การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำ
ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 3

Drainage System Survey and Design for
Naresuan University Area (Area 3)

นายธีระวัฒน์ สุภากาศ รหัส 49360822

นายบดินทร์ ปาลี รหัส 49381735

นายพงศกร ดวงสอน รหัส 49381001

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 1 5072837 e.2
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 3		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีระวัฒน์	สุภากาศ	รหัส 49360822
	นายบดินทร์	ปาลี	รหัส 49381735
	นายพงศกร	ดวงสอน	รหัส 49381001
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์	แทนธานี	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2552		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี)

.....กรรมการ
(ดร. กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร. สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
(ดร. กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 3		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีระวัฒน์	สุภากาศ	รหัส 49360822
	นายบดินทร์	ปาลี	รหัส 49381735
	นายพงศกร	ควงสอน	รหัส 49381001
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์	แทนธานี	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2552		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสำรวจออกแบบท่อระบายน้ำพื้นที่ชุมชนด้านหลังและด้านข้างของมหาวิทยาลัยนเรศวร (พื้นที่ 3) ซึ่งบริเวณพื้นที่ 3 คือ บริเวณด้านข้างมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งหมดจากประตู 4 จนถึงประตูที่ 6 ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งระบายน้ำจากพื้นที่ชุมชนโดยรอบของมหาวิทยาลัยนเรศวร ในการศึกษาประกอบด้วย (1) การสำรวจตำแหน่ง ความยาว ขนาดของหน้าตัด ค่าระดับของท่อระบายน้ำและทิศทางการไหลของน้ำ (2) การคำนวณอัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ เพื่อนำไปออกแบบขนาดท่อระบายน้ำที่เหมาะสม (3) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร และ (4) ประเมินปัญหาและนำเสนอแนวทางปรับปรุงท่อระบายน้ำ

ผลการสำรวจพบว่า การระบายน้ำช่วงพื้นที่ด้านข้างของมหาวิทยาลัยนเรศวรส่วนหนึ่งจะไหลไปพื้นที่การเกษตรทางด้านหลังของมหาวิทยาลัยนเรศวร และอีกส่วนจะไหลไปแนวท่อเลาะริมรั้วไปทางประตู 6 และระบายลงทางระบายน้ำของถนนด้านหน้ามหาวิทยาลัย และไหลลงสู่คลองหนองเหล็กตามลำดับ ขนาดของท่อระบายภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรสามารถรับอัตราการไหลของน้ำฝนที่ 5 ปี แต่จะมีบางช่วงเกิดปัญหามีตะกอนภายในท่อระบายน้ำ มีกลิ่นเหม็นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำความสะอาดท่อระบายน้ำ ส่วนในจุดที่มีปัญหาในการวางท่อที่ไม่ได้ระดับในช่วง BM 4 – BM 6 ต้องมีการวางท่อระบายใหม่ในเพื่อแก้ไขปัญหาทิศทางการไหลของน้ำ

Project title	Drainage System Survey and Design for Naresuan University Area (Area 3)		
Name	Mr. Therawat	Supakat	ID. 49360822
	Mr. Bordin	Phalee	ID. 49381735
	Mr. Pongsakorn	Duongsorn	ID. 49381001
Project advisor	Assc. Prof. Dr. Sarintip Tantanee		
Major	Civil Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2009		

Abstract

This project is to study the drainage system of the surrounding area of Naresuan University (area 3). The study is the area along road from gate No. 4 to gate No. 6 , which obtains the drainage discharge from surrounding community. The study consists of (1) the survey of locations , length , cross-sections , level and flow direction of drainage pipeline. (2) the analysis of drainage flowrate and the appropriate size of drainage pipe. (3) drainage performance evaluation over the study area and (4) recommendation for drainage system improvement.

The results show that the flow of excess water from the area from gate No. 4 to gate No. 6 is separated into 2 parts; a part drains to the agriculture area at the back of the university and another part flows along the university's fence to Gate No. 6 and drains to the drainage system of the street in the front of the university which finally drains to Nong Lek canal. The capacity of drainage pipe over the study can support the flowrate of 5 year return period rainfall intensity. There are some problems of sedimentation occurred along the pipeline which causes the bad smell, so the regularly pipe cleaning is needed. Between the control point of BM4 - BM6, there is the problem of the fluctuate on the leveling of the pipeline which causes the water cannot be drained effectively, therefore, the pipelines need to be reconstructed.

กิตติกรรมประกาศ

ที่โครงงานนี้สำเร็จได้ ทางคณะผู้ดำเนินงาน ต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี ที่ปรึกษาโครงงานสำหรับการให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการต่างๆ และข้อมูล กระทั่งทางคณะผู้จัดทำสามารถทำโครงงานนี้จนสำเร็จสิ้นโดยดี

ขอขอบพระคุณครูช่างของคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่มีความอนุเคราะห์ให้ยืมอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยครั้งนี้ อาทิเช่น กล้องระดับ ไม้สต๊าฟ เทปวัดระยะ ค้อนตะปู เป็นต้น

ขอขอบพระคุณพี่วิศวกรประจำมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อนุเคราะห์ให้แผนที่ของมาหาวิทยาลัยนเรศวร

ขอขอบพระคุณคณะท่านอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร และอาจารย์พิเศษทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ทางคณะผู้ดำเนินงาน

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาและผู้ปกครอง ที่ให้การอุปการะ ทั้งด้านการเงินและทางด้านจิตใจ จนกระทั่งทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายธีระวัฒน์ สุภากาศ
นายบดินทร์ ปาลี
นายพงศกร ดวงสอน
มีนาคม 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน..... 1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี..... 4
2.1 สภาพภูมิอากาศ.....4
2.2 ปริมาณน้ำฝนไหลนอง.....4
2.3 ฝน..... 5
2.4 รูปแบบของฝน.....5
2.5 ความเข้ม ความนาน ความถี่ของฝน.....7
2.6 การคำนวณปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร.....8
2.7 เวลาน้ำไหลนอง.....11
2.8 การตรวจสอบทางด้านชลศาสตร์.....14
2.9 อัตราการไหลของปริมาตร.....14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 15

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 15

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง 15

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 16

4.1 รายละเอียดการสำรวจข้อมูล 16

4.2 สภาพทางกายภาพของพื้นที่ 16

4.3 การคำนวณอัตราน้ำฝนในพื้นที่ 17

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของท่อเดิม 19

4.4 การคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ 20

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 21

5.1 สรุปผลวิจัยทางกายภาพ 21

5.2 ข้อเสนอแนะ 21

เอกสารอ้างอิง 22

ภาคผนวก ก. รูปภาพของบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 1 23

ภาคผนวก ข. ข้อมูลค่าระดับท่อและ Profile ท่อ 29

ภาคผนวก ค. ตารางรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำและตัวอย่างการคำนวณ 45

ภาคผนวก ง. ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ 56

ประวัติผู้เขียน 61

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 แผนการศึกษาโครงงาน.....2

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อย.....8

4.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบขนาดท่อจริงและขนาดท่อจากการคำนวณ.....19

4.2 ตัวอย่างอัตราการไหลที่ท่อรับได้กับอัตราการไหลจากการคำนวณ..... 20

ข.1 ตารางแสดงข้อมูลค่าระดับท่อ..... 29

ค.1 ตารางแสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ..... 45

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะฝนที่ตกตามปกติ....6

2.2 กราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก....10

ก.1 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร....24

ก.2 .แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร....24

ก.3 แสดงพื้นที่บริเวณถนนทางโค้งประตู 4 มหาวิทยาลัยนเรศวร....25

ก.4 แสดงพื้นที่บริเวณถนนทางแยกแสงพรมแลนด์ NUพลาซ่า มหาวิทยาลัยนเรศวร....25

ก.5 แสดงหมุด BM 1 บริเวณถนนประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร....26

ก.6 แสดงหมุด BM 3 บริเวณทางเข้า NUพลาซ่า มหาวิทยาลัยนเรศวร....26

ก.7 แสดงหมุด BM 4 บริเวณทางเข้าประตู 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร....27

ก.8 แสดงหมุด BM 5 บริเวณก่อนถึงประตู 4 มหาวิทยาลัยนเรศวร....27

ก.9 แสดงหมุด BM 6 บริเวณประตู 4 มหาวิทยาลัยนเรศวร....28

ก.10 แสดงการเปิดฝาท่อเพื่อวัดหาความลึกและสภาพภายในท่อของพื้นที่ 3....28

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

Q = ปริมาณน้ำไหลนองสูงสุดหรือการออกแบบอัตราระบายน้ำ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (Coefficient of Runoff)

I = ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำฝน มีหน่วยเป็นตารางเมตร

t_c = เวลาน้ำไหลเข้าท่อ (Inlet Time) มีหน่วยเป็นนาที

S = ความลาดชันท่อออกแบบ

P = เส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter) มีหน่วยเป็นเมตร

R = รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius) = A/P มีหน่วยเป็นเมตร

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

= 0.016 – 0.018 สำหรับท่อคอนกรีต

= 0.025 สำหรับคลองดิน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

สืบเนื่องมาจากมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่างและได้มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจรอบๆ มหาวิทยาลัย โครงสร้างอาคารต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการปรับพัฒนาพื้นที่ทั้งภายในและรอบๆ มหาวิทยาลัย ซึ่งในการพัฒนานั้นจะประกอบไปด้วยสิ่งก่อสร้างต่างๆ มากมาย เช่น ร้านค้า อาคารบ้านเรือน หอพักอาศัย ตึกเรียน ถนน ฯลฯ ซึ่งสิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่กล่าวมานี้ล้วนแล้แต่ส่งผลกระทบต่อการระบายน้ำของผิวดิน เนื่องจากสิ่งก่อสร้างต่างๆ เหล่านี้ปกคลุมผิวดินเดิม ทำให้ผิวดินเดิมมีพื้นที่ในการดูดซึมน้ำลดลงและเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง รวมไปถึงปริมาณน้ำเสียจากบริเวณรอบๆ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการระบายน้ำเหล่านี้ออกจากพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร รวมถึงบริเวณรอบๆ มหาวิทยาลัย เพื่อป้องกันการท่วมขังของน้ำ โดยการสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำให้สามารถระบายน้ำออกไปได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 3

1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงระบบระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวรให้ดีขึ้น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 พัฒนาศักยภาพในการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำด้วยท่อระบาย

1.3.2 วางระบบท่อระบายน้ำที่เหมาะสมในการระบายน้ำที่ท่วมขังในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 การสำรวจพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 3

1.4.2 ออกแบบคำนวณระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 3

1.4.3 ศึกษาลักษณะพื้นที่ พื้นที่รับน้ำ ความเป็นไปได้ในการระบายน้ำตามสภาพทางภูมิประเทศ

1.4.4 นำข้อมูลจากการศึกษาขั้นต้นทั้งหมด มาวิเคราะห์ และคำนวณโดยใช้ทฤษฎีต่างๆ เพื่อทำการออกแบบระบบระบายน้ำ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ จากแผนที่ เช่น สภาพพื้นที่ ค่าระดับ

1.5.2 ทำการสำรวจภาคสนาม เช่น การหาค่าระดับของท่อระบายน้ำ ความลาดของพื้นที่ แนวท่อ ระดับถนน สภาพภายในของท่อระบายน้ำ

1.5.3 ทำการศึกษาทฤษฎี การวิเคราะห์ปริมาณน้ำ และการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งศึกษาปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

1.5.4 ออกแบบคำนวณระบบระบายน้ำให้มีความเหมาะสมต่อสภาพทางภูมิประเทศ

1.5.5 วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้ รวมถึงการเสนอแนวทางการปรับปรุงพัฒนาระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน					หมายเหตุ
	พ.ย. 52	ธ.ค. 52	ม.ค. 53	ก.พ. 53	มี.ค. 53	
1.ศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบระบายน้ำ	←					
2.ทำการสำรวจภาคสนามจากพื้นที่ที่ได้รับมอบหมายเพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ		←	→			
3.ออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำ			←	→		
4.วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการคำนวณออกแบบ				←	→	
5.สรุปจัดทำรายงาน เตรียมนำเสนอผลงาน					↔	

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าวัสดุสำนักงาน	700 บาท
2. ค่าถ่ายเอกสาร	300 บาท
3. ค่าล้างอัดรูป	200 บาท
4. ค่าพิมพ์แบบแผนที่	100 บาท
5. ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	600 บาท
6. ค่าจัดทำรูปเล่ม	1100 บาท
รวมเป็นเงิน	3000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

การศึกษาการระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรสิ่งที่จะต้องพิจารณา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งทางอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา หลายประการอันได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลการวิเคราะห์สภาพฝน ปริมาณน้ำที่ระบายลงสู่คลองระบายน้ำ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมานั้นจะนำมาใช้พิจารณาว่า การระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรมีการระบายน้ำเหมาะสมเพียงใด

2.1 สภาพภูมิอากาศ

2.1.1 สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก อาจวัดได้ในลักษณะแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู เขตร้อนชื้น ปริมาณและการกระจายตัวของฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ (ระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม) และลมตะวันตกเฉียงเหนือ (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน – เมษายน) โดยจะนำเอาอากาศหนาวแห้งแล้งมาให้

2.1.2 สภาพฝน

การศึกษาสภาพฝนตก ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่า ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดพิษณุโลกอยู่ในระดับปานกลาง แต่ในบางปี จะมีปริมาณน้ำฝนตกสูงมากบ้าง

2.2 ปริมาณน้ำฝนไหลนอง

การประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองเพื่อประกอบการออกแบบระบบท่อระบายน้ำกระทำได้ยากมาก ด้วยสาเหตุหลายประการ อัตราและปริมาณน้ำฝนเองที่มีที่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกฤดูและทุกปี ประการต่อไปได้แก่ พื้นที่ผิวที่ฝนตกลงไปนั้นมีขีดความสามารถในการอุ้มน้ำ (retention) และให้น้ำซึมลงดิน (infiltration) ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับต้นไม้ใบหญ้าและพื้นที่ผิวคอนกรีตหรือวัสดุอื่นๆ ที่ซึมลงไม่ได้ ฯลฯ ว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใด โดยปกติปริมาณน้ำไหลนองเท่ากับปริมาณน้ำฝน ลบด้วยปริมาณน้ำซึมลงดิน และปริมาณน้ำที่ระเหยทั้งโดยธรรมชาติและผ่านต้นไม้ (evaporation and evaportranspiration) รวมทั้งส่วนที่ถูกกักเก็บเอาไว้ในผิวดิน ในแอ่ง ในส่วนพื้นที่ลุ่ม ฯลฯ ดังนั้นสภาพพื้นที่ผิวและใต้พื้นที่ผิว (subsurface) ทั้งในรูปธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น มีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลนองมาก

หลักการในการประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองมีอยู่สองแนวความคิดด้วยกัน ในหลักการแรกกำหนดปริมาณน้ำไหลนองมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนโดยตรง โดยให้เป็นสัดส่วนกับปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่ที่คำนึงถึง ส่วนในแนวความคิดที่สองจะประมาณน้ำไหลนองโดยคิดหักปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มไว้ในดิน ในพืชและระหว่างการไหลออกจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ในวิธีแรกซึ่งนิยมเรียกว่า วิธีเรชันแนล หรืออาร์เอ็ม (Rational Method R.M.) ได้ใช้กันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2432 และยังเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายในปัจจุบัน แม้จะเป็นวิธีที่ประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงก็ตาม ส่วนในแนวความคิดที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้คำนวณหาปริมาณน้ำไหลนองที่แม่นยำขึ้น วิธีที่สองนี้มีผลสืบเนื่องไปยังการก่อสร้างท่อระบายน้ำให้ถูกต้องในเชิงเศรษฐศาสตร์มากยิ่งขึ้นด้วย

2.3 ฝน

เมื่อเกิดฝนตกขึ้น ฝนนี้มักจะไม่ตกลงบนพื้นที่ขนาดใหญ่ด้วยความเข้มของฝน (rainfall intensity) และความนานของฝน (duration) ที่เท่ากันตลอดเวลา ในบางท้องที่อาจมีฝนเข้มมากหรือฝนตกหนักและนาน ในขณะที่บางท้องที่จะมีฝนเบาและตกในช่วงสั้นๆ หรืออาจไม่มีฝนเลยก็ได้ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วฝนที่ตกเป็นห่าใหญ่มักจะตกเพียงในช่วงสั้นๆ ยกเว้นจะเป็นฝนที่ตกเห็นห่าใหญ่ในรอบหลายๆ ปี ซึ่งในกรณีนี้อาจเป็นฝนที่ตกหนักและนานได้ และฝนในประเภทหลังนี้ทางวิศวกรพึงระวังอันตรายจากการที่ระบายน้ำไม่ทันและเกิดปัญหาน้ำท่วมขึ้น

2.4 รูปแบบของฝน

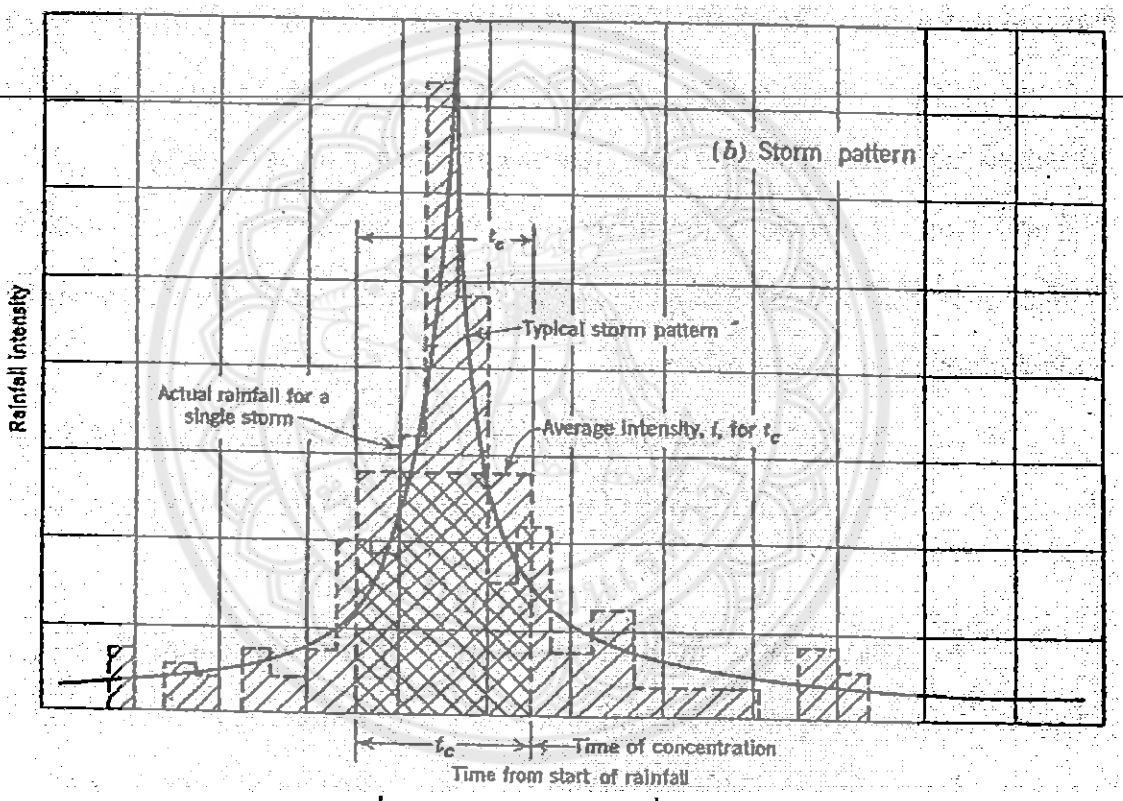
ในสถานที่หนึ่งๆ โดยปกติเมื่อฝนห่าหนึ่งๆ เริ่มตก จะตกด้วยอัตราความเข้มต่ำและเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงจุดๆ หนึ่ง จะได้ฝนที่ความเข้มสูงสุด หลังจากจุดนี้ไปแล้วฝนจึงเริ่มซาเม็ดลงจนถึงจุดฝนหยุดในที่สุด ลักษณะฝนที่ตกปกติแสดงได้ดังรูป 2.1

จากรูปดังกล่าว เห็นได้ว่าเวลาที่ฝนตกจริงจะยาวนาน นอกจากนี้ในช่วงต้นๆ และหลังๆ ของห่าหนึ่งๆ มีความเข้มของฝนเบาบางมาก ซึ่งฝนเบาบางในลักษณะนี้ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลนองอย่างมีนัยสำคัญเลย จึงกำหนดให้คำนึงถึงเฉพาะช่วงเวลาที่ฝนจะมีผลกระทบต่อการระบายน้ำเท่านั้น ซึ่งในกรณีนี้ขอเรียกว่า " ช่วงเวลานับว่าฝนตก " (time of concentration, t_0) พึงระวังไว้ว่าเวลานับว่าฝนตก (t_0) นี้ไม่ใช่เวลาที่ฝนตกจริงๆ แต่จะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริงส่วนจะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนแต่ละท้องถิ่น ฝนในแต่ละฤดู และฝนในแต่ละปี

ในช่วงเวลานับว่าฝนตก (t_0) นี้มีอัตราความเข้มของฝนแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและรูปแบบของฝนนั้นๆ การที่จะบ่งบอกว่าฝนห่าหนึ่งตกด้วยความเข้มห่าเท่ากับความเข้มสูงสุด

อันหาได้จากรูปแบบของฝน ย่อมไม่ตรงกับความเป็นจริง และให้ค่าความเข้มของฝนห่านี้สูงเกินไป ทางที่ถูกคือ ต้องแสดงระดับความเข้มของฝนห่านี้เท่ากับความเข้มเฉลี่ยของฝน ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของฝนห่านั้นหารด้วยเวลาที่นับว่าฝนตก อันมีผลกระทบในทางปฏิบัติหรือ t_0 นั่นเอง

ด้วยวิธีนี้ จะแสดงลักษณะของฝนห่าหนึ่งๆ ได้อย่างเด่นชัดขึ้นว่าตกด้วยความเข้มเท่าใดและนานเท่าใด ทั้งนี้อย่างมีนัยสำคัญในทางผลกระทบที่จะตามมา แต่ผู้ออกแบบระบบระบายน้ำต้องระลึกไว้เสมอว่าความเข้มและความนานของฝนที่ว่านี้เป็นลักษณะของฝนห่าหนึ่งเท่านั้น มิใช่เป็นอัตราการไหลนองที่จะไหลเข้าสู่ท่อระบายน้ำ ซึ่งต้องคำนึงถึงในการออกแบบ



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะฝนที่ตกตามปกติ

2.5 ความเข้ม ความนาน ความถี่ของฝน

โดยปกติทางธรรมชาติ ฝนที่ตกหนักมักจะตกในช่วงเวลาสั้นๆ ในทางกลับกันฝนที่ตกเบาบางมักตกเป็นระยะเวลานาน ความสัมพันธ์ของความเข้มเฉลี่ยของฝนกับความนานของเวลาที่นับว่าฝนตก (t_0) ความสัมพันธ์ของฝนในลักษณะนี้จะต้องสร้างขึ้นสำหรับเฉพาะแห่ง เช่น ท่อมีอายุการใช้งานเพียง 5 ปี สำหรับฝนความถี่ 100 ปี แม้ว่าโอกาสเกิดฝนลักษณะนี้จะเป็นไปได้ก็ตาม แต่โครงสร้างสำหรับท่อระบายน้ำของฝนความถี่ 100 ปี จะมีขนาดใหญ่มาก และคงไม่คุ้มทุนที่จะออกแบบให้ใช้งานได้เพียง 5 ปี เพราะในช่วง 5 ปีนี้ ฝนความถี่ 100 ปี อาจจะยังไม่เกิดขึ้นเลยก็ได้

ความเข้มฝนของแต่ละพื้นที่ย่อมไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับความถี่ และระยะเวลาที่ฝนตก ซึ่งในบางพื้นที่อาจมีฝนตกหนักและนาน แต่บางพื้นที่อาจมีฝนตกเบาบางและใช้เวลาสั้นๆ

เนื่องจากความเข้มข้นของฝนมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการไหลนองของน้ำและการระบายน้ำ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝนในช่วงเวลาต่างๆ สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝนและช่วงความถี่ของฝน

ซึ่งเมื่อกำหนดรอบของการเกิดซ้ำในแต่ละรอบปีแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไป plot ลงบนกราฟ log – log จะได้ Rainfall Intensity – Duration – Frequency Curve ของฝนนี้ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาปริมาณฝนในสูตร Rational Method (R.M.) ได้ต่อไป (ดังกราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกรูปที่ 2.2)

(1) คาบความถี่การเกิดซ้ำของน้ำฝนที่ใช้ในการออกแบบ

ความถี่ของฝนที่ใช้ในการออกแบบ ใช้เกณฑ์ดังนี้

การตรวจสอบท่อระบายน้ำเดิม และการออกแบบท่อระบายน้ำได้ทำการออกแบบให้สามารถระบายน้ำฝนที่ความถี่ของการเกิดซ้ำ 5 ปี

(2) คาบเวลาและความเข้มของฝนที่ใช้คำนวณ

สูตร

$$t_c = t_0 + t_{pipe}$$

เมื่อ t_c = เวลาในการรวมตัวของน้ำท่า มีหน่วยเป็นนาที

t_0 = เวลาในการไหลของน้ำบนผิวดิน มีหน่วยเป็นนาที

t_{pipe} = เวลาในการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นนาที

$$t_0 = (1.8(1.1-c)L^{0.50}) / S^{0.33}$$

เมื่อ S = ความลาดของพื้นที่

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล

L = ความยาวจากพื้นที่ระบายน้ำถึงท่อ มีหน่วยเป็นเมตร

เมื่อได้คาบเวลาแล้ว สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝนออกแบบ โดยใช้ความสัมพันธ์ของความเข้มกับช่วงเวลา และความถี่ของฝน

2.6 การคำนวณปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q = 0.278CIA$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C = สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า

I = ความเข้มข้นของฝน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ระบายน้ำ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

ทั้งนี้ สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า สำหรับพื้นที่รับน้ำย่อยในแต่ละแห่ง ได้เลือกใช้จากตาราง 2.1 ตามลักษณะของพื้นที่ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามในปัจจุบัน

เนื่องจากพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรส่วนใหญ่มีพื้นที่หลากหลายลักษณะทั้ง คอนกรีต พื้นที่เป็นสนามหญ้า ป่ารกล้าง ฯลฯ ดังนั้นคณะจัดทำได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าจากการแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ และกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองออกตามแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อย

ชนิดของการใช้พื้นที่	สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า, C
พาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.55 – 0.70
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.45 – 0.55
ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	0.30 – 0.45
สถานที่ราชการ สถาบัน และอุตสาหกรรม	0.40 – 0.70
สวนสาธารณะ พื้นที่เกษตรกรรมและที่ว่างเปล่า	0.20 – 0.30

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า ใช้ค่าเฉลี่ยตามสภาพการใช้พื้นที่

วิธีอาร์เอ็มนี้ใช้ประมาณอัตราน้ำไหลนองให้ถูกต้องแม่นยำได้ไม่ดีนัก จะใช้ได้ดีก็เฉพาะกับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็กๆ และเมื่อนำไปใช้อย่างมีความเข้าใจถูกต้องเท่านั้น ซึ่งต้องตระหนักให้ดีว่า วิธีอาร์เอ็มนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่สำคัญ 4 ประการ คือ

(ก) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองเป็นค่าคงที่

ค่า C นี้แม้จะเป็นค่าคงที่สำหรับลักษณะพื้นที่ขนาดเล็กหนึ่งๆ ในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ ก็ตาม ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1 แต่เมื่อพิจารณาพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่ขึ้นไปแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์นี้จะแปรผันไปได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้นว่ามีความสามารถในการไหลนองอย่างไร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองนี้เป็นค่าคงที่ได้ก็เฉพาะสำหรับพื้นที่หนึ่งๆ ในภาวะหนึ่งๆ เท่านั้น ในบริเวณที่มีขอบเขตจำกัดและมีข้อมูลพื้นที่ผิวรวมทั้งใต้พื้นที่ผิวดินดีเพียงพอ เราอาจทดลองหาค่า C ของบริเวณนั้นๆ ได้โดยไม่ยากนัก แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือเมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีพื้นที่หลายลักษณะประกอบเข้าด้วยกัน ค่า C นี้จะมีการแปรผันได้มาก ดังนั้นการที่จะกำหนดค่า C ให้เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ ได้แม่นยำจึงกระทำได้ยาก แต่ในทางปฏิบัติ ในวิธีอาร์เอ็ม จำต้องกำหนดค่าคงที่ C นี้ขึ้นมาสำหรับการคำนวณหาอัตราการไหลนอง ค่า C กำหนดให้เป็นค่าคงที่นี้สามารถมีความคลาดเคลื่อนได้มาก ซึ่งนั่นก็หมายถึงการคำนวณขนาดท่อระบายน้ำและงบประมาณค่าลงทุนจะผิดตามไปด้วย

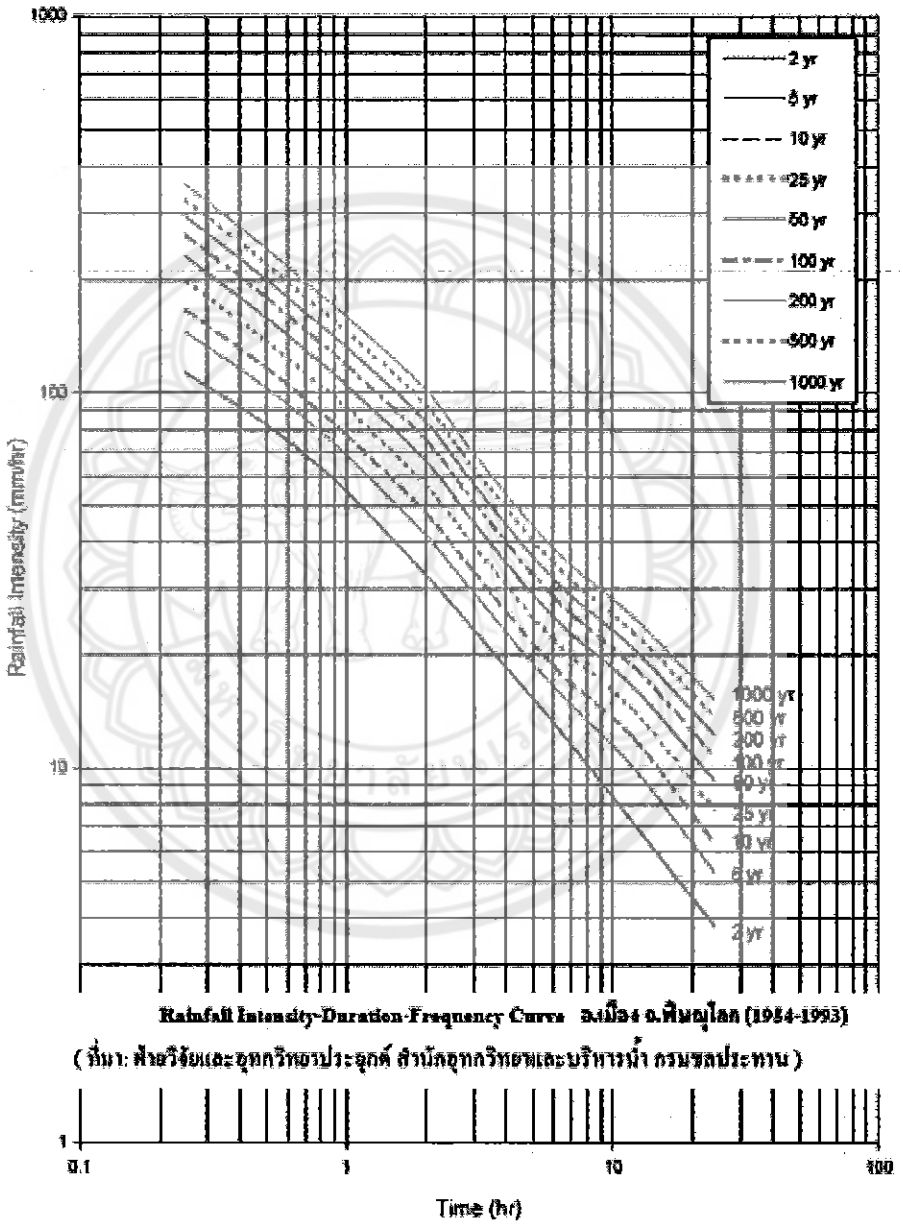
(ข) อัตราไหลนองสูงสุดที่จุดใดๆ (Q) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มเฉลี่ยของฝนที่ตก (I) และไหลมาจนถึงจุดนั้นๆ

นั่นคือค่า Q จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า I จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าอัตราสูงสุดของฝนห่าหนึ่งๆ มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของฝนห่านั้นๆ ได้มาก แต่ถ้ากำหนดให้อัตราน้ำไหลนองสูงสุดเป็นสัดส่วนกับอัตราสูงสุดของฝน ก็จะไม่ตรงกับความเป็นจริงเพราะฝนสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ เพียงจุดหนึ่งเท่านั้น ในขณะที่น้ำไหลนองเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่นานกว่าช่วงเวลาที่เกิดอัตราเฉลี่ยของฝนในช่วง (t_c) นั้นๆ เท่านั้น ซึ่งแน่นอนที่สมมติฐานนี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อน แต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่น่าจะยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

(ค) เวลานับว่าฝนตก (t_c) ให้ถือว่าเท่ากับเวลาที่น้ำไหลนองก่อตัวเป็นรูปร่างและไหลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบายน้ำมายังจุดที่กำลังพิจารณาหรือออกแบบ

สมมติฐานข้อนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันมาก เพราะไม่มีข้อพิสูจน์อย่างแน่ชัดว่าเป็นจริงตามนี้ และต้องเข้าใจว่าจุด "ไกลที่สุด" ในกรณีนี้หมายถึงทางด้านเวลาในการไหลนองของน้ำบนพื้นผิวที่ระบายมาเข้าท่อ และไหลตามท่อต่อมายังจุดที่คำนึง ไม่ใช่ระยะทาง กล่าวคือขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหลของน้ำไหลนองบนผิวดินและการไหลในเส้นท่อระบายน้ำด้วย ถ้าระยะทางสั้นแต่ไหลช้าก็อาจมีค่า t_c มากกว่า t_c ในกรณีที่ระยะทางยาวแต่ไหลเร็วได้ นอกจากนี้การไหลนองของการระบายน้ำของพื้นที่ระบายขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อยกว่าการไหลนองของพื้นที่ขนาดใหญ่ นั่นหมายความว่าในพื้นที่ระบายน้ำเล็กจะมีค่า t_c ต่ำและมีความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า I สูงนั่นเอง

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง พื้นที่ระบายน้ำยิ่งมีขนาดใหญ่จะยิ่งมีค่า I ลดลง ซึ่งนั่นก็ควรสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ เพราะฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งจะไม่ครอบคลุม ยกตัวอย่าง เช่น ฝนที่ตกลงบนท้องที่หนึ่งๆ เช่น ในอำเภอเมือง หรือบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร อาจตกไม่พร้อมกัน หรือถ้าตกพร้อมกันฝนนี้ก็มีความเข้มสูงกว่าห่าเดียวกันนี้เมื่อเทียบนับเฉลี่ยเป็นฝนของทั้งจังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 2.2 กราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

ที่มา: ฝ่ายวิจัยและอุทกวิทยาประยุกต์ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน

ในวิธีอาร์เอ็ม จะต้องระลึกเสมอว่าค่าความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า I ไม่มีความสัมพันธ์แบบ time sequence relation กับรูปแบบฝนที่ตกลงมาจริงๆ ในฝนห่าหนึ่งๆ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า I กับค่า t_c ที่ใช้ในการประมาณอัตราการไหลนองของวิธีนี้ไม่ใช่ time sequence curve ของฝนนั้นด้วย กล่าวคือ เมื่อฝนห่าหนึ่งๆ ตกลงมา จะไม่มีทางทราบได้ว่าจะเกิดช่วงเวลา t_c อันก่อให้เกิดเป็นความเข้มเฉลี่ยของฝนที่เวลาใด นับจากฝนเริ่มตกเพราะค่า I และรูปแบบของฝนไม่มีความสัมพันธ์แบบสืบเนื่องต่อกันและก็ไม่มีความจำเป็นใดๆ ทั้งสิ้น เวลาน้ำไหลเจิ่งนองเพื่อวิ่งเข้าท่อรวมทั้งไหลตามท่อมายังจุดที่คำนึงต้องมีค่าเท่ากับ t_c โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าฝนห่าหนึ่งๆ ไม่อยู่กับที่และมีอัตราการเคลื่อนตัวของมวลฝนหรือเมฆผ่านบริเวณพื้นที่ระบายน้ำไปทางต้นน้ำหรือขวางกับทิศทางการไหลนองอย่างรวดเร็ว ในกรณีนี้เวลาที่อัตราการไหลนองสูงสุดจะก่อตัวและไหลมาถึงจุดที่พิจารณาจะนานกว่าค่า t_c ในกรณีปกติได้มาก

หากละเลยความข้อนี้ จะประเมินผลกระทบของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้าจะเกิดการไหลนองและซึมลงดินอย่างผิดพลาด ซึ่งทำให้การใช้สูตรอาร์เอ็มไม่ตรงกับแนวความคิดดั้งเดิม อนึ่งสมมติฐานข้อนี้ แม้จะมีแนวเหตุผลที่เป็นไปได้ แต่ก็ไม่มีสิ่งใดๆ มายืนยันแนวความคิดนี้ได้ว่าถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดที่คำนวณได้จึงอาจผิดแผกไปจากความจริงได้

(ง) ความถี่ของอัตราน้ำไหลนองสูงสุดเท่ากับความถี่ของฝนที่ความเข้มเฉลี่ยนั้นๆ สมมติฐานข้อนี้ก็เช่นกัน แม้จะมีแนวความคิดของ "ความควรเป็น" มาสนับสนุน แต่ก็ไม่สามารถยืนยันให้เป็นที่แน่ชัดได้ว่าจะเป็นเช่นนี้เสมอ

จากการวิเคราะห์สมมติฐานเหล่านี้ เห็นได้ว่าวิธีอาร์เอ็มนี้ยังมีช่องโหว่ในแนวความคิดและเหตุผลที่จะมาสนับสนุนอยู่มาก อย่างไรก็ตามพบว่าวิธีนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากสำหรับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก ที่มา (มณฑา, วิภาค และ บรรจบ, 2540)

2.7 เวลาน้ำไหลนอง

เวลาน้ำไหลนองจากบริเวณที่ไกลที่สุดมาเข้าท่อและวิ่งในท่อมายังจุดที่พิจารณา กำหนดให้เป็น t_c ซึ่งให้เท่ากับเวลาที่นับว่าฝนตกด้วย เวลาที่วิ่งในเส้นท่ออาจคำนวณหาได้โดยสูตรทางชลศาสตร์ ส่วนเวลาไหลนองบนพื้นดินจนกว่าจะเข้ามายังจุดเข้าท่อ (intel) นั้น คำนวณหาได้ยากเพราะขึ้นอยู่กับ

(ก) ความลาดของพื้นที่ผิว

(ข) ลักษณะปกคลุมของพื้นผิวนั้นๆ (เป็นหญ้า ต้นไม้ ดินธรรมชาติ คอนกรีต ลูกรัง)

(ค) ระยะทางที่น้ำวิ่งก่อนถึงจุดเข้าท่อ

(ง) ระยะห่างระหว่างจุดให้น้ำเข้าท่อ

(จ) ปัจจัยอื่นๆ อีก ที่อาจได้รับผลกระทบจากความเข้มและความนานของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้านี้ เช่น ความอิ่มน้ำของใต้ผิวดิน การซึมลงดิน การอุ้มน้ำของดิน เป็นต้น

แต่โดยปกติถ้าฝนมีความเข้มสูงมักมีเวลาวิ่งเข้าท่อสั้น เวลาไหลนองจะสั้นที่สุดสำหรับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก มีแนวระบายน้ำกว้าง ชัน และมีพื้นที่ผิวที่ราบเรียบ และจะเนิ่นนานออกไปถ้าพื้นที่ผิวมีดินแห้ง พื้นผิวไม่สม่ำเสมอ มีพืชหญ้าปกคลุมมาก และมีการกักน้ำตามแอ่งหรือบริเวณที่ลุ่มต่างๆ

ในการออกแบบอาจเลือกใช้เวลาวิ่งเข้าท่อในช่วง 5 – 30 นาที (นิยมใช้ 5 – 15 นาที) สำหรับกรณีทั่วๆ ไป ในกรณีพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนามามากแล้วและมีการก่อสร้างอย่างหนาแน่น พื้นที่ผิวส่วนใหญ่เป็นชนิดน้ำซึมลงดินไม่ได้ และมีช่องให้น้ำเข้าระบบระบายน้ำอยู่อย่างถี่ อาจเลือกใช้เวลาเข้าท่อสั้นเพียง 5 นาที สำหรับพื้นที่ที่มีการพัฒนามามากและระดับค่อนข้างราบเรียบให้ใช้เวลาเข้าท่อนาน 10 – 15 นาที แต่ในบริเวณชุมชนที่พักอาศัยและภูมิประเทศราบเรียบให้ใช้ 20 – 30 นาที เป็นเกณฑ์

การคำนวณหาอัตราการไหลนองด้วยวิธีอื่น

ได้มีการศึกษา วิจัย ด้านอุทกศาสตร์ที่ผ่านมา วิธีคำนวณหาอัตราการไหลนองได้แม่นยำและใกล้เคียงกับความจริงกว่าวิธีอาร์เอ็มและควรนำมาใช้กับพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่เพราะการใช้วิธีอาร์เอ็มกับพื้นที่ขนาดใหญ่มักให้ค่าการไหลนองมากกว่าที่เกิดขึ้นจริง ทำให้การลงทุนระบบระบายน้ำสูงเกินกว่าที่ควร วิธีใหม่ดังกล่าวนี้ใช้หาประมาณการไหลนองโดยอาศัยข้อมูลพายุฝนจากรูปแบบของฝนที่เลียนสภาพความจริงให้ใกล้เคียงที่สุดเท่าที่เป็นได้ รูปแบบฝนที่ว่านี้อาจไม่ถือเป็นความถี่ที่พึงบังเกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่ง แต่ปริมาณฝนที่ตามมาทั้งหมดในคาบเวลาหนึ่งๆ อาจถือเป็นความถี่นั้นๆ (หรือความถี่ในการออกแบบ)

ได้มาตรการดังกล่าวมีอยู่หลายวิธี ได้แก่

(1) วิธีไฮโดรกราฟหรือน้ำไหลเจิ่ง (over – land flow)

(2) วิธีน้ำไหลเข้า (inlet method)

(3) วิธียูนิตไฮโดรกราฟ

(4) วิธีอื่นๆที่อาศัยสถิติน้ำท่วมในปีที่ผ่านมา

วิธีไฮโดรกราฟ (over – land flow)

วิธีนี้ใช้มาตรการวัดปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณน้ำไหลนอง (วัดในท่อรายน้ำ) ที่เกิดจริงและนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน จึงค่อนข้างยากในทางปฏิบัติ เพราะจำเป็นต้องพึ่งข้อมูลสนามของแต่ละแห่งซึ่งมักไม่มีมากนักโดยเฉพาะในประเทศเรา ในทางปฏิบัติมักทดลองในแปลงเขตเล็กๆ เพื่อสะดวกในการควบคุมตัวแปรต่างๆ แล้วหาข้อมูลไปประยุกต์สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีคุณค่าแตกต่างจากวิธีใช้สูตรสำเร็จรูปที่หาได้จากงานสนาม (empirical

formula) หรือวิธีอาร์เอ็มที่ในวิธีนี้เราสามารถมองเห็นรูปร่างของไฮโดรกราฟ และจากหลักการที่ว่าปริมาตรฝนเท่ากับอัตราฝนคูณกับเวลาตก เราจะล่วงรู้ปริมาณฝนได้อย่างไม่ยาก

วิธีน้ำไหลเข้า (inlet method)

วิธีนี้มีมาตรการ 3 ส่วน ได้แก่

(ก) หาข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลที่จุดเข้า (ท่อ) แต่ละจุด

(ข) ลดปริมาณน้ำไหลสูงสุดจากพื้นที่ระบายขนาดเล็ก (กลุ่มของจุดน้ำเข้าหลายจุด) แต่ละพื้นที่เมื่อน้ำไหลไปตามท่อระบายน้ำตามลำดับ

(ค) รวมปริมาณน้ำสูงสุดที่ลดปริมาณลงแล้วตามข้อ (ข) เข้าด้วยกันเป็นปริมาณน้ำสูงสุดทั้งหมดที่พึงบังเกิดขึ้นที่จุดที่กำลังพิจารณา

วิธียูนิตไฮโดรกราฟ

วิธียูนิตไฮโดรกราฟขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรกราฟของน้ำที่วัดได้ขณะไหลออกจากท่อระบายน้ำจากบริเวณเขตพื้นที่ระบายน้ำชนิดต่างๆ กัน จากความสัมพันธ์นี้สามารถนำมาสร้างยูนิตไฮโดรกราฟสำหรับพื้นที่ที่จะออกแบบระบบระบายน้ำหนึ่งๆ ได้ มีข้อสังเกตว่ายูนิตไฮโดรกราฟของน้ำไหลออกจากท่อระบายน้ำนี้ใช้ประกอบการออกแบบขนาดของอ่างกักเก็บน้ำ (impounding basin) และสถานีสูบระบายน้ำได้ด้วย ในขณะที่การคำนวณในวิธีอาร์เอ็มจะไม่สามารถกระทำเช่นว่านี้ได้เลย แต่วิธีการสร้างยูนิตไฮโดรกราฟจำเป็นต้องมีข้อมูลอัตราน้ำไหลในเส้นท่อจริงๆ เทียบกับฝนห่าหนึ่งๆ มาตรการนี้จึงดูมีแนวทางการประยุกต์ใช้ในประเทศค่อนข้างน้อยเช่นกัน ถ้าผู้สนใจมีข้อมูลเพียงพอก็อาจสร้างยูนิตไฮโดรกราฟนี้ได้เอง

ค่าบเวลาและความเข้มของฝนที่ใช้ในการคำนวณสูตร

$$t_c = t_0 + t_{pipe}$$

เมื่อ t_c = เวลาในการรวมตัวของน้ำท่า มีหน่วยเป็นนาที

t_0 = เวลาในการไหลของน้ำบนผิวดิน มีหน่วยเป็นนาที

t_{pipe} = เวลาในการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นนาที

$$t_0 = (1.8(1.1-c)L^{0.50}) / S^{0.33}$$

เมื่อ S = ความลาดของพื้นที่

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล

L = ความยาวจากพื้นที่ระบายน้ำถึงท่อ มีหน่วยเป็นเมตร

เนื่องจากสูตรนี้เป็นสูตรที่ใช้ในการออกแบบรางระบายน้ำของสนามบินในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพื้นที่เป็นพื้นคอนกรีต มีลักษณะพื้นใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการวิจัยจึงนำสูตรนี้มาใช้ เมื่อได้คาบเวลาแล้ว สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของฝนออกแบบ โดยใช้ความสัมพันธ์ของความเข้มกับช่วงเวลา และความถี่ของฝน

2.8 การตรวจสอบทางด้านชลศาสตร์

ใช้สูตรของแมนนิ่ง ดังนี้

$$Q = (1/n)AR^{(2/3)}S^{(1/2)}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล มีหน่วยเป็นตารางเมตร

R = รัศมีทางชลศาสตร์ของหน้าตัดการไหล มีหน่วยเป็นเมตร

S = ความลาดชันของเส้นลาดพลังงาน

n = สัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (Manning's Coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (n) ใช้ 0.016 สำหรับพื้นที่ผิวที่เป็นคอนกรีต โดยตั้งสมมติฐานว่า เป็นท่อระบายน้ำตรง (มีมุมเบี่ยงไม่เกิน 5 องศา) และค่าความสูญเสีย (Minor Loss) ต่างๆ เช่น รอยต่อระหว่างท่อกับบ่อพัก ถือว่าน้อยมาก จึงไม่นำมาคิด สำหรับพื้นที่หน้าตัดคลองดินใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง 0.025 – 0.030 ขึ้นอยู่กับสภาพของความขรุขระของท่อ

2.9 อัตราการไหลของปริมาตร (Volume Flow Rate)

$$Q = AV$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่ภาคตัดขวาง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหล มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 อุปกรณ์

1. กล้องระดับพร้อมขาตั้งกล้อง	1 ชุด
2. ไม้สต๊าฟ 3 เมตร	2 ชุด
3. เทปวัดระยะ	1 ม้วน
4. ค้อน	1 อัน
5. ตะปู	1 ชุด
6. กล้องถ่ายรูป	1 ตัว

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาแนวทางวางแผน และศึกษาทฤษฎีที่ต้องใช้
2. ทำการสำรวจพื้นที่เพื่อหาค่าระดับของพื้นถนน และค่าระดับของฝาท่อระบายน้ำ
3. ทำการเปิดฝาท่อเพื่อหาค่าระดับความลึกของการวางท่อระบายน้ำที่มีอยู่แล้ว
4. นำค่าระดับต่างๆ ที่ได้ทำการสำรวจมา plot กราฟ เพื่อตรวจสอบระดับของท่อที่อยู่ลึกลงไปจากระดับผิวถนน
5. ตรวจสอบขนาดของท่อระบายน้ำ ทิศทางการไหล สภาพของท่อระบายน้ำและปัญหาต่างๆ ของระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรว่าสามารถระบายน้ำฝนจากพื้นที่รอบข้างมหาวิทยาลัยได้เหมาะสมหรือไม่
6. ออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับท่อเดิมเพื่อหาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 3

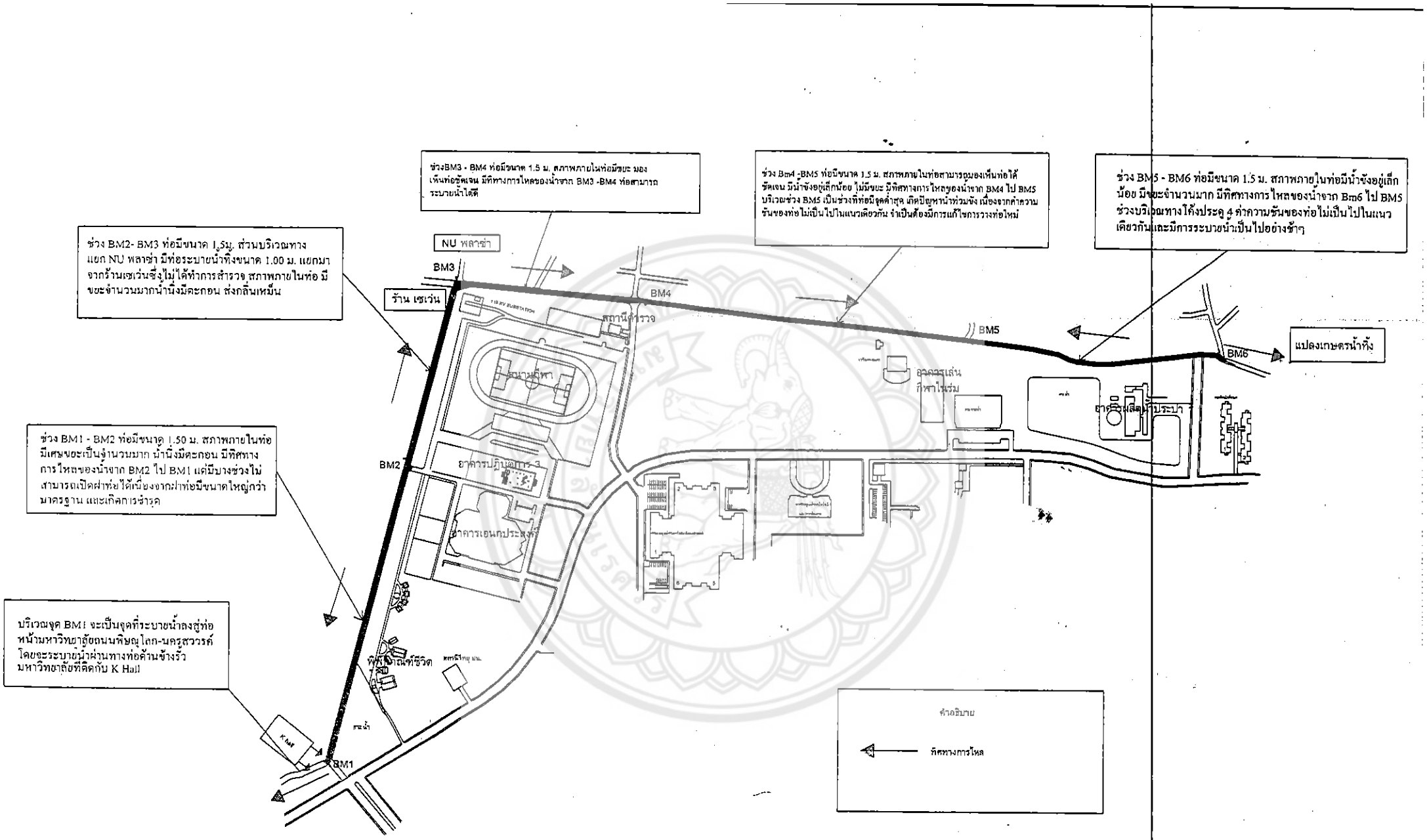
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 รายละเอียดการสำรวจข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามของพื้นที่ 3 ด้านข้างของมหาวิทยาลัยจนถึงประตู 6 ของมหาวิทยาลัยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่หนึ่งเก็บข้อมูลทางกายภาพที่สังเกตเห็นได้แก่สภาพพื้นที่ ทิศทางสภาพการระบายน้ำในขณะสำรวจ(พฤศจิกายน2552-มีนาคม2553) ดังแสดงในภาคผนวก ก ส่วนที่สอง ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ สำรวจเก็บข้อมูลอันได้แก่ค่าระดับของพื้นที่สำรวจแสดงในภาคผนวก ค รูปภาพของการเปิดฝาท่อ และหาค่าระดับความลึกของท่อระบายน้ำ ดังแสดงในภาคผนวก ง. เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ทั้งการสำรวจ และระดับความลึกของท่อและเสนอการออกแบบท่อระบายน้ำในพื้นที่3

4.2 สภาพทางกายภาพของพื้นที่

พื้นที่รับน้ำบริเวณที่ทำการศึกษาจะมีอยู่ด้วยกันสองลักษณะ คือ ส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า เป็นที่รกร้าง หรือมีลักษณะเป็นป่าหญ้า ซึ่งพื้นที่ลักษณะนี้จะมีอยู่บริเวณด้านหน้า และด้านข้าง ของมหาวิทยาลัย และอีกลักษณะหนึ่งคือ พื้นที่ส่วนที่เป็นอาคาร หอพักต่างๆ ภายนอกมหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่พื้นที่ภายนอกมหาวิทยาลัยจะเป็นเขตธุรกิจ น้ำที่ไหลลงท่อส่วนใหญ่จึงเป็นน้ำทิ้งที่มาจากหอพักอาคารต่างเป็นส่วนมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.1 รายละเอียดดังนี้


ช่วงBM3 - BM4 ท่อมีขนาด 1.5 ม. สภาพภายในท่อมีขยะ มองเห็นท่อชัดเจน มีทิศทางการไหลของน้ำจาก BM3 -BM4 ท่อสามารถระบายน้ำได้ดี
ช่วง Bm4 -BM5 ท่อมีขนาด 1.5 ม. สภาพภายในท่อสามารถมองเห็นท่อได้ชัดเจน มีน้ำขังอยู่เล็กน้อย ไม่มีขยะ มีทิศทางการไหลของน้ำจาก BM4 ไป BM5 บริเวณช่วง BM5 เป็นช่วงที่ท่อมีจุดต่ำสุด เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง เนื่องจากค่าความชันของท่อไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน จำเป็นต้องมีการแก้ไขการวางท่อใหม่
ช่วง BM5 - BM6 ท่อมีขนาด 1.5 ม. สภาพภายในท่อมีน้ำขังอยู่เล็กน้อย มีขยะจำนวนมาก มีทิศทางการไหลของน้ำจาก Bm6 ไป BM5 ช่วงบริเวณทางโค้งประดู่ 4 ค่าความชันของท่อไม่เป็นไปในแนวเดียวกันและมีการระบายน้ำเป็นไปอย่างช้าๆ
ช่วง BM2- BM3 ท่อมีขนาด 1.5ม. ส่วนบริเวณทางแยก NU พลาซ่า มีท่อระบายน้ำทิ้งขนาด 1.00 ม. แยกมาจากร้านเซเว่นซึ่งไม่ได้ทำการสำรวจ สภาพภายในท่อ มีขยะจำนวนมากน้ำนิ่งมีตะกอน ส่งกลิ่นเหม็น
ช่วง BM1 - BM2 ท่อมีขนาด 1.50 ม. สภาพภายในท่อมีเศษขยะเป็นจำนวนมาก น้ำนิ่งมีตะกอน มีทิศทางการไหลของน้ำจาก BM2 ไป BM1 แต่มีบางช่วงไม่สามารถเปิดฝาท่อได้เนื่องจากฝาท่อมีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน และเกิดการชำรุด
บริเวณจุด BM1 จะเป็นจุดที่ระบายน้ำลงสู่ท่อหน้ามหาวิทยาลัยถนนพิษณุโลก-นครสวรรค์ โดยจะระบายน้ำผ่านทางท่อด้านข้างรั้วมหาวิทยาลัยที่ติดกับ K Hall
NU พลาซ่า
BM3
ร้าน เซเว่น
BM4
สถานีตำรวจ
BM5
BM6
แปลงเกษตรน้ำทิ้ง
สนามกีฬา
อาคารปฏิบัติการ 3
อาคารเอนกประสงค์
BM2
BM1
K Hall
คำอธิบาย
ทิศทางการไหล

4.2.1 สภาพพื้นที่รับน้ำ

พื้นที่รับน้ำในบริเวณที่ทำการศึกษา อันได้แก่ แปลงเกษตรน้ำทิ้งหลังมหาวิทยาลัยนเรศวรและท่อระบายน้ำข้างรั้วมหาวิทยาลัย ส่งต่อไปยังคลองด้านหน้ามหาวิทยาลัยระบายลงสู่คลองหนองเหล็ก ดังแสดงในภาคผนวก ค. รายละเอียดดังนี้

4.2.1.1 พื้นที่บริเวณฝั่งของถนนประตู 6 ถึงทางแยก NU พลาซ่า (BM 1 – BM 3)

ในช่วงแรกของพื้นที่รับน้ำส่วนใหญ่เป็นตึกอาคารและพื้นที่รกร้างบางส่วน โดยเริ่มจากบริเวณประตู 6 ถึงทางแยก NU พลาซ่า ฝั่งซ้ายของถนนยังคงเป็นอาคารพาณิชย์หอพักนิสิตและพื้นที่รกร้างบางส่วน ส่วนฝั่งขวาเป็นกำแพงรั้วของมหาวิทยาลัยนเรศวร

4.2.1.2 พื้นที่บริเวณทางแยก NU พลาซ่า ถึงพื้นที่บริเวณประตู 5 (BM 3 – BM 4)

เริ่มต้นของขอบเขตนี้ พื้นที่รับน้ำฝั่งซ้ายจะมีอาคารพาณิชย์และร้านค้าทั้งหมด ต่อจากนั้นจะเป็นถนนบริเวณประตู 5 ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำส่งต่อไปยัง BM 5

4.2.1.3 พื้นที่บริเวณฝั่งตรงข้ามกับรั้วมหาวิทยาลัยตรงประตู 5 (BM 4 – BM 5)

พื้นที่รับน้ำบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นอาคารพาณิชย์หนาแน่น มีพื้นที่รกร้างเป็นบางส่วนตรงบริเวณหอพักน้ำเพชร 2

4.2.1.4 พื้นที่บริเวณฝั่งตรงข้ามกับรั้วมหาวิทยาลัยต่อจากน้ำเพชร 2 ถึงบริเวณประตู 4 แยกทางโค้งหลังมหาวิทยาลัยนเรศวร (BM 5 – BM 6)

ฝั่งตรงข้ามกับรั้วมหาวิทยาลัยบริเวณนี้เป็นตึกอาคารและหอพักเป็นส่วนใหญ่ จะรับน้ำส่งต่อไปยังคลองเล็กๆที่แปลงเกษตรน้ำทิ้ง ตลอดทั้งเส้น ซึ่งจะเป็นที่ระบายน้ำลงสู่คลองหนองเหล็ก และบริเวณทางโค้งหลังมหาวิทยาลัย มีท่อระบายแยกไปยังคลองชลประทานอีกเส้นทางหนึ่งโดยท่อมีขนาด 0.60 เมตร

4.2.2 สภาพท่อระบายน้ำ

สภาพท่อระบายน้ำเป็นท่อคอนกรีต ภายในท่อส่วนใหญ่มีตะกอนที่มีลักษณะเป็นโคลนและสิ่งปฏิกูลต่างๆ สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจเกิดจากค่าความชันของท่อ (slope) ที่ไม่ได้ระดับ หรือไม่มีการดูแลรักษา การขุดลอกท่อระบายน้ำตามความเหมาะสม

4.2.3 ทิศทางและสภาพการระบายน้ำ

จากการสำรวจพบว่า ทิศทางการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำจากจุด BM 2ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำข้างรั้วมหาวิทยาลัยที่จุด BM 1 รับน้ำส่งต่อไปยังคลองด้านหน้ามหาวิทยาลัยนเรศวรถนนสาย พิษณุโลก – นครสวรรค์ ระบายลงสู่คลองหนองเหล็ก และจะไหลไปสู่คลองชักยมแล้วไหลลงสู่แม่น้ำน่านต่อไป ส่วนจุด BM 2 – BM 4 จะมีทิศทางการไปในทิศทางเดียวกันโดยมีการระบายน้ำไปที่แปลงเกษตรน้ำทิ้งบริเวณหลังมหาวิทยาลัย แต่ทิศทางการไหลของน้ำที่จุด BM 5- BM 6 ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเสดงให้เห็นว่าที่จุด BM 5 มีการวางท่อที่อยู่ในระดับต่ำกว่า สภาพการระบายน้ำจึงท่วมขังบริเวณนี้เป็นส่วนใหญ่ บางจุดการระบายน้ำเป็นไปอย่างช้าๆเนื่องจากท่อรับน้ำแต่ละแห่งมีสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ คือ วัชพืช เศษวัสดุ เศษไม้และสภาพลาดชันของการระบายน้ำน้อย การไหลจึงเป็นไปอย่างช้าๆน้ำจึงขังและสะสมอยู่เป็นบางแห่งน้ำที่สะสมอยู่นี้ จะเป็นน้ำเสียที่ถูกระบายลงมาก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าเสีย

4.3 การคำนวณอัตราน้ำฝนในพื้นที่

ได้คำนวณอัตราการไหลของน้ำฝนในพื้นที่รับน้ำ โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยแล้วคำนวณอัตราการไหลของน้ำฝนในแต่ละพื้นที่จากสูตรการหาค่าเวลาในการไหลของน้ำ แล้วนำมาหาค่าความเข้มฝนที่ 5 ปี และพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) นำมาคำนวณอัตราน้ำไหลจากสูตรของแมนนิ่งดังแสดงในตารางภาคผนวก ค

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของท่อเดิม

จากสมมติฐานการคำนวณอัตราการไหลของน้ำฝน โดยคำนวณจากความถี่ฝน 5 ปี แล้วเปรียบเทียบขนาดท่อที่ได้จากการคำนวณกับขนาดท่อเดิม ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งไม่รวมน้ำจากพื้นที่ร้านเซเว่น และ NU พลาซ่ามาเสริม พบว่าท่อเดิมมีขนาดใหญ่กว่าจากการคำนวณ แสดงว่าท่อเดิมทำหน้าที่ระบายน้ำได้ดี อย่างไรก็ตาม อาจต้องทำการขุดลอกเศษดินตะกอนในท่อระบายน้ำออกเพื่อให้ท่อมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบขนาดท่อจริงและขนาดท่อจากการคำนวณในแต่ละช่วง

ตำแหน่งท่อ	ขนาดท่อจริง (m)	ขนาดท่อจากการคำนวณ (m)
BM 1 – BM 2	1.50	1.40
BM 2 – BM 3	1.50	1.30
BM 3 – BM 4	1.50	1.20
BM 4 – BM 5	1.50	1.30
BM 5 – BM 6	1.50	1.40

4.5 การคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ

ได้ทำการคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ โดยคำนวณความลาดชัน (slope) เฉลี่ยจากค่าระดับท่อ แล้วคำนวณอัตราการไหลของน้ำที่ระบายลงสู่ท่อจากพื้นที่รับน้ำต่างๆ คำนวณอัตราการไหลที่ท่อรับได้จากสมการแมนนิ่ง เทียบกับอัตราการไหลจากพื้นที่รับน้ำฝนที่ 5 ปี ดังตารางที่ 4.2 พบว่า ท่อระบายน้ำสามารถระบายน้ำได้ดี

ตารางที่ 4.2 อัตราการไหลที่ท่อรับได้กับอัตราการไหลจากการคำนวณในแต่ละช่วง

ท่อระบายน้ำ	อัตราการไหลสูงสุดที่ท่อรับได้ (m^3/s)	อัตราการไหลจากการคำนวณ (m^3/s)
BM 1 – BM 2	3.147	1.324
BM 2 – BM 3	0.953	0.837
BM 3 – BM 4	0.058	0.044
BM 4 – BM 5	1.425	1.222
BM 5 – BM 6	2.456	2.311

อย่างไรก็ดี พบว่าท่อบางช่วงมีความลาดชันไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน ท่อบางช่วงมีพื้นที่หน้าตัดที่น้อยมากซึ่งอาจเกิดจาก มีตะกอนหรือสิ่งปฏิกูลภายในท่อ ทำให้การระบายน้ำบริเวณนั้นอาจมีปัญหา ผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการขุดลอกท่อประมาณปีละสองครั้ง วางท่อที่มีทิศทางการไหลไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยทางกายภาพ

5.1.1 ประสิทธิภาพการระบายน้ำ

จากการสำรวจในสภาพปัจจุบัน ประสิทธิภาพการระบายน้ำจากพื้นที่บริเวณถนนประตู 6 มีประสิทธิภาพการระบายน้ำดี เนื่องจากมีทิศทางการไหลของน้ำไปในทิศทางเดียวกัน ระบายน้ำลงสู่ท่อรับน้ำบริเวณข้างรั้วมหาวิทยาลัย การระบายเป็นไปอย่างคล่องตัว แต่บริเวณท่อระบายมีเศษวัสดุตะกอนจำนวนมาก จำเป็นต้องมีการแก้ไข แต่อย่างไรก็ตามหากมีน้ำจากท่อระบายน้ำอื่นมาปล่อยลงในระบบท่อเพิ่มขึ้นก็จำเป็นต้องวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับของท่ออีกครั้ง ส่วนบริเวณจุด BM 5 – BM 6 ทิศทางการไหลของน้ำไม่ไปในทิศทางเดียวกัน จุด BM 5 มีการวางท่อที่ต่ำกว่า จึงทำให้บริเวณถนนทางโค้งที่ประตู 4 เกิดน้ำท่วมขังเมื่อเกิดฝนตก จากการสำรวจจะสังเกตได้ว่าการระบายน้ำของท่อเป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากสภาพภายในท่อมีสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เช่น วัชพืช เศษใบไม้ รวมถึงมีตะกอนและสิ่งปฏิกูลบริเวณก้นท่อ

5.1.2 สรุปข้อมูลทางกายภาพ

ระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรในปัจจุบันค่อนข้างที่จะเสื่อมโทรมและขาดการดูแล ท่อบางช่วงเมื่อทำการเปิดดูจะพบดินตะกอนและสิ่งปฏิกูลต่างๆ มากมาย ส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นสร้างความรำคาญใจและเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคต่างๆ ท่อบางช่วงค่าระดับความชันของท่อไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน สูงๆ ต่ำๆ บางช่วงเกิดการทรุดตัวของดิน ทำให้ความสามารถในการระบายน้ำของท่อไม่เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์

แต่ผลจากการคำนวณออกแบบขนาดของท่อ อัตราการไหลของท่อ โดยนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของท่อจริง พบว่าท่อจริงสามารถระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะขนาดท่อจริงมีขนาดใหญ่และสามารถระบายน้ำออกนอกพื้นที่ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ทางผู้จัดทำได้ทำการคำนวณหาขนาดท่อระบายน้ำและทิศทางการไหล ในแต่ละพื้นที่ท่อระบายน้ำสามารถระบายน้ำได้ แต่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการแก้ไขการวางท่อที่ไม่ได้ระดับที่ตำแหน่ง BM 5 – BM 6 เนื่องจากน้ำจะไม่สามารถระบายน้ำได้ ทิศทางการไหลไม่ไปในทิศทางเดียวกัน ควรมีการปรับปรุงสภาพของท่อระบายน้ำทั้งหมด โดยเฉพาะด้านข้างของมหาวิทยาลัยนเรศวรควรทำความสะอาด เนื่องจากภายในท่อมีตะกอนและสิ่งปฏิกูลสะสมอยู่ ซึ่งจะไปกีดขวางทางเดินน้ำ เมื่อสะสมไปนานๆ อาจทำให้ท่อเกิดการอุดตันได้เกิดน้ำเน่าเสีย

เอกสารอ้างอิง

ดร. นภดล อินนา : **ทฤษฎีการคำนวณ กลศาสตร์ของไหล** . บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) 2536

ธีรธร อัศวรุจานนท์ : **การสำรวจเบื้องต้น** . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

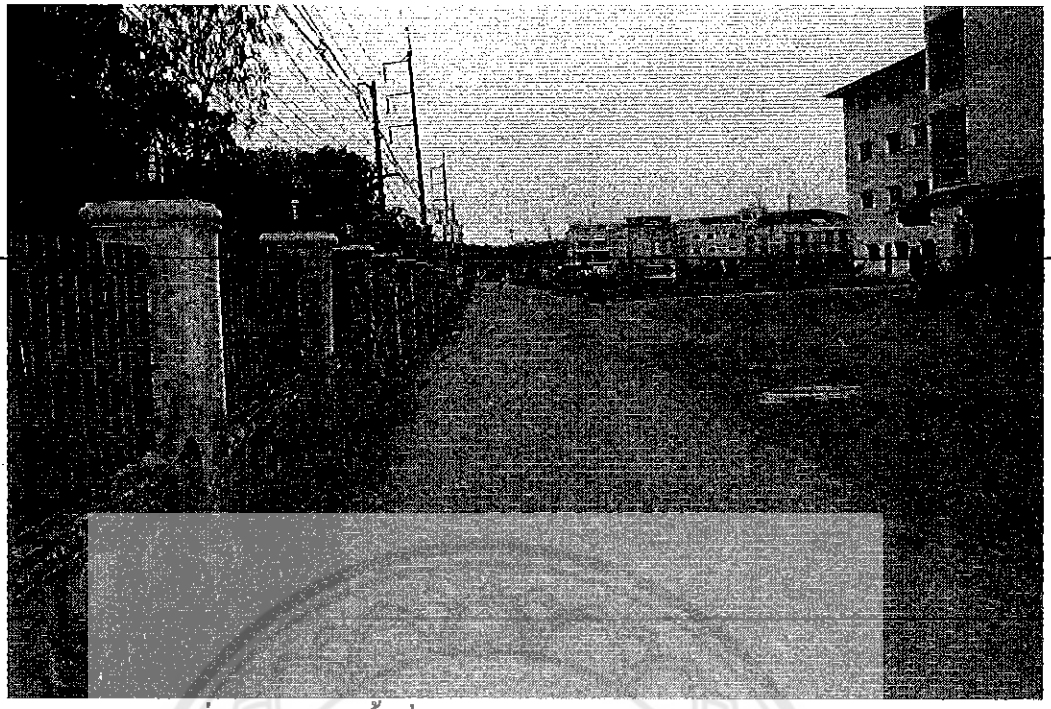
มณฑา ตันติพรหมมินทร์ , วิภาค แสนหาญ , บรรจบ คงทอง : **การศึกษาและตรวจสอบการออกแบบระบบรางระบายน้ำภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์** มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ปี 2540

Handbook of hydraulics for the solution of Hydraulic engineering problems / Emest F.Brater , Horace Williams King ; Jame E . Lindell , editor in chief ; C.Y. Wei , coeditor

Streeter V.L. and Wylie E.J. : **Fluid Mechanics** . MCGraw Hill book Company , New York. 1979

ภาคผนวก ก

รูปภาพการทำงานและพื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวรพื้นที่ 3



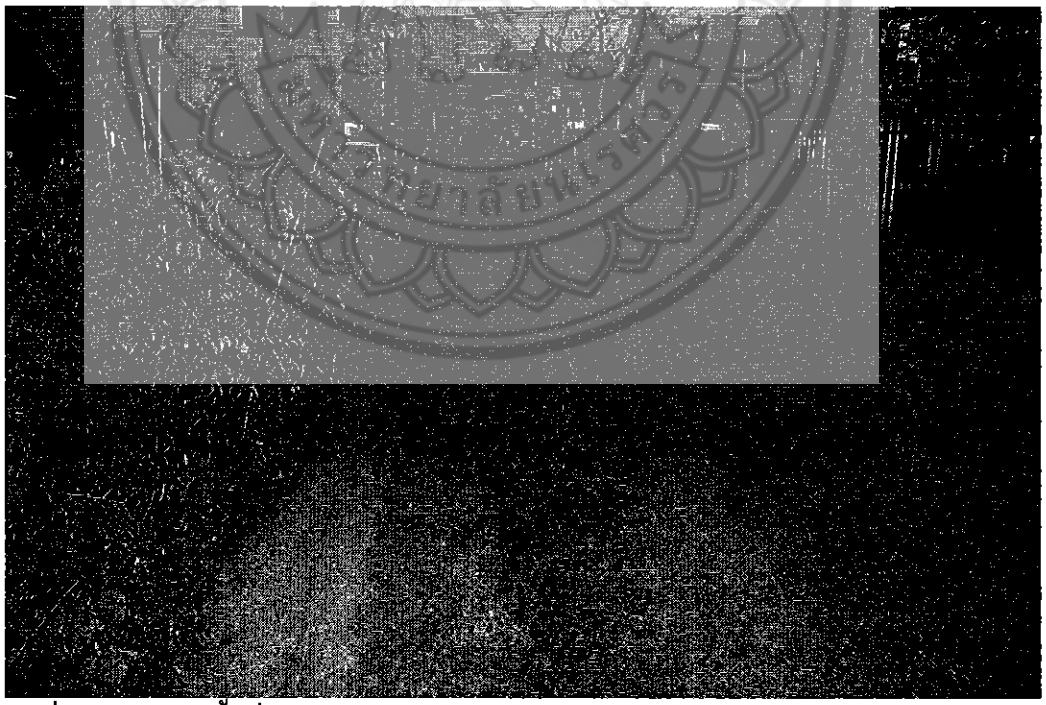
รูปที่ ก. 1 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ ก. 2 แสดงพื้นที่บริเวณถนนประตู 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร

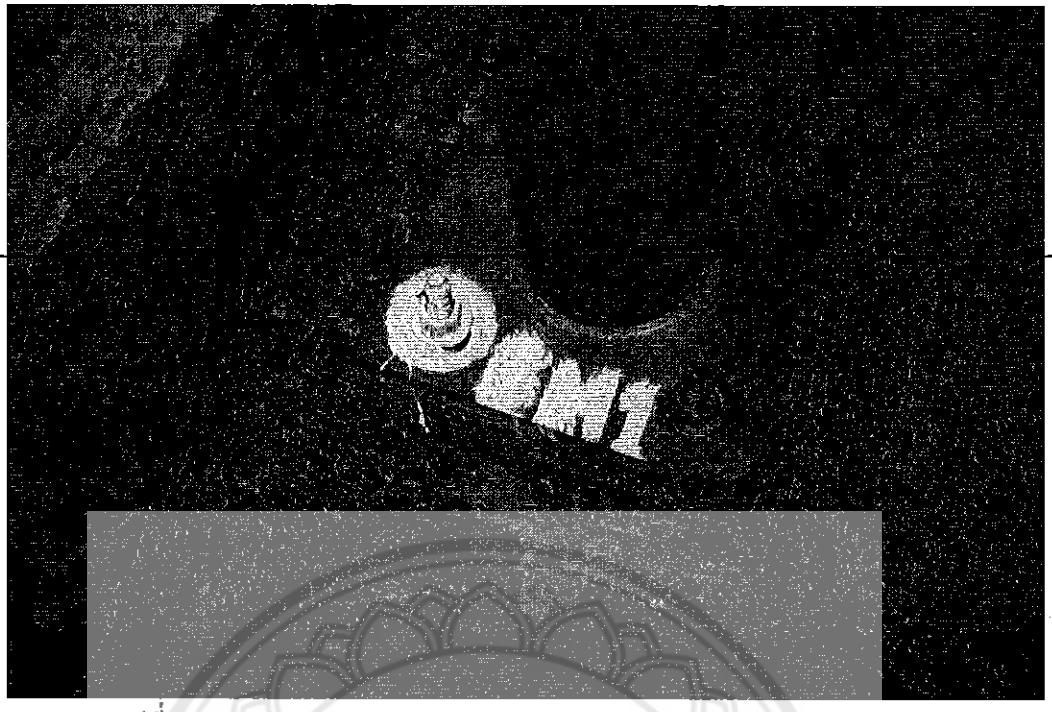
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
150728 39

ว.ร.
86750
2552
e.2

รูปที่ ก. 3 แสดงพื้นที่บริเวณถนนทางโค้งประตู 4 มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ ก. 4 แสดงพื้นที่บริเวณถนนทางแยกแสงพรมแลนด์ NUพลาซ่า มหาวิทยาลัยนเรศวร

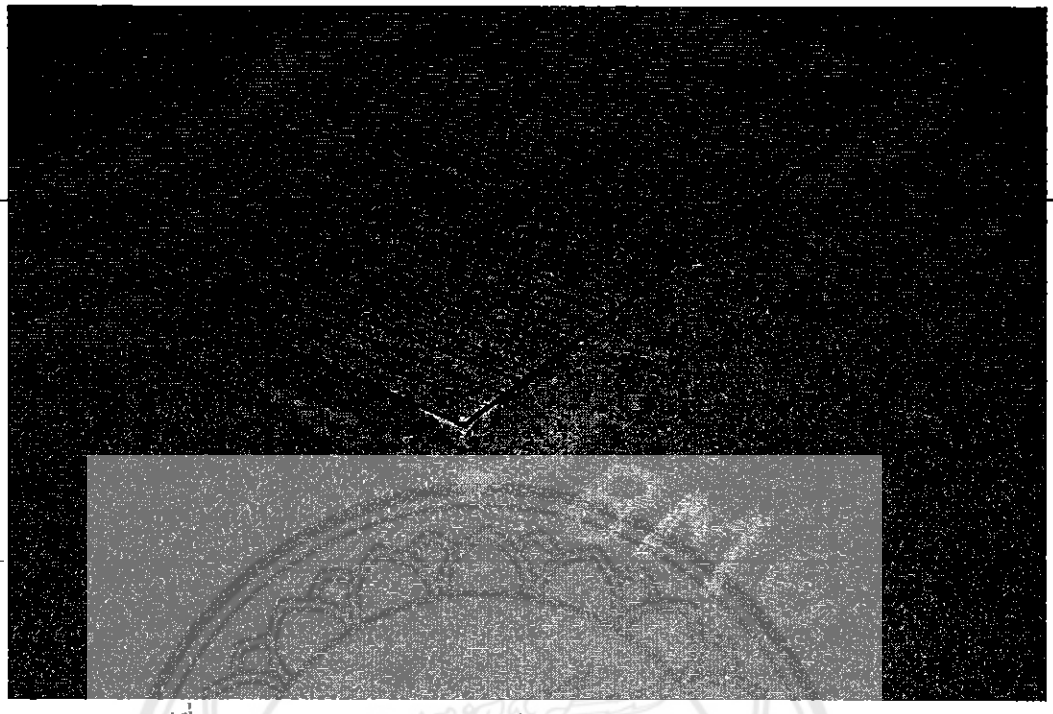


รูปที่ ก. 5 แสดงหมุด BM 1 บริเวณถนนประตู 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร

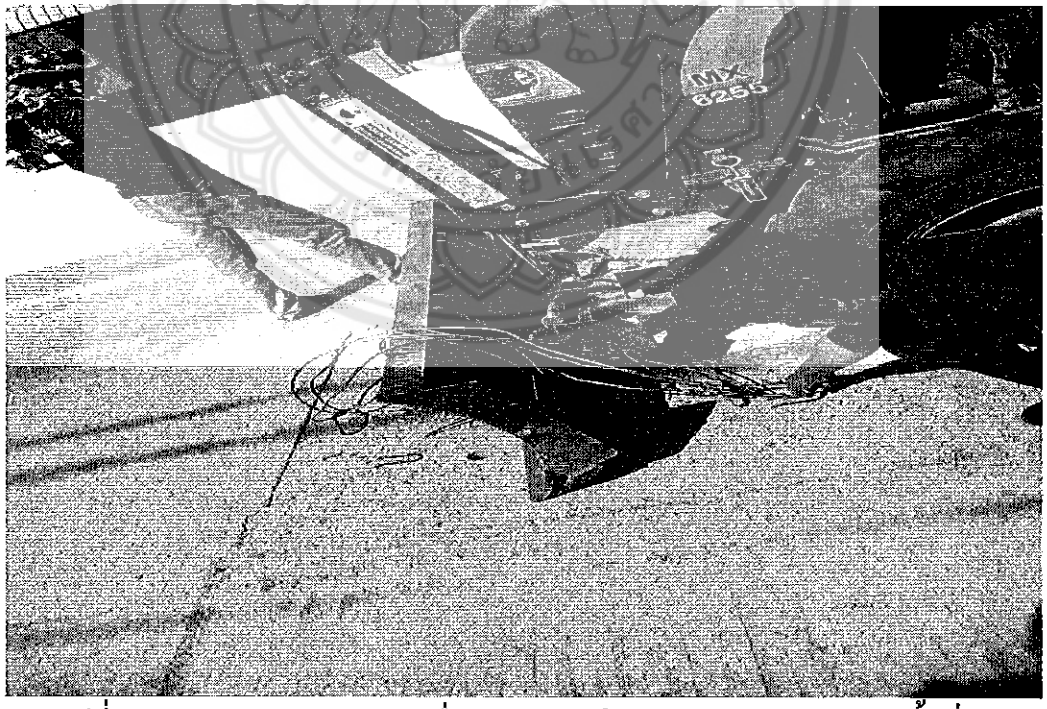
รูปที่ ก. 6 แสดงหมุด BM 3 บริเวณทางเข้า NUพลาซ่า มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ ก. 7 แสดงหมุด BM 4 บริเวณทางเข้าประตู 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ ก. 8 แสดงหมุด BM 5 บริเวณก่อนถึงประตู 4 มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ ก. 9 แสดงหมุด BM 6 บริเวณประตู 4 มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ ก. 10 แสดงการเปิดฝาท่อเพื่อวัดหาความลึกและสภาพภายในท่อของพื้นที่ 3

ภาคผนวก ข

ข้อมูลค่าระดับถนนและความลึกของท่อระบาย Profile ท่อ

ระยะ	ค่าที่อ่านได้			HI	ELEV
	BS	IFS	FS	ระดับแกนกลาง	ระดับประเมิน
BM 1	1.176			101.955	100.779
0		1.566			100.389
22.5		1.717			100.238
46.5		1.841			100.114
TP 1	1.68		1.814	101.821	100.141
70.3		1.74			100.081
93.3		1.771			100.05
113.3		1.745			100.076
136.3		1.707			100.114
TP 2	1.554		1.681	101.694	100.14
189.3		1.588			100.106
203.3		1.604			100.09
227.3		1.623			100.071
TP 3	1.604		1.582	101.716	100.112
249.3		1.64			100.076
272.3		1.675			100.041
293.3		1.657			100.059
BM 2			1.595		101.121
	6.014		-6.672		
			-0.658		

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าระดับถนนของ BM 1 – BM 2

ระยะ	ค่าที่อ่านได้			HI	ELEV
	BS	IFS	FS	ระดับแกนกลาง	ระดับประเมิน
BM 2	1.562			102.683	101.121
317.3		1.581			101.102
341.3		1.563			101.12
364.3		1.528			101.155
386.3		1.45			101.233
409.3		1.434			101.249
TP 1	1.478		1.333	102.828	101.35
434.3		1.511			101.317
459.3		1.528			101.3
484.3		1.544			101.284
508.3		1.537			101.291
533.3		1.562			101.266
TP 2	1.632		1.572	102.888	101.256
556.3		1.68			101.208
578.3		1.611			101.277
602.3		1.544			101.344
625.3		1.563			101.325
647.3		1.562			101.326
TP 3	1.492		1.541	102.839	101.347
672.3		1.536			101.303
696.3		1.562			101.277
708.3		1.622			101.217
BM 3			1.108		101.731
	6.164		-5.554		
	0.61				

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าระดับถนนของ BM 2 – BM 3

ระยะ	ค่าที่อ่านได้			HI	ELEV
	BS	IFS	FS	ระดับแกนกลาง	ระดับประเมิน
BM 3	1.048			102.779	101.731
727.3		1.578			101.201
752.3		1.581			101.198
777.3		1.624			101.155
802.3		1.618			101.161
TP 1	1.769		1.592	102.956	101.187
827.3		1.798			101.158
852.3		1.798			101.158
868.3		1.824			101.132
882.3		1.839			101.117
895.3		1.839			101.117
908.3		1.803			101.153
921.3		1.828			101.128
941.3		1.828			101.094
TP 2	2.073		1.847	103.182	101.109
991.3		1.984			101.198
BM 4			1.49		101.692
	4.89		-4.929		
			-0.039		

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าระดับถนนของ BM 3 – BM 4

ระยะ	ค่าที่อ่านได้			HI	ELEV
	BS	IFS	FS	ระดับแกนกลาง	ระดับประเมิน
BM 4	1.49			103.182	101.692
1016.3		1.85			101.332
1041.3		1.822			101.36
1066.3		1.856			101.326
1091.3		1.81			101.372
TP 1	1.411		1.573	103.02	101.609
1116.3		1.685			101.335
1141.3		1.648			101.372
1166.3		1.692			101.328
TP 2	1.67		1.592	103.098	101.428
1191.3		1.755			101.343
1216.3		1.74			101.358
1241.3		1.73			101.368
1266.3		1.751			101.347
TP 3	1.479		1.508	103.069	101.59
1291.3		1.729			101.34
1316.3		1.684			101.385
1314.3		1.729			101.34
1366.3		1.701			101.368
1391.3		1.692			101.377
TP 4	1.4791		1.412	102.961	101.659
1416.3		1.561			101.4
1441.3		1.591			101.365
1466.3		1.606			101.355
BM 5			1.377		101.584
	7.341		-7.462		
			-0.121		

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าระดับถนนของ BM 4 – BM 5

ระยะ	ค่าที่อ่านได้			HI	ELEV
	BS	IFS	FS	ระดับแกนกลาง	ระดับประเมิน
BM 5	1.443			103.014	101.571
1491.3		1.674			101.34
1516.3		1.678			101.336
1541.3		1.631			101.383
1566.3		1.622			101.392
TP 1	1.624		1.469	103.169	101.545
1591.3		1.784			101.385
1616.3		1.76			101.409
TP 2	1.447		1.692	102.924	101.477
1641.3		1.474			101.45
1666.3		1.497			101.427
1691.3		1.484			101.44
1716.3		1.5			101.424
1741.3		1.483			101.441
1766.3		1.351			102.924
BM 6			1.018		101.906
	4.514		-4.179		
	0.335				

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าระดับถนนของ BM 5 – BM 6

ตารางความลึกของท่อ

ตำแหน่ง (ที่)	ขอบนอก (m)	ขอบใน (m)	ความลึกรวม (m)	ลักษณะภายในท่อ
1	-	-	-	ผิวถนนทับฝาท่อไม่สามารถเปิดฝาท่อได้
2	2.49	2.56	3.92	น้ำนิ่งมีตะกอนติดและปิดท่อไว้จำนวนมากมีขยะ น้ำเสีย
3	2.2	2.27	3.63	มีตะกอนท่อตันมีน้ำผุดขึ้นมาน้ำไม่นิ่งตลอดเวลา
4	1.8	1.87	3.23	น้ำนิ่งมีขยะจำนวนมากและมีตะกอน
5	1.53	1.6	2.96	น้ำนิ่งมีขยะจำนวนมากและมีตะกอน
6	1.59	1.66	3.02	น้ำนิ่งมีขยะจำนวนมากและมีตะกอนส่งกลิ่นเหม็น
7	1.73	1.8	3.16	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
8	2.73	2.8	4.16	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
9	1.73	1.8	3.16	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
10	1.65	1.72	3.08	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
11	1.58	1.65	3.01	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
12	1.36	1.43	2.79	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
13	1.35	1.42	2.78	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
14	1.51	1.58	2.94	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
15	1.51	1.58	2.94	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
16	1.43	1.5	2.86	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
17	1.49	1.56	2.92	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
18	1.43	1.5	2.86	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
19	1.46	1.53	2.89	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
20	1.33	1.4	2.76	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ

ตารางที่ ข.6 แสดงความลึกของท่อระบายน้ำ BM 1 – BM 6

ตำแหน่ง (ที่)	ขอบนอก (m)	ขอบใน (m)	ความลึกรวม (m)	ลักษณะภายในท่อ
21	1.35	1.42	2.78	น้ำนิ่งมีตะกอนมีขยะ
22	1.29	1.36	2.72	น้ำนิ่งมีขยะจำนวนมากน้ำเน่าเสีย
23	1.48	1.55	2.91	น้ำนิ่งมีเศษขยะลอยอยู่เต็มผิวน้ำ
24	1.46	1.53	2.89	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
25	1.45	1.52	2.88	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
26	1.4	1.47	2.83	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
27	1.38	1.45	2.81	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
28	1.35	1.42	2.78	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
29	1.38	1.45	2.81	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
30	1.35	1.42	2.78	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
31	1.36	1.43	2.81	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
32	1.28	1.35	2.71	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
33	1.3	1.37	2.73	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
34	1.23	1.3	2.66	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
35	1.3	1.37	2.73	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
36	1.24	1.31	2.67	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
37	1.2	1.27	2.63	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
38	1.21	1.28	2.64	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
39	1.03	1.1	2.46	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ
40	0.83	0.9	2.26	น้ำนิ่งมีขยะน้ำท่วมท่อ

ตารางที่ ข.7 แสดงความลึกของท่อระบายน้ำ BM 1 – BM 6

ตำแหน่ง (ที่)	ขอบนอก (m)	ขอบใน (m)	ความลึกรวม (m)	ลักษณะภายในท่อ
41	1.28	1.35	2.71	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
42	1.23	1.3	2.66	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
43	1.32	1.39	2.75	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
44	1.35	1.42	2.78	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
45	1.33	1.4	2.76	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
46	1.32	1.39	2.75	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
47	1.25	1.32	2.68	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
48	1.34	1.41	2.77	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
49	1.33	1.33	2.76	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
50	1.24	1.31	2.67	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
51	1.2	1.27	2.63	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
52	1.22	1.29	2.65	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
53	1.23	1.3	2.66	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
54	1.2	1.27	2.63	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชักเจนมีขยะ
55	1.15	1.22	2.58	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจนมีขยะ
56	1.14	1.21	2.57	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
57	0.8	0.87	2.23	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
58	0.85	0.92	2.28	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
59	0.8	0.87	2.23	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน
60	0.7	0.77	2.13	น้ำนิ่งมองเห็นท่อชัดเจน

ตารางที่ ข.8 แสดงความลึกของท่อระบายน้ำ BM 1 – BM 6

วิธีการและลักษณะของการวัดหาความลึกของท่อ

มีทั้งกรณีเปิดฝาท่อ และไม่เปิดฝาท่อเนื่องจากฝาท่อมีทั้งที่เป็นฝาปูนและแบบฝาที่เป็นตะแกรงเหล็ก ซึ่งสามารถวัดได้จากฝาท่อจนถึงบริเวณปากท่อด้านล่างก็จะสามารถรู้ค่าความลึกของท่อและเมื่อไม่สามารถวัดปากท่อด้านล่าง ก็ใช้วิธีการวัดฝาท่อลงไปหาขอบนอกนอกของปากท่อด้านบนและขอบนอกของปากท่อด้านใน

เช่น ท่อขนาด 1.5 เมตร

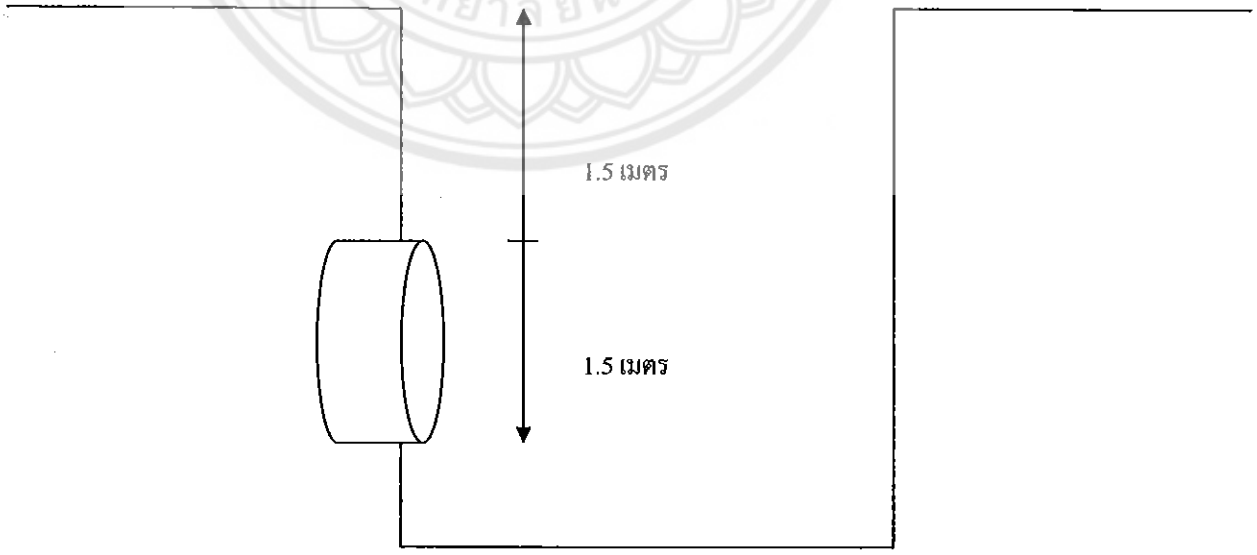
วัดปากท่อขอบด้านใน และวัดปากท่อขอบด้านนอก ก็จะสามารถหาความหนาของท่อได้

ท่อโดยส่วนใหญ่จะมีความหนา 0.07 เมตร

วัดปากท่อขอบด้านนอก(ขอบบน) ได้ เท่ากับ 0.70 เมตร

รายการคำนวณดังนี้

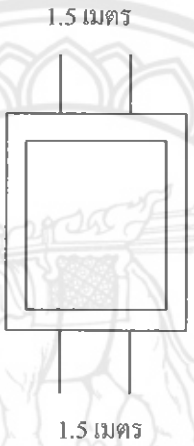
0.70+1.50-0.07 เท่ากับ 2.13 เมตร



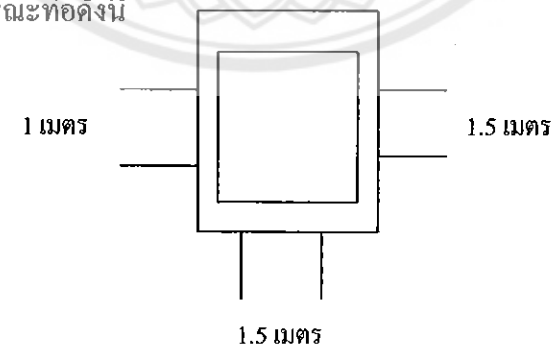
ความหนาของท่อ 0.07 เมตร การคำนวณ 1.5 + 1.5 + 0.07 = 2.93 เมตร

คำอธิบายและรายละเอียดเกี่ยวกับท่อและการเปิดฝาท่อ

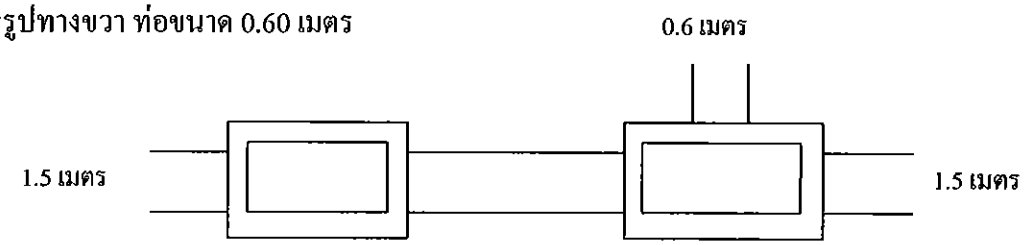
- ฝาท่อที่เป็นแผ่นปูนสำเร็จจะมีน้ำหนัก 400 กิโลกรัม เนื่องจากมีความกว้าง 0.75 เมตร ยาว 1.5 เมตร หนา 0.15 เมตร
- บริเวณหลังจากตำแหน่งที่ 5 ไม่สามารถเปิดฝาท่อได้ในระยะ 200 เมตร เนื่องจากฝาท่อไม่ใช่ฝาท่อแบบสำเร็จอาจจะมีการหล่อแบบในพื้นที่ และลักษณะฝาท่อมีการชำรุด เสียหาย แตกร้าวและมีการปูซีเมนต์ทับขอบของฝาท่อ
- บริเวณหลังจากตำแหน่งที่ 7ไม่สามารถเปิดฝาท่อได้ 75 เมตร เนื่องจากเกิดกาชำรุด และฝาท่อมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากกว่าฝาท่อที่เปิดปกติ ที่ 400 กิโลกรัม
- ท่อตำแหน่งที่ 1 – 21 จะมีลักษณะแนวการวางไปในทิศทางเดียวกัน



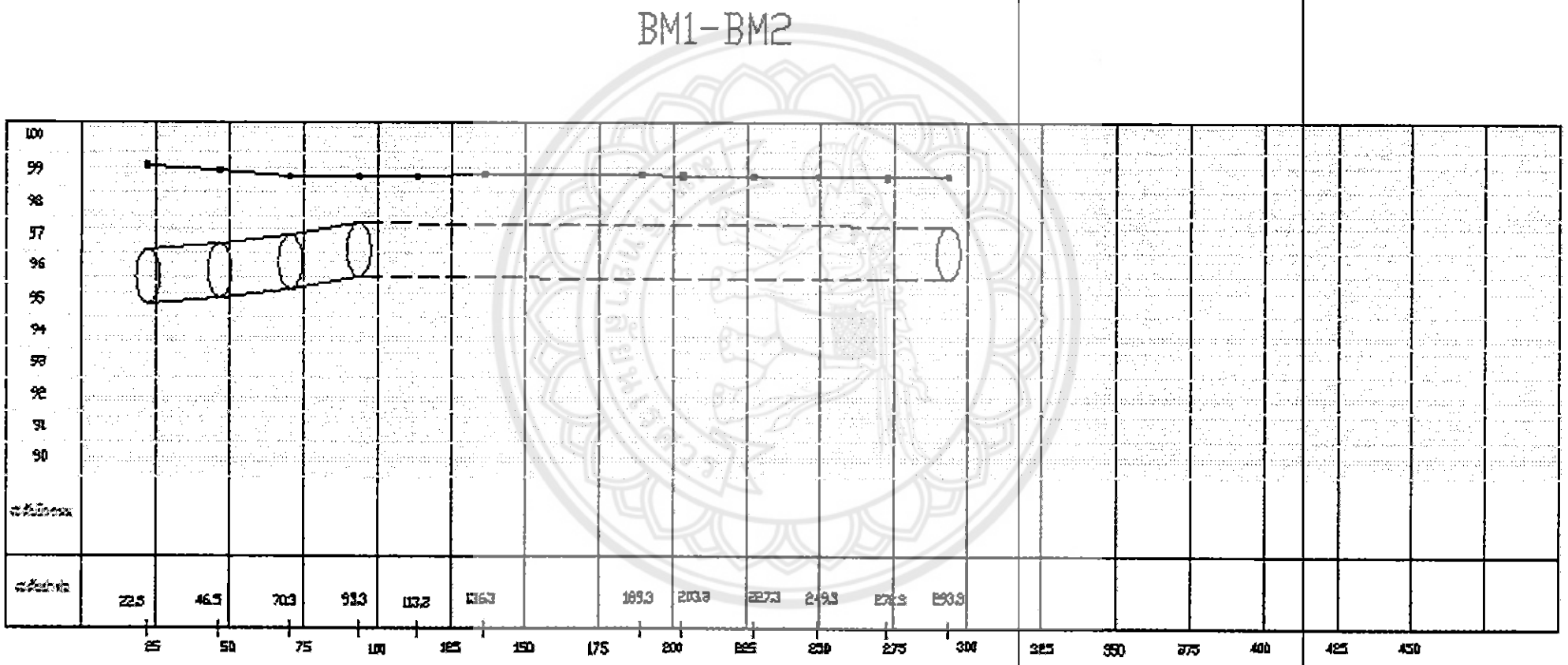
- ช่วงบริเวณท่อตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 – 22 จะมีน้ำท่วมท่อทุกจุดที่ทำการเปิด
- บริเวณตำแหน่งที่ 22 จะมีท่อ 3 ทิศทางเพราะมีท่อกว้างขนาด 1.0 เมตร แยกรับน้ำจากร้าน เซเว่น และมีท่อที่รับน้ำมาจาก NU พลาซ่า ซึ่งมีขนาดท่อ 1.5 เมตร และอีกท่อหนึ่งมีทิศทางไปถนนด้านของมหาวิทยาลัยมีลักษณะท่อดังนี้



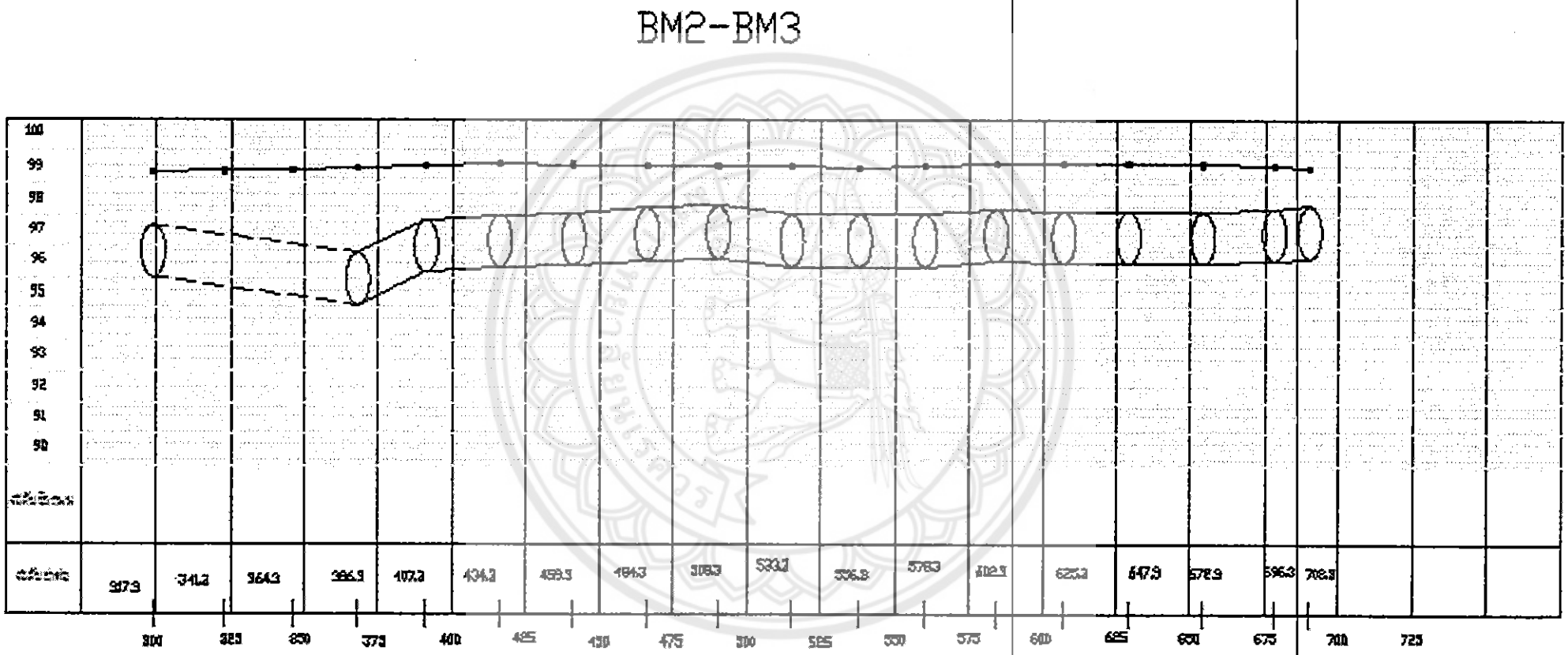
- จุดตำแหน่งที่ 23 มีลักษณะการวางท่อดังรูปซ้าย และตำแหน่งที่ 60 มีท่อที่รับน้ำจากทางร้านอาหารหลังมหาวิทยาลัย ดังรูปทางขวา ท่อขนาด 0.60 เมตร



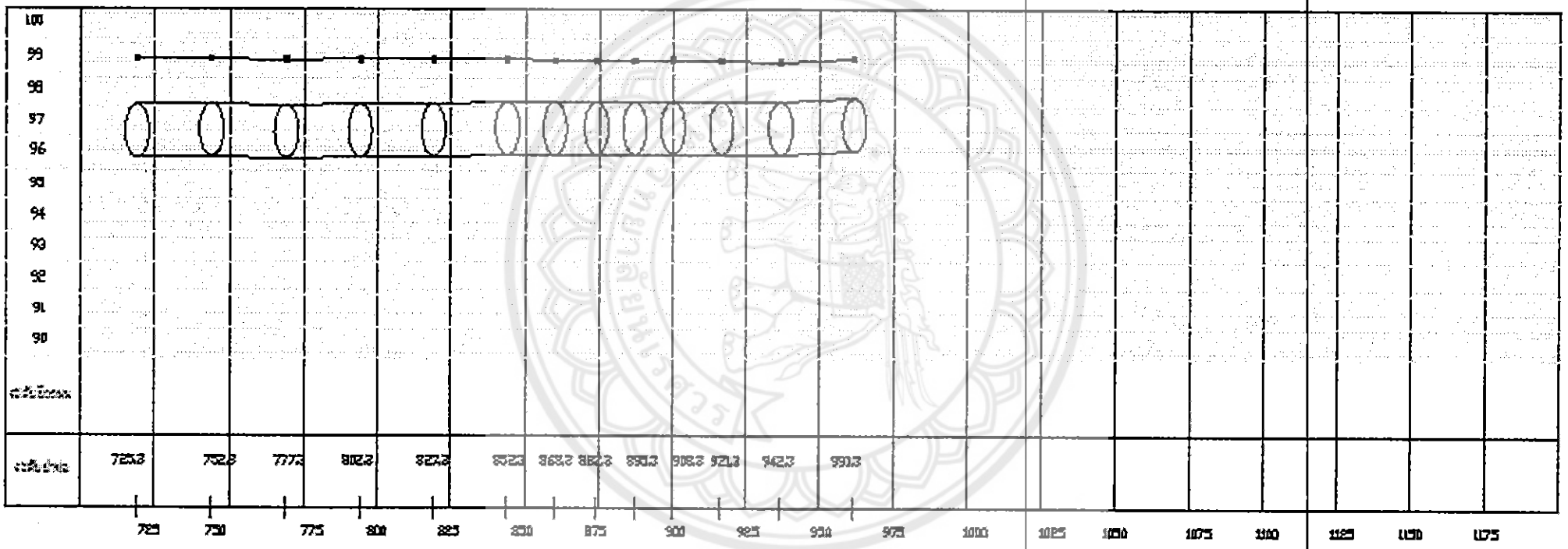
Profile ของค่าระดับและท่อ



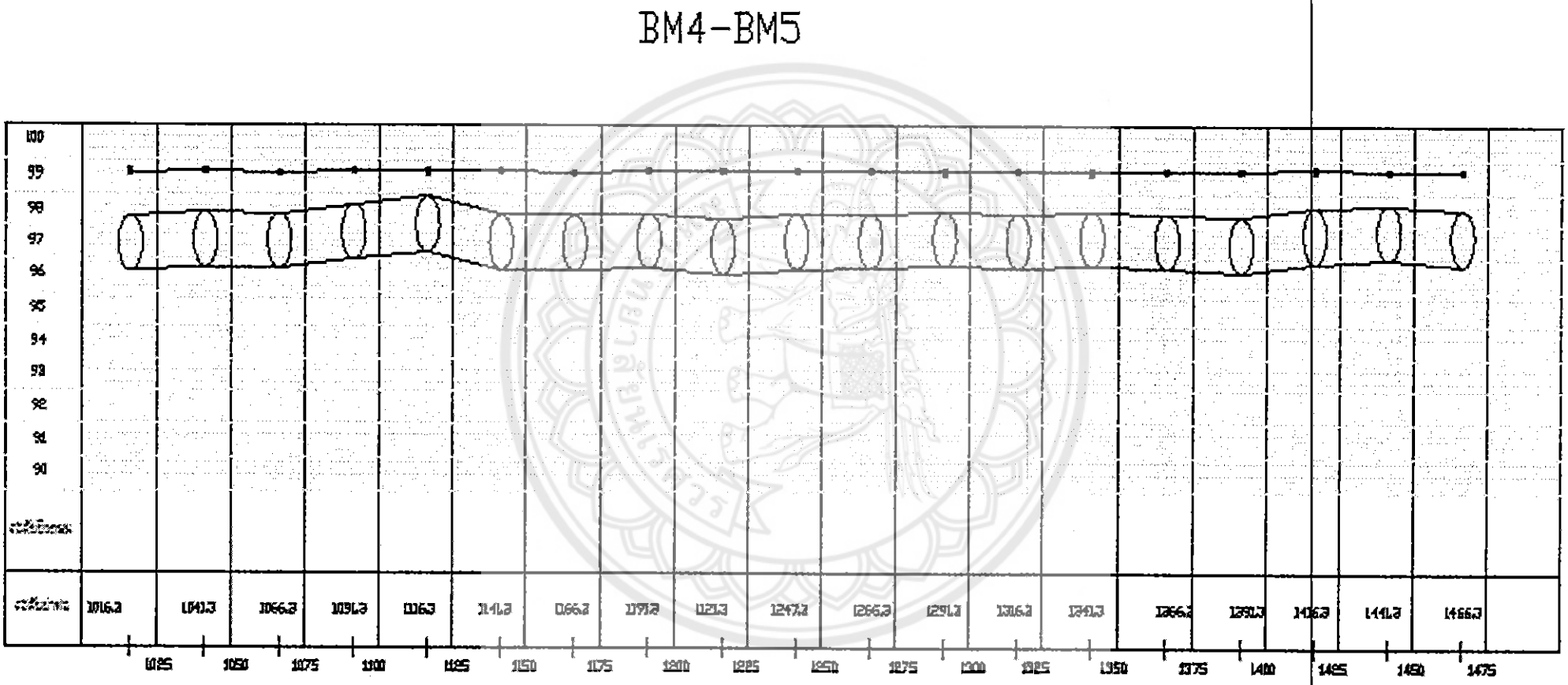
ตารางที่ ข.9 แสดง Profile ของค่าระดับถนนและท่อ BM 1 – BM 2



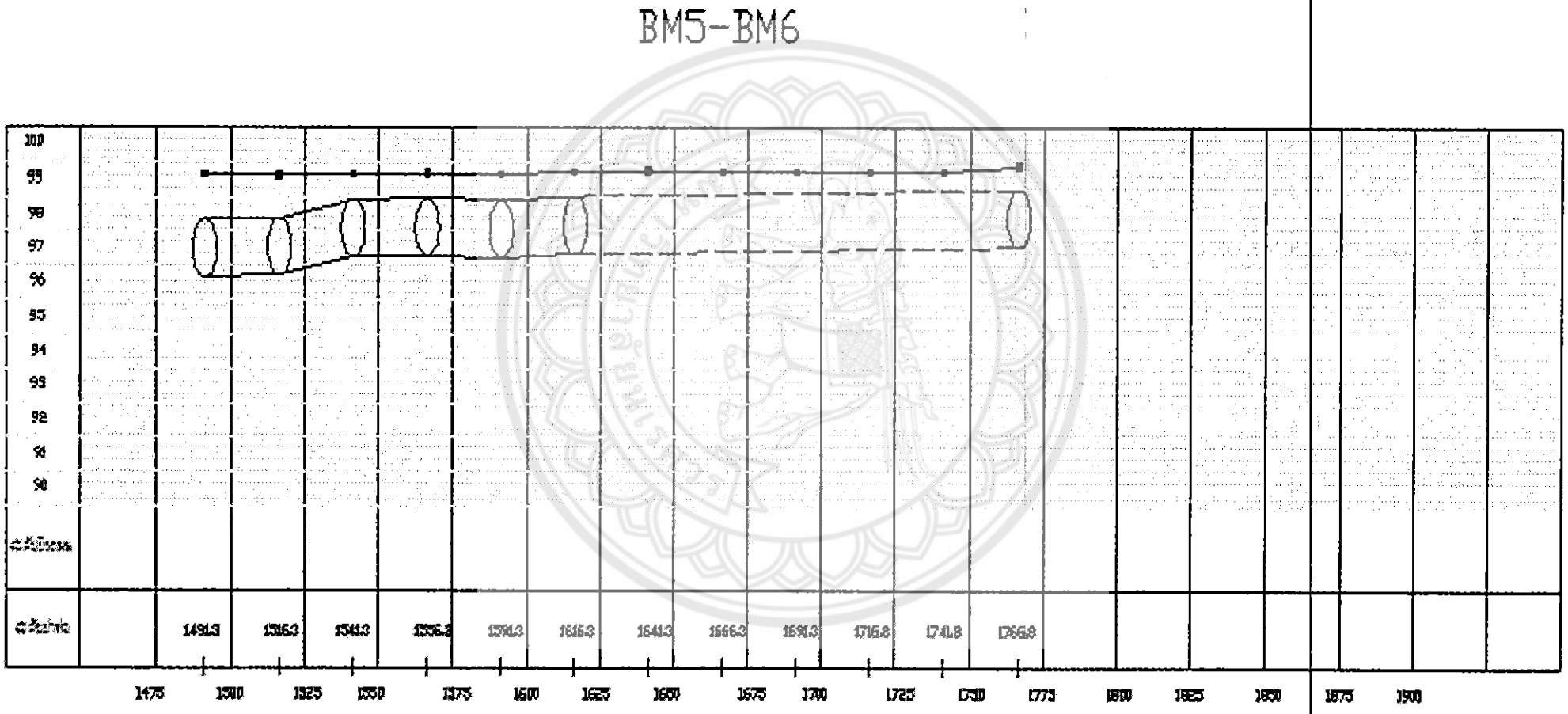
ตารางที่ ข.10 แสดง Profile ของค่าระดับถนนและท่อ BM 2 – BM 3



ตารางที่ ข.11 แสดง Profile ของค่าระดับถนนและท่อ BM 3 – BM 4



ตารางที่ ข.12 แสดง Profile ของค่าระดับถนนและท่อ BM 4 – BM 5

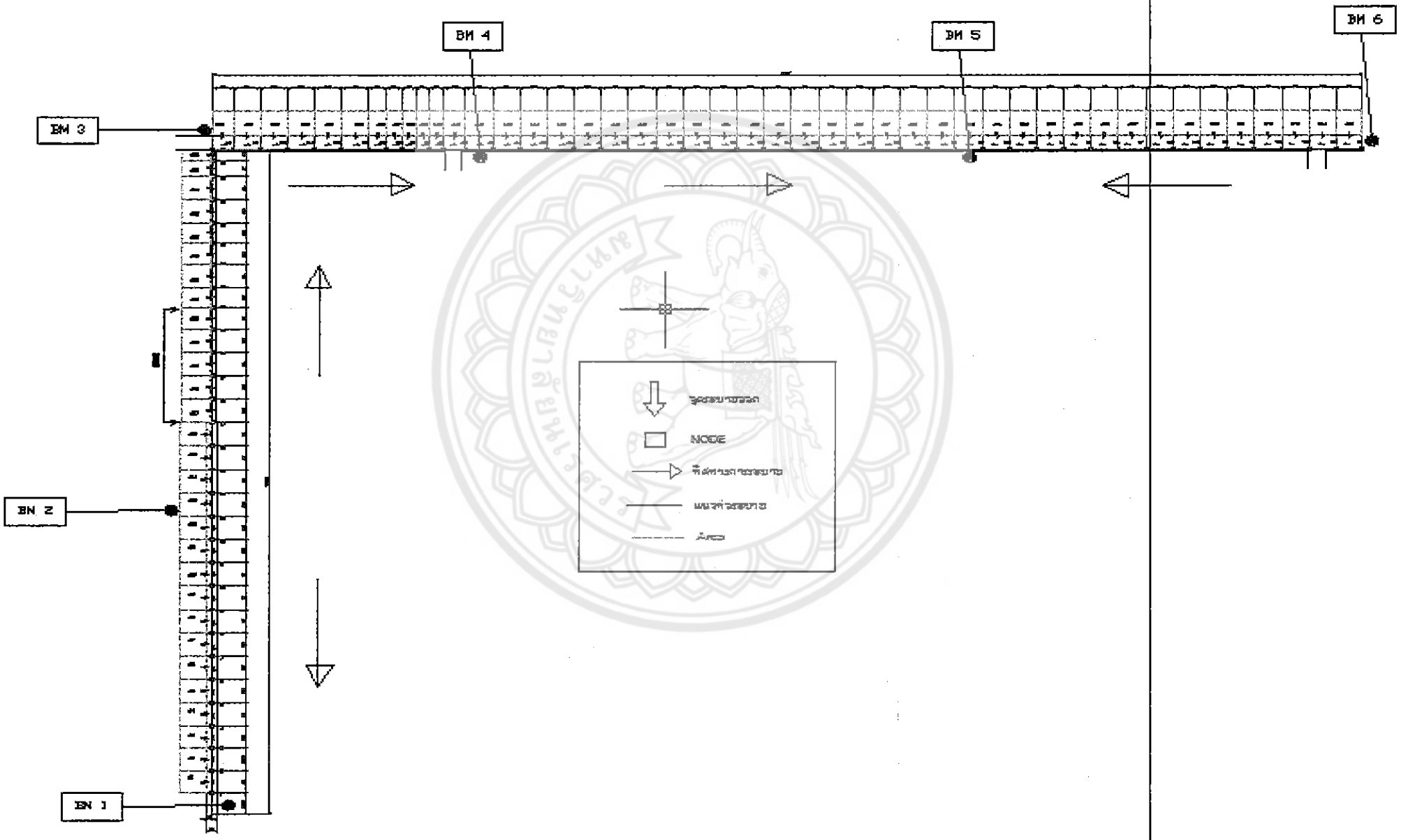


ตารางที่ ข.13 แสดง Profile ของค่าระดับถนนและท่อ BM 5 – BM 6

ภาคผนวก ค

ตารางรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำและตัวอย่างการคำนวณ

แผนผังแสดง ตำแหน่ง จุด ขนาด ของพื้นที่รับน้ำฝนย่อย



ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประตู6-ประตู4)																	กำหนด			
Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่ รวม	พื้นที่ สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	V=	0.75		
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน								มม./ชม.		n=	0.016		
ต้น	ปลาย		ท่อ	สะสม	ขนาด (A1)	สปส.	ขนาด (A2)	สปส	เฉลี่ย	รวม	สะสม	T_o	T_{pipe}	T_c		ลบ.ม./วินาที	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
(L)	(L)		L (ม.)	Ls (ม.)	(ตร.ม.)	C1	(ตร.ม.)	C2	C	At	As					Q				
1L	2L	1	22.5	22.5	562.5	0.7	225	0.85	0.743	787.5	787.5	20	20.000	40.000	135	0.0219	0.193	0.25	0.0368	0.0058
2L	3L	2	24	46.5	600	0.7	240	0.85	0.743	840	1627.5	20	1.033	21.033	134	0.0450	0.276	0.4	0.0942	0.0031
3L	4L	3	23.8	70.3	595	0.7	238	0.85	0.743	833	2460.5	20	1.562	21.562	132	0.0670	0.337	0.4	0.0942	0.0031
4L	5L	4	23	93.3	575	0.7	230	0.85	0.743	805	3265.5	20	2.073	22.073	130	0.0876	0.386	0.4	0.0942	0.0031
5L	6L	5	25	118.3	625	0.7	250	0.85	0.743	875	4140.5	20	2.629	22.629	128	0.1094	0.431	0.5	0.1472	0.0023
6L	7L	6	25	143.3	625	0.7	250	0.85	0.743	875	5015.5	20	3.184	23.184	126	0.1304	0.470	0.5	0.1472	0.0023
7L	8L	7	25	168.3	625	0.7	250	0.85	0.743	875	5890.5	20	3.740	23.740	124	0.1507	0.506	0.525	0.1623	0.0022
8L	9L	8	25	193.3	625	0.7	250	0.85	0.743	875	6765.5	20	4.296	24.296	122	0.1703	0.538	0.6	0.2120	0.0018

ตารางที่ ค.1 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประดู่6-ประดู่4)																	กำหนด			
Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	V=	0.75		
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	พื้นที่แบ่งย่อย		ถนน		เฉลี่ย						มม./ชม.		n=	0.016		
					ขนาด	สปส.	ขนาด	สปส.												
(L)	(L)		L (ม.)	Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	C1	(A2) (ตร.ม.)	C2	C	At	As	T_0	T_{pipe}	T_c		Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
9L	10L	9	25	218.3	625	0.3	250	0.85	0.457	875	7640.5	20	4.851	24.851	120	0.1164	0.445	0.5	0.1472	0.0023
10L	11L	10	25	243.3	625	0.3	250	0.85	0.457	875	8515.5	20	5.407	25.407	118	0.1276	0.465	0.5	0.1472	0.0023
11L	12L	11	25	268.3	625	0.3	250	0.85	0.457	875	9390.5	20	5.962	25.962	116	0.1383	0.485	0.5	0.1472	0.0023
12L	13L	12	25	293.3	625	0.3	250	0.85	0.457	875	10265.5	20	6.518	26.518	114	0.1486	0.502	0.525	0.1623	0.0022
13L	14L	13	25	318.3	625	0.3	250	0.85	0.457	875	11140.5	20	7.073	27.073	112	0.1584	0.519	0.525	0.1623	0.0022
14L	15L	14	25	343.3	625	0.7	250	0.85	0.743	875	12015.5	20	7.629	27.629	110	0.2727	0.680	1	0.5888	0.0009
15L	16L	15	25	368.3	625	0.7	250	0.85	0.743	875	12890.5	20	8.184	28.184	108	0.2873	0.698	1	0.5888	0.0009
16L	17L	16	25	393.3	625	0.7	250	0.85	0.743	875	13765.5	20	8.740	28.740	106	0.3011	0.715	1	0.5888	0.0009
17L	18L	17	25	418.3	625	0.3	125	0.85	0.392	750	14515.5	20	9.296	29.296	104	0.1642	0.528	0.6	0.2120	0.0018

ตารางที่ ค.2 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประตู6-ประตู4)																					กำหนด				
Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่ รวม	พื้นที่ สะสม	เวลา(นาที)			I มม./ชม.	อัตราระบายน้ำ ออกแบบ	V=	0.75							
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	พื้นที่แปลงย่อย		ถนน		เฉลี่ย								n=	0.016							
					ขนาด		ขนาด																			
(L)	(L)		L (ม.)	Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	Ar	As	T_0	T_{pipe}	T_c		Q ลบ.ม./วินาที			D จาก การ ประมาณ	Q ที่รับได้	Slope				
																	D								
18L	19L	18	25	443	625	0.3	125	0.85	0.392	750	15265.5	20	9.851	29.851	102	0.1694	0.536	0.6	0.2120	0.0018					
19L	20L	19	24	467	600	0.3	120	0.85	0.392	720	15985.5	20	10.384	30.384	100	0.1739	0.543	0.6	0.2120	0.0018					
20L	21L	20	25	492	625	0.3	125	0.85	0.392	750	16735.5	20	10.940	30.940	99	0.1803	0.553	0.6	0.2120	0.0018					
21L	22L	21	23	515	575	0.3	115	0.85	0.392	690	17425.50	20	11.451	31.451	98.5	0.1867	0.563	0.6	0.2120	0.0018					
22L	23L	22	22	537	550	0.7	110	0.85	0.725	660	18085.5	20	11.940	31.940	98	0.3569	0.778	1	0.5888	0.0009					
23L	24L	23	24	561	600	0.7	120	0.85	0.725	720	18805.5	20	12.473	32.473	97.5	0.3693	0.792	1	0.5888	0.0009					
24L	25L	24	23	584	575	0.7	115	0.85	0.725	690	19495.5	20	12.984	32.984	97	0.3808	0.804	1	0.5888	0.0009					
25L	26L	25	22	606	550	0.7	110	0.85	0.725	660	20155.5	20	13.473	33.473	96.5	0.3917	0.815	1	0.5888	0.0009					
26L	27L	26	25	631	625	0.7	125	0.85	0.725	750	20905.5	20	14.029	34.029	96	0.4042	0.828	1	0.5888	0.0009					

ตารางที่ ค.3 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประตู6-ประตู4)																	ถ้าทน	
Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่ รวม	พื้นที่ สะสม	เวลา(นาที)			I มม./ชม.	อัตราระบายน้ำ ออกแบบ	V=	0.75
					พื้นที่เปลงย่อย		ถนน										n=	0.016
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	ขนาด (A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด (A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T_o	T_{pipe}	T_c		ลบ.ม./วินาที Q	D	D จาก การ ประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
(L)	(L)		L (ม.)	Ls (ม.)																
27L	28L	27	24	655	600	0.7	120	0.85	0.725	720	21625.5	20	14.562	34.562	95.5	0.4159	0.840	1	0.5888	0.0009
28L	29L	28	17	672	425	0.7	85	0.85	0.725	510	22135.5	20	14.940	34.940	95	0.4235	0.848	1	0.5888	0.0009
29L	30L	29	12	684	300	0.7	180	0.85	0.756	480	22615.5	20	15.207	35.207	94.5	0.4490	0.873	1	0.5888	0.0009
30L	31L	30	19	703	475	0.7	285	0.85	0.756	760	23375.5	20	15.629	35.629	94	0.4616	0.885	1	0.5888	0.0009
31L	32L	31	25	728	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	24375.5	20	16.184	36.184	93.5	0.4788	0.901	1	0.5888	0.0009
32L	33L	32	25	753	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	25375.5	20	16.740	36.740	93	0.4957	0.917	1	0.5888	0.0009
33L	34L	33	25	778	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	26375.5	20	17.296	37.296	92.5	0.5125	0.933	1	0.5888	0.0009
34L	35L	34	25	803	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	27375.5	20	17.851	37.851	92	0.5291	0.948	1	0.5888	0.0009
35L	36L	35	25	828	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	28375.5	20	18.407	38.407	91.5	0.5454	0.962	1	0.5888	0.0009

ตารางที่ ค.4 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประตู6-ประตู4)																	กำหนด			
Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำ	V=	0.75		
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	พื้นที่แปลงย่อย		ถนน								มม./ชม.	ออกแบบ	n=	0.016		
					ขนาด		ขนาด		เฉลี่ย	ราบ	สะสม									
(L)	(L)		L	Ls	(A1)	สปส.	(A2)	สปส.	C	At	As	T_o	T_{PIPE}	T_c		Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
			(ม.)	(ม.)	(ตร.ม.)	C1	(ตร.ม.)	C2								ลบ.ม./วินาที				
36L	37L	36	16	844	400	0.7	240	0.85	0.756	640	29015.5	20	18.762	38.762	91	0.5547	0.970	1	0.5888	0.0009
37L	38L	37	14	858	350	0.7	210	0.85	0.756	560	29575.5	20	19.073	39.073	90.5	0.5623	0.977	1	0.5888	0.0009
38L	39L	38	13	871	325	0.7	195	0.85	0.756	520	30095.5	20	19.362	39.362	90	0.5690	0.983	1	0.5888	0.0009
39L	40L	39	13	884	325	0.7	195	0.85	0.756	520	30615.5	20	19.651	39.651	89.5	0.5756	0.988	1	0.5888	0.0009
40L	41L	40	13	897	325	0.7	195	0.85	0.756	520	31135.5	20	19.940	39.940	89	0.5821	0.994	1	0.5888	0.0009
41L	42L	41	20	917	500	0.7	300	0.85	0.756	800	31935.5	20	20.384	40.384	88.5	0.5937	1.004	1.5	1.3247	0.0005
42L	43L	42	25	942	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	32935.5	20	20.940	40.940	88	0.6088	1.017	1.5	1.3247	0.0005
43L	44L	43	25	967	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	33935.5	20	21.496	41.496	86	0.6131	1.020	1.5	1.3247	0.0005
44L	45L	44	25	992	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	34935.5	20	22.051	42.051	85.5	0.6275	1.032	1.5	1.3247	0.0005

ตารางที่ ค.5 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประตู6-ประตู4)																	กำหนด			
Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่	พื้นที่	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	V=	0.75		
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน								มม./ชม.		n=	0.016		
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	ขนาด (A1)	สปส.	ขนาด (A2) (ตร.ม.)	สปส.	เฉลี่ย	ราบ	สะสม	T_o	T_{app}	T_c		Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
(L)	(L)		L (ม.)	Ls (ม.)	(ตร.ม.)	C1		C2	C	At (ตร.ม.)	As (ตร.ม.)					ลบ.ม./วินาที				
45L	46L	45	25	1017	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	35935.5	20	22.607	42.607	85	0.6417	1.044	1.5	1.3247	0.0005
46L	47L	46	25	1042	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	36935.5	20	23.162	43.162	84.5	0.6556	1.055	1.5	1.3247	0.0005
47L	48L	47	25	1067	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	37935.5	20	23.718	43.718	84	0.6694	1.066	1.5	1.3247	0.0005
48L	49L	48	25	1092	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	38935.5	20	24.273	44.273	83.5	0.6830	1.077	1.5	1.3247	0.0005
49L	50L	49	25	1117	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	39935.5	20	24.829	44.829	83	0.6963	1.087	1.5	1.3247	0.0005
50L	51L	50	25	1142	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	40935.5	20	25.384	45.384	82.5	0.7094	1.097	1.5	1.3247	0.0005
51L	52L	51	25	1167	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	41935.5	20	25.940	45.940	82	0.7224	1.107	1.5	1.3247	0.0005
52L	53L	52	25	1192	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	42935.5	20	26.496	46.496	81.5	0.7351	1.117	1.5	1.3247	0.0005
53L	54L	53	25	1217	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	43935.5	20	27.051	47.051	81	0.7476	1.126	1.5	1.3247	0.0005

ตารางที่ ค.6 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประตู6-ประตู4)																	กำหนด			
Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่ รวม	พื้นที่ สะสม	เวลา(นาที)			I มม./ชม.	อัตราระบายน้ำออกแบบ	V=	0.75		
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	พื้นที่แปลงย่อย		ถนน		เฉลี่ย								n=	0.016		
					ขนาด		ขนาด													
(L)	(L)		L (ม.)	Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	Ar (ตร.ม.)	As (ตร.ม.)	T_o	T_{pipe}	T_c		Q ลบ.ม./วินาที	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
54L	55L	54	25	1242	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	44935.5	20	27.607	47.607	80.5	0.7599	1.136	1.5	1.3247	0.0005
55L	56L	55	25	1267	625	0	375	0.85	0.319	1000	45935.5	20	28.162	48.162	80	0.3254	0.743	1	0.5888	0.0009
56L	57L	56	25	1292	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	46935.5	20	28.718	48.718	79.5	0.7838	1.153	1.5	1.3247	0.0005
57L	58L	57	25	1317	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	47935.5	20	29.273	49.273	79	0.7955	1.162	1.5	1.3247	0.0005
58L	59L	58	25	1342	625	0.3	375	0.85	0.506	1000	48935.5	20	29.829	49.829	78.5	0.5402	0.958	1	0.5888	0.0009
59L	60L	59	25	1367	625	0.3	375	0.85	0.506	1000	49935.5	20	30.384	50.384	78	0.5477	0.964	1	0.5888	0.0009
60L	61L	60	25	1392	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	50935.5	20	30.940	50.940	77.5	0.8292	1.186	1.5	1.3247	0.0005
61L	62L	61	25	1417	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	51935.5	20	31.496	51.496	77	0.8401	1.194	1.5	1.3247	0.0005
62L	63L	62	25	1442	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	52935.5	20	32.051	52.051	76.5	0.8507	1.202	1.5	1.3247	0.0005

ตารางที่ ค.7 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (ถนนประตู6-ประตู4)																	กำหนด			
Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่ รวม	พื้นที่ สะสม	เวลา(นาที)			I มม./ชม.	อัตราระบายน้ำ ออกแบบ	V=	0.75		
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	พื้นที่แปลงย่อย		ถนน											0.016		
					ขนาด (A1)	สปส. C1	ขนาด (A2)	สปส. C2	เฉลี่ย C	A'	As	T_0	T_{pipe}	T_c		Q				
(L)	(L)		Lc (ม.)	Ls (ม.)	(ตร.ม.)		(ตร.ม.)									ลบ.ม./วินาที	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
63L	64L	63	25	1467	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	53935.5	20	32.607	52.607	76	0.8611	1.209	1.5	1.3247	0.0005
64L	65L	64	25	1492	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	54935.5	20	33.162	53.162	75.5	0.8713	1.216	1.5	1.3247	0.0005
65L	66L	65	25	1517	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	55935.5	20	33.718	53.718	75	0.8813	1.223	1.5	1.3247	0.0005
66L	67L	66	25	1542	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	56935.5	20	34.273	54.273	74.5	0.8911	1.230	1.5	1.3247	0.0005
67L	68L	67	25	1567	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	57935.5	20	34.829	54.829	74	0.9006	1.236	1.5	1.3247	0.0005
68L	69L	68	25	1592	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	58935.5	20	35.384	55.384	73.5	0.9100	1.243	1.5	1.3247	0.0005
69L	70L	69	25	1617	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	59935.5	20	35.940	55.940	73	0.9191	1.249	1.5	1.3246875	0.0005
70L	71L	70	25	1642	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	60935.5	20	36.496	56.496	72.5	0.9280	1.255	1.5	1.3246875	0.0005
71L	72L	71	25	1667	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	61935.5	20	37.051	57.051	72	0.9368	1.261	1.5	1.3246875	0.0005

ตารางที่ ค.8 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ท่อระบายน้ำจาก BM1-BM6 (จุมปะตู6-ประตู4)

Node		ท่อระบายน้ำ หมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่ รวม	พื้นที่ สะสม	เวลา(นาที)			I มม./ชม.	อัตราระบายน้ำออกแบบ	กำหนด V=	0.75		
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	พื้นที่แปลงย่อย		ถนน		เฉลี่ย								n=	0.016		
					ขนาด		ขนาด													
(L)	(L)		L (ม.)	Ls (ม.)	(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	A1	As	T_o	T_{pipe}	T_c		Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
72L	73L	72	25	1692	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	62935.5	20	37.607	57.607	71.5	0.9453	1.267	1.5	1.3246875	0.0005
73L	74L	73	25	1717	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	63935.5	20	38.162	58.162	71	0.9536	1.272	1.5	1.3246875	0.0005
74L	75L	74	25	1742	625	0.7	375	0.85	0.756	1000	64935.5	20	38.718	58.718	70.5	0.9617	1.278	1.5	1.3246875	0.0005
75L	76L	75	24	1766	600	0.7	360	0.85	0.756	960	65895.5	20	39.251	59.251	70	0.9690	1.282	1.5	1.3246875	0.0005

ตารางที่ ค.9 แสดงขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดอัตราการไหลที่ความถี่ฝน 5 ปี

$$Q = CIA$$

C = 0.743 (ค่าจากตาราง สปส. เฉลี่ย)

$A_{สะสม}$ = 1627.5 ตร.ม.

t_0 = 20 นาที (ชุมชนที่พักอาศัยมีภูมิประเทศราบเรียบ)

t_{pipe} = S/V

S = ความยาวของท่อจากจุดที่พิจารณา

V = ความเร็วการไหลในท่อ = 0.75 ม./วินาที หรือ 45 ม./นาที

t_{pipe} = 46.5/45 = 1.033 นาที

$t_c = t_0 + t_{pipe}$

= 20 + 1.033 = 21.033 นาที

นำค่า t_c = 21.033 นาที ไปหาค่า I จากกราฟความเข้มฝน

จะได้ I = 134 มม./ชม.

ดังนั้น Q = (0.743*134*1627.5)/(1000*60*60)

Q = 0.0450 ลบ.ม./วินาที

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดท่อ (D) ถนนประตู 6

$$Q = AV$$

เมื่อ Q = อัตราระบายน้ำออกแบบ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

กำหนด Q = 0.0219 ลบ.ม./วินาที

V = 0.75 ม./วินาที

$A = (\pi/4) * D^2$

$D = [(0.0219*4)/(0.75*3.1416)]^{(1/2)}$

D = 0.193 ประมาณ 0.25

ดังนั้น ท่อที่ออกแบบมีขนาด 0.25 ม.

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า Q ที่รับได้ และ S

เมื่อ Q = อัตราระบายน้ำออกแบบ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อที่ออกแบบ มีหน่วยเป็นเมตร

S = ความลาดชันออกแบบ

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

= 0.016 – 0.018 (สำหรับท่อคอนกรีต)

$Q = (\pi/4)*0.25^2*0.75$

Q = 0.0368 ลบ.ม./วินาที

จาก Manning Equation

$Q = (0.312/n)*D^{(8/3)}*S^{(½)}$ (สมมติให้น้ำไหลเต็มท่อ)

$S = [(0.0368*0.016)/(0.312*0.25^{(8/3)}]^2$

S = 0.0058

ตัวอย่างการคำนวณค่า Q จากขนาดท่อจริง

ขนาดท่อจริง = 1.50 ม.

$$Q = (1/n)*A*R^{(2/3)}S^{(½)}$$

$Q = (1/0.016)*[(\pi/4)(1.5^2)]*[[(\pi/4)(1.5^2)]/(2*3.1416*0.75)]*(0.0058)^{1/2}$

Q = 62.5*1.767*0.375*0.076

Q = 3.147 ลบ.ม./วินาที

ดังนั้น ขนาดท่อจริงมีประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้ดี

$Q_{ท่อ\ 1.50\ ม.}$ = 3.147 ลบ.ม./วินาที

$Q_{ท่อ\ 1.50\ ม.}$ = 1.324 ลบ.ม./วินาที

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดท่อ (D) ถนนประตู 4

$$Q = AV$$

เมื่อ Q = อัตราระบายน้ำออกแบบ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

กำหนด Q = 0.969 ลบ.ม./วินาที

V = 0.75 ม./วินาที

$A = (\pi/4) * D^2$

$D = [(0.9690*4)/(0.75*3.1416)]^{(1/2)}$

D = 1.282 ประมาณ 1.5

ดังนั้น ท่อที่ออกแบบมีขนาด 1.5 ม.

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า Q ที่รับได้ และ S

เมื่อ Q = อัตราระบายน้ำออกแบบ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

V = ความเร็วการไหลในท่อ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อที่ออกแบบ มีหน่วยเป็นเมตร

S = ความลาดชันออกแบบ

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

= 0.016 – 0.018 (สำหรับท่อคอนกรีต)

$Q = (\pi/4)*1.5^2*0.75$

Q = 1.325 ลบ.ม./วินาที

จาก Manning Equation

$Q = (0.312/n)*D^{(8/3)}*S^{(1/2)}$ (สมมติให้น้ำไหลเต็มท่อ)

$S = [(1.325*0.016)/(0.312*1.5^{(8/3)}]^2$

S = 0.00053

ตัวอย่างการคำนวณค่า Q จากขนาดท่อจริง

ขนาดท่อจริง = 1.50 ม.

$$Q = (1/n)*A*R^{(2/3)}S^{(1/2)}$$

$$Q = (1/0.016)*[(\pi/4)(1.5^2)]*[[(\pi/4)(1.5^2)]/(2*3.1416*0.75)]*(0.00053)^{1/2}$$

$$Q = 62.5*1.767*0.375*0.023$$

$$Q = 0.953 \text{ ลบ.ม./วินาที}$$

ดังนั้น ขนาดท่อจริงมีประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้ดี

$Q_{\text{ท่อ 1.00 ม.}} = 0.953$ ลบ.ม./วินาที

$Q_{\text{ท่อ 1.50 ม.}} = 0.037$ ลบ.ม./วินาที

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายธีระวัฒน์ สุภากาศ

ภูมิลำเนา 11/2 หมู่ 14 ต. ห้วยแก้ว อ. ภูกามยาว จ. พะเยา

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนดงเจนวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: boy_man0822@hotmail.com

ชื่อ นายบดินทร์ ปาลี

ภูมิลำเนา 25/3 หมู่ 6 ต. ดอยสุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวัฒโนทัยพายัพเชียงใหม่
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: arm_ce@hotmail.com

ชื่อ นายพงศกร ดวงสอน

ภูมิลำเนา 100 หมู่ 6 ต. ศรีษะเกษ อ. นาน้อย จ. น่าน 55150

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนาน้อย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร