การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำ
ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 2

DRAINAGE SYSTEM SURVEY AND DESIGN FOR
NARESUAN UNIVERSITY AREA (AREA 2)

นายชานนทร์	หมื่นสีเขียว	รหัส 49370098
นายพิฌา	ศักดาวัฒนานนท์	รหัส 49370234
นายภูวไนย	ปิยภัทรากูล	รหัส 49370272
นายวุฒิไกร	คล้ายหล่อ	รหัส 49370357

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 150726 ค.2
ปร.
เลขเรียกหนังสือ ช4657ก
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 2

ผู้ดำเนินโครงงาน

นายชานนทร์	หมื่นสีเขียว	รหัส 49370098
นายพิฆา	ศักดาวัฒนานนท์	รหัส 49370234
นายภูวไนย	ปิยภัทรากูล	รหัส 49370272
นายวุฒิไกร	คล้ายหล่อ	รหัส 49370357

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)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 2		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชานนทร์	หมื่นสีเขียว	รหัส 49370098
	นายพิฆา	ศักดาวัฒนานนท์	รหัส 49370234
	นายภูวไนย	ปิยภัทราภูล	รหัส 49370272
	นายวุฒิไกร	คล้ายหล่อ	รหัส 49370357
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร. ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2552		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาระบบระบายน้ำของพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 6 ส่วนคือ ถนนจากแยกหน้าหอพักบุคลากร ถึง อาคารหน้าหอพักนิสิต อาคารหน้าหอพักนิสิต ถึง ถนนหน้าอ่างเก็บน้ำ อาคารอนุรักษ์พลังงาน ถนนหน้าตึกวิทยาศาสตร์ และ ถนนหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ ในการศึกษาประกอบด้วย (1) การสำรวจตำแหน่งความยาวขนาดของหน้าตัด ค่าระดับของท่อระบายน้ำและทิศทางการไหลของน้ำ (2) การคำนวณอัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ เพื่อนำไปออกแบบขนาดท่อระบายน้ำที่เหมาะสม (3) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร และ (4) ประเมินปัญหาและนำเสนอแนวทางปรับปรุงท่อระบายน้ำ

ผลจากการสำรวจพบว่า การระบายน้ำในท่อที่สำรวจจะไหลจากหน้าหอพักบุคลากร ไปสู่ถนนหน้าหอพักนิสิต ตามลำดับ ขนาดของท่อระบายภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรสามารถรับอัตราการไหลของน้ำฝนที่ 5 ปี แต่จะมีบางช่วงเกิดปัญหามีตะกอนภายในท่อระบายน้ำ มีกลิ่นเหม็นและเกิดการทรุดตัวของท่อ

Project title	Drainage System survey and Design for Naresuan University Area (Area2)		
Name	Mr. Chanon	Mernsrekiew	ID. 49370098
	Mr. Phicha	Sakdawattananon	ID. 49370234
	Mr. Poowanai	piyapaptrakool	ID. 49370272
	Mr. Wuthikai	Khlailo	ID. 49370357
Project advisor	Assc. Prof. Dr. Sarintip Tantanee		
Major	Civil Engineering		
Department	Civil Engineering		
Academic year	2009		

Abstract

This project is to study of drainage system within Naresuan University area. The study area is divided into 6 parts. Along the road from the lane approaching University staff residence to the student dormitory, along the student dormitory to along the road in front of University reservoir, Road in front of engineering laboratory building. The study comprises of: (1) the survey of locations , length , cross-sections and 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 flows from area in front of university staff residence through the student dormitory, respectively. The existing pipes capacity can drain the flowrate of 5 years return period rainfall intensity. However, there are some problems occurred along the pipelines such as; over accumulated sediment , bad smell from fermentation and lowering pipe level.

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอขอบพระคุณครูช่างของคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่มีความอนุเคราะห์ให้ยืมอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยครั้งนี้ อาทิเช่น กล้องระดับ ไม้สต๊าฟ เทปวัดระยะ ค้อนตะปู เป็นต้น

ขอขอบพระคุณพี่วิศวกรประจำมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อนุเคราะห์ให้แผนที่ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ขอขอบพระคุณคณะท่านอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร และอาจารย์พิเศษทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ทางคณะผู้ดำเนินงาน

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาและผู้ปกครอง ที่ให้การอุปการะ ทั้งด้านการเงินและทางด้านจิตใจ จนกระทั่งทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายชานนทร์ หมื่นสีเขียว
นายพิฆา ศักดาวัฒนานนท์
นายภูวไนย ปิยภัทรากูล
นายวุฒิไกร คล้ายหล่อ
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.....18
4.4 การคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ..... 19

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 20
5.1 สรุปผลการวิจัยทางกายภาพ.....20
5.2 ข้อเสนอแนะ.....20

เอกสารอ้างอิง.....21

ภาคผนวก ก. รูปภาพของบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 2..... 22
ภาคผนวก ข. ข้อมูลค่าระดับท่อและ Profile ท่อ..... 26
ภาคผนวก ค. ตารางรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำและการระบายน้ำของท่อ..... 46

ประวัติผู้เขียน..... 59

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 แผนการศึกษาโครงงาน..... 2

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อย..... 8

4.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบขนาดท่อจริงและขนาดท่อจากการคำนวณ..... 18

4.2 ตัวอย่างอัตราการไหลที่ท่อรับได้กับอัตราการไหลจากการคำนวณ..... 18

ข.1-6 ตารางแสดงข้อมูลค่าระดับถนน และท่อ..... 27-38

ค.1-12 ตารางแสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำและการระบายน้ำของท่อ.... 47-58

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะฝนที่ตกตามปกติ 6

2.2 กราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก 10

4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ 2 19

ก.1 แสดงพื้นที่บริเวณทางแยกหน้าหอพักหญิง 22

ก.2 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าหอใน 22

ก.3 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าอ่างเก็บน้ำ 23

ก.4 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าอาคารพลังงาน 23

ก.5 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าตึกคณิตศาสตร์ 24

ก.6 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าอาคารปฏิบัติการคณะวิศวกรรมศาสตร์ 24

ข.1 แสดงทิศทางการไหลของน้ำ 39

ข.2-7 แสดง Profile ถนน และท่อ 40-45

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 2

1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงระบบระบายน้ำของมหาวิทยาลัยนเรศวรให้ดีขึ้น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 พัฒนาศักยภาพในการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำด้วยท่อระบาย

1.3.2 วางระบบท่อระบายน้ำที่เหมาะสมในการระบายน้ำที่ท่วมขังในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 การสำรวจพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 2

1.4.2 ออกแบบคำนวณระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 2

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	2100 บาท
รวมเป็นเงิน	4000 บาท (สี่พันบาทถ้วน)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

การศึกษาการระบายน้ำของท่อระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรสิ่งที่จะต้องพิจารณา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งทางอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา หลายประการอันได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลการวิเคราะห์สภาพฝน ระดับน้ำสูงสุดในแม่น้ำน่าน 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 ฝนนี้มักจะไม่ตกลงบนพื้นที่ขนากใหญ่ด้วยความเข้มของฝน (rainfall intensity) และความนานของฝน (duration) ที่เท่ากันตลอดเวลา ในบางท้องที่อาจมีฝนเข้มมากหรือฝนตกหนักและนาน ในขณะที่บางท้องที่จะมีฝนเบาและตกในช่วงสั้นๆ หรืออาจไม่มีฝนเลยก็ได้ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วฝนที่ตกเป็นห่าใหญ่มักจะตกเพียงในช่วงสั้นๆ ยกเว้นจะเป็นฝนที่ตกเห็นห่าใหญ่ในรอบหลายๆ ปี ซึ่งในกรณีนี้อาจเป็นฝนที่ตกหนักและนานได้ และฝนในประเภทหลังนี้ทางวิศวกรพึงระวังอันตรายจากการที่ระบายน้ำไม่ทันและเกิดปัญหาน้ำท่วมขึ้น

2.4 รูปแบบของฝน

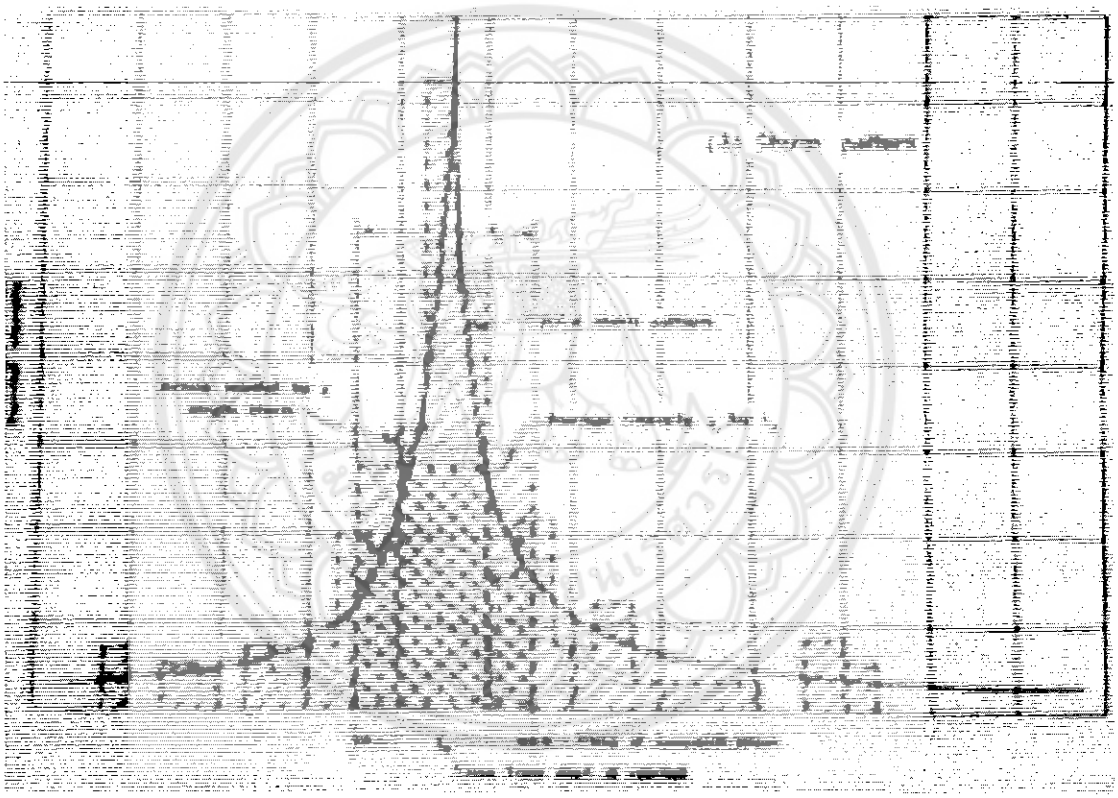
ในสถานที่หนึ่งๆ โดยปกติเมื่อฝนห่าหนึ่งๆ เริ่มตก จะตกด้วยอัตราความเข้มต่ำและเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงจุดๆ หนึ่ง จะได้ฝนที่ความเข้มสูงสุด หลังจากจุดนี้ไปแล้วฝนจึงเริ่มซาเม็ดลงจนถึงจุดฝนหยุดในที่สุด ลักษณะฝนที่ตกปกติแสดงได้ดังรูป 2.1

จากรูปดังกล่าว เห็นได้ว่าเวลาที่ฝนตกจริงจะยาวนาน นอกจากนี้ในช่วงต้นๆ และหลังๆ ของห่าหนึ่งๆ มีความเข้มของฝนเบาบางมาก ซึ่งฝนเบาบางในลักษณะนี้ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลนองอย่างมีนัยสำคัญเลย จึงกำหนดให้คำนึงถึงเฉพาะช่วงเวลาที่ฝนจะมีผลกระทบต่อการระบายน้ำเท่านั้น ซึ่งในกรณีนี้ขอเรียกว่า " ช่วงเวลานับว่าฝนตก " (time of concentration, t_0) พึงระวังไว้ว่าเวลานับว่าฝนตก (t_0) นี้ไม่ใช่เวลาที่ฝนตกจริงๆ แต่จะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริง ส่วนจะมีระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนแต่ละท้องถิ่น 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 ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก จึงสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝนและช่วงความถี่ของฝน

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 การคำนวณปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรใช้

ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q = 0.278CIA$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C = สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า

I = ความเข้มข้นของฝน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ระบายน้ำ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

ทั้งนี้ สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า สำหรับพื้นที่รับน้ำย่อยในแต่ละแห่ง ได้เลือกใช้จากตาราง 2.1 และจากพื้นฐานของการสำรวจภาคสนามในปัจจุบัน

เนื่องจากพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรส่วนใหญ่มีพื้นที่หลากหลายลักษณะทั้ง คอนกรีต พื้นที่เป็นสนามหญ้า ป่ารกล้าง ฯลฯ ดังนั้นคณะจัดทำได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่าจากการแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ และกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองออกตามแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์ของน้ำท่าสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อย

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 ในบริเวณที่มีขอบเขตจำกัดและมีข้อมูลพื้นที่ผิวรวมทั้งได้พื้นที่ผิวดินดีเพียงพอ เราอาจทดลองหาค่า C ของบริเวณนั้นๆ ได้โดยไม่ยากนัก แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือเมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีพื้นที่หลายลักษณะประกอบเข้าด้วยกัน ค่า C นี้จะมีการแปรผันได้มาก ดังนั้นการที่จะกำหนดค่า C ให้เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ ได้แม่นยำจึงกระทำได้ยาก แต่ในทางปฏิบัติ ในวิธีอาร์เอ็ม จำต้องกำหนดค่าคงที่ C นี้ขึ้นมาสำหรับการคำนวณหาอัตราการไหลนอง ค่า C ที่ยัดเยียด กำหนดให้เป็นค่าคงที่นี้สามารถมีความคลาดเคลื่อนได้มาก ซึ่งนั่นก็หมายถึงการคำนวณขนาดท่อระบายน้ำและงบประมาณค่าลงทุนจะผิดตามไปด้วย

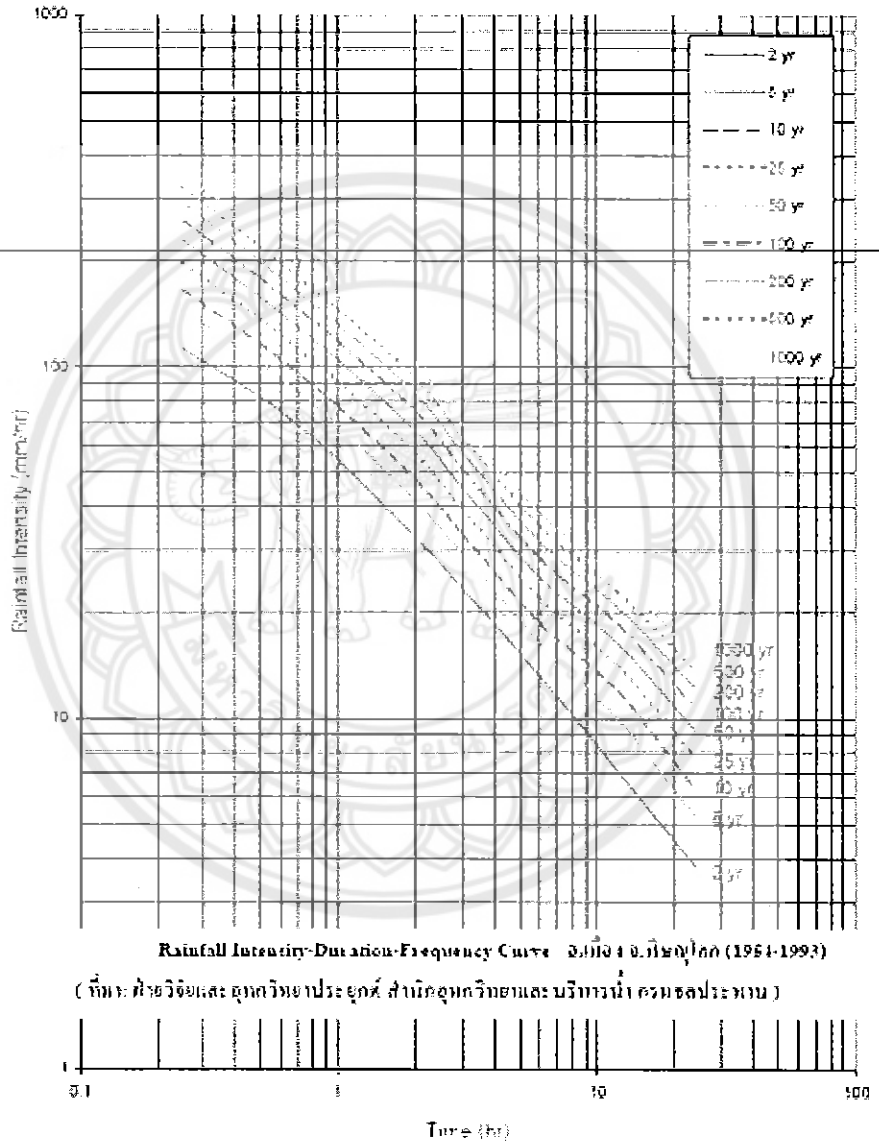
(ข) อัตราไหลนองสูงสุดที่จุดใดๆ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มเฉลี่ยของฝนที่ตก (t_c) และไหลมาจนถึงจุดนั้นๆ

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

(ค) เวลานับว่าฝนตก (t_c) ให้ถือว่าเท่ากับเวลาที่น้ำไหลนองก่อตัวเป็นรูปร่างและไหลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบายน้ำมายังจุดที่กำลังพิจารณาหรือออกแบบ

สมมติฐานข้อนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันมาก เพราะไม่มีข้อพิสูจน์อย่างเด่นชัดว่าเป็นจริงตามนี้ 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



Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve จังหวัดพิษณุโลก (1954-1993)

(ที่มา: ฝ่ายวิจัยและอุทกวิทยาประยุกต์ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน)

รูปที่ 2.2 กราฟ IDF Curve ของพื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

ที่มา: ฝ่ายวิจัยและอุทกวิทยาประยุกต์ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน

ในวิธีอาร์เอ็ม จะต้องระลึกเสมอว่าค่าความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า I ไม่มีความสัมพันธ์แบบ time sequence relation กับรูปแบบฝนที่ตกลงมาจริงๆ ในฝนห่าหนึ่งๆ กราฟแสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า 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 อนึ่ง สมมติฐานข้อนี้ แม้จะมีแนวเหตุผลที่เป็นไปได้ แต่ก็ไม่มีสิ่งใดๆ มายืนยันแนวความคิดนี้ได้ว่าถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดที่คำนวณได้จึงอาจผิดแผกไปจากความจริงได้

(ง) ความถี่ของอัตราน้ำไหลนองสูงสุดเท่ากับความถี่ของฝนที่ความเข้มเฉลี่ยนั้นๆ สมมติฐานข้อนี้ก็เช่นกัน แม้จะมีแนวความคิดของ "ความควรเป็น" มาสนับสนุน แต่ก็ไม่สามารถยืนยันให้เป็นที่แน่ชัดไว้ว่าจะเป็นเช่นนี้เสมอ

จากการวิเคราะห์สมมติฐานเหล่านี้ เห็นได้ว่าวิธีอาร์เอ็มนี้ยังมีช่องโหว่ในแนวความคิดและเหตุผลที่จะมาสนับสนุนอยู่มาก อย่างไรก็ตามพบว่าวิธีนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากสำหรับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก

2.7 เวลาน้ำไหลนอง

เวลาน้ำไหลนองจากบริเวณที่ไกลที่สุดมาเข้าท่อและวิ่งในท่อมายังจุดที่พิจารณา กำหนดให้เป็น t_c ซึ่งให้เท่ากับเวลาที่นับว่าฝนตกด้วย เวลาที่วิ่งในเส้นท่ออาจคำนวณหาได้โดยสูตรทางชลศาสตร์ ส่วนเวลาไหลนองบนพื้นดินจนกว่าจะเข้ามายังจุดเข้าท่อ (inlet) นั้น คำนวณหาได้ยาก เพราะขึ้นอยู่กับ

(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 และจะเนิ่นนานออกไปถ้า

พื้นที่ผิวมีดินแห้ง 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 ถ้าผู้สใจมีข้อมูลเพียงพอก็อาจสร้างยูนิตไฮโดรกราฟนี้ได้เอง

คาบเวลาและความเข้มของฝนที่ใช้ในการคำนวณสูตร

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

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

สูตรคำนวณทางชลศาสตร์

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. 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 2

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 รายละเอียดการสำรวจข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูลภาคสนามของพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยได้แบ่งพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลออกเป็น 6 พื้นที่ คือ พื้นที่บริเวณทางแยกหน้าหอหญิง ถึงบริเวณหน้าหอใน พื้นที่บริเวณหน้าหอใน พื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำ พื้นที่บริเวณถนนหน้าสวนอนุรักษ์พลังงาน พื้นที่บริเวณหน้าตึกวิทยาศาสตร์และตึกคณิตศาสตร์ พื้นที่ถนนหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ ทำการเก็บข้อมูลหลัก 2 ส่วน ส่วนแรก คือ สภาพทางกายภาพที่สังเกตเห็น ได้แก่ สภาพพื้นที่โดยทั่วๆ-ไป ซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำ สภาพท่อระบายน้ำ ทิศทางและสภาพการระบายน้ำ ดังแสดงในภาคผนวก ก. ส่วนที่สอง ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำรวจเก็บข้อมูล ได้แก่ การหาค่าระดับของถนน การหาค่าระดับของท่อระบายน้ำทุกๆ ระยะ 25 เมตร เพื่อนำข้อมูลในภาคผนวก ข. ดังกล่าวมาวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของท่อที่มีอยู่ในปัจจุบัน และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงพัฒนาระบบระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร

4.2 สภาพทางกายภาพของพื้นที่

พื้นที่รับน้ำบริเวณที่ทำการศึกษาจะมีอยู่ด้วยกันสองลักษณะ คือ ส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า เป็นสนามหญ้า หรือมีลักษณะเป็นป่าปลูก ซึ่งพื้นที่ลักษณะนี้จะมีอยู่บริเวณด้านหน้า และด้านข้างของมหาวิทยาลัย และอีกลักษณะหนึ่งคือ พื้นที่ส่วนที่เป็นอาคาร ตึกต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย ส่วนใหญ่พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยจะเป็นพื้นที่ราบเรียบ น้ำที่ไหลลงท่อส่วนใหญ่จึงเป็นน้ำทิ้งที่มาจากตึกอาคารต่างเป็นส่วนมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.1 รายละเอียดดังนี้

4.2.1 สภาพพื้นที่รับน้ำ

4.2.1.1 พื้นที่บริเวณทางแยกหน้าหอหญิง – บริเวณหน้าหอใน (BM 3 – BM 9)

ในบริเวณทางแยกหน้าหอหญิง ด้านซ้ายของถนนจะเป็น พื้นที่ส่วนของอาคารในช่วงแรก ๆ และสลับกับพื้นที่ที่เป็นสนานหญ้า ส่วนด้านขวาพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่สนามหญ้าและเนินดินเป็นส่วนใหญ่

4.2.1.2 พื้นที่บริเวณสองฝั่งถนนหน้าหอใน (BM 9 - BM 10)

เริ่มต้นของขอบเขตนี้ พื้นที่รับน้ำฝั่งซ้ายและขวาพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นอาคารที่พักอาศัย ทั้ง สองฝั่งทาง

4.2.1.3 พื้นที่บริเวณสองฝั่งถนนหน้าอ่างเก็บน้ำ (BM 10 – BM 11)

พื้นที่รับน้ำบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นดินและสนามหญ้าทั้งหมด

4.2.1.4 พื้นที่บริเวณสองฝั่งของถนนหน้าสวนอนุรักษ์พลังงาน (BM 11 – BM 12)

ฝั่งขวาของพื้นที่รับน้ำบริเวณนี้เป็นสนามหญ้า มีตึกเล็กน้อย ฝั่งซ้ายจะเป็นพื้นดินและหญ้า

4.2.1.5 พื้นที่บริเวณสองฝั่งถนนหน้าตึกวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (BM 12 – BM 5)

ด้านซ้ายพื้นที่รับน้ำเป็นสนามหญ้าทั้งหมด ส่วนด้านขวาพื้นที่รับน้ำเป็นตึกอาคาร

4.2.1.6 พื้นที่บริเวณถนนอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ (BM5 – BM 3)

ช่วงแรกด้านซ้ายของพื้นที่รับน้ำจะเป็นสนามหญ้า จนถึงบริเวณหน้าตึกปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์จะเป็นตึกอาคาร ด้านขวาของพื้นที่รับน้ำพื้นที่ช่วงแรกจะเป็นตึกอาคาร ส่วนด้านหลังจะเป็นพื้นที่ของสนามหญ้าทั้งหมด

4.2.2 สภาพท่อระบายน้ำ

สภาพท่อระบายน้ำเป็นท่อคอนกรีต ภายในท่อส่วนใหญ่มีตะกอนที่มีลักษณะเป็นโคลนและสิ่งปฏิกูลต่างๆ สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจเกิดจากค่าความชันของท่อ (slope) ที่ไม่ได้ระดับ หรือไม่มีการดูแลรักษา การขุดลอกท่อระบายน้ำตามความเหมาะสม

4.2.3 ทิศทางและสภาพการระบายน้ำ

จากการสำรวจพบว่า ทิศทางการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวรพื้นที่ 2 จะไหลจากทางแยกหน้าหอหญิงไปทางหอใน อาคารพลังงาน ไปจนถึงหน้าตึกคณิตศาสตร์ซึ่งต่อกับพื้นที่ 1 และไหลไปทางด้านหน้ามหาวิทยาลัย ส่วนถนนเส้นตึกคณิตศาสตร์ถึงหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์น้ำจะไหลไปคนละทิศทาง โดยครึ่งหนึ่งไหลไปที่ทางแยกหน้าหอหญิง และอีกครึ่งหนึ่งไหลไปที่แยกข้างตึกคณิตศาสตร์

4.3 การคำนวณอัตราน้ำฝนในพื้นที่

ได้คำนวณอัตราการไหลของน้ำฝนในพื้นที่รับน้ำ โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยแล้วคำนวณอัตราการไหลของน้ำฝนในแต่ละพื้นที่จากสูตรการหาค่าเวลาในการไหลของน้ำ แล้วนำมาหาค่าความเข้มฝนที่ 5 ปี และพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) นำมาคำนวณอัตราน้ำไหลจากสูตรของแมนนิ่ง จากภาคแผนก ค

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของท่อเดิม

ได้คำนวณอัตราการไหลของน้ำฝน โดยคำนวณจากความถี่ฝน 5 ปี แล้วเปรียบเทียบขนาดท่อที่ได้จากการคำนวณกับขนาดท่อเดิม ดังตารางที่ 4.1 พบว่าท่อเดิมมีขนาดใหญ่กว่าจากการคำนวณ แสดงว่าท่อเดิมทำหน้าที่ระบายน้ำได้ดี อย่างไรก็ตาม อาจต้องทำการขุดลอกเศษดินตะกอนในท่อระบายน้ำออกเพื่อให้ท่อมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบขนาดท่อจริงและขนาดท่อจากการคำนวณ

ตำแหน่งท่อ	ขนาดท่อจริง (m)	ขนาดท่อจากการคำนวณ (m)
BM 3 – BM 9 (R)	1.00	0.60
BM 3 – BM 9 (L)	1.00	0.40
BM 9 – BM 10 (R)	1.00	0.60
BM 9 – BM 10 (L)	1.00	0.60
BM 10 – BM 11 (R)	1.00	0.50
BM 10 – BM 11 (L)	1.00	0.50
BM 11 – BM 12 (R)	1.00	0.40
BM 11 – BM 12 (R)	1.00	1.00
BM 12 – BM 5 (R)	1.00	0.525
BM 12 – BM 5 (L)	1.00	0.40
BM 5 – BM 3 (R)	1.00	0.60
BM 5 – BM 3 (L)	1.00	0.60

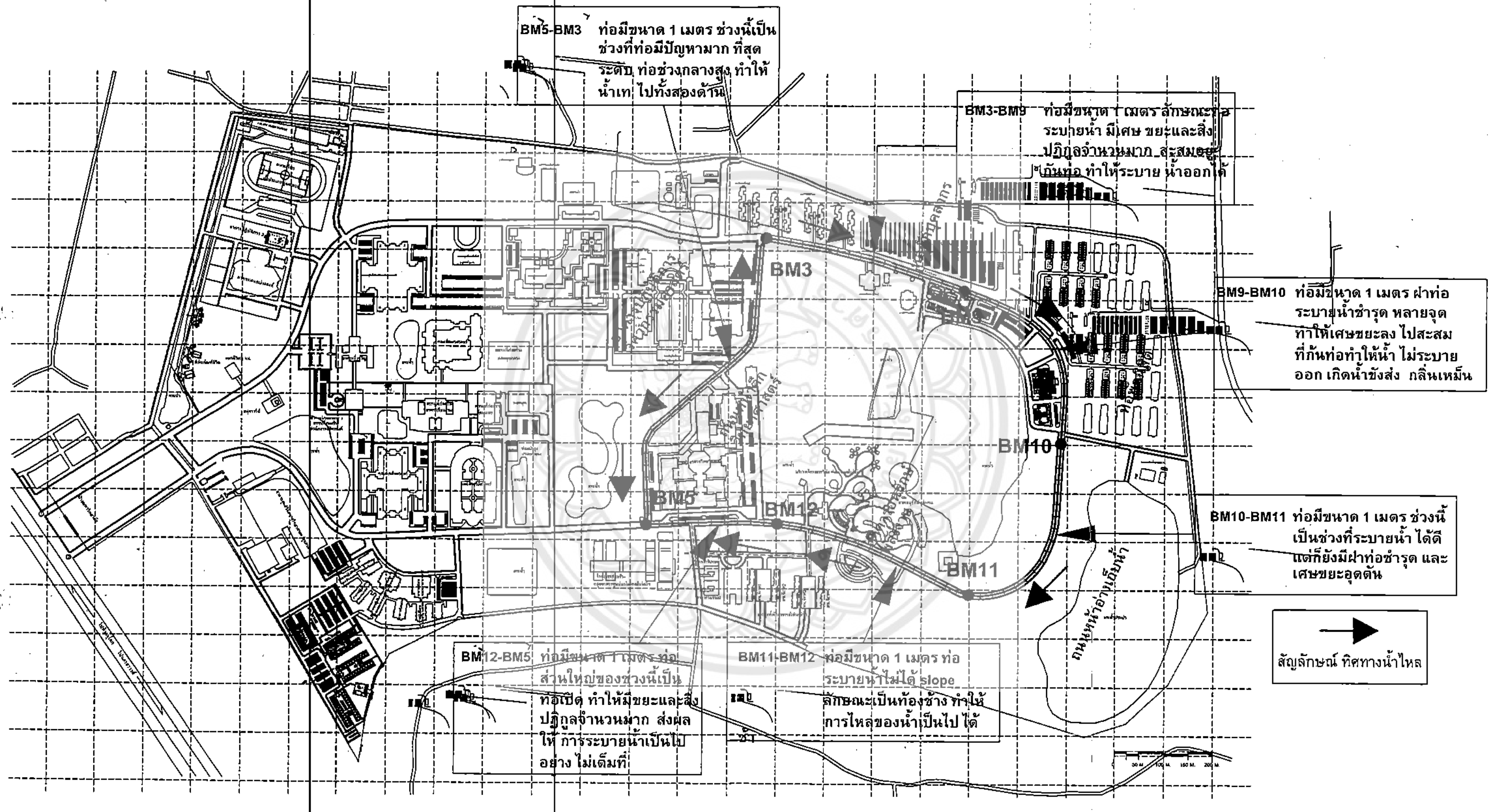
4.5 การคำนวณความสามารถในการระบายน้ำของท่อ

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

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างอัตราการไหลที่ท่อรับได้กับอัตราการไหลจากการคำนวณ

ตำแหน่งท่อ	อัตราการไหลสูงสุดที่ท่อรับได้ (m^3/s)	อัตราการไหลจากการคำนวณ (m^3/s)
BM 3 – BM 9 (R)	0.212	0.167
BM 3 – BM 9 (L)	0.094	0.071
BM 9 – BM 10 (R)	0.212	0.205
BM 9 – BM 10 (L)	0.212	0.162
BM 10 – BM 11 (R)	0.147	0.124
BM 10 – BM 11 (L)	0.147	0.115
BM 11 – BM 12 (R)	0.094	0.094
BM 11 – BM 12 (R)	0.588	0.254
BM 12 – BM 5 (R)	0.162	0.159
BM 12 – BM 5 (L)	0.094	0.089
BM 5 – BM 3 (R)	0.212	0.164
BM 5 – BM 3 (L)	0.212	0.210

อย่างไรก็ดี พบว่าท่อบางช่วงมีความลาดชันไม่เป็นไปในแนวเดียวกัน ความลาดชันมีลักษณะเป็นท้องช้าง ท่อบางช่วงมีพื้นที่หน้าตัดที่น้อยซึ่งเกิดจาก มีตะกอนหรือสิ่งปฏิกูลภายในท่อ ทำให้การระบายน้ำบริเวณนั้นอาจมีปัญหา ผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการขุดลอกท่อเพื่อขจัดสิ่งปฏิกูลที่ขัดขวางการไหลของน้ำเพื่อให้น้ำไหลได้ดีขึ้น และลดกลิ่นเน่าเหม็นจากสิ่งปฏิกูล



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ 2

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยทางกายภาพ

5.1.1 ประสิทธิภาพการระบายน้ำ

ประสิทธิภาพการระบายน้ำจากพื้นที่บริเวณพื้นที่หน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ ถึงบริเวณหอพักนักศึกษา มีขยะ และ สิ่งปฏิกูล กีดขวางการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำ ส่วนบริเวณพื้นที่อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ถึงบริเวณอาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์ มีการระบายน้ำที่ค่อยดีเนื่องจากขนาดท่อที่คำนวณได้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าขนาดท่อจริง

5.1.2 สรุปข้อมูลทางกายภาพ

จากการสำรวจท่อระบายน้ำ บริเวณหน้าอาคารหอพักหญิง ถึง บริเวณหน้าหอใน มีการระบายน้ำที่ค่อนข้างดี ส่วนท่อระบายน้ำบริเวณ ถนนอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ และ อาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์ มีการระบายน้ำได้ไม่ดี เนื่องจากท่อระบายน้ำมีขยะ สิ่งปฏิกูล อยู่ก้นท่อระบายน้ำ ทำให้การระบายน้ำเป็นไปได้ช้า เกิดน้ำขังส่งกลิ่นเหม็น และ น้ำไม่สามารถระบายได้

ผลการคำนวณออกแบบขนาดของท่อ โดยนำมาเปรียบเทียบกับขนาดท่อจริง พบว่า ท่อจริงสามารถระบายน้ำได้มีประสิทธิภาพเพราะส่วนใหญ่ท่อจริงมีขนาดใหญ่กว่าท่อที่คำนวณได้ แต่สาเหตุที่ท่อมีน้ำขังนั้นเกิดจากการวางท่อที่ slope ไม่ไปในทิศทางเดียวกัน แต่ slope เป็นท้องช้างในหลาย ๆ จุด ทำให้เกิดน้ำขังและส่งกลิ่นเน่าเหม็น

5.2 ข้อเสนอแนะ

ท่อระบายน้ำระบายน้ำได้ช้า เนื่องจาก slope ของท่อเป็นลักษณะท้องช้าง ทำให้เกิดการสะสมของตะกอน และ ขยะที่ไหลมากองบริเวณก้นท่อ ทำให้ส่งกลิ่นเน่าเหม็น แนวทางแก้ไขหากต้องทำการวางท่อใหม่เพื่อให้ slope ของท่อไปในทางเดียวกันก็จะสิ้นเปลืองงบประมาณจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้ท่อระบายน้ำสามารถระบายน้ำได้ดีขึ้น และลดกลิ่นเน่าเหม็นจากสิ่งปฏิกูล ควรมีการขุดลอกท่อระบายน้ำ เพื่อลดปริมาณ ตะกอน สิ่งปฏิกูล บริเวณตึกวิทยาศาสตร์ลักษณะท่อส่วนตรงกลางสูง ทำให้ทิศทางการไหลของน้ำแยกออกเป็นสองทาง ควรมีการทำระดับ slope ท่อส่วนตรงกลางใหม่เพื่อให้น้ำมีทิศทางการไปทางเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

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

ธีรธร อัศวรุจานนท์ : การสำรวจเบื้องต้น . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

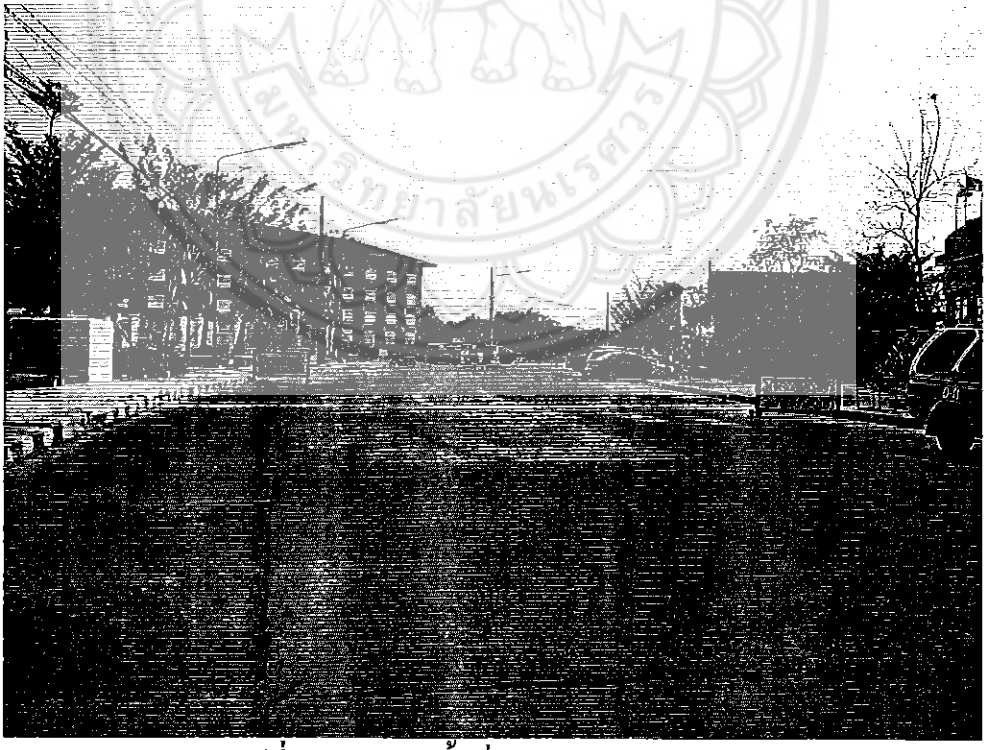
Handbook of hydraulics for the solution of Hydraulic engineering problems / Emest F.Brater , Horace Williams King ; Jame E . Lindell , editor in chief ; C.Y. Wei , coeditor

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

ภาคผนวก ก

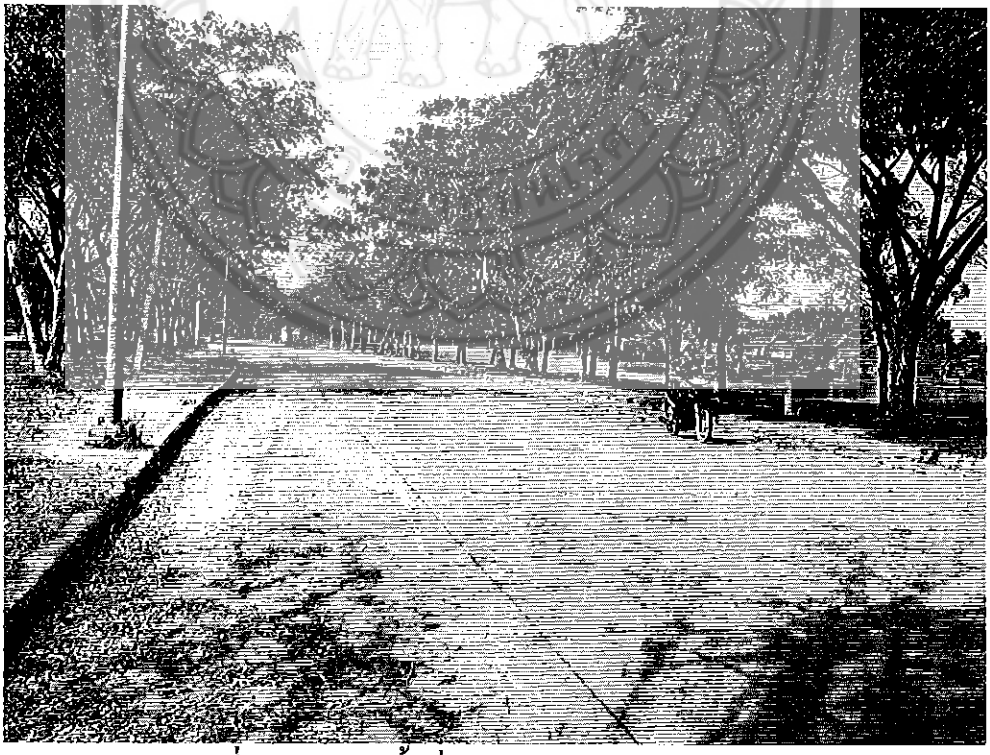
รูปภาพของบริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร พื้นที่ 2

รูปที่ ก. 1 แสดงพื้นที่บริเวณทางแยกหน้าหอพักหญิง



รูปที่ ก. 2 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าหอใน

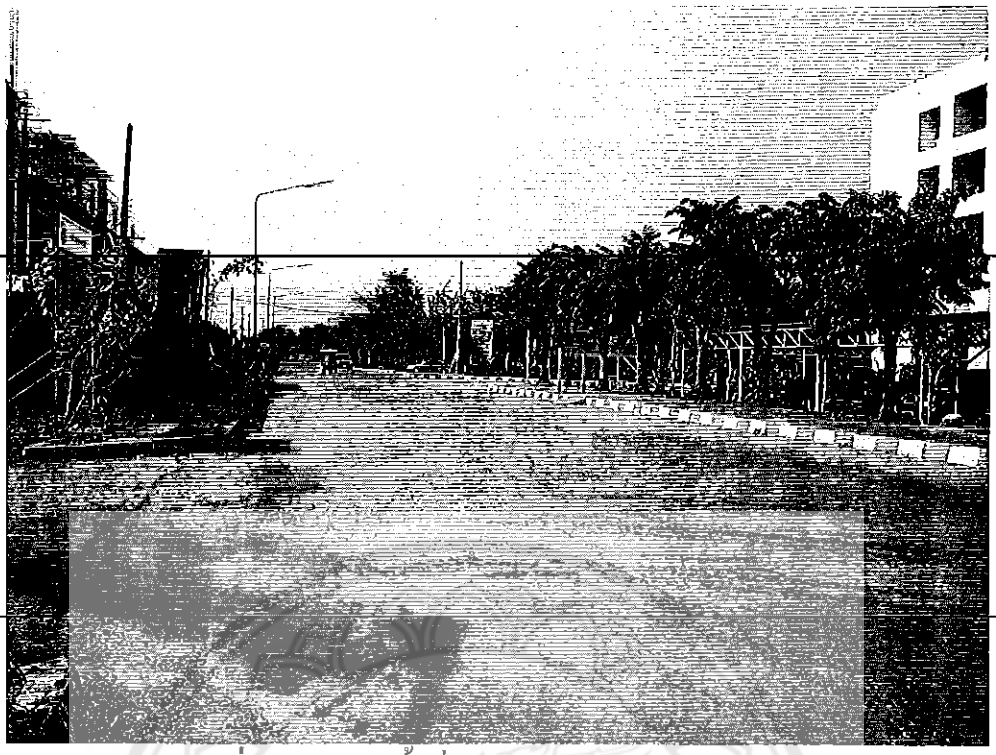
รูปที่ ก. 3 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าอ่างเก็บน้ำ



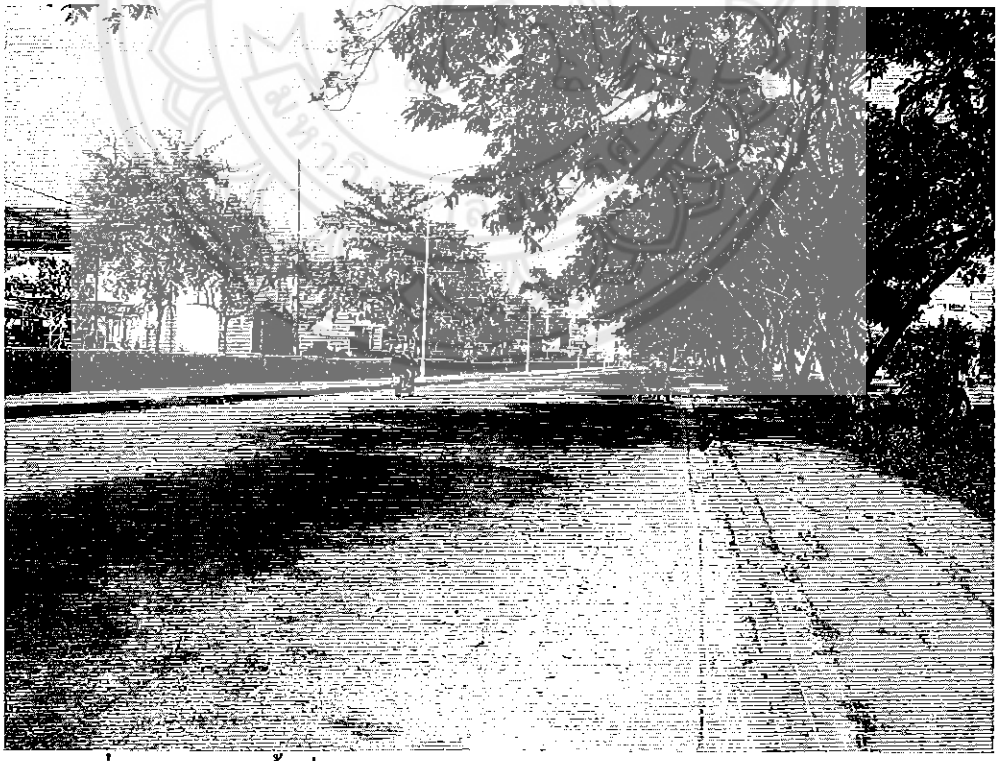
รูปที่ ก. 4 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าอาคารพลังงาน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

I 5072670
ปร.
ฆ465ก
2562
e.2



รูปที่ ก. 5 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าตึกคณิตศาสตร์



รูปที่ ก. 6 แสดงพื้นที่บริเวณถนนหน้าอาคารปฏิบัติการคณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาคผนวก ข

ข้อมูลค่าระดับท่อและ Profile ท่อ

ตารางที่ ข. 1 ค่าระดับถนนและท่อ BM3 - BM9

ระยะ(m)	BS		ระยะท่อ		FS		Elevation	ความลึก	ระดับท่อ
0	1.34	[redacted]					[redacted]		
					1.469	-0.129	100.655		
		ท่อ ซ้าย	-	#######	-	#VALUE!	#VALUE!		#VALUE!
		ท่อ ขวา	-	#######	-	#VALUE!	#VALUE!		#VALUE!
25	1.34								
					1.469	-0.129	100.526		
		ท่อ ซ้าย	8.7	33.7	1.385	-0.045	100.61	1.97	98.64
		ท่อ ขวา	-	#######	-	#VALUE!	#VALUE!		#VALUE!
50	1.373								
					1.484	-0.111	100.415		
		ท่อ ซ้าย	0	50	1.352	0.021	100.547	1.67	98.877
		ท่อ ขวา	4.7	54.7	1.387	-0.014	100.512	1.84	98.672
75	1.338								
					1.432	-0.094	100.321		
		ท่อ ซ้าย	4.1	79.1	1.332	0.006	100.421	1.72	98.701
		ท่อ ขวา	10.6	85.6	1.328	0.01	100.425	1.72	98.705
100	1.401								
					1.425	-0.024	100.297		
		ท่อ ซ้าย	9.3	109.3	1.336	0.065	100.386	1.72	98.666
		ท่อ ขวา	0.6	100.6	1.32	0.081	100.402	1.67	98.732
125	1.419								
					1.404	0.015	100.312		
		ท่อ ซ้าย	0	125	1.332	0.087	100.384	1.67	98.714
		ท่อ ขวา	6.7	131.7	1.348	0.071	100.368	1.67	98.698
150	1.43								
					1.414	0.016	100.328		
		ท่อ ซ้าย	4.8	154.8	1.55	-0.12	100.192	1.62	98.572
		ท่อ ขวา	12.2	162.2	1.356	0.074	100.386	1.72	98.666
175	1.443								
					1.453	-0.01	100.318		
		ท่อ ซ้าย	10	185	1.401	0.042	100.37	1.67	98.7
		ท่อ ขวา	2.6	177.6	1.38	0.063	100.391	1.72	98.671
200	1.2								
					1.201	-0.001	100.317		
		ท่อ ซ้าย	12.5	212.5	1.128	0.072	100.39	1.67	98.72
		ท่อ ขวา	10.3	210.3	1.131	0.069	100.387	1.72	98.667
225	1.408								
					1.376	0.032	100.349		
		ท่อ ซ้าย	0	225	1.351	0.057	100.374	1.72	98.654
		ท่อ ขวา	-	#######	1.341	0.067	100.384		#VALUE!
250	1.477								
					1.478	-0.001	100.348		
		ท่อ ซ้าย	1.8	251.8	1.386	0.091	100.44	1.82	98.62
		ท่อ ขวา	14.4	264.4	1.4	0.077	100.426	1.87	98.556
275	1.413								
					1.401	0.012	100.36		
		ท่อ ซ้าย	12.3	287.3	1.292	0.121	100.469	1.85	98.619

		ท่อ ขวา	12.3	287.3	1.325	0.088	100.436	1.97	98.666
300	1.332								
					1.328	0.004	100.364		
		ท่อ ซ้าย	4.3	304.3	1.189	0.143	100.503	2.27	98.233
		ท่อ ขวา	14.4	314.4	1.195	0.137	100.497	2.17	98.327
325	1.46								
					1.377	0.083	100.447		
		ท่อ ซ้าย	9.3	334.3	1.342	0.118	100.482	2.17	98.312
		ท่อ ขวา	0	325	1.319	0.141	100.505	2.14	98.365
350	1.359								
					1.393	-0.034	100.413		
		ท่อ ซ้าย	0	350	1.333	0.026	100.473	2.17	98.303
		ท่อ ขวา	10	360	1.312	0.047	100.494	2.12	98.374
375	1.471								
					1.459	0.012	100.425		
		ท่อ ซ้าย	4.4	379.4	1.398	0.073	100.486	2.07	98.416
		ท่อ ขวา	0	375	1.391	0.08	100.493	2.07	98.423
400	1.498								
					1.492	0.006	100.431		
		ท่อ ซ้าย	3.8	403.8	1.493	0.005	100.43	2.12	98.31
		ท่อ ขวา	9.3	409.3	1.445	0.053	100.478	2.12	98.358

ตารางที่ ข. 2 ค่าระดับถนนและท่อ BM9 - BM10

ระยะ(m)	BS		ระยะท่อ		FS		Elevation	ความลึก	ระดับท่อ
425	1.469	[redacted]							
					1.476	-0.007	100.424		
		ท่อ ซ้าย	3.2	428.2	1.463	0.006	100.437	2.17	98.267
		ท่อ ขวา	3.2	428.2	1.445	0.024	100.455	1.77	98.685
450	1.528								
					1.531	-0.003	100.421		
		ท่อ ซ้าย	3.2	453.2	1.518	0.01	100.434	1.97	98.464
		ท่อ ขวา	7.65	457.65	1.493	0.035	100.459	1.87	98.589
475	1.314								
					1.406	-0.092	100.329		
		ท่อ ซ้าย	8.4	483.4	1.385	-0.071	100.35	1.97	98.38
		ท่อ ขวา	12.5	487.5	1.349	-0.035	100.386	1.87	98.516
500	1.5								
					1.516	-0.016	100.313		
		ท่อ ซ้าย	12.5	512.5	1.446	0.054	100.383	1.93	98.453
		ท่อ ขวา	2.6	502.6	1.448	0.052	100.381	1.87	98.511
525	1.531								
					1.533	-0.002	100.311		
		ท่อ ซ้าย	2.3	527.3	1.61	-0.079	100.234	1.77	98.464
		ท่อ ขวา	7.6	532.6	1.62	-0.089	100.224	1.77	98.454
550	1.509								
					1.521	-0.012	100.299		
		ท่อ ซ้าย	6.4	556.4	1.595	-0.086	100.225	1.77	98.455
		ท่อ ขวา	13	563	1.641	-0.132	100.179	1.72	98.459
575	1.398								
					1.403	-0.005	100.294		
		ท่อ ซ้าย	10	585	1.507	-0.109	100.19	1.87	98.32
		ท่อ ขวา	1	576	1.529	-0.131	100.168	1.87	98.298
600	1.435								
					1.421	0.014	100.308		
		ท่อ ซ้าย	0	600	1.538	-0.103	100.191	1.97	98.221
		ท่อ ขวา	6	606	1.552	-0.117	100.177	1.87	98.307
625	1.391								
					1.403	-0.012	100.296		
		ท่อ ซ้าย	4.3	629.3	1.561	-0.17	100.138	1.87	98.268
		ท่อ ขวา	12.5	637.5	1.516	-0.125	100.183	1.87	98.313
650	1.4								
					1.389	0.011	100.307		
		ท่อ ซ้าย	10.8	660.8	1.561	-0.161	100.135	1.79	98.345
		ท่อ ขวา	3.3	653.3	1.524	-0.124	100.172	1.77	98.402
675	1.386								
					1.403	-0.017	100.29		
		ท่อ ซ้าย	0	675	1.54	-0.154	100.153	1.72	98.433
		ท่อ ขวา	10.2	685.2	1.515	-0.129	100.178	1.76	98.418
700	1.418								
					1.437	-0.019	100.271		
		ท่อ ซ้าย	4.2	704.2	1.573	-0.155	100.135	1.72	98.415

		ท่อ ขวา	0	700	1.54	-0.122	100.168	1.72	98.448
725	1.416								
					1.418	-0.002	100.269		
		ท่อ ซ้าย	8.4	733.4	1.546	-0.13	100.141	1.67	98.471
		ท่อ ขวา	5.15	730.15	1.577	-0.161	100.11	1.72	98.39
750	1.42								
					1.408	0.012	100.281		
		ท่อ ซ้าย	13.7	763.7	1.53	-0.11	100.159	1.67	98.489
		ท่อ ขวา	13	763	1.552	-0.132	100.137	1.67	98.467
775	1.405								
					1.432	-0.027	100.254		
		ท่อ ซ้าย	2.5	777.5	1.57	-0.165	100.116	1.72	98.396
		ท่อ ขวา	2.5	777.5	1.55	-0.145	100.136	1.74	98.396
800	1.385								
					1.365	0.02	100.274		
		ท่อ ซ้าย	3.8	803.8	1.354	0.031	100.285	1.77	98.515
		ท่อ ขวา	6.2	806.2	1.38	0.005	100.259	1.8	98.459
825	1.335								
					1.33	0.005	100.279		
		ท่อ ซ้าย	8.6	833.6	1.343	-0.008	100.266	1.67	98.596
		ท่อ ขวา	11	836	1.375	-0.04	100.234	1.77	98.534

ตารางที่ ข. 3 ค่าระดับถนนและท่อ BM10 - BM11

ระยะ(m)	BS		ระยะท่อ		FS		Elevation	ความลึก	ระดับท่อ
850	1.325	[redacted]							
					1.332	-0.007	100.272		
		ท่อ ซ้าย	13.7	863.7	1.325	0	100.279	1.87	98.409
		ท่อ ขวา	14.2	864.2	1.397	-0.072	100.207	1.97	98.237
875	1.301								
					1.329	-0.028	100.244		
		ท่อ ซ้าย	3.8	878.8	1.328	-0.027	100.245	1.7	98.545
		ท่อ ขวา	4.2	879.2	1.338	-0.037	100.235	1.72	98.515
900	1.333								
					1.331	0.002	100.246		
		ท่อ ซ้าย	8.6	908.6	1.3	0.033	100.277	1.72	98.557
		ท่อ ขวา	8	908	1.262	0.071	100.315	1.77	98.545
925	1.375								
					1.386	-0.011	100.235		
		ท่อ ซ้าย	14	939	1.363	0.012	100.258	1.82	98.438
		ท่อ ขวา	14	939	1.381	-0.006	100.24	1.84	98.4
950	1.358								
					1.361	-0.003	100.232		
		ท่อ ซ้าย	7	957	1.322	0.036	100.271	1.82	98.451
		ท่อ ขวา	7	957	1.313	0.045	100.28	1.84	98.44
975	1.428								
					1.372	0.056	100.288		
		ท่อ ซ้าย	12	987	1.382	0.046	100.278	1.94	98.338
		ท่อ ขวา	12	987	1.394	0.034	100.266	1.92	98.346
1000	1.378								
					1.378	0	100.288		
		ท่อ ซ้าย	2.7	1002.7	1.38	-0.002	100.286	1.84	98.446
		ท่อ ขวา	2.5	1002.5	1.398	-0.02	100.268	1.84	98.428
1025	1.391								
					1.376	0.015	100.303		
		ท่อ ซ้าย	6.5	1031.5	1.368	0.023	100.311	1.9	98.411
		ท่อ ขวา	8.6	1033.6	1.413	-0.022	100.266	1.87	98.396
1050	1.382								
					1.391	-0.009	100.294		
		ท่อ ซ้าย	10.2	1060.2	1.4	-0.018	100.285	1.9	98.385
		ท่อ ขวา	15.1	1065.1	1.414	-0.032	100.271	1.92	98.351
1075	1.382								
					1.36	0.022	100.316		
		ท่อ ซ้าย	0	1075	1.348	0.034	100.328	1.95	98.378
		ท่อ ขวา	0	1075	1.352	0.03	100.324	1.9	98.424
1100	1.377								
					1.383	-0.006	100.31		
		ท่อ ซ้าย	3.1	1103.1	1.365	0.012	100.328	1.95	98.378
		ท่อ ขวา	21	1121	1.373	0.004	100.32	1.9	98.42
1125	1.368								
					1.396	-0.028	100.282		
		ท่อ ซ้าย	6.6	1131.6	1.365	0.003	100.313	1.97	98.343

		ท่อ ขวา	11.5	1136.5	1.402	-0.034	100.276	1.367	98.406
1150	1.328								
					1.331	-0.003	100.279		
		ท่อ ซ้าย	10.5	1160.5	1.287	0.041	100.323	1.282	98.503
		ท่อ ขวา	2.5	1152.5	1.294	0.034	100.316	1.267	98.646
1175	1.436								
					1.429	0.007	100.286		
		ท่อ ซ้าย	14.3	1189.3	1.371	0.065	100.344	1.339	98.454
		ท่อ ขวา	8.8	1183.8	1.362	0.074	100.353	1.367	98.483
1200	1.315								
					1.311	0.004	100.29		
		ท่อ ซ้าย	3.8	1203.8	1.258	0.057	100.343	1.282	98.523
		ท่อ ขวา	0	1200	1.26	0.055	100.341	1.272	98.621
1225	1.35								
					1.357	-0.007	100.283		
		ท่อ ซ้าย	7.5	1232.5	1.251	0.099	100.389	1.282	98.569
		ท่อ ขวา	6.3	1231.3	1.29	0.06	100.35	1.27	98.65
1250	1.383								
					1.369	0.014	100.297		
		ท่อ ซ้าย	11.8	1261.8	1.283	0.1	100.383	1.355	98.533
		ท่อ ขวา	12	1262	1.33	0.053	100.336	1.367	98.666

ตารางที่ ข. 4 ค่าระดับถนนและท่อ BM11 - BM12

ระยะ(m)	BS		ระยะท่อ		FS		Elevation	ความลึก	ระดับท่อ
1275	1.364	[redacted]							
					1.352	0.012	100.309		
		ท่อ ซ้าย	1.4	1276.4	1.25	0.114	100.411	1.72	98.691
		ท่อ ขวา	2.6	1277.6	1.308	0.056	100.353	1.72	98.633
1300	1.35								
					1.35	0	100.309		
		ท่อ ซ้าย	8.2	1308.2	1.3	0.05	100.359	1.75	98.609
		ท่อ ขวา	8.5	1308.5	1.321	0.029	100.338	1.94	98.398
1325	1.331								
					1.326	0.005	100.314		
		ท่อ ซ้าย	11.5	1336.5	1.35	-0.019	100.29	1.75	98.54
		ท่อ ขวา		1325	-	#VALUE!	#VALUE!		#VALUE!
1350	1.232								
					1.25	-0.018	100.296		
		ท่อ ซ้าย	2	1352	1.252	-0.02	100.294	1.77	98.524
		ท่อ ขวา	19.7	1369.7	1.18	0.052	100.366	1.89	98.476
1375	1.491								
					1.481	0.01	100.306		
		ท่อ ซ้าย	6.8	1381.8	1.48	0.011	100.307	1.77	98.537
		ท่อ ขวา	9.6	1384.6	1.451	0.04	100.336	1.9	98.436
1400	1.432								
					1.428	0.004	100.31		
		ท่อ ซ้าย	12.4	1412.4	1.39	0.042	100.348	1.77	98.578
		ท่อ ขวา	0	1400	1.377	0.055	100.361	1.87	98.491
1425	1.461								
					1.439	0.022	100.332		
		ท่อ ซ้าย	2	1427	1.425	0.036	100.346	1.82	98.526
		ท่อ ขวา	4.5	1429.5	1.395	0.066	100.376	1.87	98.506
1450	1.442								
					1.444	-0.002	100.33		
		ท่อ ซ้าย	7.4	1457.4	1.438	0.004	100.336	1.85	98.486
		ท่อ ขวา	8.9	1458.9	1.409	0.033	100.365	1.9	98.465
1475	1.402								
					1.471	-0.069	100.261		
		ท่อ ซ้าย	13.4	1488.4	1.399	0.003	100.333	1.82	98.513
		ท่อ ขวา	13.4	1488.4	1.373	0.029	100.359	1.9	98.459
1500	1.448								
					1.373	0.075	100.336	ความลึก=	
		ท่อ ซ้าย	3.2	1503.2	1.358	0.09	100.351	1.97	98.581
		ท่อ ขวา	3.2	1503.2	1.334	0.114	100.375	1.87	98.505
1525	1.44								
					1.46	-0.02	100.316		
		ท่อ ซ้าย	8	1533	1.415	0.025	100.361	1.77	98.591
		ท่อ ขวา	0	1525	-	#VALUE!	#VALUE!		#VALUE!
1550	1.658								
					1.683	-0.025	100.291		
		ท่อ ซ้าย	14.5	1564.5	1.6	0.058	100.374	1.7	98.674

		ท่อ ขวา	0	1550	1.578	0.08	100.396		98.596
1575	1.624								
					1.59	0.034	100.325		
		ท่อ ซ้าย	4.2	1579.2	1.522	0.102	100.393		98.593
		ท่อ ขวา	21.2	1596.2	1.532	0.092	100.383		98.513
1600	1.524								
					1.515	0.009	100.334		
		ท่อ ซ้าย	10.3	1610.3	1.456	0.068	100.393		98.503
		ท่อ ขวา	11.3	1611.3	1.465	0.059	100.384		98.534
1625	1.559								
					1.561	-0.002	100.332		
		ท่อ ซ้าย	0.5	1625.5	1.515	0.044	100.378		98.558
		ท่อ ขวา	1.5	1626.5	1.547	0.012	100.346		98.506
1650	1.562								
					1.538	0.024	100.356		
		ท่อ ซ้าย	6.3	1656.3	1.487	0.075	100.407		98.607
		ท่อ ขวา	7.1	1657.1	1.595	-0.033	100.299		98.459
1675	1.4								
					1.447	-0.047	100.309		
		ท่อ ซ้าย	10.8	1685.8	1.372	0.028	100.384		98.614
		ท่อ ขวา	15.5	1690.5	1.409	-0.009	100.347		98.507

ตารางที่ ข. 5 ค่าระดับถนนและท่อ BM12 - BM5

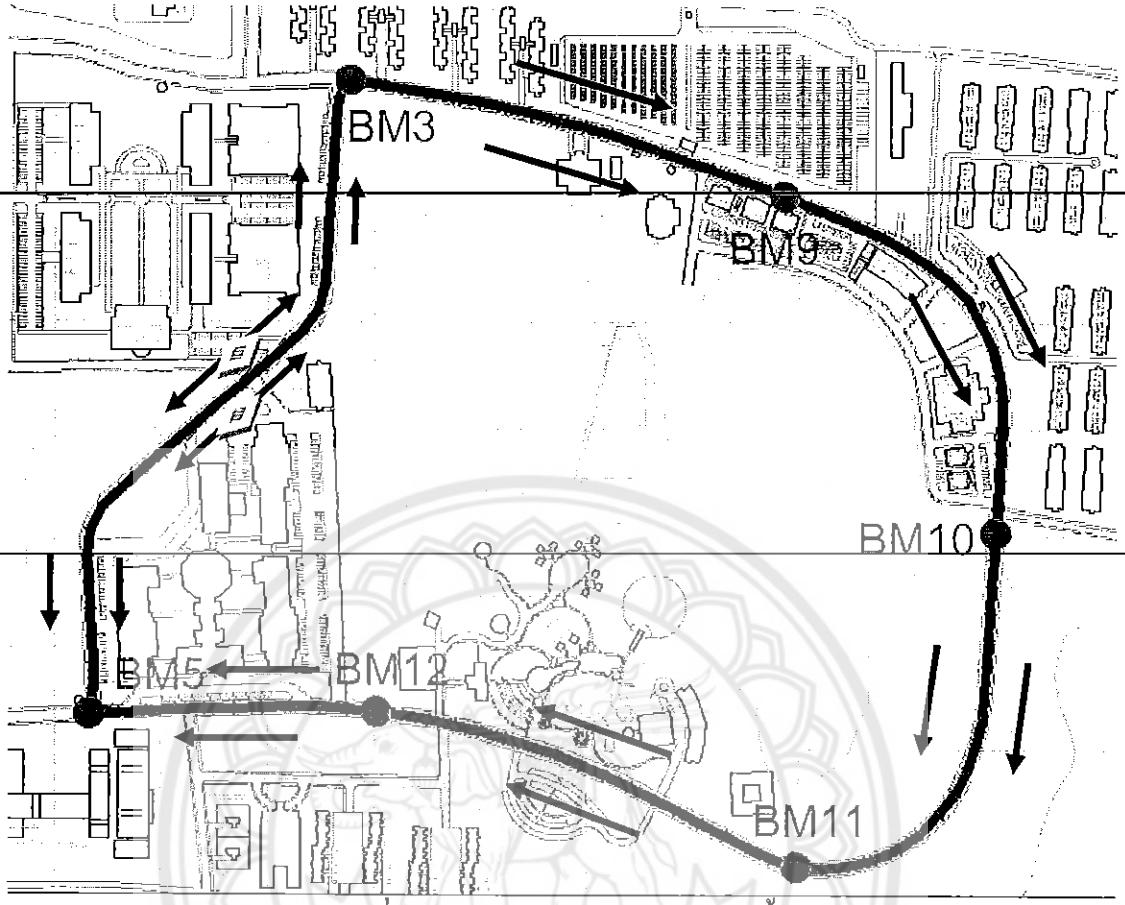
ระยะ(m)	BS		ระยะท่อ		FS		Elevation	ความลึก	ระดับท่อ
1700	1.574	[redacted]							
					1.55	0.024	100.333		
		ท่อ ซ้าย	1.7	1701.7	1.487	0.087	100.396	1.12	98.676
		ท่อ ขวา	5.6	1705.6	1.695	-0.121	100.188	1.82	98.368
1725	1.579								
					1.568	0.011	100.344		
		ท่อ ซ้าย	7	1732	1.528	0.051	100.384	1.77	98.614
		ท่อ ขวา	11	1736	1.729	-0.15	100.183	1.77	98.413
1750	1.538								
					1.557	-0.019	100.325		
		ท่อ ซ้าย	13.2	1763.2	1.514	0.024	100.368	1.79	98.578
		ท่อ ขวา	1.3	1751.3	1.513	0.025	100.369	1.72	98.649
1775	1.527								
					1.525	0.002	100.327		
		ท่อ ซ้าย	3.5	1778.5	1.549	-0.022	100.303	1.79	98.513
		ท่อ ขวา	6.5	1781.5	1.421	0.106	100.431	1.77	98.661
1800	1.656								
					1.668	-0.012	100.315		
		ท่อ ซ้าย	9.6	1809.6	1.608	0.048	100.375	1.79	98.585
		ท่อ ขวา	12.4	1812.4	1.583	0.073	100.4	1.8	98.6
1825	1.488								
					1.467	0.021	100.336		
		ท่อ ซ้าย	0	1825	1.397	0.091	100.406	1.77	98.636
		ท่อ ขวา	2.5	1827.5	1.383	0.105	100.42	1.77	98.65
1850	1.519								
					1.46	0.059	100.395		
		ท่อ ซ้าย	8.4	1858.4	1.405	0.114	100.45	1.82	98.63
		ท่อ ขวา	8.2	1858.2	1.345	0.174	100.51	1.72	98.79
1875	1.529								
					1.538	-0.009	100.386		
		ท่อ ซ้าย	0	1875	1.457	0.072	100.467	1.89	98.577
		ท่อ ขวา	12.3	1887.3	1.412	0.117	100.512	1.59	98.922
1900	1.65								
					1.592	0.058	100.444		
		ท่อ ซ้าย	4.4	1904.4	1.528	0.122	100.508	1.89	98.618
		ท่อ ขวา	0.5	1900.5	1.742	-0.092	100.294	1.85	98.444
1925	1.589								
					1.544	0.045	100.489		
		ท่อ ซ้าย	10.3	1935.3	1.49	0.099	100.543	2.06	98.483
		ท่อ ขวา	4.5	1929.5	1.505	0.084	100.528	1.77	98.758

ตารางที่ ข. 6 ค่าระดับถนนและท่อ BM5 - BM3

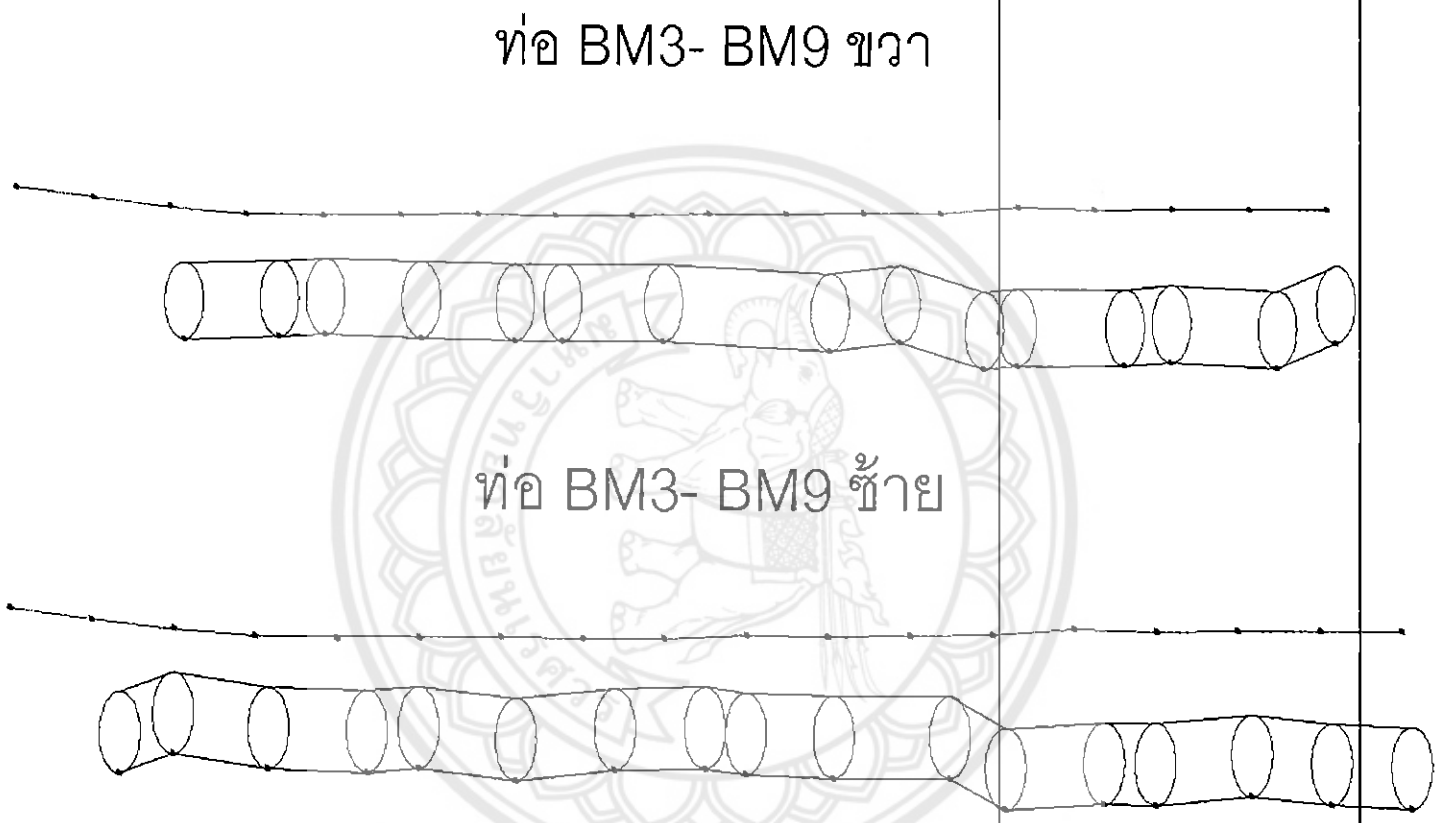
ระยะ(m)	BS		ระยะท่อ	FS		Elevation	ความลึก	ระดับท่อ
1950	1.55	[redacted]						
				1.567	-0.017	100.472		
		ท่อ ซ้าย	- #######	-	#VALUE!	#VALUE!		#VALUE!
		ท่อ ขวา	- #######	-	#VALUE!	#VALUE!		#VALUE!
1975	1.405							
				1.468	-0.063	100.409		
		ท่อ ซ้าย	11.5 1986.5	1.489	-0.084	100.388	2.17	98.218
		ท่อ ขวา	11.5 1986.5	1.469	-0.064	100.408	1.77	98.638
2000	1.504							
				1.578	-0.074	100.335		
		ท่อ ซ้าย	1 2001	1.55	-0.046	100.363	2.07	98.293
		ท่อ ขวา	0.8 2000.8	1.536	-0.032	100.377	1.67	98.707
2025	1.541							
				1.559	-0.018	100.317		
		ท่อ ซ้าย	7.1 2032.1	1.543	-0.002	100.333	1.62	98.713
		ท่อ ขวา	0.5 2025.5	1.729	-0.188	100.147	1.77	98.377
2050	1.538							
				1.545	-0.007	100.31		
		ท่อ ซ้าย	12.8 2062.8	1.579	-0.041	100.276	1.67	98.606
		ท่อ ขวา	11.5 2061.5	1.506	0.032	100.349	1.72	98.559
2075	1.47							
				1.472	-0.002	100.308		
		ท่อ ซ้าย	3.3 2078.3	1.474	-0.004	100.306	1.68	98.626
		ท่อ ขวา	2.4 2077.4	1.419	0.051	100.361	1.72	98.641
2100	1.6							
				1.621	-0.021	100.287		
		ท่อ ซ้าย	8.2 2108.2	1.607	-0.007	100.301	1.68	98.621
		ท่อ ขวา	8.6 2108.6	1.745	-0.145	100.163	1.55	98.613
2125	1.575							
				1.551	0.024	100.311		
		ท่อ ซ้าย	3.2 2128.2	1.558	0.017	100.304	1.71	98.594
		ท่อ ขวา	12 2137	1.5	0.075	100.362	1.67	98.692
2150	1.589							
				1.611	-0.022	100.289		
		ท่อ ซ้าย	5.3 2155.3	1.524	0.065	100.376	1.72	98.656
		ท่อ ขวา	4.5 2154.5	1.54	0.049	100.36	1.72	98.64
2175	1.641							
				1.6	0.041	100.33		
		ท่อ ซ้าย	10.8 2185.8	1.568	0.073	100.362	1.75	98.612
		ท่อ ขวา	10.4 2185.4	1.577	0.064	100.353	1.72	98.633
2200	1.571							
				1.566	0.005	100.335		
		ท่อ ซ้าย	0.7 2200.7	1.474	0.097	100.427	1.72	98.707
		ท่อ ขวา	0.7 2200.7	1.418	0.153	100.483	1.72	98.763
2225	1.538							
				1.507	0.031	100.366	ความลึก	
		ท่อ ซ้าย	6.6 2231.6	1.434	0.104	100.439	1.7	98.739

		ท่อ ขวา	6.6	2231.6	1.418	0.12	100.455	1.67	98.785
2250	1.539								
					1.533	0.006	100.372		
		ท่อ ซ้าย	11.8	2261.8	1.482	0.057	100.423	1.72	98.703
		ท่อ ขวา	11.9	2261.9	1.5	0.039	100.405	1.65	98.755
2275	1.585								
					1.582	0.003	100.375		
		ท่อ ซ้าย	2.5	2277.5	1.518	0.067	100.439	1.77	98.669
		ท่อ ขวา	12.4	2287.4	1.499	0.086	100.458	1.65	98.808
2300	1.591								
					1.615	-0.024	100.351		
		ท่อ ซ้าย	8	2308	1.519	0.072	100.447	1.72	98.727
		ท่อ ขวา	2.6	2302.6	1.743	-0.152	100.223	1.38	98.843
2325	1.645								
					1.635	0.01	100.361		
		ท่อ ซ้าย	13.5	2338.5	1.509	0.136	100.487	1.71	98.777
		ท่อ ขวา	8.3	2333.3	1.729	-0.084	100.267	1.67	98.597
2350	1.647								
					1.639	0.008	100.369		
		ท่อ ซ้าย	3.9	2353.9	1.488	0.159	100.52	1.71	98.81
		ท่อ ขวา	14	2364	1.547	0.1	100.461	1.67	98.791
2375	1.615								
					1.599	0.016	100.385		
		ท่อ ซ้าย	9.3	2384.3	1.7	-0.085	100.284	1.51	98.744
		ท่อ ขวา	4.4	2379.4	1.524	0.091	100.46	1.72	98.74
2400	1.608								
					1.607	0.001	100.386		
		ท่อ ซ้าย	0.7	2400.7	1.529	0.079	100.464	1.72	98.744
		ท่อ ขวา	9.5	2409.5	1.501	0.107	100.492	1.73	98.762
2425	1.587								
					1.587	0	100.386		
		ท่อ ซ้าย	9	2434	1.472	0.115	100.501	1.74	98.761
		ท่อ ขวา	11	2436	1.488	0.099	100.485	1.72	98.765
2450	1.648								
					1.621	0.027	100.413		
		ท่อ ซ้าย	0	2450	1.54	0.108	100.494	1.75	98.744
		ท่อ ขวา	0.8	2450.8	1.542	0.106	100.492	1.72	98.772
2475	1.525								
					1.555	-0.03	100.383		
		ท่อ ซ้าย	2	2477	1.451	0.074	100.487	1.75	98.737
		ท่อ ขวา	9.2	2484.2	1.485	0.04	100.453	1.72	98.733
2500	1.39								
					1.574	-0.184	100.199		
		ท่อ ซ้าย	6.8	2506.8	1.7	-0.31	100.073	1.77	98.303
		ท่อ ขวา	0	2500	1.469	-0.079	100.304	1.72	98.584
2525	1.646								
					1.635	0.011	100.21	ความลึก	
		ท่อ ซ้าย	6	2531	1.521	0.125	100.324	1.77	98.554
		ท่อ ขวา	5	2530	1.515	0.131	100.33	1.75	98.58

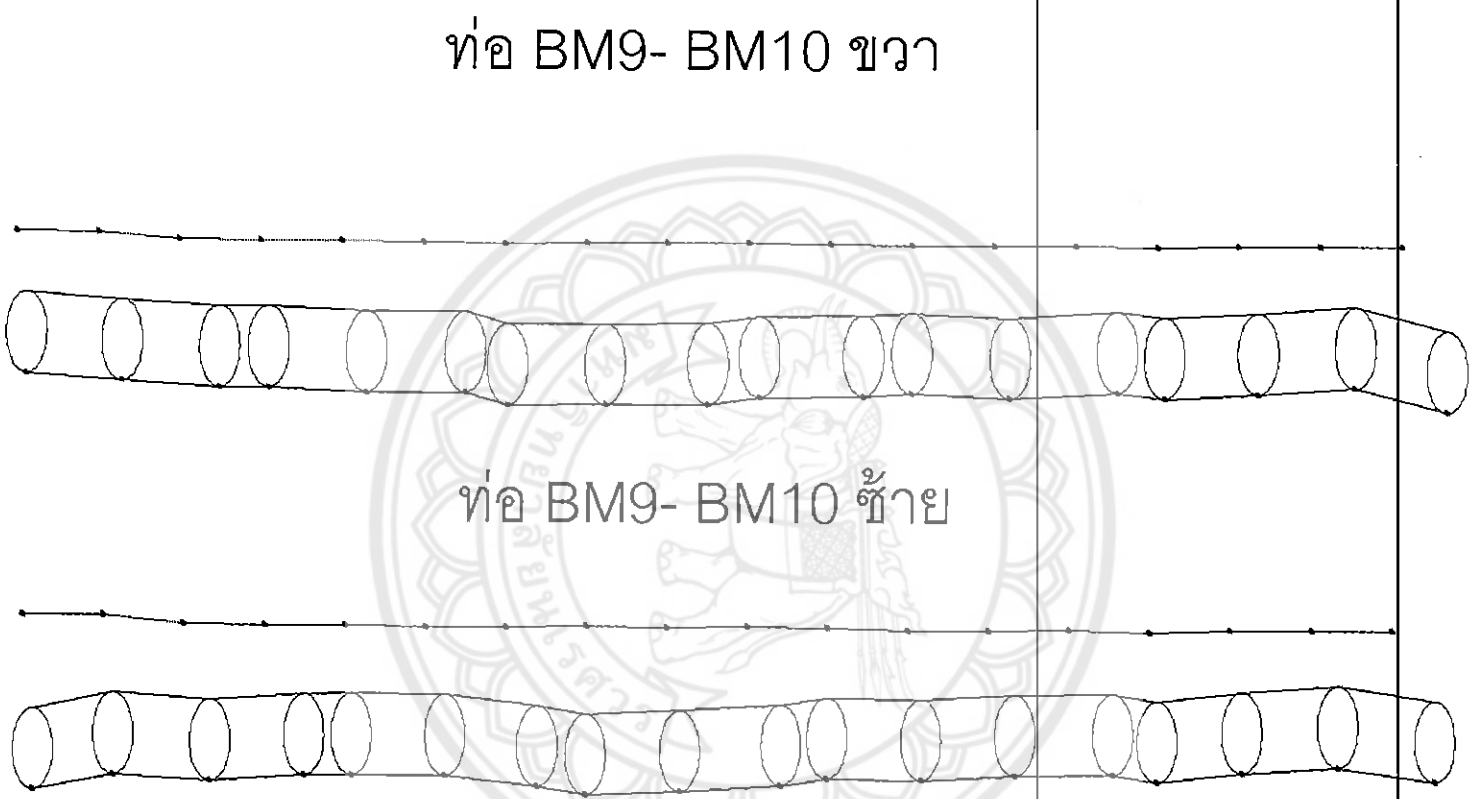
2550	1.65								
					1.698	-0.048	100.162		
		ท่อ ซ้าย	7.5	2557.5	1.469	0.181	100.391	[illegible]	98.541
		ท่อ ขวา	10.6	2560.6	1.483	0.167	100.377	[illegible]	98.627
2575	1.631								
					1.556	0.075	100.237		
		ท่อ ซ้าย	13	2588	1.39	0.241	100.403	[illegible]	98.553
		ท่อ ขวา	1	2576	1.462	0.169	100.331	[illegible]	98.371
2600	1.68								
					1.595	0.085	100.322		
		ท่อ ซ้าย	6.7	2606.7	1.471	0.209	100.446	[illegible]	98.456
		ท่อ ขวา	6.2	2606.2	1.503	0.177	100.414	[illegible]	98.454
2625	1.62								
					1.547	0.073	100.395		
		ท่อ ซ้าย	7.6	2632.6	1.461	0.159	100.481	[illegible]	98.491
		ท่อ ขวา	7	2632	1.468	0.152	100.474	[illegible]	98.504
2650	1.6								
					1.613	-0.013	100.382		
		ท่อ ซ้าย	3.2	2653.2	1.525	0.075	100.47	[illegible]	98.35
		ท่อ ขวา	8.4	2658.4	1.531	0.069	100.464	[illegible]	98.394



รูปที่ ข. 1 แสดงทิศทางการไหลของน้ำ

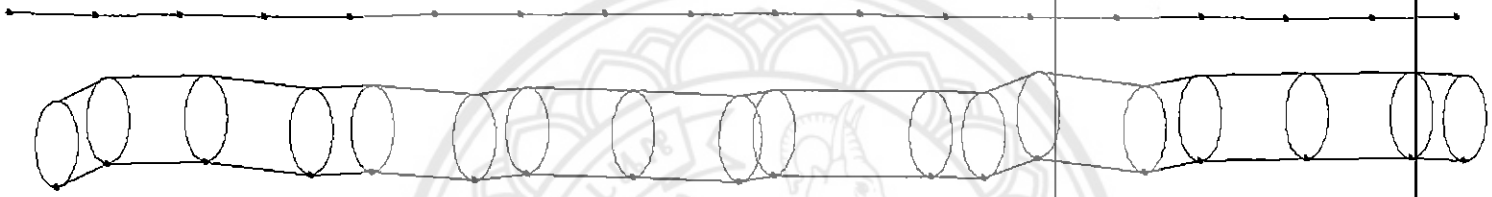


รูปที่ ข. 2 แสดง Profile ถนน และท่อ BM3 - BM9

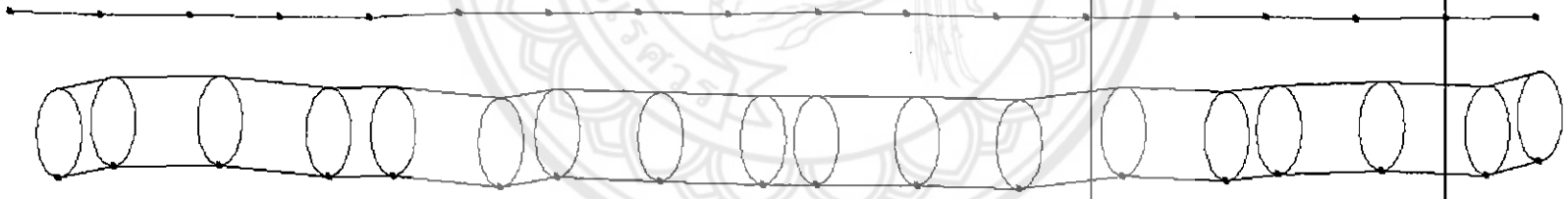


รูปที่ ข. 3 แสดง Profile ถนน และท่อ BM9 - BM10

ท่อ BM10- BM11 ขวา

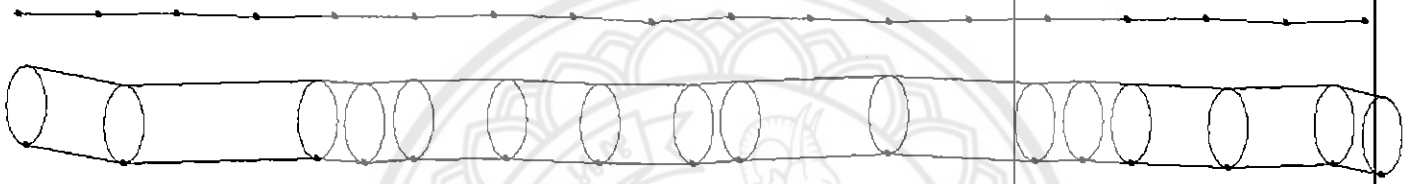


ท่อ BM10- BM11 ซ้าย



รูปที่ ข. 4 แสดง Profile ถนน และท่อ BM10 - BM11

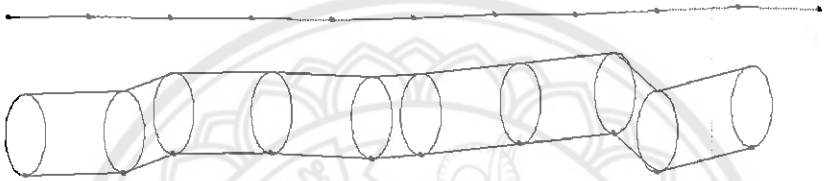
ท่อ BM11- BM12 ขวา



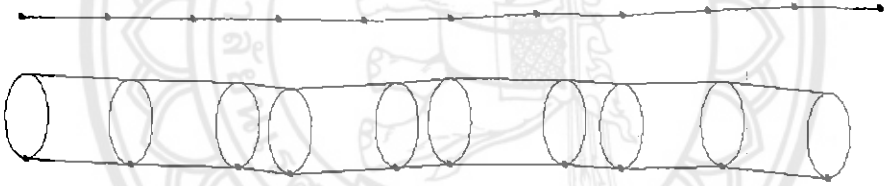
ท่อ BM11- BM12 ซ้าย

รูปที่ ข. 5 แสดง Profile ถนน และท่อ BM11 - BM12

ท่อ BM12- BM5 ขวา

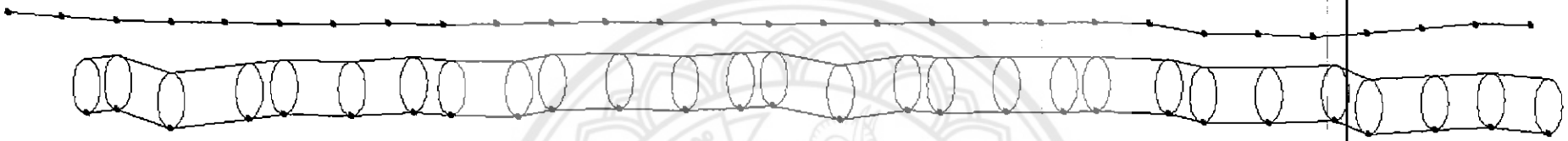


ท่อ BM12- BM5 ซ้าย

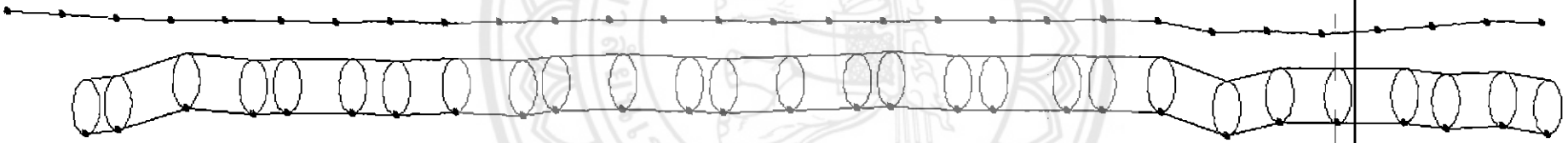


รูปที่ ข. 6 แสดง Profile ถนน และท่อ BM12 - BM5

ท่อ BM5- BM3 ขวา



ท่อ BM5- BM3 ซ้าย



รูปที่ ข. 7 แสดง Profile ถนน และท่อ BM5 - BM3

ภาคผนวก ค

ตารางรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ

ตารางที่ ค. 1 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM3-BM9 ด้านซ้าย

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณเข้าท่อออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	กำหนด V=	0.75		
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน										n=	0.016		
เริ่มต้น (L)	จุดปลาย (L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	At	As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	30.5	30.5	1387.9346	0.8	167.75	0.85	0.805	1555.6846	1247.31	20	0.000	20.000	135	0.0377	0.253	0.4	0.0942	0.0031
2	3	2	16.3	46.8	733.969	0.8	89.65	0.85	0.805	823.619	2070.929	20	1.040	21.040	133.2	0.0617	0.324	0.4	0.0942	0.0031
3	4	3	29.1	75.9	1297.0888	0.8	160.05	0.85	0.805	1457.1388	3528.0678	20	1.687	21.687	131	0.1034	0.419	0.5	0.1472	0.0023
4	5	4	30.2	106.1	1327.9156	0.8	166.1	0.85	0.806	1494.0156	5022.0834	20	2.358	22.358	130.3	0.1464	0.499	0.5	0.1472	0.0023
5	6	5	15.7	121.8	683.0146	0.8	86.35	0.85	0.806	769.3646	5791.448	20	2.707	22.707	129	0.1672	0.533	0.6	0.2120	0.0018
6	7	6	30.2	152	1318.45	0.8	166.1	0.85	0.806	1484.55	7275.998	20	3.378	23.378	127.7	0.2079	0.594	0.6	0.2120	0.0018
7	8	7	27.5	179.5	1343.5139	0.8	151.25	0.85	0.805	1494.7639	8770.7619	20	3.989	23.989	126.5	0.2481	0.649	1	0.5888	0.0009
8	9	8	12.5	192	1256.5639	0.2	68.75	0.85	0.234	1325.3139	10096.0758	20	4.267	24.267	124	0.0813	0.371	0.4	0.0942	0.0031
9	10	9	27.37	219.37	596.1028	0.2	150.535	0.85	0.331	746.6378	10842.7136	20	4.875	24.875	123.2	0.1228	0.457	0.5	0.1472	0.0023
10	11	10	35.49	254.86	1004.18	0.2	195.195	0.85	0.306	1199.375	12042.0886	20	5.664	25.664	121.3	0.1241	0.459	0.5	0.1472	0.0023
11	12	11	17	271.86	1746.9897	0.2	93.5	0.85	0.233	1840.4897	13882.5783	20	6.041	26.041	120	0.1078	0.428	0.5	0.1472	0.0023
12	13	12	29.94	301.8	858.7678	0.2	164.67	0.85	0.305	1023.4378	14906.0161	20	6.707	26.707	118	0.1488	0.503	0.525	0.1623	0.0022
13	14	13	16.7	318.5	1554.7753	0.2	91.85	0.85	0.236	1646.6253	16552.6414	20	7.078	27.078	117.5	0.1276	0.465	0.5	0.1472	0.0023
14	15	14	29.94	348.44	834.7751	0.2	164.67	0.85	0.307	999.4451	17552.0865	20	7.743	27.743	115	0.1722	0.541	0.6	0.2120	0.0018
15	16	15	15.7	364.14	1599.0111	0.2	86.35	0.85	0.233	1685.3611	19237.4476	20	8.092	28.092	113	0.1409	0.489	0.5	0.1472	0.0023
16	17	16	29.4	393.54	1366.78	0.2	161.7	0.85	0.269	1528.48	20765.9276	20	8.745	28.745	111.7	0.1732	0.542	0.6	0.2120	0.0018
17	18	17	24.45	417.99	1412.82	0.2	134.475	0.85	0.256	1547.295	22313.2226	20	9.289	29.289	108.6	0.1726	0.541	0.6	0.2120	0.0018

ตารางที่ ค. 2 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำและความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM3-BM9 ด้านขวา

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่ปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	ก้าหนด V=	0.75		
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน										n=	0.016		
เริ่มต้น (R)	จุดปลาย (R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	46.22	46.22	1477.74	0.2	254.21	0.85	0.30	1731.95	1637.79	20	0.000	20.000	135	0.0181	0.175	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	31.06	77.28	1396.43	0.2	170.83	0.85	0.27	1567.26	3205.05	20	1.717	21.717	133.3	0.0321	0.234	0.25	0.0368	0.0058
3	4	3	15.4	92.68	1000.17	0.2	84.7	0.85	0.25	1084.87	4289.92	20	2.060	22.060	131.4	0.0393	0.258	0.4	0.0942	0.0031
4	5	4	31.6	124.28	1264.64	0.2	173.8	0.85	0.28	1438.44	5728.36	20	2.762	22.762	130.5	0.0578	0.313	0.4	0.0942	0.0031
5	6	5	30.2	154.48	1258.29	0.2	166.1	0.85	0.28	1424.39	7152.75	20	3.433	23.433	129.7	0.0711	0.347	0.4	0.0942	0.0031
6	7	6	15.4	169.88	1412.25	0.2	84.7	0.85	0.24	1496.95	8649.70	20	3.775	23.775	128.2	0.0729	0.352	0.4	0.0942	0.0031
7	8	7	32.7	202.58	1579.07	0.2	179.85	0.85	0.27	1758.92	10408.62	20	4.502	24.502	125.4	0.0966	0.405	0.5	0.1472	0.0023
8	9	8	53.74	256.32	861.74	0.8	295.57	0.85	0.81	1157.31	11565.93	20	5.696	25.696	124.6	0.3254	0.743	1	0.5888	0.0009
9	10	9	22.86	279.18	1150.77	0.8	125.73	0.85	0.80	1276.5	12842.43	20	6.204	26.204	123.3	0.3540	0.775	1	0.5888	0.0009
10	11	10	27.1	306.28	1562.44	0.8	149.05	0.85	0.80	1711.49	14553.92	20	6.806	26.806	121.4	0.3948	0.819	1	0.5888	0.0009
11	12	11	15.04	321.32	1044.56	0.8	82.72	0.85	0.80	1127.28	15681.20	20	7.140	27.140	120.7	0.4225	0.847	1	0.5888	0.0009
12	13	12	30.5	351.82	1870.01	0.8	167.75	0.85	0.80	2037.76	17718.96	20	7.818	27.818	119.3	0.4722	0.895	1	0.5888	0.0009
13	14	13	15	366.82	900.78	0.8	82.5	0.85	0.80	983.28	18702.24	20	8.152	28.152	117.8	0.4922	0.914	1	0.5888	0.0009
14	15	14	34.24	401.06	1291.82	0.8	188.32	0.85	0.81	1480.14	20182.38	20	8.912	28.912	115.9	0.5239	0.943	1	0.5888	0.0009
15	16	15	18.77	419.83	1291.82	0.8	103.235	0.85	0.80	1395.055	21577.44	20	9.330	29.330	114.2	0.5501	0.966	1	0.5888	0.0009

ตารางที่ ค.3 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM9-BM10 ด้านซ้าย

กำหนด	
V=	0.75
n=	0.016

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน		เฉลี่ย			T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที				
เริ่มต้น (L)	จุดปลาย (L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	At	As					Q				
1	2	1	24.99	24.99	1491.3585	0.8	137.445	0.85	0.80	1628.8035	1559.67	20	0.000	20.000	135	0.0470	0.283	0.4	0.0942	0.0031
2	3	2	30.11	55.1	1872.5051	0.8	165.605	0.85	0.80	2038.1101	3597.7801	20	1.224	21.224	134.1	0.1078	0.428	0.5	0.1472	0.0023
3	4	3	29.24	84.34	2378.29	0.8	160.82	0.85	0.80	2539.11	6136.8901	20	1.874	21.874	132.7	0.1817	0.555	0.6	0.2120	0.0018
4	5	4	14.8	99.14	879.666	0.8	81.4	0.85	0.80	961.066	7097.9561	20	2.203	22.203	129.7	0.2057	0.591	0.6	0.2120	0.0018
5	6	5	29.93	129.07	1736.0893	0.8	164.615	0.85	0.80	1900.7043	8998.6604	20	2.868	22.868	129.2	0.2598	0.664	1	0.5888	0.0009
6	7	6	29.33	158.4	1717.4433	0.8	161.315	0.85	0.80	1878.7583	10877.4187	20	3.520	23.520	128.5	0.3123	0.728	1	0.5888	0.0009
7	8	7	15.3	173.7	937.0912	0.8	84.15	0.85	0.80	1021.2412	11898.6599	20	3.860	23.860	125.3	0.3330	0.752	1	0.5888	0.0009
8	9	8	30.7	204.4	2771.9948	0.8	168.85	0.85	0.80	2940.8448	14839.5047	20	4.542	24.542	124.1	0.4107	0.835	1	0.5888	0.0009
9	10	9	31.79	236.19	2781.0466	0.8	174.845	0.85	0.80	2955.8916	17795.3963	20	5.249	25.249	123.8	0.4914	0.913	1	0.5888	0.0009
10	11	10	15.21	251.4	1169.775	0.8	83.655	0.85	0.80	1253.43	19048.8263	20	5.587	25.587	122.6	0.5211	0.941	1	0.5888	0.0009
11	12	11	29.98	281.38	2846.0275	0.8	164.89	0.85	0.80	3010.9175	22059.7438	20	6.253	26.253	120.1	0.5908	1.001	1.5	1.3247	0.0005
12	13	12	29.74	311.12	2891.4201	0.8	163.57	0.85	0.80	3054.9901	25114.7339	20	6.914	26.914	119.3	0.6680	1.065	1.5	1.3247	0.0005
13	14	13	30.86	341.98	2554.1889	0.8	169.73	0.85	0.80	2723.9189	27838.6528	20	7.600	27.600	117.9	0.7322	1.115	1.5	1.3247	0.0005
14	15	14	13.95	355.93	1019.3689	0.8	76.725	0.85	0.80	1096.0939	28934.7467	20	7.910	27.910	116.4	0.7517	1.130	1.5	1.3247	0.0005
15	16	15	26.3	382.23	1937.4502	0.8	144.65	0.85	0.80	2082.1002	31016.8469	20	8.494	28.494	112.7	0.7802	1.151	1.5	1.3247	0.0005
16	17	16	28.81	411.04	2136.62	0.8	158.455	0.85	0.80	2295.075	33311.9219	20	9.134	29.134	112.3	0.8349	1.190	1.5	1.3247	0.0005
17	18	17	31.09	442.13	2323.12	0.2	170.995	0.85	0.24	2494.115	35806.0369	20	9.825	29.825	109.4	0.2661	0.672	1	0.5888	0.0009

ตารางที่ ค. 4 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM9-BM10 ด้านขวา

กำหนด	
V=	0.75
n=	0.016

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน													
เริ่มต้น (R)	จุดปลาย (R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที Q				
1	2	1	29.34	29.34	1619.221	0.8	161.37	0.85	0.80	1780.59	981.23	20	0.000	20.000	135	0.0296	0.224	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	29.73	59.07	1668.69	0.8	163.515	0.85	0.80	1832.21	2813.44	20	1.313	21.313	133.2	0.0837	0.377	0.4	0.0942	0.0031
3	4	3	14.95	74.02	841.61	0.8	82.225	0.85	0.80	923.84	3737.27	20	1.645	21.645	131.7	0.1100	0.432	0.5	0.1472	0.0023
4	5	4	30	104.02	1686.78	0.8	165	0.85	0.80	1851.78	5589.05	20	2.312	22.312	129.7	0.1620	0.524	0.6	0.2120	0.0018
5	6	5	29.86	133.88	1619.87	0.8	164.23	0.85	0.81	776.86	6365.91	20	2.975	22.975	129.5	0.1856	0.561	0.6	0.2120	0.0018
6	7	6	12.37	146.25	612.63	0.8	68.035	0.85	0.80	852.74	7218.645	20	3.250	23.250	128.6	0.2073	0.593	0.6	0.2120	0.0018
7	8	7	29.7	175.95	784.7	0.8	163.35	0.85	0.81	875.34	8093.9839	20	3.910	23.910	125.3	0.2280	0.622	1	0.5888	0.0009
8	9	8	29.77	205.72	711.9889	0.8	163.735	0.85	0.81	569.78	8663.7589	20	4.572	24.572	123.9	0.2428	0.642	1	0.5888	0.0009
9	10	9	15.48	221.2	406.04	0.8	85.14	0.85	0.80	2312.15	10975.913	20	4.916	24.916	122.8	0.3002	0.714	1	0.5888	0.0009
10	11	10	30.93	252.13	2227.014	0.8	170.115	0.85	0.81	1257.39	12233.3	20	5.603	25.603	122.7	0.3364	0.756	1	0.5888	0.0009
11	12	11	13.92	266.05	1087.272	0.8	76.56	0.85	0.80	2525.06	14758.358	20	5.912	25.912	120.6	0.3963	0.820	1	0.5888	0.0009
12	13	12	29.49	295.54	2448.498	0.8	162.195	0.85	0.80	2967.89	17726.245	20	6.568	26.568	118.2	0.4672	0.891	1	0.5888	0.0009
13	14	13	32.21	327.75	2805.692	0.8	177.155	0.85	0.81	1430.58	19156.826	20	7.283	27.283	118.1	0.5067	0.927	1	0.5888	0.0009
14	15	14	14.34	342.09	1253.425	0.8	78.87	0.85	0.80	2573.92	21730.746	20	7.602	27.602	115.5	0.5588	0.974	1	0.5888	0.0009
15	16	15	28.7	370.79	2495.051	0.8	157.85	0.85	0.80	2788.28	24519.021	20	8.240	28.240	112.5	0.6151	1.022	1.5	1.3247	0.0005
16	17	16	30.48	401.27	2630.425	0.8	167.64	0.85	0.80	2524.99	27044.007	20	8.917	28.917	112.3	0.6777	1.073	1.5	1.3247	0.0005
17	18	17	27.52	428.79	2357.346	0.8	151.36	0.85	0.85	151.36	27195.367	20	9.529	29.529	110.2	0.7076	1.096	1.5	1.3247	0.0005

ตารางที่ ค.5 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM10-BM11 ด้านซ้าย

กำหนด	
V=	0.75
n=	0.016

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำฝนออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน													
เริ่มต้น (L)	จุดปลาย (L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม	ลบ.ม./วินาที Q				
1	2	1	15.1	19.75	1134.89	0.2	83.05	0.85	0.244	1217.94	4235.59	20	0.000	20.000	135	0.0388	0.257	0.4	0.0942	0.0031
2	3	2	29.79	49.54	2266.06	0.2	163.845	0.85	0.244	2429.905	6665.495	20	1.101	21.101	134.6	0.0608	0.321	0.4	0.0942	0.0031
3	4	3	30.39	79.93	2336.129	0.2	167.145	0.85	0.243	2503.274	9168.769	20	1.776	21.776	131	0.0812	0.371	0.4	0.0942	0.0031
4	5	4	18	97.93	1382.623	0.2	99	0.85	0.243	1481.623	10650.39	20	2.176	22.176	130.6	0.0941	0.400	0.4	0.0942	0.0031
5	6	5	29.9	127.83	2310.646	0.2	164.45	0.85	0.243	2475.096	13125.49	20	2.841	22.841	129.5	0.1148	0.441	0.5	0.1472	0.0023
6	7	6	15.68	143.51	1214.767	0.2	86.24	0.85	0.243	1301.007	14426.5	20	3.189	23.189	127.4	0.1241	0.459	0.5	0.1472	0.0023
7	8	7	29.27	172.78	2315.509	0.2	160.985	0.85	0.242	2476.494	16902.99	20	3.840	23.840	126.8	0.1442	0.495	0.5	0.1472	0.0023
8	9	8	28.45	201.23	2388.929	0.2	156.475	0.85	0.240	2545.404	19448.39	20	4.472	24.472	124.8	0.1618	0.524	0.525	0.1623	0.0022
9	10	9	14.49	215.72	1320.956	0.2	79.695	0.85	0.237	1400.651	20849.04	20	4.794	24.794	122.8	0.1685	0.535	0.6	0.2120	0.0018
10	11	10	28.67	244.39	3500.701	0.2	157.685	0.85	0.228	3658.386	24507.43	20	5.431	25.431	120.8	0.1875	0.564	0.6	0.2120	0.0018
11	12	11	29.69	274.08	5037.095	0.2	163.295	0.85	0.220	5200.39	29707.82	20	6.091	26.091	118.8	0.2161	0.606	1	0.5888	0.0009
12	13	12	29.85	303.93	2268.673	0.2	164.175	0.85	0.244	2432.848	32140.67	20	6.754	26.754	116.8	0.2543	0.657	1	0.5888	0.0009
13	14	13	29.62	333.55	2293.717	0.2	162.91	0.85	0.243	2456.627	34597.29	20	7.412	27.412	114.8	0.2682	0.675	1	0.5888	0.0009
14	15	14	15.44	348.99	1235.994	0.2	84.92	0.85	0.242	1320.914	35918.21	20	7.755	27.755	112.8	0.2721	0.680	1	0.5888	0.0009
15	16	15	29.64	378.63	5591.3	0.2	163.02	0.85	0.218	5754.32	41672.53	20	8.414	28.414	110.8	0.2801	0.690	1	0.5888	0.0009
16	17	16	30.24	408.87	5636.185	0.2	166.32	0.85	0.219	5802.505	47475.03	20	9.086	29.086	108.8	0.3137	0.730	1	0.5888	0.0009
17	18	17	15.55	424.42	1310.865	0.2	85.525	0.85	0.240	1396.39	48871.42	20	9.432	29.432	106.8	0.3477	0.768	1	0.5888	0.0009

ตารางที่ ค. 6 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM10-BM11 ด้านขวา

กำหนด	
V=	0.75
n=	0.016

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่เก็บปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ				
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน													
เริ่มต้น (R)	จุดปลาย (R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	15	32.4	1277.008	0.2	82.5	0.85	0.239	1359.508	2568.83	20	0.000	20.000	135	0.0231	0.198	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	28.8	61.2	2440.269	0.2	158.4	0.85	0.240	2598.669	5167.499	20	1.360	21.360	132.7	0.0456	0.278	0.4	0.0942	0.0031
3	4	3	30.99	92.19	2606.518	0.2	170.445	0.85	0.240	2776.963	7944.462	20	2.049	22.049	131.9	0.0698	0.344	0.4	0.0942	0.0031
4	5	4	18.11	110.3	1503.956	0.2	99.605	0.85	0.240	1603.561	9548.023	20	2.451	22.451	130.4	0.0831	0.376	0.4	0.0942	0.0031
5	6	5	29.87	140.17	2490.981	0.2	164.285	0.85	0.240	2655.266	12203.29	20	3.115	23.115	129.3	0.1053	0.423	0.5	0.1472	0.0023
6	7	6	15.48	155.65	1277.069	0.2	85.14	0.85	0.241	1362.209	13565.5	20	3.459	23.459	127.2	0.1153	0.442	0.5	0.1472	0.0023
7	8	7	30.19	185.84	2429.838	0.2	166.045	0.85	0.242	2595.883	16161.38	20	4.130	24.130	126.6	0.1373	0.483	0.5	0.1472	0.0023
8	9	8	30.73	216.57	1532.712	0.2	169.015	0.85	0.265	1701.727	17863.11	20	4.813	24.813	123.6	0.1623	0.525	0.525	0.1623	0.0022
9	10	9	9.27	225.84	338.4331	0.2	50.985	0.85	0.285	389.4181	18252.53	20	5.019	25.019	120.6	0.1743	0.544	0.6	0.2120	0.0018
10	11	10	45.12	270.96	1644.544	0.2	248.16	0.85	0.285	1892.704	20145.23	20	6.021	26.021	117.6	0.1877	0.564	0.6	0.2120	0.0018
11	12	11	14.61	285.57	1010.055	0.2	80.355	0.85	0.248	1090.41	21235.64	20	6.346	26.346	114.6	0.1676	0.533	0.6	0.2120	0.0018
12	13	12	15.07	300.64	1295.551	0.2	82.885	0.85	0.239	1378.436	22614.08	20	6.681	26.681	111.6	0.1676	0.533	0.6	0.2120	0.0018
13	14	13	30.37	331.01	2754.435	0.2	167.035	0.85	0.237	2921.47	25535.55	20	7.356	27.356	108.6	0.1827	0.557	0.6	0.2120	0.0018
14	15	14	15.26	346.27	1383.135	0.2	83.93	0.85	0.237	1467.065	27002.61	20	7.695	27.695	105.6	0.1879	0.565	0.6	0.2120	0.0018
15	16	15	30.36	376.63	1917.67	0.2	166.98	0.85	0.252	2084.65	29087.26	20	8.370	28.370	102.6	0.2090	0.596	0.6	0.2120	0.0018
16	17	16	29.74	406.37	1185.143	0.2	163.57	0.85	0.279	1348.713	30435.97	20	9.030	29.030	99.6	0.2348	0.631	1	0.5888	0.0009
17	18	17	14.68	421.05	584.1857	0.2	80.74	0.85	0.279	664.9257	31100.9	20	9.357	29.357	96.6	0.2328	0.629	1	0.5888	0.0009

ตารางที่ ค.7 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM11-BM12 ด้านซ้าย

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	กำหนด V=	0.75		
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน										n=	0.016		
เริ่มต้น (L)	จุดปลาย (L)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	33.44	33.44	2919.184	0.2	100.32	0.85	0.222	3019.504	612.15	20	0.000	20.000	135	0.0051	0.093	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	28.21	61.65	2414.713	0.2	84.63	0.85	0.222	2499.343	3111.493	20	1.370	21.370	134.7	0.0258	0.209	0.25	0.0368	0.0058
3	4	3	15.4	77.05	1343.664	0.2	46.2	0.85	0.222	1389.864	4501.356	20	1.712	21.712	132.4	0.0367	0.250	0.25	0.0368	0.0058
4	5	4	29.72	106.77	2643.925	0.2	89.16	0.85	0.221	2733.085	7234.441	20	2.373	22.373	130.5	0.0580	0.314	0.4	0.0942	0.0031
5	6	5	30.58	137.35	2801.231	0.2	91.74	0.85	0.221	2892.971	10127.41	20	3.052	23.052	129.4	0.0803	0.369	0.4	0.0942	0.0031
6	7	6	14.53	151.88	1362.487	0.2	43.59	0.85	0.220	1406.077	11533.49	20	3.375	23.375	128.2	0.0904	0.392	0.4	0.0942	0.0031
7	8	7	30.25	182.13	2903.36	0.6	90.75	0.85	0.608	2994.11	14527.6	20	4.047	24.047	127.6	0.3129	0.729	1	0.5888	0.0009
8	9	8	30.62	212.75	2994.67	0.6	91.86	0.85	0.607	3086.53	17614.13	20	4.728	24.728	125.2	0.3721	0.795	1	0.5888	0.0009
9	10	9	14.8	227.55	1453.1	0.6	44.4	0.85	0.607	1497.5	19111.63	20	5.057	25.057	123.7	0.3989	0.823	1	0.5888	0.0009
10	11	10	29.29	256.84	2870.61	0.6	87.87	0.85	0.607	2958.48	22070.11	20	5.708	25.708	122.3	0.4554	0.879	1	0.5888	0.0009
11	12	11	31.39	288.23	3024.3	0.6	94.17	0.85	0.608	3118.47	25188.58	20	6.405	26.405	120.9	0.5139	0.934	1	0.5888	0.0009
12	13	12	14.54	302.77	1409.49	0.6	43.62	0.85	0.608	1453.11	26641.69	20	6.728	26.728	119.6	0.5377	0.955	1	0.5888	0.0009
13	14	13	31.07	333.84	2367.23	0.6	93.21	0.85	0.609	2460.44	29102.13	20	7.419	27.419	117.9	0.5809	0.993	1	0.5888	0.0009
14	15	14	14.43	348.27	655.14	0.6	43.29	0.85	0.615	698.43	29800.56	20	7.739	27.739	116.7	0.5946	1.005	1.5	1.3247	0.0005
15	16	15	31.07	379.34	2607.39	0.6	93.21	0.85	0.609	2700.6	32501.16	20	8.430	28.430	114.6	0.6297	1.034	1.5	1.3247	0.0005
16	17	16	29.23	408.57	2835.02	0.6	87.69	0.85	0.608	2922.71	35423.87	20	9.079	29.079	112.2	0.6707	1.067	1.5	1.3247	0.0005
17	18	17	15.9	424.47	1593.97	0.6	47.7	0.85	0.607	1641.67	37065.54	20	9.433	29.433	110.8	0.6928	1.084	1.5	1.3247	0.0005

ตารางที่ ค.8 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM11-BM12 ด้านขวา

กำหนด	
V=	0.75
n=	0.016

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ				
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน													
เริ่มต้น (R)	จุดปลาย (R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	29.07	29.07	1782.46	0.2	87.21	0.85	0.230	1869.67	511.8	20	0.000	20.000	135	0.0044	0.087	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	61.06	90.13	4707.886	0.2	183.18	0.85	0.224	4891.066	5402.866	20	2.003	22.003	133	0.0448	0.276	0.4	0.0942	0.0031
3	4	3	14.9	105.03	1106.501	0.2	44.7	0.85	0.225	1151.201	6554.067	20	2.334	22.334	131.6	0.0540	0.303	0.4	0.0942	0.0031
4	5	4	15.29	120.32	1105.824	0.2	45.87	0.85	0.226	1151.694	7705.761	20	2.674	22.674	129.3	0.0625	0.326	0.4	0.0942	0.0031
5	6	5	29.5	149.82	2079.76	0.2	88.5	0.85	0.227	2168.26	9874.021	20	3.329	23.329	127.6	0.0793	0.367	0.4	0.0942	0.0031
6	7	6	29	178.82	1963.009	0.6	87	0.85	0.611	2050.009	11924.03	20	3.974	23.974	125.5	0.2538	0.656	1	0.5888	0.0009
7	8	7	30.49	209.31	2030.422	0.6	91.47	0.85	0.611	2121.892	14045.92	20	4.651	24.651	123.6	0.2945	0.707	1	0.5888	0.0009
8	9	8	14.79	224.1	979.349	0.6	44.37	0.85	0.611	1023.719	15069.64	20	4.980	24.980	124	0.3171	0.734	1	0.5888	0.0009
9	10	9	47.3	271.4	3159.981	0.6	141.9	0.85	0.611	3301.881	18371.52	20	6.031	26.031	122.3	0.3812	0.804	1	0.5888	0.0009
10	11	10	46.29	317.69	3211.506	0.6	138.87	0.85	0.610	3350.376	21721.9	20	7.060	27.060	119.5	0.4401	0.864	1	0.5888	0.0009
11	12	11	15.14	332.83	1107.782	0.6	45.42	0.85	0.610	1153.202	22875.1	20	7.396	27.396	118	0.4573	0.881	1	0.5888	0.0009
12	13	12	15.77	348.6	1156.101	0.6	47.31	0.85	0.610	1203.411	24078.51	20	7.747	27.747	117.6	0.4797	0.902	1	0.5888	0.0009
13	14	13	30.68	379.28	2194.874	0.6	92.04	0.85	0.610	2286.914	26365.42	20	8.428	28.428	117	0.5227	0.942	1	0.5888	0.0009
14	15	14	33.66	412.94	3709.459	0.6	100.98	0.85	0.607	3810.439	30175.86	20	9.176	29.176	115	0.5848	0.996	1	0.5888	0.0009
15	16	15	15.1	428.04	1055.84	0.6	45.3	0.85	0.610	1101.14	31277	20	9.512	29.512	114	0.6044	1.013	1.5	1.3247	0.0005

ตารางที่ ค.9 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM12-BM5 ด้านซ้าย

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	กำหนด V=	0.75		
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน										n=	0.016		
เริ่มต้น (R)	จุดปลาย (R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	เฉลี่ย C	(ตร.ม.) At	(ตร.ม.) As	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	31.87	31.87	3207.14	0.8	95.61	0.85	0.801	3302.75	511.8	20	0.000	20.000	135	0.0154	0.162	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	33.19	65.06	3361.28	0.8	99.57	0.85	0.801	3460.85	3972.65	20	1.446	21.446	133	0.1176	0.447	0.5	0.1472	0.0023
3	4	3	17	82.06	1416.777	0.8	51	0.85	0.802	1467.777	5440.427	20	1.824	21.824	131.6	0.1594	0.520	0.525	0.1623	0.0022
4	5	4	32.88	114.94	3254.51	0.8	98.64	0.85	0.801	3353.15	8793.577	20	2.554	22.554	129.3	0.2531	0.655	1	0.5888	0.0009
5	6	5	17.4	132.34	1683.26	0.8	52.2	0.85	0.802	1735.46	10529.04	20	2.941	22.941	127.6	0.2991	0.713	1	0.5888	0.0009
6	7	6	35.43	167.77	3340.65	0.8	106.29	0.85	0.802	3446.94	13975.98	20	3.728	23.728	125.5	0.3905	0.814	1	0.5888	0.0009
7	8	7	18.63	186.4	1731.72	0.8	55.89	0.85	0.802	1787.61	15763.59	20	4.142	24.142	123.6	0.4338	0.858	1	0.5888	0.0009
8	9	8	31.53	217.93	2856.13	0.8	94.59	0.85	0.802	2950.72	18714.31	20	4.843	24.843	124	0.5167	0.937	1	0.5888	0.0009
9	10	9	32.9	250.83	2880.42	0.8	98.7	0.85	0.802	2979.12	21693.43	20	5.574	25.574	122.3	0.5908	1.001	1.5	1.3247	0.0005
10	11	10	43.21	294.04	9938.385	0.8	129.63	0.85	0.801	10068.01	31761.44	20	6.534	26.534	119.5	0.8441	1.197	1.5	1.3247	0.0005

ตารางที่ ค. 10 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM12-BM5 ด้านขวา

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่เก็บปริมาณน้ำท่าออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ
					พื้นที่แปลงย่อย		ถนน		เฉลี่ย							
เริ่มต้น (R)	จุดปลาย (R)		ท่อ L (ม.)	สะสม Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	At (ตร.ม.)	As (ตร.ม.)	T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที Q
1	2	1	32.9	32.9	2250.607	0.2	98.7	0.85	0.227	2349.307	511.8	20	0.000	20.000	135	0.0044
2	3	2	17.29	50.19	1163.085	0.6	51.87	0.85	0.611	1214.955	1726.755	20	1.115	21.115	133	0.0390
3	4	3	32.6	82.79	2183.079	0.6	97.8	0.85	0.611	2280.879	4007.634	20	1.840	21.840	131.6	0.0895
4	5	4	33	115.79	2234.565	0.6	99	0.85	0.611	2333.565	6341.199	20	2.573	22.573	129.3	0.1391
5	6	5	17.1	132.89	1180.806	0.6	51.3	0.85	0.610	1232.106	7573.305	20	2.953	22.953	127.6	0.1639
6	7	6	32.7	165.59	2306.838	0.6	98.1	0.85	0.610	2404.938	9978.243	20	3.680	23.680	125.5	0.2123
7	8	7	31.1	196.69	2253.367	0.6	93.3	0.85	0.610	2346.667	12324.91	20	4.371	24.371	123.6	0.2581
8	9	8	14.7	211.39	822.16	0.6	44.1	0.85	0.613	866.26	13191.17	20	4.698	24.698	124	0.2784
9	10	9	31	242.39	1144.219	0.6	93	0.85	0.619	1237.219	14428.39	20	5.386	25.386	122.3	0.3033
10	11	10	30.86	273.25	1065.017	0.6	92.58	0.85	0.620	1157.597	15585.99	20	6.072	26.072	119.5	0.3208

กำหนด	
V=	0.75
n=	0.016

D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
0.086	0.25	0.0368	0.0058
0.257	0.4	0.0942	0.0031
0.390	0.4	0.0942	0.0031
0.486	0.5	0.1472	0.0023
0.527	0.6	0.2120	0.0018
0.600	0.6	0.2120	0.0018
0.662	1	0.5888	0.0009
0.687	1	0.5888	0.0009
0.718	1	0.5888	0.0009
0.738	1	0.5888	0.0009

ตารางที่ ค. 11 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และ
ความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM5-BM3 ด้านซ้าย

กำหนด

V= 0.75
n= 0.016

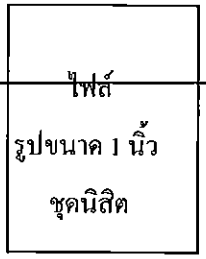
Node เริ่มต้น (R)	Node จุดปลาย (R)	ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว ท่อ L (ม.)	ความยาว สะสม Ls (ม.)	พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำท่าออกแบบ พื้นที่แปลงย่อย ขนาด(A1) (ตร.ม.)	พื้นที่แปลงย่อย สปส. C1	ถนน ขนาด(A2) (ตร.ม.)	ถนน สปส. C2	สปส. เฉลี่ย C	พื้นที่รวม (ตร.ม.) At	พื้นที่สะสม (ตร.ม.) As	เวลา(นาที) T0	เวลา(นาที) Tpipe	เวลา(นาที) Tc	I มม./ชม.	อัตราระบายน้ำออกแบบ ลบ.ม./วินาที Q	D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	14.3	14.3	397.3235	0.6	42.9	0.85	0.624	440.2235	511.8	20	0.000	20.000	135	0.0120	0.143	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	24.94	39.24	692.363	0.6	74.82	0.85	0.624	767.183	1278.983	20	0.872	20.872	133	0.0295	0.224	0.25	0.0368	0.0058
3	4	3	35.75	74.99	1611.35	0.6	107.25	0.85	0.616	1718.6	2997.583	20	1.666	21.666	131.6	0.0675	0.338	0.4	0.0942	0.0031
4	5	4	15.9	90.89	953.239	0.6	47.7	0.85	0.612	1000.939	3998.522	20	2.020	22.020	129.3	0.0879	0.386	0.4	0.0942	0.0031
5	6	5	31.18	122.07	1976.701	0.6	93.54	0.85	0.611	2070.241	6068.763	20	2.713	22.713	127.6	0.1315	0.472	0.5	0.1472	0.0023
6	7	6	26.03	148.1	1573.368	0.6	78.09	0.85	0.612	1651.458	7720.221	20	3.291	23.291	125.5	0.1647	0.529	0.6	0.2120	0.0018
7	8	7	15.86	163.96	446.1157	0.6	47.58	0.85	0.624	493.6957	8213.917	20	3.644	23.644	123.6	0.1760	0.547	0.6	0.2120	0.0018
8	9	8	29.29	193.25	756.689	0.6	87.87	0.85	0.626	844.559	9058.476	20	4.294	24.294	124	0.1953	0.576	0.6	0.2120	0.0018
9	10	9	15.3	208.55	825.9319	0.6	45.9	0.85	0.613	871.8319	9930.308	20	4.634	24.634	122.3	0.2069	0.593	0.6	0.2120	0.0018
10	11	10	30.9	239.45	1649.985	0.6	92.7	0.85	0.613	1742.685	11672.99	20	5.321	25.321	119.5	0.2376	0.635	1	0.5888	0.0009
11	12	11	30.08	269.53	1663.376	0.6	90.24	0.85	0.613	1753.616	13426.61	20	5.990	25.990	118	0.2697	0.677	1	0.5888	0.0009
12	13	12	25.49	295.02	1461.365	0.6	76.47	0.85	0.612	1537.835	14964.44	20	6.556	26.556	117.6	0.2994	0.713	1	0.5888	0.0009
13	14	13	15.2	310.22	891.1766	0.6	45.6	0.85	0.612	936.7766	15901.22	20	6.894	26.894	117	0.3164	0.733	1	0.5888	0.0009
14	15	14	30.68	340.9	1831.387	0.6	92.04	0.85	0.612	1923.427	17824.65	20	7.576	27.576	115	0.3485	0.769	1	0.5888	0.0009
15	16	15	30.76	371.66	1897.926	0.6	92.28	0.85	0.612	1990.206	19814.85	20	8.259	28.259	114	0.3838	0.807	1	0.5888	0.0009
16	17	16	15.39	387.05	974.0541	0.6	46.17	0.85	0.611	1020.224	20835.08	20	8.601	28.601	113	0.3998	0.824	1	0.5888	0.0009
17	18	17	30.44	417.49	1983.421	0.6	91.32	0.85	0.611	2074.741	22909.82	20	9.278	29.278	112	0.4355	0.860	1	0.5888	0.0009
18	19	18	28.32	445.81	3204.231	0.5	84.96	0.85	0.509	3289.191	26199.01	20	9.907	29.907	111	0.4112	0.835	1	0.5888	0.0009
19	20	19	17.34	463.15	836.0859	0.2	52.02	0.85	0.238	888.1059	27087.11	20	10.292	30.292	110	0.1970	0.578	0.6	0.2120	0.0018
20	21	20	33.4	496.55	1649.688	0.2	100.2	0.85	0.237	1749 888	28837	20	11.034	31.034	109	0.2071	0.593	0.6	0.2120	0.0018
21	22	21	15.85	512.4	789.601	0.2	47.55	0.85	0.237	837.151	29674.15	20	11.387	31.387	108	0.2109	0.598	0.6	0.2120	0.0018
22	23	22	30	542.4	1517.795	0.2	90	0.85	0.236	1607.795	31281.95	20	12.053	32.053	107	0.2198	0.611	1	0.5888	0.0009
23	24	23	30.6	573	1571.161	0.2	91.8	0.85	0.236	1662.961	32944.91	20	12.733	32.733	106	0.2288	0.623	1	0.5888	0.0009
24	25	24	15.4	588.4	773.3798	0.2	46.2	0.85	0.237	819.5798	33764.49	20	13.076	33.076	105	0.2330	0.629	1	0.5888	0.0009
25	26	25	13.2	601.6	878.8707	0.2	39.6	0.85	0.228	918.4707	34682.96	20	13.369	33.369	104	0.2285	0.623	1	0.5888	0.0009
26	27	26	25.8	627.4	673.3854	0.2	77.4	0.85	0.267	750.7854	35433.75	20	13.942	33.942	103	0.2707	0.678	1	0.5888	0.0009
27	28	27	13.56	640.96	452.3867	0.2	40.68	0.85	0.254	493.0667	35926.81	20	14.244	34.244	102	0.2582	0.662	1	0.5888	0.0009

ตารางที่ ค. 12 แสดงรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ และความสามารถในการระบายน้ำของท่อ BM5-BM3 ด้านขวา

กำหนด	
V=	0.75
n=	0.016

Node		ท่อระบายน้ำหมายเลข	ความยาว		พื้นที่ที่เกิดปริมาณน้ำฝนออกแบบ				สปส.	พื้นที่รวม	พื้นที่สะสม	เวลา(นาที)			I	อัตราระบายน้ำออกแบบ	V=	0.75			
เริ่มต้น	จุดปลาย		ท่อ	สะสม	พื้นที่แปลงย่อย		ถนน		เฉลี่ย			T0	Tpipe	Tc	มม./ชม.	ลบ.ม./วินาที	n=	0.016			
(R)	(R)		L (ม.)	Ls (ม.)	ขนาด(A1) (ตร.ม.)	สปส. C1	ขนาด(A2) (ตร.ม.)	สปส. C2	C	At	As					Q		D	D จากการประมาณ	Q ที่รับได้	Slope
1	2	1	14.5	14.5	973.9026	0.2	43.5	0.85	0.228	1017.403	511.8	20	0.000	20.000	135	0.0044		0.086	0.25	0.0368	0.0058
2	3	2	31.1	45.6	2164.659	0.2	93.3	0.85	0.227	2257.969	2769.769	20	1.013	21.013	133	0.0232		0.198	0.25	0.0368	0.0058
3	4	3	30.7	76.3	2136.179	0.2	92.1	0.85	0.227	2228.279	4998.048	20	1.696	21.696	131.6	0.0414		0.265	0.4	0.0942	0.0031
4	5	4	15.5	91.8	1077.129	0.2	46.5	0.85	0.227	1123.629	6121.677	20	2.040	22.040	129.3	0.0499		0.291	0.4	0.0942	0.0031
5	6	5	29.26	121.06	2043.973	0.2	87.78	0.85	0.227	2131.753	8253.43	20	2.690	22.690	127.6	0.0663		0.336	0.4	0.0942	0.0031
6	7	6	22.38	143.44	1582.39	0.6	67.14	0.85	0.610	1649.53	9902.96	20	3.188	23.188	125.5	0.2106		0.598	0.6	0.2120	0.0018
7	8	7	28.49	171.93	4312.037	0.6	85.47	0.85	0.605	4397.507	14300.47	20	3.821	23.821	123.6	0.2970		0.710	1	0.5888	0.0009
8	9	8	31.85	203.78	5037.436	0.6	95.55	0.85	0.605	5132.986	19433.45	20	4.528	24.528	124	0.4047		0.829	1	0.5888	0.0009
9	10	9	14.9	218.68	635.932	0.6	44.7	0.85	0.616	680.632	20114.09	20	4.860	24.860	122.3	0.4212		0.846	1	0.5888	0.0009
10	11	10	30.9	249.58	2708.946	0.8	92.7	0.85	0.802	2801.646	22915.73	20	5.546	25.546	119.5	0.6098		1.017	1.5	1.3247	0.0005
11	12	11	30.2	279.78	2600.628	0.8	90.6	0.85	0.802	2691.228	25606.96	20	6.217	26.217	118	0.6729		1.069	1.5	1.3247	0.0005
12	13	12	15.7	295.48	1324.202	0.8	47.1	0.85	0.802	1371.302	26978.26	20	6.566	26.566	117.6	0.7065		1.095	1.5	1.3247	0.0005
13	14	13	30.5	325.98	2511.06	0.8	91.5	0.85	0.802	2602.56	29580.82	20	7.244	27.244	117	0.7708		1.144	1.5	1.3247	0.0005
14	15	14	30.5	356.48	2421.959	0.8	91.5	0.85	0.802	2513.459	32094.28	20	7.922	27.922	115	0.8221		1.181	1.5	1.3247	0.0005
15	16	15	14.71	371.19	1206.857	0.8	44.13	0.85	0.802	1250.987	33345.27	20	8.249	28.249	114	0.8466		1.199	1.5	1.3247	0.0005
16	17	16	30.28	401.47	2259.142	0.8	90.84	0.85	0.802	2349.982	35695.25	20	8.922	28.922	113	0.8985		1.235	1.5	1.3247	0.0005
17	18	17	16.14	417.61	607.5169	0.8	48.42	0.85	0.804	655.9369	36351.19	20	9.280	29.280	112	0.9089		1.242	1.5	1.3247	0.0005
18	19	18	31.58	449.19	1190.799	0.8	94.74	0.85	0.804	1285.539	37636.72	20	9.982	29.982	111	0.9326		1.258	1.5	1.3247	0.0005
19	20	19	13.89	463.08	538.9122	0.8	41.67	0.85	0.804	580.5822	38217.31	20	10.291	30.291	110	0.9384		1.262	1.5	1.3247	0.0005
20	21	20	27.16	490.24	2032.306	0.8	81.48	0.85	0.802	2113.786	40331.09	20	10.894	30.894	109	0.9793		1.289	1.5	1.3247	0.0005
21	22	21	29.63	519.87	2278.898	0.8	88.89	0.85	0.802	2367.788	42698.88	20	11.553	31.553	108	1.0272		1.320	1.5	1.3247	0.0005
22	23	22	24.19	544.06	1842.299	0.8	72.57	0.85	0.802	1914.869	44613.75	20	12.090	32.090	107	1.0633		1.343	1.5	1.3247	0.0005
23	24	23	26.5	570.56	2003.131	0.8	79.5	0.85	0.802	2082.631	46696.38	20	12.679	32.679	106	1.1026		1.368	1.5	1.3247	0.0005
24	25	24	30.5	601.06	2286.92	0.8	91.5	0.85	0.802	2378.42	49074.8	20	13.357	33.357	105	1.1478		1.396	1.5	1.3247	0.0005
25	26	25	18.7	619.76	1395.982	0.8	56.1	0.85	0.802	1452.082	50526.88	20	13.772	33.772	104	1.1706		1.410	1.5	1.3247	0.0005
26	27	26	25.75	645.51	1916.269	0.8	77.25	0.85	0.802	1993.519	52520.4	20	14.345	34.345	103	1.2050		1.430	1.5	1.3247	0.0005
27	28	27	24.21	669.72	6062.852	0.8	72.63	0.85	0.801	6135.482	58655.88	20	14.883	34.883	102	1.3305		1.503	1.5	1.3247	0.0005

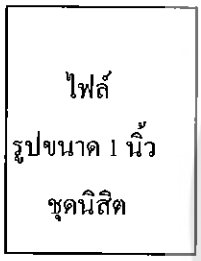
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



ชื่อ นายชานนทร์ หมื่นสีเขียว
ภูมิลำเนา 234/27 หมู่ 10 ต. นครสวรรค์ตก อ. เมือง จ. นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **cynon_cop@hotmail.com**



ชื่อ นายพิฌา ศักดาวัฒนานนท์
ภูมิลำเนา 49 หมู่ 2 ต. คลองคะเชนทร์ อ. เมือง จ. พิจิตร
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **bekoolz@hotmail.com**

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน (ต่อ)

ไฟล์
รูปขนาด 1 นิ้ว
ชุดนิสิต

ชื่อ นายภูวไนย ปิยภัทรากูล
ภูมิลำเนา 187 หมู่ 7 อ. สมเด็จ จ. กาฬสินธุ์
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากกาฬสินธุ์พิทยาสรร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **won_bin10@hotmail.com**

ไฟล์
รูปขนาด 1 นิ้ว
ชุดนิสิต

ชื่อ นายวุฒิไกร คล้ายหล่อ
ภูมิลำเนา 347 หมู่ 2 ต. บ้านคลอง อ. เมือง จ. พิษณุโลก
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากวิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **katay_civil@hotmail.com**