สภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า จังหวัดน่าน

STATE OF THE CATCHMENT HYDROLOGY MEASURING STATION WITH NO RUNOFF IN NAN

นางสาวธันยภัทร	ศรีวงศ์	รหัส 50380317
นายพัฒนวิชญ์	หวันวรพัฒน์	รหัส 50370219
นายสุปรีดี	ชมชื่น	รหัส 50371308

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 28 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 15511641
เลขเรียกหนังสือ ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร มี471ส
2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน สภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า จังหวัดน่าน

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวธันยภัทร ศรีวงศ์ รหัส 50380317

นายพัฒนวิชญ์ หวันวรพัฒน์ รหัส 50370219

นายสุปรีดี ชมชื่น รหัส 50371308

ที่ปรึกษาโครงงาน รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.สงวน ปัทมธรรมกุล)

.....หัวหน้าภาค

(ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	สภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า จังหวัดน่าน		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวธันยภัทร	ศรีวงศ์	รหัส 50380317
	นายพัฒนวิชญ์	หวันวรพัฒน์	รหัส 50370219
	นายสุปรีดี	ชมชื่น	รหัส 50371308
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร		
ปีการศึกษา	2553		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการวิเคราะห์สภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าในจังหวัดน่าน โดยเริ่มจากการสำรวจถึงสภาพของลุ่มน้ำน่าน วัตถุประสงค์ของการศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการหาข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ของลุ่มน้ำน่านตอนบนในจังหวัดน่าน วิเคราะห์สถิติปริมาณน้ำท่า-น้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย/ใหญ่ที่มีสถานีวัดน้ำท่า และ สังเคราะห์หาปัจจัยเวลาการไหลรวมตัวและการไหลหลากในลุ่มน้ำย่อยของจังหวัดน่าน

การวิเคราะห์สภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่านี้ ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของลุ่มน้ำ ก็คือ ลำดับสายน้ำ ความยาว ความลาด ขนาดพื้นที่ และ ความหนาแน่นของลำน้ำ เพื่อจะนำไปคำนวณหาระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำ ระยะเวลาการไหลหลาก หรือจะทำการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าด้วยสูตรต่างๆในลุ่มน้ำย่อยต่อไปได้

ทางคณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานวิจัยนี้ จะได้ทำประโยชน์ทางด้านการวัดสถิติทางด้านอุทกวิทยา เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ตามความเหมาะสม

Project title	State of the catchment hydrology measuring station with no runoff in Nan.	
Name	Miss. Tunyapat Sriwong	ID. 50380317
	Mr. Phatthanavich Wanworaphat	ID. 50370219
	Mr. Supredee Chomchuen	ID. 50371308
Project advisor	Mr. Sombat Chuenchooklin	
Major	Civil Engineering	
Department	Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University	
Academic year	2010	

.....

Abstract

This project is the analysis of catchment hydrology measuring station with no runoff in Nan. We started to make a survey of the Nan river basin. The objective of the research is catchment basis of such information, upper Nan basin, Statistical analysis of runoff–rainfall in the catchment area/large measure a station runoff, Synthesis factors time of concentration and the flood in Nan basin.

The analysis of catchment hydrology measuring station with no runoff in Nan. Basics of the basin are stream order, length, obliqueness, area and drainage density. To be calculated time of concentration and the flood, or the synthetic runoff chart with formulas in the catchment to continue.

We hope this project will serve the statistical measurement of hydrology. To the relevant authorities to bring this information to fix it as appropriate.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์ สมบัติ ชื่นชูกลิ่น ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก่ผู้ทำโครงงานวิจัย ในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ กระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณข้าราชการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่อำเภอปัว จังหวัดน่าน ที่ได้สนับสนุนและให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อมูลต่างๆ ที่เอื้อให้โครงงานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ประโยชน์และคุณค่าที่พึงมีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นคุณประโยชน์ แก่ประชาชนที่ได้รับความเดือดร้อนจากการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ณ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้ถ้าขาดบุคคลผู้มีพระคุณ บุพการีผู้ให้กำเนิด อาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ
นางสาวธันยภัทร ศรีวงศ์
นายพัฒนวิชญ์ หวันวรพัฒน์
นายสุปรีดี ชมชื่น

สารบัญ

หน้า

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

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

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4
2.1 ลุ่มน้ำ (Catchments, Watershed and Drainage Basins).....4
2.2 การวิเคราะห์สถิติปริมาณน้ำท่า - น้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย/ใหญ่ที่มีสถานีวัดน้ำท่า....10
2.3 ความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำ (Rainfall-runoff relationship).....15
2.4 การหาอัตราการไหลออกของน้ำท่าจากพื้นที่ลุ่มน้ำ (Runoff Watershed).....18

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....23
3.1 การรวบรวมข้อมูล.....25
3.2 การรวบรวมและทบทวนข้อมูล.....27
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 34

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 34

4.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของการระบายน้ำ 38

4.3 ผลการวิเคราะห์ความยาวเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมด 39

4.4 ผลการวิเคราะห์สถิติน้ำท่าและน้ำฝน 40

4.5 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำ 46

บทที่ 5 บทสรุปและปัญหาในการทำงาน 52

5.1 บทสรุป 52

5.2 ปัญหาในการทำงาน 54

เอกสารอ้างอิง 55

ภาคผนวก 56

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.5 แผนการศึกษาโครงงาน.....2

2.1 แสดงค่าคงที่ a และ b ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและสัมประสิทธิ์การไหล.....14

2.2 แสดงค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน.....14

2.3 สูตรการหาเวลาการไหลรวมตัวต่างๆ.....15

2.4 ค่า CN สำหรับกลุ่มดิน - การใช้ที่ดินลักษณะต่างๆของ AMC-II.....19

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำไหลบ่าสำหรับวิธี Rational Method.....22

4.1 จำนวนลำน้ำ ความยาวและพื้นที่ของลำน้ำย่าง.....34

4.2 จำนวนลำน้ำ ความยาวและพื้นที่ของลำน้ำยาว.....35

4.3 จำนวนลำน้ำ ความยาวและพื้นที่ของลำน้ำปัว.....35

4.4 แสดงลำดับ จำนวน ความยาวและพื้นที่ของสายน้ำที่คำนวณได้ของลำน้ำย่าง.....36

4.5 แสดงลำดับ จำนวน ความยาวและพื้นที่ของสายน้ำที่คำนวณได้ของลำน้ำยาว.....36

4.6 แสดงลำดับ จำนวน ความยาวและพื้นที่ของสายน้ำที่คำนวณได้ของลำน้ำปัว.....36

4.7 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน หน่วยเป็นมิลลิเมตร.....40

4.8 ตารางคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำฝนโดยวิธีทีสเสน.....42

4.9 ตารางแสดงข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำน่านตอนบน.....42

4.10 แสดงค่าคงที่ a และ b ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและสัมประสิทธิ์การไหล ภาคเหนือ.....44

4.11 ค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน ภาคเหนือ.....44

4.12 ตารางการคำนวณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำทั้ง 3 ในพื้นที่ศึกษา.....45

4.13 ตารางการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ทั้ง 2 วิธี.....45

4.14 แสดงความยาวทางน้ำ, CN, ศักย์สูญเสียสูงสุด และ Slope.....46

4.15 แสดงผลพื้นที่รับน้ำฝน.....47

4.16 สรุปผลการทดลอง.....51

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงรูปแบบของลำน้ำต่างๆ.....5
2.2 แสดงลำดับสายน้ำต่างๆ.....6
2.3 ความสัมพันธ์พื้นที่ – ปริมาณน้ำท่า.....7
2.4 รูปตัดตามยาวของลำน้ำโดยทั่วไป.....8
2.5 การหาลาดของลำน้ำจากค่าระดับและวัดความยาวลำน้ำจากแผนที่.....8
2.6 การหาเส้นชั้นความสูง ระดับ และพื้นที่ของลุ่มน้ำ.....9
2.7 การปรับแก้ฝนด้วยวิธี Double-mass curve ของฝนสะสม (Linsley et al.,1988).....11
2.8 โค้งตัวเลขสำหรับประมาณค่าน้ำท่าที่ไหลออกจากน้ำฝนที่ตก SCS's CN.....19
3.1 ผังแสดงขั้นตอนและลำดับการศึกษา.....23
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์จำนวนสายน้ำกับลำดับสายน้ำทั้ง 3 ลุ่มน้ำ.....37
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความยาวของสายน้ำกับลำดับสายน้ำทั้ง 3 ลุ่มน้ำ.....37
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์พื้นที่ลำน้ำกับลำดับสายน้ำทั้ง 3 ลุ่มน้ำ.....38
4.4 กราฟแสดงฝนสะสมแต่ละสถานีเทียบกับฝนเฉลี่ยสะสม 3 สถานีในพื้นที่ศึกษา.....40
4.5 โครงข่ายรูปเหลี่ยมทีสเสนของลุ่มน้ำปัว.....41
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายปีกับพื้นที่รับน้ำฝน.....43
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายปีทั้ง 2 วิธีกับพื้นที่รับน้ำฝน.....46
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการไหลต่างๆกับพื้นที่ของลุ่มน้ำของลำน้ำย่าง.....49
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการไหลต่างๆกับพื้นที่ของลุ่มน้ำของลำน้ำปัว.....49
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการไหลต่างๆกับพื้นที่ของลุ่มน้ำของลำน้ำยาว.....50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบัน สถานการณ์และปัญหาเรื่องน้ำ ได้ส่งผลต่อประเทศไทย ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และ ความมั่นคงของประเทศ และในด้านการงานอุทกวิทยานั้น สามารถช่วยจัดสรร หรือวางแผนป้องกันอุทกภัย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จังหวัดน่านนั้น ซึ่งเป็นต้นน้ำของแม่น้ำน่าน ที่ไหลผ่านหลายจังหวัดในภาคเหนือ และในจังหวัดน่านนั้น สถานีวัดน้ำท่ายังมีไม่เพียงพอในทุกพื้นที่ ซึ่งในพื้นที่ ที่ไม่มีสถานีวัดน้ำย่อยนั้นอาจจะประสบปัญหา ในการวัดสถิติทางด้านอุทกวิทยา ด้วยปัญหาไม่มีสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำย่อยต่างๆ เช่นในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มแม่น้ำน่านจังหวัดน่าน เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของลุ่มน้ำ ก็คือ ลำดับสายน้ำ (Stream order) ความยาว ความลาด ขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของลำน้ำ (Drainage density) เพื่อจะนำไปคำนวณหาระยะเวลาไหลรวมตัวของน้ำ ระยะเวลาการไหลหลาก หรือจะทำการสังเคราะห์กราฟน้ำท่าด้วยสูตรต่างๆในลุ่มน้ำย่อยต่อไปได้ มักจะถูกละเลยหรือถูกมองข้ามไปทั้งๆที่ข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญเฉพาะของแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ทำการหาข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ของลุ่มน้ำน่านตอนบนในจังหวัดน่าน

1.2.2 วิเคราะห์สถิติปริมาณน้ำท่า-น้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย/ใหญ่ที่มีสถานีวัดน้ำท่า

1.2.3 สังเคราะห์หาปัจจัยเวลาการไหลรวมตัวและการไหลหลากในลุ่มน้ำย่อยของจังหวัดน่าน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำ

1.3.2 สามารถนำข้อมูลพื้นฐานที่ได้ไปใช้ต่อและการคำนวณหาปัจจัยทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำย่อยต่างๆได้จากข้อมูลของจริงที่หามานี้

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 ใช้ข้อมูลพื้นฐานของลุ่มน้ำย่อยจากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ 1 ต่อ 50,000 หรือฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์: GIS แหล่งน้ำที่สร้างหรือดิจิไตท์จากแผนที่ 1 ต่อ 50000 เพื่อหาลำดับสายน้ำ ความยาว ความลาด ขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของลำน้ำ ในแต่ละลำดับสายน้ำของลุ่มน้ำย่อย

1.4.2 ใช้หลักสถิติพื้นฐานและหลักอุทกสถิติมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลปริมาณน้ำท่า-น้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย/ใหญ่ที่มีสถานีวัดน้ำท่าที่จะรวบรวมจากกรมชลประทานและ/หรือกรมทรัพยากรน้ำและกรมอุตุนิยมวิทยา หรือจากเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

1.5 แผนการดำเนินงาน

เดือน / กิจกรรม	ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.การนำเสนอโครงงาน	←				→															
2.ตรวจดู/คัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย					↔															
3.ติดต่อข้อมูลจากสำนักงานที่เกี่ยวข้อง					←											→				
4.วิเคราะห์ข้อมูล/ปัญหาที่เกิดขึ้น																↔				
5.เขียนโครงการ									←											→

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. จัดทำรูปเล่ม	1,000	บาท
2. สแกนแผนที่ A1	1,500	บาท
3. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์	500	บาท
รวมเป็นเงิน	3,000	บาท (สามพันบาทถ้วน)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

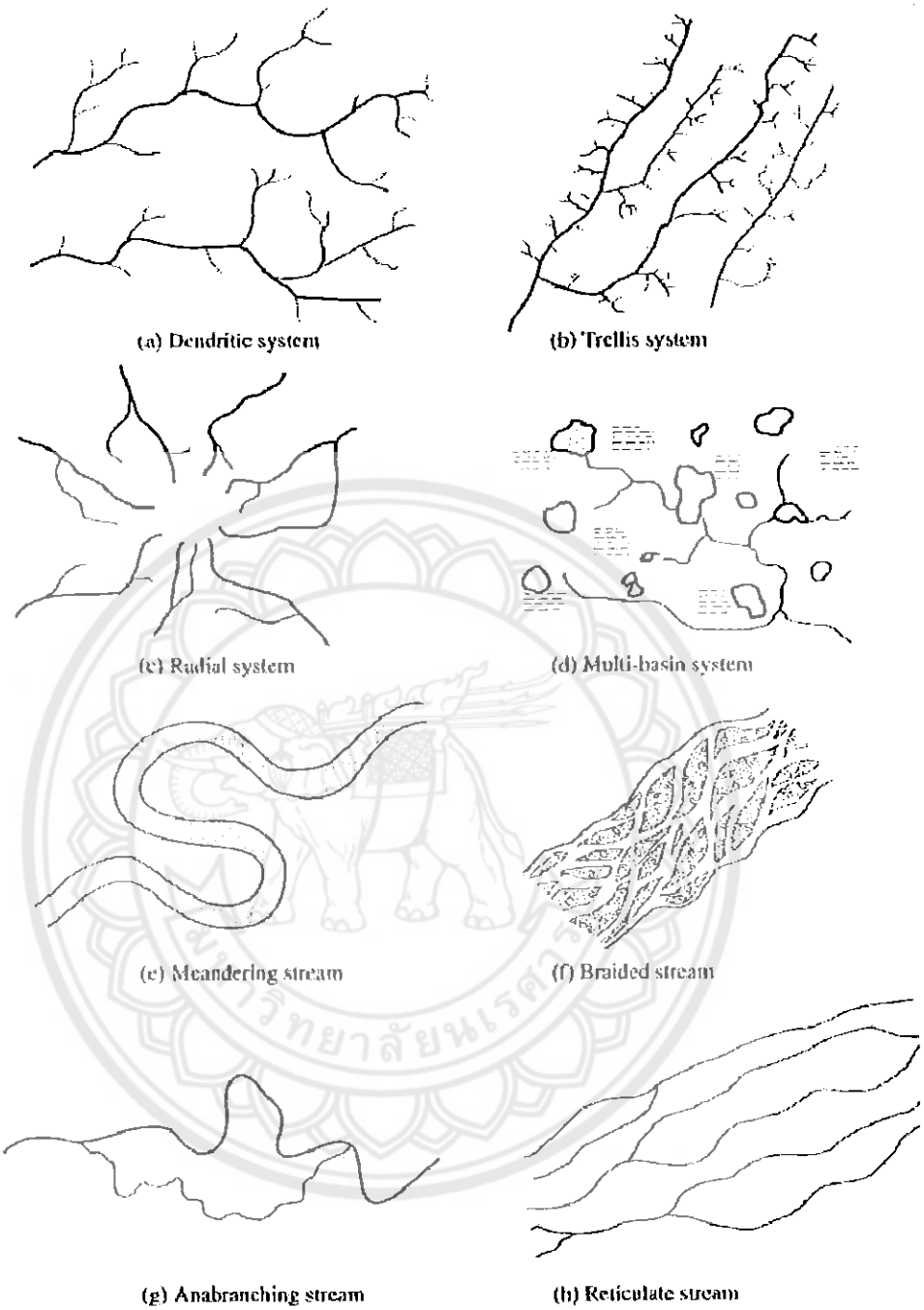
ชลภาพการไหลในลำน้ำ (Stream flow Hydrographs) แสดงถึงอัตราการไหลทุกช่วงเวลาหลังจากเกิดพายุฝนตกหรือหิมะละลาย นักอุทกวิทยามักจะวัดหรือคำนวณชลภาพการไหลเพื่อที่จะหาอัตราการไหลสูงสุด (Peak flow) เพื่อที่จะออกแบบสิ่งก่อสร้างที่จะสามารถป้องกันอุทกภัยได้ นอกจากนี้ค่าอัตราการไหลสูงสุดจากชลภาพการไหล ยังสามารถนำมาวิเคราะห์หาขนาดของอ่างเก็บน้ำ สระน้ำ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่า ความรู้เกี่ยวกับการไหล การกระจาย ขนาด และเวลาของการไหลในลำน้ำ สามารถที่จะนำไปใช้ในการจัดการน้ำ และการวางแผนทางด้านสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำนั้นๆ อีกด้วย

2.1 ลุ่มน้ำ (Catchments, Watersheds, and Drainage Basins)

ลุ่มน้ำ คือ ขอบเขตของพื้นที่ที่หลังจากฝนได้ตกลงมาแล้ว จะกลายเป็นน้ำท่า โดยจะไหลจากจุดบนสุดจากขอบเขตสันปันน้ำ (เป็นที่แบ่งขอบเขตลุ่มน้ำ) ลงมายังที่ต่ำกว่าโดยผ่านพื้นที่ร่องน้ำ ลำน้ำ ลำคลอง แม่น้ำ ก่อนที่จะไหลออกไปยังนอกขอบเขต ณ จุดที่พิจารณาตรงแม่น้ำ ณ จุดวัดระดับน้ำจุดเดียวเท่านั้น ในลุ่มน้ำประกอบไปด้วยลำน้ำต่างๆมากมาย ที่มีขนาด ความยาว และ ความลาดเทต่างๆกัน ซึ่งแต่ละลำน้ำย่อยๆนี้จัดอยู่ในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำหลัก ดังนั้นในหนึ่งลุ่มน้ำจึงประกอบไปด้วยลุ่มน้ำย่อยใหญ่น้อยอย่างมากมายขึ้นอยู่กับจำนวนลำน้ำที่มีอยู่ พื้นที่ลุ่มน้ำยังปกคลุมด้วยพืช หรือสิ่งกีดขวางทิศทางน้ำไหล สภาพธรณีของดินที่ต่างกันมีผลทำให้เกิดการอุ้มน้ำหรือยอมให้น้ำไหลซึมลงลึกที่ต่างกัน ดังนั้นอัตราการให้น้ำท่าต่อพื้นที่ลุ่มน้ำจึงแตกต่างกันด้วย

2.1.1 คุณลักษณะของลุ่มน้ำที่มีผลกระทบต่อการไหลของน้ำท่า

การไหลของน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ ขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพ การคลุมดิน สภาพภูมิอากาศ และ ลักษณะพื้นที่ คุณลักษณะของหินและดิน ที่มีผลกระทบต่อระบบการเก็บกักของน้ำในลุ่มน้ำ



Stream patterns (combined systems and individual stream shapes).

รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของลำน้ำต่างๆ (Viessman, 1996)

ก) รูปแบบของลำน้ำ (Stream Patterns)

รูปร่างแขนงของลำน้ำต่างๆในลุ่มน้ำจะบ่งบอกถึงความสามารถในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ รวมถึงการคดโค้งของตัวลำน้ำด้วย การมีแหล่งเก็บกักตามลำน้ำ หนองน้ำ คลองผันน้ำ

ข) ธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำ (Geomorphology)

การกัดกร่อนในลักษณะต่างๆของชั้นหินที่ต่างกัน สามารถนำพาไปสู่การสร้างรูปลักษณะพิเศษของระบบการระบายน้ำ

2.1.2 การวัดคุณสมบัติของลุ่มน้ำ

ก) ความยาวของลำน้ำ

คุณสมบัติที่สำคัญของลุ่มน้ำ ความยาวการไหลของน้ำ แนวความคิดของลำดับลำน้ำ มีความสัมพันธ์กับการวัดความยาวของลำน้ำ จะนับเรียงจากปลายบนสุดของสันปันน้ำลงมา เป็นเลขลำดับที่ 1 ถ้าลำน้ำย่อยนี้ไปไหลรวมกับลำน้ำถัดไป ลำน้ำที่รองรับปริมาณน้ำจากลำน้ำลำดับแรกจะกลายเป็นลำน้ำลำดับที่ 2 3 4 5 ... u ตามลำดับ จนกระทั่งถึงปากแม่น้ำของลุ่มน้ำ

รูปที่ 2.2 แสดงลำดับสายน้ำต่างๆ (Viessman, 1996)

ความยาวของลำน้ำในแต่ละลำดับ L_u วัดได้จากแผนที่ภูมิประเทศ ลำดับ u เป็นลำดับของลำน้ำในลุ่มน้ำ สามารถหาค่าเฉลี่ย $\overline{L_u}$ ของทั้งลุ่มน้ำได้ ดังนี้

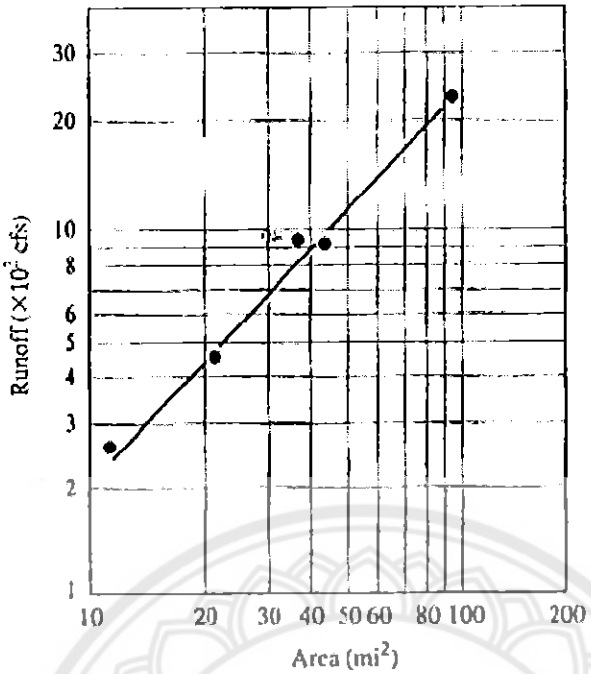
$$\overline{L_u} = \frac{\sum_{j=1}^{N_u} L_{uj}}{N_u} \qquad \text{(Viessman, 1996)} \qquad (2.1)$$

N_u = จำนวนของลำน้ำของลำดับสายน้ำที่ u

เมื่อนำความยาวและอัตราการไหลในแต่ละลุ่มน้ำย่อยๆของลำน้ำแต่ละลำดับ ไปพล็อตกราฟกับพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าวจะได้กราฟเป็นเส้นตรงในแบบล็อก-ล็อกสเกล ดังรูปที่ 2.3

$\overline{A_u}$ = พื้นที่เฉลี่ย

$\overline{L_u}$ = ความยาวของลำน้ำเฉลี่ย



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์พื้นที่-ปริมาณน้ำท่า (Viessman, 1996)

$$L = 1.4A^{0.6} \qquad \text{(Viessman, 1996)} \qquad (2.2)$$

L = ความยาวของลำน้ำที่วัดไปยังสันปันน้ำ, ไมล์

A = พื้นที่การระบายน้ำ, ตร.ไมล์

$$Q = CA^{m} \qquad \text{(Viessman, 1996)} \qquad (2.3)$$

Q = อัตราการไหลเฉลี่ยรายปี

A = ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยๆ

ข) ความลาดเอียงของพื้นที่และลำน้ำ

ความลาดเอียงของพื้นที่และลำน้ำ มีผลต่อการไหลเร็วของน้ำท่าผ่านพื้นที่หรือลำน้ำ และเป็นตัวกำหนด พื้นที่ระหว่างเส้นความชันและลำน้ำที่ในชั้นความสูงที่เท่ากัน ซึ่งคือ A_1=A_2 พื้นที่ลาดเอียงเฉลี่ยสามารถหาได้จากจำนวนเส้นชั้นความสูง

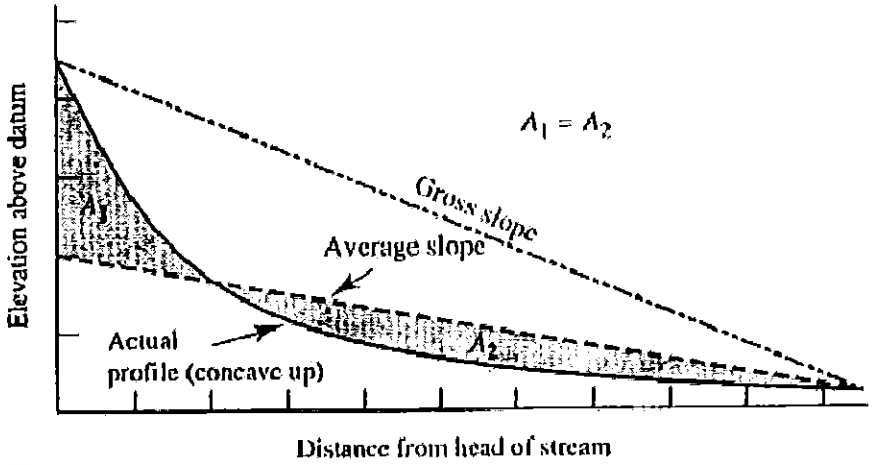
$$S = \frac{n \sec\theta}{l} h \qquad \text{(Viessman, 1996)} \qquad (2.4)$$

n = จำนวนตัวเลขทั้งหมดของเส้น ชั้นระดับความสูงที่ตัดกับกริดแนวนอนและแนวดิ่ง

l = ความยาวทั้งหมดของเส้นตัดกัน

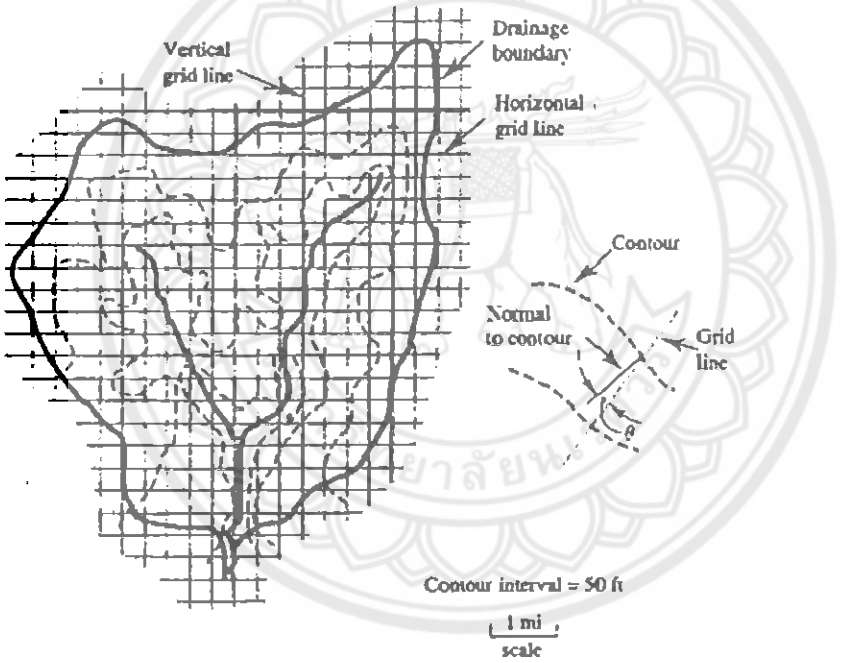
h = ความถี่ของเส้นชั้นระดับความสูง

θ = มุมที่วัดระหว่างธรรมดาถึงเส้นชั้นความสูงและกริด



Typical stream profile.

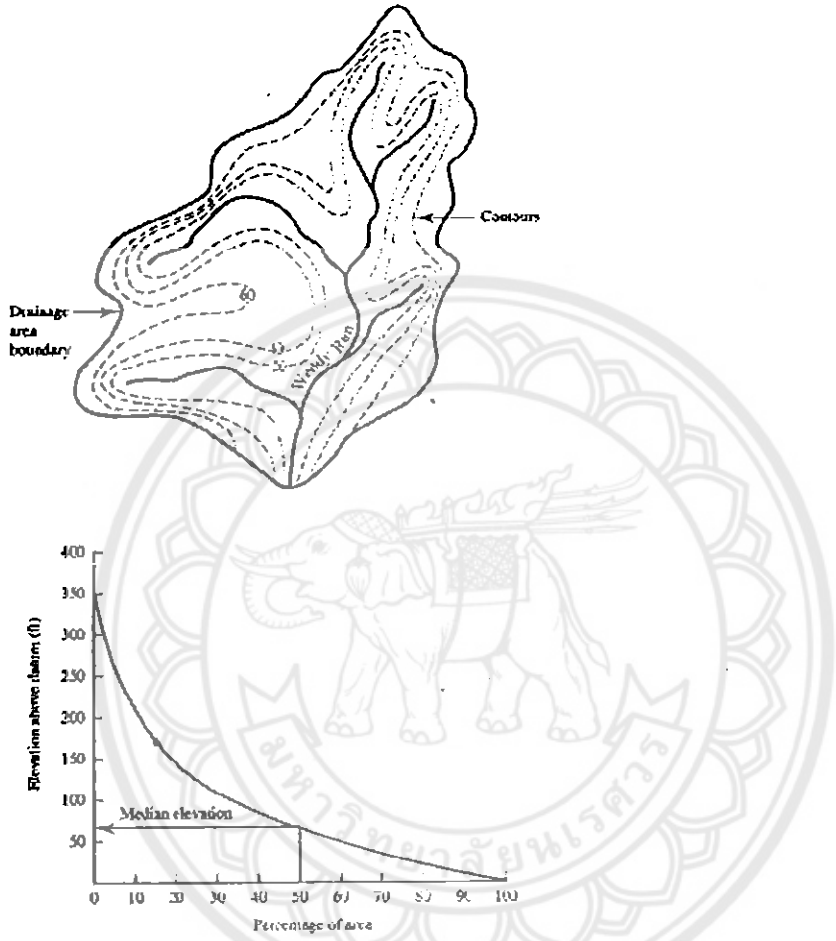
รูปที่ 2.4 รูปตัดตามยาวของลำน้ำโดยทั่วไป (Viessman, 1996)



รูปที่ 2.5 การหาลาดของลำน้ำจากค่าระดับและวัดความยาวลำน้ำจากแผนที่ (Viessman, 1996)

ค) ความสัมพันธ์ของพื้นที่-ระดับ

การที่ในลุ่มน้ำที่มีเส้นชั้นระดับความสูงต่างๆกัน หากได้วัดพื้นที่ในแต่ละชั้นความสูงแล้ว ทำการพล็อตร้อยละของพื้นที่สะสม กับ ระดับความสูงของพื้นที่แต่ละชั้น จะได้กราฟความสัมพันธ์เฉพาะพื้นที่ ซึ่งจะบ่งถึงความลาดชันที่แตกต่างกันของพื้นที่ในลุ่มน้ำ



รูปที่ 2.6 การหาเส้นชั้นความสูง ระดับ และพื้นที่ของลุ่มน้ำ (Viessman, 1996)

ง) การเปลี่ยนแปลงของลุ่มน้ำ

ลักษณะธรณีสัณฐานของลุ่มน้ำที่ต่างกันจะทำให้คุณสมบัติทางอุทกวิทยาที่ต่างกันด้วย

2.2 การวิเคราะห์สถิติปริมาณน้ำท่า - น้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย/ใหญ่ที่มีสถานีวัดน้ำท่า

2.2.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรชุดเดียว จะบอกถึงแนวโน้มทางสถิติ

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} xi}{N} \tag{2.5}$$

เมื่อ x = ค่าตัวแปรของข้อมูลแต่ละตัว

N = จำนวนข้อมูล

2.2.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของฝนโดยวิธีกราฟสะสม (Double mass curve)

เนื่องจากอาจมีการย้ายจุดที่ตั้งวัดน้ำฝน หรือซ่อมแซมหรือเปลี่ยนเครื่องวัดใหม่ จึงต้องมีการสอบเทียบหาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ความแน่นอนของข้อมูลน้ำฝน (Consistency of rainfall records) ในการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยาจะต้องอาศัยข้อมูลปริมาณฝนที่มีการเก็บข้อมูลมาเป็นเวลานานพอสมควร ซึ่งข้อมูลที่ตรวจวัดและรวบรวมมานั้น อาจจะมีความไม่แน่นอน เนื่องจากฝนอาจมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณได้ (Variation in precitation) ซึ่งเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ การเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิประเทศ และ การเปลี่ยนแปลงตามเวลา (time variations)

1. ปริมาณฝนจะมีมากในบริเวณใกล้ ๆ กับเส้นศูนย์สูตร และมีแนวโน้มลดลงตามเส้นรุ้งที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากบริเวณที่เส้นรุ้งต่ำจะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณที่เส้นรุ้งสูงขึ้น ดังนั้นในบริเวณที่เส้นรุ้งต่ำจึงเกิดการระเหยของน้ำทั้งน้ำจืด และน้ำทะเลมากกว่าบริเวณที่เส้นรุ้งสูงทำให้มีฝนบริเวณเส้นรุ้งต่ำมากกว่าเส้นรุ้งที่สูงขึ้น

2. บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลจะมีปริมาณฝนมากกว่าบริเวณภาคพื้นทวีป เพราะบริเวณทะเลมหาสมุทรเป็นแหล่งความชื้นที่เกิดการระเหยของน้ำแหล่งใหญ่ที่สุด

3. สภาพความสูงต่ำ สถานที่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ สภาพพื้นที่ สภาพภูมิประเทศ ในท้องถิ่นต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกันก็มีผลต่อขนาด การกระจาย และทิศทางตกของฝนส่วนการเปลี่ยนแปลงของฝนที่เกิดขึ้นตามเวลา ตามฤดูกาล และตามปีต่าง ๆ การกระจายของฝนตามเวลาเนื่องจากพายุฝนมีความสำคัญต่อการไหลของน้ำในแม่น้ำลำคลอง และอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ ซึ่งการกระจายของฝนตามเวลาจะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของพายุฝน ความเข้มฝน และช่วงเวลาที่ฝนตก ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบความแน่นอนของข้อมูลน้ำฝน ซึ่งสามารถทดสอบโดยความแน่นอนได้โดยวิธีเส้นโค้งทวี (Double mass curve method) โดยให้ถือว่าปีล่าสุดที่ทำการบันทึกข้อมูลนั้นน่าจะเป็นข้อมูลที่สมบูรณ์ดีที่สุด

ขั้นตอนในการตรวจสอบได้ดังนี้

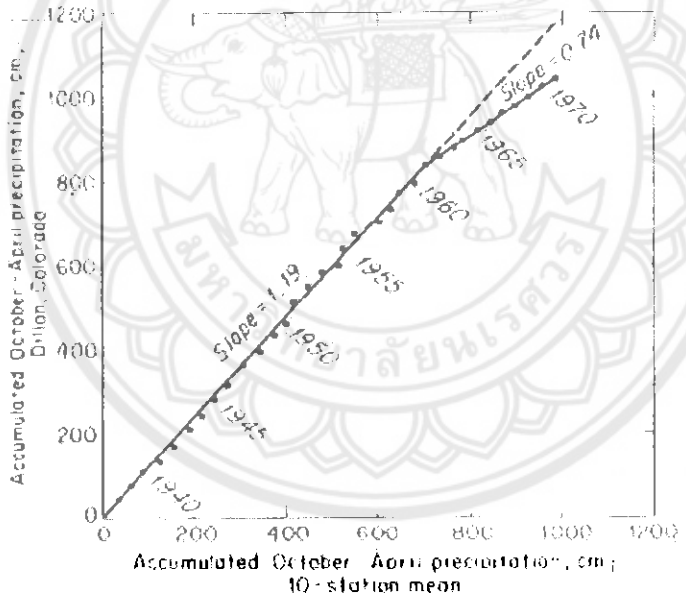
1. หาค่าสะสมฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีที่ต้องการตรวจสอบ กับค่าเฉลี่ยรายปีของกลุ่มสถานีทั้งหมดที่อยู่ใกล้เคียง และในช่วงเวลาเดียวกัน

2. ทำการพล็อตฝนสะสมทั้งสองชุดลงในกราฟ โดยข้อมูลของสถานีที่จะตรวจสอบอยู่แกนตั้ง และกลุ่มสถานีอยู่แกนนอน ถ้าพบว่าเส้นแนวโน้มของกราฟเป็นเส้นตรงดี แสดงว่าข้อมูลของสถานีที่สงสัยไม่มีข้อผิดพลาดและน่าเชื่อถือ

3. ถ้าปรากฏว่าเส้นตรงดังกล่าวในข้างต้นไม่เป็นเส้นตรงและมีการหักเห จะต้องหาความลาดชันของเส้นแนวโน้มทั้งก่อน-หลังหักเหแล้วให้ทำการปรับแก้ตามขั้นตอนถัดไป และ ณ จุดที่กราฟเริ่มหักเห ก็คือ ปีที่มีการผิดพลาดย้อนหลังไปยังปีแรกที่ทำการจดบันทึกข้อมูล

4. ให้ทำการปรับแก้ข้อมูลในช่วงของกราฟก่อนเปลี่ยนความลาดทุกค่า โดยใช้วิธีเทียบสัดส่วนระหว่างลาดใหม่กับลาดเดิมไปคูณกับค่าเดิมก่อนช่วงที่เปลี่ยนลาดใหม่ทุกค่า

5. ข้อมูลในช่วงหลังของการเปลี่ยนความลาดเท่าไม่ต้องทำการปรับแก้ ดังรูปตัวอย่าง



รูปที่ 2.7 การปรับแก้ฝนด้วยวิธี Double-mass curve ของฝนสะสม (Linsley et al., 1988)

2.2.3 การวิเคราะห์ฝนแบบแจกแจงเชิงพื้นที่ (Aerial rainfall)

ในการวิเคราะห์ประเภทนี้ ปริมาณน้ำฝนที่วัดทุกสถานีในพื้นที่ใดๆ จะนำมาวิเคราะห์รวมกันเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกลงในพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากคำว่าเฉลี่ย คือ Average หรือ Mean ใช้บ่อยครั้งในอุทกวิทยา ในกรณีความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนจึงนิยมใช้คำว่า Equivalent uniform depth (EUD) และจะเรียกเป็นภาษาไทยว่า ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าทั่วพื้นที่ฝนตก จะนำไปใช้คำนวณหาปริมาตรของน้ำฝน จากพื้นที่รับน้ำฝนซึ่งจะเป็นข้อมูลดิบในระบบพื้นที่ลุ่มน้ำในการเปรียบเทียบกับปริมาตรของน้ำท่าจากลุ่มน้ำ สามารถหาค่าฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำได้ว่าลักษณะการตกของฝนมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ที่พิจารณา ดังนี้

2.2.3.1 วิธีเฉลี่ยด้วยโครงข่ายรูปเหลี่ยมทีสเสน (Thiessen polygon)

วิธีนี้พยายามที่จะลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน โดยคำนึงถึงขนาดของพื้นที่ ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแต่ละสถานีการกำหนดว่าสถานีใดจะคลุมพื้นที่เท่าใดหรือมีอิทธิพลในพื้นที่เท่าใดนั้นให้สร้างรูปเหลี่ยม Thiessen ล้อมรอบสถานีนั้นๆ เป็นขอบเขตไว้ หลักในการสร้างรูปเหลี่ยมThiessen คือ ลากเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่าง 2 สถานีใกล้เคียงกัน เส้นเหล่านี้และในบางครั้งเส้นขอบเขตของลุ่มน้ำจะประกอบกันเป็นรูปเหลี่ยม จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากดังกล่าวก็คือ มุมของรูปเหลี่ยมนั่นเอง พื้นที่รูปเหลี่ยมของแต่ละสถานีหารด้วยพื้นที่ของลุ่มน้ำทั้งหมดจะเป็นตัว Weighting factor สำหรับแต่ละสถานีนั้นๆ ดังสมการ

$$P = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} Ai\ Pi \qquad (2.6)$$

ขั้นตอนในการแบ่งพื้นที่เป็นรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน

1. กำหนดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้งในพื้นที่และที่อยู่รอบ ๆ พื้นที่ที่ต้องการหาปริมาณฝนเฉลี่ย

2. ลากเส้นตรง (เส้นประ) เชื่อมโยงระหว่างสถานีวัดน้ำฝน 2 แห่ง ที่อยู่ใกล้กัน โดยที่เส้นตรงเหล่านี้จะต้องไม่ตัดกัน จะได้รูปโครงข่ายสามเหลี่ยม (Network of triangles)

3. ลากเส้นตรง (เส้นทึบ) แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านทั้ง 3 ของรูปสามเหลี่ยม จะได้รูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง

4. วัดขนาดพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่ครอบคลุมสถานีวัดน้ำฝนแต่ละรูป โดยอาจจะใช้วิธีนับจุดในกระดาษกราฟใสที่วางทับบนพื้นที่ หรือใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า พลานิมิเตอร์(Planimeter) จะได้พื้นที่รูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเป็น A1, A2,..., An จากนั้นจึงนำพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่ได้นี้ไปคำนวณหาปริมาณฝนเฉลี่ยต่อไป

2.2.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์การไหล

การคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนตั้งบนข้อสมมติฐานว่าน้ำท่าเกิดจากน้ำฝนโดยใช้สมการ Rational Formula ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

$$Q = CiA \tag{2.7}$$

โดยที่

Q คือปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ลบ.ม)

C คือค่าสัมประสิทธิ์การไหล (ไม่มีหน่วย)

i คือปริมาณฝนรายเดือน (เมตร)

A คือขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.ม.)

จากสมการดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่า C เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอกจาจะแปรผันตามปริมาณฝนแล้วยังแปรผันตามฤดูกาลและปริมาณความชื้นที่ค้างอยู่ในดินด้วย ดังนั้นการใช้สมการRational Formulaในการวิเคราะห์ การไหลค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่เกิดจากปริมาณความชื้นที่ตกค้างอยู่ในเนื้อดินของเดือนที่ทำการวิเคราะห์ จะกำหนดให้ปรับแก้รายเดือนของสัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน

การวิเคราะห์จะวิเคราะห์ด้วยสมการ Regression ของสมการเส้นตรงโดยมีค่าปรับแก้รายเดือนของแต่ละเดือนตามสมการดังนี้

$$C = (a+bi)*Adj(month) \tag{2.8}$$

เมื่อ C คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน

a คือ ค่าคงที่ แต่ในกรณีเนื่องจากเป็นแถบของเส้นตรง ค่า a จึงมีได้หลายค่าจึงมีค่าต่ำสุดเป็นค่าคงที่ของสมการเส้นตรงที่อยู่ขอบล่างของแถบ และค่า a สูงสุดเป็นค่าคงที่ของสมการเส้นตรงที่อยู่ขอบบนของแถบ (ค่าคงที่ได้จากตารางที่ 2.1)

b คือ ค่าคงที่เป็น slope ของสมการเส้นตรง (ค่าคงที่ได้จากตารางที่ 2.1)

i คือ ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)

Adj(month) คือ ค่าปรับแก้สมประสิทธิ์การไหลรายเดือนของแต่ละเดือน (ค่าคงที่ได้จากตารางที่ 2.2)

ขั้นตอนวิธีการใช้งาน

1. ประมาณปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยจากข้อมูลแผ่นที่ (1:50000)

2. คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วยสมการที่กล่าวมาทั้ง 2สมการ

3. รวบรวมปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยที่คำนวณได้ ผลที่ได้เป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย และตรวจสอบกับค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยที่คำนวณได้จาก Specific yield หากได้ค่าไม่ตรงกันให้ปรับค่า a ใหม่จนกว่าจะได้ตรงกัน

4. ตรวจสอบค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและรายเดือนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่า ปรับค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนในแต่ละเดือนให้ลดลงตาสัดส่วนเพื่อให้ผลของน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยตรงกันกับค่าน้ำท่ารายปีเฉลี่ยที่คำนวณจาก Specific yield

5. เฉลี่ยปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้การเฉลี่ยอาจให้น้ำหนักของการคำนวณไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ

6. ตรวจสอบผลการคำนวณที่ได้กับข้อมูลที่ตรวจสอบในสนาม

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ a และ b ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและสัมประสิทธิ์การไหล

พื้นที่	ค่า a	ค่า b
ภาคหนือ	0.042	0.00109
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.0336	0.00103
ภาคตะวันออก	0.0455	0.00089
ภาคตะวันตก	0.0621	0.00085
ภาคใต้	0.1838	0.0009

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน

พื้นที่	แสดงค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน											
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ภาคแหนือ	1.25	0.84	1.19	1.25	1	0.84	1	1	1	1	1	1.25
ภาคตะวันออกเฉียงแหนือ	1.25	0.84	0.96	1.05	1	1.25	1	1	1	1	1	1.25
ภาคตะวันออก	1.25	0.84	0.84	0.86	1	1.23	1	1	1	1	1.25	1.25
ภาคตะวันตก	1.25	1.25	1.25	1.25	1	0.84	0.84	1	1	1	1.25	1.25
ภาคใต้	1.25	1.25	1.25	1.25	1	1.25	0.84	1	1	1	1.25	1.25

2.3 ความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำ (Rainfall-runoff relationship)

2.3.1 เวลาการไหลรวมตัว (Time of concentration: tc)

เวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า เป็นเวลาที่เกิดจากการไหลของน้ำบนผิวดิน โดยนับตั้งแต่เวลาเริ่มที่ฝนเริ่มตกอย่างต่อเนื่องบนพื้นที่ลุ่มน้ำ และกลายเป็นน้ำท่าไหลจากจุดบนสุดของสันปันน้ำมารวมตัวกันแล้วไหลออกที่จุดรวม โดยฝนต้องกระจายทั่วทั้งพื้นที่เต็ม 100% หรือเวลาที่เมื่อฝนตกและที่คลื่นของน้ำไหลบ่าเหนือพื้นดิน จนถึงจุดทางออกจากจุดที่อยู่ไกลสุดบนสันปันน้ำในช่วงเวลาเดียวกันกับเวลาที่ฝนตก (t_r) มีวิธีหาเวลาไหลรวมตัวของน้ำ (t_c) ดังตารางที่ 2.3 ซึ่งมีหลายแบบแตกต่างกันออกไป

ตารางที่ 2.3 สูตรการหาเวลาการไหลรวมตัวต่างๆ (Viessman, 1996)

วิธีหาของปี	ค่า t_c (นาที)	หมายเหตุ
Kirpich (1940)	$t_c = 0.0078L^{0.77}/S^{0.385}$ L=ความยาวของคลอง / ดู จาก headwater ถึง ทางออก (ft) S=ค่าเฉลี่ยของ watershed slope (ft/ft)	พัฒนาจาก ข้อมูล SCS สำหรับ 7 ลุ่มน้ำ ในชนบท ของ Tennessee มันลดลง และ ความชันที่สูงขึ้น (3- 10%) สำหรับการไหลในร่องคอนกรีต or ผิว asphalt ใช้ t_c = 0.4 สำหรับคลองคอนกรีต ใช้ t_c = 0.2 ยังไม่ได้ปรับปรุงสำหรับพื้นผิวบนดินและข้างถนน ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำมีตั้งแต่ 1.2-112 เอเคอร์ หรือ 0.05-4.50 ตารางกิโลเมตร
Kerby (1959)	$t_c = c\left(Lns^{-0.5}\right)^{0.467}$ t_c = เวลาการไหลรวมตัว (min) L = ความยาวของการไหล (ft), (โดยทั่วไปน้อยกว่า 1000 ft) s = ความชัน (ft/ft) c = 0.83 (ft) ,หรือ 1.44 (m) n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ	L < 365 m (1000 ft) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ทางเรียบ 0.02 หญ้าน้อย 0.30 หญ้าปานกลาง 0.40 หญ้าหนาแน่น 0.80
USBR Design of small Dams (1973)	$t_c = 60(11.9L^3/H)^{0.385}$ L=ความยาวของทางน้ำที่บางที่สุด(mi) H = ระดับแตกต่างระหว่าง จุดแบ่งและทางออก (FT)	ปัจจัยของ สูตร Kirpich พัฒนามาจากลุ่มน้ำแถบเทือกเขาเล็ก ๆ ใน แคลิฟอเนีย (US Bureau of Reclamation, 1973 pp. 67 – 71)[14]

Ezzard (1946) h	$T_c = \frac{41.025(0.0007i + c)L^{0.385}}{S^{0.333} i^{0.669}}$ I = ความหนาแน่นของฝน (in/h) C = retardance coefficient L = ความยาวของทางไหล, (ft) S = ความชันของทางไหล, ft/ft	พัฒนาในห้องปฏิบัติการทดลองของ Bureau of public roads สำหรับการไหลเหนือพื้นดินบนถนน & สนามหญ้า ค่าของความหน่วงดัชนีมีค่าตั้งแต่0.0070 สำหรับ พ.ท. อ่อนนุ่มมากๆสำหรับ บาทวิถีคอนกรีตสำหรับสนามหญ้าทึบ การแก้สมการสำคัญที่ I เวลา และ L ต้องไม่เกิน 500 ฟุต
Federal Aviation Administration (1970)	$T_c = 1.8(1.1 - C)L^{0.50} / S^{0.333}$ C = ส.ป.ส. ของวิธีคิดการไหล L = ความยาวของพื้นผิวการไหล (ft) S = ความชัดของพื้นผิว (%)	พัฒนาจากข้อมูลของน้ำ ภายใต้อากาศบนพื้นผิวคิดค้นโดย Corps of Engineers เป็นวิธีที่ใช้สำหรับปัญหาใน air field drainage แต่มันใช้ความถี่สำหรับการไหลบนพื้นผิวของลุ่มน้ำตามภูมิภาค
Kinematic Wave Formulas Morgali and Linsley (1965) Aron and Erborge (1973)	$T_c = \frac{0.94L^{0.6}N^{0.6}}{(i^{0.4}s^{0.3})}$ L = ความยาวของการไหลบนพื้นผิว (ft) N = ส.ป.ส. ของ Manning roughness I = ความหนาแน่นของฝน (in/h) S=ความชันเฉลี่ยของพื้นผิว (ft/ft)	สมการการไหลบนพื้นผิวพัฒนาจากการฉายคลื่นของผิวน้ำไหล จากการพัฒนาของพื้นผิว วิธีนี้ต้องการ ทั้งค่า I และมี T_c ซึ่งเป็นตัวไม่ทราบค่า วิธีการ superposition ใช้กับ intensity และ ช่วงระยะเวลา และเส้นโค้งความถี่ที่ให้ค่าของการแก้ปัญหา จากทิศทางกราฟสำหรับT_c
SCS Lag Equation (1972)	$T_c = \frac{1.67L^{0.8}[(1{,}000/CN) - 9]^{0.7}}{1{,}900S^{0.5}}$ L = ความยาวชลศาสตร์ของทางน้ำ (ส่วนที่ยาว) (ฟ.) CN = ตัวเลขที่ได้จากโค้งการไหลแบบ SCS S=ความชันโดยเฉลี่ยของแขนงน้ำ (%)	สมการนี้พัฒนาจาก SCS จากข้อมูลทางการเกษตร สามารถเปลี่ยนแปลง เพื่อแบ่งน้ำในพื้นที่ที่เล็กกว่า 2,000 เอเคอร์ สมการนี้ใช้ t_c =0.67x basin lag
SCS average Volocity Charts (1975,1986)	$T = \frac{1}{60}\sum\frac{L}{V}$ L = ความยาวการไหล (ฟ) V = ความเร็วเฉลี่ยในหน่วย (ฟ/วิ) จากตารางที่ 3-1ของ TR 55 (พื้นผิวต่างๆ)	ความเร็วเฉลี่ยการไหลบนพื้นดิน เป็นฟังก์ชั่นกับทางลาดของทางน้ำและการปกคลุมผิวดิน

2.3.2 เวลาเหลื่อมของลุ่มน้ำ (Basin lag time)

ความสัมพันธ์ของฝนตกและชลภาพการไหล จะบอกถึงความสามารถของการระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น การเหลื่อมของเวลาหลังจากฝนตกจะวัดได้จากช่วงเวลาระหว่างจุด ศ.ก. มวลของฝนรวมถึงจุด ศ.ก. มวลของชลภาพ หรือ ระยะห่างจากช่วงเวลาที่ฝนตกสูงสุดถึงยอดอัตราการไหล หลากtime lag จะบอกถึงระยะทางของการไหลที่ความเร็วต่างๆ ขึ้นกับรูปร่างและลักษณะของพื้นที่รับน้ำความชันของทางน้ำ สภาพพื้นผิว สภาพภูมิประเทศ และรูปแบบของฝน โดยSnyder ได้ให้ความสัมพันธ์ดังกล่าว จากหลักของสภาพลำน้ำหลักและค่าคงที่เฉพาะลุ่มน้ำ ต่อมา Eagleson และ Horner ได้หาสมการสำหรับพื้นที่การระบายน้ำเล็กๆ โดยปรับปรุงสมการของ Snyder คือ

$$T_2 = C_t (L_{CA} L)^{0.3} \qquad \text{(Viessman,1996)} \qquad (2.9)$$

โดย T_l = lag time ระหว่างจุด ศ.ก. มวลของฝนและอัตราสูงสุดของการไหล (ชม.)

L_{CA} = ระยะทางตามยาวของลำน้ำหลักจากจุดที่ใกล้จุดศก.ของลุ่มน้ำ (ไมล์)

L = ความยาวของลำน้ำหลักจากปลายทางออก ถึงต้นน้ำของลุ่มน้ำ (ไมล์)

C_t = สัมประสิทธิ์ของแต่ละลุ่มน้ำ 1.8 – 2.2

ใช้ได้กับ พ.ท. ที่ศึกษาที่มีขนาด 10 – 10,000 ตร.ไมล์ Eagleson ได้ปรับปรุงใหม่ เป็น

$$t_l = \frac{\bar{L}}{(1.5/n)\bar{R}^{2/3}\sqrt{\bar{S}}} \qquad \text{(Viessman, 1996)} \qquad (2.10)$$

โดย t_l = lag time จากจุด ศ.ก. มวลของปริมาณน้ำฝนถึงค่าสูงสุด (วินาที)

$\bar{L}$ = ค่าระยะทางเฉลี่ย(ฟุต) = ความยาวของส่วนของพ.ท. ระบายน้ำที่มีการไหลเต็ม

n = ค่าน้ำหนักสัมประสิทธิ์ของ Manning สำหรับ พ.ท. ระบายน้ำหลัก

$\bar{R}$ = ค่าน้ำหนักของรัศมีชลศาสตร์ของ พ.ท. ระบายน้ำหลักที่มีการไหลเต็ม

$\bar{S}$ = ค่าน้ำหนักของความชันทางภายภาพของ พ.ท. ระบายน้ำหลัก

Linsley และ Ackerman ได้ให้ของสมการย้ายเอกชลภาพโดยประยุกต์สมการ Snyder ดังนี้

$$t_l = C_t \frac{(LL_{ca})^a}{\sqrt{S}} \qquad \text{(Viessman, 1996)} \qquad (2.11)$$

ซึ่ง S คือ ค่าน้ำหนักของความชันของทางน้ำ ส่วนตัวแปรอื่น ๆ อธิบายไปแล้วก่อนหน้า บางสมการที่ใช้หาเวลาเหลื่อม เช่น ในรูปของ

$$t_l = K \frac{L}{\sqrt{S}} \qquad \text{(Viessman, 1996)} \qquad (2.12)$$

ความสัมพันธ์ของ watershed lag time สามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้ในคู่มือมาตรฐานทางอุทกวิทยาทั่วไปและในบทที่ 6 ของเอกสารคำสอนของผู้แต่งในเล่มนี้ เรื่อง การสังเคราะห์เอกชลภาพ (synthetic unit hydrograph)

2.4 การหาอัตราการไหลออกของน้ำท่าจากพื้นที่ลุ่มน้ำ (Runoff Watershed)

ในการออกแบบอาคารจำเป็นจะต้องทราบอัตราการไหลผ่านอาคารสูงสุด เพื่อจะได้กำหนดขนาดของอาคารได้ถูกต้องเหมาะสมตามรอบการเกิดที่ผู้ออกแบบกำหนด ตามปกติอาคารชั่วคราว (Temporary Structure) จะใช้รอบการเกิดประมาณ 10 ปี อาคารถาวรหรืออาคารที่มีค่าก่อสร้างสูงจะใช้รอบการเกิดประมาณ 100 ปี ดังนั้น การหาอัตราการไหลออก อาจแบ่งออกได้หลายวิธี แต่ที่แพร่หลายก็จะใช้วิธีโค้งตัวเลขของหน่วยงานอนุรักษ์ดินและน้ำ (SCS's curve number) และวิธีใช้สูตรหาอัตราการไหลสูงสุดโดยใช้สูตรที่มีเหตุผล (Rational Method) นอกจากนี้ยังอาจจะหาได้จากการใช้วิธีทางการคำนวณความเร็วของน้ำไหลบ่าแบบตื้นๆด้วยวิธีของแมนนิ่ง สถิติ และการสังเคราะห์ชลภาพหนึ่งหน่วย (Unit Hydrograph) หรือชลภาพช่วงสั้นๆ (Instantaneous unit hydrograph) และวิธีอื่นที่เหมาะสม

2.4.1 วิธีหาอัตราการซึมและการไหลออกโดยโค้งตัวเลข (SCS's Curve number)

หน่วยงานอนุรักษ์ดินและน้ำของประเทศสหรัฐอเมริกา (Soil Conservation Services: SCS) ได้พัฒนาหาอัตราการไหลออกจากลุ่มน้ำที่เกิดจากฝน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะลุ่มน้ำ เช่น ลักษณะของดิน การปกคลุมดิน การใช้พื้นที่ และความชื้นในดินก่อนหน้า แล้ววิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างฝน (P) ฝนใช้การสะสม (P_e) กับปริมาณน้ำหลาก (Q) จากค่าการเก็บกักน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ณ ขณะนั้น (S) และศักย์การอุ้มน้ำได้สูงสุด (F_a) พบว่าในช่วงแรกหลังฝนตกจะถูกดูดซึมหรือสูญหายในพื้นที่ไปก่อนที่จะกลายเป็นน้ำท่า เรียกว่า การสูญหายเบื้องต้น (Ia) ประมาณ 0.2S ความสัมพันธ์ของฝนใช้การ การสูญหายเบื้องต้น อัตราส่วนการเก็บกักน้ำ จะมีสมการเป็น

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \tag{2.13}$$

โดยที่

$$P = P_e + I_a + F_a \tag{2.14}$$

ดังนั้นอัตราการไหลออกจะเท่ากับฝนใช้การ คือ

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a - S)} \tag{2.15}$$

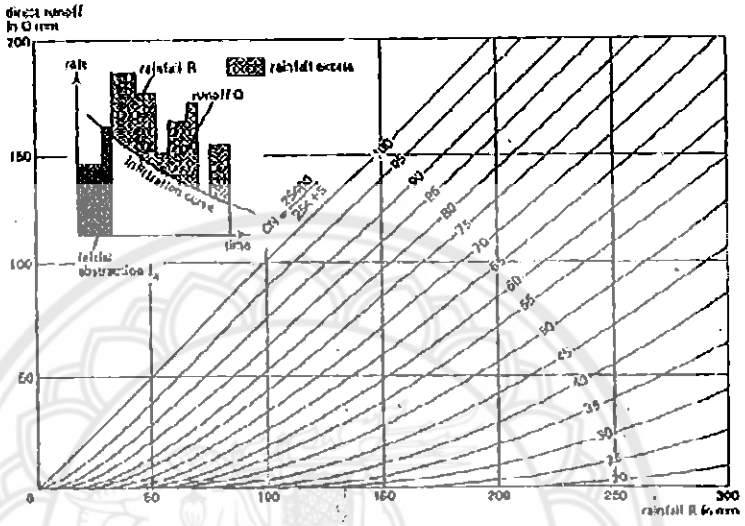
เมื่อแทนค่าด้วย I_a=0.2S สมการการไหลออกจากลุ่มน้ำจะเป็น

$$P_e = \frac{(P - 0.2\,S)^2}{(P + 0.8\,S)} \tag{2.16}$$

จะสามารถหาการเก็บกักของน้ำในลุ่มน้ำได้ จากค่าเลขโค้ง (Curve number: CN จากตาราง 2.4)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$ หน่วยฝนและเก็บกักเป็นนิ้ว (2.17)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$ หน่วยฝนและเก็บกักเป็นมิลลิเมตร (2.18)



รูปที่ 2.8 โค้งตัวเลขสำหรับประมาณค่าน้ำท่าที่ไหลออกจากน้ำฝนที่ตก SCS's CN

ตารางที่ 2.4 การหาค่า CN สำหรับกลุ่มดิน-การใช้ที่ดินลักษณะต่างๆของAMC-II (US ACE, 1994)

Runoff CN's for Hydrologic Soil-Cover Complexes
(Antecedent runoff condition II, and I_a = 0.2S)

Land use	Cover: Treatment or practice	Cover: Hydrologic Condition	Hydrologic Soil Group: A	B	C	D
Fallow	Straight row		77	86	91	94
Row crops	Straight row	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	Contoured	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	Contoured and terraced	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
Small grain	Straight row	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	Contoured	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	Contoured and terraced	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
Close-seeded legumes[1] or rotation meadow	Straight row	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
	Contoured	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	Contoured and terraced	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80
Pasture or range		Poor	68	79	86	89
		Fair	49	69	79	84
		Good	39	61	74	80
	Contoured	Poor	47	67	81	88
		Fair	25	59	75	83
		Good	6	35	70	79
Meadow		Good	30	58	71	78
Woods		Poor	45	66	77	83
		Fair	36	60	73	79
		Good	25	55	70	77
Farmsteads			59	74	82	86
Roads (dirt)[2] (hard surface)[2]			72	82	87	89
			74	84	90	92

1 Closed-drilled or broadcast.
2 Including right-of-way.

Note: For a more detailed table of CN's, see SCS (1986) or SCS (1972).

ซึ่งค่า CN ที่ปรากฏบนตารางที่ 2.4 นั้น เป็นค่าเฉลี่ย (ในกลุ่มที่ 2) ของกลุ่มความชื้นในดินก่อนหน้า (Antecedent soil moisture classes: AMC) ที่แบ่งไว้ 3 กลุ่ม ดินที่มีความชื้นน้อย ปานกลาง และเปียกมาก โดยดูที่ปริมาณฝนตกสะสมก่อนหน้าที่พิจารณา 5 วันและการปลูกพืช ดังตาราง ต่อไปนี้

Rainfall Groups for Antecedent Soil Moisture Conditions during Growing and Dormant Seasons

Antecedent Condition	Description	Growing Season 5-Day Antecedent Rainfall	Dormant Season 5-Day Antecedent Rainfall
Dry AMC I	An optimum condition of watershed soils, where soils are dry but not to the wilting point, and when satisfactory plowing or cultivation takes pace	Less than 1.4 in. or 35 mm	Less than 0.05 in. or 12 mm
Average AMC II	The average case for annual floods	1.4 in. to 2 in. or 35 to 53 mm	0.5 to 1 in. or 12 to 28 mm
Wet AMC III	When a heavy rainfall, or light rainfall and low temperatures, have occurred during the five days previous to a given storm	Over 2 in. or 53mm	Over 1 in. or 28 mm

กลุ่มดินที่ใช้หาค่า CN ที่ปรากฏบนตารางที่ 2.2 นั้น SCS ได้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

A เป็นดินที่มีค่าอัตราการซึมสูงมาก เช่น ดินทราย (0.76-1.14 ซม./ชม.)

B เป็นดินที่มีค่าอัตราการซึมปานกลางค่อนข้างสูง เช่น ดินร่วนทราย (0.38-0.76 ซม./ชม.)

C เป็นดินที่มีค่าอัตราการซึมค่อนข้างต่ำ เช่น ดินตะกอน ดินร่วน (0.127-0.38 ซม./ชม.)

D เป็นดินที่มีค่าอัตราการซึมต่ำมาก เช่น ดินเหนียว (<0.127 ซม./ชม.)

2.4.2 วิธีหาการไหลออกโดยใช้สูตรที่มีเหตุผล (Rational formula)

เป็นวิธีการคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Peak Runoff Rate) โดยอาศัยข้อมูลของพายุฝน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ อัตราการไหลสูงสุดคำนวณได้จากสมการ

$$q = 0.278CiA \tag{2.19}$$

เมื่อ q = อัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C = Runoff Coefficient มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

A = พื้นที่ลุ่มน้ำมีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

i = ความเข้มข้นฝนมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมงของฝนที่มีรอบการเกิดตามที่กำหนดและมีช่วงเวลา(Duration) เท่ากับ Time of Concentration

Time of Concentration คือ ระยะเวลาที่น้ำเคลื่อนจากจุดไกลสูงของพื้นที่มายังจุดซึ่งเป็นจุดออก (Outlet) ของลุ่มน้ำ โดยการให้ช่วงเวลาของฝนเท่ากับ Time of Concentration ทำให้ฝนที่ตกทุกๆ ส่วนของพื้นที่มีผลทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุดที่จุดออก คำนวณได้จากสมการ

$$t_c = \left(0.87L^3 / H\right)^{0.385} \tag{2.20}$$

เมื่อ t_c = Time of Concentration มีหน่วยเป็นชั่วโมง

L = ความยาวของลำน้ำสายใหญ่จากจุดออกถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ, กม.

H = ความต่างระดับระหว่างพื้นดินที่จุดออกและจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ

หรือใช้สมการในการหาเวลาการไหลรวมตัวของ Kirpich formula ดังนี้

$$t_c = 0.02 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385} \tag{2.21}$$

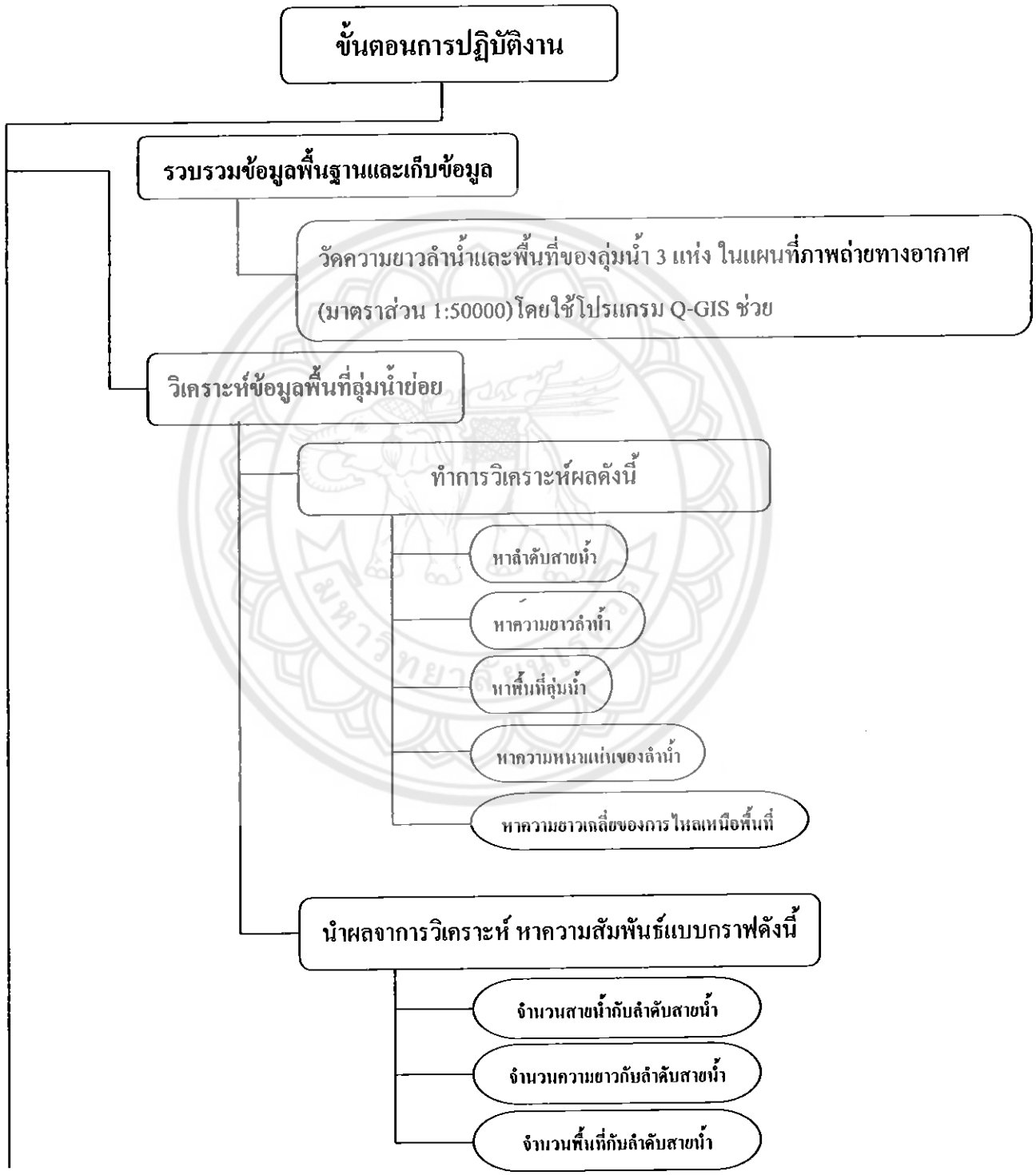
ในเมื่อ t_c นาที, L เป็นระยะทางน้ำไหลหลากเป็นเมตร, S เป็นลาดเฉลี่ยของพื้นที่น้ำไหลบ่า

ค่า Runoff Coefficient, C ในสูตรนี้มีผลต่อสัดส่วนของอัตราการไหลสูงสุดต่ออัตราการตกของฝนในลุ่มน้ำ ในการเลือกใช้ค่า C ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจและประสบการณ์ของนักอุทกวิทยา ปริมาณฝนที่ตกจะเดินทางมาถึงจุดออกในรูปของน้ำท่าสูงสุดได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ (Imperviousness), ความลาดเท (Slope), และลักษณะของการขังของน้ำบนผิวดิน (Ponding) ค่า C นี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะและสภาพของดิน อัตราการซึมน้ำของดิน (Infiltration Rate) ลดลงขณะที่ฝนตกนานขึ้น เช่นเดียวกับสภาพความชื้นของดินก่อนฝนตก หากดินมีความชื้นสูงอยู่จะสามารถรับปริมาณน้ำฝนในดินได้น้อยกว่าดินที่มีความชื้นต่ำ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอันที่มีผลได้แก่ ความเข้มของฝน ระดับน้ำใต้ดิน การบดอัดของดิน ความพรุนของดินชนอ่าว พืชปกคลุมดิน ความลาดเทและแหล่งน้ำเก็บกักบนผิวดิน ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำไหลบ่าสำหรับวิธี Rational Method

ชนิดของพื้นผิวของลุ่มน้ำ	คาบการเกิดซ้ำ (ปี)						
Characteristic of Surfaces	2	5	10	25	50	100	500
พื้นที่ถูกพัฒนาแล้ว Developed							
Asphaltic	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concrete/roof	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Grass areas (lawns,parks,etc.)							
Poor condition (grass cover less than 50% of the area)							
Flat. 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Average, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Steep, over 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Fair condition (grass cover on 50% to 75% of the area)							
Flat. 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Good condition (grass cover larger than 75% of the area)							
Flat. 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Average, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Steep, over 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
พื้นที่ยังไม่พัฒนา Undeveloped							
Cultivated Land							
Flat. 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Average, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Steep, over 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pasture/Range							
Flat. 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Forest/Woodlands							
Flat. 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Average, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Steep, over 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

บทที่ 3
วิธีการศึกษาและดำเนินโครงงาน



รูปที่ 3.1 ผังแสดงขั้นตอนและลำดับการศึกษา

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.1 การรวบรวมข้อมูล

3.1.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำ

แม่น้ำน่าน ตั้งอยู่ภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำประมาณ 21,398,573 ไร่ (34,237.72 ตารางกิโลเมตร) มีต้นกำเนิดจากดอยภูแว ทิวเขาหลวงพระบางในพื้นที่อำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง และอำเภอปัว จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นเส้นกั้นพรมแดนกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ในเขตท้องที่อำเภอปัว จังหวัดน่าน ลำน้ำน่านตอนต้นไหลไปทางทิศเหนือ คดเคี้ยวไปทางทิศตะวันตกแล้วไหลผ่านอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ในช่วงนี้จะมีที่ราบริมฝั่งแม่น้ำติดต่อกันจนถึงอำเภอสา จังหวัดน่าน แต่ก็เป็นที่ราบแคบๆ จากนั้น แม่น้ำน่านจะไหลผ่านหุบเขาในเขตพื้นที่อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน เข้าเขตอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ สภาพภูมิประเทศในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำน่านตอนบนเป็นเทือกเขาและมีที่ราบในหุบเขา แม่น้ำน่านไหลผ่านหุบเขาลงสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งเป็นเขื่อนดินที่สูงที่สุดในประเทศ กั้นลำน้ำน่านที่อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ ปริมาณน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จะระบายลงสู่แม่น้ำน่าน ซึ่งจะไหลผ่านที่ราบลุ่มขนาดใหญ่ในเขตจังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร และ นครสวรรค์ และไหลไปรวมกับแม่น้ำปิง เป็นแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ รวมความยาว 770 กิโลเมตร ประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำน่านตอนบน ห้วยน้ำยาว ลุ่มน้ำแม่น้ำน่านส่วนที่สอง น้ำสมุน น้ำสา น้ำว้า น้ำแหง น้ำปาด ครองตอน แม่น้ำแควน้อย น้ำภาค แม่น้ำวังทอง และลุ่มน้ำน่านตอนล่าง โดยที่พื้นที่ศึกษานี้ ได้แก่ ลุ่มน้ำปัว ลุ่มน้ำย่าง และลุ่มน้ำยาว จะอยู่ในลุ่มน้ำแม่น้ำน่านตอนบน ลุ่มน้ำแม่น้ำน่านส่วนที่สอง และลุ่มน้ำห้วยน้ำยาว ตามลำดับ

I551164/
ม.
ธ 471ส
2563

3.1.2 สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่แม่น้ำน่านอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มี 3 ฤดู โดยกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นฤดูฝน เนื่องจากมีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่นพัดผ่าน จากนั้นตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เป็นฤดูหนาว อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง และในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีอากาศร้อนมากที่สุด อันเนื่องมาจากลมทางทิศใต้ของอ่าวไทยพัดเข้าสู่ภาคพื้นทวีป จากข้อมูลและเหตุการณ์น้ำหลากสูงสุดที่เคยเกิดขึ้นในลุ่มน้ำน่าน พบว่าเกิดขึ้นในลุ่มน้ำขนาดกลาง ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้ข้อมูลลุ่มน้ำขนาดกลางมาทำการวิเคราะห์ เพื่อจะนำไปใช้ในการพัฒนาลุ่มน้ำน่านต่อไป พื้นที่ที่นำมาศึกษา คือ ลำน้ำย่าง ลำน้ำยาว และ ลำน้ำปัว ซึ่งอยู่ในอำเภอท่าวังผา อำเภอปัว อำเภอสองแคว จังหวัดน่าน

ลำน้ำย่าง มีต้นกำเนิดจากดอยภูคา ไหลผ่านอำเภอปัว จังหวัดน่าน มาบรรจบแม่น้ำน่านในเขตอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

ลำน้ำยาว มีต้นกำเนิดจากสาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว ไหลผ่านอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน มาบรรจบแม่น้ำน่านในเขตอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

ลำน้ำปัว เกิดจากธารน้ำในเทือกเขาดอยภูคา ทางด้านทิศตะวันออกของอำเภอปัว จังหวัดน่าน แล้วไหลไปบรรจบแม่น้ำน่านที่บ้านสบปัว อำเภอปัว จังหวัดน่าน

3.2 การรวบรวมและทบทวนข้อมูล

ได้ทำการวัดความยาวและพื้นที่ของลำน้ำย่าง ลำน้ำยาว และ ลำน้ำปัว โดยวัดจากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหาร จังหวัดน่าน ในมาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งได้ใช้โปรแกรม Quantum Geographic Information System (QGIS) ในการวัดความยาวและพื้นที่ลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน ค่าที่ได้นำมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ ผลที่ได้จะทำให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำ และ สามารถนำข้อมูลพื้นฐานที่ได้ไปใช้ต่อและการคำนวณหาปัจจัยทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำย่อยต่างๆได้จากข้อมูลของจริงที่หามาได้

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์สภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของลุ่มน้ำ ก็คือ ลำดับสายน้ำ (Stream order), ความยาว (Length), ความลาด (Obliqueness), ขนาดพื้นที่ (Area) และ ความหนาแน่นของลำน้ำ (Drainage density) เพื่อจะนำไปคำนวณหาระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำ (Time of concentration) และ ระยะเวลาการไหลหลาก (Flood) ในลุ่มน้ำย่อยของจังหวัดน่าน

3.3.1 ลำดับสายน้ำ

คุณสมบัติที่สำคัญของลุ่มน้ำ ความยาวการไหลของน้ำ แนวความคิดของลำดับลำน้ำ มีความสัมพันธ์กับการวัดความยาวของลำน้ำ จะนับเรียงจากปลายบนสุดของสันปันน้ำลงมา เป็นเลขลำดับที่ 1 ถ้าลำน้ำย่อยนี้ไปไหลรวมกับลำน้ำถัดไป ลำน้ำที่รองรับปริมาณน้ำจากลำน้ำลำดับแรกจะกลายเป็นลำน้ำลำดับที่ 2 3 4 5 ... u ตามลำดับ จนกระทั่งถึงปากแม่น้ำของลุ่มน้ำ

3.3.1.1 Horton's Law of Stream Numbers; R_B

Horton (1945) สังเกตพบว่า *bifurcation ratio* R_B หรือ อัตราส่วนของจำนวน N_i, ของช่องทาง ของลำดับ i ถึง N_{i+1} ของช่องทาง ของลำดับ i+1 ค่อนข้างจะคงที่จากลำดับ 1 ไปยังอีกลำดับหนึ่ง นี่คือ *Horton's Law of Stream Numbers*

$$\frac{N_i}{N_i + 1} = R_B \qquad i = 1, 2, \ldots, I - 1$$

โดยค่ามาตรฐานของ *bifurcation ratio* อยู่ที่ 3-5 (Strahler,1964)

3.3.1.2 Law of Stream Length, Length ratio; R_L

โดยวัดความยาวของแต่ละสาย, ความยาวเฉลี่ยของสายน้ำของแต่ละลำดับ L_i, สามารถหาได้ โดยใช้สมการนี้

$$\frac{L_i+1}{L_i} = R_L$$

3.3.1.3 Law of Stream Area, Area ratio; R_A

โดยให้เหตุผลที่คล้ายกับ Schumm (1956) นั่นคือ กฎการหาพื้นที่สายน้ำ เพื่อความสัมพันธ์ของพื้นที่เฉลี่ย

$$\frac{A_i+1}{A_i} = R_A$$

อัตราส่วนนี้คำนวณโดยพล็อตค่า N_i, L_i และ A_i ในสเกลลอกการิทึมกับลำน้ำในสเกลเชิงเส้น อัตราส่วน R_B, R_L และ R_A คำนวณจากความลาดชันของเส้นกราฟนี้ ความสอดคล้องของ R_B, R_L และ R_A ระหว่างสองลุ่มน้ำแสดงให้เห็นถึงความคล้ายคลึงกันทางเรขาคณิต ดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะน้ำท่วมจากค่าพารามิเตอร์ของเครือข่ายสายน้ำ

3.3.1.4 Drainage Density; D_r

พารามิเตอร์อื่นๆที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา การระบายน้ำมีความหนาแน่นและความยาวของการไหลเหนือพื้นดิน (Smart, 1972) ความหนาแน่นของการระบายน้ำเป็นอัตราส่วนของความยาวรวมของช่องสายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

$$D_r = \frac{\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{N_i} L_{ij}}{A_I}$$

3.3.1.5 Length of Overland Flow; L_0

หาความยาวเฉลี่ยของการไหลเหนือพื้นดิน L_0, ใช้สมการดังนี้

$$L_0 = \frac{1}{2D}$$

3.3.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของฝนโดยวิธีกราฟสะสม (Double mass curve)

ขั้นตอนการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของฝน ทำได้ดังนี้

3.3.2.1 หาค่าสะสมฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีที่ต้องการตรวจสอบ กับค่าเฉลี่ยรายปีของกลุ่มสถานีทั้งหมดที่อยู่ใกล้เคียง และในช่วงเวลาเดียวกัน

3.3.2.2 ทำการพล็อตฝนสะสมทั้งสองชุดลงในกราฟ โดยข้อมูลของสถานีที่จะตรวจสอบอยู่แกนตั้ง และกลุ่มสถานีอยู่แกนนอน ถ้าพบว่าเส้นแนวโน้มของกราฟเป็นเส้นตรงดี แสดงว่าข้อมูลของสถานีที่สงสัยไม่มีข้อผิดพลาดและน่าเชื่อถือ

3.3.2.3 ถ้าปรากฏว่าเส้นตรงดังกล่าวในข้างต้นไม่เป็นเส้นตรงและมีการหักเห จะต้องหาความลาดชันของเส้นแนวโน้มทั้งก่อน-หลังหักเหแล้วให้ทำการปรับแก้ตามขั้นตอนถัดไป และ ณ จุดที่กราฟเริ่มหักเห ก็คือ ปีที่มีการผิดพลาดย้อนหลังไปยังปีแรกที่ทำการจดบันทึกข้อมูล

3.3.2.4 ให้ทำการปรับแก้ข้อมูลในช่วงของกราฟก่อนเปลี่ยนความลาดทุกค่า โดยใช้วิธีเทียบสัดส่วนระหว่างลาดใหม่กับลาดเดิมไปคูณกับค่าเดิมก่อนช่วงที่เปลี่ยนลาดใหม่ทุกค่า

3.3.2.5 ข้อมูลในช่วงหลังของการเปลี่ยนความลาดเทไม่ต้องทำการปรับแก้

3.3.3 การวิเคราะห์ฝนแบบแจกแจงเชิงพื้นที่ (Aerial rainfall)

ในการวิเคราะห์ประเภทนี้ ปริมาณน้ำฝนที่วัดทุกสถานีในพื้นที่ใดๆ จะนำมาวิเคราะห์รวมกันเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกลงในพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากคำว่าเฉลี่ย คือ Average หรือ Mean ใช้บ่อยครั้งในอุทกวิทยา ในกรณีความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนจึงนิยมใช้คำว่า Equivalent uniform depth (EUD) และจะเรียกเป็นภาษาไทยว่า ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าทั่วพื้นที่ฝนตก จะนำไปใช้คำนวณหาปริมาตรของน้ำฝน จากพื้นที่รับน้ำฝนซึ่งจะเป็นข้อมูลดิบในระบบพื้นที่ลุ่มน้ำในการเปรียบเทียบกับปริมาตรของน้ำท่าจากลุ่มน้ำ สามารถหาค่าฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำได้ว่าลักษณะการตกของฝนมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ที่พิจารณา ดังนี้

3.3.3.1 วิธีเฉลี่ยด้วยโครงข่ายรูปเหลี่ยมทีสเสน (Thiessen polygon)

วิธีนี้พยายามที่จะลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน โดยคำนึงถึงขนาดของพื้นที่ ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแต่ละสถานีการกำหนดว่าสถานีใดจะคลุมพื้นที่เท่าใดหรือมีอิทธิพลในพื้นที่เท่าใดนั้นให้สร้างรูปเหลี่ยม Thiessen ล้อมรอบสถานีนั้นๆ เป็นขอบเขตไว้ หลักในการสร้างรูปเหลี่ยมThiessen คือ ลากเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่าง 2 สถานีใกล้เคียงกัน เส้นเหล่านี้และในบางครั้งเส้นขอบเขตของลุ่มน้ำจะประกอบกันเป็นรูปเหลี่ยม จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากดังกล่าวก็คือ มุมของรูปเหลี่ยมนั่นเอง พื้นที่รูปเหลี่ยมของ

แต่ละสถานีหารด้วยพื้นที่ของลุ่มน้ำทั้งหมดจะเป็นตัว Weighting factor สำหรับแต่ละสถานีนั้นๆ ดังสมการ

$$P = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{n} Ai\ Pi$$

ขั้นตอนในการแบ่งพื้นที่เป็นรูปหลายเหลี่ยมของทีสเสน

3.3.3.1.1 กำหนดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้งในพื้นที่และที่อยู่รอบ ๆ พื้นที่ที่ต้องการหาปริมาณฝนเฉลี่ย

3.3.3.1.2 ลากเส้นตรง (เส้นประ) เชื่อมโยงระหว่างสถานีวัดน้ำฝน 2 แห่ง ที่อยู่ใกล้กัน โดยที่เส้นตรงเหล่านี้จะต้องไม่ตัดกัน จะได้รูปโครงข่ายสามเหลี่ยม (Network of triangles)

3.3.3.1.3 ลากเส้นตรง (เส้นทึบ) แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านทั้ง 3 ของรูปสามเหลี่ยม จะได้รูปหลายเหลี่ยมของทีสเสนล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง

3.3.3.1.4 วัดขนาดพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่ครอบคลุมสถานีวัดน้ำฝนแต่ละรูป โดยอาจจะใช้วิธีนับจุดในกระดาษกราฟใสที่วางทับบนพื้นที่ หรือใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า พลานิมิเตอร์ (Planimeter) จะได้พื้นที่รูปหลายเหลี่ยมของทีสเสนเป็น A1, A2,..., An จากนั้นจึงนำพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่ได้นี้ไปคำนวณหาปริมาณฝนเฉลี่ยต่อไป

3.3.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่า

การคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากน้ำฝนใช้สมการ Rational Formula (สมการ 2.9 และสมการ 2.10 และ ตารางที่ 2.1 และ ตารางที่ 2.2) ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.2.5 คือ

$$Q = CiA$$

โดยที่ Q คือ ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ลบ.ม)

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหล (ไม่มีหน่วย)

i คือ ปริมาณฝนรายเดือน (เมตร)

A คือ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.ม.)

โดยมีค่าปรับแก้รายเดือนของแต่ละเดือนตามสมการดังนี้

$$C = (a+bi)*Adj(month)$$

เมื่อ C คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน

a b คือ ค่าคงที่ ได้จากตารางที่ 2.1

Adj(month) คือ ค่าปรับแก้สมประสิทธิ์การไหลรายเดือนของแต่ละเดือน (ได้จากตารางที่ 2.2)

3.3.5 ระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า และ ระยะเวลาการไหลหลาก

เวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า เป็นเวลาที่เกิดจากการไหลของน้ำบนผิวดิน โดยนับตั้งแต่เวลาที่ฝนเริ่มตกอย่างต่อเนื่องบนพื้นที่ลุ่มน้ำ และกลายเป็นน้ำท่าไหลจากจุดบนสุดของสันปันน้ำมารวมตัวกันแล้วไหลออกที่จุดรวม โดยฝนต้องกระจายทั่วทั้งพื้นที่เต็ม 100% หรือเวลาที่เมื่อฝนตกและที่คลื่นของน้ำไหลบ่าเหนือพื้นดิน จนถึงจุดทางออกจากจุดที่อยู่ไกลสุดบนสันปันน้ำในช่วงเวลาเดียวกันกับเวลาที่ฝนตก (t_r) มีวิธีหาเวลาไหลรวมตัวของน้ำ (t_c)

3.3.3.1 Kerby's Equation

Kerby (1959) ยังพัฒนาสมการสำหรับการไหลเหลือพื้นดิน

$$t_c = c\left(Lns^{-0.5}\right)^{0.467}$$ สำหรับ L < 365 เมตร (1000 ฟุต)

เมื่อ t_c = เวลาการไหลรวมตัว (นาที)

L = ความยาวของการไหล (ฟุต), (โดยทั่วไปน้อยกว่า 1000 ฟุต)

s = ความชัน (ฟุต/ฟุต)

c = 0.83 (เมื่อใช้ ฟุต) , หรือ 1.44 (เมื่อใช้ เมตร)

n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ

ทางเรียบ	0.02
หญ้าน้อย	0.30
หญ้าปานกลาง	0.40
หญ้าหนาแน่น	0.80

3.3.3.2 Kirpich's Equation

Kirpich (1940) ได้พัฒนาสมการที่สามารถนำมาใช้เพื่อประมาณการในพื้นที่ชนบท t_c. สมการของ Kirpich จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่รายงานโดย Ramser(1927) สำหรับ 6 พื้นที่เล็กๆ ของลุ่มน้ำภาคการเกษตรใกล้ Jackson, Tennessee. ความลาดชันของลุ่มน้ำเหล่านี้ทำให้ระบายน้ำได้ดี ไม้คลอบคลุมตั้งแต่ 0-56% และ พื้นที่ลุ่มน้ำมีตั้งแต่ 1.2-112 เอเคอร์ หรือ 0.05-4.50 ตารางกิโลเมตร

$$t_c = 0.0078\left(L^{0.77} / S^{0.385}\right)$$

เมื่อ t_c = เวลาการไหลรวมตัว (นาที)

L = ความยาวของการเดินทาง (ฟุต)

S = ความชัน (ฟุต/ฟุต)

3.3.3.3 SCS Lag Equation

สมการนี้พัฒนาจาก SCS จากข้อมูลทางการเกษตร สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่รับน้ำฝนที่เล็กกว่า 2,000 เอเคอร์ หรือ 8.09 ตร.กม. สมการนี้ใช้ t_c = 0.67 x basin lag

$$T_c = \frac{1.67L^{0.8}[(1{,}000/CN) - 9]^{0.7}}{1{,}900S^{0.5}}$$

เมื่อ L = ความยาวชลศาสตร์ของทางน้ำ (ส่วนที่ยาว), (ฟุต)

CN = ตัวเลขที่ได้จากโค้งการไหลแบบSCS

S = ความชันโดยเฉลี่ยของแขนงน้ำ (%)

3.3.4 การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS

ในการสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธีของ SCS ทำได้โดยคำนวณหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) จากกราฟน้ำท่าไร้มิติ (Dimensionless Hydrograph) ของลุ่มน้ำที่ศึกษา ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณการไหลโดยตรง (Direct Runoff) ที่เกิดจากพายุฝนคำนวณโดยใช้ระบบ Curve Number (CN) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะและชนิดของดิน (Soil Type) การใช้ที่ดิน (Land Use) ความลาดเทของผิดดิน ตลอดจนความชื้นของดินก่อนที่จะมีฝนตก (Antecedent Moisture Conditions) โดยแนะนำให้ใช้ความชื้นของดินก่อนที่จะมีฝนตกชนิด AMC II โดยมีวิธีการดังนี้

3.3.4.1 คำนวณหาค่า Watershed Lag; L ซึ่งเป็นระยะเวลาจากศูนย์กลางของฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) ถึงเวลาที่จุดสูงสุด (Peak) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังสมการ

$$L = \frac{I^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900y^{0.5}}$$

เมื่อ L = Watershed Lag (ชั่วโมง)

I = ความยาวของทางน้ำของพื้นที่รับน้ำฝน (ฟุต)

S = ศักย์สูญเสียสูงสุด (นิ้ว)

$$= \frac{1000}{CN} - 10$$

CN = Runoff Curve Number ของลุ่มน้ำ

y = ความลาดเทเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)

3.3.4.2 คำนวณหาค่าเวลาน้ำท่าเข้มข้น (Time of Concentration; t_c) **มีหน่วยเป็น ชั่วโมง จากสมการ**

$$t_c = \frac{L}{0.6}$$

3.3.4.3 คำนวณหาค่าช่วงเวลา (Duration) **ของฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย** (Unit Rainfall Excess) **มีหน่วยเป็น ชั่วโมง จากสมการ**

$$D_u = 0.133 t_c$$

3.3.4.4 คำนวณหาเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Time to Peak) **มีหน่วยเป็น ชั่วโมง จากสมการ**

$$t_p = \frac{D}{2} + L$$

3.3.4.5 คำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Peak Discharge) มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์ฟุต ต่อวินาที จากสมการ

$$q_p = \frac{484AQ}{t_p}$$

เมื่อ A = พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางไมล์)

Q = ความลึกของน้ำท่าผิวดิน = 1 นิ้วสำหรับกราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากการศึกษาสภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ได้ทำการรวบรวมข้อมูลความยาวและพื้นที่ลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน จากการวัดแผนที่จังหวัดน่าน ในมาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งได้ใช้โปรแกรม Quantum Geographic Information System (QGIS) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

4.1.1 วิเคราะห์ลำดับสายน้ำของลำน้ำย่าง ลำน้ำยาว และ ลำน้ำปัว

4.1.1.1 ลำน้ำย่างเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด 213.29 ตารางกิโลเมตร ความยาว 38.52 กิโลเมตร และ มีลำน้ำสาขา 4 ลำน้ำ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 จำนวนลำน้ำ ความยาวและพื้นที่ของลำน้ำย่าง

ลำดับที่	จำนวน	ความยาว (กิโลเมตร)	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
1	136	186.31	116.23
2	51	72.96	43.28
3	19	47.31	32.28
4	9	24.60	21.50
รวม	215	331.18	213.29
ความยาวของลำน้ำย่าง = 38.52 กิโลเมตร			

4.1.1.2 ลำน้ำยาวเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด 792.33 ตารางกิโลเมตร ความยาว 79.07 กิโลเมตร และ มีลำน้ำสาขา 6 ลำน้ำ ดังนี้

ตารางที่ 4.2 จำนวนลำน้ำ ความยาวและพื้นที่ของลำน้ำยาว

ลำดับที่	จำนวน	ความยาว (กิโลเมตร)	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
1	633	627.35	390.98
2	206	264.39	174.27
3	62	122.42	98.68
4	18	84.54	68.88
5	4	29.10	20.49
6	1	47.88	39.03
รวม	924	1,175.70	792.33
ความยาวของลำน้ำยาว = 79.07 กิโลเมตร			

4.1.1.3 ลำน้ำปัวเป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด 415.73 ตารางกิโลเมตร ความยาว 53.93 กิโลเมตร และ มีลำน้ำสาขา 5 ลำน้ำ ดังนี้

ตารางที่ 4.3 จำนวนลำน้ำ ความยาวและพื้นที่ของลำน้ำปัว

ลำดับที่	จำนวน	ความยาว (กิโลเมตร)	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
1	390	366.86	203.00
2	113	115.43	77.79
3	30	73.56	60.49
4	18	58.79	48.59
5	2	31.31	25.86
รวม	553	645.95	415.73
ความยาวของลำน้ำปัว = 53.93 กิโลเมตร			

4.1.1.4 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.1-4.3 นำมาคำนวณตามหัวข้อที่ 3.3.1.1-3.3.1.5 เพื่อหาความสัมพันธ์ของลำน้ำย่าง ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงลำดับ จำนวน ความยาวและพื้นที่ของสายน้ำที่คำนวณได้ของลำน้ำย่าง

Order	L_i	A_i	N_i	R_B	R_L	R_A
1	1.37	0.85	136	2.67	1.04	1.22
2	1.43	1.04	51	2.68	1.74	1.90
3	2.49	1.99	19	2.11	1.10	0.33
4	2.73	0.66	9			

4.1.1.5 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.1-4.3 นำมาคำนวณตามหัวข้อที่ 3.3.1.1-3.3.1.5 เพื่อหาความสัมพันธ์ของลำน้ำยาว ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงลำดับ จำนวน ความยาวและพื้นที่ของสายน้ำที่คำนวณได้ของลำน้ำยาว

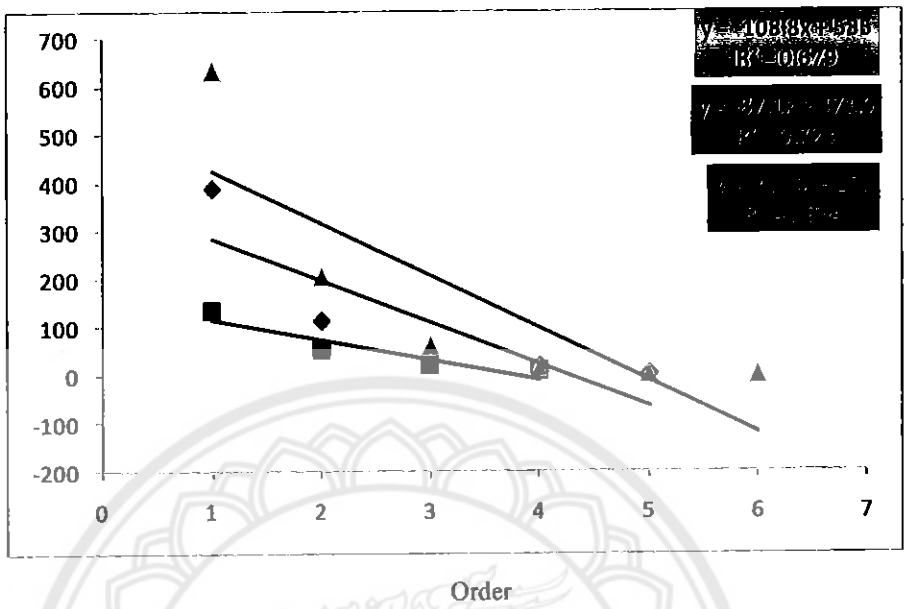
Order	L_i	A_i	N_i	R_B	R_L	R_A
1	0.99	0.62	633	3.07	1.30	1.37
2	1.28	0.85	206	3.32	1.54	1.88
3	1.97	1.59	62	3.44	2.38	2.40
4	4.70	3.83	18	4.50	1.55	1.34
5	7.28	5.12	4	4.00	6.58	7.62
6	47.88	39.03	1			

4.1.1.6 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.1-4.3 นำมาคำนวณตามหัวข้อที่ 3.3.1.1-3.3.1.5 เพื่อหาความสัมพันธ์ของลำน้ำปัว ได้ดังนี้

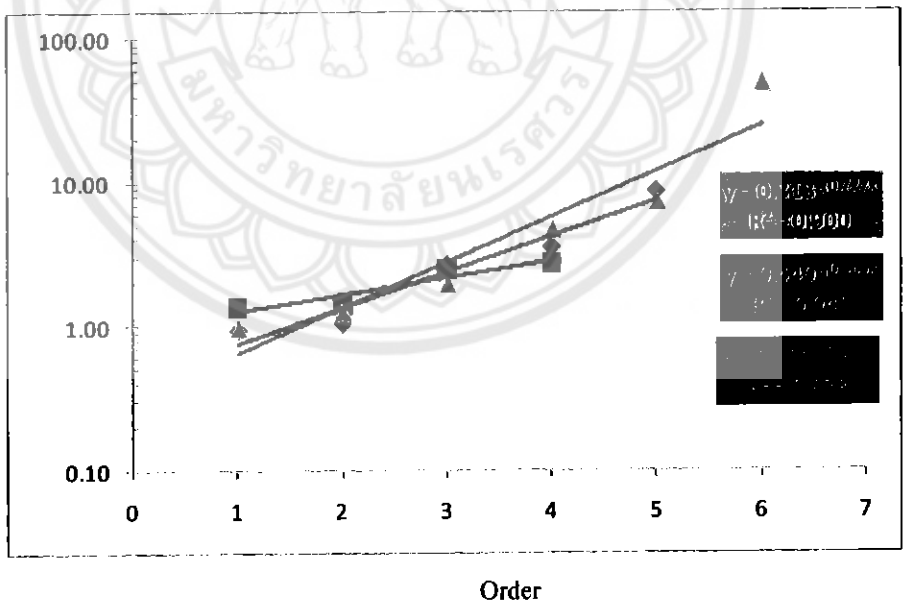
ตารางที่ 4.6 แสดงลำดับ จำนวน ความยาวและพื้นที่ของสายน้ำที่คำนวณได้ของลำน้ำปัว

Order	L_i	A_i	N_i	R_B	R_L	R_A
1	0.94	0.55	390	3.45	1.11	1.18
2	1.05	0.64	113	3.77	2.53	3.65
3	2.65	2.35	30	1.67	1.34	1.03
4	3.54	2.42	18	9.00	2.44	3.12
5	8.66	7.56	2			

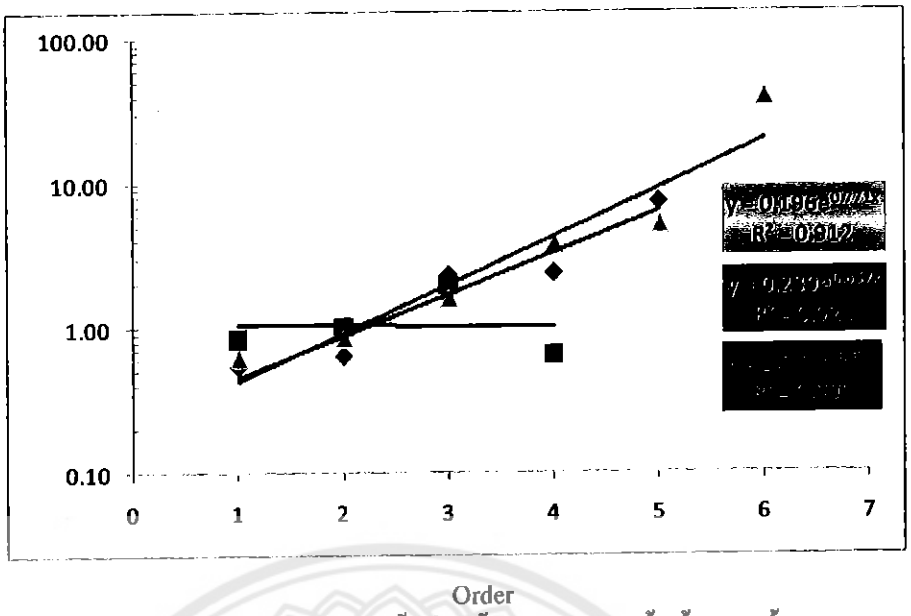
4.1.1.7 นำค่า N_i, L_i และ A_i มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์กับลำดับสายน้ำ เพื่อดูความสอดคล้องของ R_B, R_L และ R_A ได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์จำนวนสายน้ำกับลำดับสายน้ำ ทั้ง 3 ลุ่มน้ำ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความยาวของสายน้ำกับลำดับสายน้ำ ทั้ง 3 ลุ่มน้ำ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์พื้นที่ลำน้ำกับลำดับสายน้ำ ทั้ง 3 ลุ่มน้ำ

จากกราฟความสัมพันธ์ N_i และ Order ของลำน้ำย่าง ลำน้ำยาว ลำน้ำปัว **มีค่า** R^2=0.8543 , R^2=0.6799 และ R^2=0.7230 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องกันในรูปแบบสมการยกกำลัง เมื่อแกนy คือ N_i และ แกนx คือ order

4.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของการระบายน้ำ

จากสมการ $D_r = \dfrac{\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{N_i} L_{ij}}{A_l}$ ได้ผลดังนี้

4.2.1 ลำน้ำยาว

$$D_r = \frac{1175.68}{792.327} = 1.484 \text{ กม.}$$

4.2.2 ลำน้ำย่าง

$$D_r = \frac{331.18}{213.29} = 1.459 \text{ กม.}$$

4.2.3 ลำน้ำปัว

$$D_r = \frac{645.95}{415.73} = 1.554 \text{ กม.}$$

Drainage density; D_r **คือ ความยาวของลำน้ำต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำที่มีค่า** D_r **สูง จะมีความสามารถในการระบายน้ำออกจากลุ่มน้ำได้ดี**

ในส่วนของลุ่มน้ำย่าง , ลุ่มน้ำยาว และลุ่มน้ำปัว นั้น จะมีค่า D_r คือ 1.484 , 1.459 และ 1.554 km. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้ทราบว่า ลักษณะของลุ่มน้ำและการระบายน้ำของทั้ง 3 ลุ่มน้ำนั้น มีความใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ค่า D_r ของทั้ง 3 ลุ่มน้ำ มีค่าไม่สูงมากนั้น อาจเป็นเพราะลักษณะดินที่มีกาซึมน้ำที่สูง ,ดินปกคลุมชนิดต้านทานต่อการกัดเซาะที่ดี หรือความเทลาดของลุ่มน้ำมีความชันที่น้อย

4.3 ผลการวิเคราะห์ความยาวเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมด

จากสมการ $L_0 = \frac{1}{2D}$ ได้ผลดังนี้

4.3.1 ลำน้ำยาว

$$L_0 = \frac{1}{(2 \times 1.484)} = 0.337 \text{ กม.}$$

4.3.2 ลำน้ำย่าง

$$L_0 = \frac{1}{(2 \times 1.459)} = 0.343 \text{ กม.}$$

4.3.3 ลำน้ำปัว

$$L_0 = \frac{1}{(2 \times 1.554)} = 0.322 \text{ กม.}$$

Length of overland flow; L_0 คือ ความยาวเฉลี่ยของการไหลบนผิวดิน โดยที่ค่าประมาณของความยาวเฉลี่ยของการไหลบนผิวดินที่คำนวณได้นี้จะไม่รวมผลกระทบที่เกิดจากความลาดเทของพื้นดินและของลำน้ำ ซึ่งจะมีผลทำให้ความยาวเฉลี่ยที่แท้จริงมีค่ามากกว่าที่คำนวณได้นี้

ในส่วนของลุ่มน้ำย่าง , ลุ่มน้ำย่าง และลุ่มน้ำปัว นั้น มีค่า L_0 คือ 0.337, 0.343 และ 0.322 km. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้ทราบว่า ลักษณะของลุ่มน้ำมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยมีความยาวเฉลี่ยบนผิวดินที่ใกล้เคียงกัน แม้จะมีความยาวของลำน้ำ และ พื้นที่ ที่ไม่เท่ากันก็ตาม หรือกล่าวได้ว่า ในพื้นที่ของลุ่มน้ำทั้ง 3 ลุ่มน้ำ ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะมีความยาวเฉลี่ยลำน้ำที่ประมาณ 0.334 km. นั้นเอง

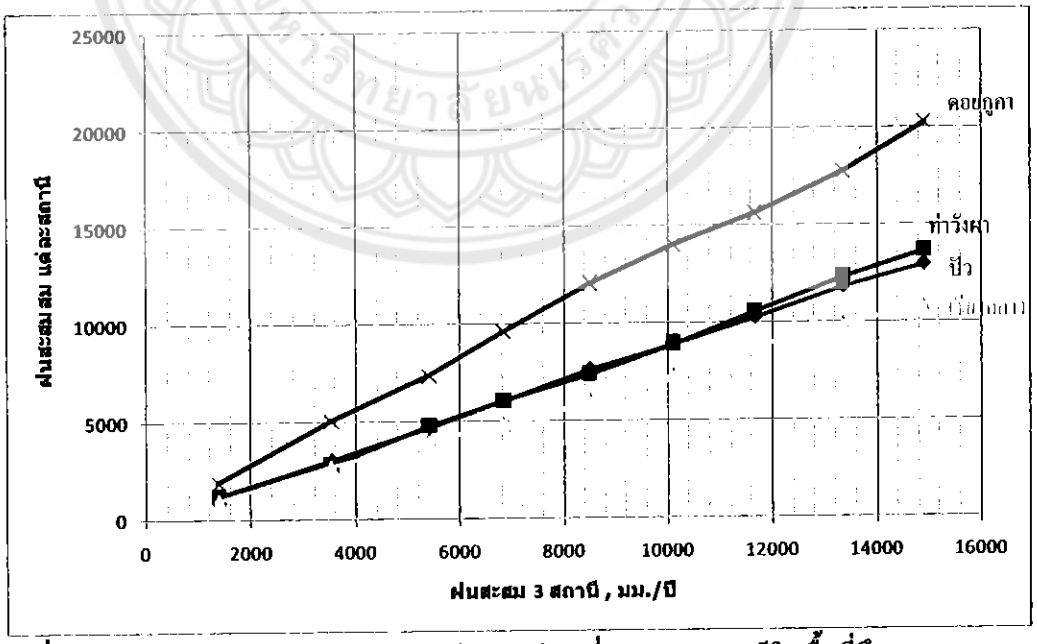
4.4 ผลการวิเคราะห์สถิติน้ำท่าและน้ำฝน

4.4.1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของฝนโดยวิธีกราฟสะสม (Double mass curve)

ในการวิเคราะห์ได้นำข้อมูลปริมารน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝน อ.ท่าวังผา, อ.เชียงกลาง, อ.ปัว และอุทยานแห่งชาติดอยภูคา โดยนำข้อมูล ปี พ.ศ. 2536 , 2537 , 2538 , 2540 , 2542 , 2543 , 2544 , 2548 และ 2550 ทั้งหมด 9 ช่วงเวลา รวม 15 ปี

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝน หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ปี พ.ศ.	สถานี อ.ท่าวังผา		สถานี อ.เชียงกลาง		สถานี อ.ปัว		สถานี อ.ดอยภูคา		สะสมเฉลี่ย
	รายปี	สะสม	รายปี	สะสม	รายปี	สะสม	รายปี	สะสม	
2536	1233.30	1233.30	1007.80	1007.80	1236.20	1236.20	1916.00	1916.00	1386.67
2537	1572.50	2805.80	1724.00	2731.80	1792.00	3028.20	3156.10	5072.10	3610.70
2538	1991.50	4797.30	1328.50	4060.30	1693.30	4721.50	2296.40	7368.50	5383.43
2540	1292.40	6089.70	771.50	4831.80	1320.90	6042.40	2241.80	9610.30	6828.17
2542	1346.20	7435.90	1183.00	6014.80	1615.00	7657.40	2465.70	12076.00	8582.73
2543	1530.20	8966.10	1304.30	7319.10	1301.50	8958.90	1962.30	14038.30	10105.43
2544	1657.90	10624.00	1438.80	8757.90	1326.50	10285.40	1592.10	15630.40	11557.90
2548	1744.40	12368.40	1176.50	9934.40	1572.60	11858.00	2134.40	17764.80	13185.73
2550	1318.40	13686.80	853.10	10787.50	1121.30	12979.30	2496.70	20261.50	14676.10



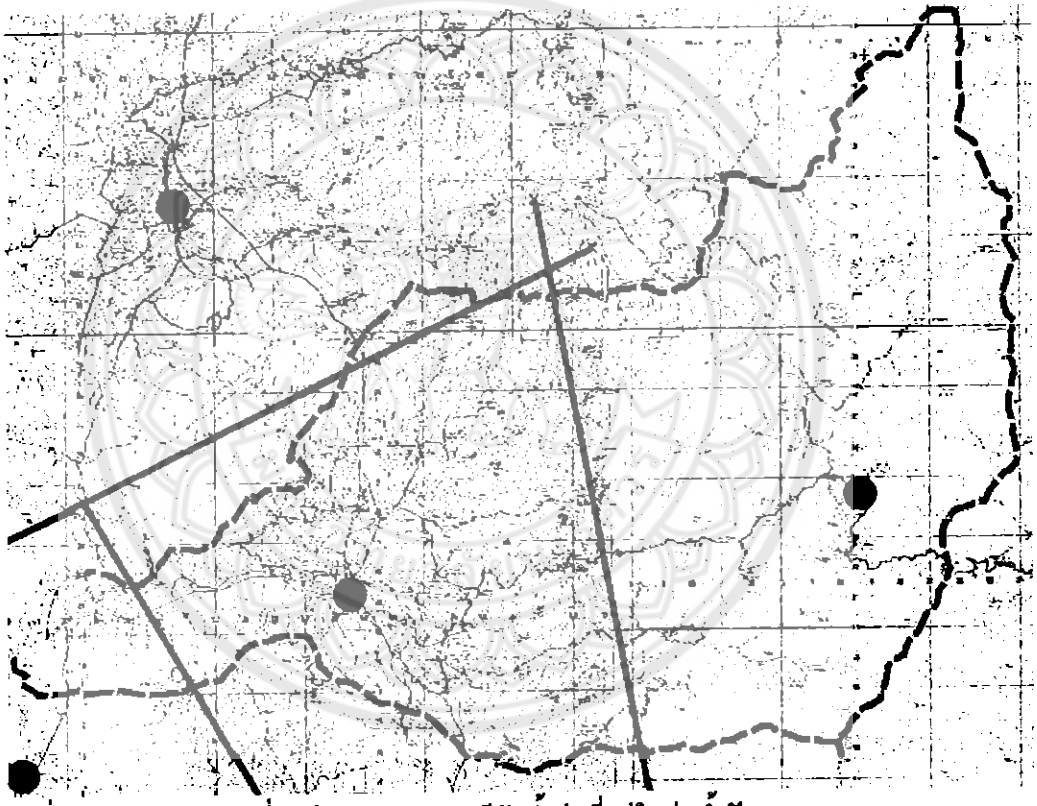
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงฝนสะสมแต่ละสถานีเทียบกับฝนเฉลี่ยสะสม 3 สถานีในพื้นที่ศึกษา

จากรูปจะเห็นความสัมพันธ์ของกราฟ ของทุกปี จะพบว่า ทุกสถานีวัดน้ำฝนนั้น มีเส้นแนวโน้มความลาดเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ต้องปรับแก้ข้อมูลใดๆ เป็นค่าที่น่าเชื่อถือได้ สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อได้

4.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยด้วยวิธีโครงข่ายรูปเหลี่ยมทีสเสน

ในวิธีการวิเคราะห์น้ำฝนด้วยวิธีรูปเหลี่ยมทีสเสน จะยกตัวอย่างเพียงลุ่มน้ำปัว เท่านั้น เพราะข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่นำมาศึกษานั้น ครอบคลุมลุ่มน้ำปัว เพียงลุ่มน้ำเดียว

โดยจะใช้ข้อมูลฝนของสถานีปัว,สถานีท่าวังผา,สถานีเชียงกลาง และ สถานีอุทยานดอยภูคา เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้ศึกษา



รูปที่ 4.5 โครงข่ายรูปเหลี่ยมทีสเสน ของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในลุ่มน้ำปัว

ตารางที่ 4.8 ตารางการคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำฝนโดยวิธีทีสเสน

ปริมาณน้ำฝนที่สถานี (มม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	%ของพื้นที่ทั้งหมด	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (มม.)
1318.4	15.65	3.76	49.63
853.1	4.59	1.10	9.42
1121.3	156.59	37.67	422.35
2496.7	238.9	57.47	1434.73
รวม	415.73	EUD	1916.13

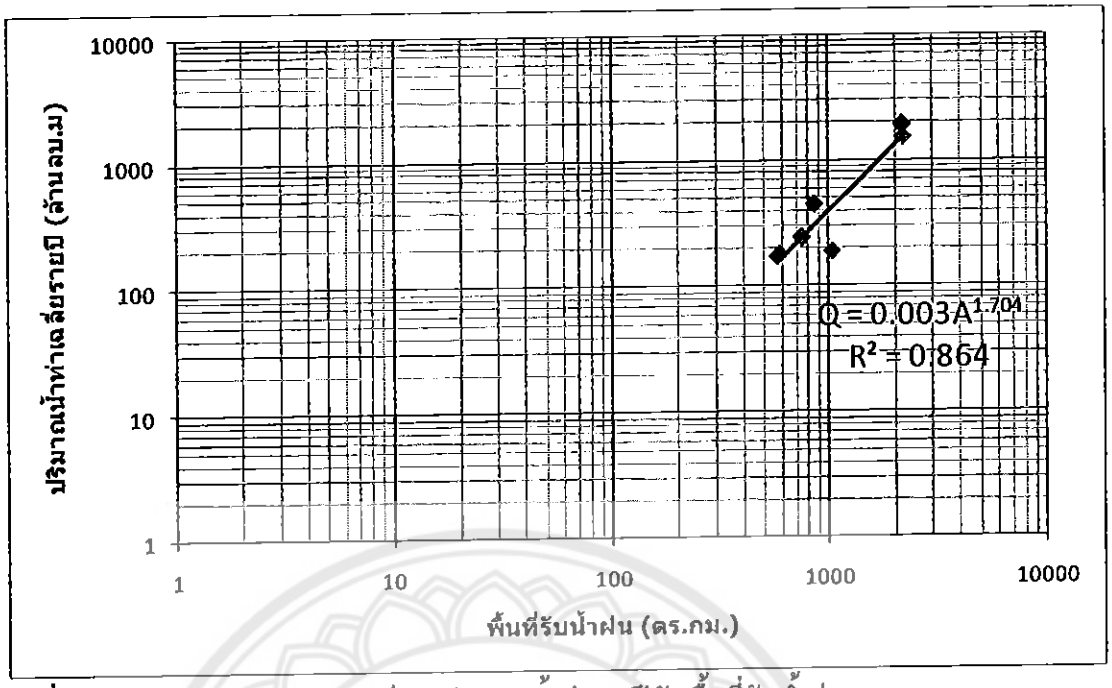
จากการคำนวณ จะพบว่า ลุ่มน้ำปัว ใช้ฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีท่าวังผา ร้อยละ 3.76 ของพื้นที่ทั้งหมด , ฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีเชียงกลาง ร้อยละ 1.10 ของพื้นที่ทั้งหมด , ฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีปัว ร้อยละ 37.67 ของพื้นที่ทั้งหมด และฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีอุทยานดอยภูคา ร้อยละ 57.47 ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อนำมาคำนวณฝนเฉลี่ยรายปีด้วยวิธีทีสเสน จะได้ฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำปัว 1916.13 มม.

4.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณท่าเฉลี่ยด้วยวิธีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยกับขนาดพื้นที่รับน้ำฝน

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีลุ่มน้ำน่านตอนบน

ลำดับ	รหัสลุ่มน้ำสาขา	ชื่อลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่รับน้ำฝนลุ่มน้ำสาขา(ตร.กม.)	รวมปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี(ล้านลบ.ม)
1	902	แม่น้ำน่านตอนบน	2224.77	1523.9
2	903	ห้วยน้ำยาว(1)	863.54	445.1
3	905	น้ำยาว(2)	596.78	177.5
4	906	น้ำสุมน	583.55	172.3
5	908	น้ำสา	753.62	243.1
6	909	น้ำว้า	2203.64	1923.4
7	910	น้ำแหง	1045.03	187.7

ที่มา กรมทรัพยากรน้ำ 2548



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายปีกับพื้นที่รับน้ำฝน

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยกับขนาดพื้นที่รับน้ำฝน ได้ใช้ข้อมูลลุ่มน้ำน่านตอนบน และบริเวณใกล้เคียงจำนวน 7 สถานี โดยมีขนาดพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ระหว่าง 583.55 ถึง 2224.77 ตารางกิโลเมตร นำมาวิเคราะห์ สมการถดถ่อย (Regression Analysis) หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและขนาดพื้นที่รับน้ำฝน ดังแสดงในรูปข้างต้น ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q = 0.003A^{1.704} \quad : r^2 = 0.864$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย , ล้าน ลบ.ม.

A = ขนาดพื้นที่รับน้ำฝน , ตร.กม.

r^2 = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ดังนั้น พื้นที่ลุ่มน้ำย่าง น้ำยาว และน้ำปิว ขนาด 213.29 792.33 และ 415.73 ตร.กม. จะมีน้ำท่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 27.91 , 261.13 และ 87.01 ล้าน ลบ.ม.ตามลำดับ

4.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากสมการ Rational Formula

การหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลการคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนตั้งบนข้อสมมติฐานว่าน้ำท่าเกิดจากน้ำฝนโดยใช้สมการ Rational Formula ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

$$Q = CiA$$

จากสมการดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่า C เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอกจาจะแปรผันตามปริมาณฝนแล้วยังแปรผันตามฤดูกาลและปริมาณความชื้นที่ค้างอยู่ในดินด้วย ดังนั้นการใช้สมการRational Formulaในการวิเคราะห์ การไหลค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่เกิดจากปริมาณความชื้นที่ตกค้างอยู่ในเนื้อดินของเดือนที่ทำการวิเคราะห์ จะกำหนดให้ปรับแก้รายเดือนของสัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน

การวิเคราะห์จะวิเคราะห์ด้วยสมการ Regression ของสมการเส้นตรงโดยมีค่าปรับแก้รายเดือนของแต่ละเดือนตามสมการดังนี้

$$C = (a+bi)*Adj(month)$$

ตารางที่ 4.10 ค่าคงที่ a และ b ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและสัมประสิทธิ์การไหล ภาคเหนือ

พื้นที่	ค่า a	ค่า b
ภาคเหนือ	0.042	0.00109

ตารางที่ 4.11 ค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน ภาคเหนือ

พื้นที่	แสดงค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การไหลรายเดือน											
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ภาคเหนือ	1.25	0.84	1.19	1.25	1	0.84	1	1	1	1	1	1.25

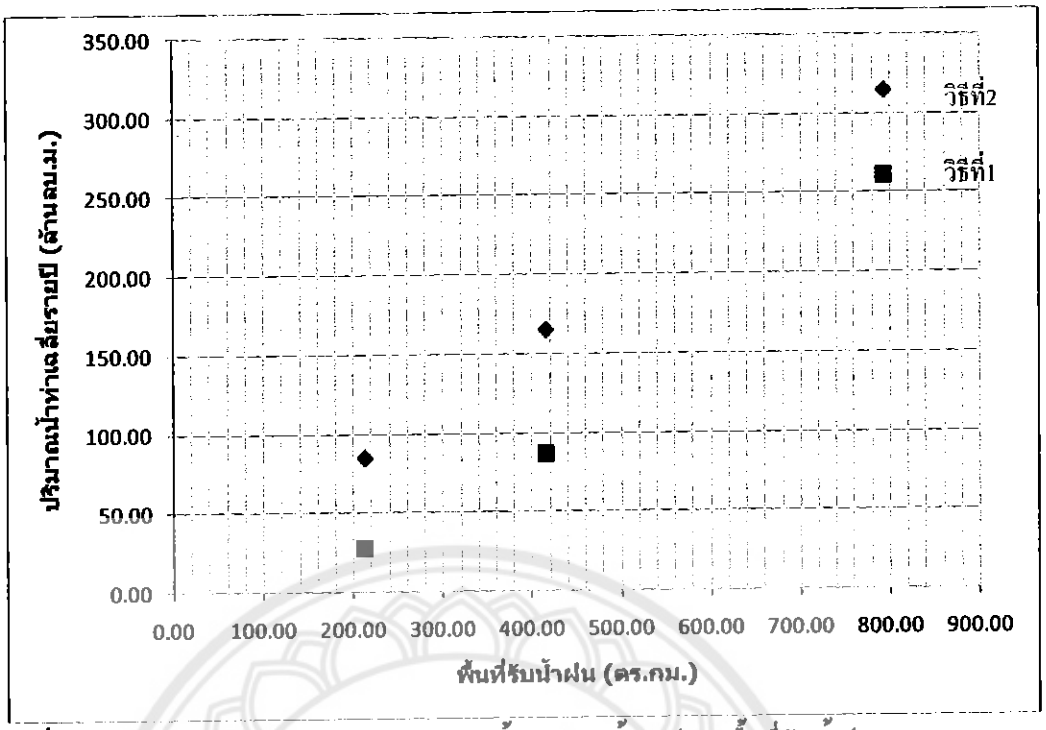
ตารางที่ 4.12 ตารางการคำนวณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำทั้งสามในพื้นที่ศึกษา

เดือน	ปริมาณฝนเฉลี่ย (มม./เดือน)	พท.น้ำย่าง (ตร.กม.)	พท.น้ำยาว (ตร.กม.)	พท.น้ำปิว (ตร.กม.)	ค่า สปส. ที่ปรับแก้แล้ว	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย รายปีลุ่มน้ำย่าง (ล้านลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย รายปีลุ่มน้ำยาว (ล้านลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย รายปีลุ่มน้ำปิว (ล้านลบ.ม.)
เม.ย.	88.87	213.29	792.33	415.73	0.17	3.29	12.22	6.41
พ.ค.	179.46	213.29	792.33	415.73	0.20	7.64	28.38	14.89
มิ.ย.	171.67	213.29	792.33	415.73	0.27	9.98	37.09	19.46
ก.ค.	271.04	213.29	792.33	415.73	0.42	24.38	90.58	47.53
ส.ค.	311.47	213.29	792.33	415.73	0.38	25.34	94.15	49.40
ก.ย.	211.74	213.29	792.33	415.73	0.23	10.35	38.44	20.17
ต.ค.	86.19	213.29	792.33	415.73	0.14	2.50	9.28	4.87
พ.ย.	22.17	213.29	792.33	415.73	0.07	0.31	1.16	0.61
ธ.ค.	8.04	213.29	792.33	415.73	0.05	0.09	0.32	0.17
ม.ค.	6.06	213.29	792.33	415.73	0.05	0.06	0.23	0.12
ก.พ.	8.87	213.29	792.33	415.73	0.05	0.10	0.36	0.19
มี.ค.	34.67	213.29	792.33	415.73	0.10	0.74	2.74	1.44
					รวม	84.79	314.97	165.26

ผลการเปรียบเทียบ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากวิธีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยกับขนาดพื้นที่รับน้ำฝน เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากวิธี Rational Formula ดังที่แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่ามีความแตกต่างกันพอสมควร ดังแสดงในตารางที่ 4.13 จะพบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากวิธี สมการ Rational Formula จะมีค่ามากกว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากวิธีความสัมพันธ์ปริมาณน้ำท่ากับพื้นที่รับน้ำฝน ร้อยละ 50-60 ทั้งนี้ ซึ่งไม่สามารถใช้วิธี Rational Formula ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่ารายปีได้

ตารางที่ 4.13 ตารางเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี จากทั้ง 2 วิธี

ชื่อลุ่มน้ำ	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี วิธีความสัมพันธ์ปริมาณน้ำท่ากับพื้นที่รับน้ำฝน(ล้านลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี วิธี สมการRational Formula (ล้านลบ.ม.)
ลุ่มน้ำย่าง	27.91	84.79
ลุ่มน้ำยาว	261.13	314.97
ลุ่มน้ำปิว	87.01	165.26



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายปีทั้ง2 วิธี กับพื้นที่รับน้ำฝน

4.5 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาการไหลรวมตัวของน้ำท่า

จากข้อมูลความยาวของลำน้ำในแต่ละสายน้ำ และพื้นที่รวมของลุ่มน้ำทั้ง 3 นั้น ไม่สามารถใช้สูตร Kerby ได้ เนื่องจากได้จำกัดความยาวที่ L < 365 m ซึ่งทั้ง 3 ลำน้ำมีความยาวมากกว่า 365 ม. และสูตร Kirpich ก็ไม่สามารถใช้คำนวณได้ เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำจำกัดไว้ที่ 0.05 - 4.50 ตารางกิโลเมตร ซึ่งพื้นที่ของลุ่มน้ำทั้ง 3 ลำน้ำมีมากกว่าที่จำกัดไว้ จึงทำให้ต้องใช้สูตร SCS ในการคำนวณ

4.5.1 ผลการวิเคราะห์การสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี SCS

ตารางที่ 4.14 แสดงผลความยาวทางน้ำ, CN, ศักย์สูญเสียสูงสุด และ Slope

ชื่อลำน้ำ	ความยาวทางน้ำ (กม.)	แปลงหน่วย (ฟุต)	CN	ศักย์สูญเสียสูงสุด (นิ้ว)	Slope (%)
น้ำย่าง	38.52	126,377.95	75.00	3.33	5.11
น้ำปิว	53.93	176,935.70	75.00	3.33	5.02
น้ำยาว	79.01	259,219.16	75.00	3.33	0.85

ตารางที่ 4.15 แสดงผลพื้นที่รับน้ำฝน

ชื่อลำน้ำ	พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางกิโลเมตร)	แปลงหน่วย (ตารางไมล์)
น้ำย่าง	213.29	82.35
น้ำปิว	415.73	160.51
น้ำยาว	792.327	305.92

4.5.2 คำนวณหาค่า Watershed Lag; L

จากสมการ $L = \frac{I^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900y^{0.5}}$ ได้ผลดังนี้

4.5.2.1 ลำน้ำย่าง

$$L = \frac{(126{,}377.95)^{0.8}(3.33+1)^{0.7}}{(1{,}900\times 5.11^{0.5})} = 7.84 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.2.2 ลำน้ำปิว

$$L = \frac{(176{,}935.70)^{0.8}(3.33+1)^{0.7}}{(1{,}900\times 5.02^{0.5})} = 10.35 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.2.3 ลำน้ำยาว

$$L = \frac{(259{,}219.16)^{0.8}(3.33+1)^{0.7}}{(1{,}900\times 0.85^{0.5})} = 34.24 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.3 คำนวณหาค่าเวลาน้ำท่าเข้มข้น (Time of Concentration; t_c)

จากสมการ $t_c = \frac{L}{0.6}$ ได้ผลดังนี้

4.5.3.1 ลำน้ำย่าง

$$t_c = \frac{7.84}{0.6} = 13.06 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.3.2 ลำน้ำปิว

$$t_c = \frac{10.35}{0.6} = 17.25 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.3.3 ลำน้ำยาว

$$t_c = \frac{34.24}{0.6} = 57.06 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.4 คำนวณหาค่าช่วงเวลา (Duration) ของฝนส่วนเกินหนึ่งหน่วย (Unit Rainfall Excess)

จากสมการ $D_u = 0.133 t_c$ ได้ผลดังนี้

4.5.4.1 ลำน้ำย่าง

$$D_u = 0.133 \times 13.06 = 1.74 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.4.2 ลำน้ำปัว

$$D_u = 0.133 \times 17.25 = 2.29 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.4.3 ลำน้ำยาว

$$D_u = 0.133 \times 57.06 = 7.59 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.5 คำนวณหาเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Time to Peak)

จากสมการ $t_p = \frac{D}{2} + L$ ได้ผลดังนี้

4.5.5.1 ลำน้ำย่าง

$$t_p = \frac{1.74}{2} + 7.84 = 8.71 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.5.2 ลำน้ำปัว

$$t_p = \frac{2.29}{2} + 10.35 = 11.50 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.5.3 ลำน้ำยาว

$$t_p = \frac{7.59}{2} + 34.24 = 38.03 \text{ ชั่วโมง}$$

4.5.6 คำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Peak Discharge)

จากสมการ $q_p = \frac{484 A Q}{t_p}$ ได้ผลดังนี้

4.5.6.1 ลำน้ำย่าง

$$q_p = \frac{484 \times 82.35 \times 1}{8.71} = 4{,}577.49 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที}$$

$$= 129.62 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

4.5.6.2 ลำน้ำปัว

$$q_p = \frac{484 \times 160.51 \times 1}{11.50} = 6{,}756.89 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที}$$

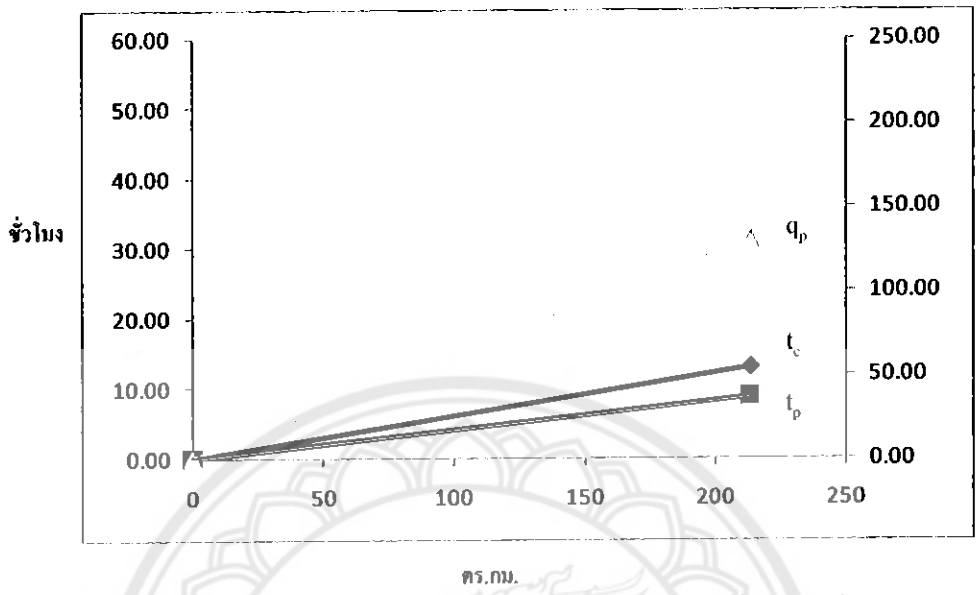
$$= 191.33 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

4.5.6.3 ลำน้ำยาว

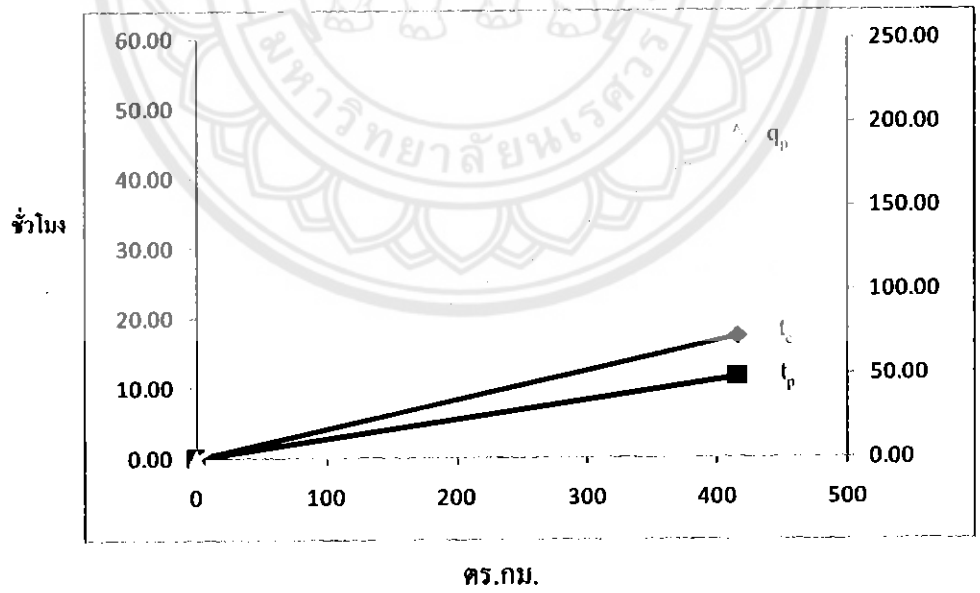
$$q_p = \frac{484 \times 305.92 \times 1}{38.03} = 3{,}893.38 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที}$$

$$= 110.25 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

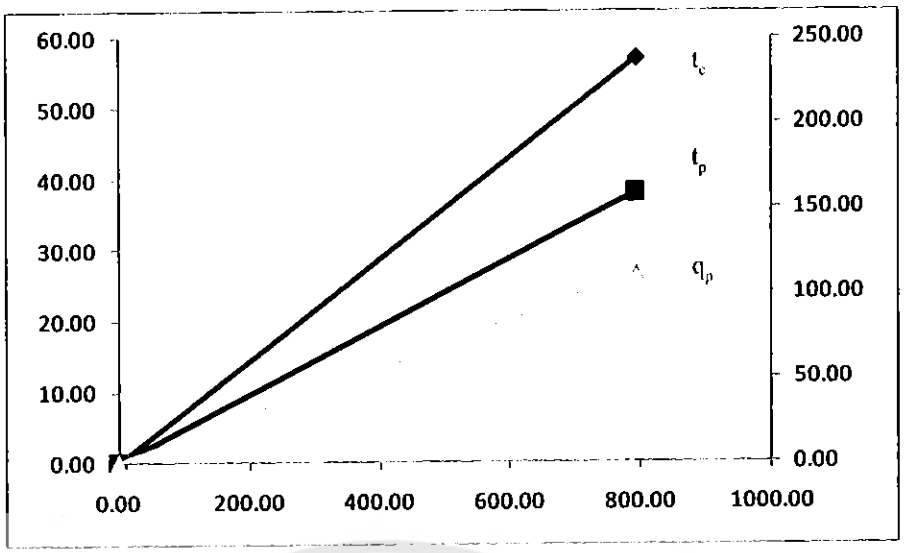
4.5.7 นำค่า t_c, t_p และ q_p มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์กับพื้นที่รับน้ำ เพื่อดูความสอดคล้อง ได้ดังนี้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการไหลต่างๆกับพื้นที่ของลุ่มน้ำของลำน้ำย่าง



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการไหลต่างๆกับพื้นที่ของลุ่มน้ำของลำน้ำปัว



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการไหลต่างๆกับพื้นที่ของลุ่มน้ำของลำน้ำยาว

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ลุ่มน้ำ พบว่า ลุ่มน้ำย่าง และลุ่มน้ำปัว จะมี ลักษณะความชันของกราฟ ที่ใกล้เคียงกัน แตกต่างจาก ลุ่มน้ำยาวที่กราฟแสดงความสัมพันธ์ ต่างออกไป ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะลักษณะความชันเฉลี่ย ของลำน้ำ ที่ลำน้ำย่าง และลำน้ำปัว จะมีความชัน 5.11, 5.02 ตามลำดับ แต่ลำน้ำยาว จะมีความชัน 0.85 จึงทำให้เวลาการไหลรวมตัวของลำน้ำยาว มีเวลานานมากกว่าลำน้ำย่างและลำน้ำปัว และด้วยพื้นที่ ที่มีมากที่สุด ทำให้ การเหลื่อมของเวลา มีมากตามไปด้วย

ส่วนปริมาณการไหลสูงสุด ลำน้ำปัว มีค่าการไหลสูงสุด เพราะ ลำน้ำย่างและลำน้ำปัว มีค่าเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด มีค่าใกล้เคียงกันคือ 8.71 และ 11.50 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่มีพื้นที่ต่างกันมาก คือ 213.29 และ 415.73 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ เมื่อนำไปคำนวณตามสมการ $q_p = \frac{484AQ}{t_p}$ จริงทำให้ ลำน้ำปัว มีค่าปริมาณการไหลสูงสุด มากกว่า ลำน้ำย่าง

4.16 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองได้เป็นตารางดังนี้

ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความลาดเทเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าการระบายน้ำ (กม.)	ปริมาณฝนเฉลี่ย (มม./ปี)	ปริมาณน้ำท่า (ล้านลบ.ม./ปี)	อัตราไหลสูงสุด (ม^3/วินาที)	เวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (ชม.)	เวลาการรวมตัว (ชม.)	การเลื่อมเวลา (ชม.)
น้ำย่าง	213.29	5.11	1.484	1916.13	27.91	129.62	8.71	13.06	7.84
น้ำยาว	792.33	0.85	1.459	1916.13	261.13	110.25	38.03	57.06	34.24
น้ำปัว	415.73	5.02	1.554	1916.13	87.01	191.33	11.5	17.25	10.35

บทที่ 5
บทสรุปและปัญหา

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงงาน เป็นการหาความสัมพันธ์สภาพอุทกวิทยาลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า จังหวัดน่าน โดยได้เลือกทำการศึกษา 3 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำย่าง ลุ่มน้ำยาว และลุ่มน้ำปัว โดยการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของสภาพลุ่มน้ำทั้ง 3 ลุ่มน้ำจากแผนที่ จังหวัดน่าน (มาตราส่วน 1: 50,000) แล้วทำการเก็บและรวบรวมข้อมูลโดยโปรแกรม Quantum Geographic Information System (QGIS) และจึงนำมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สภาพลุ่มน้ำย่อยทั้ง 3 ลุ่มน้ำตามหลักอุทกวิทยา สามารถสรุปได้ดังนี้

จากการเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม QGIS และนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลุ่มน้ำย่าง ลุ่มน้ำยาว และลุ่มน้ำปัว ตามหลักความสัมพันธ์ของลุ่มน้ำพบว่า จำนวนลำดับสาขาลำน้ำมีความสัมพันธ์กับความยาว พื้นที่และความหนาแน่นของลำน้ำ คือ จำนวนลำดับสาขาลำน้ำลำดับน้อยจะมีพื้นที่, ความยาว, ความหนาแน่นของลำน้ำมาก และถ้าจำนวนลำดับสาขามากขึ้นจะมีพื้นที่, ความยาว, ความหนาแน่นของลำน้ำน้อยลงตามไปด้วย

และเมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างสาขาลำน้ำกับจำนวนลำน้ำ, พื้นที่ และ ความยาวจะทำให้ทราบว่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ลำน้ำ มีค่าใกล้เคียงกันนั้น หมายถึงลักษณะของลุ่มน้ำทั้ง 3 มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน

จากผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4 นั้นได้ทำการการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของฝน โดยวิธีกราฟสะสม (Double mass curve) ได้นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำฝน อ.ท่าวังผา, อ.เชียงกลาง, อ.ปัว และอุทยานแห่งชาติดอยภูคา มาหาความสัมพันธ์จะพบว่า ความลาดของกราฟ ของทุกสถานี จะมีแนวโน้มความลาดเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ต้องปรับแก้ข้อมูลใดๆ เป็นค่าที่น่าเชื่อถือได้สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อได้

และการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยด้วยวิธีโครงข่ายรูปเหลี่ยมทีสเสน ของลุ่มน้ำปัว จากข้อมูลฝนของสถานีปัว,สถานีท่าวังผา,สถานีเชียงกลาง และ สถานีอุทยานดอยภูคา จะได้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำปัว 1916.13 มม.

การวิเคราะห์ปริมาณท่าเฉลี่ยด้วยวิธีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยกับขนาดพื้นที่รับน้ำฝน นำมาวิเคราะห์ สมการถดถ่อย (Regression Analysis) หาความสัมพันธ์ ได้สมการดังนี้ $Q = 0.003A^{1.704}$: $r^2 = 0.864$ ดังนั้น พื้นที่ลุ่มน้ำย่าง น้ำยาว และน้ำปัว ขนาด 213.29 , 792.33 และ 415.73 ตร.กม. จะมีน้ำท่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 27.91 , 261.13 และ 87.01 ล้าน ลบ.ม.ตามลำดับ

และเมื่อนำไปเปรียบเทียบการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปีจากสมการ Rational Formula ผลการเปรียบเทียบ พบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากวิธี สมการ Rational Formula จะมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากวิธีความสัมพันธ์ปริมาณน้ำท่ากับพื้นที่รับน้ำฝน ร้อยละ 50-60 ทั้งนี้ ซึ่งไม่สามารถใช้วิธี Rational Formula ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่ารายปีได้

การวิเคราะห์การไหลรวมโดยวิธี SCS โดยใช้ค่า CN = 75% ทำให้ได้ค่าเวลาเหลื่อมของลุ่มน้ำย่าง ลุ่มน้ำยาว และ ลุ่มน้ำปัว คือ 7.84 ชั่วโมง, 34.24 ชั่วโมง และ 10.35 ชั่วโมง ตามลำดับ และได้ค่าการไหลรวมตัวของลุ่มน้ำย่าง ลุ่มน้ำยาว และ ลุ่มน้ำปัว คือ 13.06 ชั่วโมง, 51.06 ชั่วโมง และ17.25 ชั่วโมง ตามลำดับ และได้ค่าปริมาณการไหลสูงสุดของลุ่มน้ำย่าง ลุ่มน้ำยาว ลุ่มน้ำปัว คือ 8.71 ชั่วโมง , 38.03 ชั่วโมง และ 11.05 ชั่วโมง ตามลำดับ

และจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ลุ่มน้ำ พบว่าการไหลรวมตัวของ ลุ่มน้ำย่างและลุ่มน้ำปัว มีลักษณะกราฟที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจาก สภาพความชันเฉลี่ย มีความใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างจากลุ่มน้ำยาว ที่มีความชันเฉลี่ยน้อยกว่าจึงทำให้กราฟการไหลรวมตัวแตกต่างออกไป และตามสมการของ SCS เมื่อ อัตราการไหลรวมตัวมีค่ามากแล้ว ก็จะทำให้ การเหลื่อมเวลา มีค่ามากตามไปด้วย

และจากการคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดนั้น ลำน้ำปัว จะมีปริมาณการไหลสูงสุด เพราะจากสมการของ SCS ปริมาณการไหลสูงสุดคือ $q_p = \frac{484AQ}{t_p}$ ซึ่งจากสมการ จะทำให้เห็นว่า ลำน้ำย่างและลำน้ำปัว มี เวลาการเกิดปริมาณสูงสุดใกล้เคียงกันคือ 8.71 และ 11.50 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ทั้งสองลำน้ำ มีพื้นที่ต่างกันที่มากคือ 213.29 และ 415.73 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำไปคำนวณตามสมการ ปริมาณการไหลสูงสุดแล้ว ปริมาณการไหลสูงสุด ของลำน้ำปัว จะมีค่าสูงสุดนั้นเอง

5.2 ปัญหาในการทำงาน

เนื่องจากระยะเวลาในการทำงานค่อนข้างน้อย ทำให้การรวบรวมข้อมูลต้องใช้ข้อมูลจากแผนที่จังหวัดน่าน มาตรส่วน 1:50,000 จึงอาจทำให้การรวบรวมข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนและการวิเคราะห์ข้อมูลยังขาดข้อมูลที่สำคัญบางรายการ เนื่องจากลำน้ำน่านตอนบนยังไม่มีสถานีวัดน้ำท่า จึงไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ครบถ้วน

จากการวิเคราะห์นี้สามารถนำไปหาความสัมพันธ์กับข้อมูลลำน้ำใกล้เคียงที่มีสถานีวัดน้ำท่าได้ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในลำน้ำย่าง ลำน้ำยาว และ ลำน้ำปัวได้ใกล้เคียงสภาพอุทกวิทยาของทั้ง 3 ลำน้ำ

เอกสารอ้างอิง

Hydrology and Water Quantity Control

Wanielista, Martin P.

New York : John Wiley & Sens, 1990

Appljed Hydrology

Chow, Vent e

Singapore : McGraw-Hill, 1988

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา หลักอุทกวิทยา (Principle of Hydrology)

รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น

[ม.ป.ท : ม.ป.พ] , 2549

อุทกวิทยาประยุกต์ (Applied Hydrology)

ดร.วีระพล แต้สมบัติ

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลพื้นที่ และ ความยาวทั้งหมดของลำน้ำย่าง ลำน้ำยาว และ ลำน้ำปัว อยู่ในแผ่นซีดี

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

1. ชื่อ นางสาวธันยภัทร ศรีวงศ์

สัญชาติ ไทย เชื้อชาติ ไทย

ศาสนา พุทธ

วัน เดือน ปี (ที่เกิด) 8 สิงหาคม 2531 สถานที่เกิด จังหวัดน่าน

ที่อยู่ 156 หมู่ 1 ต.ม่วงตึ๊ด อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000

เบอร์ 083-2050778

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนสตรีศรีน่าน

สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจาก มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิชาเอกวิศวกรรมโยธา

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

2. ชื่อ นายพัฒนวิชญ์ หวันวรพัฒน์

สัญชาติ ไทย เชื้อชาติ ไทย

ศาสนา พุทธ

วัน เดือน ปี (ที่เกิด) 14 กันยายน 2529 สถานที่เกิด จังหวัดพิษณุโลก

ที่อยู่ 789 หมู่ 8 ต.อรัญญิก อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

เบอร์ 083-2172776

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิษณุโลก

สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจาก มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิชาเอกวิศวกรรมโยธา

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

3. ชื่อ นายสุปรีดี ชมชื่น

สัญชาติ ไทย เชื้อชาติ ไทย

ศาสนา พุทธ

วัน เดือน ปี (ที่เกิด) 16 มีนาคม 2531 สถานที่เกิด จังหวัดพิษณุโลก

ที่อยู่ 113/1 หมู่ 6 ต.บึงพระ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

เบอร์ 086-9264476

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม

สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจาก มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิชาเอกวิศวกรรมโยธา