง ค่า pH ของน้ำดื่มควรอยู่ในช่วย 6.8 ถึง 8.2

2.2.2.2 สภาพความเป็นกรด (Acidity)

แหล่งที่ก่อให้น้ำมีสภาพความเป็นกรดมีดังนี้

1) CO_2 จากบรรยากาศละลายลงไปในน้ำ

2) พวกกรด Humic และ Tannic ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์

3) จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยมากจะเป็นพวกกรดแก่

2.2.2.3 สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity)

น้ำที่มีสภาพความเป็นด่างจะมีความสำคัญต่อระบบประปาทั่วไป ซึ่งได้แสดงเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

1) แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปจะมีสภาพความเป็นด่าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่เก็บกักน้ำ และแหล่งน้ำธรรมชาติเหล่านี้อาจถูกเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วด้วยการทิ้งน้ำเสียจากชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรม

2) สภาพความเป็นด่างของน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปาควรมีอย่างต่ำ 30 มก./ลิตรของ $CaCO_3$ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการเกิด Coagulation ดี

3)สภาพความเป็นด่างที่มีอยู่ในน้ำสามารถช่วยป้องกันการลดค่า pH ลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีน้ำทิ้งที่มีสภาพเป็นกรดมากผสมลงไป ดังนั้นเพื่อให้แหล่งน้ำธรรมชาติมีคุณภาพดีควรมีค่าสภาพความเป็นด่างที่อยู่ในรูปของไบคาร์บอเนตประมาณ 30 ถึง 130 มก./ลิตร ของ $CaCO_3$

2.2.2.4 ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้างของน้ำเป็นการวัดค่าความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ฯลฯ โดยธรรมชาติของชั้นใต้ดินจะมีพวกแคลเซียม และแมกนีเซียมมากที่สุด น้ำที่มีความกระด้างจะทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1) ทำให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำ เครื่องทำความร้อน ท่อน้ำร้อน เครื่องในในครัว ฯลฯ

2) เกิดตะกอนแข็งเกาะติดผิววัสดุต่าง ๆ

3) ทำให้การซักฟอกไม่มีฟอง เกิดความสิ้นเปลืองสบู่มากกว่าปกติในขณะอาบน้ำ ฟองสบู่เกิดได้ยาก

4) ถ้าเป็นน้ำดื่มจะมีรสไม่ปกติ

5) อาจจะทำให้เป็นนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ

6) เกิดสีเหลืองติดบนเสื้อผ้า

โดยทั่วไปน้ำกระด้างจะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน แต่น้ำประปาควรมีความกระด้างไม่เกิน 100 มก./ลิตร ของ $CaCO_3$

ตารางที่ 2.4 ระดับความกระด้างของน้ำ

ประเภทของน้ำ	ระดับความกระด้าง (มก./ลิตร ของ CaCo3)
น้ำอ่อน	0-40
น้ำกระด้างพอประมาณ	40-100
น้ำกระด้าง	100-300
น้ำกระด้างมาก	300-500
น้ำกระด้างมากมาก	มากกว่า 500
น้ำดื่มของการประปานครหลวง	ไม่เกิน 300
น้ำใช้ที่ครอบครัวทั่วไปพอใจ	75-100

2.2.3 คุณสมบัติทางชีววิทยา

คุณสมบัติทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับน้ำประปา ได้แก่ เชื้อจุลชีพต่าง ๆ ที่อาจจะมีปะปนมากับน้ำประปา ซึ่งไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นจะต้องมีการนำตัวอย่างน้ำประปามาผ่านการตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการ เชื้อจุลชีพจะมีทั้งที่ไม่ทำให้เกิดโรคและทำให้เกิดโรค ซึ่งเชื้อจุลชีพที่ไม่ทำให้เกิดโรคแต่ก็อาจทำให้น้ำมีกลิ่น สี รส ไม่พึงปรารถนาขึ้นมาได้ สำหรับเชื้อจุลชีพที่ทำให้เกิดโรคก็จะทำให้เกิดโรคร้ายแรงต่าง ๆ ได้ เช่น อหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ ฯลฯ

ในการตรวจสอบหาเชื้อจุลชีพที่ทำให้เกิดโรค ใช้การหาเชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มของ Coliform เป็นตัวแทนเพื่อบ่งชี้ว่าน่าจะมีเชื้อโรคอยู่ในน้ำประปาหรือไม่ เนื่องจากเชื้อ Coliform เป็นเชื้อแบคทีเรียที่มีเหล่งกำเนิดมาจากลำไส้ของคนและสัตว์ ดังนั้นถ้าพบว่าตัวอย่างน้ำมีเชื้อ Coliform อยู่ก็อาจสรุปได้ว่าน้ำนี้อาจมีโอกาสที่จะมีเชื้อโรคได้ หรืออาจสรุปได้ว่าน้ำนี้จะมีอุจจาระปนเปื้อนอยู่ ซึ่งไม่เหมาะสมแก่การใช้เป็นน้ำดื่ม

มาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง ได้กำหนดไว้ว่าน้ำประปาจะยอมให้มีค่า MPN ได้น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำ 100 มล.

วิธีการวัดหาจำนวนเชื้อ Coliform มีอยู่ด้วย 2 วิธีคือ

1) Multiple – Tube Fermentation (หรือเรียกว่า Most Probable Number, MPN)

2) Membrane Filter Technique (MFT)

2.3 ระบบการจ่ายน้ำประปา

หลังจากที่ได้ผลิตน้ำประปาแล้ว จะนำน้ำประปาไปแจกจ่ายทั่วบริเวณของชุมชนด้วยท่อประปาขนาดเหมาะสม มีระบบวาล์วประเภทต่าง ๆ ติดตั้งอยู่ตามท่อประปาทั่วบริเวณแล้วแต่ความเหมาะสม ใช้วัสดุของท่อประปาที่เหมาะสม และเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วควรมีระบบตรวจสอบการทำงานของท่อประปาว่ามีประสิทธิภาพเพียงใด เช่น มีการตรวจสอบว่ามีการรั่วไหลของน้ำประปาออกจากท่อประปาหรือไม่ และมีการตรวจสอบว่าท่อประปามีความเสียดทานของผิวท่อมากน้อยเพียงใด ซึ่งถ้ามีความเสียดทานมากจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการไหลของน้ำประปาภายในท่อประปาได้

2.3.1 วิธีการจ่ายน้ำประปา

ระบบแจกจ่ายน้ำประปาเป็นการแจกจ่ายน้ำประปา ตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปาแจกจ่ายไปยังชุมชนทั่วถึงทุกอาคาร โดยวิธีการแจกจ่ายน้ำประปามีอยู่ด้วยกันได้หลายวิธี ซึ่งจะขึ้นกับสภาพของพื้นที่ในบริเวณนั้น วิธีแจกจ่ายน้ำประปามีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

2.3.1.1 วิธีการแรงโน้มถ่วงของโลก

วิธีนี้อาศัยหลักการว่า ระดับน้ำจากแหล่งอยู่สูงกว่าชุมชนมากเพียงพอ ที่ทำให้น้ำประปาไหลจากแหล่งไปตามท่อประปาได้อย่างดี คือมีทั้งความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่ออย่างเหมาะสมไม่มากหรือน้อยจนเกินไป วิธีนี้โดยมากจะอาศัยความสูงของระดับคืนปกติ และหอถังสูง เพื่อเป็นจุดที่ปล่อยน้ำประปาเพื่อแจกจ่ายไปรอบ ๆ บริเวณ วิธีแจกจ่ายน้ำประปานี้เป็นวิธีที่น่าไว้ใจที่สุดวิธีหนึ่ง เพราะถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับ ระบบแจกจ่ายน้ำประปาแบบนี้จะยังคงสามารถจ่ายน้ำได้ช่วงเวลาหนึ่ง อาจได้นานถึงหนึ่งหรือสองวัน ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดความจุของหอถังสูง

2.3.1.2 วิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง

วิธีนี้อาศัยเพียงเครื่องสูบน้ำ ทำการสูบจ่ายน้ำประปาไปตามท่อประธานของระบบโดยตรง ความเร็วของน้ำไหล และความดันของน้ำภายในท่อจะถูกควบคุมโดยเครื่องสูบน้ำและขนาดท่อประธานที่ออกแบบไว้แล้ว ระบบจ่ายน้ำประปาวิธีนี้ไม่ต้องใช้หอถังสูง แต่จะมีถังเก็บน้ำประปาไว้เพื่อให้เครื่องสูบน้ำได้สูบน้ำไปแจกจ่ายตามชุมชน โดยอาจมีความดันภายในท่อประธานไม่คงที่มีการแปรเปลี่ยนบ่อยครั้ง ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับก็ไม่สามารถแจกจ่ายน้ำประปาไปตามชุมชนได้เลยในทันที ทำให้เป็นข้อเสียหลักของระบบนี้

2.3.1.3 วิธีการจ่ายน้ำประปาโดยใช้ทั้งหอถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ

วิธีนี้คือการนำวิธีแรกและวิธีที่ 2 มาใช้ร่วมกัน วิธีนี้เป็นที่นิยมมาก การแจกจ่ายน้ำประปาจะอาศัยทั้งเครื่องสูบน้ำสูบจ่ายไปยังท่อประธานพร้อมกันนั้นอีก ณ ตำแหน่งจะมีหอถังสูงทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปาไปด้วย ข้อดีของระบบนี้คือสามารถแจกจ่ายน้ำประปาด้วยปริมาณมากๆ ทั้งจากเครื่องสูบน้ำและหอถังสูงพร้อม ๆ กัน โดยมีถังเก็บน้ำประปาอยู่ 2 แหล่ง วิธีนี้สามารถเลือกวิธีแจกจ่ายน้ำประปาไปยังท่อประธานได้ คืออาจจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียวหรือใช้หอถังสูงอย่างเดียวก็ได้ อย่างเช่นในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำใช้มากก็อาจใช้ทั้ง 2 ระบบ หรือในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำใช้น้อยก็อาจใช้เพียงระบบเดียว

2.3.2 ระบบจ่ายน้ำประปา

2.3.2.1 ระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง (Continuous System)

ระบบนี้จะทำการจ่ายน้ำประปาตลอดเวลาวิธีนี้เหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการน้ำประปาใช้ตลอดเวลา มีแหล่งน้ำดิบที่พอเพียงตลอดเวลา และมีโรงผลิตน้ำประปาที่สามารถผลิตได้เพียงพอจ่ายน้ำได้ตลอดเวลา ต่อไปนี้เป็นข้อดีของระบบจ่ายน้ำประปาแบบต่อเนื่อง

1. ผู้ใช้น้ำไม่ต้องสร้างถังเก็บกักน้ำประปา
2. จะมีน้ำใช้สำหรับการดับเพลิงในทุกเวลา
3. น้ำประปาจะไหม่อยู่เสมอภายในท่อประปาและยากที่จะได้รับสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกท่อประปา เนื่องจากมีความดันของน้ำภายในท่อประปาสูงตลอดเวลา

2.3.2.2 ระบบสูบจ่ายน้ำแบบเดิน ๆ หยุดๆ

ระบบนี้อาจจ่ายน้ำประปาเพียง 2 – 3 ชั่วโมงในแต่ละวันก็ได้ เช่น จ่ายน้ำให้ในช่วงเช้าหรือช่วงเย็น ระบบนี้จะใช้ก็ต่อเมื่อมีปริมาณน้ำดิบในแหล่งน้ำไม่เพียงพอสำหรับการจ่ายน้ำประปาให้ตลอดเวลา ต่อไปนี้เป็นข้อเสียของระบบจ่ายน้ำประปาแบบเดิน ๆ หยุด ๆ

1. ผู้ใช้น้ำต้องสร้างถังเก็บกักน้ำประปาไว้ใช้สำรอง
2. ขนาดท่อประปาจะมีขนาดใหญ่กว่าของระบบจ่ายน้ำประปาแบบต่อเนื่อง
3. จะมีการติดตั้งวาล์วและข้อต่อต่าง ๆ มากกว่าของระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง
4. จะมีการติดตั้งวาล์วและข้อต่อต่าง ๆ มากกว่าของระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง
5. จะไม่มีน้ำสำหรับดับเพลิงในช่วงจ่ายน้ำประปา

2.3.3 ถังเก็บกักน้ำประปา

ถังเก็บกักน้ำประปามีความจำเป็นอย่างมาก ที่สามารถเก็บกักน้ำประปาได้พอเพียงตลอดเวลา ทั้งเมื่อมีเหตุขัดข้องบางประการ เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ระบบจ่ายน้ำประปาเกิดขัดข้อง ระบบผลิตน้ำประปาเกิดขัดข้อง เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการเก็บกักน้ำประปาด้วยถังเก็บกักน้ำประปามีดังต่อไปนี้

1. ต้องการเก็บกักน้ำประปาไว้สำหรับการดับเพลิง
2. ต้องการเก็บรักษาระดับความดันของน้ำในท่อประปาได้ตลอดเวลา
3. ต้องการเก็บกักน้ำประปาสำรองไว้เมื่อมีการใช้น้ำประปามากกว่าปกติ

ตามปกติขนาดความจุของถังเก็บกักน้ำประปาจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงที่จ่ายน้ำประปา อัตราการสูบจ่ายน้ำประปา และการแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการใช้น้ำประปาของชุมชนนั้น ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับสภาพการใช้น้ำประปาของแต่ละชุมชน ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับถังน้ำบนพื้นดิน และหอถังสูง

2.3.3.1 ถังน้ำบนพื้นดิน (Surface Storage Tank)

ถังน้ำบนพื้นดินในที่นี้ หมายถึง ถังเก็บกักน้ำไว้เพื่อจ่ายน้ำประปาไปทั่วชุมชนของแต่ละชุมชน สำหรับขนาดของถังน้ำบนพื้นดินอาจพิจารณาใช้ค่าปริมาณน้ำใช้ โดยเฉลี่ยต่อวันเป็นขนาดความจุของถังเก็บกักน้ำประปา ซึ่งอาจต้องการเก็บกักไว้ใช้ 1 วัน 2 วัน หรือมากกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพการใช้น้ำประปาของชุมชนนั้น

2.3.3.2 หอถังสูง (Elevated Tank)

หอถังสูงหรือหอถังน้ำที่ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก อาจมีหอถังสูงอยู่หลายจุดในชุมชนนั้นเพื่อสามารถมีแรงดันพอเพียงสำหรับการจ่ายน้ำประปาให้แก่ชุมชน หอถังสูงจะมีขนาดความสูงตั้งแต่ 10 – 30 เมตร และบางแห่งอาจพบว่ามีความสูงมากกว่านี้ สำหรับขนาดความจุจะมีขนาดตั้งแต่ 5 – 250 ลบ.ม. แล้วแต่การใช้น้ำประปาของชุมชนนั้น ๆ สำหรับการคำนวณหาขนาดความจุที่เหมาะสมอาจพิจาณาใช้ค่าปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง ซึ่งขนาดความจุอาจเก็บไว้ใช้ 1 ชม. 2 ชม. หรือมากกว่านั้นแล้วแต่ความเหมาะสมของชุมชนนั้น ๆ ซึ่งจะไปเกี่ยวข้องกับขนาดของเครื่องสูบน้ำที่สูบขึ้นไปเก็บไว้ในหอถังสูงด้วย

2.3.4 การออกแบบระบบท่อประธานจ่ายน้ำประปา

ระบบท่อประธานสำหรับจ่ายน้ำประปาประกอบด้วยท่อประปา วาล์วต่าง ๆ หัวดับเพลิง มาตรวัดน้ำและข้อต่อต่าง ๆ ซึ่งวิศวกรออกแบบและควบคุมต้องเข้าใจระบบการทำงานของแต่ละอย่างเป็นอย่างดี เพื่อสามารถแจกจ่ายน้ำประปาให้แก่ชุมชน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.4.1 ประเภทของระบบท่อประธานจ่ายน้ำประปา

ท่อประธานจ่ายน้ำประปา มีความสำคัญมากเสมือนเส้นเลือดใหญ่ในร่างกายมนุษย์ ดังนั้น การออกแบบระบบท่อประธานจำเป็นต้องทราบก่อนว่า ระบบท่อจ่ายน้ำประปามีประเภทต่าง ๆ อะไรบ้างเพื่อสามารถเลือกออกแบบได้อย่างเหมาะสมกับสภาพชุมชนที่สุดทั้งด้านความประหยัด และด้านการใช้งาน โดยประเภทของระบบท่อประธานจ่ายน้ำประปาสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ระบบแขนง (Branching System) ระบบแขนงเป็นระบบท่อประปาที่เดินแยกออกเป็นแขนง ระบบนี้เหมาะสมกับชุมชนขนาดไม่ใหญ่นัก ข้อดีของระบบนี้คือมีราคาค่าติดตั้งเดินท่อไม่สูงมากนัก ง่ายต่อการคำนวณออกแบบระบบท่อประปา สำหรับข้อเสียคือมีน้ำประปายังแช่อยู่ในระบบท่อโดยอาจไม่มีการไหลเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำประปาในขณะอยู่ภายในท่อ หรือเกิดตะกอนสะสมอยู่ภายในท่อประปามาก และถ้าต้องการทำการซ่อมแซมท่อประปาบางส่วนของระบบก็อาจจำเป็นต้องปิดประตูน้ำหยุดจ่ายน้ำประปาในบริเวณกว้าง ซึ่งมีผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำประปาจำนวนมาก

2. ระบบวงจร (Loop system) ระบบวงจรเป็นระบบท่อที่เดินเป็นวงจรปิด เหมาะสมกับชุมชนขนาดใหญ่ข้อดีของระบบนี้คือ จะมีการไหลของน้ำประปาสม่ำเสมอตลอดเวลาภายในท่อ ไม่ค่อยมีตะกอนขังแช่อยู่ภายในท่อ ปัญหาการอุดตันจึงไม่ค่อยพบ ในขณะทำการซ่อมแซมส่วนหนึ่งส่วนใดของท่อก็ไม่จำเป็นต้องหยุดการจ่ายน้ำประปาไปเกือบทั้งระบบ สามารถปิดประตูน้ำเฉพาะบริเวณที่ทำการซ่อมแซมท่อประปาได้ สำหรับข้อเสียของระบบนี้ คือ ราคาค่าติดตั้งเดินท่อสูงกว่าของระบบแขนง จำนวนวาล์วต่าง ๆ ของระบบท่อจะมีมากกว่าของระบบแขนง และความยาวของท่อประธานจะมีความยาวมากกว่าของระบบท่อแขนง

3. ระบบรวมกัน (Combination System) ระบบนี้เป็นระบบที่มีทั้งแบบแขนงและแบบวงจรอยู่ในระบบแจกจ่ายน้ำประปาหนึ่ง โดยบางบริเวณอาจใช้ระบบแขนงและบางบริเวณอาจใช้ระบบแขนงและบางบริเวณอาจใช้ระบบวงจร ดังนั้นข้อดีและข้อเสียของระบบนี้อาจเป็นการรวมกันของสองระบบที่ได้กล่าวมาแล้ว

2.3.4.2 เกณฑ์ในการออกแบบ

ในการคำนวณออกแบบท่อประธานสำหรับการจ่ายน้ำประปาให้แก่ชุมชนจำเป็นต้องมีเกณฑ์ออกแบบ ดังต่อไปนี้

1.ความดันของน้ำในท่อประธานจะขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารที่มีในชุมชนนั้น แต่โดยทั่วไปจะให้มีขนาดความดันตั้งแต่ 15 – 30 เมตร ของน้ำ สำหรับชุมชนที่มีเพียงบ้านพักอาศัยเท่านั้น และสำหรับชุมชนประเภทอื่น ๆ อาจต้องการขนาดความดันที่สูงกว่านี้ ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงลักษณะการใช้งาน และความจำเป็นของอาคารนั้น ๆ

2.ความเร็วของน้ำไหลในท่อประธานควรมีตั้งแต่ 0.9 – 1.8 เมตรต่อวินาทีสำหรับท่อประปาขนาดตั้งแต่ 4 นิ้วถึง 16 นิ้ว

3.ท่อประธานควรออกแบบสำหรับปริมาณน้ำไหลเท่ากับ 2 – 3 เท่าของปริมาณน้ำใช้โดยเฉลี่ย

2.3.4.3 ระบบต่าง ๆ ที่ต้องการใช้ในท่อจ่ายน้ำประปา

ระบบต่าง ๆในที่นี้ หมายถึง อุปกรณ์หรือเครื่องมือกลที่นำมาติดตั้ง เพื่อสามารถช่วยแก้ปัญหา และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบท่อประปาได้ดียิ่งขึ้น ปัญหา และอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในระบบท่อประปาที่ควรทราบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นมี ดังนี้

1. ควรมีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำประปาให้มีสม่ำเสมอ
2. ควรป้องกันการเกิดฟองอากาศขึ้นภายในท่อประปา
3. ควรมีระบบป้องกัน และตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำประปา
4. ควรมีปริมาณน้ำประปาไหลภายในท่อสูงเพียงพอสำหรับสภาวะที่ต้องการน้ำใช้สูงสุด
5. ควรมีระบบควบคุมการไหลของน้ำประปาภายในท่ออย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น ต่อไปนี้จะได้อธิบายระบบต่าง ๆที่ต้องการมีในท่อประปา ได้แก่ วาล์ว ต่าง ๆ หัวดับเพลิง มาตรวัดน้ำ

2.3.4.4 วาล์วต่าง ๆ (Valves)

วาล์วมีอยู่หลายชนิดที่ใช้ในระบบท่อประปา เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ จะได้อธิบายชนิดต่าง ๆ ของวาล์ว และหน้าที่ของวาล์วแต่ละชนิด

ประตูน้ำ (Gate Valves) – ทำหน้าที่เปิดปิดน้ำในท่อประปาทั่วไป เพื่อต้องการซ่อมแซมท่อประปาบางส่วน หรือบางบริเวณ นิยมติดตั้งไว้ที่หัวมุมถนน

ประตูน้ำทางเดียว (Check valves) – ทำหน้าที่ควบคุมให้น้ำไหลไปทางเดียว นิยมติดตั้งไว้กับระบบเครื่องสูบน้ำที่ไม่ยอมให้น้ำไหลย้อนกลับ ซึ่งอาจเกิดความเสียหายกับเครื่องสูบน้ำได้

Globe Valve และ Angle Valve – วาล์วแบบนี้นิยมใช้กันมากตามบ้านเรือนทั่วไป จะใช้เพื่อปรับปริมาณน้ำไหลบ่อย ๆ แต่ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับงานที่มีขนาดความดันต่ำ ๆ

Butterfly Valves – วาล์วแบบนี้นิยมใช้กันมากในงานปรับลดการไหล คือสามารถปรับลดได้ถึง 1 ใน 10 และงานปิดเปิดน้ำในท่อประปา ซึ่งมีข้อดีกว่าของประตูน้ำ (Gate Valves) ตรงที่มีราคาถูกกว่า การเปิดปิดง่ายกว่า ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ในระบบท่อที่มีความดันต่ำ สามารถติดตั้งใช้งานในเส้นท่อที่มีขนาดใหญ่ ๆ หลายเมตรได้

2.3.4.5 หัวดับเพลิง (Fire Hydrants)

หัวดับเพลิงจะถูกติดตั้งไว้บนทางเท้าของถนนสาธารณะ ซึ่งจะติดตั้งไว้ทั่วบริเวณของชุมชนและจะต้องติดตั้งไว้บนสี่แยกของถนนด้วยหัวดับเพลิงที่ใช้ดับเพลิงด้วยน้ำจากท่อประปาควรมีแรงดันสูงมาก โดยมีอย่างน้อย 3.2 กก/ตร.ซม (ประมาณ 32 ม. ของน้ำ)

2.3.4.6 มาตรวัดน้ำ (Water Meters)

จะติดตั้งไว้ทั่วทุกแห่งที่มีการใช้น้ำประปาจากท่อประธาน โดยการประปาจะเป็นผู้อ่านตัวเลขจากมาตรวัดน้ำ เพื่อนำไปคิดคำนวณหาค่าน้ำประปา ยกเว้นบางแห่งที่ ทางเอกชนได้ผลิตน้ำประปาใช้เอง มาตรวัดน้ำมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ได้แก่ Nutating disc meters , Piston meters และ Rotor meters โดยมาตรวัดน้ำแบบต่าง ๆ จะต้องวัดปริมาณการไหลของน้ำประปาภายใต้ขนาดแรงดัน ต่าง ๆ ได้ โดยไม่ทำให้เกิดการสูญเสียความดันมากนัก ต้องสามารถป้องกันไม่ให้น้ำไหลย้อนกลับได้ ต้องไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการอุดตันภายในมาตรวัดน้ำได้ง่าย ซึ่งอาจทำให้มาตรวัดน้ำไม่ทำงานควรมีกล่องโครงสร้าง เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนจากภายนอก

2.3.4.7 วัสดุท่อประปา

วัสดุท่อประปาในที่นี้จะได้กล่าวถึงชนิดของวัสดุประปาประธานโดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และงบประมาณในการก่อสร้าง โดยมากวิศวกรออกแบบจะเป็นผู้ตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของวัสดุท่อประปาซึ่งพยายามจะให้เหมาะสมกับงานประปาสำหรับพื้นที่นั้นที่สุด วัสดุท่อประปาที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย จะสรุปได้ดังนี้

- ท่อเหล็ก (Steel)
- ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement)
- ท่อ PVC (Polyvinyl Choride)
- ท่อ HDPE (High Density Polyethylene)
- ท่อคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete)
- ท่อ PB (Polybutylene)
- ท่อเหล็กหล่อ (Cast Iron)

2.4 ระบบระบายน้ำทั่วไป

ระบบระบายน้ำมีอยู่สองประเภท คือ ระบบระบายน้ำเสีย และระบบระบายน้ำฝน ทั้งสองประเภทนี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกลุ่มชุมชนทุกแห่ง ทั้งในแง่มุมของสาธารณสุข และความสะดวกสบาย ทั้งนี้เพราะชุมชนแต่ละแห่งจัดได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของน้ำเสียอันเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรคได้ น้ำเสียเหล่านี้มาจากกิจกรรมทั้งจากการดำรงชีวิตของประชาชน เขตพาณิชย์ เขตธุรกิจ และจากเขตอุตสาหกรรม แต่ละเขตมีปริมาณและลักษณะน้ำเสียผิดแผกกันออกไป ขึ้นอยู่กับกิจกรรมนั้น ๆ ทำให้การออกแบบระบบระบายทวีความยุ่งยากมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในแต่ละเขตพื้นที่ยังมีน้ำฝนซึ่งตกลงมาในปริมาณมากน้อยแล้วแต่ฤดูกาลและจำเป็นต้องระบายน้ำออกไป มิฉะนั้นจะเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน และชีวิตได้

2.4.1 รายละเอียดของระบบระบาย

ระบบระบายทุกประเภทและทุกขนาดกว่าจะก่อตัวเป็นรูปร่างได้ต้องมีขั้นตอนการปฏิบัติงานหลายขั้นตอนนับตั้งแต่การสำรวจ ศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบ ประมูล ก่อสร้าง และบำรุงรักษาใช้งาน ดังนั้นจึงควรที่จะรวบรวมวิศวกรผู้มีความชำนาญและเข้าใจระบบดีพอ มาร่วมกันทำงานให้ได้ระบบที่ใช้งานให้ได้ระบบที่ใช้งานได้ดีที่สุดในราคาที่ถูกที่สุด

2.4.1.1 ขั้นตอนของโครงการระบายน้ำ

(ก) การศึกษาขั้นต้น

ขั้นตอนนี้มีไว้เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้เรียนรู้ข้อมูลกว้าง ๆ ทั้งด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ เพื่อการตัดสินใจด้านนโยบาย และการออกแบบขั้นรายละเอียดต่อไป

(ข) การออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบครอบคลุมไปตั้งแต่การสำรวจ วิเคราะห์ข้อมูล หาวิถีทางเลือก (alternatives)หาผลสรุป และการออกแบบรายละเอียด รวมทั้งการออกข้อกำหนดรายละเอียดประกอบแบบ เอกสารเหล่านี้เป็นส่วนที่ใช้ในการประมูล การลงนามในสัญญา รวมทั้งเป็นเครื่องบ่งว่าระบบ จะใช้งานได้หรือไม่เพียงไร เอกสารดังกล่าวจึงควรมีความละเอียดและถูกต้องแม่นยำสูง

(ค) การก่อสร้าง

ขั้นตอนนี้นับเริ่มจากเมื่อมีการลงมือก่อสร้าง และติดตั้งระบบระบายน้ำจริง

(จ) การใช้งาน

การบำรุงรักษาก็เป็นสิ่งจำเป็นมากในการที่จะให้ระบบใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การบำรุงรักษาอาจทำได้ยากลำบากหรือการกระทำไม่ได้เลยถ้าวิศวกรผู้ออกแบบไม่ได้คำนึงถึงปัญหานี้ได้ตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบ

องค์กรที่เกี่ยวข้อง

โครงการพัฒนาทางวิศวกรรมทุกสาขาเป็นงานซึ่งต้องอาศัยผู้เกี่ยวข้องหลายวิชาชีพ ผู้ลงทุนหรือเจ้าของ วิศวกร และผู้รับจ้าง จัดเป็นองค์กรหลักสำคัญที่มีบทบาทมากในการผลักดันให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ ทนายความ นักกฎหมาย ที่ปรึกษาด้านการลงทุน หรือผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ อาจเข้ามาร่วมมีบทบาทบ้างในกรณีที่จำเป็นและในระบบที่แตกต่างกันออกไป

2.4.1.2 บทบาทของแต่ละองค์กร

ก) การศึกษาขั้นต้น

วิศวกรกับเจ้าของโครงการมีบทบาทมาก โดยวิศวกรมีหน้าที่ต้องสำรวจศึกษาหาข้อมูลของท้องถิ่นให้มากที่สุด ทั้งในรูปข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน และการก่อสร้างในท้องถิ่น

ข) การออกแบบ

ในทางปฏิบัติแล้ววิศวกรควรปรึกษากับเจ้าของโครงการควบคู่ไปด้วย เพราะอาจจะมีหลายขั้นตอนและหลายแนวทางที่ต้องอาศัยนโยบายของเจ้าของ

ค) การก่อสร้าง

ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดส่วนใหญ่มักมาจากขั้นตอนนี้เพราะสัญญาการออกแบบและควบคุมงานกระทำขึ้นระหว่างเจ้าของกับวิศวกร

ง) การใช้งาน

บุคลากรของเจ้าของโครงการเป็นผู้ที่ต้องรับผิดชอบในการดำเนินงานของระบบซึ่งรวมทั้งการบำรุงรักษา และซ่อมแซมระบบด้วย ในขั้นตอนแรกวิศวกร และผู้รับจ้างอาจต้องเป็นผู้แนะนำบุคลากรของเจ้าของให้ทราบถึงกลไกต่าง ๆ ของระบบ ทั้งนี้ระยะเวลาของการเป็นผู้แนะนำอาจนานเพียงสัปดาห์ไปจนถึงเป็นปี ขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการ และควรบ่งระยะเวลานี้ไว้ในสัญญา ด้วยเพื่อป้องกันปัญหาอันอาจเกิดขึ้นภายหลัง

2.4.1.3 การควบคุมการใช้งานระบบท่อระบาย

ในบรรดาระบบสาธารณูปโภคทั้งหลาย ระบบท่อระบายดูเหมือนจะเป็นระบบที่ประชาชนมีความเข้าใจน้อยที่สุด และมักใช้งานอย่างผิดประเภทอยู่เป็นประจำ ทั้งนี้เพราะประชาชนมักมีแนวความคิดว่าท่อระบายน้ำมีไว้สำหรับระบายอะไรก็ได้ที่ตนทิ้งลงไป การใช้ระบบระบายน้ำผิดประเภทนี้ ถ้าไม่ควบคุมให้ดีแล้วอาจเป็นอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สินของประชาชน รวมทั้งทำให้งบดำเนินงานสูงไปกว่าที่ควรได้

อาจสรุปสิ่งที่เกิดขึ้น ถ้ามีการใช้ระบบท่อระบายอย่างผิดวิธีได้ ดังนี้ คือ

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

4400804
TD
491
ก67ก
2544

ก) อันตรายจากการระเบิดหรือ เพลิงไหม้ ถ้าระบายทิ้งสารเคมีไวไฟ หรือวัสดุระเบิดลงไปในท่อระบาย

ข) การอุดตันของท่อเนื่องมากจากรากต้นไม้ การสะสมของไขมัน กรวดทราย หรือวัสดุอื่น

ค) ผลเสียหายต่อวัสดุโครงสร้างของท่อ ถ้ามีการถ่ายเทของเสียที่มีอำนาจกัดกร่อน และสึกกร่อนลงท่อ

ง) มีน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเข้าท่อระบายน้ำเสียมาก

ฉ) เกิดปัญหาน้ำเสียไปปะปนกับน้ำฝน ทำให้น้ำฝนไม่อยู่ในสภาพที่เหมาะสมอันควรแก่ระบายลงลำคลองลำน้ำได้

ช) เพิ่มภาระให้แก่ระบบบำบัดน้ำเสีย อันอาจทำให้ระบบใช้งานไม่ได้ผล หรืองบดำเนินงานสูงขึ้นได้

2.4.2 ระบบท่อระบาย (**Sewerage System**)

2.4.2.1 การวางแผนระบบท่อระบาย

การวางแผนที่ดีขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่นทางด้านสังคม เศรษฐกิจ และการเมืองอย่างมาก ปัจจัยที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงสามารถกล่าวสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. แหล่งเงิน สิ่งนี้อาจจะนับได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สุดเพราะถ้าปราศจากแหล่งเงินทุนเพื่อการลงทุนแล้ว การกระทำอื่นใดแม้จะทำได้ดีที่สุดก็ไม่สามารถทำให้โครงการลุล่วงไปได้

2. ข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลพื้นฐานนี้ครอบคลุมไปถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่เกี่ยวกับโครงการ มีความสำคัญไม่ด้อยไปกว่าปัจจัยอื่น ๆ เพราะเป็นตัวจักรกลหนึ่งที่ควบคุมราคาของโครงการ ไม่สามารถจะบ่งได้ว่าข้อมูลที่ต้องการควรเป็นประเภทใด แต่ให้ครอบคลุมถึงทุกสิ่งที่จะเกี่ยวข้องกับโครงการ เช่น ลักษณะความอ่อนแข็งของดินในโครงการ ดินแข็งทำให้ขุดยาก และราคาแพง ในขณะเดียวกันดินที่สามารถขุดลงได้ตรง ๆ โดยขอบคันดินไม่พังทะลายทำให้ขุดดินน้อย และราคาถูกลง

3. ระยะเวลาออกแบบ การวางแผนจะต้องพิจารณาว่าจะออกแบบระบบสำหรับบริการประชากรในอนาคตอันใกล้หรือไกล

4. จำนวนประชากรที่จะบริการ จำนวนประชากรเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาออกแบบจะเป็นเท่าใด

5. ปริมาณ และลักษณะของน้ำเสียและน้ำฝนที่จะออกแบบรับ ต้องพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหล ในแต่ละชั่วโมง ประจำวัน ตามฤดูกาล รวมทั้งต้องคำนึงถึงมาตรฐานการ

ครองชีพของชุมชน ยิ่งเวลานานออกไปแต่ละเมืองก็จะมีการพัฒนาให้ประชากรมีความเป็นอยู่ดียิ่งขึ้น ซึ่งนั่น หมายถึง อัตราการใช้น้ำต่อคน และอัตราการใช้น้ำทั้งหมดจะมากขึ้นตามไปด้วย

6.ระบบระบายน้ำรวมหรือระบบระบายน้ำแยกจะเป็นการไม่คุ้มทุนอย่างมาก ถ้าใช้ระบบระบายแยก สำหรับเมืองใหญ่ที่สร้างไปแล้วเพราะมีค่าใช้จ่ายสูง แต่สำหรับส่วนของเมืองที่ขยายใหม่ หรือเมืองเล็ก ๆ ระบบระบายแยกจะมี ภาษีกว่า

7. การจัดเป็นเขตหรือเป็นส่วน การวางแผนที่ดีต้องพิจารณาสภาพภูมิประเทศ ด้วยและอาจแบ่งชุมชนใหญ่เป็นเขตย่อยเล็กลงไปตามสภาพภูมิประเทศนั้นๆ ให้แต่ละเขตมีการบำบัดน้ำเสียเป็นของตัวเอง

8. การจัดผังระบบท่อ ต้องพิจารณาผังท่อว่าจัดวางด้วยรูปแบบใดจะประหยัดที่สุด

9. วิธีเผื่อเลือก ในการวางแผนที่ดี ต้องหามาตรการหรือวิธีเผื่อเลือกไว้หลายประการ

10.ภฏเกณฑ์ของลำน้ำ ปัจจัยข้อนี้ขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่น เช่น สภาพลำน้ำของกลุ่มชุมชนมีปัญหามลพิษทางน้ำหรือไม่ ถ้ามี ปัญหานี้อยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด การบำบัดน้ำเสียควรจะทำที่ระดับประสิทธิภาพเท่าใด

2.4.2.2 ระยะเวลาออกแบบ

ระยะเวลาออกแบบ ในที่นี้หมายความถึง ระยะเวลาในอนาคตที่ระบบได้รับการออกแบบให้มีขีดความสามารถรับได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีผลคุ้มต่อการลงทุน โดยจะต้องคำนึงถึงอัตราการผุกร่อน และ เสื่อมสภาพของวัสดุอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย

1)อายุการใช้งานของวัสดุอุปกรณ์ในระบบทั้งระบบบำบัดและระบบระบาย

2) ความยากง่ายของการขยายโครงการในอนาคต

3) อัตราการเจริญเติบโตของประชากร ปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งการขยายตัวของเมือง

4) งบค่าลงทุน และอัตราดอกเบี้ยที่จำต้องเสียให้แก่เหล่งเงินกู้

5) สมรรถนะของระบบในช่วงแรกเมื่อปริมาณน้ำยังน้อยกว่าที่ออกแบบไว้อยู่มาก สำหรับระบบท่อระบายเมื่อมีปริมาณน้ำเสียน้อยอาจทำให้เกิดการตกตะกอนในเส้นท่อได้

2.4.2.3 ระบบระบายแยกและรวม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการระบายน้ำเสียและน้ำฝนออกจากชุมชนอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ (ก)ท่อระบายน้ำเสียซึ่งต่อไปจะขอเรียกสั้น ๆ ว่าท่อน้ำเสียจะออกแบบให้ขีดความสามารถรับน้ำเสียจากชุมชน เขตพาณิชย์ และอุตสาหกรรมเท่านั้น ไม่รวมเอาน้ำฝนเข้าท่อสู่ท่อด้วย (ข) ท่อน้ำฝน หรือท่อระบายน้ำฝนในทางตรงกันข้ามจะออกแบบให้รับน้ำฝน และน้ำใต้ดินโดยเฉพาะและไม่รวมอาน้ำเสียใด ๆ เข้ามาร่วมด้วย และ (ค)ท่อรวม หรือท่อระบายน้ำรวมซึ่งจะออกแบบให้รับน้ำใน

ชุมชนหนึ่ง ๆ ทั้งหมด ทั้งน้ำเสียจากการดำรงชีวิตของประชาชน และน้ำฝนที่ตกลงมาบนบริเวณของชุมชน

ข้อเสียของระบบท่อรวมอาจจำแนกออกเป็นข้อ ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1)ในกรณีที่มีระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ปลายท่อ ระบบท่อรวมจะทำให้มีน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดมากขึ้น ทำให้ขนาดของระบบบำบัดต้องใหญ่ขึ้น

2)เนื่องจากปริมาณน้ำฝนหรือน้ำไหลนอง แปรผันมาก จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะออกแบบระบบท่อน้ำฝนหรือท่อรวมให้รับน้ำได้ในกรณีมีพายุใหญ่ และปริมาณน้ำฝนมากในช่วงเวลาสั้น ๆ

3)ในชุมชนที่มีฝนตกหนัก และไม่มีความสามารถทางการเงินที่จะอำนวยให้ก่อสร้างระบบท่อรวมขนาดใหญ่พอที่จะรับน้ำทั้งหมดได้

4)ในช่วงหน้าแล้งความเร็วในท่อจะต่ำมากทำให้มีการตกตะกอนในเส้นท่อซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดก๊าซไข่เน่า และกลิ่นเหม็นรวมทั้งจะเกิดกรดซัลฟุริกกัดกร่อนท่อได้

5)ระบบท่อรวมโดยเนื้อแท้แล้วอาจมีราคาไม่ถูกกว่าระบบแยก กล่าวคือ ระบบรวมจักต้องการบ่อดัก ที่ทุกจุดของการระบายน้ำเข้า สู่ระบบ เพื่อที่จะกักกรวดทราย รวมทั้งจะทำหน้าที่เป็นที่ดักกลิ่น ระบบท่อรวมโดยปกติต้องการท่อขนาดใหญ่ และยาวกว่าระบบแยก เพราะในระบบรวมท่อขนาดใหญ่จำเป็นต้องวิ่งไปสู่ระบบบำบัดในขณะที่ในระบบแยกท่อน้ำฝนจะต่อไปลงในคลองใดก็ได้ที่อยู่ใกล้บริเวณนั้น วัสดุที่ใช้ในงานท่อรวมก็ต้องเป็นชนิดทนต่อการกัดกร่อนได้ เพราะน้ำเสียในท่อรวมมีความสกปรกมาก และอาจมีการกัดกร่อนสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน้าร้อนที่ยาวนานของประเทศเขตมรสุม

2.4.2.4 การจัดผังระบบท่อ (Sewer System Layout)

แผนที่ควรจะแสดงระบบถนน ระดับดินทั่วไป ถนนทุกสาย รวมทั้งความลาดของถนนนั้น ทางรถไฟ อาคาร และระดับอาคาร แนวท่อต่าง ๆ ที่มีอยู่ บ่อตรวจระบายน้ำ ประตูระบายน้ำ บ่อสูบน้ำ ลำธาร ลำคลอง แม่น้ำ สวนสาธารณะ เส้นคอนทัวร์จะต้องมีระยะห่างเล็กพอที่จะให้วิศวกรประกอบให้คำนวณออกแบบ ระดับท่อได้แม่นยำพอควร ถ้าผิวถนนลาดเท่ากับหรือน้อยกว่า ร้อยละ 6 ควรมีระยะห่างของเส้นคอนทัวร์ ประมาณ 0.50 เมตร แต่ถ้าความลาดของถนนหรือพื้นที่มีมากกว่าร้อยละ 6 อาจใช้ความห่างได้ 1.50 เมตร จุดใดที่เป็นจุดสูงยอดหรือต่ำสุดควรจะได้บ่งระดับไว้ชัดเจนโดยมีความละเอียดเป็นเซนติเมตร ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับภาวะการณ์ใต้ดิน เช่น ระบบน้ำใต้ดินสูงสุด ท่อประปา เป็นต้น เพราะท่อระบายต้องลาดตามที่ได้กำหนดหรือออกแบบไว้ และเปลี่ยนระดับขึ้นหรือลงไม่ได้ง่าย ๆ การขุดท่อเพียงส่วนหนึ่ง ๆ ลงลึกเพื่อที่จะหลบสิ่งกีดขวางบางชนิด จะทำให้ท่อระบายส่วนหลัง ๆ ต้องลึกลงตามไปด้วย ทำให้ราคาของโครงการต้องสูงขึ้นอีกมาก

ในสภาพการณ์ที่ต้องมีการวางท่อระบายน้ำผ่านบริเวณที่ยังไม่ได้มีการพัฒนาหรือยังไม่มีบ้านเรือนอยู่ วิศวกรก็จำเป็นต้องวางแผนจัดบ่อตรวจระบายไว้เผื่อสำหรับการต่อท่อบรรจบในอนาคตด้วย

ท่อระบายน้ำที่จะวางไว้นี้ควรมีมีความยาวน้อยที่สุดแต่ต้องบริการเขตชุมชนได้ทุกเขต ในกรณีที่วางท่อสั้นแต่ต้องขุดลึก เช่นการวางท่อย้อนความลาดของผิวดิน ก็อาจจะเป็นการดีกว่า ที่จะวางท่อให้มีความยาวมากขึ้น แต่มีความลาดน้อยลง ส่วนกรณีบ่อสูบหรือสถานีสูบน้ำ วิศวกรต้องคำนึงถึงการใช้งานเฉพาะเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และพึงหลีกเลี่ยงสถานีสูบที่ห่างไกลออกไป เพราะจะมีปัญหาการบำรุงรักษาตามมา ซึ่งถ้าเกิดปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง และเครื่องสูบไม่ทำงานแล้ว จะเกิดปัญหาน้ำท่วมจนล้นออกจากบ่อสูบได้

ท่อระบายน้ำโดยทั่วไปควรจัดวางให้อยู่กลางหรือใกล้กับกลางถนน เพื่อที่จะบริการรับน้ำได้จากทั้งสองฝั่งถนน แต่ถ้าถนนกว้างมากก็อาจจะเป็นการประหยัดกว่าที่จะมีท่อระบายน้ำอยู่สองฝั่งถนน ในกรณีนี้ท่อระบายมักอยู่บริเวณไหล่ถนนหรือใต้ทางเท้า ในเฉพาะกรณีที่จำเป็นจริง ๆ อาจต้องวางท่อระบายน้ำไว้หลังบ้านของประชาชนก่อนที่จะนำมาบรรจบรวมกับท่อระบายน้ำเมนหน้าบ้านต่อไป และควรจัดวางท่อให้ลาดไปตามความลาดของถนนรวมทั้งควรจัดแนวให้มีความยาวสั้นที่สุดเท่าที่ระดับของพื้นดิน ในส่วนที่ต้องสร้างถนนใหม่ ทางการควรจะลำดับความสำคัญของท่อระบายน้ำไว้ในอันดับสูงสุด เพราะการไหลในท่อระบายต้องอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งทำให้ระดับของท้องท่อมักจะถูกกำหนดตายตัว และเปลี่ยนแปลงได้ไม่มากนัก

ควรวางท่อระบายน้ำเสียไว้ตรงจุดสูงสุดของถนน เพื่อที่จะลดปริมาณน้ำฝนเข้าสู่ท่อน้ำเสียในช่วงน้ำมากให้น้อยที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ ส่วนสำหรับถนนที่มีอยู่เดิมแล้วอาจจำเป็นต้องวางท่อระบายไว้ที่ไหล่ถนนหรือบริเวณทางเท้า เพราะมิฉะนั้นแล้วจะต้องเสียงบประมาณอีกมากในการขุดเจาะถนนและสร้างขึ้นใหม่

ท่อระบายน้ำฝน ควรวางอยู่ใกล้กับขอบถนนหรือใต้พื้นถนนโดยตรง เพื่อที่จะได้ระบายน้ำฝนลงระบบท่อให้รวดเร็วที่สุด จุดทางเข้าควรกำหนดไว้ในลักษณะที่ไม่รบกวนผู้เดินเท้าและที่จุดต่ำสุดของถนน ระยะห่างของจุดเข้าอยู่ในช่วง 90 – 180 เมตร โดยระยะถี่ใช้กับบริเวณราบเรียบและที่มีการจราจรซึ่งรถวิ่งด้วยความเร็วสูง เช่นการทางพิเศษ เป็นต้น

การวางท่อน้ำเสียถ้าหลีกเลี่ยงได้ต้องไม่อยู่ในบริเวณเดียวกับท่อประปา แต่ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก็ควรกำหนดให้ใช้ และต่อท่อระบายแบบทนความดันได้ รวมทั้งอาจหุ้มคอนกรีตรอบท่อโดยตลอดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วย

การวางผังระบบท่อทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่ ก) ระบบตั้งฉาก ข) ระบบท่อดัก ค) รูปแบบแบ่งเป็นเขต สำหรับกรณีที่มีความแตกต่างของระดับดินมาก ง) รูปแบบพัด(fan pattern) วิธีนี้อาจจะดีที่สุด และนิยมมากที่สุดสำหรับระบบที่มีท่อรอง และท่อใหญ่ เป็นตามลักษณะร่องน้ำตามธรรมชาติ และ จ) รูปแบบเป็นรัศมี ใช้กับชุมชนที่ตั้งอยู่บนเนิน และให้น้ำเสียไหลลงตามธรรมชาติ ออกจากจุดศูนย์กลางของเมืองในทิศทางต่าง ๆกัน

2.4.2.5 ผังแม่บท (Master plan)

โครงการระบายน้ำทุกโครงการควรมีผังแม่บท จะเป็นของเขตเทศบาลนั้น ๆ หรือเป็นของรวมทั้งเมืองก็ดี ผังแม่บทนี้เป็นการวางแผน ระยะยาวซึ่งจะต้องได้รับการตัดสินใจไว้ล่วงหน้าเกี่ยวกับพื้นที่ ๆ จะบริการ ระบบท่อ ตำแหน่งและชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย จุดระบายน้ำลงคลอง แนวท่อเมน จุดติดตั้งเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับการเจริญเติบโตในระยะยาว ของชุมชนนั้น ๆ ด้วย รวมทั้งจะต้องบ่งว่าเมื่อถึงเวลาใดควรจะสร้างระบบถึงขั้นตอนใด ระบบบำบัดขั้นสุดท้ายของโครงการจะเป็นเท่าไร ต้องการน้ำทิ้งในลักษณะเช่นไร ดังนี้เป็นต้น

2.4.2.6 ระบบไร้ท่อ (Sewerless system)

ในชุมชนที่มีความหนาแน่นประชากรน้อยมาก ๆ เช่นมีบ้านแต่ละหลังห่างกัน ถึงเป็นร้อย ๆเมตร จะไม่มีความจำเป็นต้องจัดวางท่อระบายน้ำเสียไปบริการ แต่อาจจำเป็นต้องมีระบบระบายน้ำฝนไปถึงถ้ากลุ่มชุมชนนั้นอยู่ในบริเวณต่ำ หรือแอ่งกระทะ เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ต้องเป็นภาระและหน้าที่ของเจ้าของอาคารที่จะต้องจัดการกับน้ำเสียของตนเอง อาจจะโดยใช้ระบบบ่อเกรอะ บ่อซึม ถังกรองไร้อากาศ หรือระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วนี้อาจถ่ายเทลงลำน้ำ หรือท่อสาธารณะได้

2.4.2.7 ระบบกาลักน้ำ (Inverted siphon)

ระบบกาลักน้ำ เป็นส่วนของระบบท่อระบายน้ำที่ลำเลียงน้ำผ่านสิ่งกีดขวางหนึ่ง ๆ และทำงานภายใต้ความดันโดยมีระดับน้ำในท่อกาลักน้ำต่ำกว่าระดับน้ำปกติในท่อที่มาบรรจบด้วย

2.4.2.8 บ่อตรวจระบาย

บ่อตรวจระบาย เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับระบบท่อระบาย และต้องมี ณ ทุกจุดที่มีการเปลี่ยนขนาดท่อยกเว้นท่อที่มีขนาดใหญ่เกิน 1200 มม. หรือทุกระยะความยาวที่กำหนด หรือที่มีท่อดนละทิศทางมาบรรจบกัน นอกเสียจากท่อนั้นเป็นแบบท่อโค้ง จุดที่โดยปกติจะมีบ่อตรวจระบายได้แก่ บริเวณแยกถนน แต่ถ้าไม่มีความจำเป็นต้องมีการมาบรรจบท่อกับบ่อตรวจระบาย ณ จุดนี้ในภายหลัง หรือในปัจจุบันก็ตาม ก็ควรจัดผังท่อให้บ่อตรวจระบายน้ำไปอยู่บริเวณอื่นจะดีกว่า เพราะตรงจุดแยกถนนนี้มักเป็นจุดรวมของท่อใต้ดินนานาชนิด ถ้าหลีกเลี่ยงไม่มีบ่อตรวจระบาย ณ จุดนี้ได้ ก็พึงหลีกเลี่ยง

2.4.2.9 ระบบท่อระบายน้ำโค้ง (Curved sewers)

การใช้ท่อระบบโค้งมีข้อดีในเชิงเศรษฐกิจมาก เพราะสามารถกำจัดหรือลดบ่อตรวจระบายที่จำเป็นต้องมีทุกหัวเลี้ยวได้ นอกจากนี้ การวางท่อให้ขนานหรือไปตามแนวกลางถนนโค้งยังทำให้หลีกเลี่ยงไปชนกับท่อสาธารณูการอื่นๆ ได้ด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาระบบการผลิตน้ำประปา

การดำเนินงาน ได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับระบบการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดย

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบผลิตน้ำประปาบางส่วนจากปริญญานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร ของ นายจิระศักดิ์ ปานกลีบ และนายธนากร อินทวงศ์ ประจำปีการศึกษา 2540 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจะทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้รับทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานในครั้งนี้

2) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการผลิตน้ำประปา และวิธีการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตน้ำประปา รวมถึงหน้าที่ ลักษณะการทำงาน และประโยชน์ของระบบต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยการสอบถามข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวระบบผลิตน้ำประปา ซึ่งทั้งนี้ ทางเจ้าหน้าที่จะทำการอธิบาย รวมทั้งแนะนำถึงหน้าที่ และการทำงานของระบบผลิตน้ำประปา นอกจากนี้ทางเจ้าหน้าที่ก็ได้มอบเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ เพื่อนำมาศึกษา

3) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการผลิตน้ำประปาจากเอกสาร เรื่อง ระบบน้ำประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเขียนโดย นายวุฒิพงษ์ เจริญทิม

4) ศึกษาขนาดและหน้าที่ของเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่อง ที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา ซึ่งแต่ละเครื่อง ก็จะมีขนาดและหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกัน

5) ตรวจสอบ และวัดขนาดของระบบต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนผลิตน้ำประปา เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง โดยการใช้เทปวัด

6) ถ่ายภาพระบบการผลิตน้ำประปา เพื่อนำมาประกอบการอธิบายเกี่ยวกับระบบการผลิตน้ำประปา เพื่อให้เห็นภาพและทำความเข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.2 การศึกษาระบบการแจกจ่ายน้ำประปา

การดำเนินงาน ได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับระบบการแจกจ่ายน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดย

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการแจกจ่ายน้ำประปาจาก จากปริญญานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร ของ นายจิระศักดิ์ ปานกลีบ และนาย ธนากร อินทวงศ์ ประจำปีการศึกษา 2540 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจะทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้รับทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานในครั้งนี้

2) สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับระบบการแจกจ่ายน้ำประปา จากเจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบการแจกจ่ายน้ำประปา ซึ่งทั้งนี้ ทางเจ้าหน้าที่จะทำการอธิบาย และให้แบบแสดงผังของระบบท่อประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อนำไปใช้ในการศึกษา

3) ศึกษาขนาดและหน้าที่ของเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่อง ที่ใช้ในระบบการแจกจ่ายน้ำประปา ซึ่งแต่ละเครื่อง ก็จะมีขนาดและหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกัน

4) ศึกษาชนิดของท่อประปา และขนาดของท่อประปา ที่ใช้ในการแจกจ่ายน้ำประปา โดยใช้ข้อมูลจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ และข้อมูลจากแบบแสดงผังของระบบท่อประปา

5) ศึกษาข้อดี ข้อเสียของระบบการแจกจ่ายน้ำประปาที่ใช้ในมหาวิทยาลัยในปัจจุบัน ว่ามีความเหมาะสม และควรมีการปรับปรุงหรือไม่ อย่างไร

3.3 การศึกษาระบบท่อระบายน้ำ

การดำเนินงาน ได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดย

1) ศึกษาลักษณะของระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร และศึกษาขนาดของท่อระบายน้ำจากแบบแสดงผังของระบบท่อระบายน้ำ

2) ตรวจดูตำแหน่งของ Manhole จากสถานที่จริงแล้วนำมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งของ Manhole ในแบบแสดงผังของระบบท่อระบายน้ำว่าตรงกันหรือไม่

3) คำนวณหาความลาดของท่อระบายน้ำ ระดับท้องท่อระบายน้ำ และระดับผิวท่อระบายน้ำ จากแบบแสดง Profile ของท่อระบายน้ำ

4) ศึกษาระบบการระบายน้ำ และระบบบำบัดน้ำทิ้งก่อนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำโดยรอบของมหาวิทยาลัยนเรศวร

5) ศึกษาจุดทิ้งน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร ว่ามีการทิ้งน้ำโดยมีการบำบัดหรือไม่ และทิ้งน้ำไปยังที่ใด

3.4 การศึกษาอัตราการใช้น้ำ

การดำเนินงาน ได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับอัตราการใช้น้ำของคณะวิทยาศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดย

1) รวบรวมข้อมูลจากมิเตอร์น้ำที่ติดตั้งไว้ที่ตึกที่ทำการศึกษา คือตึกคณะวิทยาศาสตร์ และตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ และเก็บข้อมูลเวลา 18.00 น.ของทุกวัน

2) รวบรวมข้อมูลจำนวนคนใช้ตึก โดยเก็บข้อมูลจากใบ NU31 ทั้งภาคปกติ และภาคพิเศษ ใบNU 31 ขอจากกองบริการการศึกษา อาคารมิ่งขวัญ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3) รวบรวมตารางการใช้ห้องเรียนจากตารางเรียนมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2/2545 ทั้งภาคปกติ และภาคพิเศษ โดยตารางเรียนดังกล่าวขอจาก สำนักงานเลขานุการคณะวิทยาศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์

4) คำนวณหาจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในตึกในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน (คน) พร้อมทั้งเขียนกราฟแสดงคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารของแต่ละอาคารในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

5) คำนวณหาอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของตึกตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา (ลิตร/วัน) พร้อมทั้งเขียนกราฟแสดงอัตราใช้น้ำเฉลี่ยของแต่ละอาคารตลอดระยะเวลา 40 วัน

6) คำนวณหาอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย (ลิตร/คน/วัน)

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

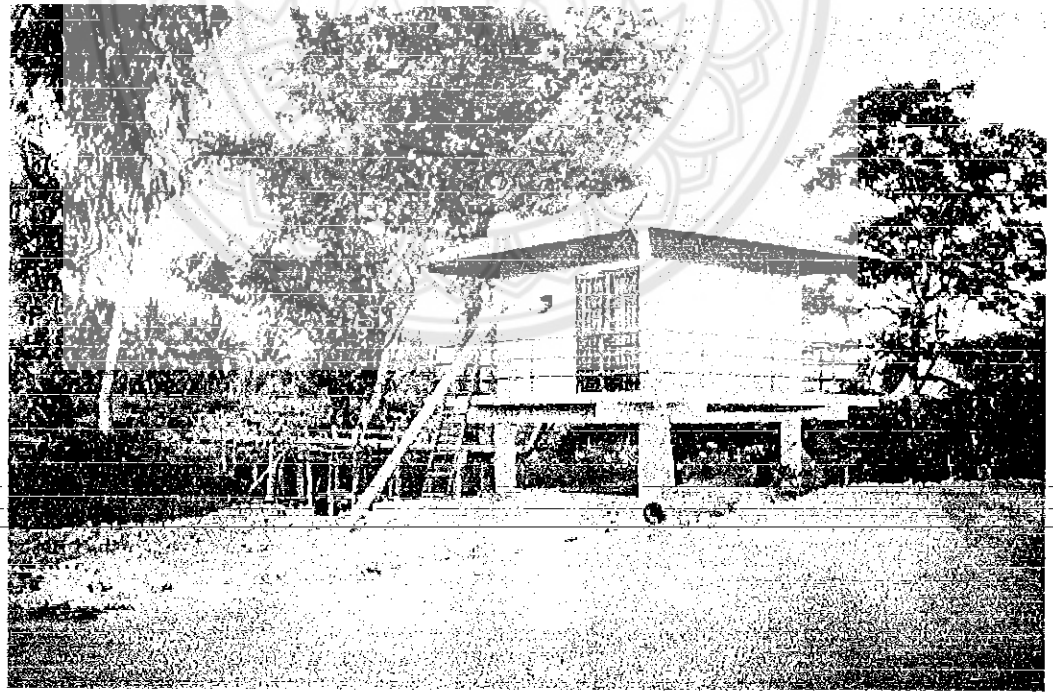
4.1 ระบบน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร

มหาวิทยาลัยนเรศวร ส่วนหนองอ้อ มีพื้นที่ทั้งหมด 1,284 ไร่ ประกอบด้วย อาคารสำนักงาน คณะ หอพักนิสิต นักศึกษา จำนวนมาก มหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องมีระบบสาธารณูปโภค คือ ระบบน้ำประปา ระบบน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร เริ่มดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2534 โดยอาศัยน้ำดิบจากคลองชลประทาน ในระยะแรก ๆ มีท่อรับน้ำดิบโดยการสูบด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 25 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จากคลองชลประทานเข้าสู่อาคารโรงผลิตน้ำประปา 1 สร้างถังจ่ายน้ำขนาดความจุ 2,500 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้เพียงพอต่อการใช้ ซึ่งขณะนั้นยังมีอาคารสิ่งก่อสร้างและประชากรไม่มาก ต่อมาจำนวนประชากรและอาคารสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นผลให้น้ำประปาที่ผลิตจากอาคารโรงผลิตน้ำประปา 1 มีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้ ทำให้ต้องมีการขยายกำลังการผลิต โดยการสร้างอาคารโรงผลิตน้ำประปา 2 สร้างถังจ่ายน้ำขนาดความจุ 5,000 ลูกบาศก์เมตร และอ่างเก็บน้ำในมหาวิทยาลัยซึ่งมีพื้นที่รับน้ำ 1 ตารางกิโลเมตร ขนาดความจุประมาณ 300,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ทางด้านหลังมหาวิทยาลัย โดยดำเนินการเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2539 ทำให้สามารถจ่ายน้ำให้แก่ผู้ใช้ได้อย่างเพียงพอ ซึ่งตั้งแต่ปี 2539 เป็นต้นมา ได้อาศัยโรงผลิตน้ำประปา 2 ในการผลิตน้ำประปาเพียงแห่งเดียว โดยหลังจากนั้นได้มีการก่อตั้งอาคารศูนย์วิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะพยาบาลศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ หอพักแพทย์และพยาบาล 1 และ 2 ขึ้นมา มหาวิทยาลัยจึงมีแผนที่จะปรับปรุงโรงผลิตน้ำประปา 1 เพื่อรองรับความต้องการดังกล่าวในอนาคต

4.2 ระบบจัดส่งน้ำดิบของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระบบจัดส่งน้ำดิบจากแหล่งน้ำให้แก่โรงผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร จะเป็นระบบที่ใช้การสูบน้ำดิบจากคลองส่งน้ำชลประทานในโครงการส่งน้ำและบริหารการใช้น้ำพลายชุมพล สำนักชลประทานที่ 3 จังหวัดพิษณุโลก โดยมหาวิทยาลัยได้สร้างอาคารสูบน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าไว้ริมคลองส่งน้ำชลประทาน หมู่ที่ 8 ต.ท่าโพธิ์ เพื่อทำการสูบน้ำด้วยมอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า ส่งผ่านท่อประปาขนาด 8 นิ้ว ไปยังคลองส่งน้ำดิบภายในมหาวิทยาลัย ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีขนาดความจุ 300,000 ลูกบาศก์เมตร เพื่อกักเก็บน้ำดิบไว้ใช้ในการผลิตน้ำประปาต่อไป

รูปที่ 4.1 คลองส่งน้ำชลประทาน



รูปที่ 4.2 สถานีสูบน้ำดิบจากคลองชลประทาน

4.2.1 ท่อลำเลียงน้ำดิบ

ใช้เครื่องสูบน้ำดิบจากคลองชลประทานผ่านท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว โดยสถานีที่เก็บเครื่องสูบน้ำ ตั้งอยู่ห่างจากคลองชลประทานประมาณ 25 เมตร ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีสูบน้ำจากคลองอยู่ทางด้านตะวันออกของมหาวิทยาลัยฯ โดยอยู่ห่างจากมหาวิทยาลัยเป็นระยะทาง 1.3 กิโลเมตร จากนั้นปล่อยน้ำลงสู่คลองส่งน้ำดิบภายในมหาวิทยาลัย ก่อนที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ

4.2.2 คลองส่งน้ำดิบ

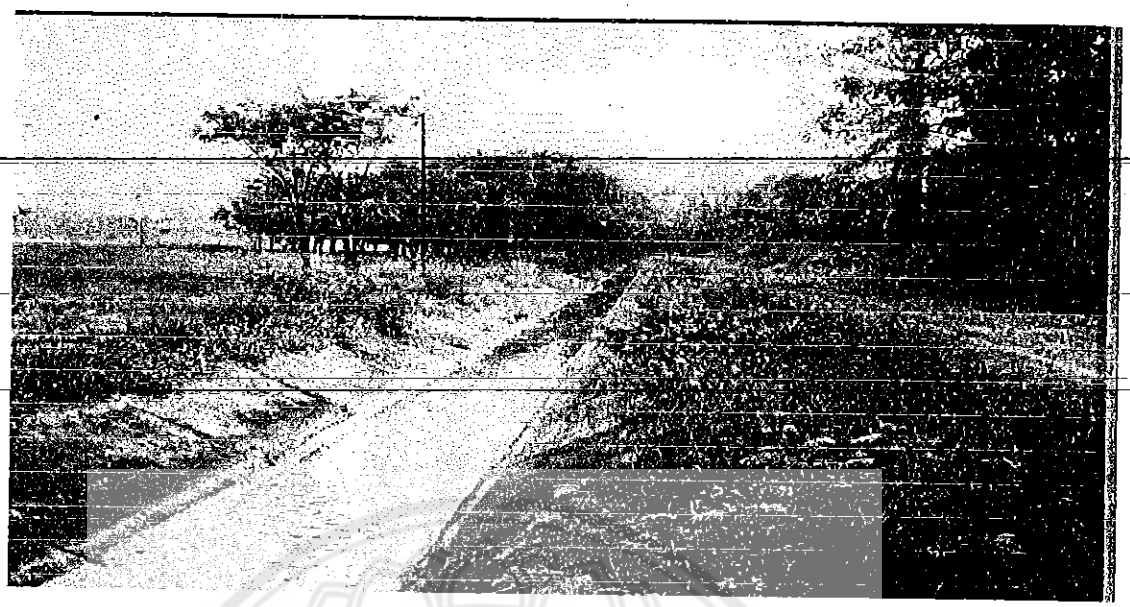
คลองส่งน้ำดิบในมหาวิทยาลัยมีลักษณะเป็นรางเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู กว้าง 1.5 เมตร ลึก 1 เมตร มีระยะทางยาว 1.7 กิโลเมตร ด้านข้างเอียง 1 : 1.5 พื้นที่ผิวทั้งสองข้างปูด้วยคอนกรีต เพื่อป้องกันการรั่วซึมและลดแรงเสียดทานในการไหลของน้ำ ก่อนไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ โดยอาศัยหลักการของการไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

ข้อดีของคลองส่งน้ำแบบรางเปิด มีดังนี้

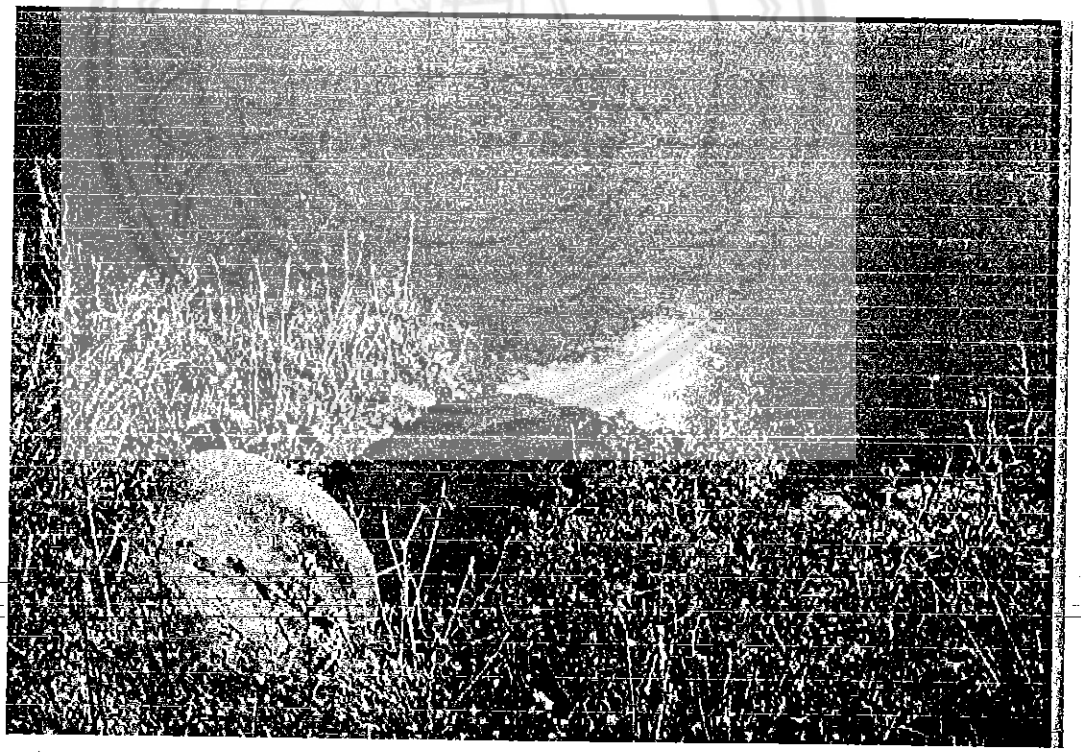
1) มีราคาก่อสร้างถูก
2) สามารถทำการก่อสร้างได้ง่าย
3) สามารถทำการบำรุงรักษาได้ง่าย
4) เลือกใช้วัสดุจากที่หาได้ง่าย

ข้อเสียของคลองส่งน้ำแบบรางเปิด มีดังนี้

1) สามารถจัดส่งน้ำดิบได้ด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกอย่างเดียวและต้องมีระดับสูงพอที่จะไหลลงไปโรงผลิตน้ำประปา
2) จะมีการระเหยและรั่วซึมลงดินเนื่องจากการไหลของน้ำดิบบนรางระบายเปิด
3) จะมีการปนเปื้อนของเสียลงไปในรางระบายเปิดได้ง่าย
4) มีพวกรากต้นไม้หรืออื่น ๆ อาจทำลายผิวรางระบายน้ำได้



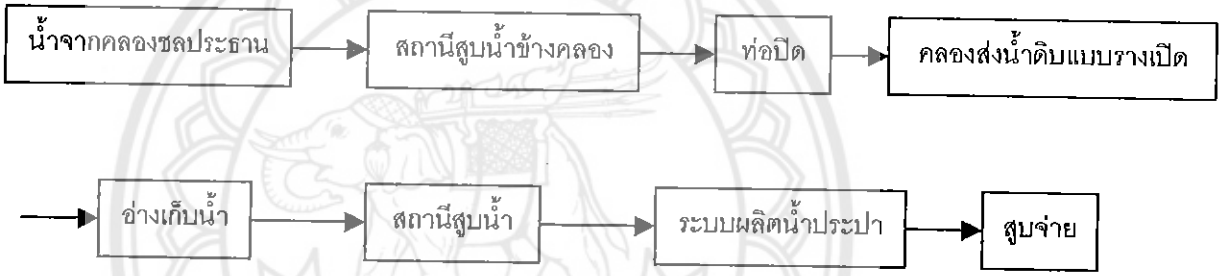
รูปที่ 4.3 คลองส่งน้ำดิบ



รูปที่ 4.4 จุดปล่อยน้ำจากคลองส่งน้ำดิบลงสู่อ่างเก็บน้ำ

4.2.3 ทางน้ำเข้าจากอ่างเก็บน้ำไปยังโรงผลิตน้ำประปา

มีลักษณะเป็นบ่อกลม ตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำที่ระดับลึก ก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 เมตร หนา 0.25 เมตร ด้านข้างเจาะเป็นช่องเพื่อรับน้ำ จัดเรียงหินขนาด 3 นิ้ว ไว้โดยรอบตัวบ่อเป็นความหนา 1.5 เมตร ถัดมามีการก่อผนังเป็นวง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5.5 เมตร ผนังหนา 0.25 เมตร เพื่อป้องกันการพังทลายของหิน จากนั้นวางหินขนาด 6 นิ้ว หนา 4 เมตร โดยรอบอีกครั้งหนึ่ง ก่อผนังชั้นสุดท้ายมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 14 เมตร รอบผนังด้านนอกจากนั้นวางหินใหญ่ทำแนวเอียง 1 : 1.5 โดยมีท่อต่อขนาด 314.6 mm ยาว 70 เมตร มายังอีกบ่อหนึ่งโดยอาศัยหลักของการไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ เพื่อนำน้ำไปยังโรงผลิตน้ำประปา



รูปที่ 4.5 ผังแสดงระบบจัดส่งน้ำดิบ

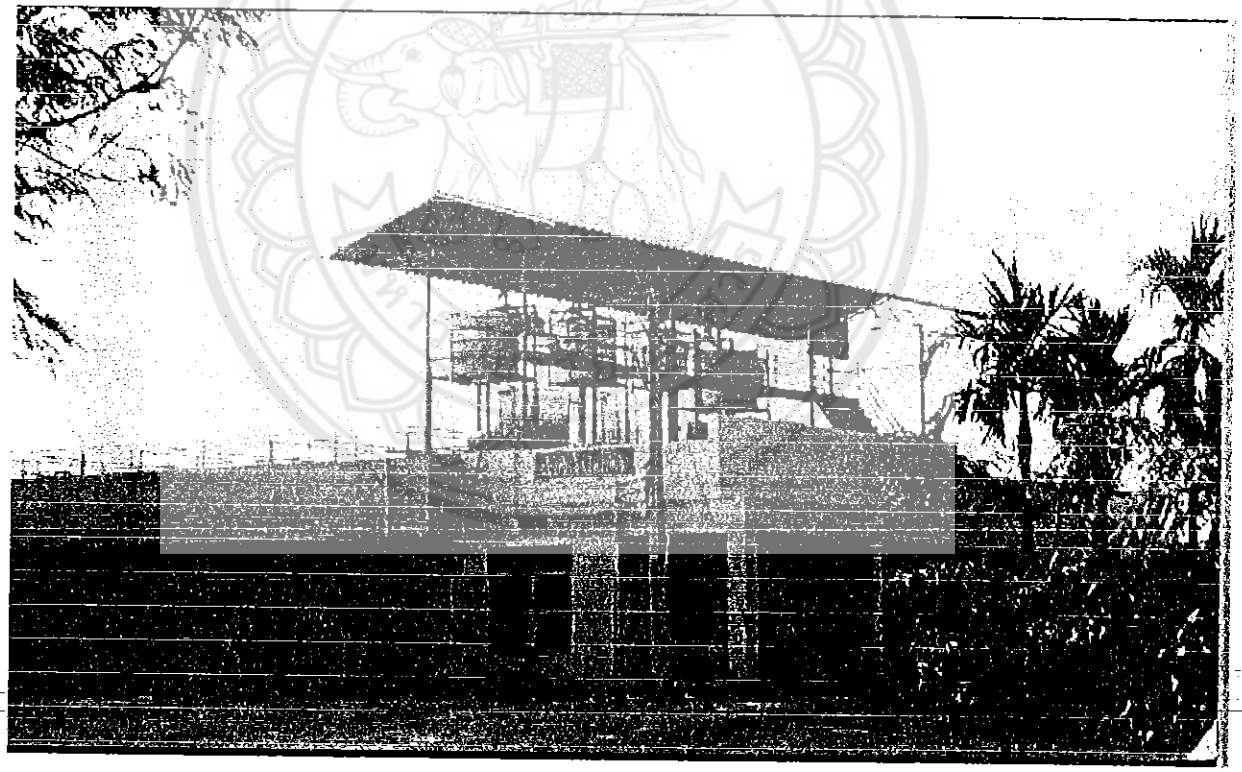
4.3 ระบบการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร

การผลิตน้ำประปา

การผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวรจะใช้เครื่องสูบน้ำที่ใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 50 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง สูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปา โดยมีอัตราการผลิต 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

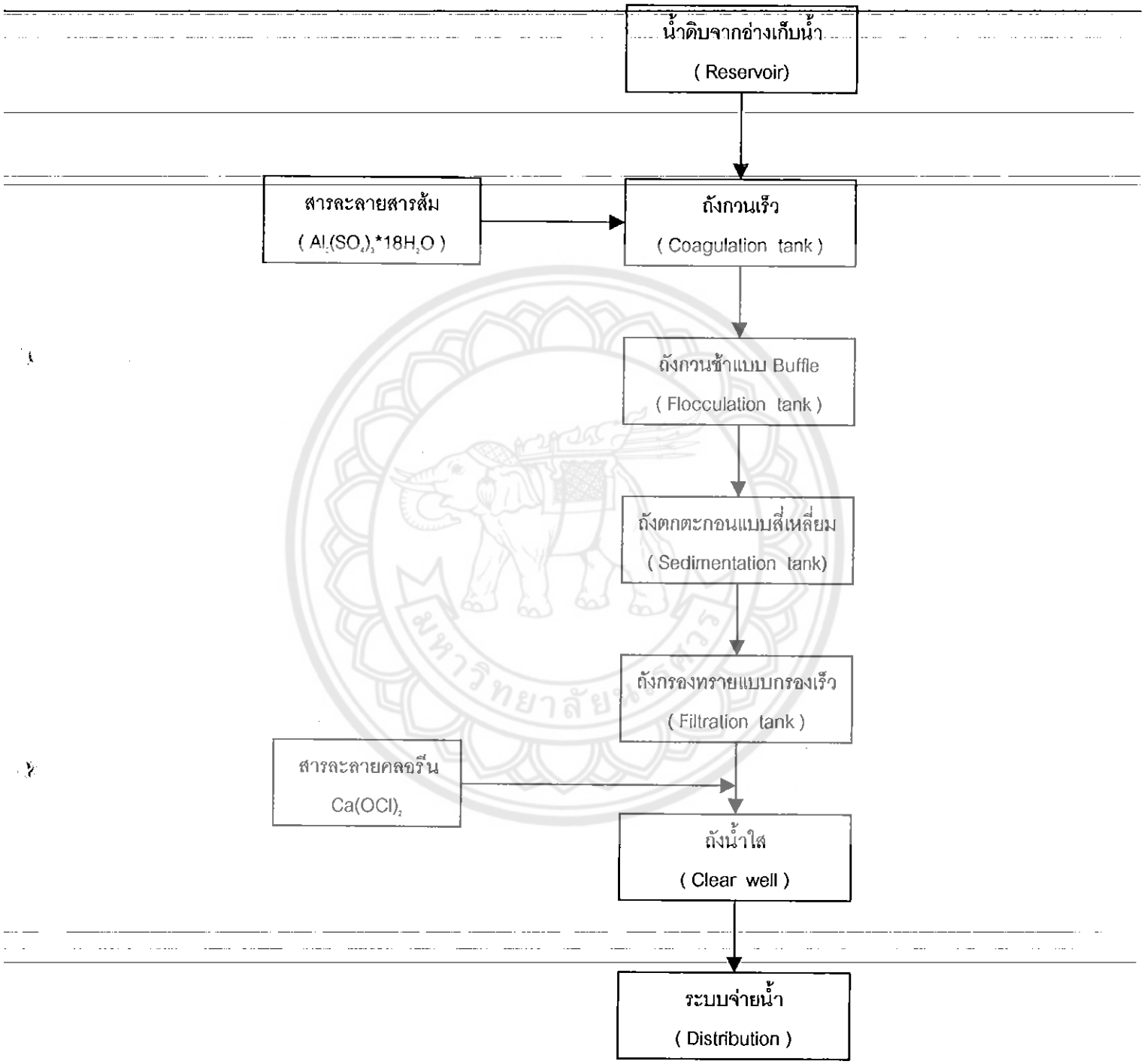
กระบวนการผลิตน้ำประปา

กระบวนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวรจากน้ำดิบนั้นเริ่มต้นจากการสูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำ ขนาดความจุ 300,000 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 50 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง สูบน้ำดิบดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งประกอบด้วย การกวนเร็ว การกวนช้า การตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค ก่อนเข้าสู่ถังน้ำใส ขนาด 5,000 ลูกบาศก์เมตร และเข้าสู่ระบบจ่ายน้ำต่อไป ขั้นตอนดังกล่าวแสดงอยู่ในแผนภูมิในหน้าถัดไป



รูปที่ 4.6 โรงผลิตน้ำประปา

รูปที่ 4.7 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร



1. อ่างเก็บน้ำ (Reservoir)

มหาวิทยาลัยนเรศวรได้ทำการสร้างอ่างเก็บน้ำพร้อมประตูระบายน้ำซึ่งมีขนาดความจุ 300,000 ลูกบาศก์เมตร โดยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการกักเก็บน้ำดิบและสำรองน้ำไว้ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยอ่างเก็บน้ำนี้จะรับน้ำดิบทั้งที่ได้จากน้ำฝน และน้ำที่สูบจากคลองชลประทานไหลผ่านมาตามท่อปิดและคลองส่งน้ำดิบ ก่อนไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ

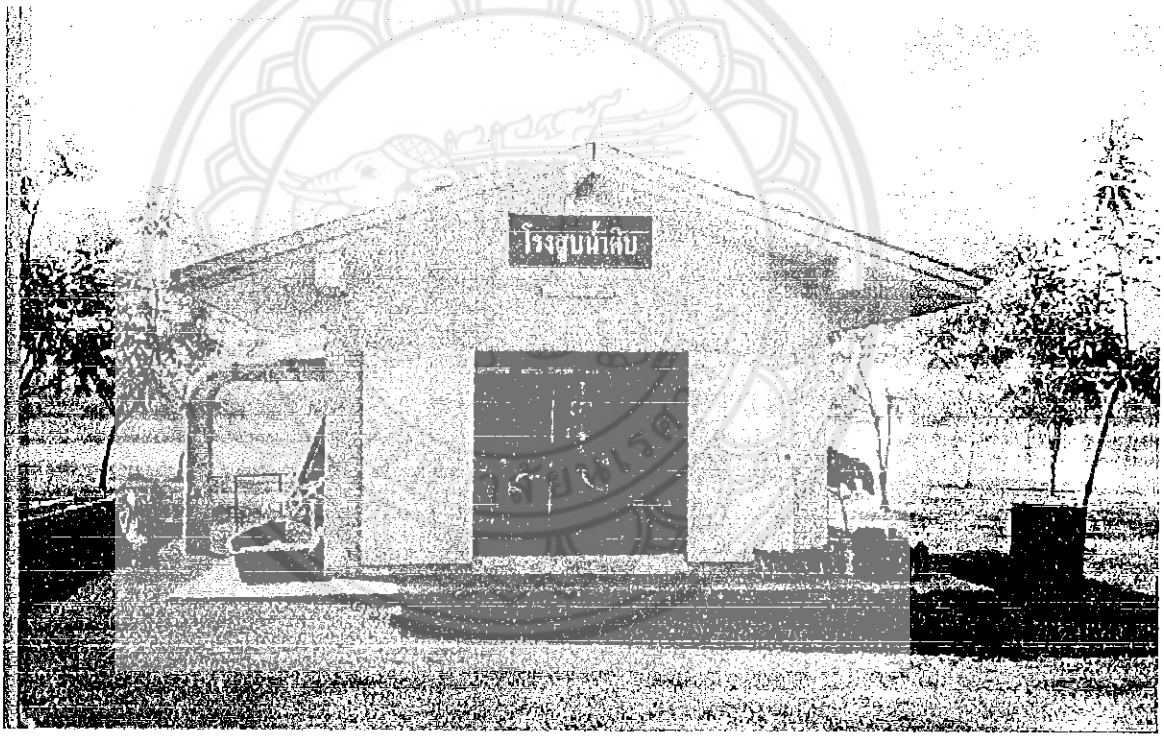
รูปที่ 4.8 อ่างเก็บน้ำ

2. บ่อหินกรอง (Intake Crib)

ในบ่อหินกรองนี้จะมีชั้นหินขนาดต่างๆช่วยในการกรองน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำ ก่อนที่จะถูกส่งเข้าในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยในขั้นแรกน้ำดิบจะไหลผ่านชั้นหินขนาด 6 นิ้วหนา 2 เมตรก่อน จากนั้นจึงไหลผ่านชั้นหินขนาด 3 นิ้ว หนา 1.5 เมตร หลังจากนั้นจึงไหลผ่านรูเปิดรอบบ่อคอนกรีต น้ำที่ไหลเข้ามาในบ่อน้ำนี้จะถูกกรองเศษวัสดุและสารแขวนลอยต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในน้ำให้ลดลง น้ำที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวแล้ว จะไหลเข้าสู่สถานีสูบน้ำผ่านท่อ HDPE ϕ 355 mm ซึ่งฝังอยู่ใต้ดิน ก่อนจะถูกสูบเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป

3. สถานีสูบน้ำดิบ (Raw Water Pump House)

สถานีสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำขนาด 50 แรงม้า จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่สูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำเข้าสู่กระบวนการผลิต



รูปที่ 4.9 สถานีสูบน้ำดิบ

เทคนิคการผลิตน้ำประปา

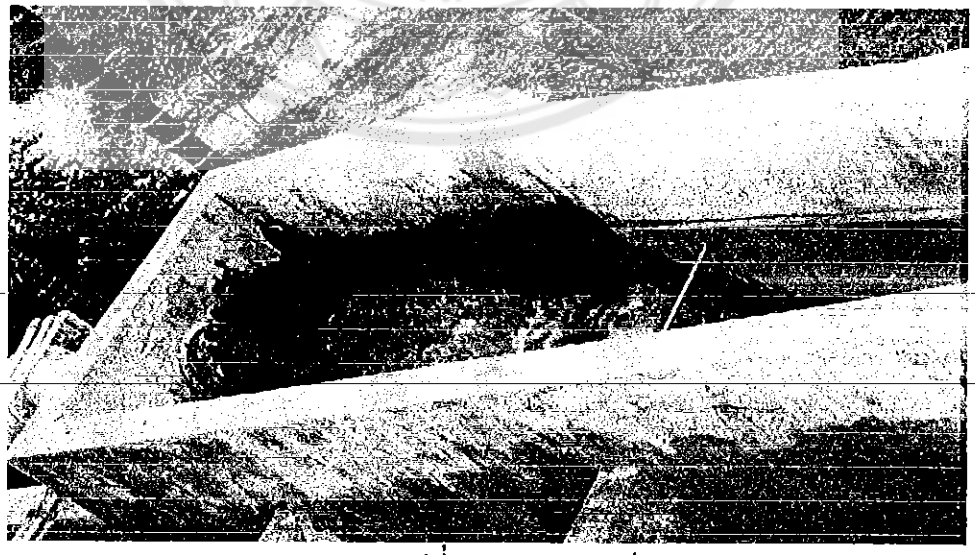
เมื่อเครื่องสูบน้ำในสถานีสูบน้ำเดินเครื่อง น้ำดิบจะถูกสูบขึ้นมา ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. การสร้างตะกอน (Coagulation)

เมื่อน้ำดิบผ่านการปรับปรุงคุณภาพขั้นต้นมาแล้ว ขั้นต่อมาน้ำดิบจะถูกสูบขึ้นมาเข้าสู่ถังกวนเร็ว (Coagulation tank) เพื่อนำมาทำให้เกิดการสร้างตะกอน สำหรับสารเคมีที่โรงประปามหาวิทยาลัยนเรศวรใช้ คือ สารส้ม ($Al_2(SO_4)_3$*$18H_2O$) การเตรียมสารละลายสารส้ม โดยเตรียมในถังขนาด 1400 ลิตร ในอัตราสารส้ม 13 กิโลกรัม ต่อการผลิตน้ำประปา 5,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งในถังดังกล่าวน้ำจะถูกผสมเข้ากับสารส้มโดยใช้กำลังรอบปั่นจากมอเตอร์ขนาด 1,430 รอบต่อนาที ในการกวนอย่างเร็ว เพื่อช่วยให้สารเคมีละลายได้อย่างรวดเร็ว และทั่วถึง หลังจากนั้นน้ำสารส้มก็ลงสู่ถังพัก แล้วถูกสูบจ่ายด้วยเครื่องสูบน้ำไปผสมกับน้ำดิบทั้งหมดที่ถูกสูบขึ้นมา โดยเป็นการไหลผ่านไปตามท่อ P.V.C. 3 ท่อ และไปผสมกันตรงที่ช่องทางน้ำเข้าบริเวณเหนือ Parshall Flume ซึ่งควบคุมการผสมกันระหว่างน้ำสารละลายจากถังและน้ำดิบที่สูบขึ้นมา ซึ่งมีความปั่นป่วนมากพอที่จะผสมน้ำและสารละลายสารส้มให้เข้ากันได้ดี

น้ำที่อยู่ในกระบวนการของ Parshall Flume จะเกิดการไหลแบบปั่นป่วน ทำให้น้ำสารส้มผสมกับน้ำดิบได้ดีขึ้น

ในกระบวนการนี้ การเติมสารเคมีลงไปทำให้เกิดการไม่อยู่ตัว ด้วยการไปลดแรงที่ผลักกันระหว่างอนุต่าง ๆ ในน้ำลง หรือก็คือการทำให้อนุเล็ก ๆ จับตัวกันเกิดเป็นมวลรวมที่ใหญ่ขึ้น



รูปที่ 4.10 ถังกวนเร็ว

2. การรวมตัวของตะกอน (Flocculation)

เมื่อสารเคมีกับน้ำผสมกันดีแล้วใน Parshall Flume ขั้นตอนต่อมาน้ำที่ไหลออกจากถังกวนเร็วจะเข้าสู่ถังกวนช้า (Flocculation Tank) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบแผ่นกั้นขวางวางสลับกันทำให้น้ำไหลสลับไปมา ถือว่าเป็นการกวนช้า (Slow Mixing) โดยออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นเพิ่มขึ้นตามระยะทาง ส่งผลให้ความปั่นป่วนของน้ำค่อยๆลดลงจากต้นถังไปท้ายถัง เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเกิดการแตกตัวก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน ส่งผลให้ตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ตะกอนเหล่านี้เรียกว่าฟล็อก (Floc) การเกิดฟล็อกขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้

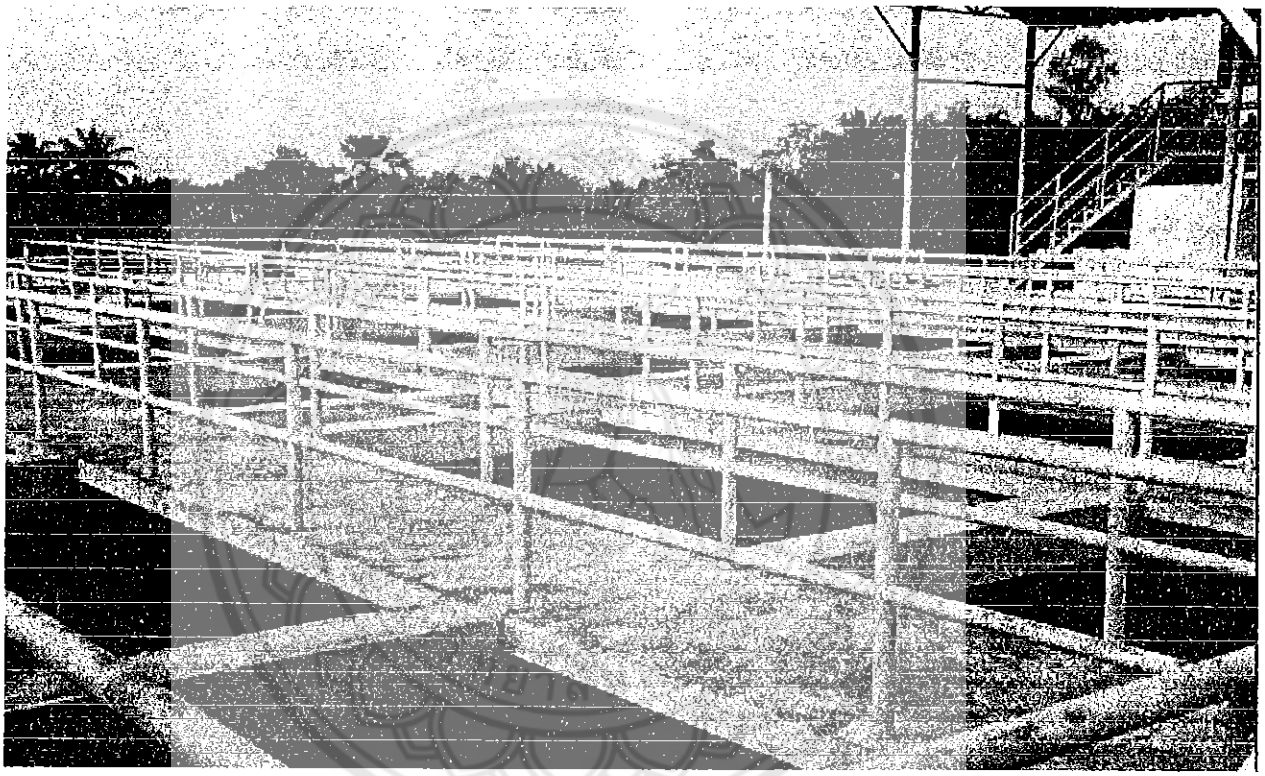
1) ปริมาณของสารตะกอน
2) ขนาดของสารตะกอน
3) อัตราเร็วของการรวมตัวกันระหว่างประจุบวกกับประจุลบ
4) ความสามารถในการเกาะจับตัวกันระหว่างสารเคมีกับตะกอน
5) ระดับการกวน
6) อุณหภูมิของน้ำที่ถูกกวน
7) ความหนาแน่นของน้ำที่ถูกกวน
8) คุณลักษณะของน้ำที่ถูกกวน
9) ปริมาณสารเคมีที่ใช้

รูปที่ 4.11 ถังกวนช้า

3. การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนในระบบผลิตน้ำประปา เป็นกระบวนที่มีความสำคัญมากกระบวนการหนึ่ง ทำหน้าที่แยกตะกอนฟล็อก (Floc) ออกจากน้ำดิบ ทำให้ได้น้ำใส สำหรับตะกอนฟล็อกที่ตกลงสู่ก้นถังจะถูกปล่อยทิ้งออก และทำความสะอาดโดยการฉีดล้างเมื่อทำการล้างถังตะกอนต่อไป

ในโรงประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร ใช้ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Sedimentation Tank) แบบไหลในแนวนอน (Horizontal-Flow) มีขนาด 3.73 x 21.63 เมตร จำนวน 4 ถัง ต่อขนานกัน เมื่อน้ำไหลผ่าน Sedimentation Tank น้ำจะเกิดการตกตะกอนลงสู่ก้นถัง

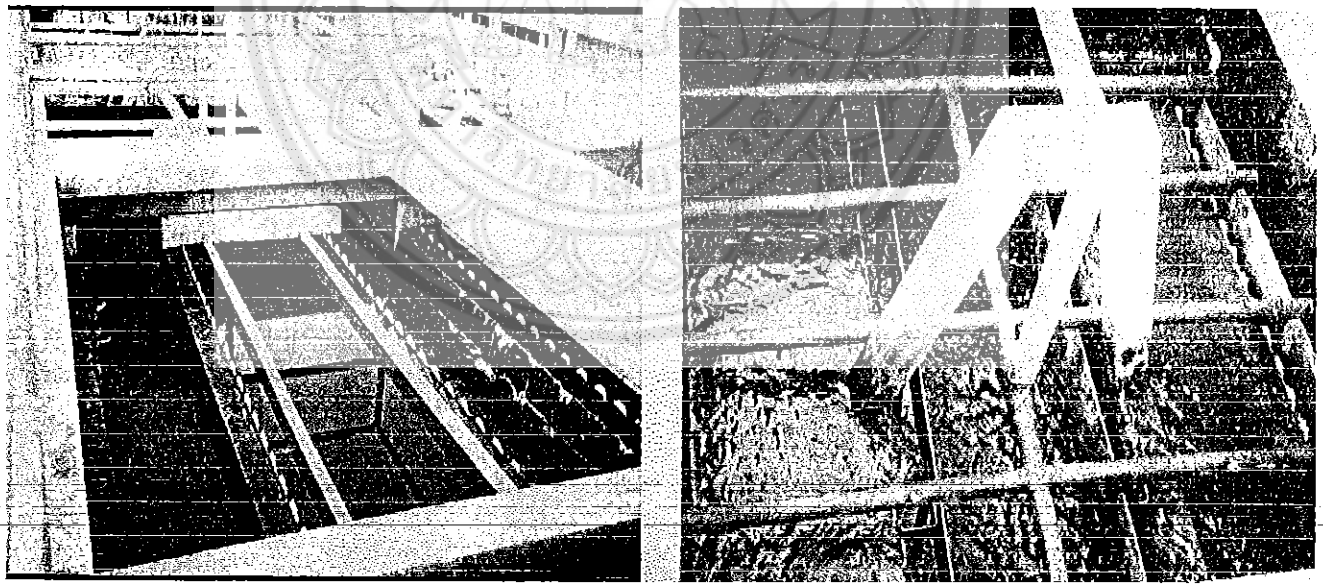


รูปที่ 4.12 ถังตกตะกอน

4. การกรองน้ำ (Filtration)

การกรองน้ำเป็นกระบวนการผลิตน้ำประปาที่มีความสำคัญมาก ทำหน้าที่กรองหรือแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำที่ไหลล้นมาจากถังตกตะกอน ซึ่งได้ผ่านกระบวนการ Coagulation – Flocculation แล้ว น้ำที่ผ่านระบบกรองน้ำแล้วจะใสมาก ปราศจากตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ มีค่าความขุ่นต่ำ ระบบกรองน้ำของกระบวนการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวรจะใช้ทรายเม็ดหยาบเบอร์ 1 และ Antracite เป็นหลักในการดักตะกอนแขวนลอย โดยจะใช้ชั้นทรายหนา 1.5 เมตร และชั้นของ Antracite หนา 1 เมตร ทำหน้าที่ดักตะกอนแขวนลอยต่างๆ ออกจากน้ำที่ไหลล้นมาจากถังตกตะกอน

การทำงานของระบบกรองน้ำของโรงประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ การกรองน้ำ (Filtration) และการล้างสารกรองในชั้นกรอง (Back Washing) การกรองน้ำคือการที่น้ำไหลผ่านชั้นกรอง พวกตะกอนในน้ำได้ถูกกำจัดหรือดักไว้ที่ชั้นกรอง โดยปล่อยให้น้ำใสไหลออกทางด้านล่าง ซึ่งจะมีท่อทำหน้าที่รวบรวมน้ำออกจากระบบกรองน้ำไปเก็บไว้ในถังน้ำใส (Clear well) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการกรองน้ำแล้วคือเมื่อมีค่า Head Loss ในชั้นกรองมากเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพในการกรองน้ำตกต่ำลงจำเป็นต้องหยุดการกรองน้ำไว้ชั่วคราว (ซึ่งตามปกติโรงผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร ใช้การประมาณอย่างคร่าว ๆ คือ เมื่อทำการล้างถังตกตะกอน 1 เดือน ต่อ 1 ครั้ง แต่จะทำการล้างสารกรองในชั้นกรองทุกวันในช่วงเช้า) จากนั้นต้องทำการล้างสารกรองในชั้นกรอง เพื่อไล่ตะกอนออกจากระบบกรองน้ำให้หมด โดยใช้น้ำล้างสารกรองไหลผ่านชั้นกรอง ซึ่งเป็นการไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของการกรองน้ำ โดยเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในการ Back Washing จะใช้เครื่องสูบขนาด 75 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง ในการสูบน้ำใสจากถังน้ำใสให้ไหลย้อนกลับในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของการกรองน้ำ และในขณะที่ทำการ Back Wash ก็จะมีการฉีดผิวชั้นกรองด้านบนด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 25 แรงม้า จำนวน 2 ตัว โดยจะสูบน้ำจากถังน้ำใสฉีดที่ผิวด้านบนของสารกรอง เพื่อให้สารกรองขัดสีกันทำให้สารกรองสะอาดยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.13 ถังกรองน้ำ

5. การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร จะใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา เนื่องจาก

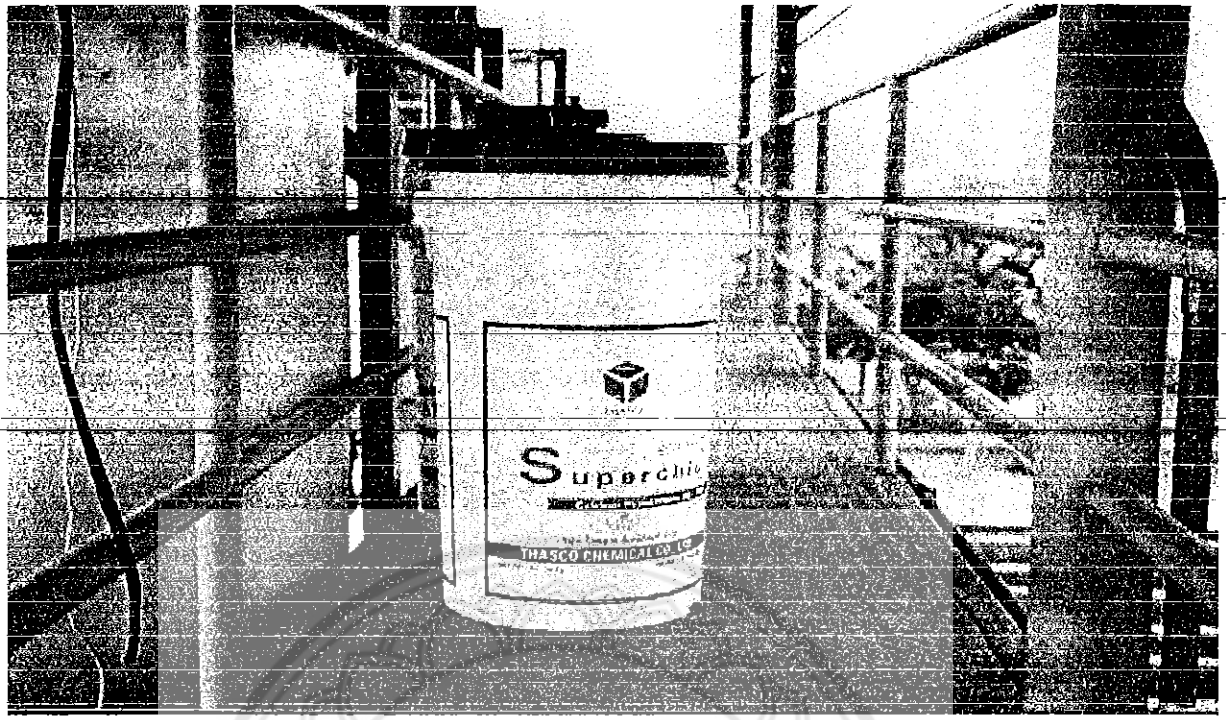
1. ราคาถูก
2. มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง
3. สามารถจัดหาได้ง่าย
4. ไม่มีพิษอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ขนาดใหญ่ เมื่อมีปริมาณไม่มาก
5. คลอรีนสามารถมีหลงเหลืออยู่ในน้ำประปาได้นาน

น้ำประปาที่ผ่านการตกตะกอนแล้วจะมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น แต่ยังคงมีสิ่งต่างๆ เหลืออยู่ คือ

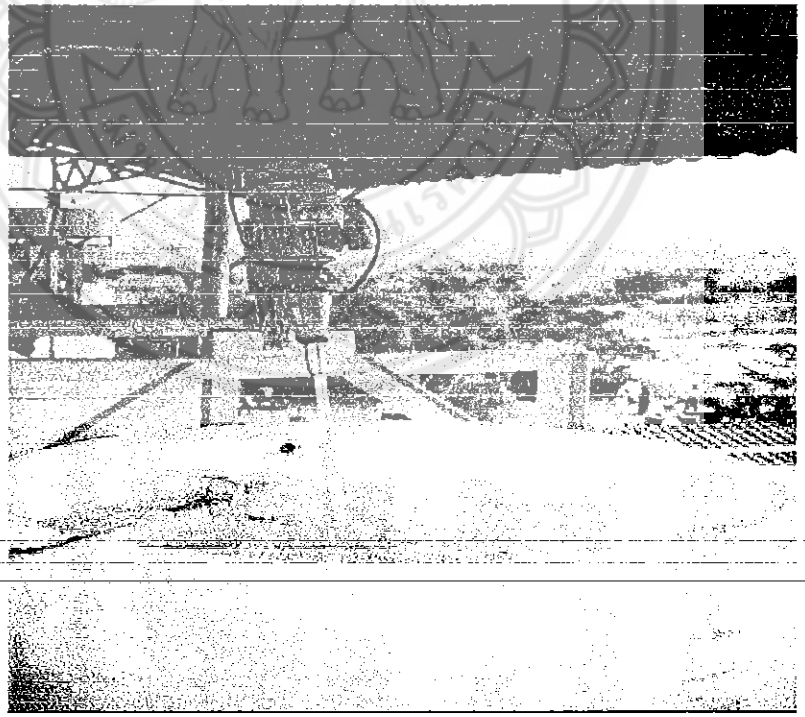
1. มีจุลชีพต่าง ๆ
2. มีกลิ่น และรสที่ไม่พึงปรารถนา
3. มีสี
4. สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ

เชื้อโรคต่างๆที่ปนอยู่ในน้ำประปา อาจทำให้เกิดโรคต่างๆต่อผู้ใช้น้ำได้เพื่อเป็นการป้องกันเหล่านั้น ต้องนำน้ำที่ผ่านการกรองแล้วมาผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้การเติมคลอรีนลงในน้ำหลังจากที่ผ่านการกรองแล้ว การเติมคลอรีนลงในน้ำประปาตั้งแต่โรงผลิต จะทำให้มีสารคลอรีนหลงเหลืออยู่ในน้ำประปา จนกระทั่งถึงก๊อกน้ำภายในอาคารต่าง ๆ ทำให้สามารถฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ ในน้ำประปาได้ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าจะมีเชื้อโรคเข้าไปในท่อประปา ณ ที่ใดก็ตาม

การเติมคลอรีนหลังจากกระบวนการผลิตน้ำประปา จะเติมคลอรีนให้แก่น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองน้ำแล้วก่อนที่จะส่งลงไปในถังเก็บน้ำประปา เพื่อแจกจ่ายไปยังอาคารต่าง ๆ และต้องให้แน่ใจว่ามีระยะเวลา ที่ให้คลอรีนทำปฏิกิริยากับน้ำประปาอย่างน้อย 30 นาที ก่อนจะจ่ายถึงผู้ใช้น้ำประปา ซึ่งการเตรียมสารละลายคลอรีนของโรงประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวรนี้จะใช้หลักการเดียวกับการเตรียมสารละลายสารส้ม ซึ่งใช้ถังซึ่งมีขนาดเดียวกันคือมีความจุ 1400 ลิตร ต่อการเดินเครื่องสูบน้ำ 1 ครั้ง โดยมีอัตราส่วนการใช้คลอรีน คือ ในการผลิตน้ำประปา 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะใช้สารแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ ($Ca(OCl)_2$) ปริมาณ 1 กิโลกรัม โดยจะใช้สารแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ในอัตราส่วนดังกล่าวผสมกับน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว เพื่อเตรียมส่งไปยังถังเก็บประปาต่อไป



รูปที่ 4.14 สารแคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ ($Ca(OCl)_2$)



รูปที่ 4.15 ถังผสมสารคลอรีน และมอเตอร์กวนสาร

6. ถังน้ำใส (Clear Well)

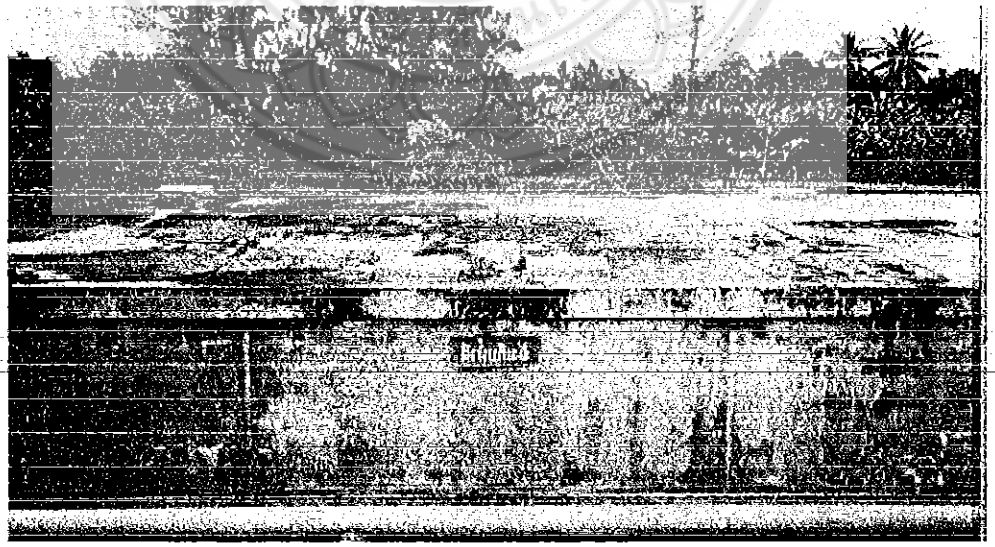
ถังน้ำใสเป็นถังเก็บกักน้ำประปา ใช้สำหรับในการจ่ายน้ำโดยตรง รวมทั้งเก็บสำรองน้ำไว้ใช้สำหรับการ Back Wash และใช้ฉีดที่ผิวหน้าของชั้นกรองในถังกรอง ซึ่งเป็นถังเก็บน้ำสะอาดซึ่งผ่านการเติมคลอรีนสำหรับฆ่าเชื้อโรคแล้ว โครงสร้างโดยทั่วไปอยู่เหนือระดับพื้นดิน วัสดุที่ใช้ในการทำถังเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดความกว้าง 5 เมตร ยาว 11.2 เมตร ลึก 2.5 เมตร จำนวน 4 ถัง มีความจุสูงสุด 560 ลูกบาศก์เมตร

ถังน้ำใสที่เก็บกักน้ำประปาของมหาวิทยาลัยฯ มีความจำเป็นอย่างมาก สามารถเก็บกักน้ำประปาให้มีปริมาณเพียงพอตลอดเวลา ซึ่งเมื่อมีเหตุขัดข้องบางประการ เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ระบบผลิตน้ำประปา ระบบจ่ายน้ำประปาเกิดขัดข้อง เป็นต้น ก็จะยังสามารถมีน้ำประปาสำรองไว้ใช้ได้เพียงพอตลอดเวลา

วัตถุประสงค์ของการเก็บกักน้ำประปา มีดังต่อไปนี้

1. ต้องการเก็บกักน้ำประปาสำรองไว้เมื่อมีการใช้น้ำประปามากกว่าปกติ
2. ต้องการรักษาระดับความดันของน้ำในท่อประปาไว้ตลอดเวลา
3. ต้องการเก็บกักน้ำประปาไว้สำหรับการดับเพลิง
4. ต้องการเก็บกักน้ำไว้สำหรับใช้ในการล้างถังกรองในกระบวนการกรอง
5. เก็บน้ำไว้ใช้ในกระบวนการ Back Wash และฉีดผิวชั้นกรอง

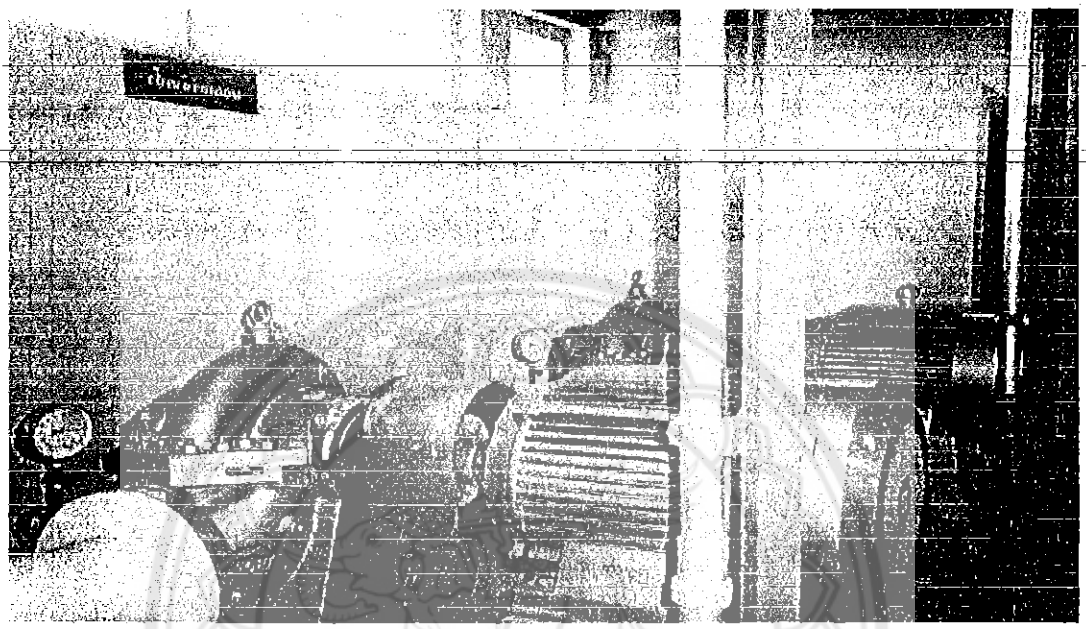
หลังจากน้ำได้ผ่านการกรอง และการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนแล้ว จะถูกรวบรวมเก็บไว้ในถังน้ำใส หลังจากนั้นจึงแจกจ่ายน้ำประปาไปยังอาคารต่างๆต่อไป



รูปที่ 4.16 ถังน้ำใส

4.4 ระบบการจ่ายน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระบบการจ่ายน้ำ ดำเนินการโดยจ่ายน้ำไปตามท่อด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ เครื่องจ่ายน้ำด้วยไฟฟ้า ขนาด 50 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง โดยจ่ายตรงไปตามอาคารต่าง ๆ อีกส่วนหนึ่งจ่ายตรงขึ้นหอถังสูงบริเวณ โรงผลิตน้ำประปา 1 ขนาดความจุ 150 ลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 4.17 เครื่องสูบจ่ายน้ำ

4.4.1 อัตราการผลิตน้ำประปา

-อัตราการจ่ายน้ำประปา จ่ายตรงโดยใช้เครื่องจ่ายน้ำด้วยไฟฟ้าขนาด 50 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง ด้วยอัตรา 5,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

-อัตราการผลิตน้ำประปา ผลิตได้จากน้ำดิบ ด้วยอัตราการผลิต 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

4.4.2 ระบบการจ่ายน้ำประปา

เมื่อผลิตน้ำประปาได้แล้วจะทำการจ่ายน้ำประปาผ่านไปยังท่อส่งน้ำประปาขนาดต่างๆ ไปยังหน่วยงานผู้ใช้น้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยใน 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ระบบการจ่ายตรง ให้กับหน่วยงานผู้ใช้น้ำ ผู้ใช้น้ำสามารถใช้น้ำได้โดยตรงจากระบบท่อส่งน้ำของมหาวิทยาลัยซึ่งส่วนใหญ่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2. ระบบการจ่ายลงบ่อพักน้ำ เนื่องจากความต้องการสำรองน้ำไว้ใช้ หรือระบบการจ่ายตรงไม่สามารถส่งน้ำประปาให้กับหน่วยงานผู้ใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น อาคารที่มีความสูง

หลายๆชั้น จำเป็นต้องมีบ่อพักน้ำ แล้วใช้เครื่องปั๊มน้ำความดันสูง สูบจ่ายน้ำประปาส่งไปยังหน่วยงานผู้ใช้น้ำอีกทอดหนึ่ง หน่วยงานที่ใช้น้ำประปาในลักษณะนี้ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ อาคารมิ่งขวัญ อาคารอเนกประสงค์ หอพักนิสิต หอพักแพทย์และพยาบาล 1 และ 2

4.4.3 วิธีการจ่ายน้ำประปา

เป็นการแจกจ่ายน้ำประปา ตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปาแจกจ่ายไปทั่วถึงทุกอาคาร วิธีการจ่ายน้ำประปาจะใช้หอถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ วิธีนี้อาศัยทั้งเครื่องสูบน้ำสูบจ่ายไปยังท่อประธาน พร้อมกันนั้นอีก ณ ตำแหน่งจะมีหอถังสูงทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปาได้ด้วย ข้อดีของระบบนี้ คือ สามารถแจกจ่ายน้ำประปาด้วยปริมาณมาก ๆ ได้ ทั้งจากเครื่องสูบน้ำและหอถังสูงพร้อม ๆ กัน วิธีนี้สามารถเลือกวิธีแจกจ่ายน้ำประปาไปยังท่อประธานได้ คือ สามารถจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียว หรือใช้หอถังสูงเพียงอย่างเดียวก็ได้ เช่น ในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำมากก็อาจใช้ทั้ง 2 ระบบ หรือในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำน้อยก็อาจใช้เพียงระบบเดียว

ส่วนระบบในการจ่ายน้ำประปา จะเป็นระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง เพราะระบบนี้จะทำการจ่ายน้ำประปาตลอดเวลาที่ผู้บริโภคต้องการใช้

ระบบการจ่ายน้ำประปา ส่งไปตามท่อส่งน้ำขนาดต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ชนิด และขนาดของท่อประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ชนิดของท่อ	ขนาดท่อ
ท่อซีเมนต์ใยหิน	ท่อขนาด 12 นิ้ว
ท่อซีเมนต์ใยหิน	ท่อขนาด 8 นิ้ว
ท่อเหล็กชุบสังกะสี	ท่อขนาด 6 นิ้ว
ท่อเหล็กชุบสังกะสี, PVC	ท่อขนาด 4 นิ้ว
ท่อเหล็กชุบสังกะสี, PVC	ท่อขนาด 2 นิ้ว
ท่อเหล็กชุบสังกะสี, PVC	ท่อขนาด 1 นิ้ว
ท่อเหล็กชุบสังกะสี,PVC	ท่อขนาด ¾ นิ้ว
ท่อ PVC	ท่อขนาด ½ นิ้ว

ซึ่งสังเกตว่ามีการใช้ท่อประเภทต่าง ๆ ในสถานที่ต่างกันตามแต่แรงดันของน้ำและความเหมาะสม รวมไปถึงราคาของวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นท่ออีกด้วย

ส่วนระบบท่อประธานสำหรับจ่ายน้ำประปาประกอบด้วยท่อประปา วาล์ว หัวดับเพลิง และข้อต่าง ๆ ซึ่งทางฝ่ายช่าง หรือผู้ควบคุมต้องเข้าใจระบบการทำงานของแต่ละอย่างเป็นอย่างดี เพื่อสามารถแจกจ่ายน้ำประปาให้กับ อาคาร สถานที่ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังต้องมีขนาดของแรงดันที่น่าพอใจ เพื่อให้มีปริมาณน้ำน้ำประปาที่พอเพียงแก่ความต้องการของอาคารสถานที่นั้น ๆ

ระบบท่อประธานสำหรับจ่ายน้ำนั้นมีความสำคัญมาก เปรียบเสมือนกับเส้นเลือดใหญ่ในร่างกายมนุษย์ ดังนั้นโรงประปาจึงออกแบบใช้ท่อประธานแบบระบบผสม คือ เป็นการรวมกันระหว่าง ระบบแขนง (Branching System) กับระบบวงจร (Loop System) อยู่ในระบบแจกจ่ายน้ำประปาเดียวกัน ซึ่งก็มีข้อดี คือ

1. ราคาค่าติดตั้งเดินท่อไม่สูงมากนัก หากเทียบกับระบบวงจร
2. จะมีการไหลของน้ำประปาสม่ำเสมอตลอดเวลาภายในท่อ ไม่ค่อยมีตะกอนขังอยู่ภายในท่อประปา ดังนั้นปัญหาการอุดตันจึงไม่ค่อยพบ
3. ในขณะทำการซ่อมแซมส่วนหนึ่งส่วนใดของท่อ ก็ไม่จำเป็นหยุดการจ่ายน้ำประปาไปเกือบทั้งระบบ สามารถที่จะปิดประตูน้ำเฉพาะบริเวณที่ทำการซ่อมแซมท่อประปาได้

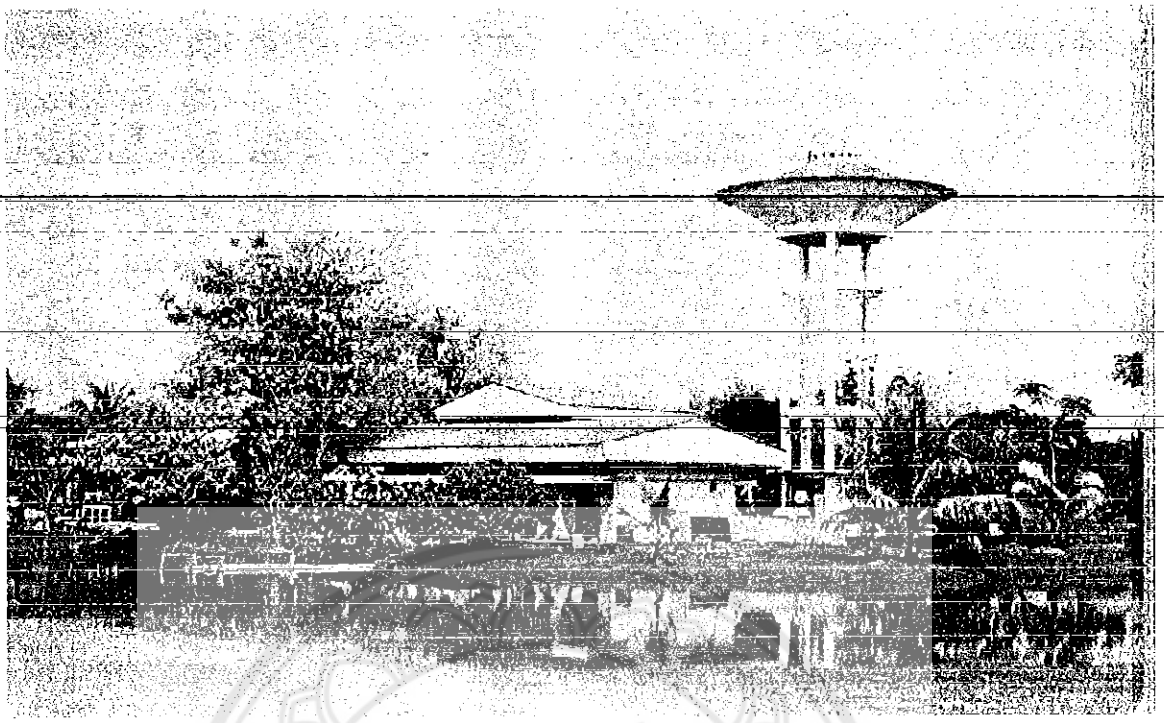
ในระบบท่อภายในนี้ส่วนใหญ่เป็นระบบที่น้ำไหลด้วยกำลังความดันเนื่องจากระดับน้ำของระบบประปา ดังนั้นความเร็วของน้ำที่ไหลในเส้นท่อจะต่ำ ปกติแล้วความเร็วของน้ำไหลในท่ออยู่ในช่วงระหว่าง 1 – 1.5 เมตร/วินาที แต่ถ้าน้ำเคลื่อนที่ด้วยแรงดันของเครื่องสูบแล้วอาจจะถึง 3 เมตร/วินาที

การจ่ายน้ำเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับน้ำ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ต้องมีปริมาณและมีความดันพอเพียง ดังนั้นจึงเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำส่งไปโดยตรง สำหรับเครื่องสูบน้ำที่สูบน้ำขึ้นถังสูงเป็นเครื่องสูบน้ำที่มีแรงดันสูง สูบน้ำส่งไปตามเส้นท่อ เมื่อมีผู้ใช้น้ำน้อยก็ขึ้นถังสูงโดยอัตโนมัติ เมื่อน้ำเต็มถังสูงเครื่องสูบจะหยุดทำงาน และเมื่อน้ำในถังลดถึงระดับที่ตั้งไว้เครื่องสูบก็จะเริ่มทำงานต่อไปอีก

หอถังสูง (Elevate Tank)

หอถังสูงบริเวณโรงผลิตน้ำประปา 1 เป็นถังเก็บน้ำที่มีการติดตั้งไว้ในการจ่ายน้ำสำหรับโรงประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร สร้างเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความจุขนาด 150 ลูกบาศก์เมตร

สำหรับหอถังสูงนั้นมีความสำคัญต่อระบบการจ่ายน้ำประปามาก ทั้งนี้เนื่องจากในระบบประปา การควบคุมการผลิตทำในระยะเวลาหนึ่งของเวลากลางวันเท่านั้น ดังนั้นเครื่องสูบน้ำขึ้นถังสูงต้องทำหน้าที่สูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ให้เพียงพอ สำหรับการจ่ายน้ำในช่วงที่เครื่องสูบน้ำไม่ได้ทำงาน



รูปที่ 4.18 หอถังสูงบริเวณโรงผลิตน้ำประปา 1

<u>ระบบการจ่ายน้ำประปา จ่ายตรงไปตามอาคารต่าง ๆ ในปัจจุบัน</u>

-คณะเภสัชศาสตร์

-คณะเกษตรศาสตร์

-คณะวิศวกรรมศาสตร์

-คณะแพทยศาสตร์

-คณะวิทยาศาสตร์

-คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

-คณะศึกษาศาสตร์

-บัณฑิตวิทยาลัย

-ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์

-ศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

-ศูนย์พม่าศึกษา

-ศูนย์ภาษามหาวิทยาลัยนเรศวร

-สำนักหอสมุด

-สำนักงานอธิการบดี

-หอพักอาจารย์ A B C D

-หอพักนิสิตหญิง 4 ชุด (ชุดละ 2 หลัง)

-บ้านพักรับรอง

-อาคารอเนกประสงค์และหอประชุม

-สนามกีฬา

-สระว่ายน้ำสุพรรณกัลยา

-อาคารโภชนาคาร 1 และ 2

-อาคารกิจกรรมนิสิต

<u>ระบบการจ่ายน้ำประปา ไปยังกลุ่มอาคารสร้างใหม่</u>

-คณะพยาบาลศาสตร์

-คณะสหเวชศาสตร์

-สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ

-หอพักแพทย์และพยาบาล 1 และ 2

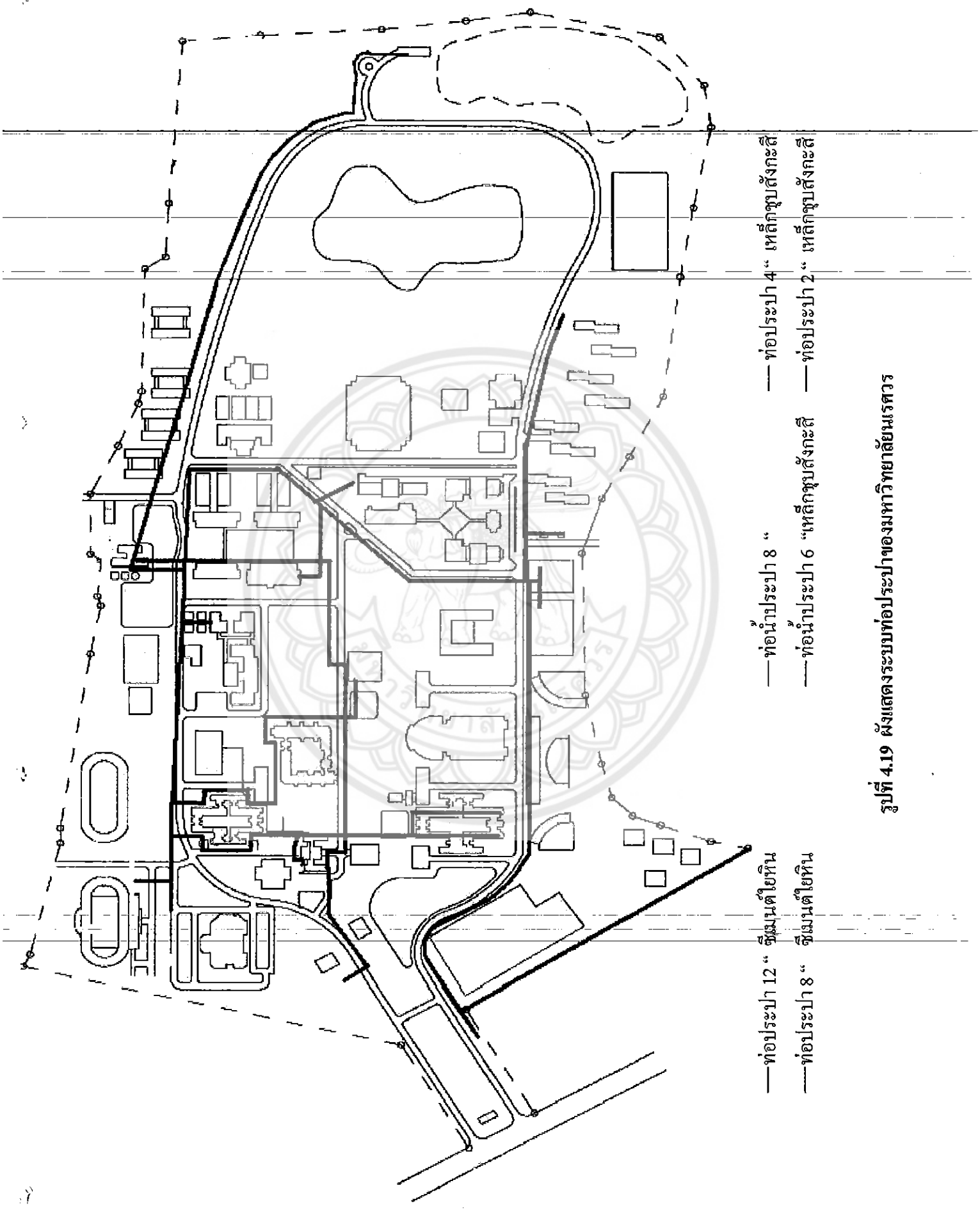
ในอนาคตจะมีการใช้น้ำประปาเป็นจำนวนมาก ซึ่งกำลังการผลิตน้ำประปาอาจไม่เพียงพอ จึงควรมีมาตราการการใช้น้ำอย่างประหยัด และควรมีแผนที่จะปรับปรุงโรงผลิตน้ำประปา1 เพื่อรองรับความต้องการในอนาคต

4.5 คุณสมบัติของน้ำประปาที่ผลิตได้จากโรงผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร

คุณสมบัติของน้ำประปาในเส้นท่อประปาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด, ความเป็นกรดเบส (pH), ความขุ่น, ความกระด้าง , ความนำไฟฟ้า , อุณหภูมิ , ปริมาณคลอรีนอิสระ ,ปริมาณคลอรีนรวม , ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย , ปริมาณไน ไตรท-ไนโตรเจน , ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยข้อมูลต่างๆ ในตาราง เป็นข้อมูลที่ได้จากปริญญานิพนธ์ เรื่อง การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำประปาในเส้นท่อประปาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งได้จากการศึกษาของนายชรินทร์ เอี่ยมทอง , นายสมจิตร แจ่มจันทร์ , นายโภคิน พรมพันธุ์ ในปี 2543 และปริญญานิพนธ์ ปี2544 เรื่อง การศึกษาปริมาณคลอรีน ไนไตรท ไนเตรท และโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมในโครงข่ายท่อน้ำประปามหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งได้จากการศึกษาของนายชัชวาล สมบัติ , นายโชคชัย หมั่นเรียน , นายโยธิน วงศ์สาสืบ

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ค่าที่ทำการศึกษา (Parameter)	ค่าเฉลี่ย	มาตรฐานการประปานครหลวง	มาตรฐานของ WHO
1.ของแข็งทั้งหมด	133.6 มก./ล.	1000	1500
2.ความเป็นกรดเบส	7.4	6.8 -8.2	7.0 – 8.5
3.ความขุ่น	0.8 NTU	5.0	25.0
4.ความกระด้าง	69.9 มก./ล.	300	-
5.ความนำไฟฟ้า	177.9µs/cm	-	-
6.อุณหภูมิ	27 C	-	-
7.ปริมาณคลอรีนอิสระ	0.025 mg/l	0.2-0.5 mg/l	-
8.ปริมาณคลอรีนรวม	0.05 mg/l	0.5-1 mg/l	-
9.โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	2.96 MPN/100 ml	< 2.2 MPN/100 ml	-
10.ไนไตรท-ไนโตรเจน	0.0024 mg/l	< 0.001 mg/l	-
11.ไนเตรท-ไนโตรเจน	0.482 mg/l	< 1.5 mg/l	-



รูปที่ 4.19 ผังแสดงระบบท่อประปาของมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากตารางเป็นการเปรียบเทียบค่าต่างๆในตารางกับค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของน้ำประปาภายในเส้นท่อกับค่ามาตรฐานของการประปานครหลวงและค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) จะเห็นได้ว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมด , ความเป็นกรด-เบส , ความขุ่น , ความกระด้าง , ความนำไฟฟ้า , อุณหภูมิ และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนปริมาณคลอรีนอิสระ และ ปริมาณคลอรีนรวม พบว่ามีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้เล็กน้อย ส่วนปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปริมาณไนไตรท-ไนโตรเจน มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ซึ่งน่าจะเป็นผลจากปริมาณคลอรีนที่เติมลงในน้ำในปริมาณมีน้อย ประกอบกับการศึกษาตัวอย่างน้ำที่ได้มานั้นเป็นการเก็บข้อมูลในช่วงสั้นๆไม่ครอบคลุมทุกฤดูการทำให้ค่าที่ได้จากการศึกษาอาจเป็นค่าที่ไม่ตรงกับค่าจริงซึ่งต้องทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี จึงควรมีการนำข้อมูลมาตรฐานของน้ำประปาตลอดทั้งปีของมหาวิทยาลัยนเรศวรมาหาค่าที่แน่นอนอีกครั้งหากยังพบว่าค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลต่อเนื่องตลอดทั้งปีนั้นยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานก็น่าจะสมควรปรับปรุงระบบผลิตน้ำประปาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้ได้น้ำประปาที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และปลอดภัยแก่ผู้อุปโภคบริโภค

4.6 ระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

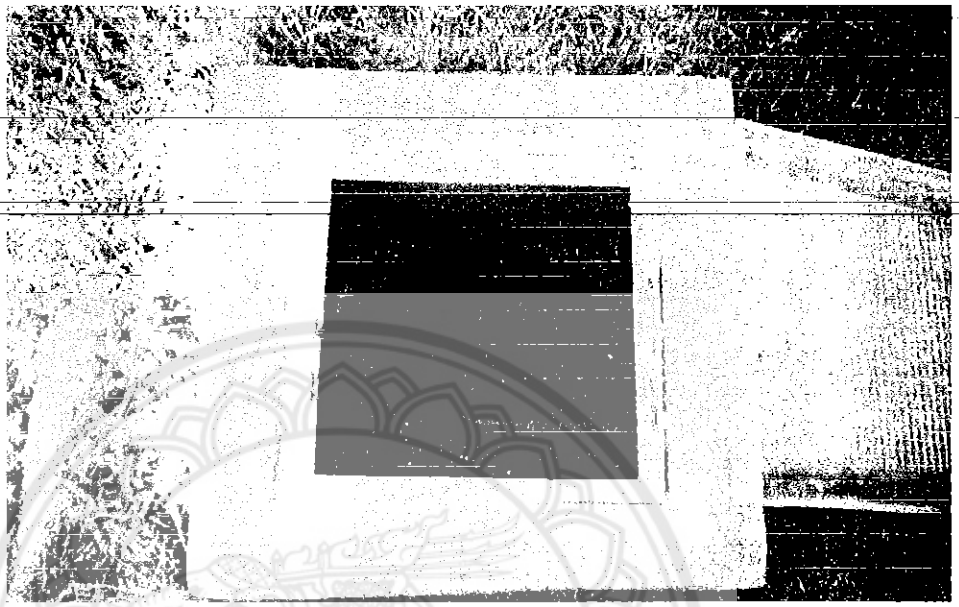
จากการทำการเก็บข้อมูลพบว่าระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวรนั้นมีลักษณะเป็นวงรอบบริเวณมหาวิทยาลัย โดยประกอบด้วย ท่อน้ำทิ้งขนาด 1.0 เมตร , 0.8 เมตร , 0.6 เมตร และ 0.4 เมตร เชื่อมกันอยู่โดยมี Manhole อยู่เป็นระยะ ทุกๆ 20 เมตร และความลาดของท่อโดยประมาณ 0.0007 โดยจะระบายน้ำทิ้งรวมกับน้ำฝนไปยังอ่างเก็บน้ำต่างๆภายในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร เช่น บริเวณอาคารมนุษยศาสตร์ ลานสมเด็จพระนเรศวรมหาราช บริเวณหน้าโรงพยาบาล และมีน้ำทิ้งบางส่วนถูกถ่ายไปสู่แหล่งน้ำรอบๆ บริเวณมหาวิทยาลัย

ลักษณะของน้ำทิ้งที่พบในมหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่าในแต่ละอาคาร จะมีการบำบัดขั้นต้นบ้างแล้ว ซึ่งพบว่าอาคารต่างๆ จะมีจุดรับน้ำเสียได้ในระดับหนึ่ง แล้วจึงปล่อยเข้าสู่ท่อระบายน้ำให้ไหลรวมกับน้ำฝนไปยังจุดรับน้ำต่างๆ เช่น สระน้ำบริเวณข้างลานสมเด็จพระนเรศวรมหาราช คูน้ำบริเวณอาคารสถานีวิทยุ และท่อระบายน้ำหลักที่ถนนบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยนเรศวร

อาคารเคมี คณะวิทยาศาสตร์

รูปที่ 4.20 ถังเก็บน้ำเสียของอาคารเคมี คณะวิทยาศาสตร์

อาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

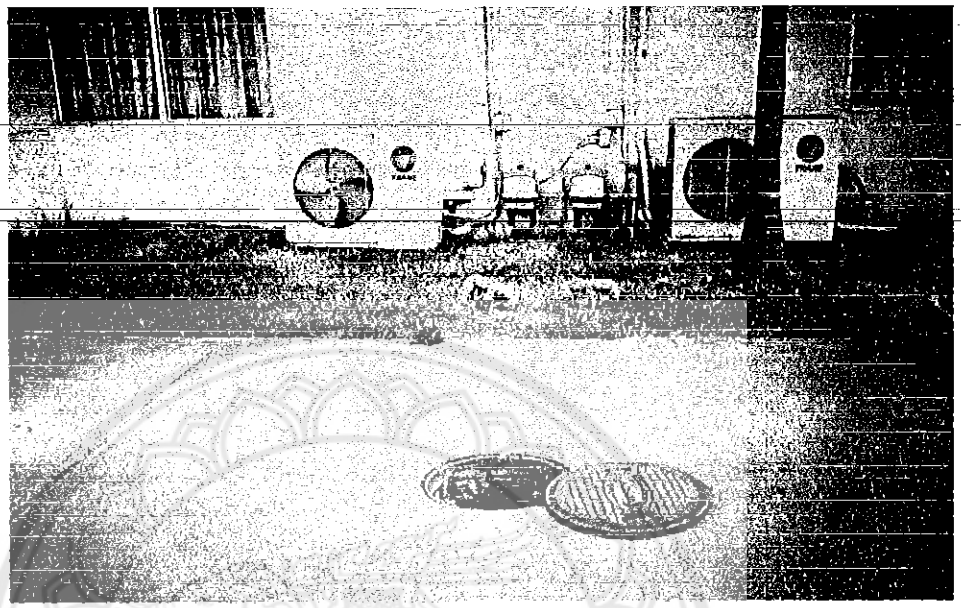


รูปที่ 4.21 ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

อาคารคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 4.22 ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

อาคารชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์



รูปที่ 4.23 ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์

อาคารคณะแพทยศาสตร์

รูปที่ 4.24 ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะแพทย์

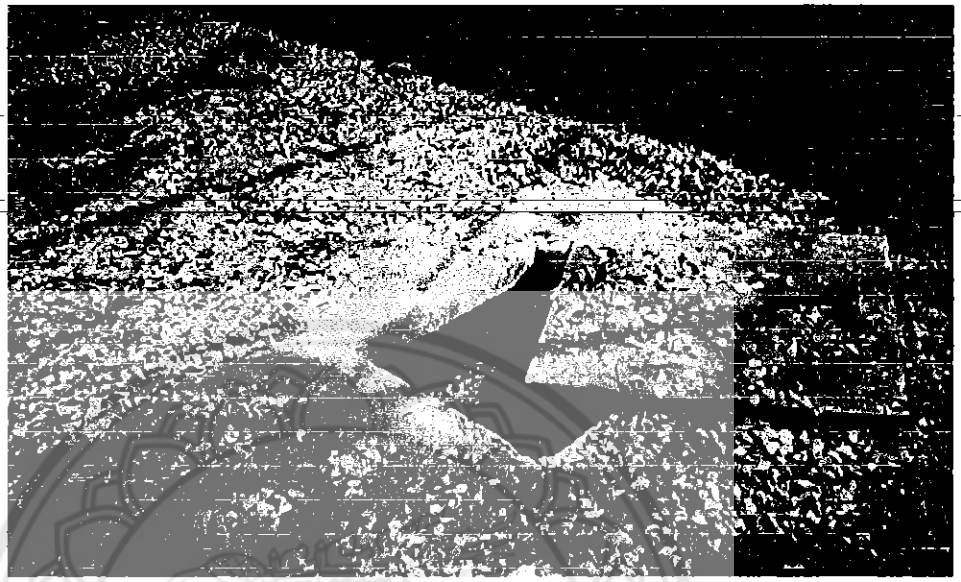
อาคารคณะเภสัชศาสตร์

รูปที่ 4.25 ถังบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะเภสัชศาสตร์

อาคารโภชนาคาร 1

รูปที่ 4.26 ถังบำบัดน้ำเสียของอาคาร โภชนาคาร 1

อาคารโภชนาคาร 2



รูปที่ 4.27 จุดบำบัดน้ำเสียของ อาคาร โภชนาคาร 2

อาคารคณะมนุษยศาสตร์

รูปที่ 4.28 จุดบำบัดน้ำเสียของอาคารคณะมนุษยศาสตร์

อาคารมิ่งขวัญ

รูปที่ 4.29 ทางระบายน้ำทิ้งของอาคารมิ่งขวัญ

อาคารคณะศึกษาศาสตร์

รูปที่ 4.30 จุดระบายน้ำทิ้งของอาคารคณะศึกษาศาสตร์

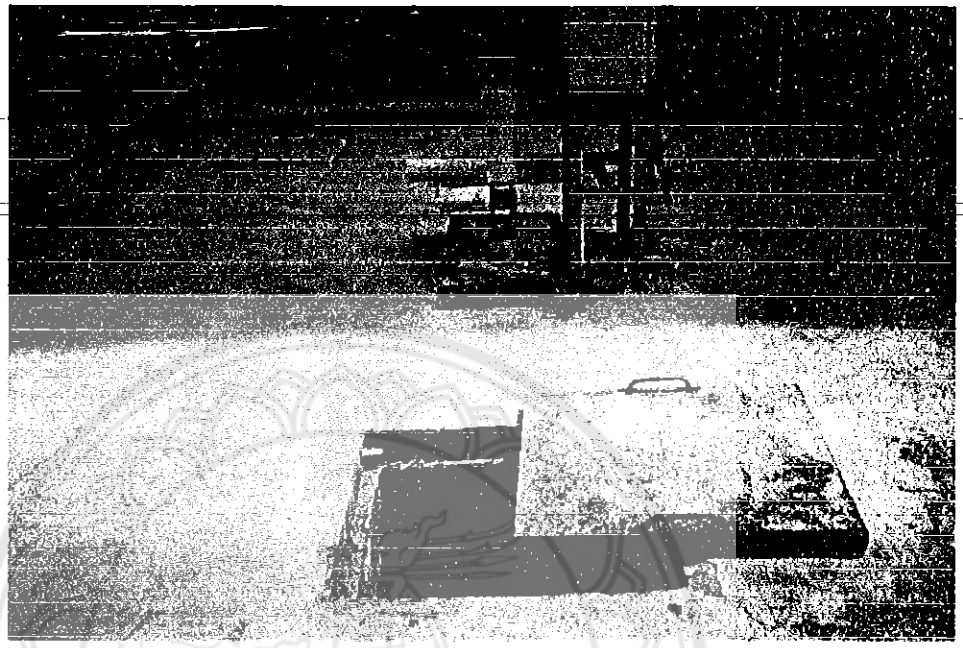
อาคารหอพักอาจารย์

รูปที่ 4.31 จุดระบายน้ำทิ้งของอาคารหอพักอาจารย์

อาคารหอพักหญิง 1

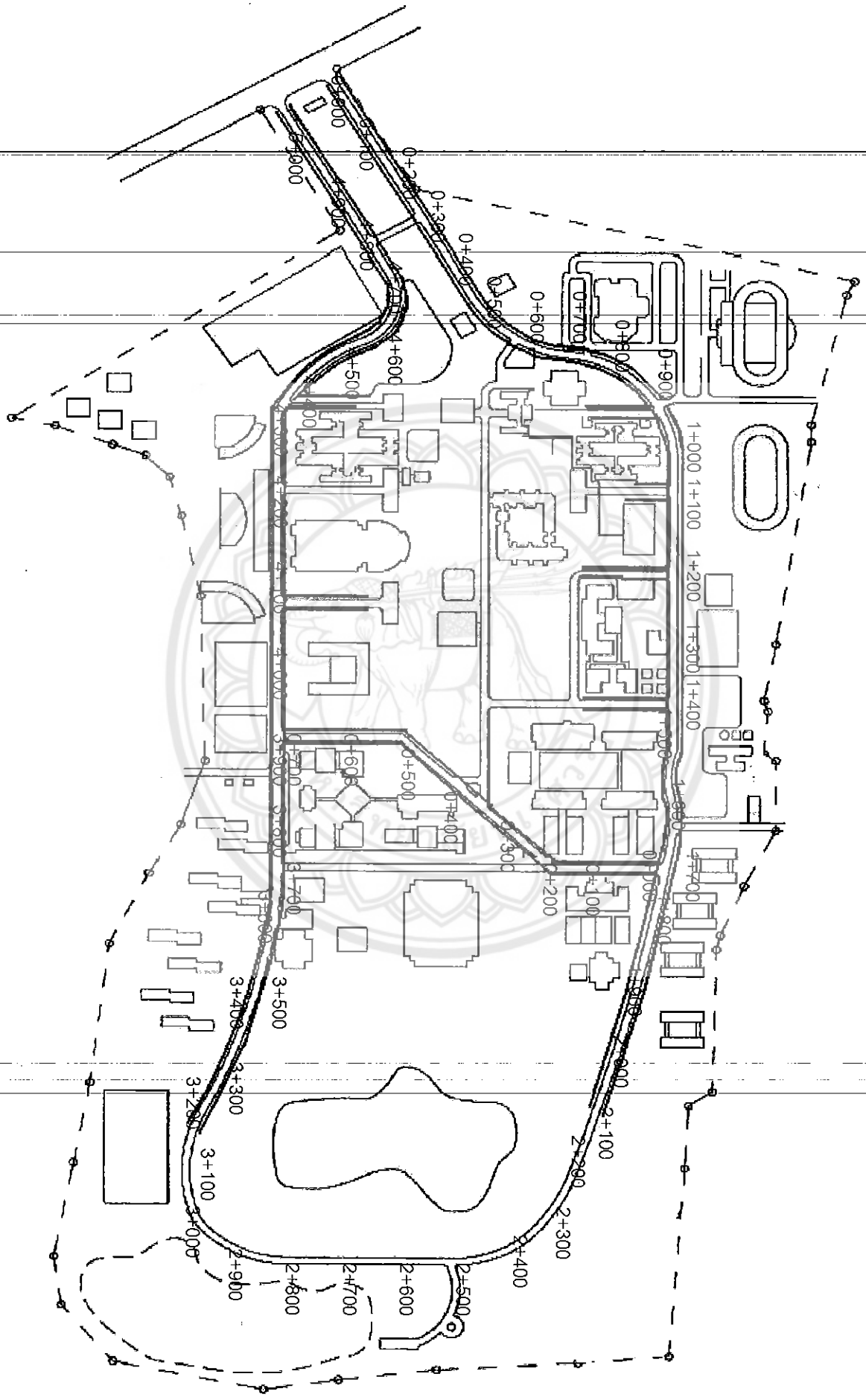
รูปที่ 4.32 ทางระบายน้ำทิ้งของอาคารหอหญิง 1

อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN)



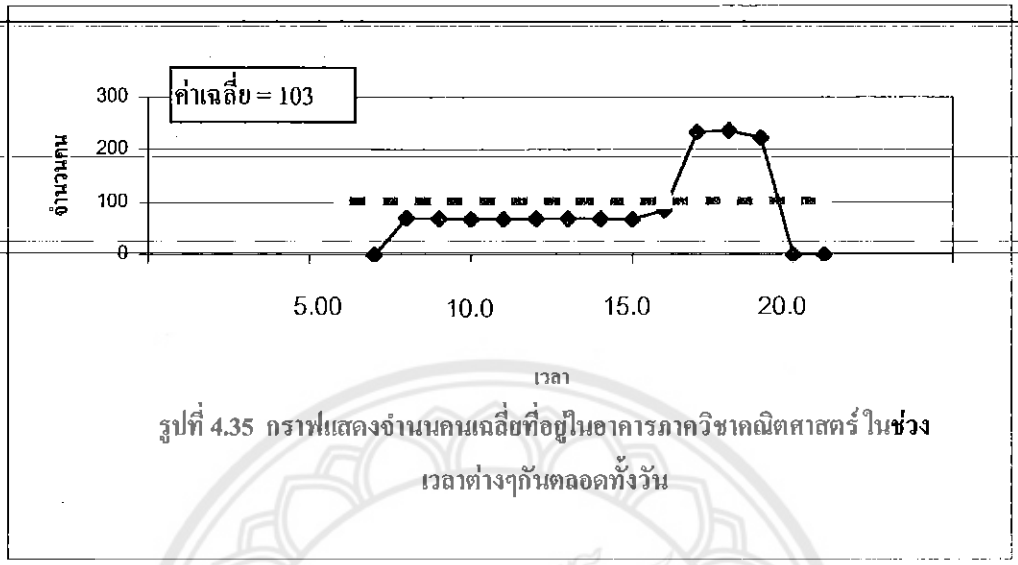
รูปที่ 4.33 จุดบำบัดน้ำเสียของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN)

จากรูปจะเห็นได้ว่า อาคารต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรบางอาคารยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นกิจลักษณะ ซึ่งการระบายน้ำเสียนั้นจะเป็นการระบายลงสู่แหล่งน้ำที่มีอยู่ทั้งภายในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร และนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นผลให้เกิดปัญหาน้ำเสียขึ้นในบริเวณมหาวิทยาลัยและแหล่งน้ำ การทิ้งน้ำส่วนใหญ่นั้นน้ำทิ้งที่ได้มีการบำบัดโดยถังบำบัดของแต่ละตึก แต่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่พบ อีกทั้งในบางอาคารระบบการบำบัดน้ำทิ้งได้เสียไปคือรับน้ำทิ้งมากเกินความสามารถของระบบและมีคราบไขมันลอยเป็นแผ่นบนผิวทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดไม่มีมาตราฐานเท่าที่ควรก่อนที่จะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำในมหาวิทยาลัยนเรศวรซึ่งทางมหาวิทยาลัยได้ติดตั้งกังหันปั่นน้ำเพื่อเพิ่ม Oxygen ให้กับแหล่งน้ำแล้วบางจุด แต่เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำในแหล่งน้ำถือว่ามีน้อยมาก จึงพบปัญหาน้ำเสียในแหล่งน้ำของมหาวิทยาลัยดังที่เห็นได้ชัดคือ คูน้ำบริเวณสถานีวิทยุที่มีการติดกังหันแต่น้ำยังคงเสียอยู่



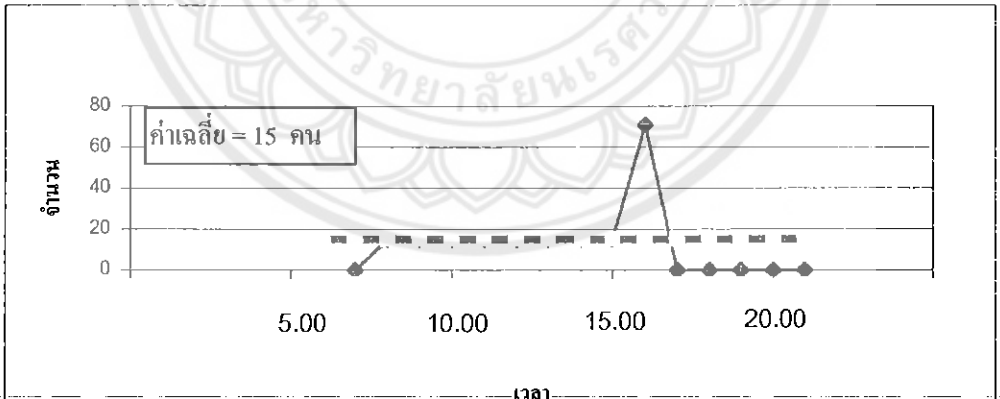
รูปที่ 4.34 ผังแสดงระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

4.7 การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของอาคาร



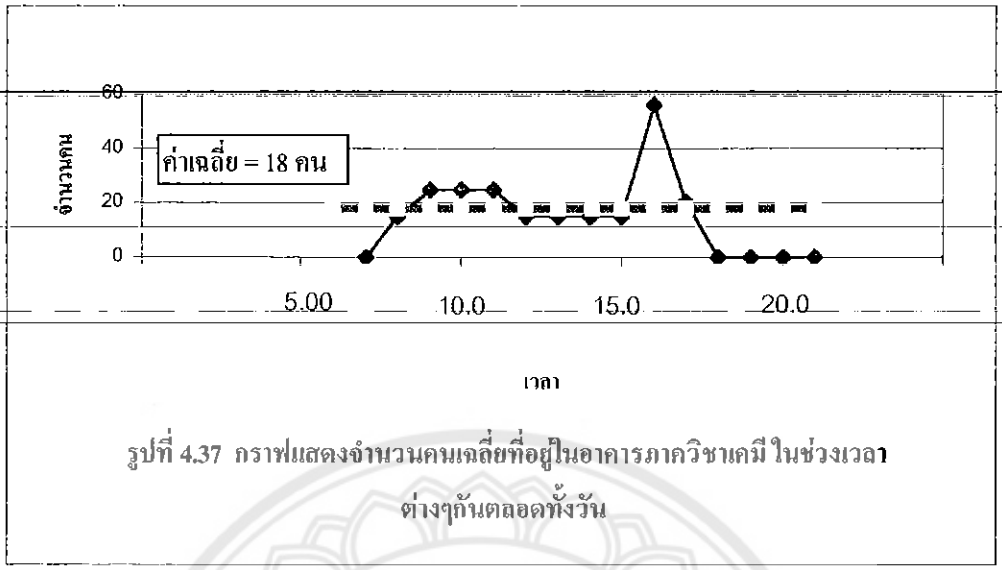
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาคณิตศาสตร์ ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ ของอาคารภาควิชาคณิตศาสตร์ พบว่าอาคารภาควิชาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ 103 คน ดังกราฟเส้นตรงโดย ค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ Xคือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



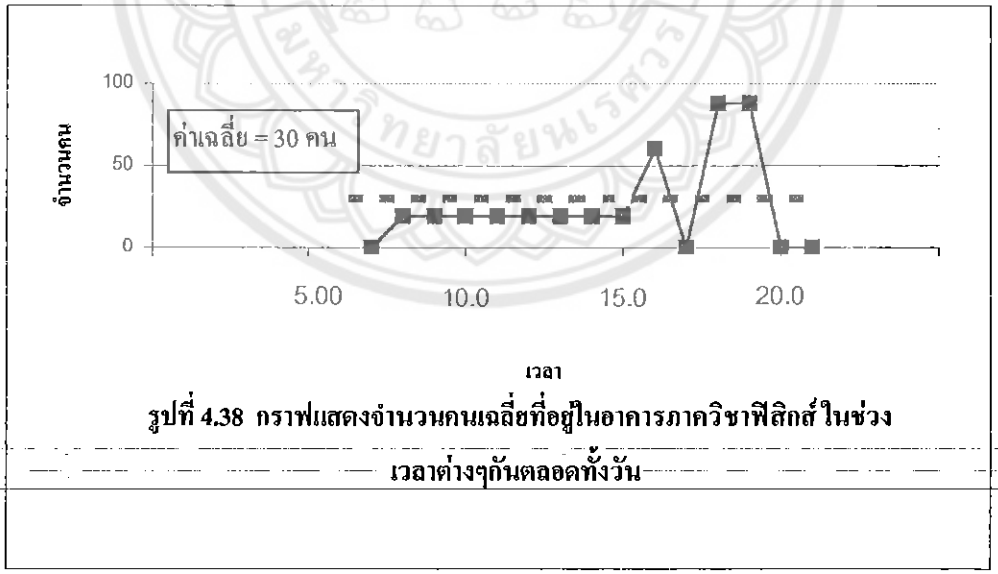
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาชีววิทยา ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ ของอาคารภาควิชาชีววิทยาพบว่าอาคารภาควิชาชีววิทยามีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ 15 คน ดังกราฟเส้นตรงโดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ Xคือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



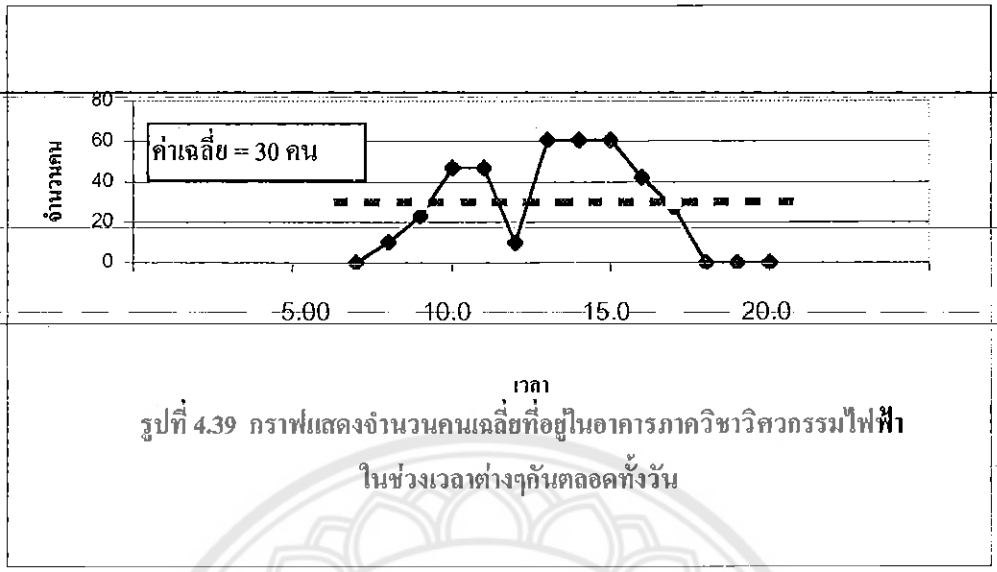
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาเคมี ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ของอาคารภาควิชาเคมีพบว่าอาคารภาควิชาเคมีมีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ 18 คนดังกราฟเส้นตรง โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ Xคือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



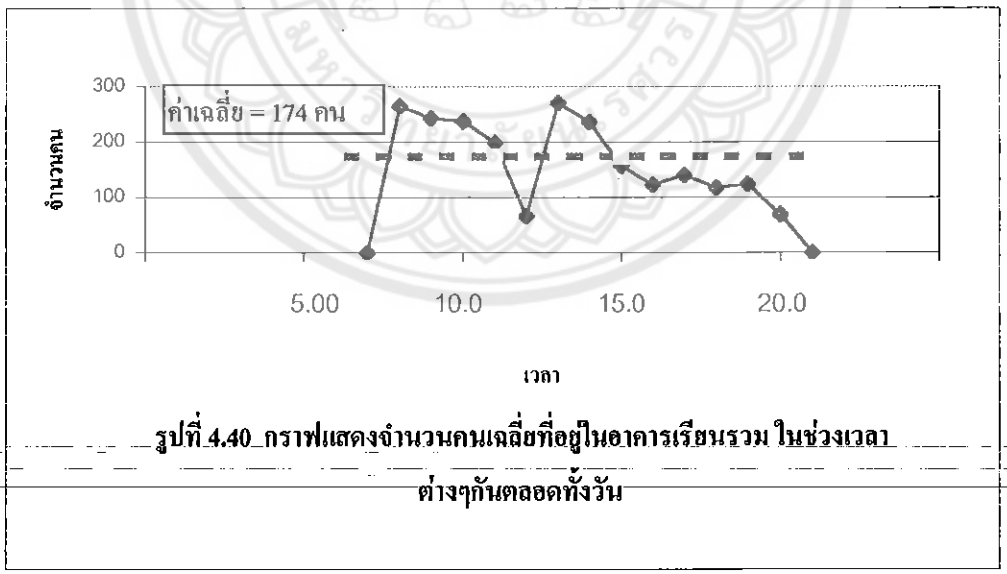
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาฟิสิกส์ ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ ของอาคารภาควิชาฟิสิกส์พบว่าอาคารภาควิชาฟิสิกส์มีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ30 คน ดังกราฟเส้นตรง โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ Xคือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



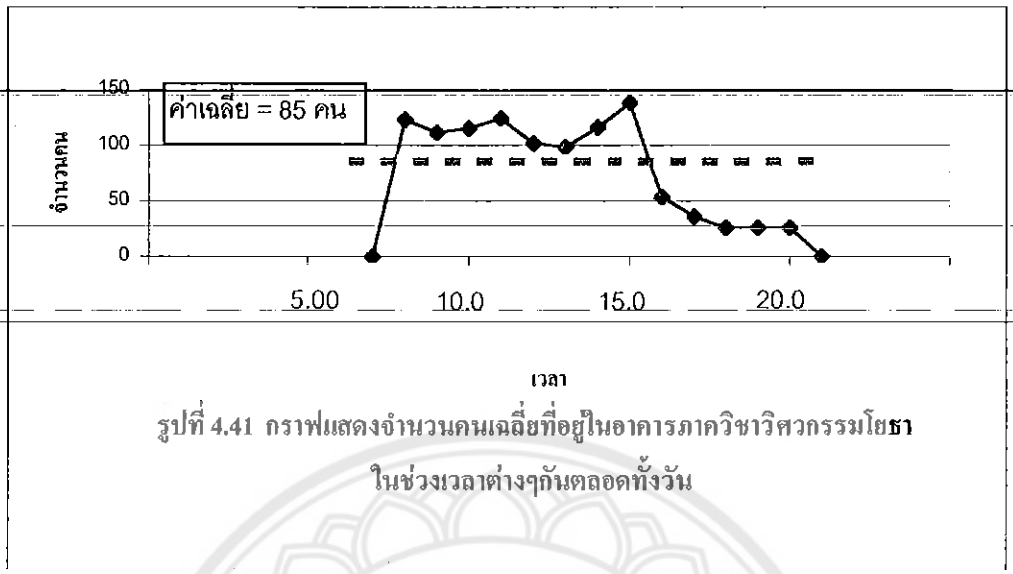
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ ของอาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้าพบว่าอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ 30 คน ดังกราฟเส้นตรงโดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ Xคือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



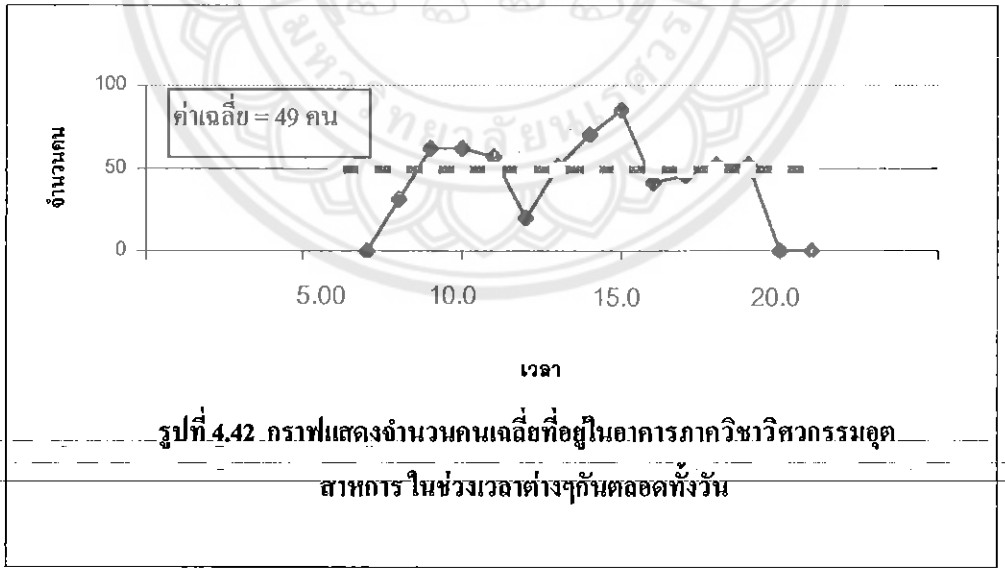
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารเรียนรวม ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ ของอาคารเรียนรวมพบว่าอาคารเรียนรวมมีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ 174 คน ดังกราฟเส้นตรงโดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ Xคือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



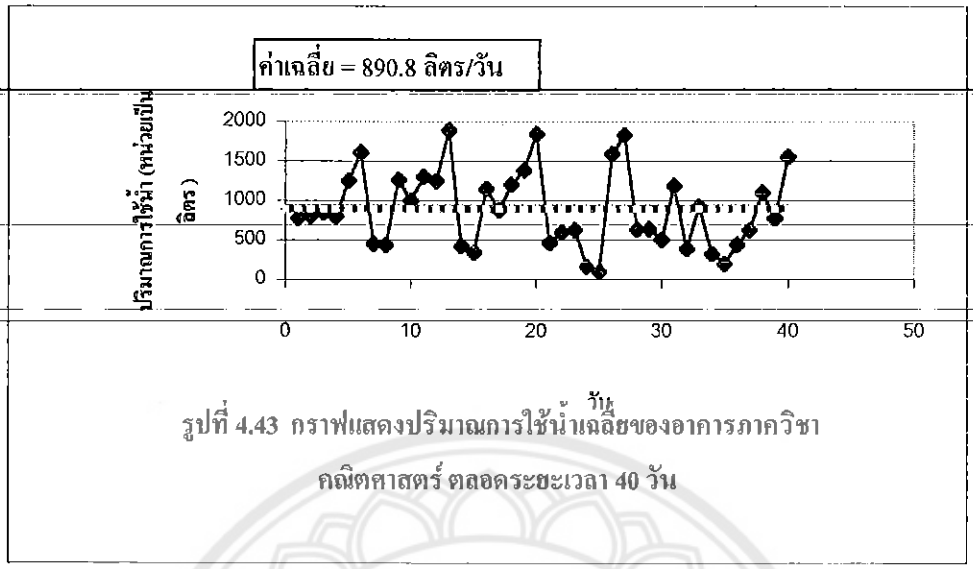
รูปที่ 4.41 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ ของอาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา พบว่าอาคารเรียนรวมมีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ 85 คน ดังกราฟเส้นตรงโดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ X คือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



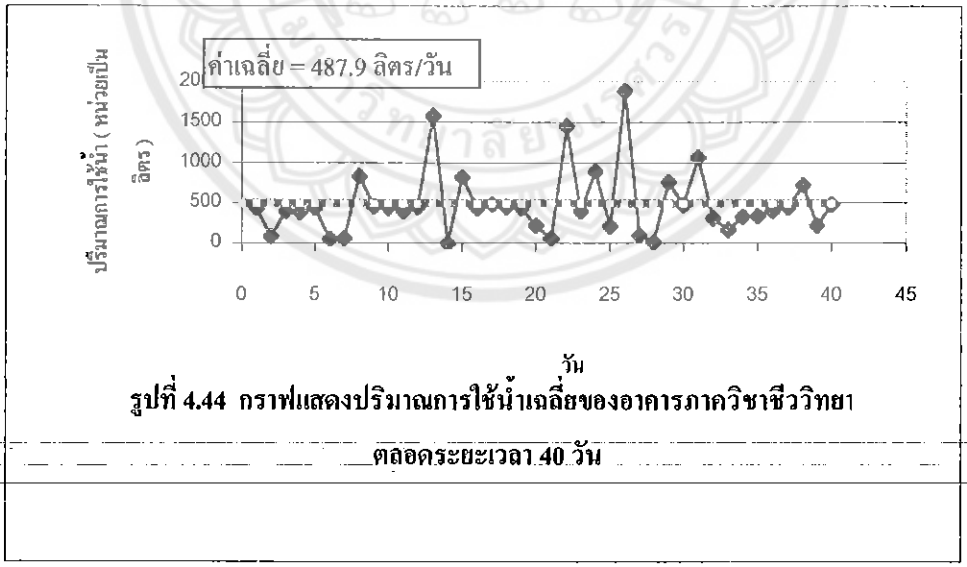
รูปที่ 4.42 กราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ในช่วงเวลาต่างๆกันตลอดทั้งวัน

จากกราฟแสดงจำนวนคนเฉลี่ยที่อยู่ในอาคารในวันต่างๆตลอดสัปดาห์ ของอาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ พบว่าอาคารเรียนรวมมีค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารเท่ากับ 49 คน ดังกราฟเส้นตรงโดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ X คือจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนชั่วโมง



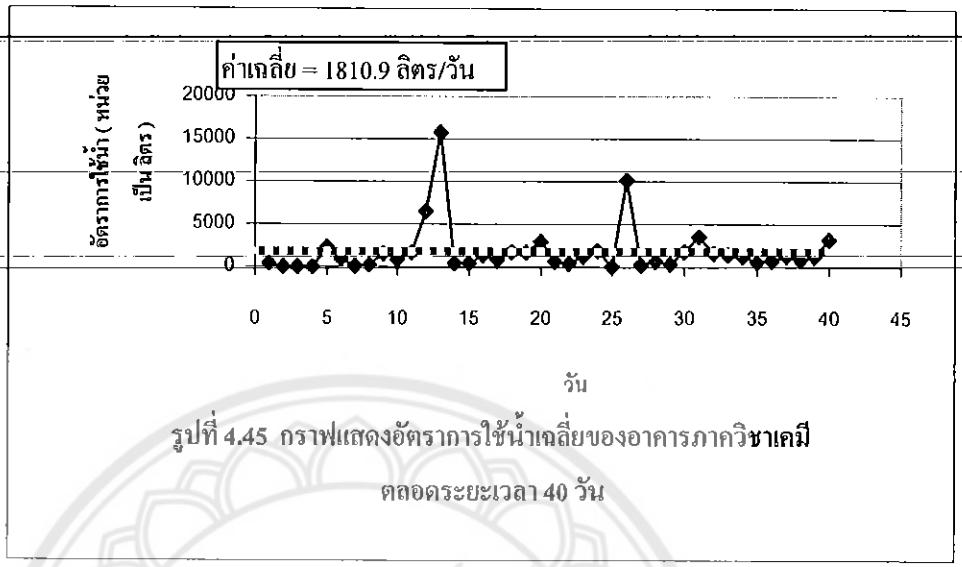
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาคณิตศาสตร์ ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารภาควิชาคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 890.8 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ X คือค่าปริมาณการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน



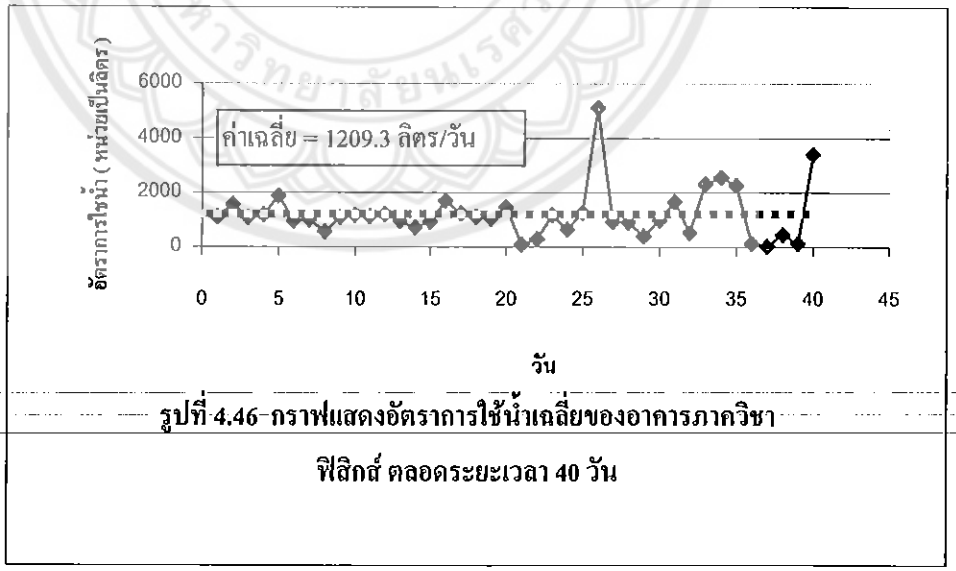
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาชีววิทยา ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารภาควิชาชีววิทยา มีค่าเท่ากับ 487.9 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ $\Sigma X/N$ เมื่อ X คือค่าปริมาณการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน



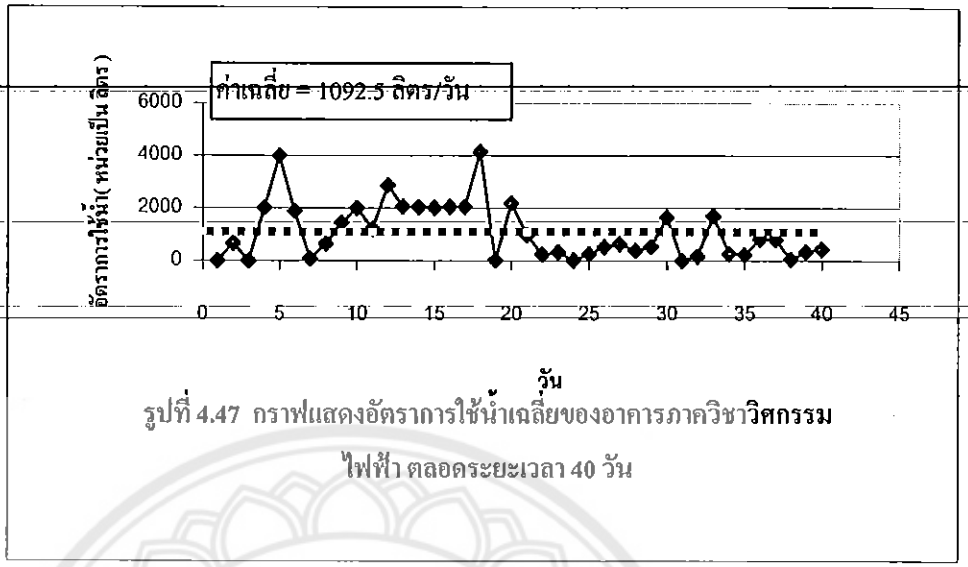
รูปที่ 4.45 กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาเคมี ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารภาควิชาเคมี มีค่าเท่ากับ 1810.9 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ X/N เมื่อ X คือค่าอัตราการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน



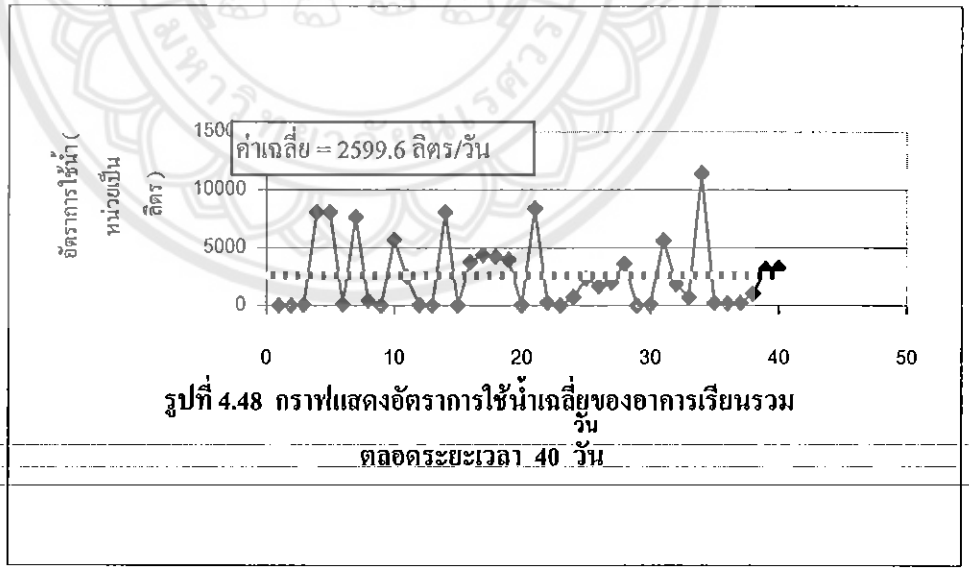
รูปที่ 4.46 กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาฟิสิกส์ ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารภาควิชาฟิสิกส์ มีค่าเท่ากับ 1209.3 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ X/N เมื่อ Xคือค่าอัตราการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน



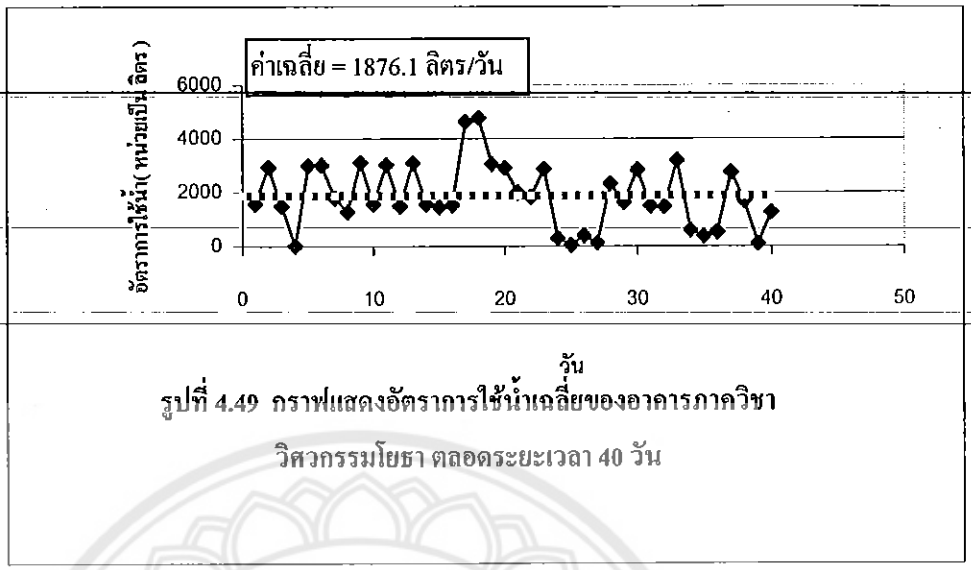
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาวิศกรรมไฟฟ้า ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ1092.5 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ X/N เมื่อ X คือ ค่าอัตราการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน



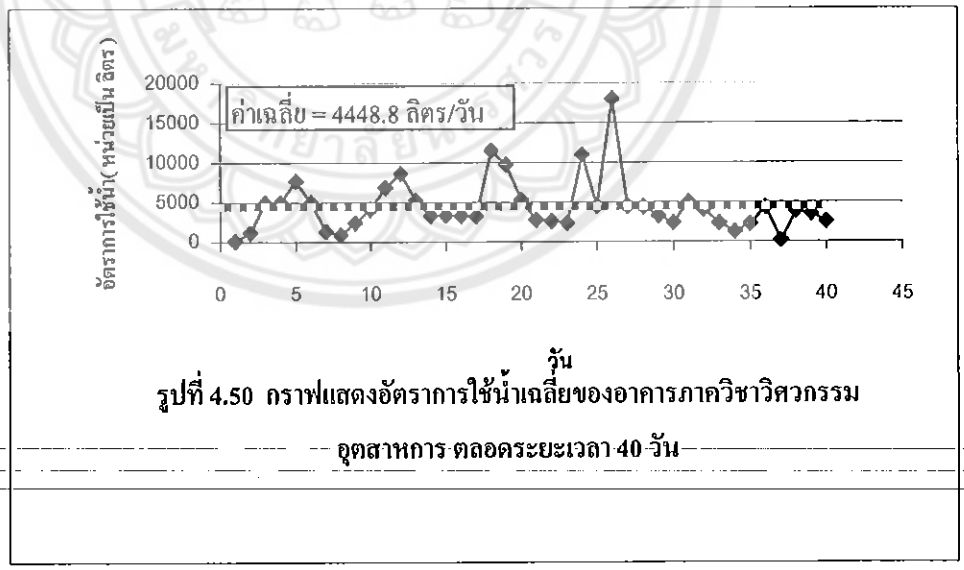
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารเรียนรวม ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารเรียนรวม มีค่าเท่ากับ 2599.6 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ X/N เมื่อ Xคือค่าอัตราการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชา
วิศวกรรมโยธา ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธามีค่าเท่ากับ1876.1 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ X/N เมื่อ Xคือค่าอัตราการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของอาคารภาควิชาวิศวกรรม
อุตสาหการ ตลอดระยะเวลา 40 วัน

จากกราฟพบว่าค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของอาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมีค่าเท่ากับ 4448.8 ลิตร/วัน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าวคิดจากสมการ X/N เมื่อ X คือค่าอัตราการใช้น้ำในวันต่างๆ เมื่อ N คือจำนวนวัน

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของแต่ละอาคาร

ลำดับที่	อาคาร	ค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคาร(คน)	อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย(ลิตร/วัน)	อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย(ลิตร/คน/วัน)
1	คณิตศาสตร์	103	890.8	8.6
2	ชีววิทยา	15	487.9	32.5
3	เคมี	18	1810.9	100.6
4	ฟิสิกส์	30	1209.3	40.3
5	วิศวกรรมไฟฟ้า	30	1092.5	36.4
6	เรียนรวม	174	2599.6	14.9
7	วิศวกรรมโยธา	85	1876.1	22.1
8	วิศวกรรมอุตสาหการ	48	4448.8	92.7

จากตาราง

อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย(ลิตร/คน/วัน) = อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย(ลิตร/วัน)

แต่ละ ค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคาร(คน)

อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยแต่ละคณะ(ลิตร/คน/วัน) = ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของ

อาคารภายในคณะนั้นๆ(ลิตร/คน/วัน)

จากตาราง พบว่า คณะวิทยาศาสตร์ มีค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย = 45.5 ลิตร/คน/วัน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มีค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย = 41.5 ลิตร/คน/วัน

การเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษากับปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยที่ได้จากการอ้างอิงถึง

ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของโรงเรียน มีค่าของปริมาณการใช้น้ำจากโรงเรียนเท่ากับ 50 - 80 ลิตร/คน/วัน แต่จากการศึกษาพบว่า มีปริมาณการใช้น้ำ ของคณะวิทยาศาสตร์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ เท่ากับ 45.5 และ41.5 ลิตร/คน/วัน

4.8 วิเคราะห์ผลอัตราการใช้น้ำ

อาคารภาควิชาคณิตศาสตร์ มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย เท่ากับ 8.6 ลิตร/คน/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์แล้ว ภาควิชาคณิตศาสตร์มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยน้อยกว่าค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะว่าการเรียนการสอนของภาควิชาคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีการเรียนการสอนแบบบรรยาย ซึ่งจะมีปริมาณการใช้น้ำน้อย

อาคารภาควิชาฟิสิกส์และชีววิทยา มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย เท่ากับ 40.3 ลิตร/คน/วัน และ 32.5 ลิตร/คน/วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์แล้ว ภาควิชาฟิสิกส์และชีววิทยามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย ใกล้เคียงกับค่าปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย ของคณะวิทยาศาสตร์ทั้งนี้เพราะว่าการเรียนการสอนของภาควิชาฟิสิกส์และชีววิทยา มีลักษณะใกล้คล้ายๆกันคือส่วนใหญ่จะมีการเรียนการสอนแบบบรรยาย และมีการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการไม่มากเมื่อเทียบกับการเรียนการสอนแบบบรรยาย

อาคารภาควิชาเคมีมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย เท่ากับ 100.6 ลิตร/คน/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์แล้ว ภาควิชาเคมีมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย มากกว่าค่าปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะว่าการเรียนการสอนของภาควิชาเคมี ส่วนใหญ่จะมีการเรียนการสอนแบบบรรยายควบคู่ไปกับปฏิบัติการซึ่งการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการจะมีอัตราการใช้น้ำมาก

อาคารเรียนรวม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย เท่ากับ 14.9 ลิตร/คน/วัน และ 22.1 ลิตร/คน/วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิศวกรรมศาสตร์แล้ว อาคารเรียนรวม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย น้อยกว่าค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ทั้งนี้เพราะว่าการเรียนการสอนของภาควิชาอาคารเรียนรวม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา มีลักษณะใกล้คล้ายๆกันคือส่วนใหญ่จะมีการเรียนการสอนแบบบรรยาย และมีการเรียนการสอนแบบปฏิบัติไม่มากเมื่อเทียบกับการเรียนการสอนแบบบรรยาย จึงทำให้มีการใช้น้ำน้อย

อาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย เท่ากับ 36.4 ลิตร/คน/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์แล้ว ภาควิชาฟิสิกส์และชีววิทยามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย ใกล้เคียงกับค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ การเรียนการสอนส่วนใหญ่ของอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจะเป็นแบบบรรยายและมีปฏิบัติการไม่มาก

อาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการอัตรามีการใช้น้ำเฉลี่ย เท่ากับ 92.7 ลิตร/คน/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิศวกรรมศาสตร์แล้ว ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย มากกว่าค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพราะว่าการเรียนการสอนของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ส่วนใหญ่จะมีการเรียนการสอนแบบบรรยายควบคู่ไปกับปฏิบัติการซึ่งการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการจะมีอัตราการใช้น้ำมาก

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาระบบน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร จะพบว่า ในระยะแรกๆจะใช้โรงผลิตน้ำประปา 1 ซึ่งมีอัตราการผลิต 2,500 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมงในการผลิตน้ำประปา แต่ในปัจจุบันจำนวนประชากรและอาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำประปาที่ผลิตได้จากโรงผลิตน้ำประปา 1 มีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้ ทำให้ต้องมีการขยายกำลังการผลิต โดยการสร้างโรงผลิตน้ำประปา 2 ขึ้นมา ซึ่งตั้งแต่ปี 2539 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน การผลิตน้ำประปาจะใช้โรงผลิตน้ำประปา 2 ที่มีอัตราการผลิต 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงในการผลิตน้ำประปาเพียงแห่งเดียว โดยจะสูบน้ำดิบจากคลองชลประทานผ่านท่อปิดขนาด 8 นิ้ว และผ่านคลองส่งน้ำดิบแบบรางเปิด ก่อนไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำขนาดความจุ 300,000 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นจึงสูบน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำขึ้นมาเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งประกอบด้วย การกวนเร็ว การกวนช้า การตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค ก่อนเข้าสู่ถังน้ำใสขนาด 5,000 ลูกบาศก์เมตร แล้วจึงเข้าสู่ระบบการจ่ายน้ำประปาซึ่งเป็นการแจกจ่ายน้ำประปาไปยังอาคารต่างๆ โดยวิธีการจ่ายน้ำประปาจะใช้หอถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ ซึ่งวิธีนี้จะจ่ายน้ำประปาด้วยเครื่องสูบน้ำผ่านท่อส่งน้ำประปาขนาดต่างๆไปยังอาคารทุกอาคารทั่วมหาวิทยาลัยนเรศวร ส่วนน้ำประปาที่ผลิตได้อีกส่วนหนึ่งจะจ่ายตรงขึ้นหอถังสูงขนาดความจุ 150 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งวิธีนี้สามารถแจกจ่ายน้ำประปาได้ทั้งจากเครื่องสูบน้ำและหอถังสูงพร้อมๆกัน ทำให้สามารถแจกจ่ายน้ำประปาด้วยปริมาณมากๆได้ วิธีนี้ยังมีข้อดีอีกคือ สามารถเลือกจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียว หรือใช้หอถังสูงเพียงอย่างเดียวก็ได้ เช่น ในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำมากก็จะใช้ทั้ง 2 ระบบ ส่วนในช่วงที่ต้องการปริมาณน้ำน้อยก็อาจจะเลือกใช้เพียงระบบเดียว

ส่วนในปัจจุบันได้มีการก่อสร้างอาคารขึ้นมาใหม่อีกหลายอาคาร ทำให้มีการใช้น้ำประปาเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งกำลังการผลิตน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำประปา 2 เพียงแห่งเดียวอาจไม่เพียงพอ จึงควรมีแผนที่จะปรับปรุงโรงผลิตน้ำประปา 1 ให้กลับมาใช้อีก เพื่อรองรับความต้องการดังกล่าวในอนาคต

ในส่วนของระบบท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวรนั้นจะมีลักษณะเป็นวงรอบบริเวณมหาวิทยาลัย โดยประกอบด้วย ท่อน้ำทิ้งขนาด 1.0 เมตร ,0.8 เมตร, 0.6 เมตร และ 0.4 เมตร เชื่อมกันอยู่โดยมี Manhole อยู่เป็นระยะ ทุกๆ 20 เมตร โดยจะระบายน้ำทิ้งรวมกับน้ำฝนไปยังอ่างเก็บน้ำต่างๆ ภายในบริเวณมหาวิทยาลัย เช่น บริเวณอาคารคณะมนุษยศาสตร์ ลานสมเด็จพระนเรศวรมหาราช รวมทั้งบริเวณหน้าโรงพยาบาล เป็นต้น และมีน้ำทิ้งบางส่วนถูกถ่ายไปสู่แหล่งน้ำ

นเรศวรมหาราช รวมทั้งบริเวณหน้าโรงพยาบาล เป็นต้น และมีน้ำทิ้งบางส่วนถูกถ่ายไปสู่แหล่งน้ำบริเวณรอบๆ มหาวิทยาลัย ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระบบท่อระบายน้ำเสียของมหาวิทยาลัยนเรศวร จะเป็นแบบท่อรวม คือ จะมีการระบายน้ำเสียและระบายน้ำฝนลงไปในท่อเดียวกัน

ข้อเสียของระบบระบายแบบรวม คือ

-ในกรณีที่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่ปลายท่อระบบท่อรวมจะทำให้มีน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดมากขึ้น ทำให้ขนาดของระบบบำบัดต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น

- เนื่องจากปริมาณน้ำฝนหรือน้ำไหลนอง (RUN OFF) แปรผันมาก จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะออกแบบท่อระบายให้สามารถรับน้ำได้ทั้งหมดซึ่งอาจทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นเป็นเวลาสั้นๆ

-ในช่วงที่ฤดูแล้ง น้ำในท่อระบายจะน้อยลงมากทำให้เกิดการตกตะกอน เป็นสาเหตุให้เกิดก๊าซไข่เน่า (กลิ่นเหม็น) และการกัดกร่อนท่อจากกรดซัลฟุริก

ลักษณะของน้ำทิ้งที่พบในมหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่าในแต่ละอาคาร จะมีการบำบัดขั้นต้นบ้างแล้ว ซึ่งพบว่า อาคารต่างๆ จะมีจุดรับน้ำเสียได้ในระดับหนึ่งแล้วจึงปล่อยเข้าสู่ท่อระบายน้ำให้ไหลรวมกับน้ำฝนไปยังจุดรับน้ำต่างๆ เช่น สระน้ำบริเวณข้างลานสมเด็จพระนเรศวรมหาราช คูน้ำบริเวณอาคารสถานีวิทยุ และท่อระบายน้ำหลักที่ถนนบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยนเรศวร

การวางท่อส่วนใหญ่ค่า Slope ของท่อจะไม่แน่นอน คือ ไม่มี Slope ของท่อซึ่งคาดว่าเกิดจากการก่อสร้างที่ไม่มีการควบคุมที่ดีพอ ทำให้ระดับท่อระบายทั้งหมดของมหาวิทยาลัยไม่เป็นการเอียง Slope ท่อ

ในส่วนของการศึกษาอัตราการใช้นั้นพบว่า อาคารภาควิชาคณิตศาสตร์มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 8.6 ลิตร/คน/วัน อาคารภาควิชาชีววิทยามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 32.5 ลิตร/คน/วัน อาคารภาควิชาเคมีมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 100.6 ลิตร/คน/วัน อาคารภาควิชาฟิสิกส์มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 40.3 ลิตร/คน/วัน เมื่อคิดอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิทยาศาสตร์แล้วปรากฏว่าคณะวิทยาศาสตร์มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 45.5 ลิตร/คน/วัน

อาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 36.4 ลิตร/คน/วัน อาคารเรียนรวมมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 14.9 ลิตร/คน/วัน อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 22.1 ลิตร/คน/วัน อาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 92.7 ลิตร/คน/วัน เมื่อคิดอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของคณะวิศวกรรมศาสตร์แล้วปรากฏว่า คณะวิศวกรรมศาสตร์มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 41.5 ลิตร/คน/วัน

ข้อเสนอแนะ

1)ในการศึกษาของโครงงานนี้เป็นการศึกษาข้อมูลจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์หากต้องการนำข้อมูลไปใช้งานจริงควรทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มทุกคณะ

2) ควรศึกษาพฤติกรรมการใช้น้ำประกอบการศึกษาเพิ่ม เพื่อให้สามารถอธิบายว่าปริมาณ
การใช้ น้ำในอาคารต่างๆ เป็นอย่างไรและมีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด

3) ควรเพิ่มระยะเวลาการเก็บข้อมูลเพื่อความเที่ยงตรงของข้อมูล

4)จากการศึกษาพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียของตึกต่างๆพบว่าระบบบางระบบ เสียไปแล้ว และบางระบบมีการเปิดใช้บ้างไม่เปิดบ้างทำให้มีน้ำเสียไหลลงแหล่งน้ำ จึงควรมีระบบบำบัดรวมเพิ่มในอนาคต

5) ควรมีการศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสีย และน้ำในแหล่งน้ำของมหาวิทยาลัยเพิ่มเติม

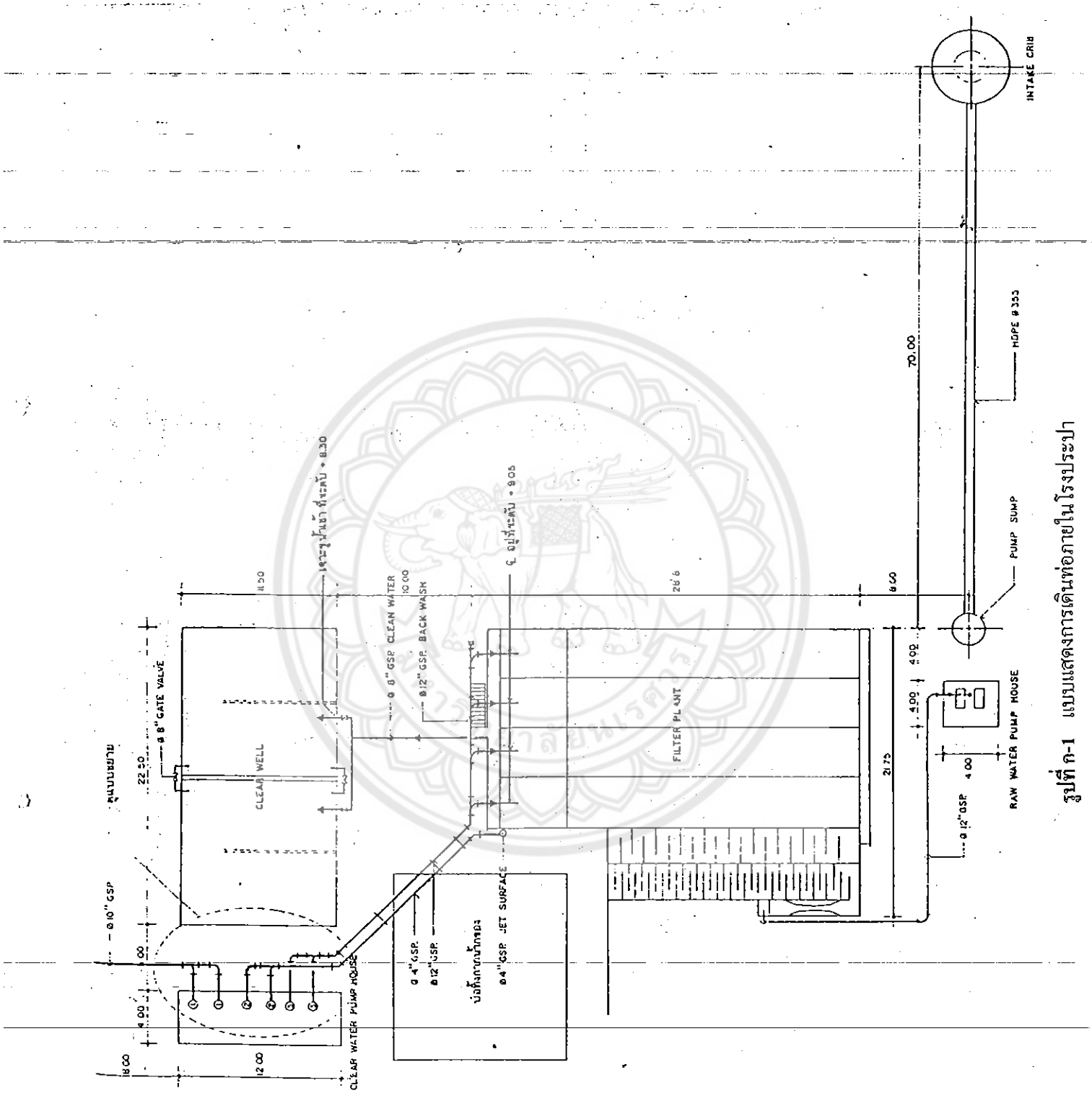
6) การจะนำข้อมูลอัตราการใช้น้ำที่ได้จากการศึกษาไปใช้จะต้องมีการปรับแก้ก่อน เพื่อความเหมาะสม เพราะว่าการใช้น้ำในคณะที่ทำการศึกษานั้น ปริมาตรน้ำที่ใช้คำนวณเป็นปริมาตรน้ำทั้งหมดรวมกิจกรรมทุกๆอย่าง เช่น การรดน้ำต้นไม้ การล้างน้ำ การล้างพื้น เป็นต้น ค่าที่ได้จึงอาจจะสูงกว่าความเป็นจริง

หนังสืออ้างอิง

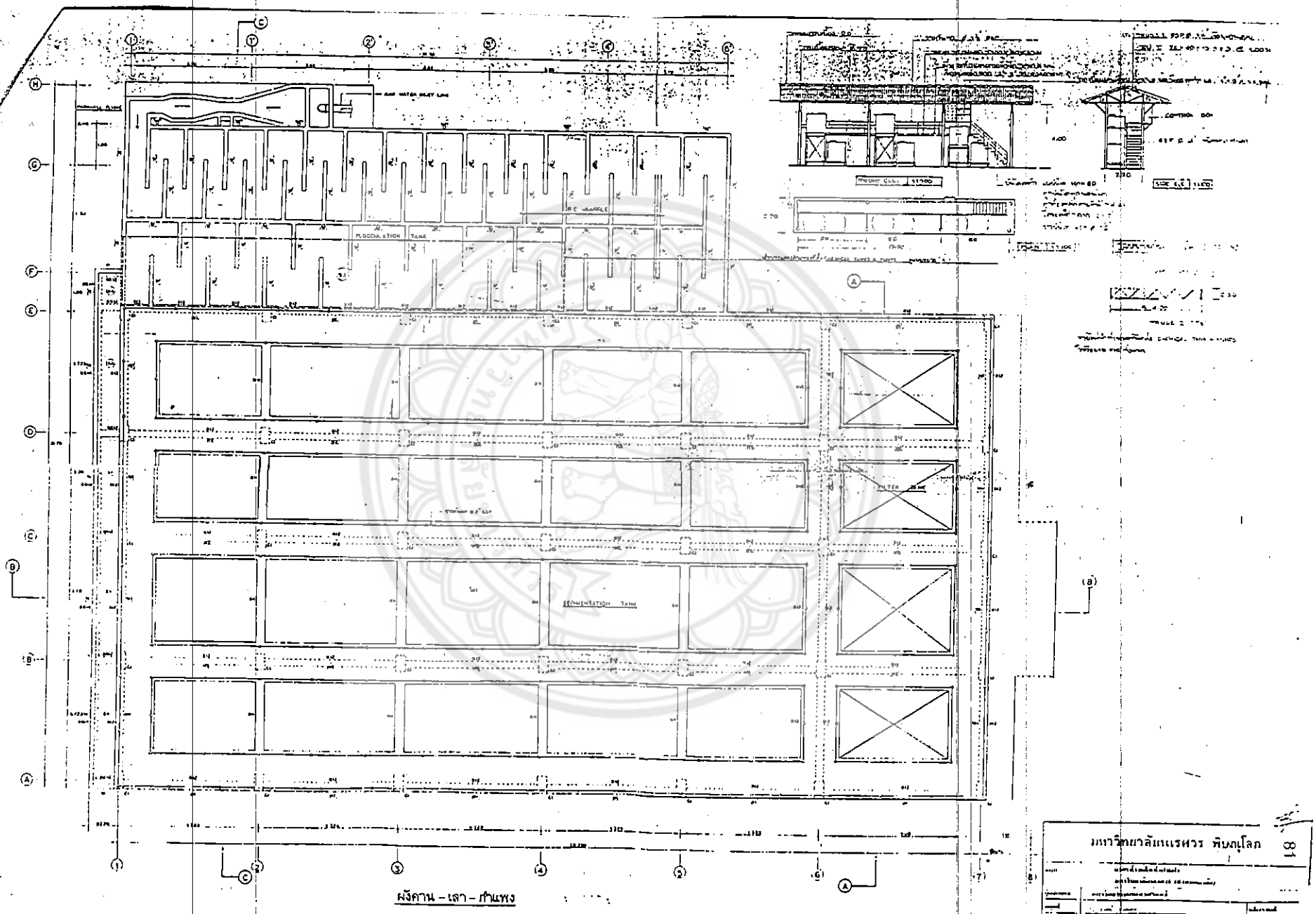
1. ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมประปา. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มิตรนราการพิมพ์, 2536
2. ธงชัย พรรณสวัสดิ์. คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, 2535
3. นายวุฒิพงษ์ เจริญทิม. ระบบน้ำประปามหาวิทยาลัยนเรศวร. , มหาวิทยาลัยนเรศวร , พิษณุโลก
4. นายจิระศักดิ์ ปานกลีบ และนายธนากร อินทวงศ์. การศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร . ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร . พิษณุโลก , 2540
5. นายชรินทร์ เอี่ยมทอง , นายสมจิตร แจ่มจันทร์ และนายโภคิน พรมพันธุ์. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำประปาในเส้นท่อประปาในมหาวิทยาลัยนเรศวร . ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร . พิษณุโลก , 2543
6. นายชัชวาล สมบัติ , นายโชคชัย หมั่นเรียน และนายโยธิน วงศ์สาสืบ. การศึกษาปริมาณคลอรีน ไนไตรท ไนเตรท และโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมในโครงข่ายท่อน้ำประปามหาวิทยาลัยนเรศวร. ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร . พิษณุโลก , 2543

ภาคผนวก ก

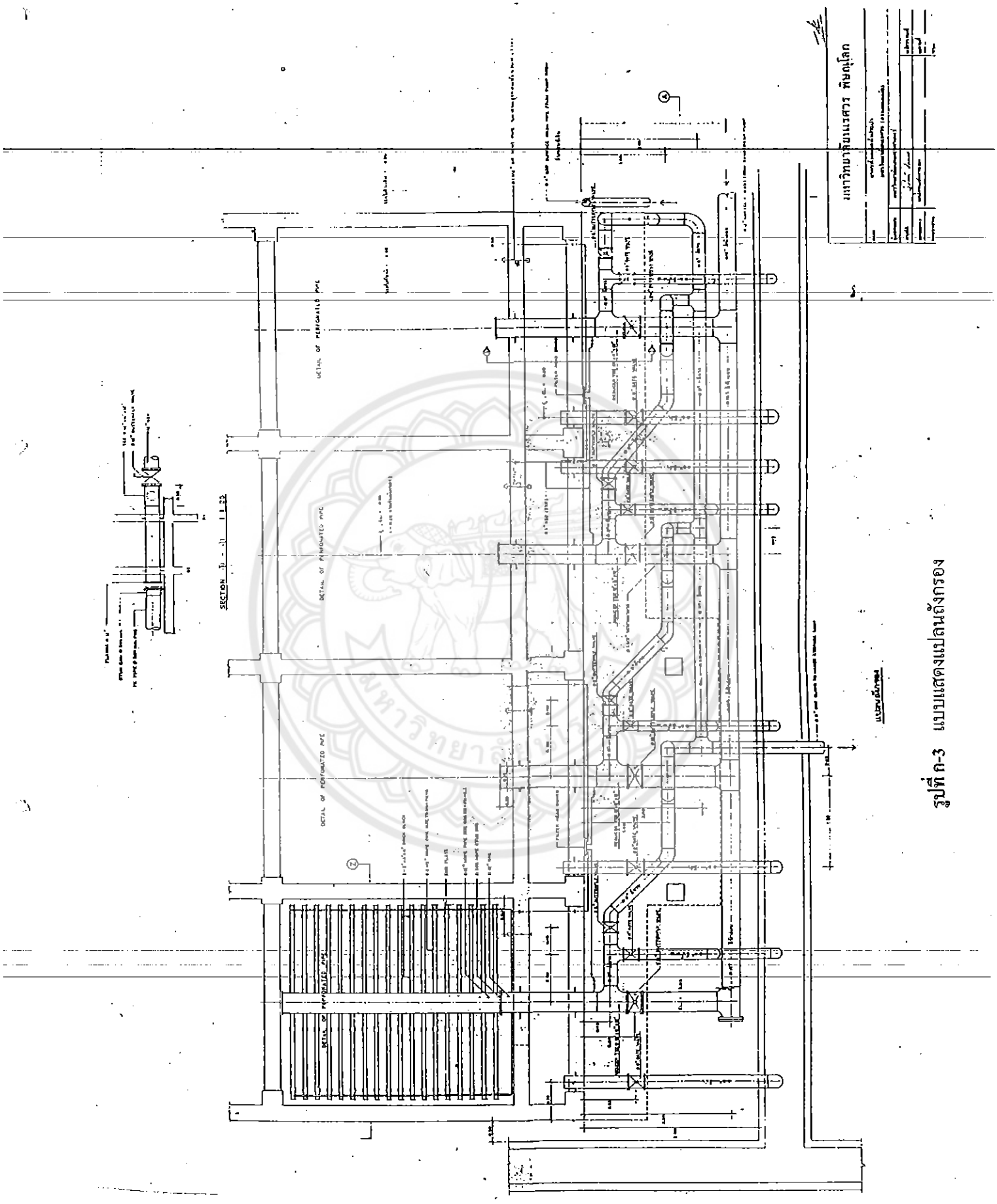
แสดงแบบก่อสร้างโรงประปามหาวิทยาลัยนเรศวร



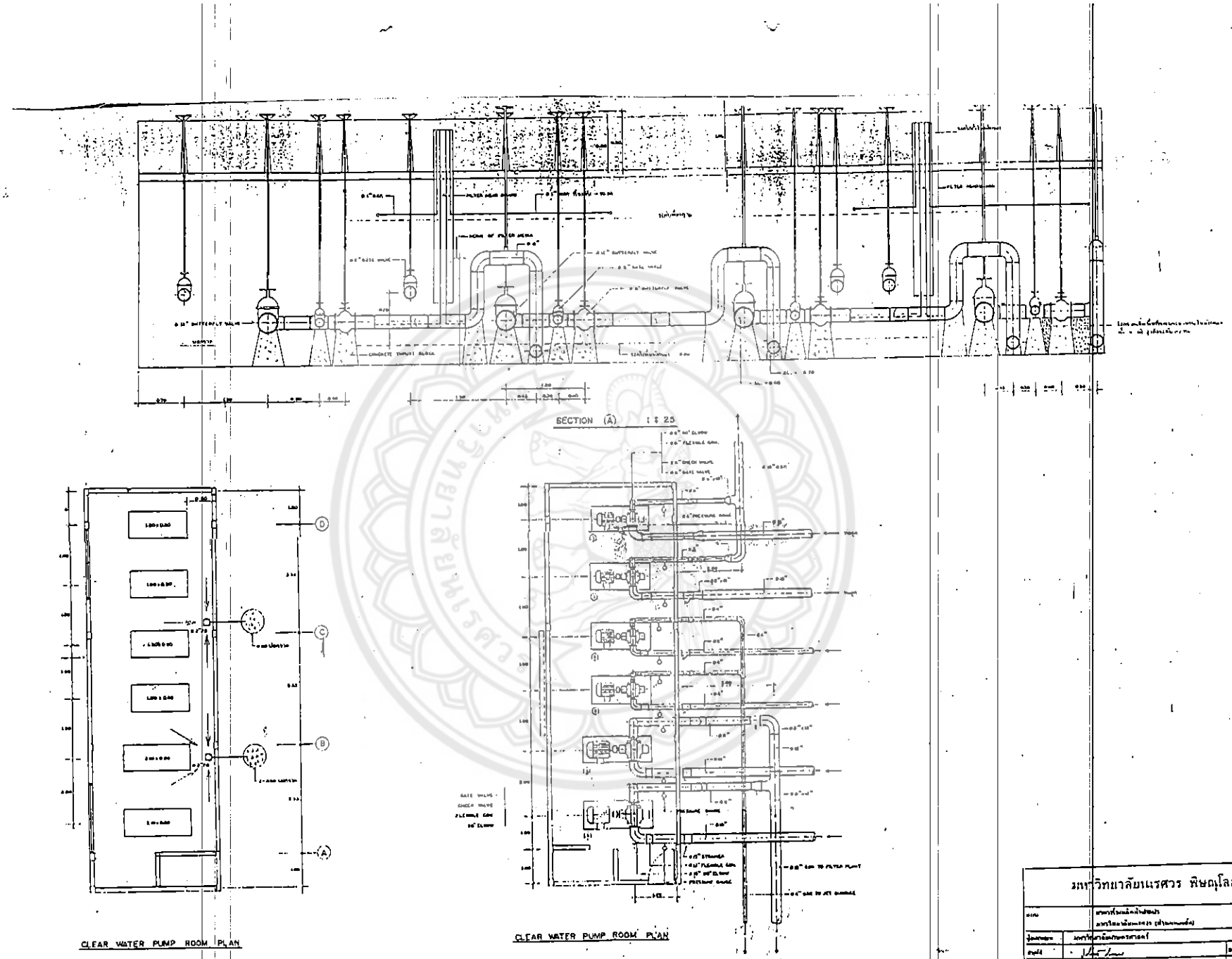
รูปที่ ก-1 แบบแสดงการเดินท่อภายในโรงประปา



รูปที่ ก-2 แบบแสดง ผัง อาคาร เสา กำแพง Sedimentation



รูปที่ ก-3 แบบแสดงแปลนถังกรอง



รูปที่ ก-4 แบบแสดง Clean Water Pump Room

ภาคผนวก ข
แสดงมาตรฐานของน้ำประปา และน้ำดื่ม

มาตรฐานน้ำประปา

ตารางที่ ข - 1 มาตรฐานของน้ำดื่มของการประปานครหลวง

ลำดับที่	ชนิด	ที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม p.p.m.
1	สารที่เป็นพิษถ้ามีเกินจำนวนที่กำหนด ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ คือ	
	ตะกั่ว (Lead)	0.05
	เซเลเนียม (Selenium)	0.01
	โครเมี่ยม (Chromium)	0.05
	ไซยาไนด์ (Cyanide)	0.01-0.2
	อาซินิค (Arsenic)	0.01-0.05
2	สารบางจำพวกที่เกี่ยวกับสุขภาพถ้ามีมากเกินจำนวนที่กำหนดอาจทำให้เกิดโรคได้ คือ	
	ฟลูออไรด์ (Fluoride)	1.2 (acceptable)
	ไนเตรด (Nitrate)	1.5
3	สารบางจำพวกที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของน้ำดื่ม	
	สารพวกนี้ถ้ามีมากเกินกำหนดทำให้น้ำไม่น่าดื่ม	
	กลิ่นและรส (Odour and taste)	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	สี (colour)	20 Unit
	ความขุ่น (Turbidity)	5 Unit
	ความเป็นกรดหรือด่าง (pH Value)	6.8 8.2
	สารทั้งหมด (Total solids)	1000
	ความกระด้าง (Total solids)	300
	เหล็ก (Iron)	0.5
	แมงกานีส (Manganese)	0.30
	ทองแดง (Copper)	1.0– 3.0
	สังกะสี (Zinc)	15
	แมกนีเซี่ยม (Magnesium)	125
	ซัลเฟต (Sulphate as $Na_2 SO_4$)	250
	คลอไรด์ (chloride)	

4	ฟีนอล (Phenol) สารบางจำพวกที่มีอยู่ในน้ำมากเกินไป แสดงว่าน้ำนั้นไม่สะอาดพอมีสิ่งสกปรกปะปนอยู่ด้วย	250 0.002 – 0.001
	อ๊อกซิเจนคอนซูมด์ (Oxygen Consumed)	0.2
	แอมโมเนียอิสระ (Fee ammo)	
	อัลบุมินอยด์ แอมโมเนีย (Albumenoid ammonia)	0.1 ต้องไม่มีอยู่เลย
	ไนไตรท์ (Nitrite)	
5	บักเตรีที่อาจจะทำให้เกิดโรคต่อมนุษย์ได้ยอมให้มีดังนี้ น้ำที่สะอาดมี โคไรฟอร์ม (Colifrom Bacteria) ค่า MPN. น้อยกว่า 1 ในน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือ ต้องไม่มีเลย น้ำที่สะอาดมีโคไลฟอร์มบักเตรีค่า MPN. น้อยกว่า 1 – 2.2 ในน้ำ 100 มิลลิลิตร, น้ำที่ต้องสงสัยว่าสะอาดหรือไม่มีโคไลฟอร์มบักเตรีค่า MPN. 3 – 10 ในน้ำ 100 มิลลิลิตร, น้ำที่ไม่สะอาดมีโคไลฟอร์มบักเตรีค่า MPN. มากกว่า 10 ในน้ำ 100 มิลลิลิตร สำหรับน้ำประปาจะต้องมี Coliform bacteria ค่า MPN. น้อยกว่า 2.2 (หรือต้องไม่มีเลย)	น้อยกว่า 0.001

ตารางที่ ข - 2 มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก

Standard of Drinking Water (WHO)

(Physical and Chemical)

Toxic Substance	**Maximum Allowable** mg/l
Lead (as Pd)	0.05
Selenium (as Se)	0.01
Arsenic (as As)	0.05
Chromium (as Cr hexavalent)	0.05
Cyanide (as CN)	0.2
Cadmium	0.01

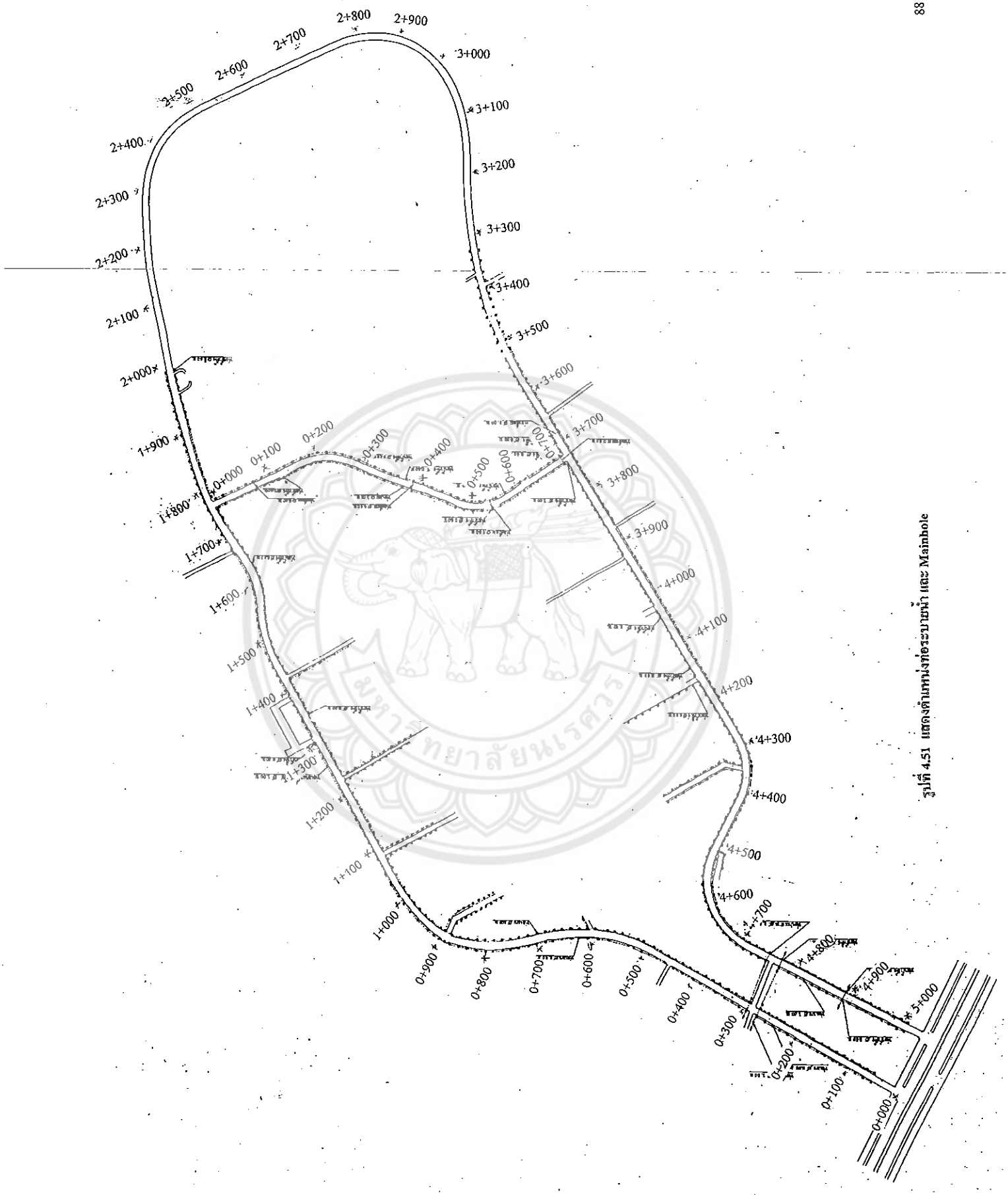
Substances Affecting the Potability of Water

Substance	Max. Acceptable	Max.Allowable
Total Solid	500 mg/l	1500 mg/l
Color	5 Unit	50 Unit
Turbidity	5 Unit	25 Unit
Taste	Unobjectionable	-
Odor	Unobjectionable	-
Iron (Fe)	0.3 mg/l	1.0 mg/l
Manganese (Mn)	0.1 mg/l	0.5 mg/l
Copper (Cu)	1.0 mg/l	1.5 mg/l
Zinc (Zn)	5.0 mg/l	15 mg/l
Calcium (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Magnesium (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
Sulfate (SO_4)	200 mg/l	400 mg/l
Chloride (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
PH range	7.0 – 8.5	
Magnesium+Sodium Sulfate	500 mg/l	1000 mg/l
Phenolic Substaces (as Phenol)	0.001 mg/l	0.002 mg/l
Carbon Chlorofore extract	0.2 mg/l	0.5 mg/l
Alkyl Benzyl Sulfonates	0.5 mg/l	1.0 mg/l

Standard of Bacteriological Qualit
90% of Sample in year negative for Coliforms i.e.
90% of Sample MPN < 1.0
No Sample MPN > 10
MPN 8 – 10 not to occur in Consecutive Samples

ภาคผนวก ค

แสดงผังและข้อมูลเกี่ยวกับท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

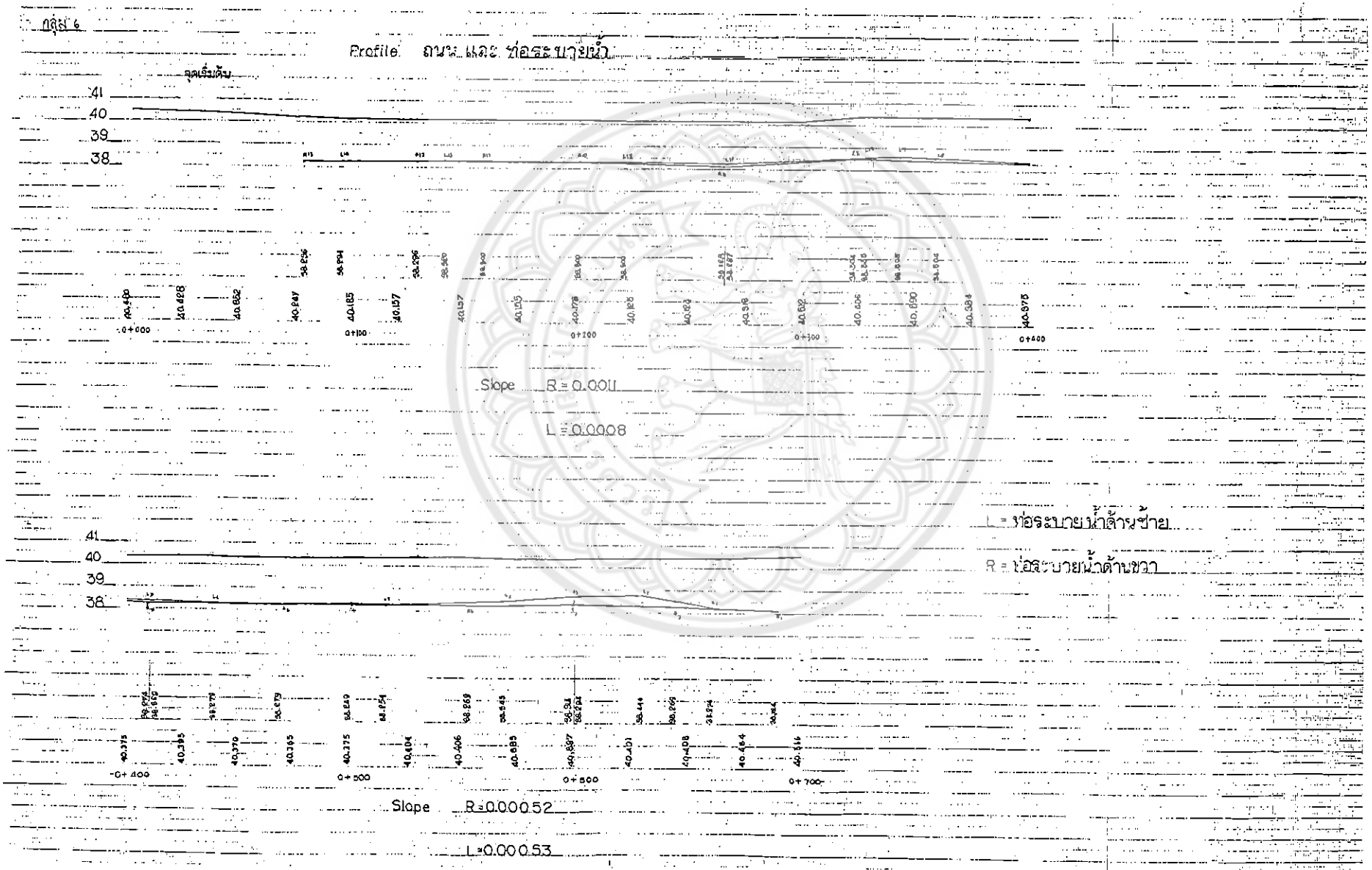


รูปที่ 4.51 แสดงตำแหน่งท่อระบายน้ำและ Mainhole

รูปที่ 4.52 Profile ตามแนวเขื่อนกั้นน้ำ

รูปที่ 4.52 Profile ตามแนวท่อระบายน้ำ

รูปที่ 4.52. Profile ตามแนวท่อระบาย



รูปที่ 4.52 Profile ถนน และท่อระบาย

ตารางที่ ค-1 แสดงระดับของท่อระบายน้ำ และขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

STATION	FROM	ระยะ	ระดับผิวดิน	ระดับท้องท่อซ้าย	ระดับท้องท่อขวา	ϕท่อเข้าซ้าย	ϕท่อออกซ้าย	ϕท่อเข้าขวา	ϕท่อออกขวา
0+000	0+000	0	41.096	-	-	-	-	-	-
		50	40.795	-	38.778	-	-	1	1
		62.5	40.707	38.933	38.917	0.8	0.8	1	1
		75	40.618	38.795	38.818	0.8	0.8	1	1
		92.5	40.525	38.732	38.598	0.8	0.8	1	1
0+100	0+100	0	40.392	38.676	38.583	0.8	0.8	1	1
		70	40.098	38.525	38.27	0.8	0.8	1	1
		85	40.102	38.432	38.445	0.8	0.8	1	1
0+200	0+200	0	40.114	38.474	38.445	0.8	0.8	1	1
		12.5	40.109	38.445	38.445	0.8	0.8	1	1
		30	40.106	38.382	38.315	0.8	0.8	1	1
		75	40.105	38.361	38.17	0.8	-	1	-
0+300	0+300	0	40.102	38.215	38.185	-	0.8	-	1
		12.5	40.111	38.34	38.352	0.8	0.8	1	1
		60	40.101	38.323	38.387	0.8	0.8	1	1
		90	40.108	38.374	38.39	0.8	0.8	1	1
0+400	0+400	0	40.112	38.396	38.397	0.8	0.8	1	1
		20	40.12	38.338	38.348	0.8	0.8	1	1
		45	40.127	38.323	38.332	0.8	0.8	1	1
		50	40.128	38.329	38.313	0.8	0.8	1	1
		80	40.131	38.332	38.195	0.8	0.8	1	1
0+500	0+500	0	40.129	38.337	38.152	0.8	0.8	1	1
		12.5	40.128	38.441	38.103	0.8	0.8	1	1
		40	40.123	38.344	38.124	0.8	0.8	1	1
		55	40.122	38.342	38.139	0.8	0.8	1	1
0+600	0+600	0	40.127	38.34	38.133	0.8	0.8	1	1
		30	40.138	38.336	38.131	0.8	0.8	1	1
		60	40.128	38.245	38.265	0.8	0.8	1	1
		75	40.116	38.227	38.37	0.8	0.8	1	1

หมายเหตุ station เทียบตำแหน่งจากรูปที่ 33 ผังแสดงท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะ คือระยะที่วัดจาก station ต่างๆ ระดับผิวดิน คือ ระดับผิวดินเหนือท่อระบายน้ำ

ท้องท่อที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านซ้าย และท่อที่อยู่รอบในของมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านขวา

ตารางที่ ค-1 แสดงระดับของท่อระบายน้ำ และขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

STATION	FROM	ระยะ	ระดับผิวดิน	ระดับท้องท่อซ้าย	ระดับท้องท่อขวา	ϕท่อเข้าซ้าย	ϕท่อออกซ้าย	ϕท่อเข้าขวา	ϕท่อออกขวา
0+700	0+700	0	40.091	38.305	38.329	0.8	0.8	1	1
		20	40.11	38.338	38.319	0.8	0.8	1	1
		25	40.114	38.399	38.248	0.8	0.8	1	1
		30	40.108	38.365	38.16	0.8	0.8	1	1
		80	40.075	38.332	38.36	0.8	0.8	1	1
0+800	0+800	0	40.101	38.327	38.345	0.8	0.8	1	1
		12.5	40.101	38.331	38.349	0.8	0.8	1	1
		40	40.115	38.294	38.297	0.8	0.8	1	1
		55	40.118	38.223	38.211	0.8	0.8	1	1
		60	40.119	38.327	38.152	0.8	0.8	1	1
		70	40.122	38.256	38.183	0.8	0.8	1	1
		87.5	40.118	38.307	38.227	0.8	0.8	1	1
0+900	0+900	0	40.114	38.33	38.361	0.8	0.8	1	1
		30	40.123	38.31	38.254	0.8	0.8	1	1
		35	40.123	38.298	38.1	0.8	0.8	1	1
		95	40.132	38.268	38.112	0.8	0.8	1	1
1+000	1+000	0	40.133	38.242	38.103	0.8	0.8	1	1
		5	40.132	38.22	38.099	1	1	1	1
		25	40.128	38.329	38.297	1	1	1	1
1+100	1+100	0	40.124	38.212	38.177	1	1	1	1
		60	40.112	38.172	38.128	1	1	1	1
1+200	1+200	0	40.124	38.107	38.049	1	1	1	1
		20	40.13	38.048	38.018	1	1	1	1
		35	40.16	38.023	38.01	1	1	1	1
		87.5	40.132	37.911	37.925	1	1	1	1
1+300	1+300	0	40.133	38.071	38.052	1	1	1	1
		50	40.14	38.27	38.15	1	1	1	1
		87.5	40.139	38.114	38.053	1	1	1	1

หมายเหตุ station เทียบตำแหน่งจากรูปที่ 33 ผังแสดงท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะ คือระยะที่วัดจาก station ต่างๆ ระดับผิวดิน คือ ระดับผิวดินเหนือท่อระบายน้ำ

ท้องท่อที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านซ้าย และท่อที่อยู่รอบในของมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านขวา

ตารางที่ ค-1 แสดงระดับของท่อระบายน้ำ และขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

STATION	FROM	ระยะ	ระดับผิวดิน	ระดับท้องท่อซ้าย	ระดับท้องท่อขวา	ϕท่อเข้าซ้าย	ϕท่อออกซ้าย	ϕท่อเข้าขวา	ϕท่อออกขวา
1+400	1+400	0	40.15	38.137	38.174	1	1	1	1
		20	40.128	38.208	38.295	1	1	1	1
		25	40.122	38.113	38.272	1	1	1	1
		45	40.121	38.046	38.294	1	1	1	1
		60	40.12	38.036	38.303	1	1	1	1
1+500	1+500	0	40.122	38.031	38.325	1	1	1	1
		10	40.126	38.017	38.332	1	1	1	1
		20	40.136	38.005	38.127	1	1	1	1
		37.5	40.154	38.021	37.981	1	1	1	1
		60	40.175	38.033	38.285	1	1	1	1
		90	40.234	38.04	37.95	1	1	1	1
		95	40.242	38.047	38.108	1	1	1	1
1+600	1+600	0	40.249	38.132	38.174	1	1	1	1
		20	40.352	38.177	38.22	1	1	1	1
		25	40.391	38.226	38.257	1	1	1	1
		50	40.437	38.223	38.295	1	1	1	1
1+700	1+700	0	40.55	38.22	38.242	1	1	1	1
		30	40.53	38.295	38.293	1	1	1	1
		50	40.517	38.322	38.315	1	1	1	1
		85	40.369	38.247	38.264	1	1	1	1
1+800	1+800	0	40.299	38.183	38.124	1	1	1	1
		45	40.158	38.12	38.068	1	1	1	1
1+900	1+900	0	40.156	38.086	38.054	1	1	1	1
		10	40.15	38.066	38.027	1	1	1	1
		45	40.135	38.043	38.082	1	1	1	1
		90	40.153	-	38.151	1	-	1	-
2+000	2+000	0	40.151	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ station เทียบตำแหน่งจากรูปที่ 33 ผังแสดงท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะ คือระยะที่วัดจาก station ต่างๆ ระดับผิวดิน คือ ระดับผิวดินเหนือท่อระบายน้ำ

ท้องท่อที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านซ้าย และท่อที่อยู่รอบในของมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านขวา

ตารางที่ ค-1 แสดงระดับของท่อระบายน้ำ และขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

STATION	FROM	ระยะ	ระดับผิวดิน	ระดับท้องท่อซ้าย	ระดับท้องท่อขวา	ϕท่อเข้าซ้าย	ϕท่อออกซ้าย	ϕท่อเข้าขวา	ϕท่อออกขวา
2+100	2+100	0	39.792	-	-	-	-	-	-
2+200	2+200	-	39.854	-	-	-	-	-	-
2+300	2+300	-	39.902	-	-	-	-	-	-
2+400	2+400	-	39.904	-	-	-	-	-	-
2+500	2+500	-	39.874	-	-	-	-	-	-
2+600	2+600	-	39.843	-	-	-	-	-	-
2+700	2+700	-	39.808	-	-	-	-	-	-
2+800	2+800	-	39.875	-	-	-	-	-	-
2+900	2+900	-	39.889	-	-	-	-	-	-
3+000	3+000	-	39.861	-	-	-	-	-	-
3+100	3+100	-	39.846	-	-	-	-	-	-
3+200	3+200	-	39.846	-	-	-	-	-	-
3+300	3+300	-	40.142	-	-	-	-	-	-
3+300	3+300	10	40.148	38.215	38.128	-	1	-	1
		60	40.178	38.206	38.178	1	1	1	1
3+400	3+400	0	40.188	38.256	38.232	1	1	1	1
		70	40.178	38.265	38.285	1	1	1	1
		75	40.178	38.257	38.263	1	1	1	1
3+500	3+500	0	40.178	38.326	38.234	1	1	1	1
		25	40.178	38.265	38.192	1	1	1	1
		40	40.182	38.224	38.135	1	1	1	1
		70	40.188	38.165	38.177	1	1	1	1
		87.5	40.196	38.187	38.203	1	1	1	1
3+600	3+600	0	40.202	38.202	38.182	1	1	1	1
		35	40.26	38.215	38.123	1	1	1	1
		95	40.34	38.115	38.141	1	1	1	1
3+700	3+700	0	40.34	38.147	38.166	1	1	1	1
		10	40.326	38.181	37.194	1	1	1	1
		25	40.312	38.191	37.923	1	1	1	1

หมายเหตุ station เทียบตำแหน่งจากรูปที่ 33 ผังแสดงท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะ คือระยะที่วัดจาก station ต่างๆ ระดับผิวดิน คือ ระดับผิวดินเหนือท่อระบายน้ำ

ท้องท่อที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านซ้าย และท่อที่อยู่รอบในของมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านขวา

ตารางที่ ค-1 แสดงระดับของท่อระบายน้ำ และขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

STATION	FROM	ระยะ	ระดับผิวดิน	ระดับท้องท่อซ้าย	ระดับท้องท่อขวา	ϕท่อเข้าซ้าย	ϕท่อออกซ้าย	ϕท่อเข้าขวา	ϕท่อออกขวา
3+800	3+800	0	40.207	38.242	38.112	1	1	1	1
		25	40.195	38.316	38.209	1	1	1	1
		90	40.167	38.326	38.217	1	1	1	1
3+900	3+900	0	40.158	38.346	38.235	1	1	1	1
4+000	4+000	0	40.187	38.278	38.334	1	1	1	1
		10	40.171	38.358	38.473	1	1	1	1
		90	40.16	38.445	38.488	1	0.8	1	1
4+100	4+100	0	40.152	38.448	38.512	0.8	0.8	1	1
		20	40.146	38.452	38.538	0.8	0.8	1	1
		50	40.146	38.461	38.437	0.8	0.8	1	1
		95	40.145	38.456	38.432	0.8	0.8	1	1
4+200	4+200	0	40.151	34.438	38.425	0.8	0.8	1	1
		25	40.144	38.414	38.428	0.8	0.8	1	1
		30	40.146	38.405	38.454	0.8	0.8	1	1
		65	40.151	38.443	38.481	0.8	0.8	1	1
4+300	4+300	0	40.099	38.395	38.323	0.8	0.8	1	1
		10	40.102	38.367	38.28	0.8	0.8	1	1
		70	40.106	38.363	38.391	0.8	0.8	1	1
		90	40.106	38.336	38.388	0.8	0.8	1	1
4+400	4+400	0	40.106	38.336	38.372	0.8	0.8	1	1
		55	40.109	38.319	38.383	0.8	0.8	1	1
		65	40.106	38.304	38.386	0.8	0.8	1	1
		75	40.102	38.295	38.387	0.8	0.8	1	1
4+500	4+500	0	40.112	38.308	38.387	0.8	0.8	1	1
		25	40.119	38.328	38.388	0.8	0.8	1	1
		70	40.12	38.332	38.425	0.8	0.8	1	1
		90	40.125	38.333	38.402	0.8	0.8	1	1
4+600	4+600	0	40.125	38.325	38.394	0.8	0.8	1	1
		70	40.118	38.317	38.398	0.8	0.8	1	1

หมายเหตุ station เทียบตำแหน่งจากรูปที่ 33 ผังแสดงท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะ คือระยะที่วัดจาก station ต่างๆ ระดับผิวดิน คือ ระดับผิวดินเหนือท่อระบายน้ำ

ท้องท่อที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านซ้าย และท่อที่อยู่รอบในของมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านขวา

ตารางที่ ค-1 แสดงระดับของท่อระบายน้ำ และขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

STATION	FROM	ระยะ	ระดับผิวดิน	ระดับท้องท่อซ้าย	ระดับท้องท่อขวา	ϕท่อเข้าซ้าย	ϕท่อออกซ้าย	ϕท่อเข้าขวา	ϕท่อออกขวา
4+700	4+700	0	40.109	38.308	38.444	0.8	0.8	1	1
		12.5	40.123	38.342	38.492	0.8	0.8	1	1
		35	40.125	37.981	38.453	0.8	0.8	1	1
		87.5	40.094	38.317	38.398	0.8	0.8	1	1
4+800	4+800	0	40.084	38.342	38.407	0.8	0.8	1	1
		65	40.098	38.35	38.415	0.8	0.8	1	1
4+900	4+900	0	40.279	38.882	38.613	0.8	0.8	1	1
		87.5	40.87	39.01	38.949	0.8	-	1	-
5+000	5+000	-	40.967	-	-	-	-	-	-
5+021.25	5+021.2	-	41.113	-	-	-	-	-	-
0+000	0+000	0	40.48	-	-	-	-	-	-
		80	40.235	-	38.236	-	-	-	1
		95	40.195	38.294	38.255	-	0.8	1	1
0+100	0+100	0	40.185	38.297	38.272	0.8	0.8	1	1
		30	40.15	38.312	38.296	0.8	0.8	1	1
		45	40.142	38.32	39.185	0.8	0.8	1	1
		60	40.145	38.324	39.3	0.8	0.8	1	1
0+200	0+200	0	40.178	38.327	38.3	0.8	0.8	1	1
		25	40.125	38.3	38.253	0.8	0.8	1	1
		70	40.27	38.287	38.128	0.8	0.8	1	1
0+300	0+300	0	40.512	38.488	38.393	0.8	0.8	1	1
		25	40.406	38.555	38.504	0.8	0.8	1	1
		40	40.394	38.595	38.417	0.8	0.8	1	1
		60	40.388	38.504	38.397	0.8	0.8	1	1
0+400	0+400	0	40.375	38.408	38.323	0.8	0.8	1	1
		10	40.384	38.369	38.274	0.8	0.8	1	1
		40	40.38	38.279	38.276	0.8	0.8	1	1
		70	40.366	38.271	38.279	0.8	0.8	1	1

หมายเหตุ station เทียบตำแหน่งจากรูปที่ 33 ผังแสดงท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะ คือระยะที่วัดจาก station ต่างๆ ระดับผิวดิน คือ ระดับผิวดินเหนือท่อระบายน้ำ

ท้องท่อที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านซ้าย และท่อที่อยู่รอบในของมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านขวา

ตารางที่ ค-1 แสดงระดับของท่อระบายน้ำ และขนาดท่อระบายน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

STATION	FROM	ระยะ	ระดับผิวดิน	ระดับท้องท่อซ้าย	ระดับท้องท่อขวา	ϕท่อเข้าซ้าย	ϕท่อออกซ้าย	ϕท่อเข้าขวา	ϕท่อออกขวา
0+500	0+500	0	40.375	38.236	38.249	0.8	0.8	1	1
		15	40.39	38.254	38.255	0.8	0.8	1	1
		60	40.402	38.295	38.269	0.8	0.8	1	1
		70	40.39	38.343	38.282	0.8	0.8	1	1
0+600	0+600	0	40.387	38.314	38.294	0.8	0.8	1	1
		30	40.403	38.444	38.275	0.8	0.8	1	1
		45	40.407	38.342	38.217	0.8	0.8	1	1
		60	40.436	38.274	38.217	0.8	-	1	1
		90	40.515	-	38.124	-	-	1	-
0+700	0+700	0	40.566	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ station เทียบตำแหน่งจากรูปที่ 33 ผังแสดงท่อระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ระยะ คือระยะที่วัดจาก station ต่างๆ **ระดับผิวดิน** คือ ระดับผิวดินเหนือท่อระบายน้ำ

ท้องท่อที่อยู่รอบนอกมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านซ้าย และท่อที่อยู่รอบในของมหาวิทยาลัยเป็นท่อด้านขวา

ภาคผนวก ง
แสดงจำนวนคนในช่วงเวลาต่างๆ และปริมาณการใช้น้ำของอาคารตัวอย่างการศึกษา

ตารางที่ ง-1 ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำแต่ละอาคาร (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร)

(เป็นข้อมูลดิบ ซึ่งได้จากการจดจากมิเตอร์น้ำ)

วัน	อาคารEE	อาคารEN	อาคารCE	อาคารIE	อาคารMAT	อาคารBIO	อาคารCHE	อาคารPHY
3-Nov	639.977	7129.463	4600.485	9084.429	761.872	596.226	510.305	364.586
4-Nov	639.978	7129.461	4602.055	9084.509	762.649	596.655	510.732	365.677
5-Nov	640.636	7129.465	4604.979	9085.659	763.455	596.739	510.735	367.248
6-Nov	640.637	7129.509	4606.464	9090.565	764.298	597.134	510.739	368.328
7-Nov	642.645	7137.589	4606.474	9095.555	765.093	597.516	510.740	369.517
8-Nov	646.645	7145.692	4609.459	9103.223	766.346	597.950	513.039	371.397
9-Nov	648.523	7145.797	4612.47	9108.228	767.956	598.000	513.941	372.347
10-Nov	648.612	7153.415	4614.272	9109.555	768.411	598.060	514.031	373.348
11-Nov	649.256	7153.826	4615.559	9110.433	768.849	598.892	514.248	373.916
12-Nov	650.699	7153.835	4618.668	9112.834	770.112	599.345	515.802	375.006
13-Nov	652.699	7159.526	4620.237	9116.929	771.111	599.779	516.64	376.179
14-Nov	653.921	7162.044	4623.255	9123.765	772.412	600.176	518.323	377.3144
15-Nov	656.790	7162.101	4624.745	9132.383	773.664	600.624	524.819	378.518
16-Nov	658.847	7162.102	4627.826	9137.616	775.558	602.201	540.585	379.465
17-Nov	660.888	7170.180	4629.386	9140.928	775.982	602.202	541.011	380.183
18-Nov	662.904	7170.180	4630.845	9144.259	776.325	603.021	541.419	381.120
19-Nov	664.948	7173.960	4632.38	9147.567	777.475	603.457	542.724	382.817
20-Nov	666.995	7178.354	4637.015	9150.783	778.352	603.940	543.551	384.054
21-Nov	671.145	7182.609	4641.791	9162.284	779.553	604.387	545.269	385.162
22-Nov	671.167	7186.575	4644.842	9172.012	780.940	604.825	546.976	386.205
23-Nov	673.345	7186.610	4647.746	9177.316	782.785	605.046	549.942	387.664
24-Nov	674.314	7195.018	4649.749	9180.087	783.254	605.105	550.594	387.754
25-Nov	674.557	7195.254	4651.581	9182.657	783.856	606.554	550.989	388.045
26-Nov	674.885	7195.286	4654.448	9185.048	784.485	606.952	552.182	389.211
27-Nov	674.905	7196.013	4654.734	9196.010	784.652	607.842	554.082	389.857
28-Nov	675.162	7198.354	4654.782	9200.514	784.752	608.052	554.128	391.125
29-Nov	675.687	7200.047	4655.18	9218.549	786.347	609.942	564.240	396.245
30-Nov	676.326	7202.084	4655.31	9223.065	788.180	610.044	564.454	397.174

30-Nov	676.326	7202.08	4655.31	9223.07	788.18	610.044	564.454	397.174
1-Dec	676.699	7205.69	4657.63	9227.45	788.817	610.055	565.082	398.08
2-Dec	677.224	7205.7	4659.25	9230.73	789.46	610.811	565.42	398.484
3-Dec	678.874	7205.79	4662.08	9233.16	789.97	611.283	567.205	399.471
4-Dec	678.874	7211.38	4663.58	9238.15	791.158	612.347	570.74	401.135
5-Dec	679.05	7213.24	4665.06	9242.23	791.55	612.654	572.354	401.668
6-Dec	680.751	7213.93	4668.25	9244.55	792.478	612.817	573.732	403.993
7-Dec	681.015	7225.34	4668.84	9245.81	792.8	613.146	574.943	406.549
8-Dec	681.245	7225.56	4669.22	9248.04	793	613.484	575.516	408.814
9-Dec	682.057	7225.75	4669.74	9252.35	793.448	613.884	576.264	408.944
10-Dec	682.847	7225.97	4672.49	9252.51	794.076	614.329	577.536	408.972
11-Dec	682.905	7226.98	4674.17	9256.36	795.18	615.05	578.352	409.425
12-Dec	683.235	7230.17	4674.27	9259.85	795.954	615.265	579.54	409.554
13-Dec	683.676	7233.45	4675.53	9262.38	797.505	615.745	582.739	412.959

ตารางที่ ง-2 ตารางแสดงอัตราการใช้น้ำแต่ละอาคาร (หน่วยเป็นลิตร)

(เป็นข้อมูลที่คำนวณจากข้อมูลดิบ)

วัน	อาคารEE	อาคารEN	อาคารCE	อาคารIE	อาคารMAT	อาคารBIO	อาคารCHE	อาคารPHY
4-Nov	1	0	1570	80	777	429	427	1091
5-Nov	658	4	2924	1150	806	84	3	1571
6-Nov	1	44	1485	4906	843	395	4	1080
7-Nov	2008	8080	10	4990	795	382	1	1189
8-Nov	4000	8103	2985	7668	1253	434	2299	1880
9-Nov	1878	105	3011	5005	1610	50	902	950
10-Nov	89	7618	1802	1327	455	60	90	1001
11-Nov	644	411	1287	878	438	832	217	568
12-Nov	1443	9	3109	2401	1263	453	1554	1090
13-Nov	2000	5691	1569	4095	999	434	838	1173
14-Nov	1222	2518	3018	6836	1301	397	1683	1135.4

17-Nov	2041.000	8078.000	1560.000	3312.000	424.000	1.000	426.000	718.000
18-Nov	2016.000	0.000	1459.000	3331.000	343.000	819.000	408.000	937.000
19-Nov	2044.000	3780.000	1535.000	3308.000	1150.000	436.000	1305.000	1697.000
20-Nov	2047.000	4394.000	4635.000	3216.000	877.000	483.000	827.000	1237.000
21-Nov	4150.000	4255.000	4776.000	11501.000	1201.000	447.000	1718.000	1108.000
22-Nov	22.000	3966.000	3051.000	9728.000	1387.000	438.000	1707.000	1043.000
23-Nov	2178.000	35.000	2904.000	5304.000	1845.000	221.000	2965.800	1459.000
24-Nov	969.000	8408.000	2003.000	2771.000	469.000	59.000	652.200	90.000
25-Nov	243.000	236.000	1832.000	2570.000	602.000	1449.000	395.000	291.000
26-Nov	328.000	32.000	2867.000	2391.000	629.000	398.000	1193.000	1166.000
27-Nov	20.000	727.000	286.000	10962.000	167.000	890.000	1900.000	646.000
28-Nov	257.000	2341.000	48.000	4504.000	100.000	210.000	46.000	1268.000
29-Nov	525.000	1693.000	398.000	18035.000	1595.000	1890.000	10112.000	5120.000
30-Nov	639.000	2037.000	130.000	4516.000	1833.000	102.000	214.000	929.000
1-Dec	373.000	3606.000	2320.000	4386.000	637.000	11.000	628.000	906.000
2-Dec	525.000	8.000	1624.000	3276.000	643.000	756.000	338.000	404.000
3-Dec	1650.000	92.000	2828.000	2434.000	510.000	472.000	1785.000	987.000
4-Dec	0.000	5593.000	1496.000	4985.000	1188.000	1064.000	3535.000	1664.000
5-Dec	176.000	1860.000	1477.000	4079.000	392.000	307.000	1614.000	533.000
6-Dec	1701.000	685.000	3190.000	2326.000	928.000	163.000	1378.000	2325.000
7-Dec	264.000	11413.000	596.000	1262.000	322.000	329.000	1211.000	2556.000
8-Dec	230.000	221.000	378.000	2227.000	200.000	338.000	573.000	2265.000
9-Dec	812.000	187.000	522.000	4310.000	448.000	400.000	748.000	130.000
10-Dec	790.000	221.000	2748.000	164.000	628.000	445.000	1272.000	28.000
11-Dec	58.000	1014.000	1679.000	3841.000	1104.000	721.000	816.000	453.000
12-Dec	330.000	3184.000	97.000	3499.000	774.000	215.000	1188.000	129.000
13-Dec	441.000	3278.000	1264.000	2528.000	1551.000	480.000	3199.000	3405.000
ลิตร	43699.000	103985.000	75044.000	177953.000	35633.000	19519.000	72434.000	48373.000
ลิตร/วัน	1092.500	2599.600	1876.100	4448.800	890.800	487.900	1810.900	1209.300

หมายเหตุ : 1. ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมจากมิเตอร์น้ำที่ติดตั้งไว้ที่ตึกที่ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเวลา18.00 น.ของทุกวัน

2. ลิตร หมายความว่า ปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา มี

หมายเหตุ : 1. ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมจากมิเตอร์น้ำที่ติดตั้งไว้ที่ตึกที่ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเวลา 18.00 น.ของทุกวัน

2. ลิตร หมายความว่า อัตราการใช้น้ำทั้งหมดตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา มีหน่วยเป็น ลิตร

3. ลิตร / วัน หมายความว่า อัตราการใช้น้ำทั้งหมดตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ต่อ จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการศึกษา

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ ง-3 จำนวนคนใช้จ่ายน้ำ คณะวิทยาศาสตร์ (คน)

คณิตศาสตร์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	69	69	69	69	69	0	75	420	70
9.00-10.00	69	69	69	69	69	65	75	485	70
10.00-11.00	69	69	69	69	69	65	66	476	68
11.00-12.00	69	69	69	69	69	65	66	476	68
12.00-13.00	69	69	69	69	69	0	0	345	69
13.00-14.00	69	69	69	69	69	75	65	485	70
14.00-15.00	69	69	69	69	69	75	65	485	70
15.00-16.00	69	69	69	69	69	66	64	475	68
16.00-17.00	0	0	123	0	87	66	64	340	85
17.00-18.00	219	162	217	282	287	0	0	1167	234
18.00-19.00	215	279	214	279	199	0	0	1186	238
19.00-20.00	215	279	214	205	199	0	0	1112	223
20.00-21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ชีววิทยา	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
9.00-10.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
10.00-11.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
11.00-12.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
12.00-13.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
13.00-14.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
14.00-15.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
15.00-16.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
16.00-17.00	0	14	0	0	128	0	0	142	71
17.00-18.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

18.00-19.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.00-20.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00-21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เคมี	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
9.00-10.00	15	15	15	15	15	74	0	149	25
10.00-11.00	15	15	15	15	15	74	0	149	25
11.00-12.00	15	15	15	15	15	74	0	149	25
12.00-13.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
13.00-14.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
14.00-15.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
15.00-16.00	15	15	15	15	15	0	0	75	15
16.00-17.00	68	0	0	44	0	0	0	112	56
17.00-18.00	0	0	0	41	0	0	0	41	21
18.00-19.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.00-20.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00-21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ฟิสิกส์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19
9.00-10.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19
10.00-11.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19
11.00-12.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19
12.00-13.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19
13.00-14.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19
14.00-15.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19
15.00-16.00	19	19	19	19	19	0	0	95	19

16.00-17.00	56	65	0	0	0	0	0	121	61
17.00-18.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.00-19.00	0	0	0	0	88	0	0	88	88
19.00-20.00	0	0	0	0	88	0	0	88	88
20.00-21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ง-4 จำนวนคนใช้น้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (คน)

EN	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	517	95	616	40	59	0	0	1327	266
9.00-10.00	667	238	250	280	108	53	110	1706	244
10.00-11.00	277	384	245	270	47	212	230	1665	238
11.00-12.00	167	251	262	191	82	212	230	1395	200
12.00-13.00	0	0	37	0	0	96	0	133	66.5
13.00-14.00	393	201	381	312	226	216	167	1896	271
14.00-15.00	393	178	381	114	226	173	191	1656	237
15.00-16.00	129	256	130	103	125	173	191	1107	159
16.00-17.00	147	109	64	52	185	173	131	861	123
17.00-18.00	143	234	153	145	171	57	78	981	141
18.00-19.00	109	197	242	127	88	57	0	820	118
19.00-20.00	91	25	233	197	73	0	0	619	124
20.00-21.00	17	25	0	166	0	0	0	208	70

CE	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	120	175	116	124	80	0	0	615	123
9.00-10.00	134	207	161	124	100	10	44	780	112
10.00-11.00	133	117	161	203	100	10	84	808	116
11.00-12.00	168	85	222	129	100	0	44	748	125

12.00-13.00	0	80	167	80	80	0	0	407	102
13.00-14.00	133	178	80	80	116	55	49	691	99
14.00-15.00	133	178	203	80	116	55	49	814	117
15.00-16.00	181	263	122	122	84	60	0	832	139
16.00-17.00	84	134	0	42	4	5	0	269	54
17.00-18.00	0	62	0	42	4	0	0	108	36
18.00-19.00	18	31	33	0	22	0	0	104	26
19.00-20.00	18	31	33	0	22	0	0	104	26
20.00-21.00	18	31	33	0	22	0	0	104	26

IE	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	30	20	67	20	20	0	0	157	32
9.00-10.00	30	47	114	20	100	0	0	311	63
10.00-11.00	30	47	67	67	100	0	0	311	63
11.00-12.00	30	47	30	67	110	0	0	284	57
12.00-13.00	20	20	20	20	20	0	0	100	20
13.00-14.00	56	20	58	20	60	0	93	307	52
14.00-15.00	56	39	58	20	157	0	93	423	71
15.00-16.00	29	88	58	20	223	0	93	511	86
16.00-17.00	9	49	0	0	66	0	0	124	42
17.00-18.00	9	49	53	51	66	0	0	228	46
18.00-19.00	0	0	53	51	0	0	0	104	52
19.00-20.00	0	0	53	51	0	0	0	104	52
20.00-21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

EE	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	รวม	เฉลี่ย
7.00-8.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.00-9.00	10	11	11	10	10	0	0	52	11
9.00-10.00	10	56	11	10	29	0	0	116	24

10.00-11.00	30	75	30	70	30	0	0	235	47
11.00-12.00	30	75	30	70	30	0	0	235	47
12.00-13.00	10	10	10	10	10	0	0	50	10
13.00-14.00	30	56	74	70	74	0	0	304	61
14.00-15.00	30	56	74	70	74	0	0	304	61
15.00-16.00	30	56	73	70	74	0	0	303	61
16.00-17.00	0	45	0	19	63	0	0	127	43
17.00-18.00	0	45	0	19	19	0	0	83	28
18.00-19.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.00-20.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00-21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ : 1. ข้อมูลของจำนวนคนใช้ตึกหาได้จากการเก็บข้อมูลจากใบNU 31และตารางการใช้ห้องหาจากตารางเรียนของมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2 / 2545ทั้งภาคปกติและภาคพิเศษ

2. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของแต่ละอาคาร ใช้วิธีจดตัวเลขจากมิเตอร์ ซึ่งแต่ละอาคารที่ศึกษาจะมีถังเก็บน้ำอยู่ที่ดาดฟ้า อาศัยเครื่องสูบน้ำสูบขึ้นไปเก็บจึงไม่สามารถหาปริมาณการใช้น้ำแต่ละช่วงเวลาได้ จึงต้องอาศัยการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 40 วัน

3. การศึกษาข้อมูลการใช้อาคาร หรือคนที่อยู่ในอาคารทำโดยรวบรวมข้อมูลจากการลงทะ เบียนของคณะวิทยาศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์รวมทั้งข้อมูลที่คณะอื่นๆมาใช้อาคารที่ทำการศึกษาจนได้ค่าเฉลี่ยคนที่อยู่ในอาคารอาคารแต่ละช่วงเวลาของวัน

ประวัติย่อของคณะผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ	นายกิตติวัฒน์ คุณานนท์
เกิดวันที่	3 มีนาคม 2523
สถานที่เกิด	ตำบลทับคล้อ อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	45/81 แขวงคลองกุ่ม เขตมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
	พ.ศ.2540 ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน
	พ.ศ.2545 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)
	มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อ	นายธนากร ศังขะกฤษณ์
เกิดวันที่	12 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	เขตพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	6/1 ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์
ประวัติการศึกษา	
	พ.ศ.2541 โรงเรียนอุตรดิตถ์
	พ.ศ.2544 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)
	มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อ	นายพงษ์พินันท์ บูรณะกิติ
เกิดวันที่	8 ตุลาคม 2522
สถานที่เกิด	5 หมู่ 5 ตำบลหนองไผ่ อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	80 หมู่ 8 ตำบลโพธิ์ทอง อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด
ประวัติการศึกษา	
	พ.ศ.2540 โรงเรียนศรีธวัชวิทยาลัย
	พ.ศ.2544 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)
	มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก