



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม

อนุรักษ์วิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ลักษณะทางอุทกวิทยาก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า
อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

The Hydrological Characteristics prior and after Check-dam Performed
at Mae Tam Head Watershed, Dok Khamtai District, Phayao Province

นามผู้วิจัย นางสาวสุชาดา ศรีวัฒนา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์วีระศักดิ์ อุดมโชค, D.Tech.Sc.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์, D.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชนิ เอ็มพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสงวี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ลักษณะทางอุทกวิทยาก่อนและหลังการสร้างฝายคั้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ตำ
อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

The Hydrological Characteristics prior and after Check-dam Performed
at Mae Tam Head Watershed, Dok Khamtai District, Phayao Province

โดย

นางสาวสุชาดา ศรีวัฒนา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2553

สุชาติ สรวัดนา 2553: ลักษณะทางอุทกวิทยาก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วีระศักดิ์ อุคมโชค, D.Tech.Sc. 144 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยา และเปรียบเทียบลักษณะทางอุทกวิทยา ก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าในปี พ.ศ. 2549 จากนั้นทำการสร้างฝายต้นน้ำจำนวน 4 ฝาย แล้วเก็บข้อมูลน้ำท่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำ ในปี พ.ศ. 2550 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟน้ำท่า กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า และสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า

ผลการศึกษากราฟน้ำท่า ลักษณะกราฟน้ำท่าก่อนการดำเนินการสร้างฝายต้นน้ำ พบว่า มีกราฟส่วนขึ้นที่ชัน กราฟส่วนยอดแหลมเรียว กราฟส่วนลดที่ชันมาก หลังการดำเนินการสร้างฝายต้นน้ำ กราฟส่วนขึ้นมีความชัน กราฟส่วนยอดเรียวมน กราฟส่วนลดลาดชันลดลง เมื่อวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที เปรียบเทียบกันระหว่างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ พบว่า ลักษณะกราฟส่วนขึ้น และส่วนลดก่อนการสร้างฝายต้นน้ำมีความชันมากกว่าหลังการสร้างฝาย และลักษณะกราฟส่วนยอดที่แหลมเรียวกว่า ช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับถึงการไหลสูงสุด (Tp) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ เท่ากับ 1 ชั่วโมง 10 นาที หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 2 ชั่วโมง 15 นาที ความกว้างของฐานเวลาที่ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุด (W25, W50 และ W75) ก่อนถึงช่วงการไหลสูงสุด ก่อนการสร้างฝาย เท่ากับ 44, 33 และ 23 นาที ตามลำดับ หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 1 ชั่วโมง 15 นาที, 55 นาที และ 39 นาที ตามลำดับ หลังถึงช่วงการไหลสูงสุด ก่อนการสร้างฝาย เท่ากับ 1 ชั่วโมง 40 นาที, 45 นาที และ 25 นาที ตามลำดับ หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 7 ชั่วโมง 20 นาที, 2 ชั่วโมง 45 นาที และ 1 ชั่วโมง 10 นาที ตามลำดับ ช่วงเวลาการไหลบ่าของน้ำผิวดิน (Tb) ก่อนการสร้างฝาย เท่ากับ 11 ชั่วโมง 45 นาที หลังการสร้างฝายเท่ากับ 31 ชั่วโมง การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า เท่ากับ 0.80 หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 0.93 แสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการสร้างฝายแล้ว อัตราการปลดปล่อยน้ำท่าเป็นไปอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ เนื่องจากเมื่อทำการสร้างฝายต้นน้ำ ระดับน้ำในลำธารจะเพิ่มระดับขึ้นอย่างช้า ๆ และปลดปล่อยน้ำสู่ลำธารได้ช้าลง จากผลการศึกษาดังกล่าว สามารถนำไปเป็นแนวทางในการประเมินอัตราการไหลสูงสุดของน้ำจากพื้นที่รับน้ำที่มีการทำฝายต้นน้ำ และไม่มีการทำฝายต้นน้ำ เพื่อการออกแบบขนาดของลำธารในการป้องกันอุทกภัย บริเวณเชิงเขา และที่ราบน้ำท่วมถึง

ลายมือชื่อนิติสด

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Suchada Sornwatana 2010: The Hydrological Characteristics prior and after Check-dam Performed at Mae Tam Head Watershed, Dok Khamtai District, Phayao Province. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Associate Professor Veerasak Udomchoke, D.Tech.Sc. 144 pages.

The purpose of this research were the changing of the hydrological characteristics of Mae Tum head watershed prior and after check-dams performed. The rainfall and runoff data were collected continuously during 2006 to 2007 before and after 4 check dams were performed. Hydrograph, unit hydrograph and recession coefficient were analyzed as the major characteristics for comparing the effect of check-dam on the head watershed.

The results revealed that the shape of hydrographs prior check-dams performed are very steep rising limb, sharp peak and steep falling limb. After performing check-dams the hydrograph showed longer time to peak, lesser steep rising limb, smaller sharp peak and gentle falling limb. The results of 30 minutes unit hydrograph showed time to peak at prior performed check dam were 70 minute and after performed check dam were 135 minute. Time to peak of rising hydrograph at 25, 50 and 75 percent of peak flow prior performed check dam were 44, 33 and 23 minutes respectively and after performed check dam were 75, 55 and 39 minutes respectively. Time from peak of falling limb hydrographs prior performed check dam were 100, 45 and 25 minutes respectively and after performed check dam were 440, 165 and 70 minutes respectively. Time base at prior performed check-dams were 11 hours and 45 minute and after performed check-dams were 31 hours. Recession coefficient of direct runoff before check dam constructed was 0.80 but after check dam constructed was 0.93. The results shown that after performed check dam peak direct runoff were decreased due to the influence of check-dams can decrease peak direct runoff and increase recession flow. The research outcome will be a guideline for peak flow assessment of stream without check dams and with check dams for flood protection stream design at the footslope to floodplain.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วีระศักดิ์ อุคมโชค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในการวางแผนวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะทางวิชาการ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง และมีความสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ในการปรับแก้ให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อาจารย์พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตินกุล ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ได้กรุณาตรวจสอบ และให้แนะนำในการปรับแก้ เพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ ตลอดจน อาจารย์สมนิมิตร พุกงาม ในการตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณสว่าง สิทธิชยาพรกุล หัวหน้าหน่วยจัดการต้นน้ำแม่ดำ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อ ช่วยเหลือ และ อำนวยความสะดวกในการเข้าดำเนินการ และเข้าเก็บข้อมูลในพื้นที่ รวมถึงเจ้าหน้าที่ของหน่วยจัดการต้นน้ำแม่ดำที่ให้ความช่วยเหลือ ในการดำเนินงาน และเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณ คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ และบรรดาญาติพี่น้อง ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนการศึกษา เพื่อให้ข้าพเจ้าได้ศึกษา และทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ปริญญาโท และเอก สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ที่คอยเป็นกำลังใจ คอยให้การช่วยเหลือ ในทุก ๆ สิ่งตลอดการศึกษาระดับปริญญาโท และการทำวิทยานิพนธ์ จนสามารถทำให้การศึกษานี้สำเร็จ

สุชาดา ศรีวัฒนา

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	73
สรุป	73
ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	79
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	144

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะภูมิสถานพื้นที่ต้นน้ำแม่คำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	39
2	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่คำ และพื้นที่ศึกษาดันน้ำแม่คำ ในปี พ.ศ. 2546	47
3	ข้อมูลอากาศเฉลี่ยรายเดือน ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2549 สถานีอุตุนิยมวิทยาพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	51
4	ลักษณะกราฟน้ำท่าก่อนและหลังทำการสร้างฝายต้นน้ำ เปรียบเทียบกับความหนักเบาของฝนส่วนเกิน และเวลาที่ฝนตก	53
5	ค่าฐานเวลาต่าง ๆ ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที	62
6	ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (k_r) เปรียบเทียบก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ	66
7	ค่าการจำลองสถานการณ์การตกของฝน	70
ตารางผนวกที่		
1	ข้อมูลอากาศรายปี สถานีอุตุนิยมวิทยาพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	80
2	การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 21 กันยายน 2549	81
3	การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 23 กันยายน 2549	86
4	การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 6 ตุลาคม 2549	93
5	การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 28 มิถุนายน 2550	101
6	การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 4 สิงหาคม 2550	113
7	สัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (recession coefficient; k_r) ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ ต้นน้ำแม่คำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	130
8	สัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (recession coefficient; k_r) หลังการสร้างฝายต้นน้ำ ต้นน้ำแม่คำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	131

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วัฏจักรของอุทกวิทยา (hydrological cycles)	3
2	พารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า	12
3	พารามิเตอร์แสดงลักษณะของกลุ่มน้ำ	14
4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุด และความเข้มข้นของฝน	15
5	ทิศทางการและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย	19
6	ตัวอย่างฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน	25
7	ตัวอย่างฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร	25
8	ตัวอย่างฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร	26
9	หน้าตัดลำธาร	27
10	ฝายวัดน้ำแบบฝายสันคมสี่เหลี่ยม (Rectangular sharp crested weir) และฝายสันคมรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (90° V-notch wier)	30
11	แผนผังขั้นตอนการทำการศึกษา	31
12	ตำแหน่งฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ศึกษา ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	33
13	ภาพตัดขวางพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	36
14	ลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	37
15	ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษา พื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	38
16	สภาพภูมิประเทศบริเวณต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	38
17	ลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	40
18	ลักษณะทางธรณีวิทยา พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	42
19	ลักษณะทางธรณีวิทยา พื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	43

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ลักษณะทางปฐพีวิทยา พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	45
21	ลักษณะทางปฐพีวิทยา พื้นที่ศึกษาบริเวณต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	46
22	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	48
23	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษาบริเวณต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	49
24	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และอุณหภูมิ ช่วงแล้งฝน และช่วงน้ำหลากประจำสถานีอุตุนิยมวิทยาพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา	52
25	กราฟน้ำท่า ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	56
26	กราฟน้ำท่า หลังการสร้างฝายต้นน้ำ ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	57
27	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ เปรียบเทียบกับหลังการสร้างฝายต้นน้ำ พื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	59
28	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ามาตรฐาน 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ เปรียบเทียบกับหลังการสร้างฝายต้นน้ำ พื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	61
29	สัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (k_r) พื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา (ก) ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ (ข) หลังการสร้างฝายต้นน้ำ	67
30	สถานการณ์จำลองของความเข้มฝนที่ตกต่อเนื่องกันนาน 8 ชั่วโมง	69
31	กราฟน้ำท่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การตกของฝน	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	132
2	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	133
3	การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที วันที่ 21 กันยายน 2549	134
4	การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที วันที่ 23 กันยายน 2549	135
5	การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที วันที่ 6 ตุลาคม 2549	136
6	การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	137
7	การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที วันที่ 28 มิถุนายน 2550	138
8	การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที วันที่ 4 สิงหาคม 2550	139
9	การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	140
10	สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_p) บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้าวันที่ 21 กันยายน 2549	141
11	สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_p) บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้าวันที่ 23 กันยายน 2549	141
12	สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_p) บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้าวันที่ 6 ตุลาคม 2549	142
13	สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_p) บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้าวันที่ 28 มิถุนายน 2550	142
14	สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_p) บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้าวันที่ 4 สิงหาคม 2550	143

ลักษณะทางอุทกวิทยาก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ตำ
อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

The Hydrological Characteristics prior and after Check-dam Performed
at Mae Tam Head Watershed, Dok Khamtai District, Phayao Province

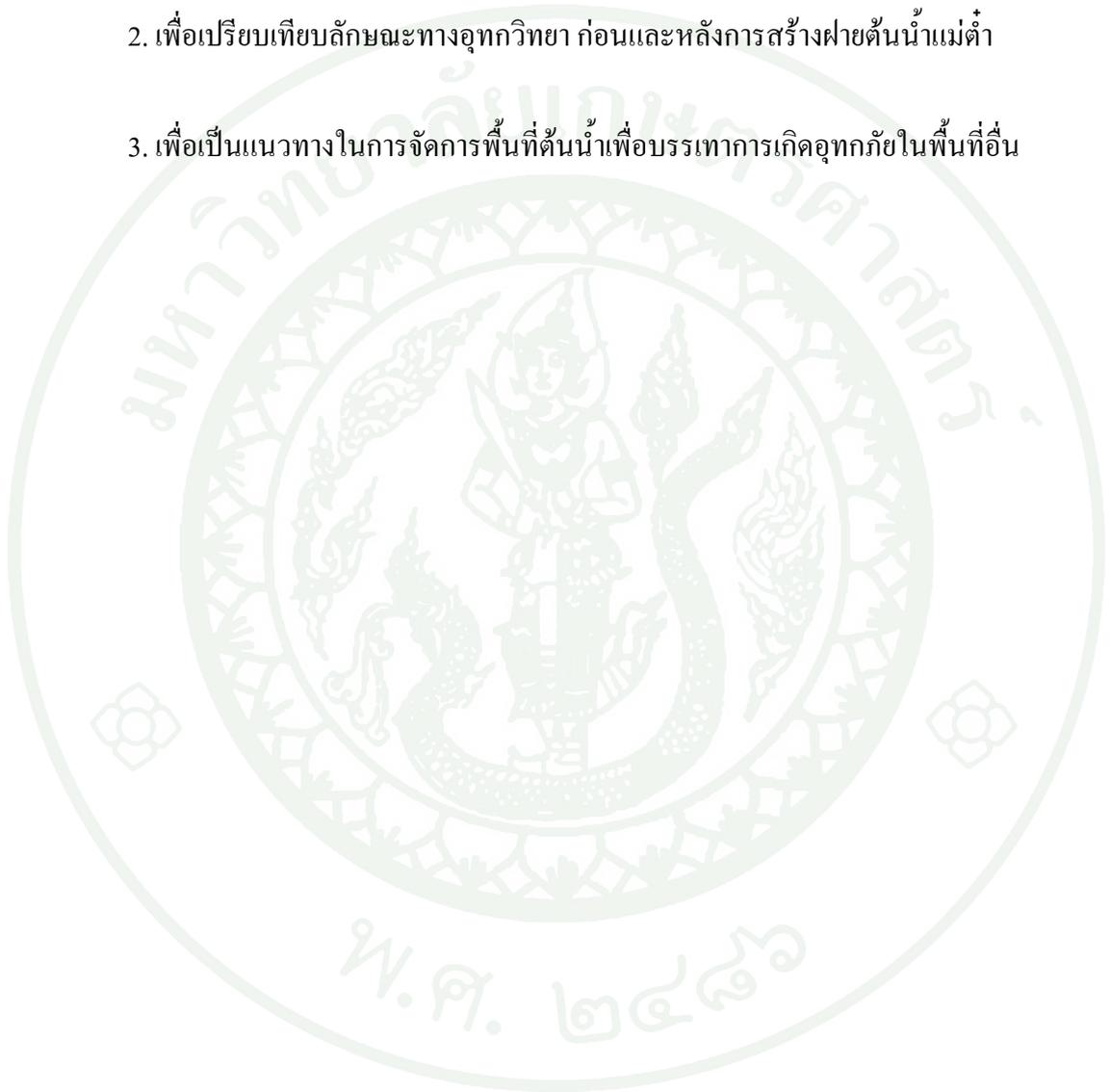
คำนำ

การเกิดน้ำป่าบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ ทำให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมากต่อชีวิต และทรัพย์สินของชาวบ้านบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยดังกล่าว จึงมีหน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชนพยายามหาทางป้องกัน และบรรเทา เพื่อลดปัญหาการเกิดน้ำป่าไหลหลาก และดินถล่ม การสร้างฝายต้นน้ำเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดความเร็ว และความรุนแรงของการไหลของน้ำในลำธาร ในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำหลากรุนแรง และระบายน้ำที่อยู่ในดินออกสู่ลำธารในฤดูแล้ง การสร้างฝายต้นน้ำกั้นทางเดินของน้ำในลำธารขนาดเล็กเพื่อลดความเร็ว และปริมาณการไหลของน้ำให้ช้าลง ซึ่งทำให้เกิดความชุ่มชื้นบริเวณพื้นที่ริมลำธาร เนื่องจากการชะลอการไหลบ่าของน้ำทำให้น้ำไหลในลำธารตลอดเวลา และทำให้ดินบริเวณริมลำธารสามารถกักเก็บน้ำซึ่งเป็นการยกระดับน้ำในดินให้สูงกว่าสภาพที่ไม่มีฝายต้นน้ำ

ประเทศไทยมีการนำฝายต้นน้ำมาใช้ในการช่วยลดปัญหาการไหลบ่าของน้ำเมื่อประมาณ 15 ปีที่ผ่านมา โดยสามารถสังเกตได้ว่าภายหลังจากการสร้างฝายต้นน้ำประมาณ 2 ปี จะเริ่มมีน้ำไหลในลำธารในช่วงฤดูแล้งแต่ยังไม่ทราบถึงลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้องกับการชะลอการไหลของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร จึงทำการศึกษาข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา และอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่รับน้ำ ก่อน และหลังการทำการสร้างฝายต้นน้ำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ต้นน้ำแม่ตำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ทั้งก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ
2. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางอุทกวิทยา ก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำแม่ตำ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการพื้นที่ต้นน้ำเพื่อบรรเทาการเกิดอุทกภัยในพื้นที่อื่น



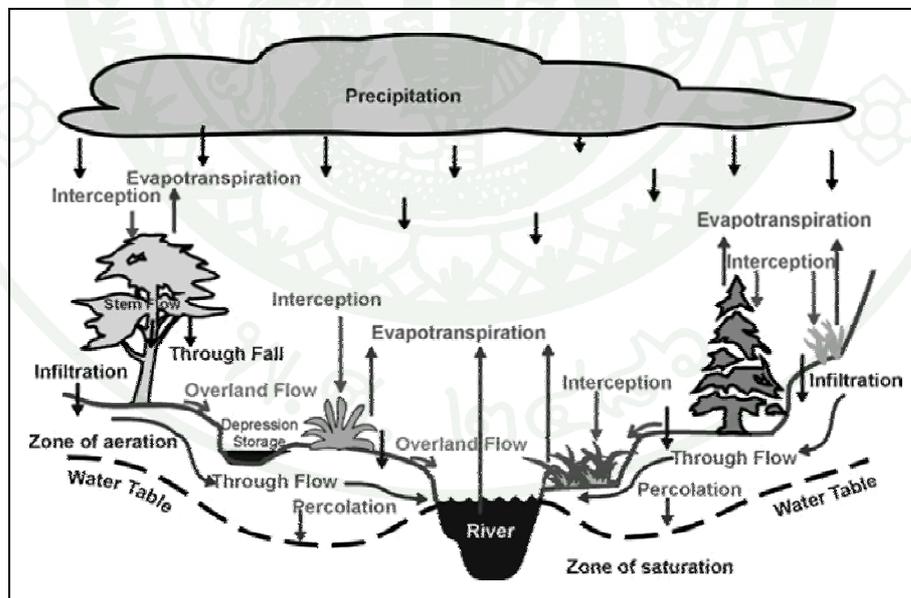
การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางอุทกวิทยา

ลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำ คือลักษณะการไหลและคุณภาพของน้ำในลำน้ำ ในช่วงที่มีน้ำหลากมากและในฤดูแล้ง น้ำที่ไหลในลำน้ำเรียกว่า น้ำในลำธาร ปริมาณน้ำที่ไหลในลำธารขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีปริมาณน้ำไหลในลำธารเป็นจำนวนมาก และเป็นลำน้ำขนาดใหญ่ ในทางตรงข้ามพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมีปริมาณน้ำไหลในลำธารน้อย และมีขนาดของลำน้ำค่อนข้างเล็ก (Viessman *et al.*, 1997)

1.1 วัฏจักรของอุทกวิทยา (hydrological cycles)

วัฏจักรของอุทกวิทยา (hydrological cycles) คือ กระบวนการต่างๆ อันได้แก่ การเกิดน้ำจากฟ้า (precipitation) การซึมของน้ำลงดิน (infiltration) การระเหย และการคายน้ำของพืช (evapotranspiration) และการเกิดน้ำท่า (runoff) กระบวนการเหล่านี้ประกอบกัน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 วัฏจักรของอุทกวิทยา (hydrological cycles)

ที่มา : Master Home Inspections (2010)

การหมุนเวียนของน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นระบบย่อยของวัฏจักรน้ำ เป็นกระบวนการ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมทางอุทกนิยามวิทยา ชีวะวิทยา และธรณีวิทยา โดยมีฝนเป็น ปัจจัยหลักในการให้น้ำแก่พื้นที่ เมื่อฝนตกลงมา ฝนบางส่วนจะตกลงสู่พื้นดิน บางส่วนค้างบนพืช พรรณ และระเหยกลับสู่บรรยากาศ ส่วนที่เหลือจะซึมลงดิน ในขณะที่บางส่วนไหลบ่าหน้าดิน ไปยังลำธาร น้ำส่วนที่ซึมลงดินจะยึดติดกับเม็ดดินเป็นน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เมื่อพืชดูดไปใช้จะ ระเหยคืนสู่บรรยากาศ

Wisler and Brater (1959) กล่าวถึง อุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ เมื่อฝนตกลงสู่ผิว โลก และถูกรองรับไว้ด้วยต้นไม้ อาคารบ้านเรือน และสิ่งปกคลุมดิน เรียกว่า น้ำพีชยึด (intercepted water) หลังจากยึดน้ำจนเปียกชุ่มแล้ว น้ำส่วนเกินจะไหลลงมาตามลำต้นของต้นไม้ เรียกว่า น้ำไหล ตามต้นไม้ (stem flow) บางส่วนหยดลงสู่พื้นดิน เรียกว่า น้ำพีชหยด (throughfall) ซึ่งรวมทั้งน้ำฝน บางส่วนที่ตกลงสู่ดินโดยตรง น้ำพีชหยด และน้ำไหลตามต้นไม้ ซึ่งเป็นน้ำที่ลงสู่ดินโดยตรง รวมกันเรียกว่าปริมาณน้ำฝนสุทธิ (net rainfall) ซึ่งไม่ใช่ น้ำที่ซึมซาบสู่ดินทั้งหมด อาจมีบางส่วน ระเหยสู่บรรยากาศ บางส่วนถูกดูดซับโดยเศษซากพืช (litter) ที่เกิดจากการสลายตัวของ กิ่ง ใบ ดอก และผล จากนั้น น้ำจะซึมซาบผ่านหน้าดินด้วยกระบวนการซึมซาบน้ำผ่านผิวดิน (infiltration) กระบวนการนี้เกิดอย่างรวดเร็ว ถ้าดินมีรูพรุนขนาดใหญ่และแห้ง แต่ถ้ามีรูพรุนขนาดเล็ก น้ำจะซึม ผ่านผิวดินช้า เมื่อน้ำซึมผ่านผิวดินแล้วจะมีกระบวนการซึมผ่านของน้ำตอนใต้ผิวดิน เรียกว่า กระบวนการซึมซาบน้ำลงดินระดับลึก (percolation) น้ำจากกระบวนการนี้อาจถูกเก็บไว้ใน ดิน หรือซึมลงสู่ใต้ดิน หรืออาจระบายผ่านชั้นดินลงสู่ลำธาร น้ำในลำธารที่เกิดขึ้นจากการที่ดินมี การซึมซาบน้ำผ่านผิวดิน (infiltration) ช้ากว่าอัตราการตกของน้ำฝน ทำให้น้ำเอ่อผิวดินชั่วคราว เรียกว่า น้ำบ่าหน้าดิน (direct runoff) เมื่อปริมาณมากพอก็จะไหลผ่านผิวดินไปตามความลาดเอียง ของพื้นที่ เรียกว่า น้ำไหลบ่าเหนือผิวดิน (surface flow หรือ overland flow) แล้วจึงลงสู่ลำธารเป็น น้ำไหลในลำธาร (stream flow)

1.2 องค์ประกอบของน้ำท่า

น้ำท่า (runoff) คือน้ำบนผิวดินที่ไหลมารวมกันสู่ลำน้ำ ซึ่งอาจมีขนาดใหญ่หรือเล็ก หรืออาจไม่มีรูปแบบ มีแหล่งกำเนิดมาจากความชื้นในบรรยากาศที่ตกลงมาเป็นฝน ซึ่งความชื้นนี้ ได้มาจากการระเหยของน้ำในมหาสมุทรแล้วถูกพัดเข้ามายังแผ่นดิน เป็นส่วนหนึ่งในการหมุนเวียน ของมวลอากาศ (Viessman *et al.*, 1977) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของน้ำไหลในลำธารไว้ดังนี้

1) น้ำป่าเหนือผิวดิน (surface runoff) คือ ปริมาณน้ำฝนส่วนเกินจากน้ำฝนที่สูญเสียไป เนื่องจากการระเหย หรือตกค้างอยู่ตามใบไม้ใบหญ้าของพืชที่ปกคลุมดิน (interception) หรือตกค้าง อยู่ในบ่อ แอ่ง หลุมตามผิวดิน ซึ่งไม่ได้ติดต่อกับระบบทางน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ (depression storage) และการซึมผ่านผิวดิน

2) น้ำไหลใต้ผิวดิน (interflow) คือ ปริมาณน้ำส่วนที่ซึมซาบผ่านผิวดินแล้วเคลื่อนตัว ออกทางด้านข้างตามความลาดเทของชั้นดินที่อยู่ใกล้ผิวดิน จนกระทั่งไหลออกสู่ทางน้ำในที่สุด หรือจะไหลออกสู่ผิวดินตรงบริเวณที่ชั้นดินที่น้ำซึมผ่านมาติดกับผิวดิน

3) น้ำใต้ดิน (ground water) คือ น้ำที่เคลื่อนลงสู่ระดับลึก การเคลื่อนที่อาจใช้เวลา เป็นปี เป็นส่วนที่ค่อย ๆ หล่อเลี้ยงลำธารให้มีน้ำไหลตลอดปี

4) น้ำฝนตกลงลำธาร (channel precipitation) เป็นน้ำฝนที่ตกลงบนผิวน้ำในแหล่งน้ำ หรือลำน้ำ ปริมาณน้ำส่วนนี้มีค่าเท่ากับความลึกของน้ำฝนเฉลี่ย คูณด้วยพื้นที่ของผิวน้ำและปริมาณ น้ำส่วนนี้ต้องไหลลงสู่ระบบทางน้ำของพื้นที่

Kirkby (1978) กล่าวว่า การไหลของน้ำในลำธารอาจเกิดขึ้นจากน้ำที่ซึมซาบออกมา ตามช่องว่างขนาดใหญ่จากด้านข้างของดิน (lateral movement) ซึ่งมักพบเสมอในหลายพื้นที่ เช่น นิพนธ์ และปรีชา (2516) พบว่า ป่าดิบเขาธรรมชาติ บริเวณคอกปุ๋ย จังหวัดเชียงใหม่ นั้นไม่ปรากฏ ว่ามีน้ำไหลป่าเหนือผิวดิน (surface runoff) แต่มีน้ำไหลในขณะที่ยังฝนตกและภายหลังฝนตกซึ่งจะ ระบายน้ำใสจากดินลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็วแต่มีน้ำไหลในลำธารตลอดปี ทั้งนี้เพราะมีน้ำซึมซาบ ออกจากชั้นดินด้านข้าง (lateral flow) ลงสู่ลำธารตลอดเวลา ลำธารที่มีน้ำไหลตลอดปี โดยที่ไม่มี ฝนตกในฤดูแล้งนั้นเกิดขึ้นได้เพราะน้ำซึมซาบออกจากดินอย่างค่อย ๆ เป็นค่อย ๆ ไป กล่าวคือ เมื่อ เม็ดดินอุ้มน้ำจนอิ่มตัวแล้ว น้ำส่วนที่ซึมซาบไว้โดยความโน้มถ่วงเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก จะ ซึมลงสู่ที่ต่ำและระบายน้ำจากชั้นดินด้านข้างลงสู่ลำธารกระบวนการเช่นนี้มีการทดแทนอย่าง ต่อเนื่องโดย ความต่อเนื่องของน้ำในดินและน้ำในลำธารซึ่งเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ของน้ำในลำธารและน้ำในดิน จึงทำให้มีน้ำระบายจากดินลงสู่ลำธารตลอดเวลา

Hudson (1971) น้ำในลำธารเป็นดัชนีที่สำคัญมากในการแสดง ถึงสถานภาพของพื้นที่ ลุ่มน้ำ ถ้าสถานภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤตจะมีการซึมซาบน้ำผ่านผิวดินช้า มักปรากฏให้เห็นว่า หลังจากฝนตกเพียงเล็กน้อยจะมีระดับน้ำในลำธารขึ้นสูง และไหลอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าลุ่มน้ำมี

สถานภาพสมดุล มีป่าไม้ปกคลุมดี มีดินที่มีความพรุนสูง น้ำในลำธารจะเพิ่มระดับอย่างช้า ๆ ถ้าดินของกลุ่มน้ำที่ไม่มีสิ่งปกคลุมเลยแม้ว่ามีลักษณะเป็นดินที่ร่วนซุย มีรูพรุนมาก แต่โอกาสเกิดน้ำไหลบ่าเหนือผิวดิน (surface runoff) และน้ำในลำธารจะมีระดับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีฝนตกแบบพายุฝนฟ้าคะนอง เพราะเมื่อดินจะแตกกระจายด้วยแรงตกกระทบของเม็ดฝนกลายเป็นเม็ดดินขนาดเล็ก ๆ เม็ดดินเหล่านี้แตกกระจายไปตามแรงกระทบของเม็ดฝน อุรุรุคินตามผิวน้ำดิน ทำให้การซึมซาบน้ำผ่านผิวดินลดลง เกิดน้ำไหลบ่าเหนือผิวดิน ไหลลงสู่ลำธาร ถ้ากลุ่มน้ำมีความลาดชันมาก น้ำไหลบ่าเหนือผิวดินจะมีมากและรุนแรงจนอาจทำให้เกิดการพังทลายแบบร่องลึกรวมถึงการเกิดอุทกภัยตามมา

1.3 กราฟน้ำท่า (Hydrograph)

Wisler and Brater (1959) อธิบายลักษณะการไหลของน้ำในลำธารในรูปแบบของกราฟน้ำท่า (hydrograph) หมายถึง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำในลำธารหรือน้ำท่า (discharge) กับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของน้ำในลำธารกับเวลา ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกันคือส่วนขึ้น (rising limb) ส่วนยอด (crest หรือ peak segment) และส่วนลด (recession หรือ depletion curve)

กราฟส่วนขึ้น (rising limb) เป็นส่วนของกราฟน้ำไหลที่เริ่มตั้งแต่จุดเริ่มต้นการเพิ่มขึ้นของน้ำไหลในลำธารทั้งหมด (total flow) ประกอบด้วย น้ำไหลบ่าหน้าดิน (surface flow) น้ำไหลใต้ผิวดิน (interflow) และน้ำใต้ดิน (baseflow) น้ำที่ระบายสู่ลำธารทั้ง 3 ลักษณะนี้จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ “น้ำไหลบ่าหน้าดิน” (direct runoff หรือ storm runoff) และน้ำไหลภายในดิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำไหลใต้ผิวดินและน้ำใต้ดิน Wisler and Brater (1959) ยังอธิบายว่าส่วนขึ้นของกราฟน้ำไหลเป็นดัชนีที่สำคัญในการแสดงสถานภาพทุกพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากการขึ้นลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากพื้นที่ป่าต้นน้ำถูกทำลาย หรืออาจเกิดจากดินที่มีความชุ่มชื้นสูง เนื่องจากมีฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานาน และยังกล่าวอีกว่าลักษณะส่วนขึ้นของกราฟยังขึ้นกับลักษณะพื้นที่ตก ซึ่งประกอบด้วย (1) ช่วงระยะเวลาที่ฝนตก (2) ลักษณะความหนักเบา (3) ความสามารถในการแปรสภาพเป็นน้ำไหล (4) ความสามารถในการเก็บกักน้ำของลำธาร และยังขึ้นกับลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น ชนิดของดิน ความลาดชัน ลักษณะพืชคลุมดินความสามารถในการซึมน้ำของดิน และการเก็บน้ำของดิน

กราฟส่วนยอด (crest segment) เป็นช่วงของกราฟที่อยู่ระหว่างจุดเปลี่ยนโค้ง (point of Inflection) ที่อยู่หลังจากกราฟส่วนนี้ และหลังจากกราฟส่วนลด จุดออก (outlet) หมายถึง ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นที่ไกลสุดไหลไปถึงจุดออก ในขณะที่พื้นที่ส่วนอื่น ๆ ก็ยังมีน้ำไหลบ่าหน้าดินอยู่ จะเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก และช่วงเวลาของฝนตกต้องมากกว่าหรือเท่ากับ เวลาที่ไหลบ่าหน้าดินของพื้นที่ไกลสุดเดินทางถึงจุดออก โดยที่น้ำฝนมีการกระจายสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ

เกษม และนิพนธ์ (2525) กล่าวถึงผลการศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของป่าดิบเขาบริเวณดอยปู่ย จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนยอดของกราฟน้ำท่าเร็วไหลมาก แต่น้ำใส เนื่องจากมีการไหลของน้ำผ่านชั้นซากพืช

กราฟส่วนลด (recession หรือ depletion curve) กราฟส่วนนี้แสดงถึงการระบายน้ำของดินในลุ่มน้ำลำธาร เป็นส่วนที่เริ่มจากจุดเปลี่ยนโค้ง หลังการเกิดน้ำท่าสูงสุด ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีอิทธิพลของน้ำฝนมาเกี่ยวข้อง แต่ขึ้นกับลักษณะพื้นที่ ได้แก่ ชนิดดินและหิน รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ และประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Linsley *et al.* (1958); Wisler and Brater (1959) สรุปว่า ลักษณะกราฟน้ำไหลเป็นดัชนีที่แสดงถึงสถานะภาพของลุ่มน้ำ กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำในป่าธรรมชาติมีฐานของกราฟน้ำไหลกว้าง จุดยอดของกราฟไม่สูงมากนักในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเดียวกัน หากปราศจากพืชปกคลุมแล้ว จุดยอดของกราฟสูงขึ้น และมีฐานแคบ เนื่องจากปราศจากพืชปกคลุมที่ช่วยชะลอการไหลของน้ำ

1.4 อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร

Colman (1953); Wisler and Brater (1959); Sopper and Lull (1970); Tanaka and Kawatani (1975); Black (1991) อธิบายว่าปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของน้ำในลำธารมี 2 ประการใหญ่ ๆ คือ สภาพภูมิอากาศ (climatic conditions) และ ลักษณะภูมิกายภาพ (physiographic conditions)

1.4.1 สภาพภูมิอากาศ (climatic conditions) ที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธารมากที่สุด คือ ฝน ซึ่งลักษณะของฝน ได้แก่ ชนิดของฝน ความหนักเบา ช่วงระยะเวลาที่ฝนตก เป็นปัจจัยย่อย

Wisler and Brater (1959) รายงานไว้ว่าปริมาณน้ำในลำธารผันแปรโดยตรงกับปริมาณน้ำฝน และความหนักเบาของฝน กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณน้ำฝนมากเกินไปเกินความสามารถในการซึมน้ำสูงสุดของดิน เกิดน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินทำให้น้ำในลำธารสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

พงษ์ศักดิ์ (2518) ศึกษาลักษณะการไหลของน้ำในลำธารจากอิทธิพลของฝน บริเวณลุ่มน้ำขนาดเล็ก ป่าดิบเขา ดอยปู่ย เชียงใหม่ พบว่า ช่วงเวลาที่ฝนน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร น้ำในลำธารจะเกิดขึ้น เนื่องจากการกระทำร่วมกันของหลาย ๆ ปัจจัยเมื่อฝนตกมากขึ้น คือ 10-20 มิลลิเมตร น้ำฝนจึงเริ่มมีบทบาทมากขึ้นต่อปริมาณน้ำในลำธาร และในช่วงที่ฝนตกมากกว่า 20 มิลลิเมตร พบว่า น้ำฝนเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในลำธาร

นิพนธ์ (2525) พบว่าปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยแรกที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธาร ซึ่งสอดคล้องกับ (Ozaga-Zielinska, 1975) ที่ใช้ปัจจัยต่าง ๆ ทางธรณีस्थฐาน คุณสมบัติดิน และปริมาณน้ำฝนพบว่า น้ำฝนเป็นปัจจัยแรกที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการไหลของลำธาร

จำเนียร (2542) กล่าวถึงลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณเนินเขา ต่อเนื่องถึงภูเขาสูงของแนวเขาระหว่างจังหวัดแพร่ ถึงจังหวัดน่านว่า ระดับน้ำในลำธารเริ่มเพิ่มระดับขึ้นเมื่อเมื่อฝนตกลงมามากกว่า 15 มิลลิเมตร ในช่วงต้นฤดูฝน และ 8 มิลลิเมตรในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งหมายความว่าในช่วงต้นฤดูฝนดินยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำปริมาณน้ำฝนจะซึมซาบจนทำให้ดินอิ่มตัวได้ถึง 15 มิลลิเมตร ในช่วงปลายฤดูฝนดินเริ่มอิ่มตัวด้วยน้ำปริมาณน้ำฝนที่ทำให้ดินอิ่มตัวมีค่าเพียง 8 มิลลิเมตร

1.4.2 ลักษณะภูมิกายภาพ (Physiographic Conditions)

ลักษณะภูมิกายภาพที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร ได้แก่ ขนาดของพื้นที่ รูปร่าง ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชันของพื้นที่และความลาดชันของลำธาร ทิศด้านลาด ลักษณะดิน และหิน สภาพทางธรณี ตลอดจนพืชพรรณที่ปกคลุม

Viessman *et al.* (1977) กล่าวถึง ลักษณะทางธรณีวิทยาทำให้ภูมิस्थฐานและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร Udumchoke and Mingtipol (1993) ได้ศึกษาลักษณะการไหลของน้ำในลำธารบริเวณเชิงเขาของแนวเทือกเขาขุนตาล ที่ลุ่มน้ำห้วยโจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เป็น

ลุ่มน้ำเชิงเขา เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่จากแกนหลักของเทือกเขา ในบริเวณที่มีความลาดชันไม่สูงจึงทำให้ช่วงเวลาการไหลลงสู่พื้นที่ราบและมีปริมาณน้ำน้อยกว่าลุ่มน้ำที่อยู่บริเวณแกนหลักของเทือกเขาที่มีความลาดชันสูงกว่า และอยู่ไกลจากที่ราบลุ่ม

นิพนธ์ (2525) ศึกษาอิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำและการทำลายป่าไม้ต่อปริมาณน้ำในลำธาร ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย กล่าวว่าลุ่มน้ำทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธารเพียงร้อยละ 23.9 ที่เหลือเป็นอิทธิพลของน้ำฝน ความลาดเทของลำน้ำ อัตราความต่างระดับของลำน้ำ ร้อยละของการปลดปล่อยน้ำโดยอิสระของดินโดยแรงดึงดูดของโลก สัมประสิทธิ์ความกระชับของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความต่างระดับของลำน้ำ ความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำ เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำ และรูปทรงของลุ่มน้ำ

ดวงรัตน์ (2540) ศึกษาอิทธิพลของลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำที่มีต่อช่วงเวลาการไหลของน้ำ พบว่า ช่วงน้ำหลากปัจจัยความลาดชันของพื้นที่และความลาดชันของลำธารสายหลัก มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดเป็นปัจจัยแรกในทุกภาคของประเทศไทย ส่วนในช่วงแล้งฝนนั้น ปัจจัยแรกที่มีอิทธิพลต่อลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ พื้นที่ลุ่มน้ำและความหนาแน่นของลำธารในลุ่มน้ำภาคใต้คือ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำและรูปร่างลุ่มน้ำ ส่วนลุ่มน้ำภาคเหนือ พบว่าลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำไม่มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธารในช่วงแล้งฝน

นิพนธ์ (2512) ศึกษา ลักษณะทางปฐพีวิทยาของลุ่มน้ำห้วยคอกม้า กล่าวว่าน้ำท่าที่ไหลในลำธารช่วงเวลาหลังฤดูฝนนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติของดินในการควบคุมการไหลของน้ำได้ผิวดิน ซึ่งสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินในป่าดิบเขาภาคเหนือของประเทศไทย มีมากที่สุดบริเวณผิวดินแล้วค่อย ๆ ลดลงจนถึงชั้นล่างสุด ทั้งนี้ เป็นเพราะว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีมาก เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ดินอุ้มน้ำสูงขึ้น แต่ถ้าดินลึกมากเกินไปแล้ว ความชื้นในดินมีมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะอินทรีย์วัตถุขนาดเล็กและดินเหนียวช่วยให้มีการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น

จำนง (2527) ศึกษา อิทธิพลของภูมิประเทศและการใช้ที่ดินต่อสมดุลของน้ำบริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบว่าลักษณะภูมิประเทศโดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำด้านรับลมมีศักยภาพในการให้น้ำท่าได้มากกว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

กิจกรรมการใช้ที่ดินและพืชพรรณที่ปกคลุมลุ่มน้ำมีผลทำให้ปริมาณน้ำในลำธารมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งทางด้านปริมาณ คุณภาพ และช่วงเวลาการไหลเนื่องจากสิ่งปกคลุมดินมีการใช้น้ำ และการคายระเหยน้ำได้แตกต่างกัน

Sopper and Lull (1970) อธิบาย ลักษณะทางอุทกวิทยาในรูปแบบของปริมาณของพฤติกรรมกราดไหลในพื้นที่ลุ่มน้ำ ภายใต้อิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศ และ ธรณีสัณฐาน และรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Hirata (1929) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะของกราฟน้ำไหลในฤดูแล้งจากการแผ้วถางไม้ยืนต้นบริเวณป่าสนผสมไม้ใบกว้างออกหมด พบว่ามีผลทำให้ส่วนขึ้นของกราฟน้ำไหลสูงขึ้นความสม่ำเสมอในการไหลของน้ำลดลงจากการศึกษาบริเวณรอบ ๆ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธารถึงร้อยละ 62

สุรินทร์ (2525) ศึกษา สมดุลของน้ำจากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณทุ่งจ้อและคอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปริมาณน้ำท่าของบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณทุ่งจ้อ เชียงใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณคอยปุย เชียงใหม่แล้ว มีปริมาณน้อยกว่ากันมาก และจุดยอดของไฮโดรกราฟเกิดขึ้น 2 ครั้ง คือในเดือนกรกฎาคมและตุลาคม ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะของฝนที่ตกโดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาในฤดูฝน ประกอบกับความสามารถในการซึมน้ำได้ของดินมีสูงในระยะแรก การปลดปล่อยน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว ปริมาณน้ำในลำธารเพิ่มขึ้นต่อมาเมื่อความชื้นได้ของดินลดลง เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นอีกครั้ง อย่างไรก็ตามพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณทุ่งจ้อซึ่งจัดเป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 และ 3 มีการขึ้นและลงของปริมาณน้ำในลำธารอย่างรวดเร็ว มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากสภาพป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมพื้นดินขาดสิ่งปกคลุมที่ช่วยดูดซับน้ำฝนเอาไว้

เกษม และคณะ (2525) ศึกษาลักษณะการไหลของน้ำในลำธารของพื้นที่ลุ่มน้ำป่าดิบเขาบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า มีพื้นที่ประมาณ 0.0879 ตารางกิโลเมตร ลักษณะพื้นที่สูงชัน มีชั้นดินลึกและร่วนซุย มีความสามารถในการซึมน้ำค่อนข้างสูง เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง มีความชื้นสูงทั้งในบรรยากาศและในดิน และไม่เคยปรากฏน้ำไหลบ่าหน้าดิน กราฟน้ำท่าของห้วยคอกม้าแสดงลักษณะเรียวยาวแหลม ในช่วงเวลา 7 ปีที่มีการบันทึกข้อมูล วันที่ 20 และ 21 พฤษภาคม 2513 มีฝนตกมากที่สุดถึง 146.5 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนวันก่อน (antecedent rainfall) ในวันที่ 14 และวันที่ 16 พฤษภาคม ประมาณ 8 และ 45 มิลลิเมตร ตามลำดับ และวันอื่น ๆ

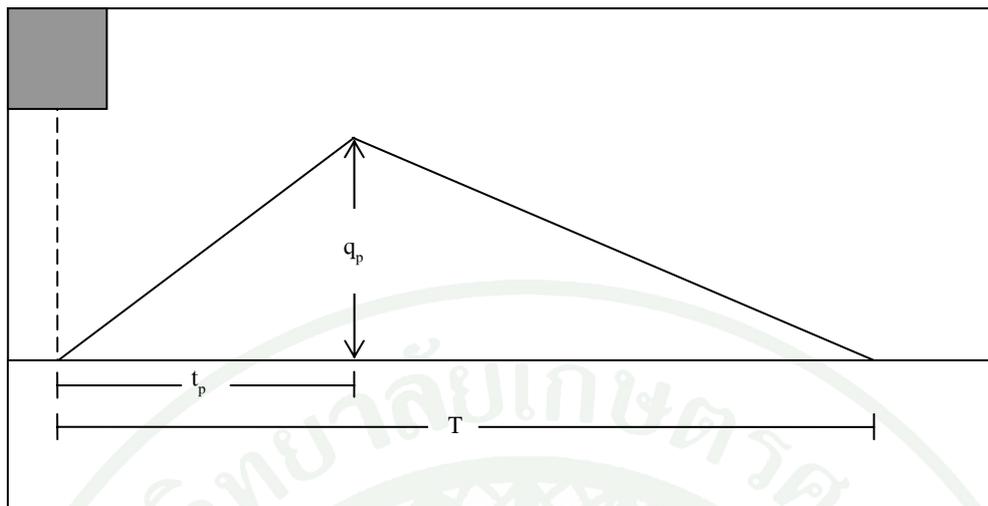
มีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ฝนตกทุกวัน ทำให้ดินอิ่มตัวเต็มที่ วันที่ 20 พฤษภาคม 2514 ฝนเริ่มตก เวลา 19.00 น. ลักษณะการขึ้นของกราฟน้ำท่าพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะฝนที่ตกลงมาอย่างหนักและรุนแรงเป็นช่วง ๆ จุดยอดของกราฟน้ำท่าจะตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่ลุ่มน้ำทันทีเช่นกัน จึงมีจุดยอดย่อยหลายจุดยอดของกราฟน้ำท่าขึ้นติดตามมา และเมื่อฝนหยุดตกประมาณ 9.00 น. ของวันที่ 21 พฤษภาคม 2514 น้ำในลำธารจะลดลงอย่างชัดเจน กระทั่งเวลา 10.00 น. ปริมาณน้ำจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด และกราฟน้ำท่าจะสูงขึ้นใหม่อีกครั้งทันทีที่มีฝนตก จึงสรุปผลการศึกษาว่าเมื่อมีฝนตกเกินศักยภาพในการอุ้มน้ำของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าดิบเขาธรรมชาติ ซึ่งมีดินไม่ปกคลุมอย่างหนาแน่น ระดับน้ำในลำธารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ ในกรณีที่มีฝนตกมากเกินศักยภาพในการอุ้มน้ำของดิน ดังนั้นหากลุ่มน้ำป่าดิบเขาธรรมชาติถูกทำลายลง โอกาสที่เกิดน้ำไหลบ่าแบบผิดปกติย่อมเกิดขึ้นได้ และจุดยอดของกราฟน้ำท่าจะสูงกว่าในลุ่มน้ำที่เป็นป่าธรรมชาติมาก เนื่องจากคุณสมบัติของดินป่าดิบเขาเปลี่ยนแปลงไปจึงมีความสามารถในการซึมซับน้ำได้และการดูดซับน้ำของดินลดลงนั่นเอง

2. กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph)

Sherman (1932) กล่าวว่า กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) หมายถึง กราฟน้ำท่าที่มีปริมาตรหรือปริมาณการไหลของน้ำที่เกิดจากฝนส่วนเกิน 1 หน่วย เมื่อฝนนั้นตกกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำในช่วงเวลาที่กำหนด การไหลของน้ำจากพื้นที่รับน้ำหนึ่ง ๆ คือผลรวมของกราฟน้ำท่าส่วนย่อยจากพื้นที่เล็ก ๆ และผลจากเวลาน้ำไหลและปริมาณเก็บกักในลำธาร แต่เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำได้แก่ ขนาด รูปร่าง ความลาดเท นั้นไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นรูปร่างของกราฟน้ำท่าควรคล้ายคลึงกัน คุณสมบัตินี้เป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการกำหนดลักษณะและพฤติกรรมทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำ

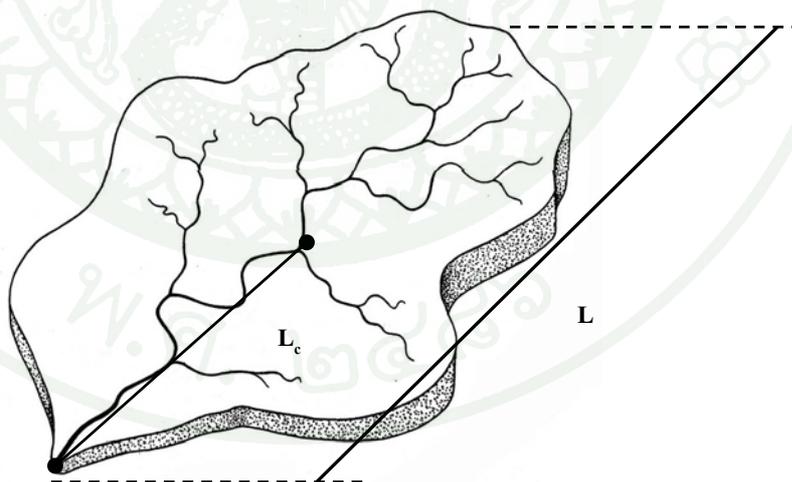
Snyder (1938) ศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 10 ถึง 10,000 เฮกตาร์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า และพารามิเตอร์แสดงคุณลักษณะของลุ่มน้ำและลำน้ำ

พารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าประกอบด้วย ช่วงเวลาตั้งแต่จุดศูนย์กลางพายุฝนไปถึงจุดที่มีอัตราการไหลสูงสุด (time lag, t_p) อัตราการไหลสูงสุด (peak flow, q_p) และฐานเวลา (base length, T) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 พารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า

พารามิเตอร์แสดงลักษณะของกลุ่มน้ำและลำน้ำ (ภาพที่ 3) คือ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวของลำน้ำสายหลัก จากจุดออกจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ (L) และความยาวตามลำน้ำสายหลัก จากจุดออกถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงของกลุ่มน้ำมากที่สุด (L_c)



ภาพที่ 3 พารามิเตอร์แสดงลักษณะของกลุ่มน้ำ

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า และพารามิเตอร์แสดง
คุณลักษณะของกลุ่มน้ำและลำน้ำมีความสัมพันธ์กันดังสมการ

$$t_p = 0.75 C_t (LL_c)^{0.3} \quad (1)$$

$$q_p = 2.78 C_p A / t_p \quad (2)$$

$$T = 3(1+t_p/24) \quad (3)$$

จากสมการ (1) ถึง (3) เป็นสมการสำหรับคำนวณพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้าง
กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่มีช่วงเวลา t_r คือ t_p , q_p และ T แสดงดังสมการ

$$t_{pR} = t_p + (t_r - t_p)/4 \quad (4)$$

$$q_{pR} = 2.78 C_p A / t_{pR} \quad (5)$$

$$T_R = 3(1/t_{pR}/24) \quad (6)$$

เมื่อ C_t คือค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับเวลา มีค่าระหว่าง 1.8 - 2.2 ซึ่งมีแนวโน้มว่าค่าที่ต่ำกว่าจะ
เหมาะกับกลุ่มน้ำที่มีความลาดชันมากกว่า C_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์ปริมาณการไหล มีค่าระหว่าง 0.56 -
0.69 ต่อมาได้มีการนำวิธีการของ Snyder ไปดัดแปลงโดยพารามิเตอร์แสดงลักษณะของกลุ่มน้ำ จะ
รวมค่าความลาดชันเฉลี่ย (S) ของกลุ่มน้ำด้วย ดังสมการ (7) คือ

$$t_p = C_t' \{LL_c / (S^{1/2})\}^n \quad (7)$$

เมื่อ t_p คือ basin lag มีหน่วยเป็นชั่วโมง

C_t' คือ ค่าสัมประสิทธิ์เวลา

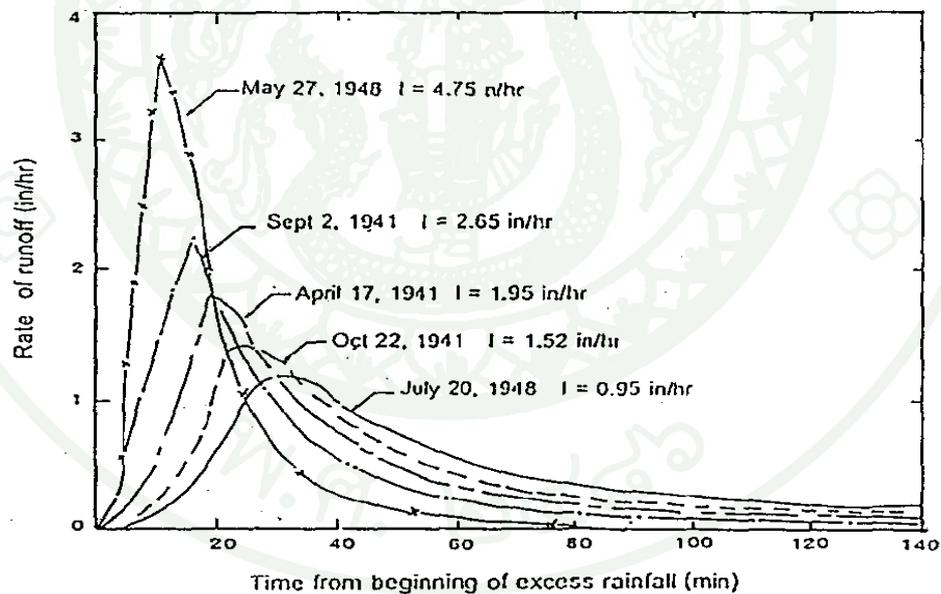
L คือ ความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดออกถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ มีหน่วย
เป็น ไมล์

L_c คือ ความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดออกถึงจุดที่ใกล้จุดศูนย์ถ่วงลุ่มน้ำมากที่สุด มีหน่วยเป็น ไมล์

S คือ ความลาดชันเฉลี่ยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

หน่วยงานวิศวกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา สรุปว่าค่า C_p มีค่าระหว่าง 0.35 - 1.2 และ n มีค่า 0.38 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ลุ่มน้ำขนาดตั้งแต่ 6 - 1,671 ตารางกิโลเมตร ในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 18 แห่ง

Minshall (1960) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าจากลุ่มน้ำขนาดเล็ก 3 ลุ่มน้ำ ในมลรัฐ อิลลินอยล์ เพื่อออกแบบกราฟน้ำท่าโดยใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ผลการวิเคราะห์แสดงว่า ปริมาณการไหลสูงสุด และเวลาของการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าขึ้นอยู่กับความ เข้มและรูปแบบของพายุฝน วิธีการนี้ใช้ได้กับลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 20 - 500 เอเคอร์ และสามารถ ใช้ได้กับกรณีความเข้มของฝนที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าสูงสุด และความเข้มข้นของฝน

ที่มา: Minshall (1960)

Komsatra (1989) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและพารามิเตอร์ แสดงลักษณะลุ่มน้ำและลำน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของประเทศไทยมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำระหว่าง 24 - 1,060 ตารางกิโลเมตร และสรุปผลการคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังนี้

$$t_p = 1.90 \{LL_c / (S^{1/2})\}^{0.162} \quad (8)$$

$$q_p = 0.161 (A/t_p)^{0.98} \quad (9)$$

เมื่อ t_p คือ เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็นชั่วโมง

q_p คือ อัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

L คือ ความยาวตามลำน้ำจากจุดที่ตั้งสถานีไปจนถึงจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ มีหน่วยเป็น กิโลเมตร

L_c คือความยาวตามลำน้ำจากจุดที่ตั้งสถานีไปจนถึงจุดบนลำน้ำที่ใกล้จุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำมากที่สุด หน่วยเป็นกิโลเมตร

S คือ ความลาดชันเฉลี่ยลำน้ำ

A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

Klinkularb (2002) ทำการศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำภูเขาสูงในประเทศไทย โดยจากการศึกษาได้แสดงแบบจำลองอัตราการไหลสูงสุดของกราฟหนึ่งหน่วยของลุ่มน้ำลักษณะต่างๆ ดังนี้

แบบจำลองอัตราการไหลของลุ่มน้ำภูเขาสูง คือ

$$q_p = 6.4193E + 61(A)^{0.23869} * (CN)^{-36.544} * (I)^{0.55693} \quad (10)$$

แบบจำลองอัตราการไหลของลุ่มน้ำภูเขา คือ

$$q_p = 7.89195E + 23(A)^{0.34849} * (CN)^{-14.852} * (I)^{0.31434} \quad (11)$$

แบบจำลองอัตราการไหลของกลุ่มน้ำที่ราบเชิงเขา คือ

$$q_p = 7284.157039(A)^{0.725571} * (CN)^{-4.50879} * (I)^{1.665633} \quad (12)$$

เมื่อ q_p คือ อัตราการไหลสูงสุด

A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

CN คือ ค่าหมายเลขโค้งน้ำท่า (curve number)

I คือ ค่าความหนักเบาของฝน หน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

Vongtanaboon (1998) ศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำเชิงเขา จังหวัดเชียงใหม่ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่า เพื่อออกแบบกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ผลการวิเคราะห์พบว่า ช่วงเวลาถึงอัตราการไหลสูงสุดอยู่ช่วงระหว่าง 3.47 - 7.28 ชั่วโมง อัตราการไหลสูงสุดต่อพื้นที่มีค่าระหว่าง 0.45 - 0.71 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร

3. สัมประสิทธิ์การระบายน้ำ (recession coefficient, k_r)

ค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำ สามารถบอกได้จาก กราฟส่วนลดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ กราฟน้ำท่า ซึ่ง Barnes (1940) ได้นำเสนอสมการของกราฟส่วนลดดังนี้

$$q_t = q_0 k_r^t \quad (13)$$

เมื่อ q_t คือ อัตราการไหลเมื่อเวลา t ภายหลังจากเกิด Q_0

q_0 คือ อัตราการไหลที่เวลาใดๆ

k_r คือ ค่าคงที่ของกราฟส่วนลด (recession constant) โดยทั่วไปจะมีค่าน้อยกว่า 1

การศึกษาสัมประสิทธิ์การระบายน้ำจะกำหนดช่วงเวลาในสมการของกราฟส่วนลดให้เท่ากับ 1 ดังนั้น

$$k_r = q_t/q_0 \quad (14)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำหาได้จาก น้ำใต้ดิน น้ำไหลด้านข้าง และน้ำไหลบ่าหน้าดิน โดยทั่วไปแล้วค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำท่าของน้ำใต้ดินจะมากกว่า น้ำไหลตามด้านข้าง และน้ำไหลบ่าหน้าดินจะมีค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำท่าที่น้อยที่สุด ถ้าค่าของค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำท่ามีค่ามาก แสดงให้เห็นว่าน้ำไหลลงสู่ลำธารแบบช้า ๆ มักจะเป็นลุ่มน้ำที่มีพืชคลุมดินอย่างดี น้ำในดินมีมากจะค่อย ๆ ปลดปล่อยลงสู่ลำธาร แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำมีค่าน้อยมากแล้ว น้ำจะไหลลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็ว มักเกิดจากลุ่มน้ำที่ถูกทำลายเป็นส่วนใหญ่

Klinkularb (2002) ศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำภูเขาสูง ในจังหวัดน่าน พบว่ามีสัมประสิทธิ์ส่วนลคของน้ำท่าของกลุ่มน้ำห้วยนาตอง ห้วยเลียงตาย และห้วยวังปอ มีค่าเท่ากับ 0.772, 0.779 และ 0.746 ตามลำดับ สรุปได้ว่าชั้นดินในพื้นที่ลุ่มน้ำภูเขาพัฒนา สามารถกักเก็บและปลดปล่อยน้ำให้แก่ลำธารได้ดีพอสมควร

โชคชัย (2548) ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลคของน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณศูนย์ภูฟ้าพัฒนาโดยใช้เทคนิคการแบ่งแยกกราฟน้ำท่า เพื่อแสดงการปลดปล่อยน้ำให้แก่ลำธารจากการกักเก็บน้ำไว้โดยชั้นดิน พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลคของน้ำท่า เท่ากับ 0.94 แสดงว่าบริเวณพื้นที่ศึกษา แสดงว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถกักเก็บน้ำได้ดี และปลดปล่อยน้ำในลำธารได้ดี

พงษ์ศักดิ์ (2523) ศึกษาค่าคงที่ของการลดลงของกราฟส่วนลคของพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงเขาบริเวณห้วยหินลาด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยใช้ข้อมูลน้ำท่า แบ่งส่วนกราฟด้วยวิธี Hydrograph Separation Method ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลคของกราฟน้ำท่ามีค่าประมาณ 0.77

จำเนียร (2542) ศึกษาค่าคงที่ของกราฟส่วนลคของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สูงตอนล่างบริเวณเชิงเขา ได้แก่ ลุ่มน้ำห้วยวังปอ ลุ่มน้ำห้วยเลียงตาย และลุ่มน้ำห้วยนาตอง ซึ่งได้ค่าประมาณ 0.92, 0.91 และ 0.89 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่เชิงเขามีหุบเขารองรับปริมาณน้ำบ่าจากลาดเขา การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นป่า สภาพดินดี ค่าของการลดระดับน้ำในลำธารของกลุ่มน้ำจึงมีค่าสูง

4. ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

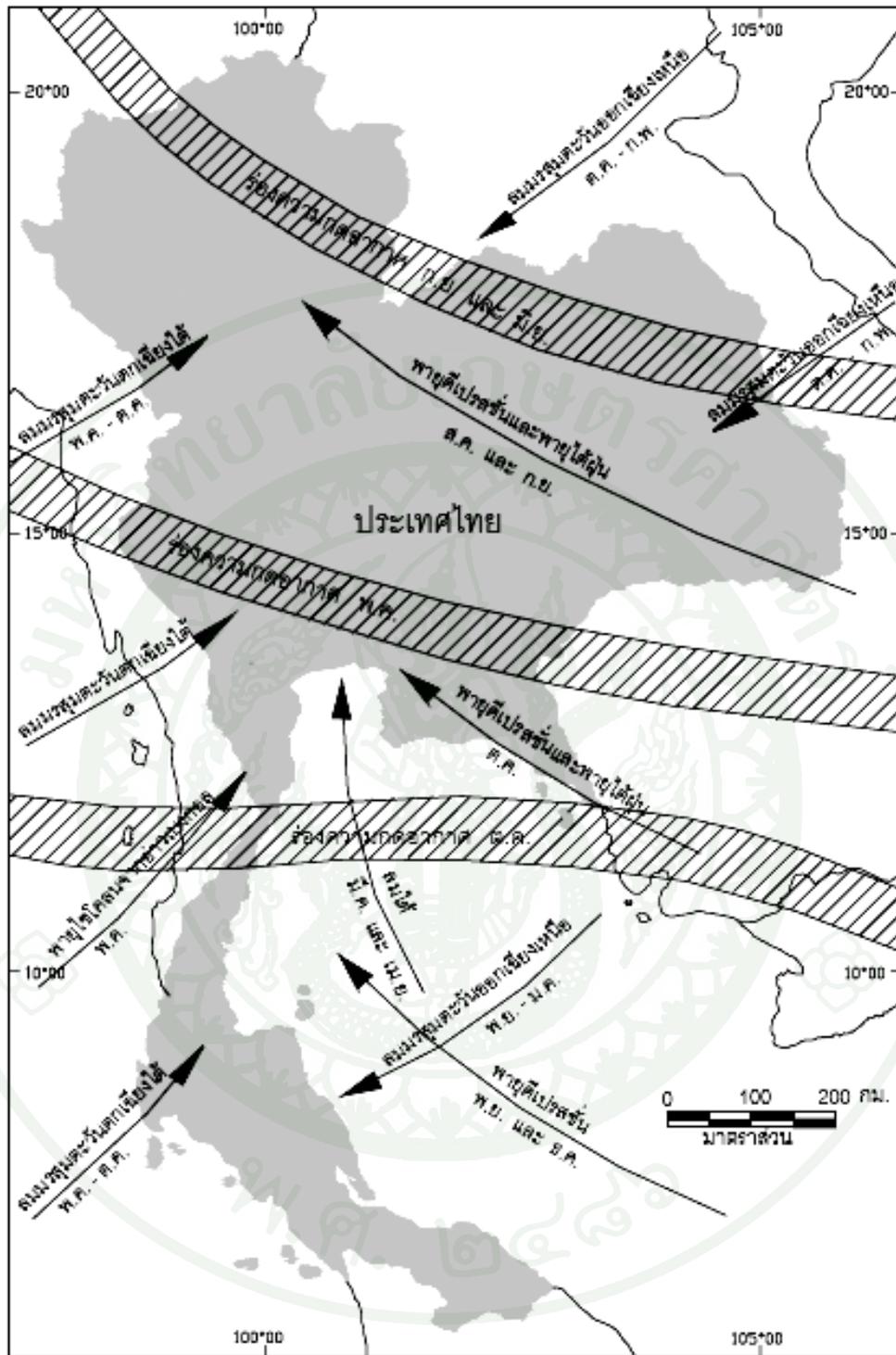
4.1 สภาพภูมิอากาศภาคเหนือ

เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูง มีภูเขาสลับซับซ้อน ความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 1600 เมตร แนวภูเขายาวจากเหนือมาใต้ ตั้งอยู่ห่างจากทะเลอากาศจึงร้อนและหนาวมากกว่าภาคอื่น มีฤดูที่เห็นเด่นชัด 3 ฤดู มีการพัดสอบของลมมรสุม แสดงทิศทางลมและร่องมรสุม ดังภาพที่ 5 และมีรายละเอียดดังนี้

ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ไปจนถึงกลางเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาประมาณ 4-5 เดือน สาเหตุที่ฝนตกในภาคเหนือเนื่องจาก ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดจากอ่าวเบงกอลมาปะทะภูเขาในภาคเหนือ ทำให้มีฝนในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม อีกส่วนหนึ่งได้รับอิทธิพลจากการปะทะระหว่างมวลอากาศสองกระแส คือ ลมฝ่ายใต้ของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กับลมฝ่ายเหนือของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีฝนตกในเดือนมิถุนายนและกันยายน สถิติปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในภาคเหนือประมาณ 1,200 มิลลิเมตร ซึ่งพอเพียงกับการเพาะปลูกในบางพื้นที่เท่านั้น

ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมไปสิ้นสุดประมาณเดือนกุมภาพันธ์ รวมระยะเวลาประมาณ 3 เดือนครึ่งถึง 4 เดือน มีอากาศหนาวเย็นกว่าภาคอื่น เนื่องจากลมตะวันออกเหนือที่พัดผ่านมาจากตอนกลางของทวีปเอเชียในประเทศจีน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูงในฤดูหนาวลงมาอากาศยังคงรักษาความเย็นไว้มาก ฉะนั้นฤดูหนาวในภาคเหนือจึงมีอากาศหนาวกว่าภาคอื่น อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่หนาวที่สุดอยู่ที่ประมาณ 18 องศาเซลเซียส และบางแห่งเคยลงถึง 2 องศาเซลเซียส ที่จังหวัดเชียงราย

ฤดูร้อน ตั้งแต่ประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ไปถึงกลางเดือนพฤษภาคม รวมระยะเวลาประมาณ 3 เดือน เนื่องจากในเดือนกุมภาพันธ์ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มอ่อนกำลังลงมาก ทำให้ลมตะวันออกและลมตะวันออกเฉียงใต้มีกำลังแรงขึ้น เกิดพายุร้อนในภาคเหนือเป็นครั้งคราว ในเดือนมีนาคมและเมษายนอุณหภูมิสูงขึ้นมาก อากาศร้อนอบอ้าวโดยทั่วไปเคยสูงถึง 44.5 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน



ภาพที่ 5 ทิศทางลมและร่องมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

4.2 ปัจจัยภูมิอากาศ

4.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิคือดัชนีสำคัญในการกำหนดระดับความร้อน อุณหภูมิของอากาศมีความสัมพันธ์กับค่าของปัจจัยของภูมิอากาศอื่นๆ เช่น อากาศเย็นมีอุณหภูมิต่ำแต่มีความดันอากาศสูง ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเหนือผิวดิน ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันอากาศนี้มีอิทธิพลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ จากบริเวณที่มีความกดดันอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดดันอากาศต่ำกว่า และเรียกการเคลื่อนที่ของอากาศนี้ว่าลม

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน (mean daily) หรือ วัฏจักรอุณหภูมิ (cycle of air temperature) เกิดจากการรับพลังงานที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์และการแผ่พลังงานจากพื้นผิวของโลกสู่บรรยากาศ โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในเวลาเช้าและปริมาณพลังงาน ที่โลกได้รับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลาเที่ยง ซึ่งเป็นเวลาที่พื้นผิวโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากที่สุด จากนั้นโลกจะได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ลดน้อยลงตามลำดับ ตามลักษณะการเอียงของดวงอาทิตย์ทำมุมกับผิวโลก ขณะที่พื้นผิวโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์พื้นผิวโลกจะแผ่พลังงานช่วงคลื่นยาวมาสู่บรรยากาศ พลังงานดังกล่าวอยู่ในช่วงของรังสีความร้อนที่อากาศรับไว้ได้ ดังนั้นพลังงานความร้อนส่วนใหญ่ที่บรรยากาศชั้นล่างได้รับคือพลังงานเนื่องจากการแผ่พลังงานของพื้นดิน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายวันสัมพันธ์กับปริมาณพลังงานช่วงคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลก เมื่อพื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น สามารถแผ่กระจายพลังงานช่วงคลื่นยาวสู่บรรยากาศได้มากขึ้น อากาศเหนือพื้นผิวโลกได้รับพลังงานดังกล่าวจึงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นอุณหภูมิของอากาศจะลดต่ำลงเรื่อยๆตามปริมาณพลังงานที่ผิวโลกได้รับจากดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในรอบวันอาจเปลี่ยนแปลงไป เพราะมีอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมอย่างอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ในช่วงเวลาหลังเที่ยงจนถึงเวลาเย็นอากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวโลกได้รับความร้อนลอยตัวขึ้นสู่ระดับสูงมากขึ้น อากาศเหล่านี้พาความร้อนขึ้นไป และมีอากาศจากบริเวณอื่น ๆ เคลื่อนเข้ามาแทนที่ จึงทำให้มีการถ่ายเทของอากาศเกิดขึ้นทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง แม้ว่าดวงอาทิตย์ยังไม่ตกดินก็ตาม

4.2.2 พิสัยของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด

พิสัยของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด แสดงถึงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดของอากาศในรอบวัน กล่าวคือถ้าพิสัยของอุณหภูมิมีค่าสูงแสดงว่า อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในรอบวันนั้นมีความแตกต่างกันมาก เช่นเดียวกันกับพิสัยของอุณหภูมิต่ำแสดงถึงอุณหภูมิต่ำที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

เกษม และคณะ (2524) ทำการศึกษาสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพป่าดิบแล้งเป็นพื้นที่ทุ่งโล่งและพื้นที่เกษตร โดยการพิจารณาจากค่าพิสัยของอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด ณ สถานีวิจัยสะแกราช พบว่าพิสัยของอุณหภูมิจากป่าดิบแล้งมีค่าต่ำสุด คือ 6.7 องศาเซลเซียส ป่าดิบแล้งใกล้สันเขามีค่า 10.4 องศาเซลเซียส ป่าเต็งรังต่อเขตป่าดิบแล้งและไร่ร้างมีค่าเท่ากันคือ 11.0 องศาเซลเซียส ป่าเต็งรังมีค่าสูงสุดคือ 11.4 องศาเซลเซียส กล่าวคือพื้นที่ป่าไม่มีอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าพื้นที่ทุ่งโล่ง เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ใช้พลังงานในการระเหยน้ำมากกว่าพลังงานที่เหลือไปทำให้อากาศอุ่นขึ้น และพื้นที่ทุ่งโล่งมีอุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่าพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้มีความชื้นสูง จึงควบแน่นและคายความร้อนออกมามากกว่าพื้นที่โล่งจึงมีอุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่าทุ่งโล่ง

4.2.3 ความชื้นอากาศ (air humidity)

ความชื้นอากาศตามความหมายทั่วไป หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศซึ่งเกิดจากน้ำที่ระเหยจากแหล่งน้ำ จากผิวดิน จากผิวยางไม้ และน้ำที่คายออกมาจากใบพืช มีสถานะเป็นก๊าซ มีมวลเบากว่าอากาศ เมื่อไอน้ำเหล่านี้มีมวลเบากว่าอากาศแห้ง อากาศชื้นที่มีไอน้ำปะปนอยู่จึงเบากว่าอากาศแห้งด้วย อากาศชื้นจึงลอยขึ้นสู่ระดับความสูงเพิ่มขึ้น การลอยขึ้นสู่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นนี้ มีผลทำให้สภาพสมดุลทางความร้อนของกลุ่มอากาศชื้นดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำให้เกิดสภาพอึดตัวด้วยไอน้ำ ในสภาวะการณ์ที่เหมาะสมจะเกิดการควบแน่นจากไอน้ำเป็นละอองน้ำ ไอน้ำที่อยู่ในอากาศชื้น จะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นกับอุณหภูมิจากอากาศขณะนั้น กล่าวคือ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศได้มากเมื่ออากาศในขณะนั้นมีอุณหภูมิสูง ความชื้นอากาศ สามารถแสดงได้หลายรูปแบบดังนี้

ความชื้นสัมบูรณ์ หรือความหนาแน่นของไอน้ำ แสดงถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของอากาศ ดังนั้นจึงมีหน่วยเป็นกรัมของไอน้ำต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ หาได้จาก

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \text{มวลของไอน้ำ(g)} / \text{หนึ่งหน่วยปริมาตรของอากาศ(m}^3\text{)} \quad (15)$$

ความชื้นจำเพาะ (ใช้สัญลักษณ์ q) แสดงถึงมวลของไอน้ำที่เปรียบเทียบกับมวลของอากาศชื้น (อากาศแห้ง + ไอน้ำ) มีหน่วยเป็นกรัมของไอน้ำ ต่อกิโลกรัมของอากาศชื้น หาได้จาก

$$\text{ความชื้นจำเพาะ (q)} = \text{มวลของไอน้ำ (m}_w\text{)} / \text{มวลอากาศชื้น (m}_a\text{)} \quad (16)$$

อัตราส่วนผสม (ใช้สัญลักษณ์ w) แสดงถึงมวลของไอน้ำเปรียบเทียบกับมวลของอากาศแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมของไอน้ำ ต่อกิโลกรัมของอากาศแห้ง ซึ่งหาได้จาก

$$\text{อัตราส่วนผสม (w)} = \text{มวลของไอน้ำ (D}_w\text{)} / \text{มวลอากาศแห้ง (D}_d\text{)} \quad (17)$$

ความชื้นสัมพัทธ์ (ใช้สัญลักษณ์ RH) แสดงถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริง เปรียบเทียบกับปริมาณไอน้ำอิ่มตัวในอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \text{ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ/ปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน} \times 100 \quad (18)$$

ความชื้นอากาศ โดยทั่วไปคำนวณจากการอ่านค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) และอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) ด้วยเครื่องมือไซโครมิเตอร์ (psychrometer) แล้วนำมาทำการคำนวณ ในสมการซึ่งแสดงค่าในรูปของความดันไอน้ำ ดังสมการที่ 20

$$e = e_s - 0.00066P_a (T - T_w)(1 + 0.0015T_w) \quad (19)$$

เมื่อ e คือ ความชื้นในอากาศมีหน่วยเป็น มิลลิบาร์

e_s คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวมีหน่วยเป็น มิลลิบาร์

T คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

T_w คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

4.2.4 ปริมาณฝน

ฝน (rainfall) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำไหลในลำธาร โดย เกษม (2526) กล่าวว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำในลำธารจากป่าดิบเขานับที่สูงบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย กับปริมาณน้ำฝนมีค่าเท่ากับ 0.65 และนิพนธ์ (2525) กล่าวว่าปริมาณน้ำในลำธารของกลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ดังนั้น Udomchoke and Angsuratana (2002) จึงสรุปว่าการศึกษาลักษณะการกระจายของฝนเชิงพื้นที่และการกระจายตามเวลา เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก ในการประเมินปริมาณน้ำต้นทุนและศักยภาพทรัพยากรน้ำ โดยสามารถศึกษาได้ดังนี้

1) การกระจายของฝน (rainfall distribution) การกระจายน้ำฝนเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลที่แสดงศักยภาพของปริมาณฝนในแต่ละบริเวณ เพื่อใช้ในการวางแผนเกี่ยวกับการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำให้เหมาะสมกับช่วงเวลาต่างๆ

2) การกระจายปริมาณฝนตามเวลา (time rainfall distribution) การกระจายปริมาณน้ำฝนตามเวลาเป็นข้อมูลที่แสดงความถี่ของการกระจายปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์เกี่ยวกับความแห้งแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำได้

3) ค่าความหนักเบาของฝน (rainfall intensity) ความหนักเบาของฝนมีอิทธิพลต่อกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff) กระบวนการน้ำพืชยึด (interception) กระบวนการน้ำซึมผ่านผิวดิน (infiltration) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีบทบาทอย่างมากในกระบวนการทางอุทกวิทยา

5. ฝายต้นน้ำ (Check-dam)

ฝายต้นน้ำ คือสิ่งก่อสร้างขวาง หรือกั้นทางน้ำ ซึ่งปกติมักกั้นลำห้วย ลำธารขนาดเล็กในบริเวณที่เป็นต้นน้ำ หรือ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงให้สามารถกักตะกอนอยู่ได้ และ หากช่วงที่น้ำไหลแรงก็สามารถชะลอการไหลของน้ำให้ช้าลง และ กักเก็บตะกอนไม่ให้ไหล ลงไปทับถมลำน้ำตอนล่าง

5.1 วัตถุประสงค์ในการก่อสร้างฝายต้นน้ำ

1) เพื่อช่วยลดความรุนแรงและอัตราเร่งของกระแสน้ำในลำธาร ทำให้ระยะเวลาการไหลของน้ำเพิ่มมากขึ้น สามารถบรรเทาความรุนแรงอันเกิดจากการกัดเซาะพังทลายของดิน บริเวณสองฝั่งลำธารบนพื้นที่ต้นน้ำ

2) เพื่อช่วยกักเก็บตะกอนที่ไหลลงมากับน้ำในลำธารบนพื้นที่ต้นน้ำ ทำให้ช่วยยืดอายุของแหล่งน้ำทางตอนล่างให้ดินเงินช้าลง และคุณภาพของน้ำดีขึ้น

3) เพื่อช่วยเพิ่มความหลากหลายทางด้านชีวภาพ (bio – diversity) ของระบบนิเวศของป่าให้แก่พื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งเมื่อความชุ่มชื้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของชนิดพันธุ์พืชต่าง ๆ มีมากขึ้นด้วย

4) เพื่อช่วยกักเก็บน้ำไว้ เป็นแหล่งน้ำสำหรับใช้ในการอุปโภคบริโภคของมนุษย์และสัตว์ป่า ตลอดจนการเลี้ยงสัตว์และในการเกษตร

5.2 รูปแบบของฝายต้นน้ำลำธาร

ตามแนวพระราชดำริ ในการก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความชุ่มชื้น ดักดินตะกอน เก็บกักน้ำซึ่งหากสามารถเก็บกักน้ำได้ปริมาณมากพอ ก็สมควรที่จะจ่ายน้ำออกไปรอบ ๆ พื้นที่บริเวณฝายในช่วงฤดูแล้ง เพื่อสร้างความชุ่มชื้นให้กับพื้นที่ต้นน้ำ ดังนั้นในการก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารแต่ละชนิด จึงมีวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะใช้ในการก่อสร้างย่อมแตกต่างกันออกไปด้วย ดังนั้นจึงได้แบ่งฝายต้นน้ำลำธารออกเป็น 3 ชนิด คือ ฝายต้นน้ำลำธารแบบผสมผสาน ฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร และฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร

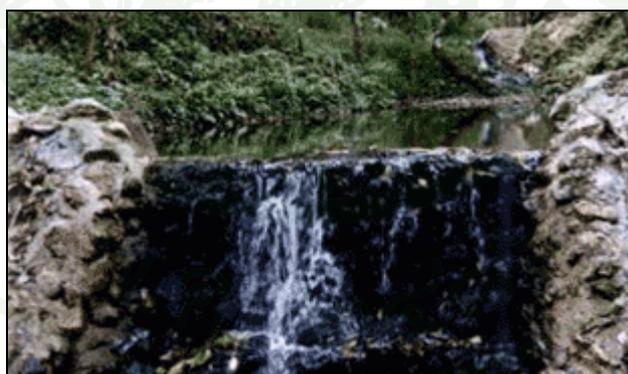
1) ฝายต้นน้ำลำธารแบบผสมผสาน (ภาพที่ 6) มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการดักตะกอน เศษวัสดุต่าง ๆ ที่ไหลมากับน้ำและช่วยลดความเร็วหรือชะลอการไหลของน้ำ ซึ่งในการก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารแบบผสมผสาน ลำห้วยควรมีความกว้างประมาณ 3 – 5 เมตร ลึกประมาณ 0.50 – 1.00 เมตร รูปแบบและวัสดุที่ใช้ในการสร้างฝายจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ เช่น ฝายผสมผสานแบบไม้ไผ่ ฝายผสมผสานแบบกระสอบ ฝายผสมผสานแบบลวดตาข่าย ฝายผสมผสานแบบหินทิ้ง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างฝายต้นน้ำแบบผสมผสาน

ที่มา: กรมชลประทาน (2552)

2) ฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร (ภาพที่ 7) เป็นฝายชนิดหินก่อคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นฝายที่มีความมั่นคงแข็งแรงพอสมควร ซึ่งจะดำเนินการก่อสร้างบริเวณ second order stream หรือ third order stream ของลำห้วย มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความรุนแรงหรือชะลอการไหลของน้ำ กักเก็บตะกอนที่ไหลลงมากับน้ำ สร้างความชุ่มชื้นให้แก่พื้นที่สองฝั่งลำห้วยบนพื้นที่ต้นน้ำ และเก็บกักน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ



ภาพที่ 7 ตัวอย่างฝายต้นน้ำลำธารแบบกึ่งถาวร

ที่มา: หน่วยจัดการต้นน้ำดอยสามหมื่น (2551)

3) ฝ่ายต้นน้ำลำธารแบบถาวร (ภาพที่ 8) เป็นฝายชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความมั่นคงแข็งแรง ซึ่งจะดำเนินการก่อสร้างในตอนปลายของลำห้วย มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความรุนแรงหรือชะลอการไหลของน้ำในลำห้วย เพื่อสร้างความชุ่มชื้นให้แก่พื้นที่สองฝั่งลำห้วยบนพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อช่วยกักเก็บตะกอนที่ไหลลงมากับน้ำในลำห้วยลำธารบนพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในด้านการอุปโภคบริโภคแก่ชุมชนและสัตว์ป่าตลอดจนการทำเกษตรกรรมและปลูกสัตว์บางส่วนบนพื้นที่ต้นน้ำ



ภาพที่ 8 ตัวอย่างฝายต้นน้ำลำธารแบบถาวร

5.3 การเลือกพื้นที่ก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธาร

การพิจารณาเลือกทำเลพื้นที่สำหรับก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธาร ควรพิจารณาเลือกพื้นที่ให้เหมาะสมตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

- 1) พื้นที่ก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธาร ควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถเป็นแหล่งเก็บกักน้ำ บริเวณด้านหน้าฝายได้พอสมควร
- 2) บริเวณที่จะก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธาร ควรมีตกลงของลำน้ำทางด้านข้างของตัวฝายสูงมากพอที่จะไม่ทำให้น้ำไหลท่วม และกัดเซาะเป็นร่องน้ำได้
- 3) ควรก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธาร ในบริเวณลำห้วยที่มีความลาดชันต่ำและแคบ เพื่อจะได้ฝายในขนาดที่ไม่เล็กเกินไป อีกทั้งยังสามารถเก็บกักน้ำและดักตะกอนได้มากพอสมควร สำหรับลำห้วยที่มีความลาดชันสูง ก็ควรก่อสร้างฝายต้นน้ำลำธารให้ถี่ขึ้น

4) การสำรวจสภาพพื้นที่ ควรมีวัตถุประสงค์ก่อสร้างฝายตามธรรมชาติ และรูปแบบฝายที่เหมาะสมกับภูมิประเทศมากที่สุด

5) คำนึงถึงความแข็งแรง มากพอที่จะไม่เกิดการพังทลายเสียหายกรณีฝนตกหนักและกระแสน้ำไหลแรง

6. การคำนวณอัตราการไหลของน้ำในช่องทางการไหลแบบเปิด

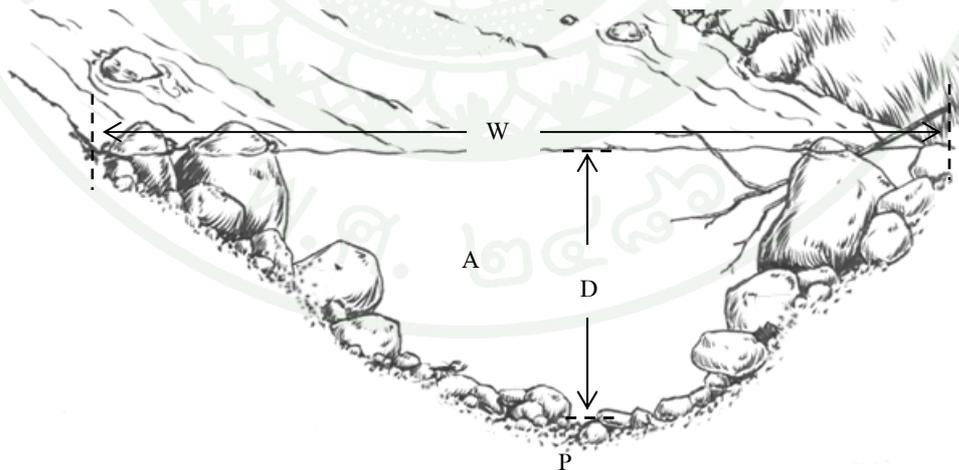
ในปี ค.ศ. 1889 โรเบิร์ต แมนนิง (Robert Manning) วิศวกรชาวไอริชได้หาสมการ แสดงค่าความเร็วของน้ำในลำธาร คือ

$$V = (1/n) R^{2/3} S^{1/2} \quad (20)$$

เมื่อ n คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิง (Manning's coefficient)

R คือ รัศมีไฮดรอลิก (hydraulic radius) = A/P

S คือ ความลาดเอียงของลำธาร



ภาพที่ 9 หน้าตัดลำธาร

$$A = 0.67 W D ; P = W + (8D^2/3W) \quad (21)$$

เมื่อ W คือ ความกว้างบนของลำธาร

D คือ ความลึกของลำธาร

P คือ ความยาวของพื้นที่คลองซึ่งเป็นขอบเปียก

จากสูตรของแมนนิง (Manning Formular) สามารถหาค่าอัตราการไหลสูงสุดที่ลำธารสามารถรองรับได้จาก

$$Q = V A \quad (22)$$

$$Q = (1/n) A R^{2/3} S^{1/2} \quad (23)$$

เมื่อ n คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิง (Manning's coefficient)

A คือ พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ

R คือ รัศมีไฮดรอลิก (Hydraulic Radius)

S คือ ความลาดเอียงของลำธาร

P คือ ความยาวของพื้นที่คลองซึ่งเป็นขอบเปียก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชุด L7018 ระวัง 4946I, 4947II, 5046IV และ 5047III
2. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2546
3. แผนที่ลักษณะทางปฐพีวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน และแผนที่ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี
4. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และค่าการคายระเหยน้ำ รายเดือนและรายปี จำนวน 30 ปี (พ.ศ. 2520-2549) ของสถานีอุตุนิยมวิทยาสถานีเมืองพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
5. ฝายวัดน้ำแบบฝายสันคมสี่เหลี่ยม (Rectangular Sharp Crested Weir) จำนวน 1 ฝาย และฝายสันคมรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (90° V-Notch Wier) จำนวน 1 ฝาย (ภาพที่ 10)
6. เครื่องวัดระดับน้ำในลำธารแบบอัตโนมัติ
7. เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์



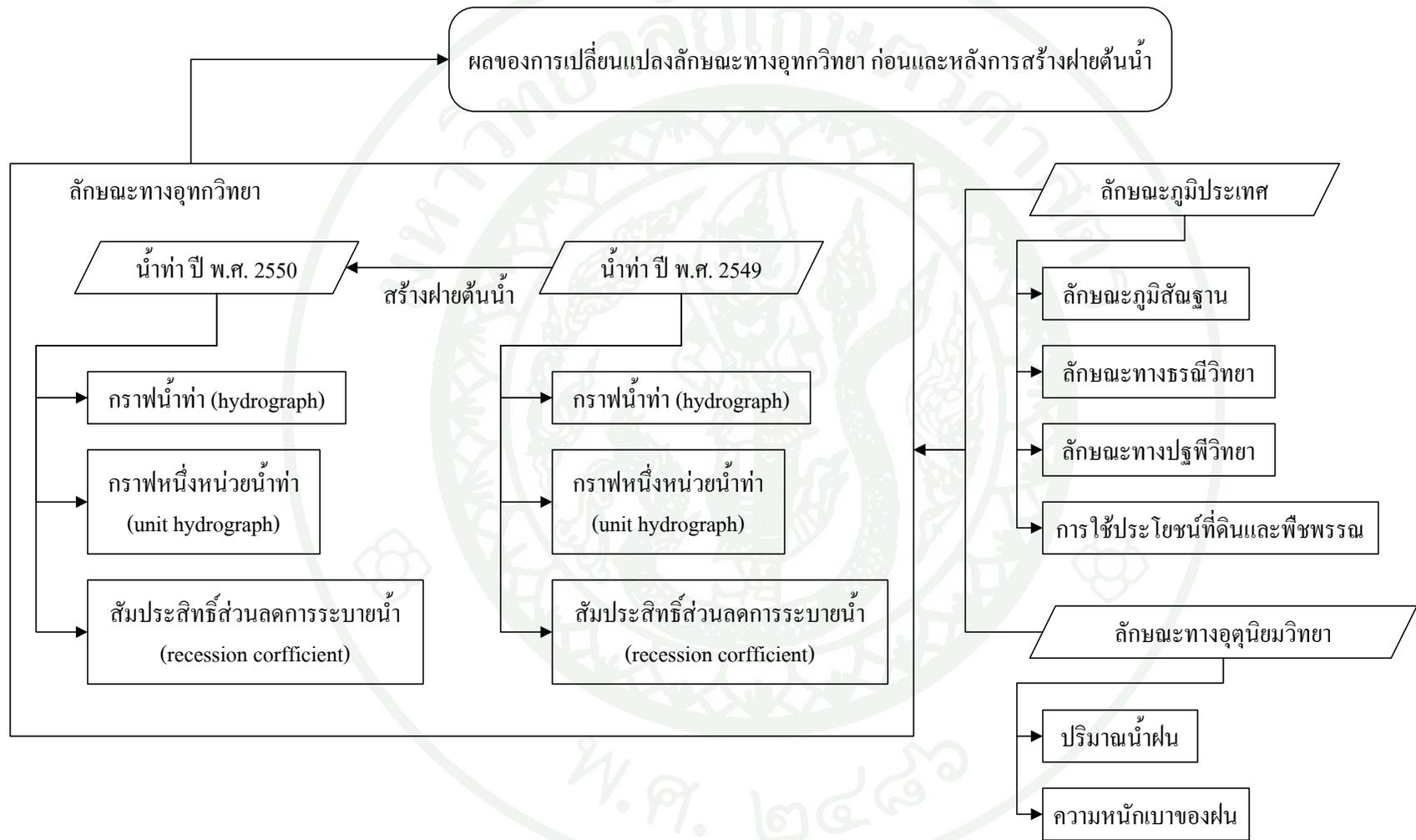
ภาพที่ 10 ฝายวัดน้ำแบบฝายสันคมสี่เหลี่ยม (Rectangular sharp crested weir) และฝายสันคมรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (90° V-notch wier)

วิธีการ

1. ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า เพื่อเปรียบเทียบลักษณะที่ได้ก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ มีขั้นตอนการศึกษา (ภาพที่ 11) ดังนี้

1.1 ค้นคว้าและรวบรวม ข้อมูล สภาพภูมิประเทศ ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยา สภาพภูมิอากาศ ข้อมูลอุทกวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณ ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะการไหลของน้ำ โดยเลือกพื้นที่ทดลองในขอบเขตพื้นที่ศึกษา ทำการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำในลำธารแบบอัตโนมัติ โดยทำการสร้างเขื่อนวัดน้ำแบบเขื่อนสันคมสี่เหลี่ยม (rectangular sharp crested weir) จำนวน 1 เขื่อน และเขื่อนสันคมรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (90° V-notch wier) จำนวน 1 เขื่อน พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิและความชื้น บริเวณพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 11 แผนผังขั้นตอนการทำการศึกษ

1.1.1 ข้อมูลอากาศ รวบรวมข้อมูลลักษณะอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติที่ตั้งขึ้นในพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลน้ำฝน รวบรวมข้อมูลน้ำฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ (standard and recording raingage)

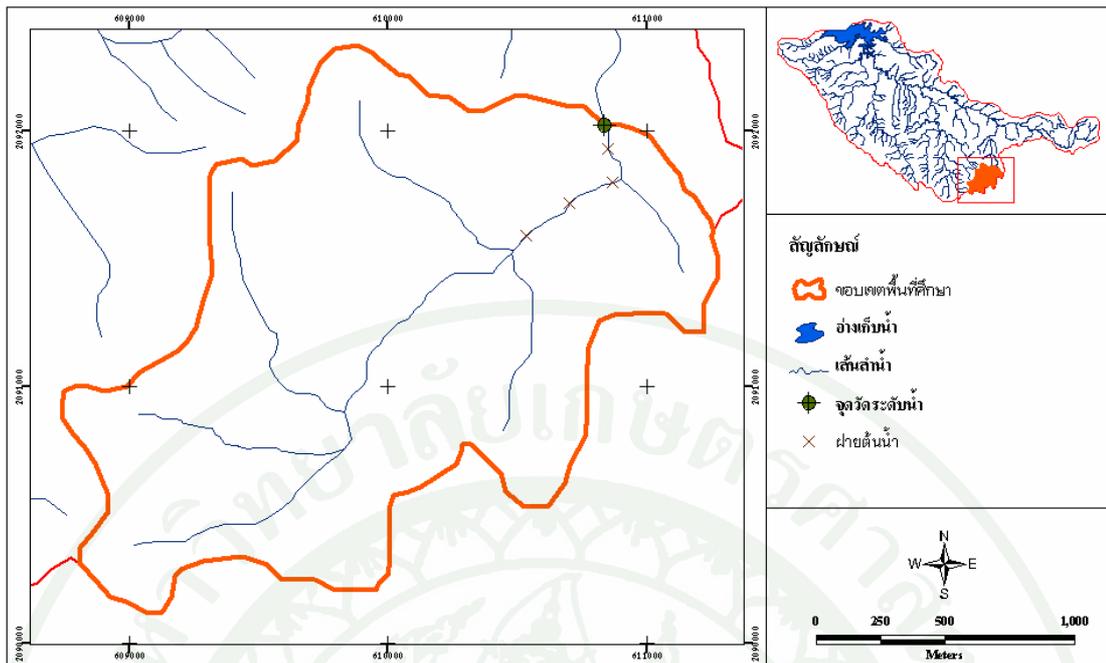
อุณหภูมิของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิต่ำสุด - สูงสุด เก็บข้อมูลโดยเครื่องบันทึกของมูลอัตโนมัติ ที่ติดตั้งในสถานีตรวจอากาศ

1.1.2 ข้อมูลอุทกวิทยา รวบรวมข้อมูลทางอุทกที่ตรวจวัดได้จากพื้นที่ศึกษา โดยเครื่องบันทึกระดับน้ำเทียบเวลาอัตโนมัติ

1.2 ศึกษาข้อมูล สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะทางปฐพีวิทยา และธรณีวิทยา โดยการสำรวจพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา เพื่อยืนยันผลการศึกษา และข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมมา ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และลักษณะภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

1.3 สร้างฝายวัดน้ำบริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำแม่ต้า เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของน้ำในลำธารก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ 1 ปี จากนั้นจึงสร้างฝายต้นน้ำในช่วงฤดูแล้ง เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของน้ำในลำธารหลังจากมีฝายต้นน้ำเปรียบเทียบกับเมื่อยังไม่มี

ฝายต้นน้ำที่สร้างมีจำนวน 4 ฝาย บริเวณส่วนปลายของลำธาร โดยคัดเลือกพื้นที่ตั้งฝายต้นน้ำในบริเวณที่การเปลี่ยนแปลงระดับความชันของลำธาร ตำแหน่งของการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ตำแหน่งฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ศึกษา ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ความชื้น การกระจายของปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ การกระจายของปริมาณน้ำฝนตามเวลา ความผันแปรของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการระเหยของน้ำ หากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน และการระเหยน้ำ

2.2 ศึกษาปริมาณน้ำในลำธาร โดยวิเคราะห์ผลผลิตน้ำท่าในลำธาร วิเคราะห์กราฟน้ำท่า (hydrograph) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) และลักษณะการขึ้นของกราฟน้ำท่า ช่วงที่มีปริมาณน้ำสูงสุด และลักษณะการปลดปล่อยน้ำท่าของกลุ่มน้ำ

ใช้ข้อมูลกราฟน้ำท่า และกราฟน้ำฝน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่า โดยคัดเลือกช่วงการตกของฝนที่เป็นช่วงเดียวเท่านั้น เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล กราฟน้ำท่า และคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยใช้ข้อมูลกราฟน้ำท่า ที่เป็นปริมาณน้ำท่าทั้งหมด (total runoff) แบ่งกราฟน้ำท่าออกเป็น ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน (direct runoff) และปริมาณน้ำไหลใต้ดิน (base flow) แล้วคำนวณหาปริมาณ ของน้ำฝนส่วนเกิน (rainfall excess) ที่ตกลงสู่พื้นที่ลุ่มน้ำนั้น นำค่าน้ำฝนส่วนเกิน ที่ได้มาคำนวณหา unit hydrograph โดยใช้ค่า

น้ำไหลบ่าผิวดิน หารด้วย น้ำฝนส่วนเกิน เป็นค่ากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า การหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) ของ effective rainfall ช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ทำการสร้างตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.2.1 การวิเคราะห์กราฟน้ำท่า (hydrograph)

1) สร้าง storm hydrograph จากข้อมูลซึ่งเป็นกราฟน้ำไหล (total flow) ที่เกิดจากน้ำใต้ดิน และฝนที่ตกในช่วงเวลานั้น

2) แยกน้ำไหลบ่าผิวดินออกจากกราฟน้ำไหล โดยวิธี variable base length แล้วอ่านค่า น้ำไหลใต้ดิน และคำนวณหาค่าน้ำไหลบ่าผิวดิน (direct runoff)

3) คำนวณหาน้ำไหลบ่าผิวดินทั้งหมด โดยรวมค่าน้ำไหลบ่าผิวดินของทุก ๆ เวลา

4) คำนวณหาความสูงของน้ำไหลบ่าผิวดินในพื้นที่ ณ ช่วงเวลาการตกของฝน โดยการนำค่าปริมาตรน้ำไหลบ่าผิวดิน ไปหารด้วยพื้นที่

2.2.2 การวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph)

1) จากค่าความสูงของน้ำที่คำนวณได้ นำไปหาร direct runoff ของแต่ละช่วงเวลาทำให้ได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของฝนส่วนเกินที่ตก

2) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ได้เป็นกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของช่วงเวลาการตกของฝนส่วนเกิน ทำการหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของช่วงเวลาที่กำหนด คือ 30 นาที โดยทำการสร้าง S-curve โดยการเลื่อนช่วงเวลา 30 นาที เพื่อนำไปหากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ช่วงเวลา 30 นาที

3) จากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ได้จากก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ จากลักษณะของกราฟส่วนขึ้น กราฟส่วนยอด และกราฟส่วนลด

4) หาอัตราการไหลสูงสุด (peak flow) ระยะเวลาการไหลของน้ำจากกึ่งกลางฝนส่วนเกินถึงจุดน้ำหลากสูงสุด time to peak คำนวณอัตราการไหลช่วงฐานเวลาที่ร้อยละ 25 75 และ

50 ของอัตราการไหลสูงสุด เพื่อช่วงเวลาในการเกิดอัตราการไหลนั้น ๆ รวมถึงช่วงเวลาการเกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดิน

5) เปรียบเทียบช่วงฐานเวลาต่าง ๆ ที่ได้จากก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ

2.2.3 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (recession coefficient) ของลุ่มน้ำ โดยใช้วิธี Langbein Technique ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ใช้ข้อมูลส่วนลดของกราฟน้ำไหล (recession limbs) ทั้งหมดของกราฟน้ำท่าที่ศึกษาของทั้งลุ่มน้ำ แบ่งในช่วงก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ

2) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง q_t และ q_0 ของข้อมูลกราฟส่วนลดแต่ละครั้ง

3) ลักษณะทางอุทกวิทยาโดยทั่วไป การไหลของน้ำใต้ดิน (base flow) มีอัตราที่เกือบคงที่ หรือจะมีความสม่ำเสมอมากกว่าการไหลของน้ำบ่าหน้าดิน (direct flow) นั่นคือ ค่าคงที่ q_t/q_0 (k_r) ของการไหลของน้ำใต้ดิน (base flow) มีค่าเกือบเท่ากับ 1 หรือเกือบอยู่บนเส้น 45 องศา สำหรับการไหลของน้ำบ่าหน้าดิน (direct flow) ค่า k_r มีค่าน้อยกว่า 1 และจะอยู่ใต้เส้น 45 องศา

4) ลากเส้นตรงครอบคลุมจุด ordinates ทั้งหมดจากจุด 0,0 เหนือเส้นทำมุม 45 องศา และพบว่า เส้นตรงที่ลากปิดจุด ordinates ทั้งหมด คือ ค่า k_r ส่วนของการไหลของน้ำใต้ดิน (base flow)

2.2.4 เปรียบเทียบข้อมูลปริมาณผลผลิตน้ำท่า การวิเคราะห์กราฟน้ำท่า (hydrograph) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (unit hydrograph) และลักษณะการขึ้นของกราฟน้ำไหล ของข้อมูลที่ตรวจวัดได้ก่อนทำการสร้างฝายต้นน้ำและหลังทำฝายต้นน้ำ

2.3 แนวทางการจัดการเพื่อบรรเทาการเกิดอุทกภัย

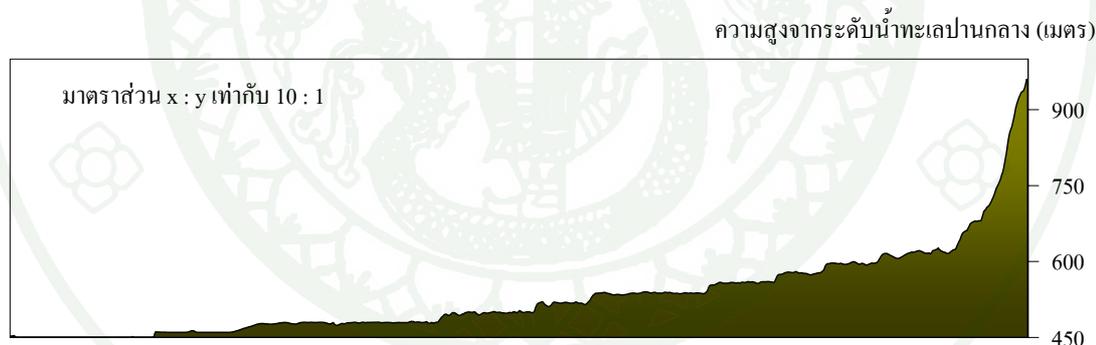
2.3.1 คำนวณอัตราการไหลสูงสุดของลำธาร เพื่อหาอัตราการไหลสูงสุดที่ลำธารสามารถรองรับได้จากสมการที่ 23

2.3.2 การจำลองสถานการณ์การตกของฝน เมื่อมีฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน เพื่อการประมาณอัตราการไหลบ่าของน้ำผิวดิน ก่อนและหลังทำการสร้างฝาย เพื่อเปรียบเทียบ ลักษณะการไหลบ่า และการวางแผนการจัดการพื้นที่

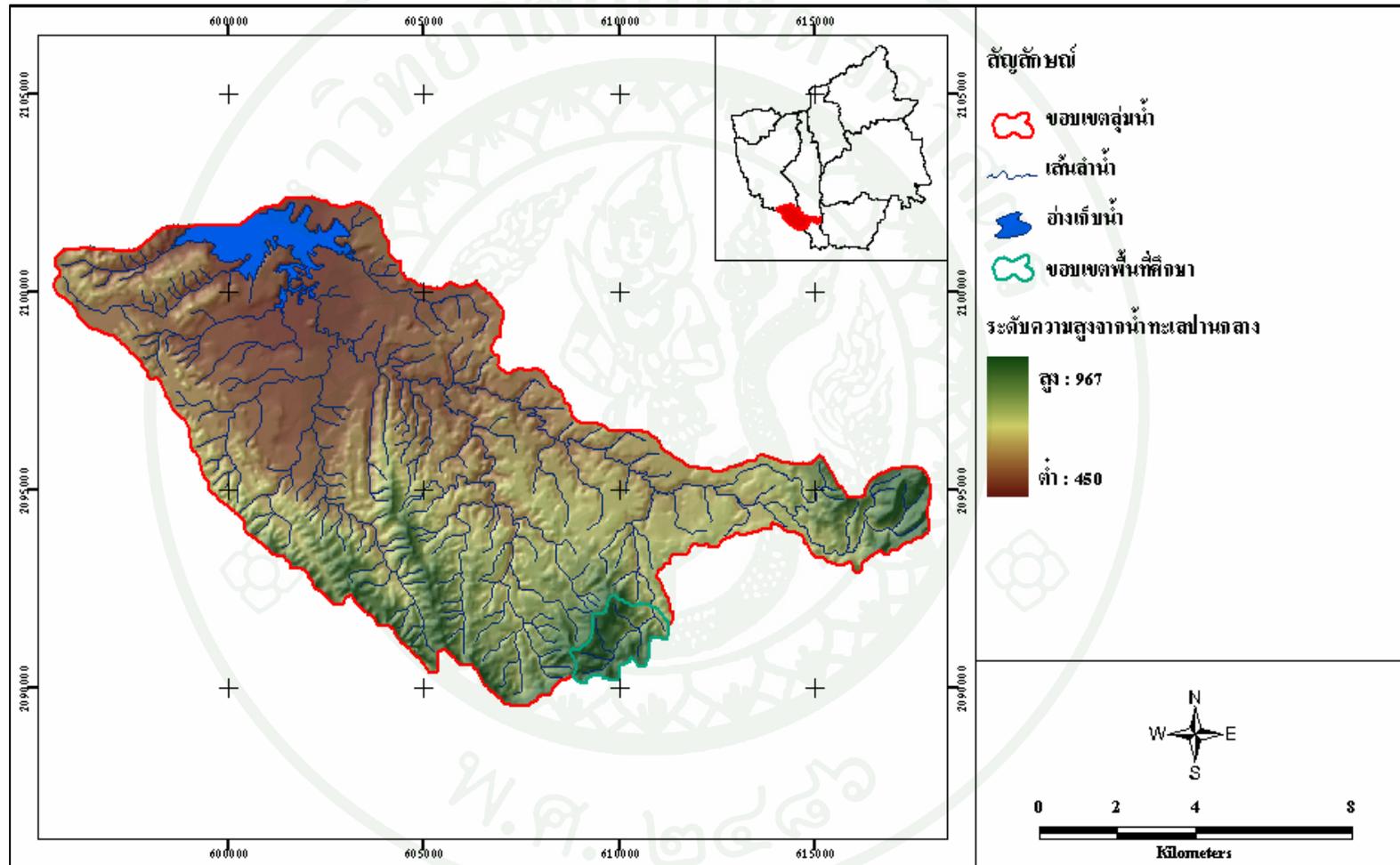
พื้นที่ศึกษา

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋ำ

ลุ่มน้ำแม่ต๋ำอยู่ในเขตพื้นที่ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา มีพื้นที่ประมาณ 122.28 ตารางกิโลเมตร ค่าพิกัดในระบบ Universal Transverse Mercator (UTM) พิกัดล่างซ้าย 596000 m.E., 2088700 m.N. และพิกัดบนขวาที่ 618500 m.E., 2102000 m.N. พื้นที่ศึกษามีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 450 ถึง 940 เมตร (ภาพที่ 13) โดยมีความสูงเฉลี่ยประมาณ 597 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะภูมิประเทศ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 13 ภาพตัดขวางพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋ำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



ภาพที่ 14 ลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

พื้นที่ศึกษาจะตั้งอยู่บริเวณต้นน้ำของกลุ่มน้ำย่อยแม่ตำ มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 3.15 ตารางกิโลเมตร มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 600-860 เมตร (ภาพที่ 15) โดยมีความสูงเฉลี่ย 748 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความลาดชันเฉลี่ยเท่ากับ 29.3 เปอร์เซ็นต์ มีสภาพพื้นที่ดังภาพที่ 16 มีรายละเอียดลักษณะภูมิสังฐานของพื้นที่ดังตารางที่ 1 และลักษณะภูมิประเทศดังภาพที่ 17



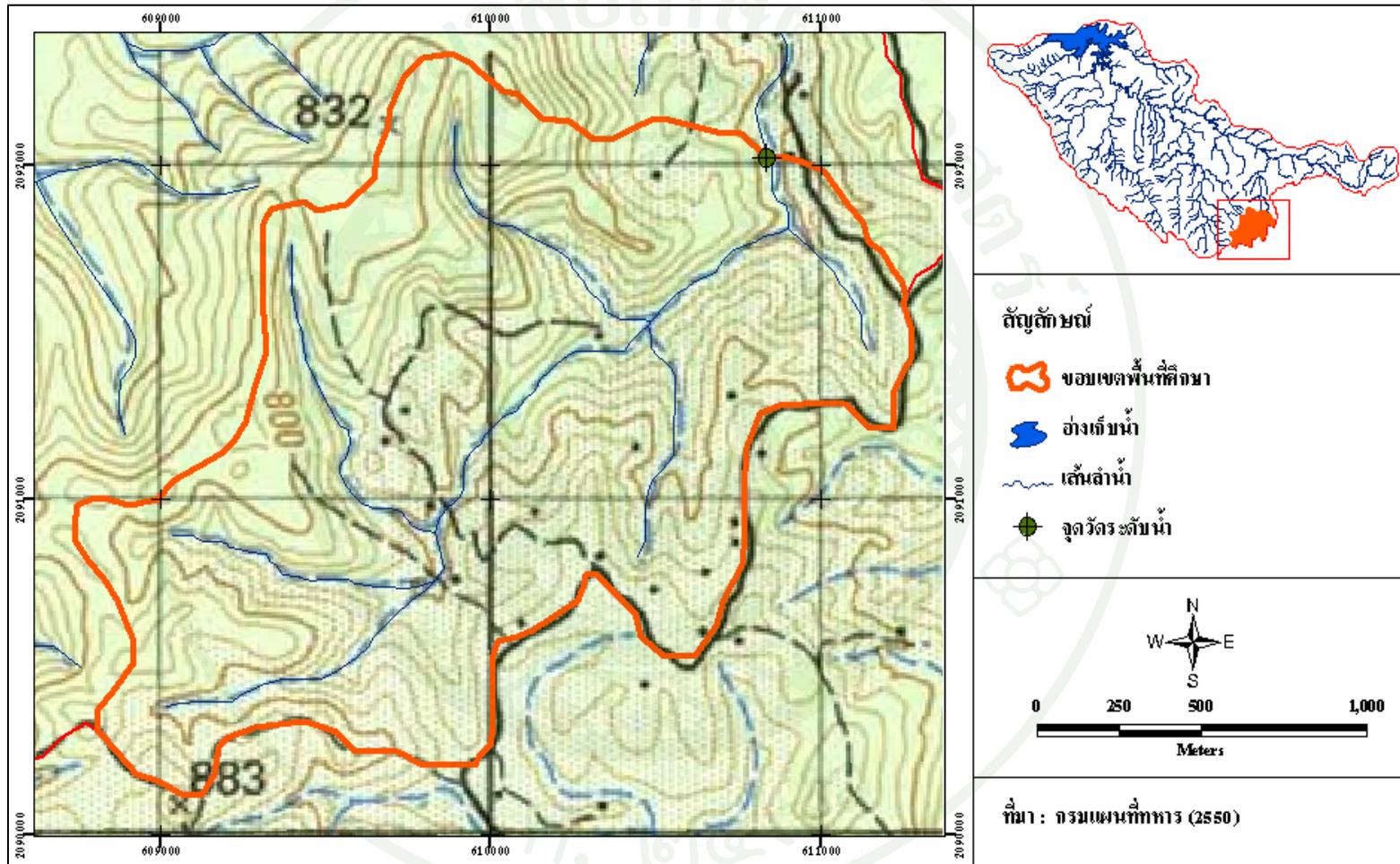
ภาพที่ 15 ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษา พื้นที่ต้นน้ำแม่ตำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



ภาพที่ 16 สภาพภูมิประเทศบริเวณต้นน้ำแม่ตำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

ตารางที่ 1 ลักษณะภูมิฐานพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

ลักษณะภูมิฐาน	ค่า	หน่วย
1. พื้นที่	3.15	ตารางกิโลเมตร
2. ความยาวลำน้ำ	1.8	กิโลเมตร
3. สัมประสิทธิ์ความกระชับ	1.4	-
4. from factor	0.4	-
5. relief ratio	95.9	เมตร ต่อ กิโลเมตร
6. ความลาดชันเฉลี่ย	29.3	เปอร์เซ็นต์
7. ความสูงเฉลี่ย	586.2	เมตร
8. ความหนาแน่นของการระบายน้ำ	0.56	กิโลเมตร ต่อ ตารางกิโลเมตร
9. ความหนาแน่นของลำธาร	1.9	สาย ต่อ ตารางกิโลเมตร
10. จำนวนลำธาร 1 st order ทั้งหมด	6	สาย
11. ความยาวเส้นรอบลุ่มน้ำ	8.8	กิโลเมตร
12. ความยาวลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง	2.7	กิโลเมตร
13. ความยาวลำน้ำสายหลัก	6.5	กิโลเมตร
14. ความยาวลำธารทั้งหมด	10.6	กิโลเมตร



ภาพที่ 17 ลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

2. ลักษณะธรณีวิทยา

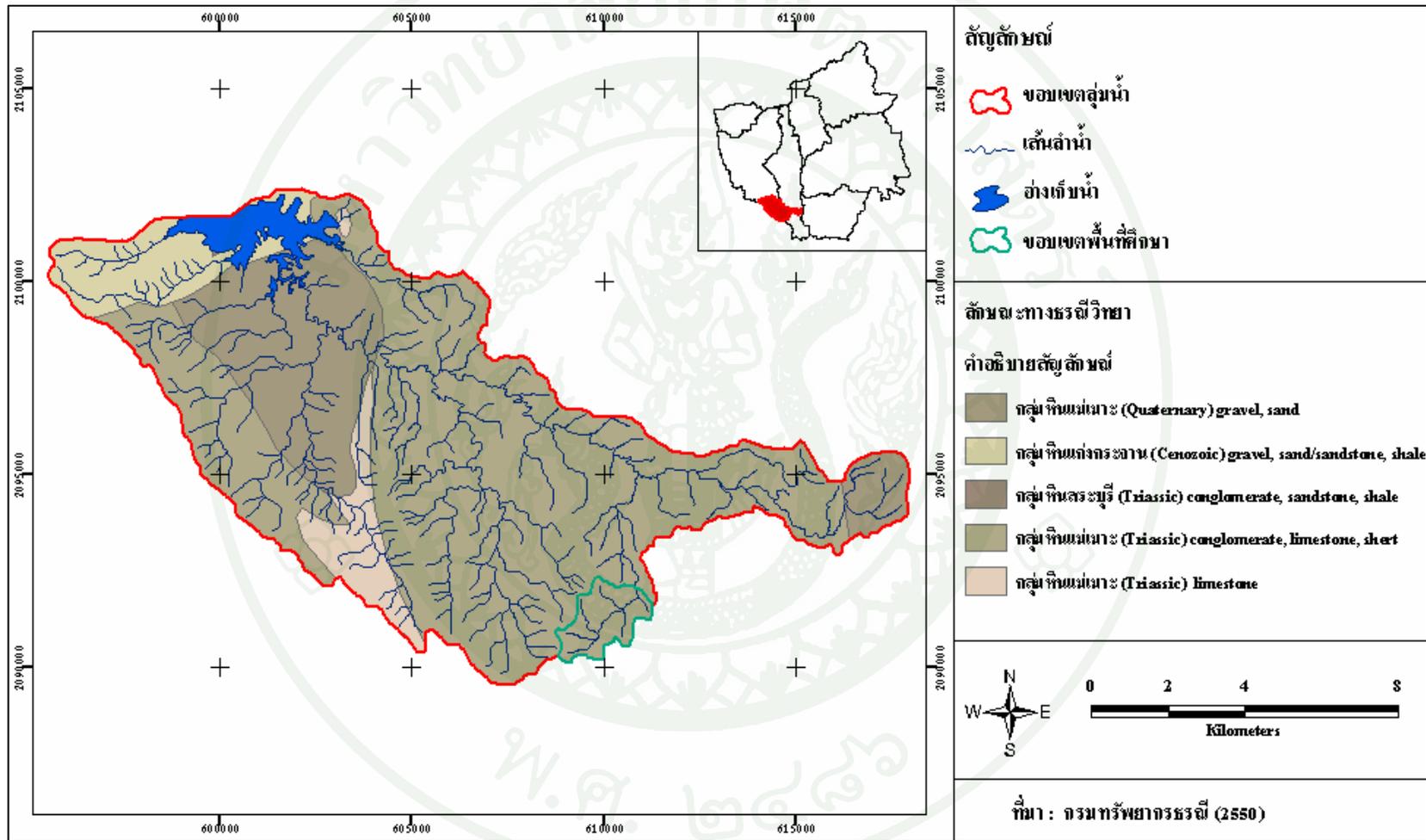
ลักษณะทางธรณีวิทยาโดยทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่คำประกอบด้วย หินกรวดมน หินดินดาน หินทราย หินปูน หินเชิร์ต และตะกอนกรวด ส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนที่สะสมในยุค ไตรแอสซิก ตะกอนที่แข็งตัวไม่มากในยุคเทอร์เชียรี และตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวในยุคควอเทอร์นารี (ภาพที่ 18) โดยมีรายละเอียดดังนี้

หินตะกอนมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic) เป็นชั้นหินในยุคไทรแอสซิก (Triassic) ซึ่งพบมากในบริเวณตอนกลางถึงฝั่งขวาของบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่คำ ประกอบด้วยหินในกลุ่มหิน ลำปาง ซึ่งปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มไทรแอสซิก I ประกอบด้วย หินกรวดมน สลับชั้นกับหินทรายและหินดินดาน กลุ่มไทรแอสซิก II ประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย และหินดินดานสลับชั้นกับหินปูนและหินเชิร์ต และกลุ่มไทรแอสซิก III ประกอบด้วย หินปูนสีเทาจาง

หินตะกอนมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic) เป็นหินตะกอนที่ยังไม่อัดแน่น ในสมัยพาลีโอซีน (Paleocene) ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน และหินดินดาน พบมากในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่คำ

ตะกอนในยุคควอเทอร์นารี สมัยไพลสโตซีน (Pleistocene) ประกอบด้วย กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวแทรกสลับชั้นกัน

พื้นที่ศึกษามีลักษณะทางธรณีวิทยา เป็นชั้นหินในยุคไทรแอสซิก (Triassic) ประกอบด้วย หินกรวดมน หินปูน หินเชิร์ต และตะกอนกรวด (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 18 ลักษณะทางธรณีวิทยา พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

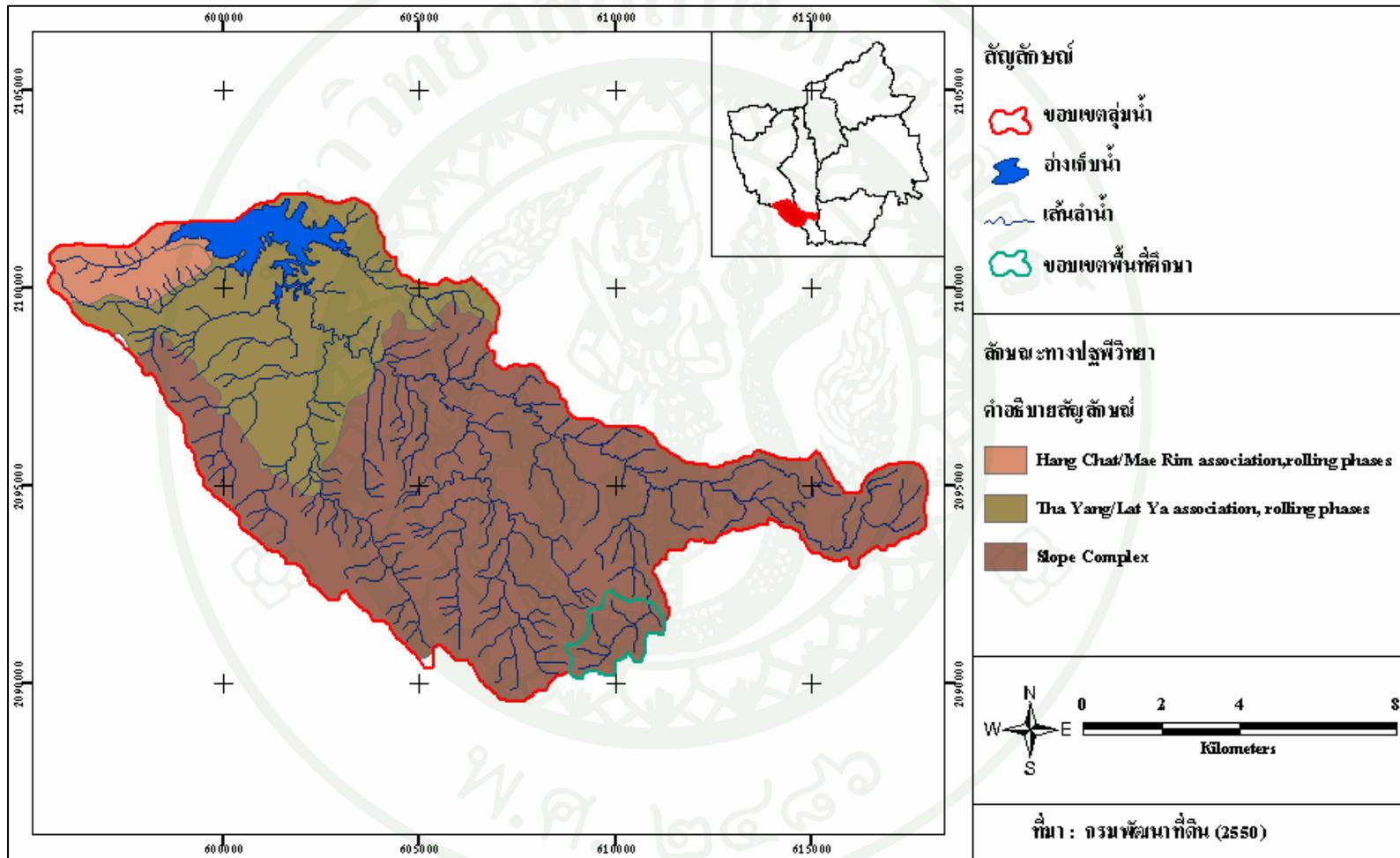
3. ลักษณะทางปฐพีวิทยา

ลักษณะทางปฐพีวิทยาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ตำ และพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยชุดดิน (soil series) สามารถจำแนกในระดับกลุ่มชุดดิน (soil group) ได้ 3 กลุ่ม (ภาพที่ 20 และ 21) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

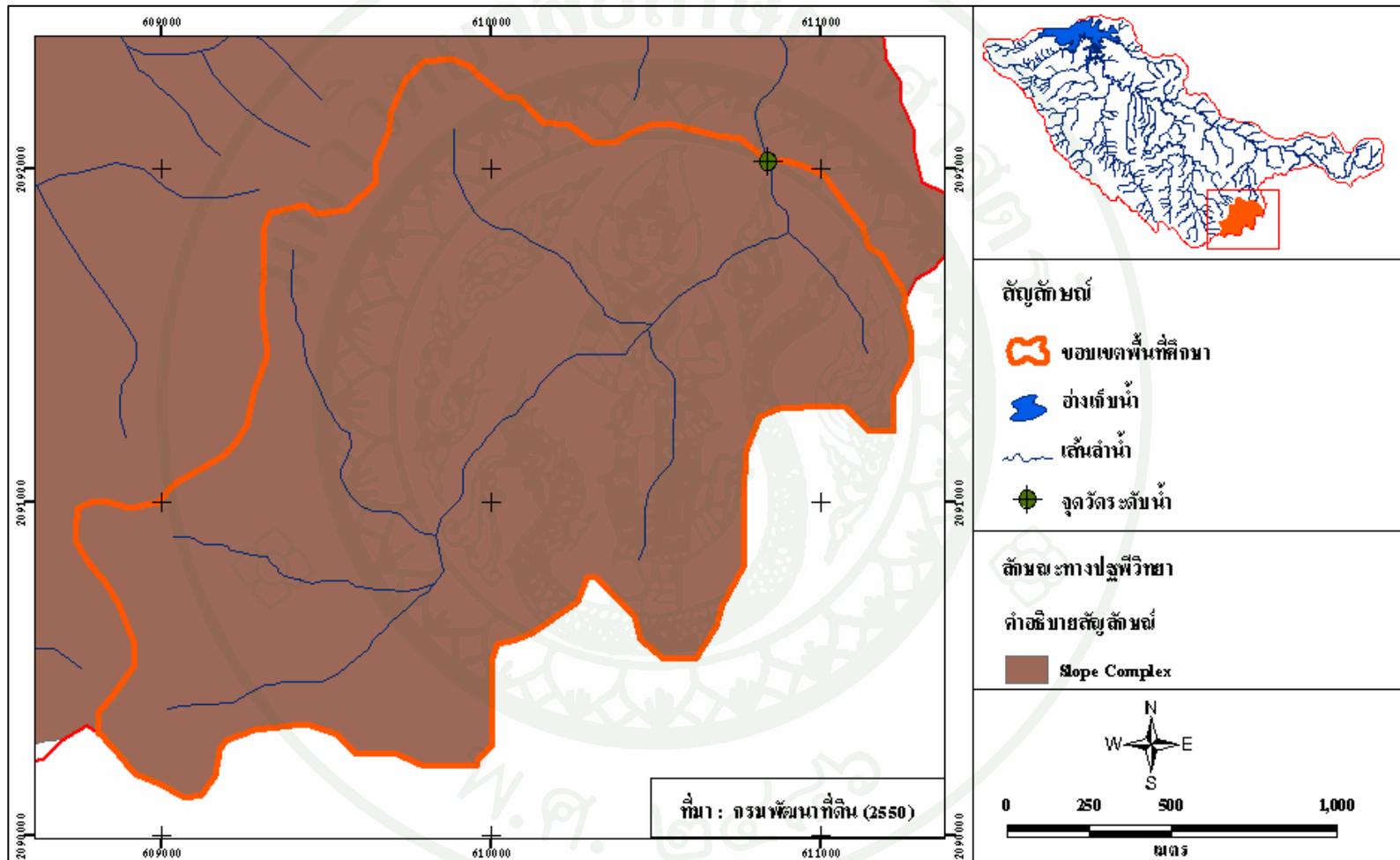
กลุ่มชุดดินที่ 48 เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินประเภทตะกอนลำนํ้า หรือจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังของหินตะกอน หรือหินแปรแล้วเคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ไกลมาก เป็นดินต้นมีการระบายน้ำดี เนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินปนเศษหินหรือปนกรวด กรวดส่วนใหญ่เป็นหินกลมมน หรือเศษหินต่างๆ ถ้าเป็นดินปนเศษหิน มักพบชั้นหินพื้นดินกว่า 50 เซนติเมตร สีดินเป็นสีน้ำตาล เหลืองหรือแดง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ-ปานกลาง ค่า pH ประมาณ 5.5-6.0 พบกลุ่มชุดดินนี้ในบริเวณตอนเหนือของบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ตำ

กลุ่มชุดดินที่ 56 เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินประเภทตะกอนลำนํ้า หรือจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังของหินตะกอน หรือหินแปร แล้วเคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ไกลมาก เป็นดินต้น มีการระบายน้ำดี เนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นดินปนเศษหินหรือปนกรวด กรวดส่วนใหญ่เป็นหินกลมมน หรือเศษหินต่างๆ ถ้าเป็นดินปนเศษหิน มักพบชั้นหินพื้นดินกว่า 50 เซนติเมตร สีดินเป็นสีน้ำตาล เหลืองหรือแดง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ-ปานกลาง pH ประมาณ 5.5-6.0 พบกลุ่มชุดดินนี้ในบริเวณตอนเหนือลงมาถึงตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ตำ

กลุ่มชุดดินที่ 62 ลักษณะโดยทั่วไป ดินนี้ประกอบด้วยสภาพพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (slope complex) จัดอยู่ในกลุ่มดินที่คละกันหลายประเภท (miscellaneous land type) เกิดจากการสลายตัวอยู่กับที่ของหินหลายชนิดเช่น หินดินดาน (shale) หินควอร์ตไซต์ (quartzite) หินปูน (lime stone) หินฟิลไลต์ (phillite) และหินทรายแป้ง (siltstone) สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด และลอนชันสลับซับซ้อนมีความลาดชันมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ดินชุดนี้ส่วนใหญ่เป็นดินลึก และดินไม่แน่นอนแต่ส่วนใหญ่เป็นที่ภูเขาสูงชันขึ้นอยู่กับชนิดของหินและการพัฒนาชั้นดินแต่ละแห่งแต่ละจุดของพื้นที่ พบมากในบริเวณตอนกลางและถึงฝั่งตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ตำ



ภาพที่ 20 ลักษณะทางธรณีวิทยา พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



ภาพที่ 21 ลักษณะทางภูมิวิทยา พื้นที่ศึกษาระดับน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

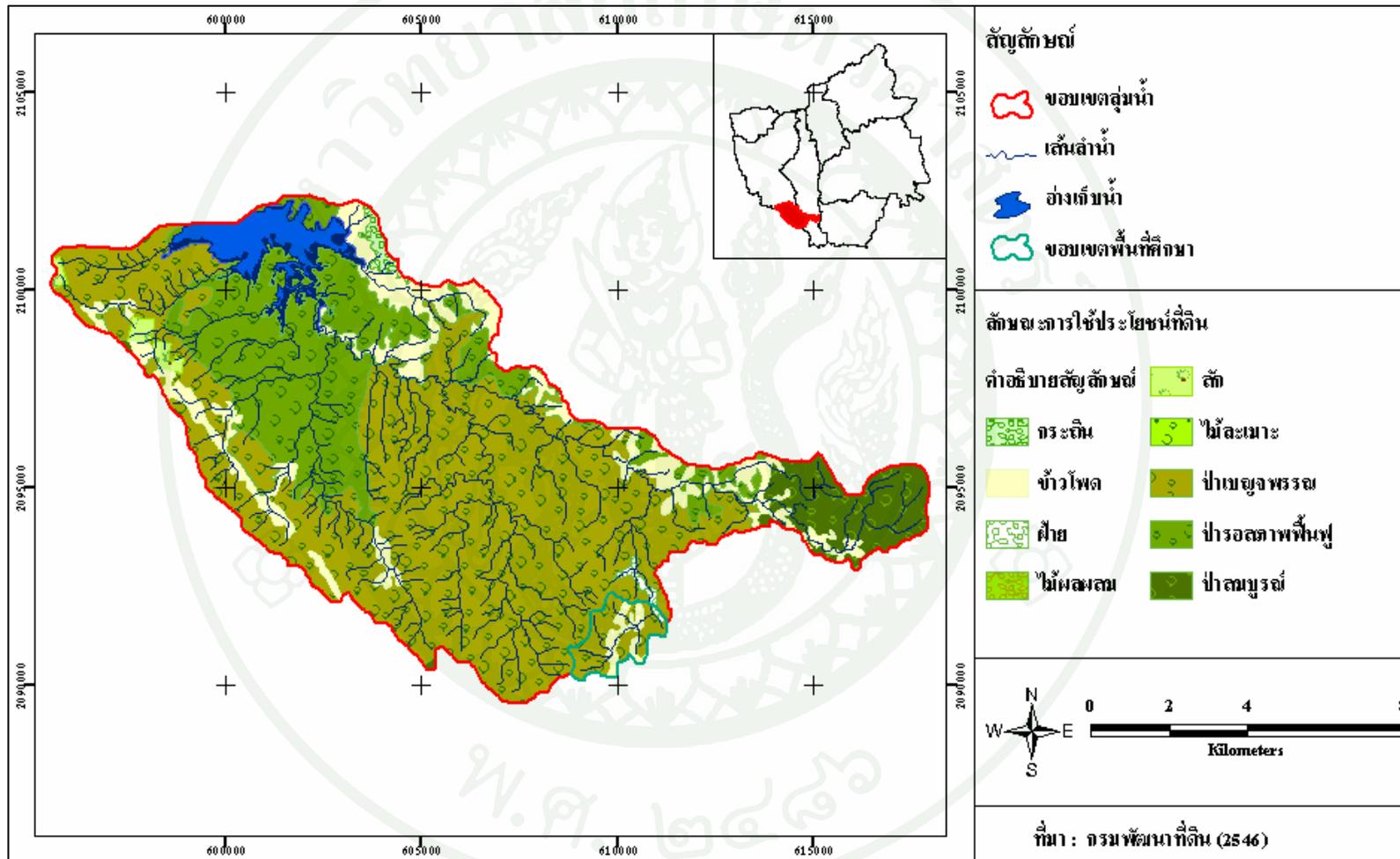
4. การใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณ

การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่คำ (ภาพที่ 22) มีลักษณะภูมิประเทศ ตอนบนบริเวณต้นน้ำเป็นภูเขาสูงชัน ซึ่งมีความลาดชันลดลงจนค่อนข้างราบบริเวณอ่างเก็บน้ำแม่คำ พื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนเป็นป่าเบญจพรรณ ผสมไร่ร้าง และป่าไผ่ บางช่วงเป็นพื้นที่ที่ได้รับการปลูกป่าทดแทน มีความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ที่ดินค่อนข้างมาก โดยสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำแม่คำ และพื้นที่ศึกษาต้นน้ำแม่คำ (ภาพที่ 23) แสดงดังตารางที่ 2

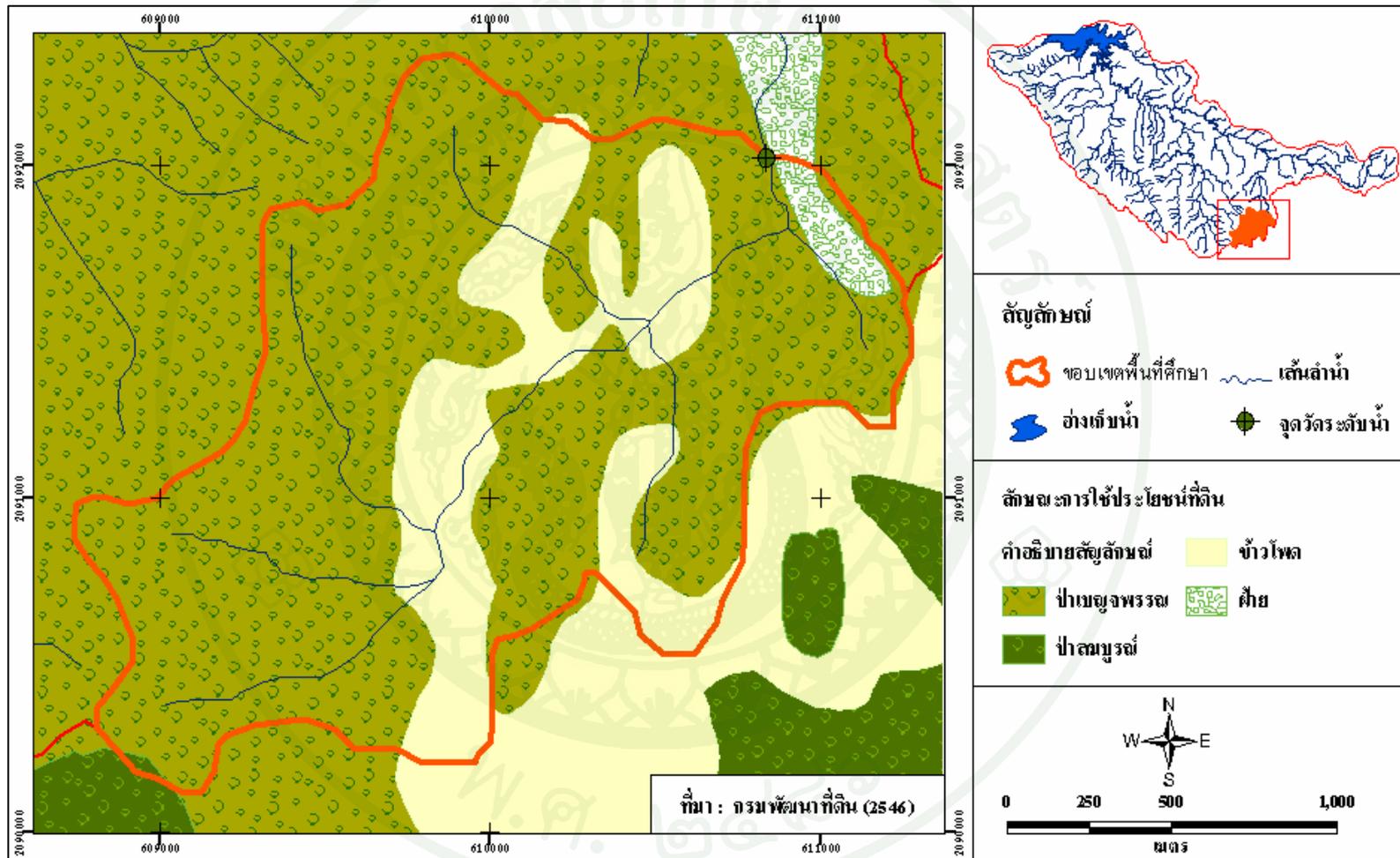
ตารางที่ 2 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่คำ และพื้นที่ศึกษาต้นน้ำแม่คำ ในปี พ.ศ. 2546

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ลุ่มน้ำย่อยแม่คำ		พื้นที่ศึกษาต้นน้ำแม่คำ	
	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
ป่าเบญจพรรณ	0.46	0.38	0.01	0.16
ป่าแดงหรือป่าเต็งรัง	62.51	51.12	2.37	75.36
ป่ารอสภาพฟื้นฟู	6.87	5.62	-	-
ไม้ละเมาะ	0.21	0.17	-	-
สัก	0.41	0.33	-	-
ไม้ผลผสม	0.03	0.02	-	-
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	43.89	35.90	0.71	22.64
ฝ้าย	0.37	0.30	0.06	1.84
กระถิน	7.53	6.16	-	-
รวม	122.28	100	3.15	100

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2546)



ภาพที่ 22 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



ภาพที่ 23 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษบริเวณต้นน้ำแม่ดำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

ผลและวิจารณ์

การศึกษา การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางอุทกวิทยา ของพื้นที่เมื่อทำการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่คำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ประกอบด้วย การศึกษาการลักษณะทาง อุตุณิยมวิทยา และลักษณะทางอุทกวิทยา ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงลักษณะกราฟน้ำท่า กราฟหนึ่ง หน่วยน้ำท่า และสัมประสิทธิ์ส่วนลดกราฟน้ำท่า เพื่อทราบถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ทางกายภาพของพื้นที่ เมื่อเข้าไปดำเนินการสร้างฝาย และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปวาง แผนประยุกต์ใช้กับพื้นที่ต้นน้ำที่มีลักษณะภูมิประเทศ สภาพพื้นที่ และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ คล้ายคลึงกัน ดังมีรายละเอียดของผลการศึกษาต่อไปนี้

1. ลักษณะทางอุตุณิยมวิทยา

การศึกษาลักษณะทางอุตุณิยมวิทยาในพื้นที่ โดยศึกษาข้อมูลทางอุตุณิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ถึง พ.ศ. 2549 จากการตรวจวัดของสถานีอุตุณิยมวิทยาพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ดังตารางที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้

1.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยของทั้งปีอยู่ในช่วง 20.0 – 28.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง ปีเท่ากับ 25.25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 22.5 – 31.4 องศาเซลเซียส โดย อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 28.8 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในช่วง 17.1 – 26.3 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 20.0 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 27.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 23.5 องศาเซลเซียส

1.2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในคาบ 25 ปี ตั้งแต่ช่วงปี 2524 - 2549 ของบริเวณนี้มีค่าเท่ากับ 1,148.3 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 1,564.0 มิลลิเมตร และต่ำสุดเท่ากับ 782.2 มิลลิเมตร (ตารางผนวกที่ 1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด ในเดือนกันยายน เท่ากับ 218.0 มิลลิเมตร เฉลี่ยต่ำสุดในเดือน มกราคม เท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 ข้อมูลอากาศเฉลี่ยรายเดือน ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2549 สถานีอุตุนิยมวิทยาพะเยา
อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

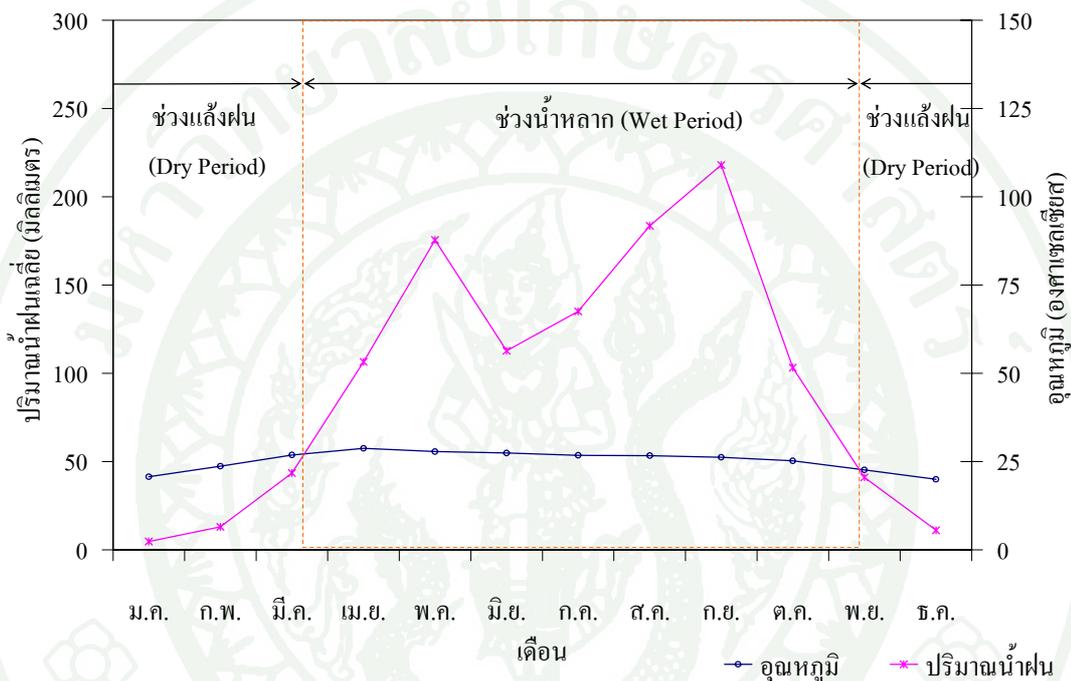
เดือน	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			จำนวนวัน ที่ฝนตก	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	การระเหยน้ำ (มิลลิเมตร)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย			
มกราคม	23.0	18.8	20.7	1	4.8	94.4
กุมภาพันธ์	25.8	21.3	23.7	1	13.1	128.6
มีนาคม	29.4	23.7	26.9	3	43.6	157.9
เมษายน	31.4	26.3	28.8	7	106.5	176.7
พฤษภาคม	30.8	26.3	27.9	13	175.5	151.8
มิถุนายน	28.9	26.6	27.4	12	112.7	135.5
กรกฎาคม	28.4	25.9	26.8	15	135.1	121.0
สิงหาคม	27.3	25.9	26.7	17	183.5	109.2
กันยายน	27.2	25.5	26.2	15	218.0	102.0
ตุลาคม	26.5	23.1	25.2	8	103.2	97.1
พฤศจิกายน	24.1	20.9	22.7	3	41.1	86.8
ธันวาคม	22.5	17.1	20.0	1	11.2	77.6
เฉลี่ย	27.1	23.5	25.3	-	-	-
รวม	-	-	-	95	1,148.3	1,438.5

1.3 จำนวนวันฝนตก มีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 95 วัน โดยมีจำนวนวันฝนตกมากที่สุดตั้งแต่ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน โดยจะมีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 17 วัน

1.4 การระเหยน้ำ มีปริมาณการระเหยน้ำรายปี 1,438.5 มิลลิเมตร โดยมีการระเหยน้ำเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน มีปริมาณการระเหยเท่ากับ 176.7 มิลลิเมตร การระเหยต่ำสุดในเดือนธันวาคม มีปริมาณการระเหยเท่ากับ 77.6 มิลลิเมตร

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านแผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชีย จึงทำให้อากาศหนาวและร้อนมากกว่าพื้นที่อื่นในภาคเหนือของประเทศ

ไทย ดังนั้นสภาพลมฟ้าอากาศของจังหวัดพะเยาในฤดูหนาวจะหนาวกว่าบริเวณอื่นๆ ในฤดูร้อนจะร้อนมากกว่าบริเวณอื่นๆ ฤดูฝนของบริเวณพื้นที่ศึกษาเริ่มในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม แต่ฤดูฝนจริงเริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ระยะเวลาของฤดูฝนประมาณ 4 ถึง 5 เดือน มีปริมาณฝนสูงในเดือนพฤษภาคม และเดือนกันยายน (ภาพที่ 24) ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีจำนวนวันฝนตกมาก ฝนที่ตกในเขตนี้ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และอิทธิพลจากพายุดีเปรสชัน



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และอุณหภูมิ ช่วงแล้งฝน และช่วงน้ำหลาก
ประจำสถานีอุตุนิยมวิทยาพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

พบว่าลักษณะของภูมิอากาศบริเวณจังหวัดพะเยา เป็นภูมิอากาศแบบเปียก และแห้งของเขตร้อน (Tropical Wet and Dry Climate) ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากแผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชีย คือ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และประเทศสหภาพพม่า

2. ลักษณะทางอุทกวิทยา

2.1 กราฟน้ำท่า (hydrograph)

จากการวิเคราะห์กราฟน้ำท่าของต้นน้ำแม่ต้า ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ เพื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างลักษณะของกราฟน้ำท่าช่วงต่างๆ ที่ได้รับอิทธิพลจากระดับความเข้มฝน ระยะเวลาการตกของฝน และปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน ที่แตกต่างกัน ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ลักษณะกราฟน้ำท่าก่อนและหลังทำการสร้างฝายต้นน้ำ เปรียบเทียบกับความหนักเบาของฝนส่วนเกิน และเวลาที่ฝนตก

วัน เดือน ปี	ความหนักเบา ของฝนส่วนเกิน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)	ช่วงเวลา ที่ฝนตก (นาทีก)	ปริมาณ น้ำฝน ส่วนเกิน (มิลลิเมตร)	ช่วงเวลาที่น้ำเริ่ม เปลี่ยนระดับถึง การไหลสูงสุด (ชั่วโมง)	อัตราการไหล สูงสุด (ลูกบาศก์เมตร ต่อวินาที)	ช่วงเวลา ไหลบ่า ไหลบ่า (ชั่วโมง)
21 กันยายน 2549	8.15	30	4.08	00:50	0.120	09:35
23 กันยายน 2549	6.19	10	1.03	01:00	0.070	12:05
6 ตุลาคม 2549	11.70	15	2.92	01:00	0.170	11:25
28 มิถุนายน 2550	15.86	15	3.97	02:15	0.278	29:30
4 สิงหาคม 2550	33.31	30	16.65	01:55	0.552	41:00

2.1.1 ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ

กราฟน้ำท่าของวันที่ 21 กันยายน 2549 ระดับความชื้นฝนของฝนส่วนเกิน 8.15 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตกนาน 30 นาที ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน 4.08 มิลลิเมตร มีช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับจนถึงการไหลสูงสุดคือ 50 นาที อัตราการไหลสูงสุด 0.120 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ช่วงเวลาไหลบ่านาน 9 ชั่วโมง 35 นาที

กราฟน้ำท่าของวันที่ 23 กันยายน 2549 ระดับความชื้นฝนของฝนส่วนเกิน 6.19 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตกนาน 10 นาที ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน 1.03 มิลลิเมตร มีช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับจนถึงการไหลสูงสุดคือ 1 ชั่วโมง อัตราการไหลสูงสุด 0.070 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ช่วงเวลาไหลบ่านาน 12 ชั่วโมง 5 นาที

กราฟน้ำท่าของวันที่ 6 ตุลาคม 2549 ระดับความชื้นฝนของฝนส่วนเกิน 11.70 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตกนาน 15 นาที ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน 2.92 มิลลิเมตร มีช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับจนถึงการไหลสูงสุดคือ 1 ชั่วโมง อัตราการไหลสูงสุด 0.170 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ช่วงเวลาไหลบ่านาน 11 ชั่วโมง 25 นาที

จากข้อมูลที่ได้พบว่าที่ระดับความหนักเบาและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ให้ค่าช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับจนถึงการไหลสูงสุด และช่วงเวลาไหลบ่าที่ไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการไหลสูงสุดแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Minsshall (1960) ที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าจากกลุ่มน้ำขนาดเล็ก 3 กลุ่มน้ำ เพื่อออกแบบกราฟน้ำท่า ได้ผลการวิเคราะห์แสดงว่า ปริมาณการไหลสูงสุด และเวลาของการเกิดปริมาณการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าขึ้นอยู่กับความชื้น และรูปแบบการตกของฝน

2.1.2 หลังการสร้างฝาย

กราฟน้ำท่าของวันที่ 28 มิถุนายน 2550 ระดับความชื้นฝนของฝนส่วนเกิน 15.86 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตกนาน 15 นาที ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน 3.97 มิลลิเมตร มีช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับจนถึงการไหลสูงสุดคือ 2 ชั่วโมง 20 นาที อัตราการไหลสูงสุด 0.278 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ช่วงเวลาไหลบ่านาน 28 ชั่วโมง 30 นาที

กราฟน้ำท่าของวันที่ 4 สิงหาคม 2550 ระดับความเข้มฝนของฝนส่วนเกิน 33.31 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตกนาน 30 นาที ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน 16.65 มิลลิเมตร มีช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับจนถึงการไหลสูงสุดคือ 1 ชั่วโมง 55 นาที อัตราการไหลสูงสุด 0.552 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ช่วงเวลาไหลบ่านาน 41 ชั่วโมง

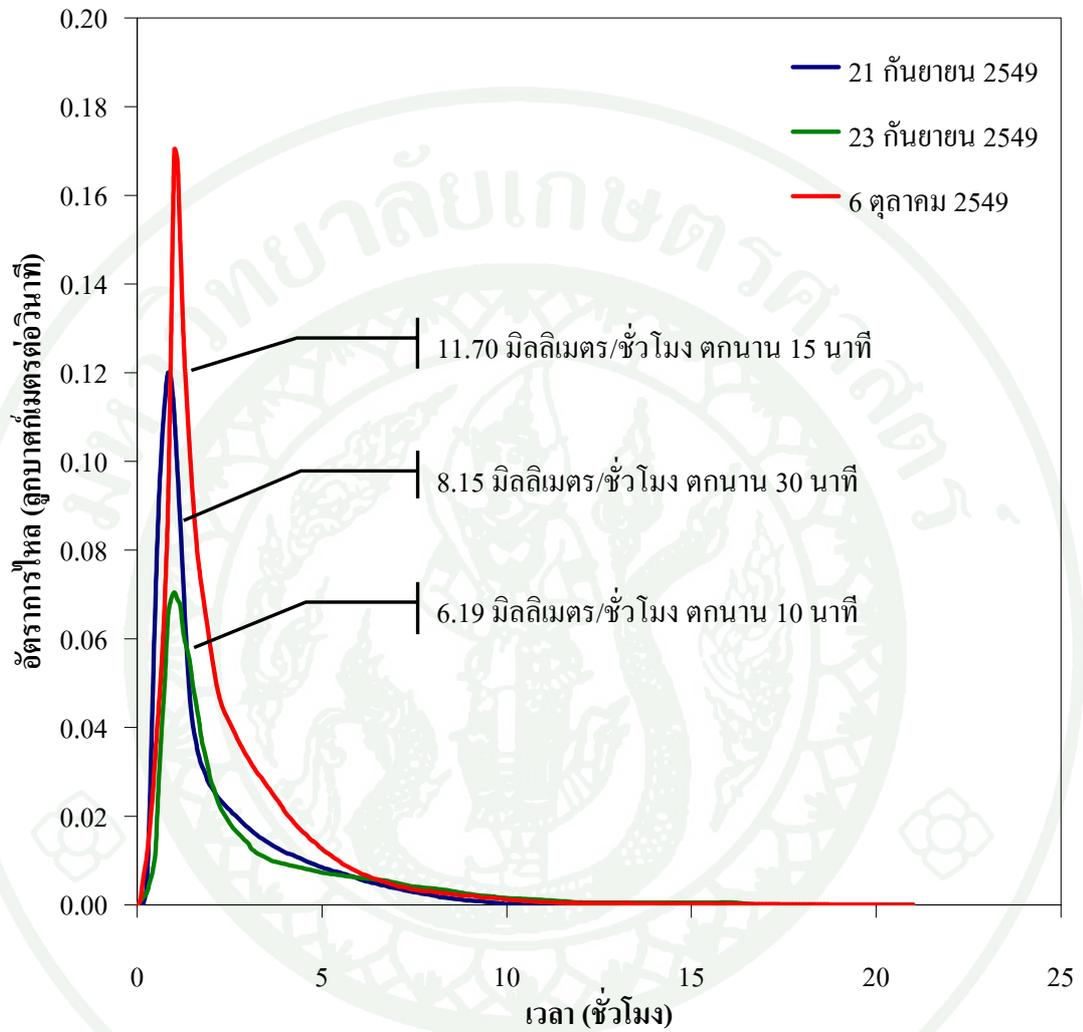
จากข้อมูลที่ได้พบว่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำที่ระดับความหนักเบาและช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ให้ค่าช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับจนถึงการไหลสูงสุด ที่ไม่แตกต่างกัน แต่มีอัตราการไหลสูงสุดแตกต่างกัน

จากการศึกษาที่ระดับความหนักเบาของฝนส่วนเกิน และช่วงเวลาการตกที่แตกต่างกัน ทั้งก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ กราฟน้ำท่าจะแสดงช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับถึงอัตราการไหลสูงสุด และช่วงเวลาไหลบ่าที่ใกล้เคียงกัน และจะเห็นว่าช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับถึงอัตราการไหลสูงสุด และช่วงเวลาไหลบ่าของกราฟน้ำท่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำ จะมีช่วงเวลาที่ยาวนานกว่าก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ

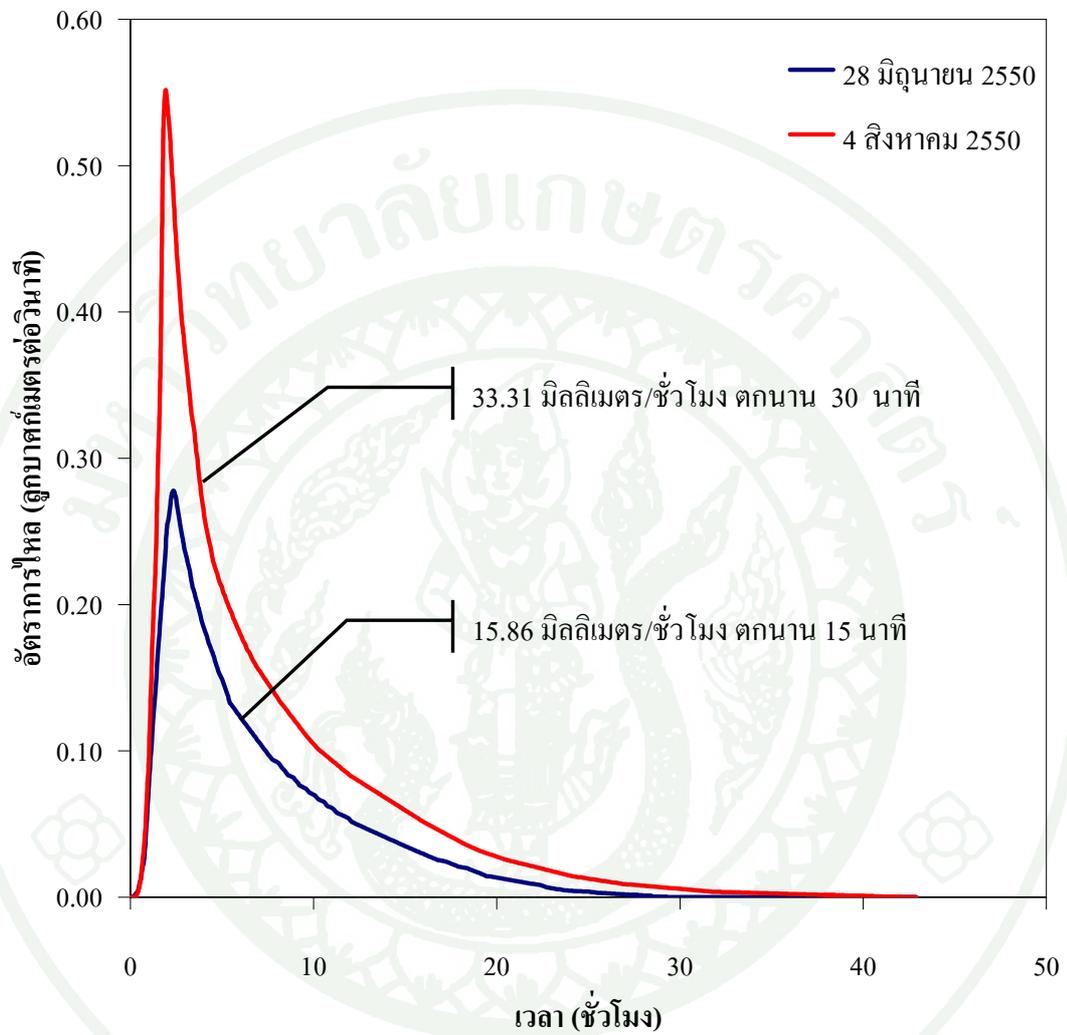
ศึกษาลักษณะกราฟน้ำท่า ที่ระดับความหนักเบาของฝนส่วนเกินที่แตกต่างกัน โดยการสร้างกราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลกับช่วงเวลาต่างๆ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะการขึ้นลงของกราฟน้ำท่าในช่วงต่างๆ ทั้งก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ

ลักษณะกราฟน้ำท่าก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ ลักษณะกราฟส่วนขึ้นมีความชันมาก กราฟส่วนยอดแหลมเรียว และให้กราฟส่วนลดที่ชัน (ภาพที่ 25) จะเห็นว่าสัดส่วนของกราฟน้ำท่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของอัตราความหนักเบาของฝนส่วนเกิน และช่วงเวลาการตกของฝน กราฟน้ำท่าที่ได้จากช่วงความหนักเบาฝนส่วนเกิน 11.70 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ให้กราฟที่มีอัตราการไหลสูงสุด สูงที่สุด รองลงมาเป็น กราฟน้ำท่าที่ได้จากช่วงความหนักเบาฝนส่วนเกิน 8.15 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และ 6.19 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

ลักษณะกราฟน้ำท่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำ ลักษณะกราฟน้ำท่าหลังการสร้างฝาย ให้ลักษณะกราฟส่วนขึ้นชัน กราฟส่วนยอดแหลม และให้กราฟส่วนลดที่ไม่ชัน (ภาพที่ 26) กราฟน้ำท่าที่ได้จากช่วงความหนักเบาฝนส่วนเกิน 33.31 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ให้กราฟที่สูงชัน อัตราการไหลสูงสุดสูงกว่า และอัตราการไหลยาวนานกว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากช่วงความหนักเบาของฝนส่วนเกิน 15.86 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 25 กราฟน้ำท่า ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



ภาพที่ 26 กราฟน้ำท่า หลังการสร้างฝายต้นน้ำ ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

เมื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะกราฟที่มีช่วงเวลาการตกของฝนที่ใกล้เคียงกันแต่มีความหนักเบาฝนที่แตกต่างกัน พบว่า ที่อัตราความหนักเบาฝนที่สูงกว่า แสดงลักษณะการขึ้นของกราฟส่วนยอดที่สูงชันกว่า มีอัตราการไหลสูงสุดสูงกว่า แต่ให้ลักษณะของกราฟส่วนลาดที่ไม่แตกต่างกัน

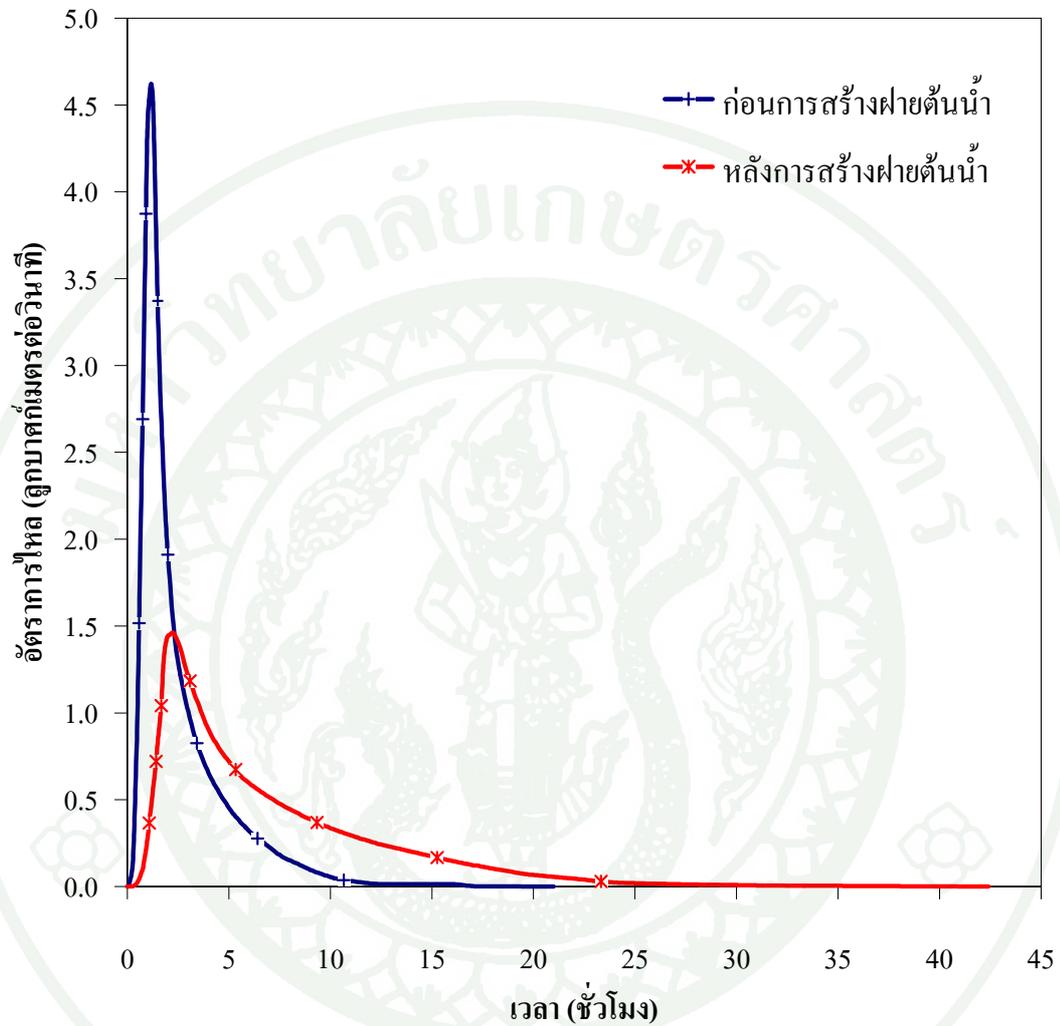
กล่าวคือ ลักษณะของกราฟน้ำท่าทั้งก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายให้ลักษณะของกราฟส่วนขึ้น และกราฟส่วนยอดที่ใกล้เคียงกัน คือให้ลักษณะของกราฟส่วนขึ้นที่สูงชัน กราฟส่วนยอดแหลมเรียว แต่ช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับถึงอัตราการไหลสูงสุด ของก่อนการสร้างฝายต้นน้ำจะเร็วกว่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำ ลักษณะของกราฟส่วนลาดที่ได้แตกต่างกัน คือ ก่อนการสร้างฝายให้กราฟส่วนลาดที่ชัน แต่หลังการสร้างฝายกราฟส่วนลาดที่ไม่ชัน และมีช่วงระยะเวลาการไหลบ่าที่ยาวนานกว่า จะเห็นว่าลักษณะของกราฟน้ำท่าที่ได้ของทั้งก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ จะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของฝน ได้แก่ อัตราความหนักเบาของฝน ปริมาณน้ำฝน และระยะเวลาที่ฝนตก

2.2 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)

จากการศึกษากราฟน้ำท่า ทำการวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลของหนึ่งหน่วยน้ำท่าในพื้นที่ ซึ่งจะได้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ของช่วงเวลาการตกของฝนส่วนเกินที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบโดยการเลื่อนเวลาจากระยะเวลาการตกของฝนส่วนเกินที่แตกต่างกันเป็น 30 นาที ทำการเขียนเส้นโค้ง (S-curve) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ช่วงเวลาการตกของฝนต่างๆ เพื่อสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าของช่วงเวลาการตกของฝนส่วนเกิน 30 นาที ก่อนนำมาเปรียบเทียบ

จากผลการศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า ซึ่งตอบสนองน้ำฝนที่ตกลงมาทั้งก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาทีที่ได้จากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่มีช่วงเวลาการตกของฝนส่วนเกินที่แตกต่างกันให้ช่วงกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ใกล้เคียงกัน (ภาพผนวกที่ 1 และ 2) นำมาสร้างเป็นกราฟตัวแทนของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาทีของทั้งก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ มีลักษณะกราฟส่วนขึ้นที่ชันมาก กราฟส่วนยอดแหลมเรียว กราฟส่วนลาดมีความชันสูง กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำ มีลักษณะกราฟส่วนขึ้นชัน กราฟส่วนยอดเรียวมน กราฟส่วนลาดลาดชัน (ภาพที่ 27)

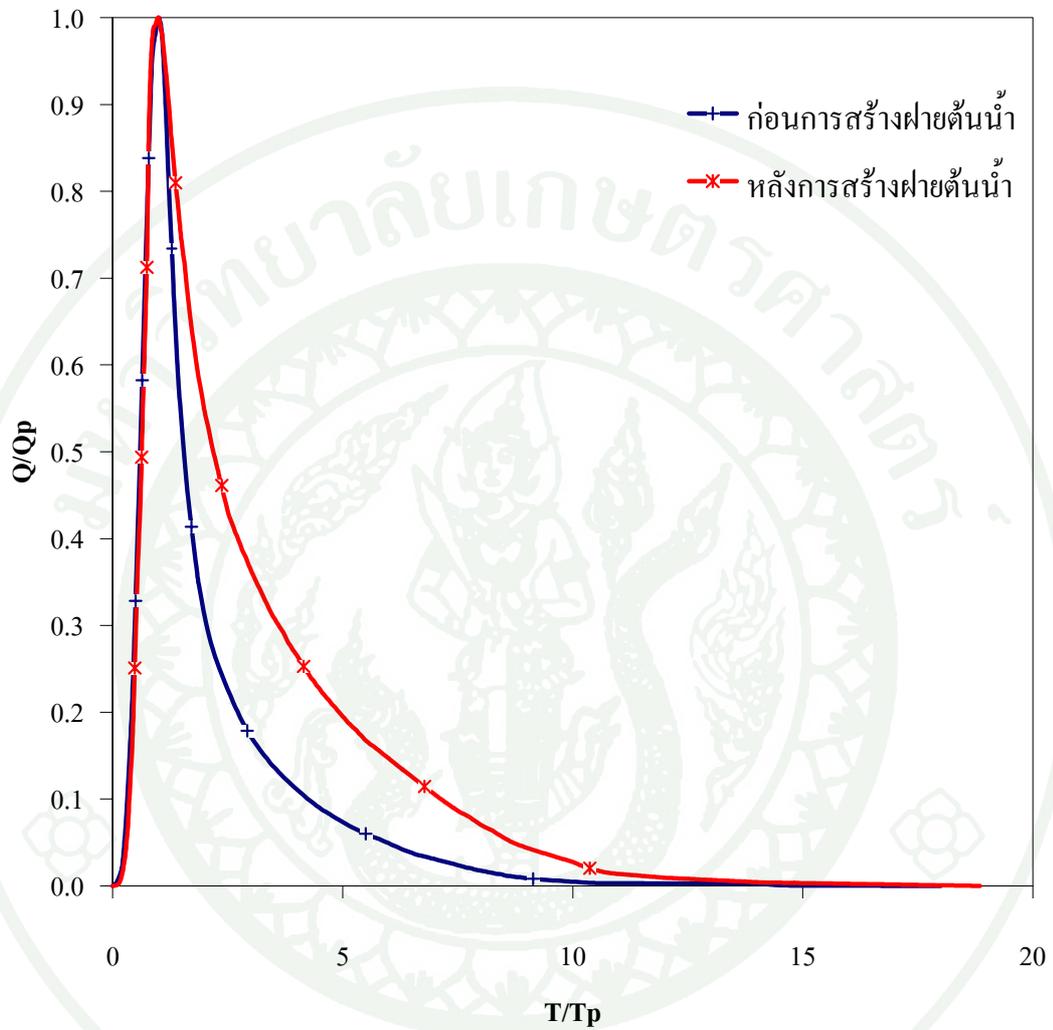


ภาพที่ 27 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ เปรียบเทียบกับหลังการสร้างฝายต้นน้ำ พื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

จากการศึกษาโดยการเทียบกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ ในฐานเวลาเดียวกัน พบว่ากราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาทีของก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำมีลักษณะการขึ้นลงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ กราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำก่อนการสร้างฝายมีลักษณะของกราฟส่วนขึ้นชันกว่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำ เช่นเดียวกับกราฟส่วนลด หลังจากทำการสร้างฝายต้นน้ำกราฟส่วนลดของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำมีความลาดชันกว่ากราฟส่วนยอดของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำก่อนการสร้างฝายแหลมเรียกว่ากราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำหลังการสร้างฝาย อัตราการไหลสูงสุดจากกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ สูงกว่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำ รวมถึงช่วงเวลาการไหลบ่า กราฟน้ำทำก่อนการสร้างฝายจะมีช่วงเวลาการไหลบ่าที่สั้นกว่า หลังการสร้างฝายต้นน้ำ

ทำการวิเคราะห์กราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำมาตรฐาน 30 นาที โดยการสร้างความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหล ณ เวลานั้น กับค่าอัตราการไหลสูงสุดกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาที เมื่อเทียบอัตราการไหลสูงสุด โดย เทียบกับค่าความสัมพันธ์ของเวลากับเวลาที่ทำให้ระดับน้ำเพิ่มถึงอัตราการไหลสูงสุด โดยกราฟที่ได้จะให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 1

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำมาตรฐาน 30 นาที (ภาพที่ 28) ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ มีลักษณะกราฟส่วนขึ้นสูงชัน กราฟส่วนยอดแหลมเรียว กราฟส่วนลดชันมาก หลังการสร้างฝายต้นน้ำ มีลักษณะกราฟส่วนขึ้นสูงชัน กราฟส่วนยอดแหลม และกราฟส่วนลดลาดชัน จะเห็นว่ากราฟที่ได้ ให้ลักษณะของกราฟส่วนขึ้นและส่วนยอดที่ใกล้เคียงกัน แต่ให้ลักษณะของกราฟส่วนลดที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ กราฟส่วนลดที่ได้มีความชันมากกว่าหลังการสร้างฝายต้นน้ำ ช่วงเวลาการไหลบ่าของน้ำผิวดินหลังการสร้างฝายต้นน้ำยาวนานกว่าก่อนทำการสร้างฝายต้นน้ำ



ภาพที่ 28 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่ามาตรฐาน 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ เปรียบเทียบกับหลังการสร้างฝายต้นน้ำ พื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

ทำการศึกษา ค่าช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับถึงการไหลสูงสุด (T_p) ความกว้างของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำที่ฐานเวลาต่างๆ W_{25} W_{50} W_{75} และช่วงเวลากการไหลบ่าของน้ำฝิวดิน (T_b) ทั้งก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาที ได้ค่าช่วงต่างๆ (ตารางที่ 5) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ค่าฐานเวลาต่าง ๆ ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาที

	T_p	W_{25}		W_{50}		W_{75}		T_b
		t_r	t_f	t_r	t_f	t_r	t_f	
21 กันยายน 2549	1:00	0:43	1:10	0:30	0:35	0:22	0:23	9:50
23 กันยายน 2549	1:10	0:37	1:45	0:28	0:55	0:19	0:35	16:40
6 ตุลาคม 2549	1:15	0:42	1:40	0:28	0:40	0:21	0:20	11:00
ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ	1:10	0:44	1:40	0:33	0:45	0:23	0:25	11:45
28 มิถุนายน 2550	2:05	1:15	7:30	0:55	2:45	0:39	1:10	31:05
4 สิงหาคม 2550	1:55	0:53	6:15	0:30	2:05	0:18	0:50	34:50
หลังการสร้างฝายต้นน้ำ	2:15	1:15	7:20	0:55	2:45	0:39	1:10	31:00

หมายเหตุ : T_p = เวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำนับจากเริ่มมีฝนส่วนเกิน

W_{25} = ฐานเวลาที่ 25 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุด

W_{50} = ฐานเวลาที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุด

W_{75} = ฐานเวลาที่ 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุด

T_b = เวลาฐาน เป็นเวลาทั้งหมดของการไหลบนฝิวดิน

ฝายต้นน้ำ เท่ากับ 33 นาที หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 55 นาที หลังช่วงการไหลสูงสุด (t_{50r}) ก่อนการ
สร้างฝาย 45 นาที หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 2 ชั่วโมง 45 นาที ความกว้างของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า
ฐานเวลาที่ 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุด (W_{75}) ก่อนถึงช่วงการไหลสูงสุด (t_{75r}) ก่อนการ
สร้างฝายต้นน้ำ เท่ากับ 23 นาที หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 39 นาที หลังช่วงการไหลสูงสุด (t_{75r})
ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ 25 นาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำ เท่ากับ 1 ชั่วโมง 10 นาที และช่วงเวลา
การไหลของน้ำผิวดิน (T_p) ก่อนการสร้างฝาย เท่ากับ 11 ชั่วโมง 45 นาที หลังการสร้างฝายเท่ากับ
31 ชั่วโมง

จากผลการศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าได้ว่าเมื่อทำการสร้าง
ฝายต้นน้ำ ลักษณะของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ได้มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป จากก่อนการสร้าง
ฝายต้นน้ำ หลังจากทำการสร้างฝายต้นน้ำ ลักษณะกราฟส่วนขึ้นมีความชันลดลง กราฟส่วนยอด
โค้งมนขึ้น และกราฟส่วนลดมีความลาดชันลดลง อัตราการเปลี่ยนระดับน้ำลดลง ช่วงเวลาการ
เปลี่ยนระดับน้ำจนถึงระดับอัตราการไหลสูงสุดยาวนานขึ้น และเพิ่มระยะเวลาการไหลของน้ำผิ
วดินให้ยาวนานขึ้น

2.3 สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (recession coefficient, k_r)

สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_r) เป็นค่าคงที่ของการลดระดับน้ำในลำธาร เป็นการ
ระบายน้ำให้แก่ลำธาร โดยชั้นดินที่เก็บกักน้ำไว้ เมื่อคืนเก็บน้ำไว้ได้มากน้ำในลำธารจะมีการไหลที่
ต่อเนื่องสม่ำเสมอไม่ลดลงอย่างรวดเร็ว การศึกษาสัมประสิทธิ์ส่วนลดกราฟน้ำท่าโดยวิธีการ
Langbein Method เพื่อแสดงการปลดปล่อยน้ำให้แก่ลำธาร โดยชั้นดินที่เก็บกักน้ำไว้ เมื่อสร้างควม
สัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำส่วนลดก่อนหน้ากับอัตราการไหลของน้ำที่เวลานั้นๆ

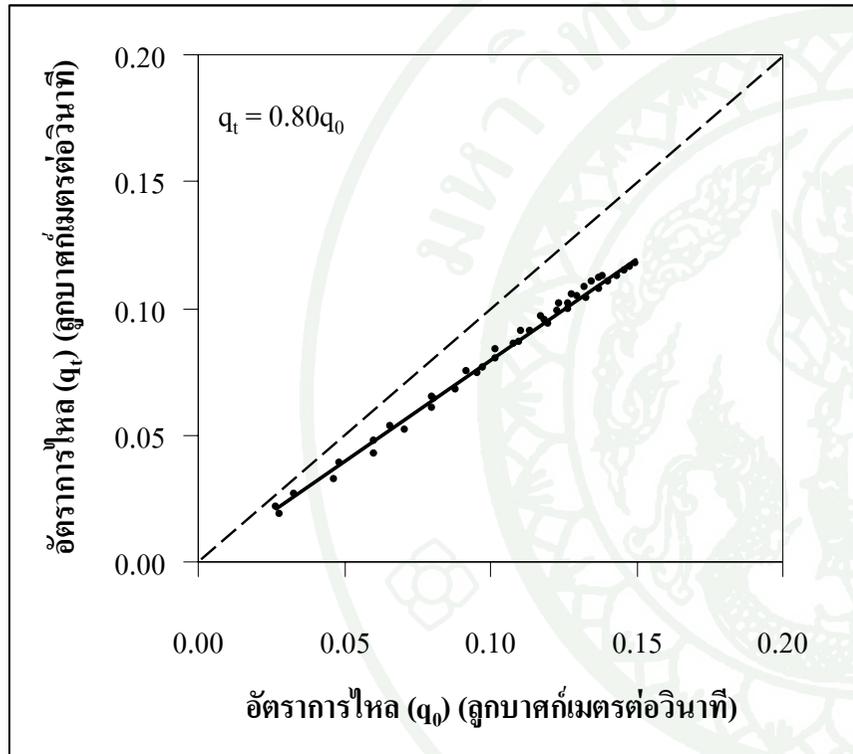
ก่อนการสร้างฝาย จากช่วงการตกของฝนส่วนเกินที่มีระดับความหนักเบาฝนที่แตกต่าง
กัน คือ 8.15, 6.19 และ 11.70 ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดกราฟน้ำท่า เท่ากับ 0.82, 0.79 และ 0.79
ตามลำดับ หลังการสร้างฝาย จากช่วงการตกของฝนส่วนเกินที่มีระดับความหนักเบาฝนที่แตกต่าง
กัน คือ 15.86 และ 33.31 ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดกราฟน้ำท่า เท่ากับ 0.93 และ 0.94 ตามลำดับ
(ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (k_r) เปรียบเทียบก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ

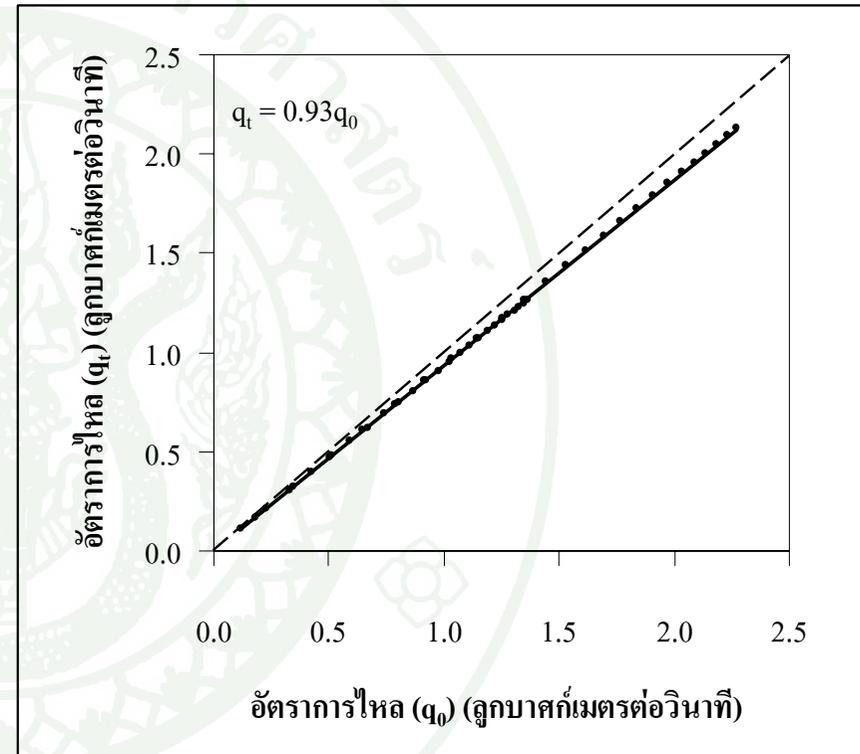
วันที่	k_r
21 กันยายน 2549	0.82
23 กันยายน 2549	0.79
6 ตุลาคม 2549	0.79
ก่อนการสร้างฝาย	0.80
28 มิถุนายน 2550	0.93
4 สิงหาคม 2550	0.94
หลังการสร้างฝาย	0.93

จากวิธีการ Langbein Method สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำได้ เท่ากับ 0.80 และสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า หลังการสร้างฝายต้นน้ำได้ เท่ากับ 0.93 (ภาพที่ 29) พบว่าค่าที่ได้หลังทำการสร้างฝายต้นน้ำมีค่าเข้าใกล้ 1 มากขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่าที่ได้จะเห็นว่ามีค่าสูงตั้งแต่ก่อนการสร้างฝาย เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ เช่นเดียวกับการศึกษาของจำเนียร (2542) ซึ่งทำการศึกษาค่าคงที่ของกราฟส่วนลดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สูงตอนล่างบริเวณเชิงเขา ได้แก่ ลุ่มน้ำห้วยวังปอ ลุ่มน้ำห้วยเลียงตาย และลุ่มน้ำห้วยนาตอง ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นป่า ได้ค่าคงที่กราฟส่วนลดเท่ากับ 0.92, 0.91 และ 0.89 ตามลำดับ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 29 สัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (k_t) พื้นที่ต้นน้ำแม่ตำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา (ก) ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ (ข) หลังการสร้างฝายต้นน้ำ

สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่าก่อนการสร้างฝายต้นน้ำเท่ากับ 0.80 หลังการสร้างฝายเท่ากับ 0.93 เมื่อทำการสร้างฝายสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่ามีค่าเข้าใกล้ 1 มากขึ้น สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า แสดงให้เห็นอัตราการปลดปล่อยน้ำท่า และความสามารถกักเก็บน้ำไว้ชั้นดิน หลังจากทำการสร้างฝายต้นน้ำแล้วทำให้สัมประสิทธิ์น้ำท่าสูงขึ้น กล่าวคือ ฝายต้นน้ำมีส่วนช่วยให้มีอัตราการปลดปล่อยช้าลง และมีความสม่ำเสมอ รวมถึงชั้นดินสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้มากขึ้น

3. แนวทางการจัดการเพื่อบรรเทาการเกิดอุทกภัย

ในการจัดการพื้นที่เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอุทกภัยสามารถทำได้ ถ้าสามารถทราบถึงประสิทธิภาพการรองรับน้ำของพื้นที่ จึงทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการบรรเทาการเกิดอุทกภัย

3.1 อัตราการไหลสูงสุดของลำธาร

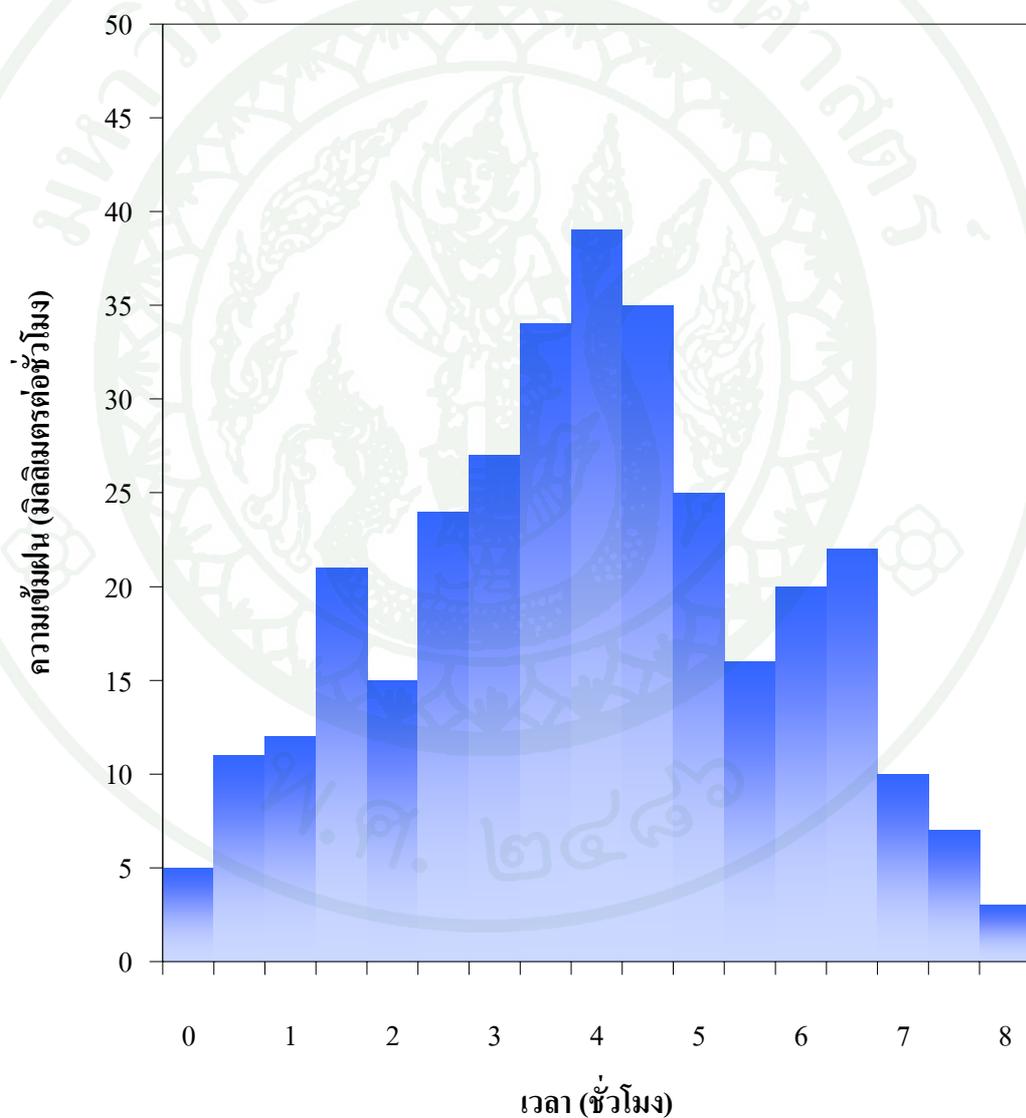
อัตราการไหลป่าสูงสุดของลำธารคือ ปริมาณอัตราการไหลที่มากที่สุดที่ขนาดของลำธารสามารถรองรับได้ อุทกภัยเกิดเมื่อ ปริมาณน้ำที่มีในพื้นที่สูงกว่าหรือมากกว่า ความสามารถของพื้นที่ที่จะรองรับได้ อัตราการไหลป่าสูงสุดที่พื้นที่สามารถรองรับได้หาได้จากการคำนวณสูตรของแมนนิง (Manning Formular) สามารถหาค่าอัตราการไหลสูงสุดที่ลำธารสามารถรองรับได้

พื้นที่ศึกษา มีความกว้างของลำธารเท่ากับ 2.5 เมตร ความลึกของลำธาร เท่ากับ 0.5 เมตรทำการคำนวณพื้นที่หน้าตัดลำธาร (A) เท่ากับ 0.84 ตารางเมตร ความยาวขอบเปียก (P) เท่ากับ 2.77 เมตร คำนวณหาอัตราการไหลสูงสุดที่ลำธารสามารถรองรับได้ จากสูตรของแมนนิง โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิง เท่ากับ 0.035 เมื่อท้องลำธารเป็นกรวดหิน ลำธารมีค่าความลาดเอียง เท่ากับ 0.29 ได้ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่ลำธารสามารถรับได้ เท่ากับ 5.81 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

จากการศึกษาลำธารสามารถรับน้ำได้สูงสุดที่อัตราการไหล 5.18 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หากน้ำในลำธารมีอัตราการไหลสูงกว่าค่าที่คำนวณได้จะทำให้เกิดการไหลป่าผิวดินของน้ำส่วนเกิน

3.2 การจำลองสถานการณ์การตกของฝน

เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำในลำธาร ก่อนและ หลังทำการสร้างฝาย เมื่อมีการตกของฝนต่อเนื่อง โดยทำการจำลองสถานการณ์การตกของฝนจากเกณฑ์การเตือนภัย ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กำหนดปริมาณน้ำฝนที่มีปริมาณมากกว่า 150 มิลลิเมตร ที่ต้องป้องกันการเกิดน้ำท่วมและดินถล่ม จึงทำการกำหนดฝนที่ตกต่อเนื่องนาน 8 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 30 และมีรายละเอียดดังตารางที่ 7



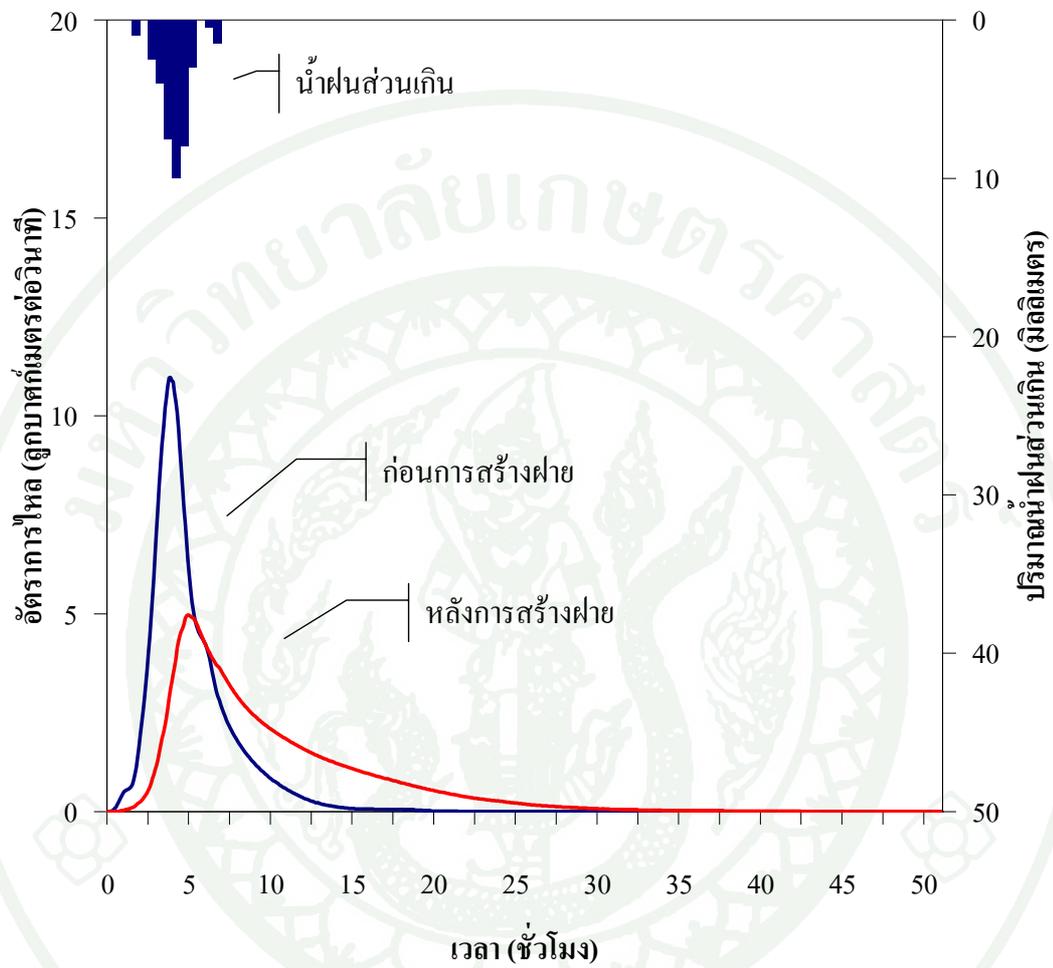
ภาพที่ 30 สถานการณ์จำลองของความเข้มฝนที่ตกต่อเนื่องกันนาน 8 ชั่วโมง

ตารางที่ 7 ค่าการจำลองสถานการณ์การตกของฝน

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)	ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำผิวดิน (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	ความสูงน้ำ (เซนติเมตร)
0.00	5	2.50	0.00	0.00	0.00
0.50	11	5.50	0.00	0.00	0.00
1.00	12	6.00	0.00	0.00	0.00
1.50	21	10.50	0.98	2.03	0.12
2.00	15	7.50	0.00	0.00	0.00
2.50	24	12.00	2.48	5.04	0.29
3.00	27	13.50	3.98	8.05	0.46
3.50	34	17.00	7.48	15.07	0.86
4.00	39	19.50	9.98	20.08	1.15
4.50	35	17.50	7.98	16.07	0.92
5.00	25	12.50	2.98	6.04	0.35
5.50	16	8.00	0.00	0.00	0.00
6.00	20	10.00	0.48	1.03	0.06
6.50	22	11.00	1.48	3.04	0.17
7.00	10	5.00	0.00	0.00	0.00
7.50	7	3.50	0.00	0.00	0.00
8.00	3	1.50	0.00	0.00	0.00

จากการศึกษากราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าทำให้สามารถคาดการณ์ลักษณะการไหลของน้ำจากการจำลองสถานการณ์การตกของฝนได้ จากการศึกษาแสดงลักษณะกราฟน้ำท่าดังภาพที่ 31 ค่าอัตราการไหลของน้ำสูงสุดก่อนการสร้างฝายต้นน้ำเท่ากับ 10.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำเท่ากับ 4.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

จากอัตราการไหลสูงสุดที่ลำธารสามารถรองรับได้เท่ากับ 5.81 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เห็นว่าถ้าไม่ทำการสร้างฝาย สามารถทำให้เกิดการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดิน หรือน้ำหลาก ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องทำการขุด ขยาย หรือเพิ่มขนาดของลำธารให้ลึก และกว้างขึ้น เพื่อเพิ่มพื้นที่รองรับน้ำให้มากขึ้น



ภาพที่ 31 กราฟน้ำท่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การตกของฝน

จากการศึกษาอัตราการไหลสูงสุดที่ลำธารสามารถรับได้ และการจำลองสถานการณ์การตกของฝน จากน้ำฝนที่จำลองสถานการณ์ทำให้ได้ค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำก่อนการสร้างฝาย เท่ากับ 10.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำเท่ากับ 4.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่ความสามารถของลำธารสามารถรองรับได้ เท่ากับ 5.81 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะเห็นว่าก่อนที่จะมีการสร้างฝายต้นน้ำ หากมีการตกของฝนที่ต่อเนื่องอัตราการไหลของน้ำในลำธารจะสูงขึ้น และอาจสูงขึ้นจนเกินขีดความสามารถของลำธารที่จะรองรับได้ แต่เมื่อมีการสร้างฝายต้นน้ำ การไหลของน้ำในลำธารจะไม่สูงเท่าตอนที่ยังไม่มีการสร้างฝาย ซึ่งจะเห็นว่าฝายเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่สามารถนำมาช่วยลดการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ได้

ค่าอัตราการไหลที่ได้ สามารถนำมาประเมินขนาดของลำธาร ที่ทำให้ลำธารสามารถรองรับปริมาณน้ำที่มากขึ้นได้ เพื่อลดการเกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดินรวมถึงการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ และพื้นที่ราบเชิงเขา

จากการค้นคว้า การสร้างฝายก็มีผลกระทบต่อระบบนิเวศลำธารเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การสะสมตะกอนที่ก้นน้ำซึ่งจะทำให้ลำธารตื้นเขินขึ้น เมื่อผ่านไปในอนาคต พื้นที่ลำธารก็อาจจะไม่เพียงพอสำหรับการรองรับน้ำปริมาณน้ำที่จะเข้ามา

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยา เปรียบเทียบลักษณะทางอุทกวิทยาก่อน และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า ก่อนและหลังการสร้างฝายต้นน้ำ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟน้ำท่า กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า และสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า ทำให้ทราบว่า ลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านกายภาพของพื้นที่ รวมถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

กราฟน้ำท่าของต้นน้ำแม่คำ ลักษณะกราฟน้ำท่าก่อนดำเนินการสร้างฝายต้นน้ำมีกราฟส่วนขึ้นที่ชัน กราฟส่วนยอดแหลมเรียว และกราฟส่วนลดที่ชันมาก หลังการดำเนินการสร้างฝายต้นน้ำ กราฟส่วนขึ้นมีความชัน กราฟส่วนยอดเรียวมน กราฟส่วนลดลาดชันลดลง

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า เปรียบเทียบกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อน และหลังการสร้างฝายต้นน้ำ พบว่า ลักษณะกราฟส่วนขึ้น และส่วนลด ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำมีความชันมากกว่า หลังการสร้างฝาย และลักษณะกราฟส่วนยอดที่แหลมเรียวกว่า

ช่วงเวลาที่น้ำเริ่มเปลี่ยนระดับถึงการไหลสูงสุด (T_p) ของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ เท่ากับ 1 ชั่วโมง 10 นาที หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 1 ชั่วโมง 40 นาที ความกว้างของฐานเวลาที่ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุด (W_{25} , W_{50} และ W_{75}) ก่อนถึงช่วงการไหลสูงสุด ก่อนการสร้างฝายเท่ากับ 44 นาที, 33 นาที และ 23 นาที ตามลำดับ หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 1 ชั่วโมง 15 นาที, 55 นาที และ 39 นาทีตามลำดับ หลังถึงช่วงการไหลสูงสุด ก่อนการสร้างฝายเท่ากับ 1 ชั่วโมง 40 นาที, 45 นาที และ 25 นาที ตามลำดับ หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 7 ชั่วโมง 20 นาที, 2 ชั่วโมง 45 นาที และ 1 ชั่วโมง 10 นาที ตามลำดับ ช่วงเวลาการไหลของน้ำผิวดิน (T_p) ก่อนการสร้างฝาย เท่ากับ 11 ชั่วโมง 45 นาที หลังการสร้างฝายเท่ากับ 31 ชั่วโมง จากช่วงเวลาที่ได้ในฐานเวลาต่าง ๆ พบว่าหลังทำการสร้างฝายต้นน้ำแล้วนั้น ระยะเวลาในช่วงฐานเวลา ยาวนานขึ้น แสดงว่าอัตราการไหลของน้ำในลำธารช้าลง ทำช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธาร ยาวนานขึ้น

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า เท่ากับ 0.80 หลังการสร้างฝาย เท่ากับ 0.93 แสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่าที่ได้ หลังจากทำการสร้างฝายมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า เมื่อทำการสร้างฝายแล้ว อัตราการปลดปล่อยน้ำท่า เป็นไปอย่างช้า ๆ และมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

เมื่อทำการสร้างฝายต้นน้ำ ระดับน้ำในลำธารจะเพิ่มระดับขึ้นอย่างช้า ๆ และปลดปล่อยน้ำ ล้นสู่ลำธารได้ช้าลง จากผลการศึกษาดังกล่าว สามารถนำไปเป็นแนวทางในการประเมินอัตราการ ไหลสูงสุดของน้ำจากพื้นที่รับน้ำที่มีการทำฝายต้นน้ำ และไม่มีการทำฝายต้นน้ำ เพื่อการออกแบบ ขนาดของลำธารในการป้องกันอุทกภัย บริเวณเชิงเขา และที่ราบน้ำท่วมถึง

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาได้ดำเนินการสร้างฝายต้นน้ำเพียง 4 ฝาย เฉพาะบริเวณปลายน้ำลำน้ำสายหลักเท่านั้น ผลที่ได้ถึงแม้จะทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง แต่อาจยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดใน ลักษณะบางประการ ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่มีจำนวนฝายต้นน้ำมากขึ้น และมีการ กระจายบริเวณลำน้ำสายหลัก สายย่อย รวมถึงการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใหญ่ขึ้น
2. จากการศึกษาได้ทำการศึกษาเพียงช่วงระยะเวลา 2 ปี ควรทำการศึกษาต่อเนื่องในช่วง ระยะเวลาถัดไป เพื่อหาปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นรวมถึงปริมาณตะกอนที่มีทับถมบริเวณฝายที่จะ ส่งผลต่อลักษณะของกลุ่มน้ำที่จะส่งผลต่อการไหลของน้ำ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคเหนือของประเทศไทย
จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546. เอกสารวิชาการฉบับที่ 521. สำนักสำรวจดิน
และวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. ฤดูกาลของโลก. ความรู้อุตุนิยมวิทยา. แหล่งที่มา:
<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=23>, 18 สิงหาคม 2551.

เกษม จันท์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2525. หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์
วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันท์แก้ว, นิพนธ์ ตั้งธรรม และ เพิ่มศักดิ์ มกรภิรมย์. 2525. ผลผลิตน้ำท่าบริเวณป่าดิบ
เขา ดอยปู่ เชียงใหม่, บันทึกวิจัย ฉบับที่ 10. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันท์แก้ว, วีระศักดิ์ อุดมโชค และวิชา นิยม. 2524. ผลกระทบของการทำลายป่าต่อภาวะ
อากาศบริเวณสถานีวิจัยสะแกราช, รายงานวนศาสตร์วิจัย ฉบับที่ 83. คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จ่านง แก้วชะฎา. 2527. อิทธิพลของภูมิประเทศและการใช้ที่ดินต่อสมดุลของน้ำบริเวณอุทยาน
แห่งชาติเขาใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเนียร เพื่อนดา. 2542. ลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สูงตอนล่างบริเวณเชิงเขา.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โชคชัย เลิศเกียรติวงศ์. 2548. การศึกษาลักษณะทางอุทกอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำ บริเวณ
โครงการศูนย์ภูฟ้าพัฒนา อำเภอป่าสัก จังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ตวงรัตน์ พลุเกษม. 2540. อิทธิพลของลักษณะทางภูมิกายภาพลุ่มน้ำต่อช่วงเวลา การไหลของน้ำในลำธาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ โชติบาล. 2525. อิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำและการทำลายป่าไม้ต่อปริมาณน้ำในลำธาร ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2512. ลักษณะทางปฐพีวิทยาของลุ่มน้ำห้วยคอกม้า. การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 1. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และปรีชา คูรัตน์. 2516. ดินเลื่อนไหลในป่าดิบเขา ดอยปู่ย เชียงใหม่. การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้า เล่มที่ 16. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ ลาภอุดมเลิศ และเกษม จันทร์แก้ว. 2518. การประเมินน้ำในลำธารป่าดิบเขาธรรมชาติจากปัจจัยที่สำคัญ, บริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 23. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล. 2523. การศึกษาค่าคงที่ของกราฟส่วนลดห้วยหินลาด. กองอนุรักษ์ต้นน้ำกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักชลประทานที่ 4 . 2551. ฝ่ายต้นน้ำ แหล่งที่มา:

<http://irrigation.rid.go.th/rid4/Homepage%20oe49/readdata/prasittiporn.pdf>, 13 ธันวาคม 2551.

สุรินทร์ นำประเสริฐ. 2525. สมดุลของน้ำจากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณทุ่งจ้อและดอยปู่ย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

หน่วยจัดการต้นน้ำดอยสามหมื่น สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16. 2544. ฝ่ายในพื้นที่ต้นน้ำลำธาร. แหล่งที่มา: <http://www.dnp.go.th/kingdnp/orri/information/checkdam01.html>, 15 ธันวาคม 2551.

- Black, P.E. 1991. **Watershed Hydrology Prentice Hall**. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Colman, E.A. 1953. **Vegetation and Watershed Magement**. Ronald Press, New York.
- Hirata, T. 1929. **Contibitions of the Problem of the Relation Between the Forest and Water in Japan**. Imperial Forest Station, Megaro Tokyo.
- Hudson, N. 1971. **Soil Conservation**. Cornell University Press, Itaca.
- Kirkby, M.J. 1978. **Hillslope Hydrology**. A Wiley-Interscience Publication, Great Britain.
- Klinkularb, M. 2002. **The Hydrological Characteristics of Typical Small Watersheds in Thailand**. Ph.D. Thesis, Kasetsart University.
- Komsatra, C. 1989. **Flood Hydrograph from Small Watershed**. M. Eng. Thesis, Asian Institute of Technology.
- Linsley, R. K., Jr., M. A. Kohler and J. L. H. Paulhus. 1958. **Hydrology for Engineers**. McGraw-Hall Company, New York.
- Master Home Inspections. 2009. **Water Quality and Common Problems** Available Source: <http://www.masterhomeinspection.com>, 4 May 2010.
- Minshall, N.E. 1960. **Predicting Storm Runoff on Small Experimental Watersheds**. J. of Hyd. Div.ASCE. 86(HY8).
- Ozaga- Zielinska, M. 1975. Statistical Analysis of Relationships among Charecteristics of Stream Flow and Physiographic Characteristics of the River Basin, pp. 123-135. **In Proceeding of Tokyo Symposium**. IAHS-ISH Publication No. 117, Tokyo.

- Sherman, L.K. 1932. Streamflow from Rainfall by the Unit Graph Method, pp. 501-505. *In* W. Viessman, J.W. Knapps, G.L. Lewis and T.E. Harbaugh. **Introduction to Hydrology**. 2nd ed., A Dun-Donelley Publisher, New York.
- Snyder, E.F. 1938. Synthetic Unit Graphs, pp. 447-454. *In* W. Viessman, J.W. Knapps, G.L. Lewis and T.E. Harbaugh. **Introduction to Hydrology**. 2nd ed., A Dun-Donelley Publisher, New York.
- Sopper, W.E. and H.W. Lull. 1970. **Streamflow Characteristic of the Northeastern United State**. The Penn. State Univ. Agri. Exp. Sta. Bull 776.
- Tanaka and Kawatani. 1975. Field Study on Precipitation Discharge Rotation in a Small Basin on Southern Slope of Mt. Rokko, pp. 29-36. *In* **Proceeding of Tokyo Symposium, LAHS-AISH Publication No. 117**, Japan.
- Udomchoke, V. and O.Mingtipon. 1993. **Hydrologic Characteristic and Management of Low – Hill Watershed, Case Study: Huai Jo Watershed, Chiang Mai**. Faculty of Science, Kasetsart University.
- Udomchoke, V. and P. Aungsuratana. 1995. The Prediction on Flood Induced Rainfall from Meteorological Satellite Data, pp. 347-351. *In* **Proceedings of the 2nd International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME**. Pattaya, Thailand
- Viessman, Jr., W., J.W. Knapp, G.L. Lewis, and T.E. Harbaugh. 1977. **Introduction to Hydrology**. 2nd ed.. Harper and Row, New York.
- Vongtanaboon, S. 1998. **Hydrological Characteristics of Low-Hill Watersheds in Changwat Chiang Mai**. M.S. thesis, Kasetsart University.
- Wisler, C.O. and E.F. Brater. 1959. **Hydrology**. 2nd ed., John Wiley and Sons. Inc., New York.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลอากาศรายปี สถานีอุตุนิยมวิทยาพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

ปี	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)			การระเหยน้ำ (มิลลิเมตร)		
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	รายปี	สูงสุด	ต่ำสุด	รายปี
พ.ศ. 2524	30.2	19.7	26.1	253.9	0.0	1038.8	-	-	-
พ.ศ. 2525	28.6	20.2	25.5	239.0	0.0	856.7	158.8	83.6	1,485.1
พ.ศ. 2526	31.4	18.9	26.1	232.3	0.0	1149.1	229.9	71.7	1,696.0
พ.ศ. 2527	30.4	20.8	25.8	192.6	0.0	885.3	216.9	93.8	1,606.7
พ.ศ. 2528	29.8	20.7	25.9	211.6	0.0	1008.2	218.6	73.9	1,625.6
พ.ศ. 2529	28.8	20.0	24.8	166.8	0.0	945.3	203.5	91.1	1,554.6
พ.ศ. 2530	28.8	17.1	25.0	285.5	0.0	1137.2	198.8	71.3	1,488.4
พ.ศ. 2531	28.7	19.4	25.0	209.3	0.0	1285.9	190.3	76.7	1,455.4
พ.ศ. 2532	30.0	18.1	25.1	221.3	0.0	1200.2	213.8	78.3	1,550.9
พ.ศ. 2533	28.5	19.7	25.1	266.3	0.0	1233.3	194.5	73.3	1,467.6
พ.ศ. 2534	28.7	19.7	25.1	161.3	0.2	990.0	165.7	72.9	1,398.5
พ.ศ. 2535	30.8	17.9	25.0	180.8	0.0	782.2	209.9	63.2	1,594.8
พ.ศ. 2536	28.2	19.6	24.8	219.9	0.0	806.8	167.3	78.3	1,438.6
พ.ศ. 2537	28.3	20.6	25.0	318.5	0.0	1544.5	157.2	66.4	1,318.9
พ.ศ. 2538	29.3	19.4	25.3	275.2	0.0	1345.0	173.8	68.2	1,361.3
พ.ศ. 2539	28.2	19.0	24.9	182.7	0.0	946.8	154.4	75.2	1,272.0
พ.ศ. 2540	28.7	19.5	25.2	248.9	0.0	1129.2	161.5	82.2	1,398.4
พ.ศ. 2541	29.1	21.5	26.1	307.5	0.0	1174.2	169.6	89.7	1,478.0
พ.ศ. 2542	28.0	17.9	25.0	311.3	19.3	1512.6	155.8	82.9	1,397.8
พ.ศ. 2543	27.5	21.2	24.9	199.1	0.0	942.5	151.4	92.3	1,375.6
พ.ศ. 2544	29.9	21.1	25.3	409.0	0.0	1550.9	184.0	75.3	1,404.4
พ.ศ. 2545	28.3	20.4	25.1	327.0	4.2	1379.7	176.6	66.2	1,320.0
พ.ศ. 2546	28.4	19.7	25.1	378.1	0.0	1102.7	152.9	78.7	1,354.5
พ.ศ. 2547	28.3	18.2	24.9	319.6	0.0	1081.8	160.6	71.8	1,321.2
พ.ศ. 2548	28.0	20.2	25.2	486.4	0.1	1564.0	144.1	56.4	1,305.8
พ.ศ. 2549	28.1	20.1	25.5	227.1	0.0	1263.1	147.1	86.2	1,215.0
สูงสุด	31.4	21.5	26.1	486.4	19.3	1564.0	229.9	93.8	1,696.0
ต่ำสุด	27.5	17.1	24.8	161.3	0.0	782.2	144.1	56.4	1,215.0
เฉลี่ย	29.0	19.6	25.3	262.7	0.9	1148.3	178.3	76.8	1,435.4

ตารางผนวกที่ 2 การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 21 กันยายน 2549

น้ำฝนส่วนเกิน = 4.08 มิลลิเมตร

เวลา นาที่	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
0	0.3646	0.3646	0.0000	0.0000
5	0.3646	0.3642	0.0004	0.0174
10	0.3646	0.3642	0.0004	0.0174
15	0.3680	0.3639	0.0041	0.1997
20	0.3851	0.3637	0.0214	1.0565
25	0.4097	0.3631	0.0466	2.2967
30	0.4329	0.3629	0.0700	3.4480
35	0.4524	0.3626	0.0898	4.4232
40	0.4668	0.3623	0.1045	5.1473
45	0.4759	0.3620	0.1139	5.6103
50	0.4814	0.3614	0.1200	5.9108
55	0.4808	0.3620	0.1188	5.8517
60	0.4750	0.3647	0.1103	5.4330
65	0.4655	0.3673	0.0982	4.8370
70	0.4556	0.3696	0.0860	4.2361
75	0.4447	0.3723	0.0724	3.5662
80	0.4336	0.3749	0.0587	2.8914
85	0.4247	0.3775	0.0472	2.3249
90	0.4192	0.3784	0.0408	2.0097
95	0.4145	0.3775	0.0370	1.8225
100	0.4106	0.3769	0.0337	1.6580
105	0.4078	0.3764	0.0314	1.5476
110	0.4055	0.3758	0.0297	1.4619
115	0.4030	0.3753	0.0277	1.3664
120	0.4014	0.3747	0.0267	1.3151
125	0.3998	0.3741	0.0257	1.2639
130	0.3979	0.3736	0.0243	1.1979
135	0.3966	0.3730	0.0236	1.1615
140	0.3953	0.3725	0.0228	1.1250
145	0.3940	0.3719	0.0221	1.0886
150	0.3928	0.3713	0.0215	1.0570

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 4.08 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
155	0.3918	0.3712	0.0206	1.0147
160	0.3905	0.3704	0.0201	0.9901
165	0.3896	0.3702	0.0194	0.9561
170	0.3886	0.3699	0.0187	0.9191
175	0.3877	0.3697	0.0180	0.8886
180	0.3867	0.3693	0.0174	0.8580
185	0.3854	0.3686	0.0168	0.8270
190	0.3848	0.3686	0.0162	0.7994
195	0.3838	0.3681	0.0157	0.7719
200	0.3826	0.3675	0.0151	0.7443
205	0.3819	0.3672	0.0147	0.7255
210	0.3810	0.3667	0.0143	0.7039
215	0.3797	0.3658	0.0139	0.6827
220	0.3787	0.3653	0.0134	0.6610
225	0.3777	0.3647	0.0130	0.6393
230	0.3767	0.3641	0.0126	0.6211
235	0.3757	0.3635	0.0122	0.6024
240	0.3747	0.3628	0.0119	0.5842
245	0.3737	0.3622	0.0116	0.5689
250	0.3727	0.3613	0.0114	0.5596
255	0.3717	0.3607	0.0111	0.5443
260	0.3707	0.3600	0.0107	0.5290
265	0.3697	0.3592	0.0105	0.5167
270	0.3687	0.3585	0.0102	0.5009
275	0.3677	0.3579	0.0098	0.4827
280	0.3667	0.3572	0.0096	0.4704
285	0.3657	0.3564	0.0093	0.4581
290	0.3647	0.3557	0.0090	0.4453
295	0.3637	0.3550	0.0087	0.4275
300	0.3627	0.3542	0.0085	0.4182
305	0.3617	0.3535	0.0082	0.4029

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 4.08 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
310	0.3607	0.3527	0.0081	0.3965
315	0.3597	0.3520	0.0077	0.3812
320	0.3587	0.3512	0.0076	0.3719
325	0.3577	0.3503	0.0074	0.3660
330	0.3567	0.3495	0.0072	0.3566
335	0.3557	0.3487	0.0070	0.3443
340	0.3547	0.3479	0.0068	0.3349
345	0.3537	0.3472	0.0065	0.3197
350	0.3527	0.3463	0.0064	0.3138
355	0.3519	0.3458	0.0061	0.3015
360	0.3511	0.3452	0.0059	0.2891
365	0.3503	0.3447	0.0056	0.2768
370	0.3495	0.3441	0.0054	0.2645
375	0.3487	0.3435	0.0052	0.2581
380	0.3479	0.3428	0.0051	0.2492
385	0.3471	0.3422	0.0049	0.2428
390	0.3463	0.3416	0.0047	0.2335
395	0.3455	0.3410	0.0045	0.2212
400	0.3447	0.3403	0.0044	0.2182
405	0.3439	0.3397	0.0042	0.2088
410	0.3431	0.3391	0.0040	0.1970
415	0.3423	0.3384	0.0039	0.1906
420	0.3415	0.3378	0.0037	0.1847
425	0.3407	0.3371	0.0036	0.1783
430	0.3401	0.3367	0.0034	0.1689
435	0.3391	0.3359	0.0032	0.1601
440	0.3383	0.3352	0.0031	0.1537
445	0.3375	0.3345	0.0030	0.1478
450	0.3367	0.3339	0.0028	0.1384
455	0.3359	0.3332	0.0027	0.1355
460	0.3351	0.3325	0.0026	0.1261

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 4.08 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
465	0.3343	0.3319	0.0024	0.1197
470	0.3335	0.3311	0.0024	0.1167
475	0.3327	0.3304	0.0022	0.1108
480	0.3319	0.3297	0.0022	0.1074
485	0.3311	0.3291	0.0020	0.0985
490	0.3303	0.3285	0.0018	0.0892
495	0.3295	0.3277	0.0017	0.0862
500	0.3287	0.3270	0.0017	0.0832
505	0.3279	0.3263	0.0016	0.0768
510	0.3271	0.3256	0.0015	0.0739
515	0.3263	0.3249	0.0014	0.0675
520	0.3255	0.3242	0.0013	0.0645
525	0.3247	0.3234	0.0012	0.0616
530	0.3239	0.3228	0.0011	0.0552
535	0.3231	0.3221	0.0010	0.0493
540	0.3223	0.3213	0.0010	0.0493
545	0.3215	0.3206	0.0009	0.0463
550	0.3207	0.3198	0.0009	0.0429
555	0.3199	0.3190	0.0009	0.0429
560	0.3191	0.3183	0.0008	0.0399
565	0.3183	0.3176	0.0007	0.0340
570	0.3175	0.3169	0.0006	0.0305
575	0.3167	0.3161	0.0006	0.0276
580	0.3159	0.3155	0.0004	0.0217
585	0.3151	0.3147	0.0004	0.0182
590	0.3143	0.3140	0.0003	0.0153
595	0.3135	0.3132	0.0002	0.0123
600	0.3127	0.3125	0.0002	0.0094
605	0.3119	0.3116	0.0002	0.0123
610	0.3111	0.3109	0.0002	0.0094

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 4.08 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
615	0.3103	0.3102	0.0001	0.0059
620	0.3095	0.3094	0.0001	0.0059
625	0.3087	0.3087	0.0000	0.0000
630	0.3079	0.3079	0.0000	0.0000
635	0.3071	0.3071	0.0000	0.0000
640	0.3063	0.3063	0.0000	0.0000
645	0.3055	0.3055	0.0000	0.0000

ตารางผนวกที่ 3 การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 23 กันยายน 2549

น้ำฝนส่วนเกิน = 1.03 มิลลิเมตร

เวลา นาที่	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
0	0.1490	0.1490	0.0000	0.0000
5	0.1498	0.1489	0.0009	0.0534
10	0.1506	0.1489	0.0017	0.1068
15	0.1514	0.1488	0.0026	0.1602
20	0.1538	0.1487	0.0051	0.3145
25	0.1562	0.1487	0.0075	0.4687
30	0.1611	0.1486	0.0125	0.7772
35	0.1762	0.1486	0.0276	1.7179
40	0.1892	0.1485	0.0407	2.5277
45	0.1998	0.1484	0.0514	3.1926
50	0.2134	0.1484	0.0650	4.0426
55	0.2172	0.1483	0.0689	4.2817
60	0.2190	0.1485	0.0705	4.3804
65	0.2176	0.1487	0.0689	4.2835
70	0.2162	0.1488	0.0674	4.1865
75	0.2107	0.1493	0.0614	3.8144
80	0.2079	0.1498	0.0582	3.6151
85	0.2052	0.1502	0.0550	3.4165
90	0.2004	0.1507	0.0497	3.0889
95	0.1971	0.1512	0.0459	2.8556
100	0.1935	0.1516	0.0419	2.6016
105	0.1892	0.1521	0.0370	2.3027
110	0.1865	0.1526	0.0340	2.1105
115	0.1839	0.1531	0.0309	1.9191
120	0.1813	0.1535	0.0278	1.7287
125	0.1800	0.1540	0.0261	1.6193
130	0.1780	0.1545	0.0235	1.4629
135	0.1762	0.1543	0.0219	1.3595
140	0.1749	0.1542	0.0207	1.2893
145	0.1736	0.1540	0.0196	1.2191
150	0.1724	0.1539	0.0185	1.1493

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 1.03 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
155	0.1711	0.1537	0.0174	1.0796
160	0.1703	0.1536	0.0167	1.0364
165	0.1694	0.1534	0.0160	0.9932
170	0.1686	0.1533	0.0153	0.9500
175	0.1678	0.1532	0.0146	0.9071
180	0.1669	0.1530	0.0139	0.8642
185	0.1656	0.1529	0.0127	0.7913
190	0.1649	0.1527	0.0122	0.7568
195	0.1642	0.1526	0.0116	0.7223
200	0.1637	0.1524	0.0113	0.7004
205	0.1632	0.1523	0.0109	0.6785
210	0.1627	0.1521	0.0106	0.6565
215	0.1622	0.1520	0.0102	0.6346
220	0.1617	0.1519	0.0099	0.6126
225	0.1614	0.1517	0.0097	0.6025
230	0.1611	0.1516	0.0095	0.5924
235	0.1608	0.1514	0.0094	0.5824
240	0.1605	0.1513	0.0092	0.5723
245	0.1602	0.1511	0.0090	0.5622
250	0.1599	0.1510	0.0089	0.5521
255	0.1596	0.1508	0.0087	0.5420
260	0.1593	0.1507	0.0086	0.5319
265	0.1589	0.1505	0.0084	0.5219
270	0.1586	0.1504	0.0082	0.5119
275	0.1583	0.1503	0.0081	0.5019
280	0.1580	0.1501	0.0079	0.4920
285	0.1577	0.1500	0.0078	0.4820
290	0.1574	0.1498	0.0076	0.4720
295	0.1571	0.1497	0.0074	0.4620
300	0.1568	0.1495	0.0073	0.4520
305	0.1566	0.1494	0.0072	0.4459

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 1.03 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
310	0.1563	0.1492	0.0071	0.4397
315	0.1561	0.1491	0.0070	0.4335
320	0.1558	0.1490	0.0069	0.4273
325	0.1556	0.1488	0.0068	0.4211
330	0.1553	0.1487	0.0067	0.4150
335	0.1551	0.1485	0.0066	0.4088
340	0.1549	0.1484	0.0065	0.4026
345	0.1546	0.1482	0.0064	0.3964
350	0.1544	0.1481	0.0063	0.3902
355	0.1541	0.1479	0.0062	0.3855
360	0.1539	0.1478	0.0061	0.3808
365	0.1537	0.1476	0.0061	0.3761
370	0.1535	0.1475	0.0060	0.3714
375	0.1533	0.1474	0.0059	0.3667
380	0.1530	0.1472	0.0058	0.3620
385	0.1528	0.1471	0.0057	0.3573
390	0.1526	0.1469	0.0057	0.3526
395	0.1524	0.1468	0.0056	0.3478
400	0.1522	0.1466	0.0055	0.3431
405	0.1519	0.1465	0.0054	0.3384
410	0.1516	0.1463	0.0053	0.3287
415	0.1513	0.1462	0.0051	0.3189
420	0.1510	0.1461	0.0050	0.3092
425	0.1507	0.1459	0.0048	0.2995
430	0.1504	0.1458	0.0047	0.2897
435	0.1501	0.1456	0.0045	0.2800
440	0.1498	0.1455	0.0043	0.2702
445	0.1495	0.1453	0.0042	0.2605
450	0.1493	0.1452	0.0041	0.2560
455	0.1491	0.1450	0.0040	0.2514
460	0.1489	0.1449	0.0040	0.2469

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 1.03 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
465	0.1486	0.1447	0.0039	0.2424
470	0.1484	0.1446	0.0038	0.2378
475	0.1482	0.1445	0.0038	0.2333
480	0.1480	0.1443	0.0037	0.2287
485	0.1478	0.1442	0.0036	0.2242
490	0.1476	0.1440	0.0035	0.2197
495	0.1473	0.1439	0.0035	0.2151
500	0.1471	0.1437	0.0034	0.2106
505	0.1469	0.1436	0.0033	0.2032
510	0.1466	0.1434	0.0031	0.1957
515	0.1463	0.1433	0.0030	0.1883
520	0.1461	0.1432	0.0029	0.1808
525	0.1458	0.1430	0.0028	0.1734
530	0.1455	0.1429	0.0027	0.1660
535	0.1453	0.1427	0.0026	0.1585
540	0.1450	0.1426	0.0024	0.1511
545	0.1447	0.1424	0.0023	0.1436
550	0.1445	0.1423	0.0022	0.1393
555	0.1443	0.1421	0.0022	0.1349
560	0.1441	0.1420	0.0021	0.1306
565	0.1439	0.1418	0.0020	0.1262
570	0.1437	0.1417	0.0020	0.1218
575	0.1434	0.1416	0.0019	0.1175
580	0.1432	0.1414	0.0018	0.1131
585	0.1430	0.1413	0.0017	0.1088
590	0.1428	0.1411	0.0017	0.1044
595	0.1426	0.1410	0.0016	0.1000
600	0.1424	0.1408	0.0015	0.0957
605	0.1422	0.1407	0.0015	0.0934
610	0.1420	0.1405	0.0015	0.0912
615	0.1418	0.1404	0.0014	0.0890

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 1.03 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
620	0.1416	0.1403	0.0014	0.0868
625	0.1415	0.1401	0.0014	0.0845
630	0.1413	0.1400	0.0013	0.0823
635	0.1411	0.1398	0.0013	0.0801
640	0.1409	0.1397	0.0013	0.0779
645	0.1407	0.1395	0.0012	0.0756
650	0.1406	0.1394	0.0012	0.0734
655	0.1404	0.1392	0.0011	0.0712
660	0.1402	0.1391	0.0011	0.0689
665	0.1400	0.1389	0.0011	0.0667
670	0.1398	0.1388	0.0010	0.0636
675	0.1396	0.1387	0.0010	0.0605
680	0.1394	0.1385	0.0009	0.0575
685	0.1392	0.1384	0.0009	0.0544
690	0.1390	0.1382	0.0008	0.0513
695	0.1389	0.1381	0.0008	0.0482
700	0.1387	0.1379	0.0007	0.0451
705	0.1385	0.1378	0.0007	0.0421
710	0.1383	0.1376	0.0006	0.0390
715	0.1381	0.1375	0.0006	0.0359
720	0.1379	0.1374	0.0005	0.0328
725	0.1377	0.1372	0.0005	0.0297
730	0.1375	0.1371	0.0005	0.0297
735	0.1374	0.1369	0.0005	0.0297
740	0.1373	0.1368	0.0005	0.0297
745	0.1371	0.1366	0.0005	0.0297
750	0.1370	0.1365	0.0005	0.0297
755	0.1368	0.1363	0.0005	0.0297
760	0.1367	0.1362	0.0005	0.0298
765	0.1365	0.1360	0.0005	0.0298
770	0.1364	0.1359	0.0005	0.0298

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 1.03 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
775	0.1362	0.1358	0.0005	0.0298
780	0.1361	0.1356	0.0005	0.0298
785	0.1359	0.1355	0.0005	0.0298
790	0.1358	0.1353	0.0005	0.0298
795	0.1357	0.1352	0.0005	0.0298
800	0.1355	0.1350	0.0005	0.0298
805	0.1354	0.1349	0.0005	0.0298
810	0.1352	0.1347	0.0005	0.0298
815	0.1351	0.1346	0.0005	0.0299
820	0.1349	0.1345	0.0005	0.0300
825	0.1348	0.1343	0.0005	0.0300
830	0.1346	0.1342	0.0005	0.0301
835	0.1345	0.1340	0.0005	0.0302
840	0.1344	0.1339	0.0005	0.0302
845	0.1342	0.1337	0.0005	0.0303
850	0.1341	0.1336	0.0005	0.0304
855	0.1339	0.1334	0.0005	0.0304
860	0.1338	0.1333	0.0005	0.0305
865	0.1336	0.1331	0.0005	0.0306
870	0.1335	0.1330	0.0005	0.0306
875	0.1334	0.1329	0.0005	0.0307
880	0.1332	0.1327	0.0005	0.0308
885	0.1331	0.1326	0.0005	0.0308
890	0.1329	0.1324	0.0005	0.0310
895	0.1328	0.1323	0.0005	0.0311
900	0.1326	0.1321	0.0005	0.0312
905	0.1325	0.1320	0.0005	0.0313
910	0.1323	0.1318	0.0005	0.0315
915	0.1322	0.1317	0.0005	0.0316
920	0.1321	0.1316	0.0005	0.0317
925	0.1319	0.1314	0.0005	0.0319

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 1.03 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
930	0.1318	0.1313	0.0005	0.0320
935	0.1316	0.1311	0.0005	0.0321
940	0.1315	0.1310	0.0005	0.0322
945	0.1313	0.1308	0.0005	0.0324
950	0.1312	0.1307	0.0005	0.0325
955	0.1311	0.1305	0.0005	0.0326
960	0.1309	0.1304	0.0005	0.0328
965	0.1308	0.1302	0.0005	0.0329
970	0.1306	0.1301	0.0005	0.0291
975	0.1304	0.1300	0.0004	0.0252
980	0.1302	0.1298	0.0003	0.0214
985	0.1300	0.1297	0.0003	0.0176
990	0.1297	0.1295	0.0002	0.0138
995	0.1295	0.1294	0.0002	0.0100
1000	0.1293	0.1292	0.0001	0.0062
1005	0.1291	0.1291	0.0000	0.0023
1010	0.1289	0.1289	0.0000	0.0000

ตารางผนวกที่ 4 การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 6 ตุลาคม 2549

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาที่	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
0	0.0468	0.0468	0.0000	0.0000
5	0.0478	0.0467	0.0011	0.0358
10	0.0528	0.0467	0.0061	0.2055
15	0.0572	0.0466	0.0106	0.3551
20	0.0635	0.0465	0.0170	0.5683
25	0.0711	0.0465	0.0247	0.8250
30	0.0812	0.0464	0.0348	1.1654
35	0.0907	0.0463	0.0444	1.4857
40	0.1021	0.0462	0.0559	1.8696
45	0.1160	0.0462	0.0698	2.3372
50	0.1359	0.0461	0.0898	3.0056
55	0.1729	0.0460	0.1269	4.2463
60	0.2162	0.0460	0.1702	5.6972
65	0.2144	0.0464	0.1680	5.6234
70	0.1971	0.0480	0.1491	4.9899
75	0.1788	0.0502	0.1286	4.3037
80	0.1675	0.0523	0.1152	3.8561
85	0.1572	0.0545	0.1028	3.4395
90	0.1490	0.0566	0.0924	3.0920
95	0.1423	0.0587	0.0836	2.7971
100	0.1375	0.0609	0.0766	2.5654
105	0.1346	0.0630	0.0716	2.3963
110	0.1314	0.0651	0.0663	2.2188
115	0.1285	0.0668	0.0617	2.0643
120	0.1263	0.0691	0.0572	1.9133
125	0.1240	0.0711	0.0529	1.7689
130	0.1219	0.0733	0.0486	1.6278
135	0.1199	0.0739	0.0460	1.5404
140	0.1179	0.0739	0.0440	1.4743
145	0.1164	0.0738	0.0426	1.4250
150	0.1149	0.0738	0.0411	1.3756

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
155	0.1134	0.0737	0.0397	1.3276
160	0.1119	0.0736	0.0383	1.2803
165	0.1103	0.0736	0.0367	1.2297
170	0.1092	0.0736	0.0356	1.1917
175	0.1078	0.0736	0.0342	1.1457
180	0.1066	0.0735	0.0331	1.1064
185	0.1054	0.0735	0.0319	1.0671
190	0.1043	0.0735	0.0308	1.0322
195	0.1032	0.0734	0.0297	0.9953
200	0.1023	0.0734	0.0290	0.9694
205	0.1013	0.0733	0.0280	0.9368
210	0.1003	0.0733	0.0270	0.9042
215	0.0994	0.0733	0.0261	0.8749
220	0.0983	0.0732	0.0251	0.8394
225	0.0972	0.0732	0.0240	0.8039
230	0.0963	0.0731	0.0232	0.7752
235	0.0953	0.0731	0.0222	0.7430
240	0.0940	0.0731	0.0209	0.7009
245	0.0931	0.0730	0.0201	0.6721
250	0.0923	0.0730	0.0193	0.6466
255	0.0914	0.0729	0.0185	0.6178
260	0.0906	0.0729	0.0177	0.5924
265	0.0898	0.0729	0.0169	0.5670
270	0.0891	0.0728	0.0163	0.5449
275	0.0885	0.0728	0.0157	0.5261
280	0.0877	0.0727	0.0150	0.5007
285	0.0871	0.0727	0.0144	0.4820
290	0.0866	0.0727	0.0139	0.4666
295	0.0858	0.0726	0.0132	0.4411
300	0.0852	0.0726	0.0126	0.4224
305	0.0846	0.0725	0.0121	0.4036

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
310	0.0841	0.0725	0.0116	0.3882
315	0.0836	0.0725	0.0111	0.3729
320	0.0830	0.0724	0.0106	0.3541
325	0.0825	0.0724	0.0101	0.3387
330	0.0820	0.0723	0.0097	0.3233
335	0.0814	0.0723	0.0091	0.3046
340	0.0810	0.0723	0.0087	0.2925
345	0.0806	0.0722	0.0084	0.2805
350	0.0802	0.0722	0.0080	0.2684
355	0.0798	0.0721	0.0077	0.2564
360	0.0794	0.0721	0.0073	0.2443
365	0.0790	0.0721	0.0069	0.2323
370	0.0788	0.0720	0.0068	0.2269
375	0.0785	0.0720	0.0065	0.2182
380	0.0781	0.0719	0.0062	0.2062
385	0.0778	0.0719	0.0059	0.1975
390	0.0776	0.0719	0.0057	0.1921
395	0.0773	0.0718	0.0055	0.1834
400	0.0770	0.0718	0.0052	0.1747
405	0.0768	0.0717	0.0051	0.1694
410	0.0765	0.0717	0.0048	0.1607
415	0.0762	0.0717	0.0045	0.1520
420	0.0760	0.0716	0.0044	0.1466
425	0.0757	0.0716	0.0041	0.1379
430	0.0756	0.0715	0.0041	0.1359
435	0.0755	0.0715	0.0040	0.1339
440	0.0752	0.0715	0.0037	0.1252
445	0.0749	0.0714	0.0035	0.1165
450	0.0749	0.0714	0.0035	0.1178
455	0.0747	0.0713	0.0034	0.1125
460	0.0745	0.0713	0.0032	0.1071

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
465	0.0744	0.0713	0.0031	0.1051
470	0.0743	0.0712	0.0031	0.1031
475	0.0743	0.0712	0.0031	0.1044
480	0.0741	0.0711	0.0030	0.0991
485	0.0739	0.0711	0.0028	0.0937
490	0.0739	0.0711	0.0028	0.0951
495	0.0736	0.0710	0.0026	0.0864
500	0.0736	0.0710	0.0026	0.0877
505	0.0735	0.0709	0.0026	0.0857
510	0.0733	0.0709	0.0024	0.0803
515	0.0732	0.0709	0.0023	0.0783
520	0.0732	0.0708	0.0024	0.0797
525	0.0729	0.0708	0.0021	0.0710
530	0.0729	0.0707	0.0022	0.0723
535	0.0728	0.0707	0.0021	0.0703
540	0.0725	0.0707	0.0018	0.0616
545	0.0727	0.0706	0.0021	0.0696
550	0.0725	0.0706	0.0019	0.0643
555	0.0723	0.0705	0.0018	0.0589
560	0.0721	0.0705	0.0016	0.0536
565	0.0721	0.0705	0.0016	0.0549
570	0.0720	0.0704	0.0016	0.0529
575	0.0720	0.0704	0.0016	0.0542
580	0.0719	0.0703	0.0016	0.0522
585	0.0717	0.0703	0.0014	0.0469
590	0.0717	0.0703	0.0014	0.0482
595	0.0715	0.0702	0.0013	0.0421
600	0.0714	0.0702	0.0012	0.0410
605	0.0713	0.0701	0.0012	0.0392
610	0.0712	0.0701	0.0011	0.0374
615	0.0711	0.0701	0.0011	0.0356

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาที	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
620	0.0710	0.0700	0.0010	0.0338
625	0.0709	0.0700	0.0010	0.0320
630	0.0708	0.0699	0.0009	0.0302
635	0.0707	0.0699	0.0008	0.0284
640	0.0707	0.0699	0.0008	0.0266
645	0.0706	0.0698	0.0007	0.0248
650	0.0705	0.0698	0.0007	0.0230
655	0.0704	0.0697	0.0006	0.0212
660	0.0703	0.0697	0.0006	0.0204
665	0.0702	0.0697	0.0006	0.0196
670	0.0702	0.0696	0.0006	0.0188
675	0.0701	0.0696	0.0005	0.0180
680	0.0701	0.0695	0.0005	0.0172
685	0.0700	0.0695	0.0005	0.0164
690	0.0699	0.0695	0.0005	0.0156
695	0.0699	0.0694	0.0004	0.0148
700	0.0698	0.0694	0.0004	0.0140
705	0.0698	0.0693	0.0004	0.0139
710	0.0697	0.0693	0.0004	0.0137
715	0.0697	0.0693	0.0004	0.0136
720	0.0696	0.0692	0.0004	0.0135
725	0.0696	0.0692	0.0004	0.0134
730	0.0695	0.0691	0.0004	0.0132
735	0.0695	0.0691	0.0004	0.0131
740	0.0694	0.0691	0.0004	0.0130
745	0.0694	0.0690	0.0004	0.0128
750	0.0694	0.0690	0.0004	0.0127
755	0.0693	0.0689	0.0004	0.0126
760	0.0693	0.0689	0.0004	0.0125
765	0.0692	0.0689	0.0004	0.0123
770	0.0692	0.0688	0.0004	0.0122

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
775	0.0691	0.0688	0.0004	0.0121
780	0.0691	0.0687	0.0004	0.0119
785	0.0691	0.0687	0.0004	0.0118
790	0.0690	0.0687	0.0003	0.0117
795	0.0690	0.0686	0.0003	0.0116
800	0.0689	0.0686	0.0003	0.0114
805	0.0689	0.0685	0.0003	0.0113
810	0.0688	0.0685	0.0003	0.0112
815	0.0688	0.0685	0.0003	0.0110
820	0.0687	0.0684	0.0003	0.0109
825	0.0687	0.0684	0.0003	0.0108
830	0.0687	0.0683	0.0003	0.0107
835	0.0686	0.0683	0.0003	0.0105
840	0.0686	0.0683	0.0003	0.0104
845	0.0685	0.0682	0.0003	0.0103
850	0.0685	0.0682	0.0003	0.0101
855	0.0684	0.0681	0.0003	0.0100
860	0.0684	0.0681	0.0003	0.0099
865	0.0684	0.0681	0.0003	0.0098
870	0.0683	0.0680	0.0003	0.0096
875	0.0683	0.0680	0.0003	0.0095
880	0.0682	0.0679	0.0003	0.0094
885	0.0682	0.0679	0.0003	0.0092
890	0.0681	0.0679	0.0003	0.0091
895	0.0681	0.0678	0.0003	0.0090
900	0.0680	0.0678	0.0003	0.0089
905	0.0680	0.0677	0.0003	0.0087
910	0.0680	0.0677	0.0003	0.0086
915	0.0679	0.0677	0.0003	0.0085
920	0.0679	0.0676	0.0002	0.0083
925	0.0678	0.0676	0.0002	0.0082

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
930	0.0678	0.0675	0.0002	0.0081
935	0.0677	0.0675	0.0002	0.0080
940	0.0677	0.0675	0.0002	0.0078
945	0.0676	0.0674	0.0002	0.0077
950	0.0676	0.0674	0.0002	0.0076
955	0.0676	0.0673	0.0002	0.0074
960	0.0675	0.0673	0.0002	0.0073
965	0.0675	0.0673	0.0002	0.0072
970	0.0674	0.0672	0.0002	0.0071
975	0.0674	0.0672	0.0002	0.0069
980	0.0673	0.0671	0.0002	0.0068
985	0.0673	0.0671	0.0002	0.0067
990	0.0673	0.0671	0.0002	0.0065
995	0.0672	0.0670	0.0002	0.0064
1000	0.0672	0.0670	0.0002	0.0063
1005	0.0671	0.0669	0.0002	0.0062
1010	0.0671	0.0669	0.0002	0.0060
1015	0.0670	0.0669	0.0002	0.0059
1020	0.0670	0.0668	0.0002	0.0058
1025	0.0669	0.0668	0.0002	0.0056
1030	0.0669	0.0667	0.0002	0.0055
1035	0.0669	0.0667	0.0002	0.0054
1060	0.0666	0.0665	0.0001	0.0047
1065	0.0666	0.0665	0.0001	0.0046
1070	0.0666	0.0664	0.0001	0.0045
1075	0.0665	0.0664	0.0001	0.0044
1080	0.0665	0.0663	0.0001	0.0042
1085	0.0664	0.0663	0.0001	0.0041
1090	0.0664	0.0663	0.0001	0.0040
1095	0.0663	0.0662	0.0001	0.0038
1100	0.0663	0.0662	0.0001	0.0037

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 2.92 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1105	0.0662	0.0661	0.0001	0.0036
1110	0.0662	0.0661	0.0001	0.0035
1115	0.0662	0.0661	0.0001	0.0033
1120	0.0661	0.0660	0.0001	0.0032
1125	0.0661	0.0660	0.0001	0.0031
1130	0.0660	0.0659	0.0001	0.0029
1135	0.0660	0.0659	0.0001	0.0028
1140	0.0659	0.0659	0.0001	0.0027
1145	0.0659	0.0658	0.0001	0.0026
1150	0.0659	0.0658	0.0001	0.0024
1155	0.0658	0.0657	0.0001	0.0023
1160	0.0658	0.0657	0.0001	0.0022
1165	0.0657	0.0657	0.0001	0.0020
1170	0.0657	0.0656	0.0001	0.0019
1175	0.0656	0.0656	0.0001	0.0018
1180	0.0656	0.0655	0.0000	0.0017
1185	0.0655	0.0655	0.0000	0.0015
1210	0.0653	0.0653	0.0000	0.0009
1215	0.0653	0.0653	0.0000	0.0008
1220	0.0652	0.0652	0.0000	0.0006
1225	0.0652	0.0652	0.0000	0.0005
1230	0.0652	0.0651	0.0000	0.0004
1235	0.0651	0.0651	0.0000	0.0002
1240	0.0651	0.0651	0.0000	0.0001
1245	0.0650	0.0650	0.0000	0.0000
1250	0.0650	0.0650	0.0000	0.0000
1255	0.0649	0.0649	0.0000	0.0000
1260	0.0649	0.0649	0.0000	0.0000

ตารางผนวกที่ 5 การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 28 มิถุนายน 2550

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
0	0.2237	0.2237	0.0000	0.0000
5	0.2237	0.2234	0.0003	0.0017
10	0.2237	0.2230	0.0007	0.0033
15	0.2237	0.2227	0.0010	0.0050
20	0.2251	0.2224	0.0027	0.0137
25	0.2265	0.2221	0.0045	0.0224
30	0.2308	0.2217	0.0091	0.0456
35	0.2351	0.2214	0.0137	0.0689
40	0.2409	0.2211	0.0198	0.0995
45	0.2466	0.2207	0.0259	0.1300
50	0.2616	0.2204	0.0412	0.2068
55	0.2765	0.2201	0.0564	0.2836
60	0.2952	0.2197	0.0755	0.3793
65	0.3100	0.2194	0.0906	0.4553
70	0.3254	0.2191	0.1063	0.5344
75	0.3400	0.2188	0.1213	0.6094
80	0.3544	0.2184	0.1360	0.6834
85	0.3692	0.2181	0.1511	0.7595
90	0.3842	0.2178	0.1664	0.8365
95	0.3981	0.2174	0.1807	0.9081
100	0.4114	0.2171	0.1943	0.9766
105	0.4256	0.2168	0.2088	1.0496
110	0.4376	0.2164	0.2212	1.1116
115	0.4530	0.2161	0.2369	1.1906
120	0.4684	0.2158	0.2526	1.2697
125	0.4745	0.2155	0.2591	1.3020
130	0.4821	0.2151	0.2669	1.3416
135	0.4896	0.2148	0.2748	1.3812
140	0.4923	0.2145	0.2778	1.3964
145	0.4917	0.2153	0.2765	1.3894
150	0.4877	0.2160	0.2717	1.3654

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาทีก	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
155	0.4820	0.2167	0.2653	1.3332
160	0.4764	0.2174	0.2589	1.3013
165	0.4707	0.2181	0.2526	1.2694
170	0.4651	0.2188	0.2463	1.2377
175	0.4595	0.2195	0.2400	1.2060
180	0.4558	0.2202	0.2356	1.1839
185	0.4521	0.2209	0.2312	1.1618
190	0.4485	0.2216	0.2268	1.1400
195	0.4448	0.2223	0.2225	1.1181
200	0.4393	0.2230	0.2163	1.0869
205	0.4348	0.2237	0.2111	1.0608
210	0.4320	0.2244	0.2076	1.0432
215	0.4291	0.2251	0.2040	1.0251
220	0.4256	0.2258	0.1998	1.0040
225	0.4230	0.2265	0.1965	0.9874
230	0.4194	0.2272	0.1922	0.9658
235	0.4158	0.2279	0.1879	0.9442
240	0.4131	0.2286	0.1845	0.9271
245	0.4108	0.2293	0.1815	0.9120
250	0.4087	0.2300	0.1786	0.8977
255	0.4051	0.2307	0.1744	0.8763
260	0.4034	0.2314	0.1719	0.8640
265	0.4011	0.2321	0.1690	0.8492
270	0.3994	0.2328	0.1666	0.8371
275	0.3966	0.2335	0.1631	0.8195
280	0.3943	0.2342	0.1601	0.8045
285	0.3915	0.2349	0.1566	0.7869
290	0.3894	0.2356	0.1537	0.7726
295	0.3876	0.2363	0.1513	0.7602
300	0.3859	0.2370	0.1488	0.7479
305	0.3841	0.2377	0.1464	0.7356

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
310	0.3818	0.2384	0.1434	0.7205
315	0.3795	0.2391	0.1404	0.7055
320	0.3772	0.2398	0.1374	0.6904
325	0.3738	0.2405	0.1333	0.6698
330	0.3721	0.2403	0.1318	0.6623
335	0.3703	0.2400	0.1303	0.6549
340	0.3686	0.2397	0.1289	0.6477
345	0.3669	0.2395	0.1274	0.6405
350	0.3652	0.2392	0.1260	0.6333
355	0.3635	0.2389	0.1246	0.6261
360	0.3618	0.2386	0.1232	0.6190
365	0.3601	0.2384	0.1217	0.6118
370	0.3585	0.2381	0.1203	0.6048
375	0.3568	0.2378	0.1190	0.5979
380	0.3551	0.2376	0.1175	0.5907
385	0.3534	0.2373	0.1161	0.5835
390	0.3518	0.2370	0.1147	0.5766
395	0.3501	0.2368	0.1133	0.5696
400	0.3484	0.2365	0.1119	0.5625
405	0.3467	0.2362	0.1105	0.5553
410	0.3450	0.2359	0.1091	0.5483
415	0.3434	0.2357	0.1077	0.5414
420	0.3417	0.2354	0.1063	0.5345
425	0.3401	0.2351	0.1050	0.5275
430	0.3384	0.2349	0.1036	0.5206
435	0.3368	0.2346	0.1022	0.5137
440	0.3351	0.2343	0.1008	0.5067
445	0.3335	0.2341	0.0994	0.4998
450	0.3318	0.2338	0.0981	0.4929
455	0.3302	0.2335	0.0967	0.4859
460	0.3286	0.2332	0.0954	0.4792

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
465	0.3270	0.2330	0.0940	0.4725
470	0.3262	0.2327	0.0935	0.4698
475	0.3253	0.2324	0.0929	0.4670
480	0.3245	0.2322	0.0924	0.4642
485	0.3237	0.2319	0.0918	0.4614
490	0.3221	0.2316	0.0905	0.4547
495	0.3205	0.2314	0.0891	0.4480
500	0.3189	0.2311	0.0878	0.4413
505	0.3173	0.2308	0.0865	0.4347
510	0.3156	0.2305	0.0851	0.4277
515	0.3140	0.2303	0.0837	0.4208
520	0.3132	0.2300	0.0832	0.4181
525	0.3124	0.2297	0.0827	0.4155
530	0.3116	0.2295	0.0821	0.4128
535	0.3108	0.2292	0.0816	0.4101
540	0.3092	0.2289	0.0803	0.4037
545	0.3077	0.2287	0.0790	0.3973
550	0.3061	0.2284	0.0777	0.3906
555	0.3045	0.2281	0.0764	0.3839
560	0.3037	0.2278	0.0759	0.3812
565	0.3029	0.2276	0.0753	0.3786
570	0.3021	0.2273	0.0748	0.3759
575	0.3013	0.2270	0.0743	0.3732
580	0.2997	0.2268	0.0730	0.3668
585	0.2982	0.2265	0.0717	0.3604
590	0.2974	0.2262	0.0712	0.3577
595	0.2966	0.2260	0.0706	0.3550
600	0.2958	0.2257	0.0701	0.3524
605	0.2950	0.2254	0.0696	0.3497
610	0.2934	0.2251	0.0683	0.3433
615	0.2919	0.2249	0.0670	0.3368

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
620	0.2911	0.2246	0.0665	0.3343
625	0.2903	0.2243	0.0660	0.3318
630	0.2896	0.2241	0.0655	0.3292
635	0.2888	0.2238	0.0650	0.3267
640	0.2872	0.2235	0.0637	0.3203
645	0.2857	0.2233	0.0624	0.3138
650	0.2849	0.2230	0.0619	0.3113
655	0.2841	0.2227	0.0614	0.3087
660	0.2834	0.2225	0.0609	0.3062
665	0.2826	0.2222	0.0604	0.3037
670	0.2810	0.2219	0.0591	0.2972
675	0.2795	0.2216	0.0579	0.2908
680	0.2787	0.2214	0.0574	0.2884
685	0.2780	0.2211	0.0569	0.2860
690	0.2772	0.2208	0.0564	0.2836
695	0.2765	0.2206	0.0559	0.2812
700	0.2757	0.2203	0.0554	0.2786
705	0.2749	0.2200	0.0549	0.2761
710	0.2742	0.2198	0.0544	0.2735
715	0.2734	0.2195	0.0539	0.2710
720	0.2719	0.2192	0.0527	0.2648
725	0.2704	0.2189	0.0515	0.2586
730	0.2696	0.2187	0.0510	0.2562
735	0.2689	0.2184	0.0505	0.2538
740	0.2681	0.2181	0.0500	0.2514
745	0.2674	0.2179	0.0495	0.2490
750	0.2666	0.2176	0.0491	0.2466
755	0.2659	0.2173	0.0486	0.2442
760	0.2651	0.2171	0.0481	0.2418
765	0.2644	0.2168	0.0476	0.2393
770	0.2636	0.2165	0.0471	0.2369

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
775	0.2629	0.2162	0.0467	0.2345
780	0.2621	0.2160	0.0462	0.2321
785	0.2614	0.2157	0.0457	0.2297
790	0.2606	0.2154	0.0452	0.2273
795	0.2599	0.2152	0.0447	0.2249
800	0.2591	0.2149	0.0443	0.2225
805	0.2584	0.2146	0.0438	0.2200
810	0.2577	0.2144	0.0433	0.2178
815	0.2569	0.2141	0.0429	0.2155
820	0.2562	0.2138	0.0424	0.2132
825	0.2555	0.2135	0.0420	0.2109
830	0.2547	0.2133	0.0415	0.2085
835	0.2540	0.2130	0.0410	0.2061
840	0.2532	0.2127	0.0405	0.2037
845	0.2525	0.2125	0.0400	0.2012
850	0.2518	0.2122	0.0396	0.1990
855	0.2510	0.2119	0.0391	0.1967
860	0.2503	0.2117	0.0387	0.1944
865	0.2496	0.2114	0.0382	0.1921
870	0.2488	0.2111	0.0377	0.1897
875	0.2481	0.2108	0.0373	0.1873
880	0.2473	0.2106	0.0368	0.1849
885	0.2466	0.2103	0.0363	0.1824
890	0.2459	0.2100	0.0358	0.1802
895	0.2451	0.2098	0.0354	0.1779
900	0.2444	0.2095	0.0349	0.1756
905	0.2437	0.2092	0.0345	0.1733
910	0.2430	0.2090	0.0340	0.1710
915	0.2422	0.2087	0.0336	0.1687
920	0.2415	0.2084	0.0331	0.1664
925	0.2408	0.2081	0.0327	0.1642

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
930	0.2401	0.2079	0.0322	0.1619
935	0.2393	0.2076	0.0317	0.1596
940	0.2386	0.2073	0.0313	0.1573
945	0.2379	0.2071	0.0308	0.1550
950	0.2372	0.2068	0.0304	0.1528
955	0.2365	0.2065	0.0300	0.1507
960	0.2358	0.2063	0.0295	0.1485
965	0.2351	0.2060	0.0291	0.1464
970	0.2344	0.2057	0.0287	0.1441
975	0.2336	0.2054	0.0282	0.1418
980	0.2329	0.2052	0.0278	0.1395
985	0.2322	0.2049	0.0273	0.1372
990	0.2315	0.2046	0.0269	0.1350
995	0.2308	0.2044	0.0264	0.1329
1000	0.2301	0.2041	0.0260	0.1307
1005	0.2294	0.2038	0.0256	0.1286
1010	0.2289	0.2036	0.0254	0.1275
1015	0.2284	0.2033	0.0252	0.1264
1020	0.2279	0.2030	0.0249	0.1253
1025	0.2275	0.2027	0.0247	0.1243
1030	0.2270	0.2025	0.0245	0.1232
1035	0.2265	0.2022	0.0243	0.1221
1040	0.2258	0.2019	0.0239	0.1200
1045	0.2251	0.2017	0.0234	0.1178
1050	0.2244	0.2014	0.0230	0.1156
1055	0.2237	0.2011	0.0226	0.1135
1060	0.2230	0.2009	0.0221	0.1113
1065	0.2223	0.2006	0.0217	0.1092
1070	0.2216	0.2003	0.0213	0.1070
1075	0.2209	0.2000	0.0209	0.1048
1080	0.2204	0.1998	0.0207	0.1039

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาทีก	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1085	0.2200	0.1995	0.0205	0.1029
1090	0.2195	0.1992	0.0203	0.1019
1095	0.2190	0.1990	0.0201	0.1009
1100	0.2186	0.1987	0.0199	0.0999
1105	0.2181	0.1984	0.0197	0.0989
1110	0.2174	0.1982	0.0192	0.0968
1115	0.2167	0.1979	0.0188	0.0946
1120	0.2160	0.1976	0.0184	0.0924
1125	0.2153	0.1973	0.0180	0.0903
1130	0.2146	0.1971	0.0176	0.0882
1135	0.2139	0.1968	0.0171	0.0862
1140	0.2133	0.1965	0.0167	0.0842
1145	0.2126	0.1963	0.0163	0.0821
1150	0.2119	0.1960	0.0159	0.0800
1155	0.2112	0.1957	0.0155	0.0778
1160	0.2105	0.1955	0.0150	0.0756
1165	0.2098	0.1952	0.0146	0.0735
1170	0.2093	0.1949	0.0144	0.0726
1175	0.2089	0.1946	0.0143	0.0717
1180	0.2084	0.1944	0.0141	0.0708
1185	0.2080	0.1941	0.0139	0.0699
1190	0.2075	0.1938	0.0137	0.0690
1195	0.2071	0.1936	0.0135	0.0681
1200	0.2066	0.1933	0.0134	0.0671
1205	0.2062	0.1930	0.0132	0.0662
1210	0.2057	0.1928	0.0130	0.0653
1215	0.2053	0.1925	0.0128	0.0644
1220	0.2048	0.1922	0.0126	0.0635
1225	0.2044	0.1919	0.0125	0.0626
1230	0.2039	0.1917	0.0123	0.0617
1235	0.2035	0.1914	0.0121	0.0608

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1240	0.2030	0.1911	0.0119	0.0599
1245	0.2026	0.1909	0.0117	0.0590
1250	0.2021	0.1906	0.0116	0.0581
1255	0.2017	0.1903	0.0114	0.0572
1260	0.2012	0.1901	0.0112	0.0563
1265	0.2008	0.1898	0.0110	0.0554
1270	0.2003	0.1895	0.0108	0.0545
1275	0.1999	0.1892	0.0107	0.0536
1280	0.1994	0.1890	0.0105	0.0527
1285	0.1990	0.1887	0.0103	0.0518
1290	0.1985	0.1884	0.0101	0.0509
1295	0.1981	0.1882	0.0099	0.0500
1300	0.1976	0.1879	0.0098	0.0491
1305	0.1972	0.1876	0.0096	0.0481
1310	0.1967	0.1874	0.0094	0.0472
1315	0.1963	0.1871	0.0092	0.0463
1320	0.1959	0.1868	0.0091	0.0455
1325	0.1954	0.1865	0.0089	0.0447
1330	0.1950	0.1863	0.0087	0.0439
1335	0.1946	0.1860	0.0086	0.0431
1340	0.1941	0.1857	0.0084	0.0422
1345	0.1937	0.1855	0.0082	0.0414
1350	0.1930	0.1852	0.0078	0.0394
1355	0.1923	0.1849	0.0074	0.0373
1360	0.1917	0.1847	0.0070	0.0353
1365	0.1910	0.1844	0.0066	0.0333
1370	0.1906	0.1841	0.0065	0.0325
1375	0.1901	0.1838	0.0063	0.0316
1380	0.1897	0.1836	0.0061	0.0308
1385	0.1893	0.1833	0.0060	0.0300
1390	0.1888	0.1830	0.0058	0.0292

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1395	0.1884	0.1828	0.0056	0.0283
1400	0.1880	0.1825	0.0055	0.0275
1405	0.1875	0.1822	0.0053	0.0267
1410	0.1871	0.1820	0.0051	0.0259
1415	0.1867	0.1817	0.0050	0.0251
1420	0.1862	0.1814	0.0048	0.0242
1425	0.1858	0.1811	0.0047	0.0234
1430	0.1855	0.1809	0.0046	0.0231
1435	0.1851	0.1806	0.0045	0.0227
1440	0.1848	0.1803	0.0045	0.0224
1445	0.1844	0.1801	0.0044	0.0221
1450	0.1841	0.1798	0.0043	0.0217
1455	0.1838	0.1795	0.0043	0.0214
1460	0.1834	0.1793	0.0042	0.0210
1465	0.1831	0.1790	0.0041	0.0207
1470	0.1828	0.1787	0.0041	0.0205
1475	0.1825	0.1784	0.0040	0.0203
1480	0.1822	0.1782	0.0040	0.0201
1485	0.1818	0.1779	0.0039	0.0199
1490	0.1815	0.1776	0.0039	0.0196
1495	0.1812	0.1774	0.0039	0.0194
1500	0.1809	0.1771	0.0038	0.0192
1505	0.1806	0.1768	0.0038	0.0190
1510	0.1802	0.1766	0.0036	0.0182
1515	0.1797	0.1763	0.0035	0.0174
1520	0.1793	0.1760	0.0033	0.0165
1525	0.1789	0.1757	0.0031	0.0157
1530	0.1785	0.1755	0.0031	0.0154
1535	0.1782	0.1752	0.0030	0.0151
1540	0.1779	0.1749	0.0029	0.0148
1545	0.1775	0.1747	0.0029	0.0144

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1550	0.1772	0.1744	0.0028	0.0141
1555	0.1769	0.1741	0.0027	0.0138
1560	0.1765	0.1739	0.0027	0.0135
1565	0.1762	0.1736	0.0026	0.0132
1570	0.1759	0.1733	0.0026	0.0128
1575	0.1755	0.1730	0.0025	0.0125
1580	0.1752	0.1728	0.0024	0.0122
1585	0.1749	0.1725	0.0024	0.0119
1590	0.1745	0.1722	0.0023	0.0116
1595	0.1742	0.1720	0.0022	0.0113
1600	0.1739	0.1717	0.0022	0.0109
1605	0.1735	0.1714	0.0021	0.0106
1610	0.1732	0.1712	0.0021	0.0103
1615	0.1729	0.1709	0.0020	0.0100
1620	0.1725	0.1706	0.0019	0.0097
1625	0.1722	0.1703	0.0019	0.0093
1630	0.1719	0.1701	0.0018	0.0090
1635	0.1715	0.1698	0.0017	0.0087
1640	0.1712	0.1695	0.0017	0.0084
1645	0.1709	0.1693	0.0016	0.0081
1650	0.1705	0.1690	0.0015	0.0078
1655	0.1702	0.1687	0.0015	0.0074
1660	0.1699	0.1685	0.0014	0.0071
1665	0.1695	0.1682	0.0014	0.0068
1670	0.1692	0.1679	0.0013	0.0065
1675	0.1689	0.1676	0.0012	0.0062
1680	0.1685	0.1674	0.0012	0.0058
1685	0.1682	0.1671	0.0011	0.0055
1690	0.1679	0.1668	0.0010	0.0052
1695	0.1675	0.1666	0.0010	0.0049
1700	0.1672	0.1663	0.0009	0.0046

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 3.97 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1705	0.1669	0.1660	0.0008	0.0043
1710	0.1662	0.1658	0.0005	0.0025
1715	0.1659	0.1655	0.0004	0.0022
1720	0.1656	0.1652	0.0004	0.0020
1725	0.1653	0.1649	0.0004	0.0018
1730	0.1650	0.1647	0.0003	0.0016
1735	0.1647	0.1644	0.0003	0.0014
1740	0.1644	0.1641	0.0002	0.0012
1745	0.1640	0.1639	0.0002	0.0010
1750	0.1637	0.1636	0.0001	0.0007
1755	0.1634	0.1633	0.0001	0.0005
1760	0.1631	0.1631	0.0001	0.0003
1765	0.1628	0.1628	0.0000	0.0003
1770	0.1626	0.1625	0.0000	0.0003
1775	0.1623	0.1623	0.0000	0.0001
1780	0.1621	0.1621	0.0000	0.0001
1785	0.1618	0.1618	0.0000	0.0000
1790	0.1616	0.1616	0.0000	0.0000
1795	0.1614	0.1614	0.0000	0.0000

ตารางผนวกที่ 6 การคำนวณกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า วันที่ 4 สิงหาคม 2550

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาที่	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
0	0.0130	0.0130	0.0000	0.0000
5	0.0130	0.0130	0.0000	0.0001
10	0.0130	0.0129	0.0000	0.0001
15	0.0136	0.0129	0.0007	0.0020
20	0.0140	0.0129	0.0011	0.0034
25	0.0169	0.0129	0.0040	0.0123
30	0.0200	0.0128	0.0072	0.0218
35	0.0274	0.0128	0.0146	0.0444
40	0.0369	0.0128	0.0241	0.0734
45	0.0481	0.0128	0.0353	0.1076
50	0.0653	0.0127	0.0526	0.1601
55	0.0857	0.0127	0.0730	0.2223
60	0.1062	0.0127	0.0935	0.2848
65	0.1385	0.0127	0.1258	0.3833
70	0.1727	0.0126	0.1601	0.4875
75	0.2018	0.0126	0.1892	0.5762
80	0.2262	0.0126	0.2136	0.6506
85	0.2618	0.0126	0.2492	0.7591
90	0.3053	0.0125	0.2928	0.8917
95	0.3434	0.0125	0.3309	1.0078
100	0.3950	0.0125	0.3825	1.1650
105	0.4980	0.0125	0.4855	1.4788
110	0.5490	0.0125	0.5365	1.6342
115	0.5640	0.0124	0.5516	1.6800
120	0.5588	0.0136	0.5452	1.6607
125	0.5474	0.0147	0.5327	1.6226
130	0.5340	0.0158	0.5182	1.5783
135	0.5167	0.0169	0.4998	1.5222
140	0.5013	0.0181	0.4832	1.4719
145	0.4850	0.0192	0.4658	1.4188
150	0.4670	0.0203	0.4467	1.3605

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
155	0.4539	0.0214	0.4325	1.3172
160	0.4412	0.0226	0.4186	1.2751
165	0.4284	0.0237	0.4047	1.2327
170	0.4157	0.0248	0.3909	1.1906
175	0.4075	0.0259	0.3816	1.1622
180	0.3987	0.0271	0.3716	1.1319
185	0.3899	0.0282	0.3617	1.1017
190	0.3817	0.0293	0.3524	1.0733
195	0.3722	0.0304	0.3418	1.0409
200	0.3631	0.0316	0.3315	1.0098
205	0.3569	0.0327	0.3242	0.9875
210	0.3503	0.0338	0.3165	0.9640
215	0.3415	0.0349	0.3066	0.9337
220	0.3340	0.0361	0.2979	0.9074
225	0.3255	0.0372	0.2883	0.8781
230	0.3172	0.0383	0.2789	0.8494
235	0.3107	0.0394	0.2713	0.8262
240	0.3041	0.0406	0.2635	0.8027
245	0.2985	0.0417	0.2568	0.7822
250	0.2939	0.0428	0.2511	0.7647
255	0.2898	0.0440	0.2458	0.7488
260	0.2863	0.0451	0.2412	0.7347
265	0.2824	0.0462	0.2362	0.7194
270	0.2780	0.0473	0.2307	0.7026
275	0.2742	0.0473	0.2269	0.6911
280	0.2713	0.0472	0.2241	0.6824
285	0.2678	0.0472	0.2206	0.6719
290	0.2643	0.0472	0.2171	0.6613
295	0.2611	0.0471	0.2140	0.6517
300	0.2586	0.0471	0.2115	0.6442
305	0.2550	0.0470	0.2080	0.6334

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
310	0.2528	0.0470	0.2058	0.6268
315	0.2493	0.0470	0.2023	0.6163
320	0.2471	0.0469	0.2002	0.6097
325	0.2442	0.0469	0.1973	0.6010
330	0.2420	0.0468	0.1952	0.5944
335	0.2388	0.0468	0.1920	0.5848
340	0.2362	0.0468	0.1894	0.5770
345	0.2337	0.0467	0.1870	0.5695
350	0.2315	0.0467	0.1848	0.5629
355	0.2289	0.0466	0.1823	0.5551
360	0.2264	0.0466	0.1798	0.5476
365	0.2244	0.0466	0.1778	0.5416
370	0.2216	0.0465	0.1751	0.5332
375	0.2197	0.0465	0.1732	0.5276
380	0.2168	0.0464	0.1704	0.5189
385	0.2149	0.0464	0.1685	0.5132
390	0.2136	0.0464	0.1672	0.5094
395	0.2111	0.0463	0.1648	0.5019
400	0.2088	0.0463	0.1625	0.4950
405	0.2072	0.0462	0.1610	0.4902
410	0.2050	0.0462	0.1588	0.4837
415	0.2034	0.0462	0.1572	0.4789
420	0.2018	0.0461	0.1557	0.4741
425	0.2002	0.0461	0.1541	0.4694
430	0.1986	0.0460	0.1526	0.4646
435	0.1970	0.0460	0.1510	0.4599
440	0.1954	0.0460	0.1494	0.4551
445	0.1938	0.0459	0.1479	0.4504
450	0.1922	0.0459	0.1463	0.4456
455	0.1906	0.0458	0.1448	0.4409
460	0.1890	0.0458	0.1432	0.4361

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
465	0.1874	0.0458	0.1416	0.4314
470	0.1858	0.0457	0.1401	0.4266
475	0.1842	0.0457	0.1385	0.4219
480	0.1826	0.0456	0.1370	0.4171
485	0.1810	0.0456	0.1354	0.4124
490	0.1794	0.0456	0.1338	0.4076
495	0.1780	0.0455	0.1325	0.4035
500	0.1766	0.0455	0.1311	0.3993
505	0.1752	0.0454	0.1298	0.3952
510	0.1738	0.0454	0.1284	0.3911
515	0.1724	0.0454	0.1270	0.3869
520	0.1710	0.0453	0.1257	0.3828
525	0.1696	0.0453	0.1243	0.3786
530	0.1682	0.0452	0.1230	0.3745
535	0.1668	0.0452	0.1216	0.3703
540	0.1654	0.0452	0.1202	0.3662
545	0.1640	0.0451	0.1189	0.3621
550	0.1626	0.0451	0.1175	0.3579
555	0.1612	0.0450	0.1162	0.3538
560	0.1598	0.0450	0.1148	0.3496
565	0.1584	0.0450	0.1134	0.3455
570	0.1570	0.0449	0.1121	0.3413
575	0.1556	0.0449	0.1107	0.3372
580	0.1542	0.0448	0.1094	0.3331
585	0.1530	0.0448	0.1082	0.3295
590	0.1518	0.0448	0.1070	0.3260
595	0.1506	0.0447	0.1059	0.3225
600	0.1494	0.0447	0.1047	0.3189
605	0.1482	0.0446	0.1036	0.3154
610	0.1470	0.0446	0.1024	0.3119
615	0.1458	0.0446	0.1012	0.3083

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
620	0.1449	0.0445	0.1004	0.3057
625	0.1440	0.0445	0.0995	0.3031
630	0.1431	0.0444	0.0987	0.3005
635	0.1422	0.0444	0.0978	0.2979
640	0.1413	0.0444	0.0969	0.2952
645	0.1404	0.0443	0.0961	0.2926
650	0.1395	0.0443	0.0952	0.2900
655	0.1386	0.0442	0.0944	0.2874
660	0.1377	0.0442	0.0935	0.2848
665	0.1368	0.0442	0.0926	0.2821
670	0.1359	0.0441	0.0918	0.2795
675	0.1350	0.0441	0.0909	0.2769
680	0.1341	0.0440	0.0901	0.2743
685	0.1332	0.0440	0.0892	0.2717
690	0.1323	0.0440	0.0883	0.2690
695	0.1314	0.0439	0.0875	0.2664
700	0.1305	0.0439	0.0866	0.2638
705	0.1296	0.0438	0.0858	0.2612
710	0.1287	0.0438	0.0849	0.2586
715	0.1278	0.0438	0.0840	0.2559
720	0.1269	0.0437	0.0832	0.2533
725	0.1262	0.0437	0.0825	0.2513
730	0.1255	0.0436	0.0819	0.2493
735	0.1248	0.0436	0.0812	0.2473
740	0.1241	0.0436	0.0805	0.2453
745	0.1234	0.0435	0.0799	0.2433
750	0.1227	0.0435	0.0792	0.2413
755	0.1220	0.0434	0.0786	0.2393
760	0.1213	0.0434	0.0779	0.2372
765	0.1206	0.0434	0.0772	0.2352
770	0.1199	0.0433	0.0766	0.2332

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
775	0.1192	0.0433	0.0759	0.2312
780	0.1185	0.0432	0.0753	0.2292
785	0.1178	0.0432	0.0746	0.2272
790	0.1171	0.0432	0.0739	0.2252
795	0.1164	0.0431	0.0733	0.2232
800	0.1157	0.0431	0.0726	0.2212
805	0.1150	0.0430	0.0720	0.2192
810	0.1143	0.0430	0.0713	0.2171
815	0.1136	0.0430	0.0706	0.2151
820	0.1129	0.0429	0.0700	0.2131
825	0.1122	0.0429	0.0693	0.2111
830	0.1115	0.0428	0.0687	0.2091
835	0.1108	0.0428	0.0680	0.2071
840	0.1101	0.0428	0.0673	0.2051
845	0.1094	0.0427	0.0667	0.2031
850	0.1087	0.0427	0.0660	0.2011
855	0.1080	0.0426	0.0654	0.1990
860	0.1073	0.0426	0.0647	0.1970
865	0.1066	0.0426	0.0640	0.1950
870	0.1059	0.0425	0.0634	0.1930
875	0.1052	0.0425	0.0627	0.1910
880	0.1045	0.0424	0.0621	0.1890
885	0.1038	0.0424	0.0614	0.1870
890	0.1031	0.0424	0.0607	0.1850
895	0.1024	0.0423	0.0601	0.1830
900	0.1017	0.0423	0.0594	0.1810
905	0.1010	0.0422	0.0588	0.1789
910	0.1003	0.0422	0.0581	0.1769
915	0.0996	0.0422	0.0574	0.1749
920	0.0989	0.0421	0.0568	0.1729
925	0.0982	0.0421	0.0561	0.1709

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
930	0.0975	0.0420	0.0555	0.1689
935	0.0968	0.0420	0.0548	0.1669
940	0.0961	0.0420	0.0541	0.1649
945	0.0954	0.0419	0.0535	0.1629
950	0.0947	0.0419	0.0528	0.1609
955	0.0940	0.0418	0.0522	0.1588
960	0.0933	0.0418	0.0515	0.1568
965	0.0927	0.0418	0.0509	0.1551
970	0.0921	0.0417	0.0504	0.1534
975	0.0915	0.0417	0.0498	0.1517
980	0.0909	0.0416	0.0493	0.1500
985	0.0903	0.0416	0.0487	0.1483
990	0.0897	0.0416	0.0481	0.1466
995	0.0891	0.0415	0.0476	0.1449
1000	0.0885	0.0415	0.0470	0.1432
1005	0.0879	0.0414	0.0465	0.1415
1010	0.0873	0.0414	0.0459	0.1398
1015	0.0867	0.0414	0.0453	0.1381
1020	0.0861	0.0413	0.0448	0.1364
1025	0.0855	0.0413	0.0442	0.1347
1030	0.0849	0.0412	0.0437	0.1330
1035	0.0843	0.0412	0.0431	0.1312
1040	0.0837	0.0412	0.0425	0.1295
1045	0.0831	0.0411	0.0420	0.1278
1050	0.0825	0.0411	0.0414	0.1261
1055	0.0819	0.0410	0.0409	0.1244
1060	0.0813	0.0410	0.0403	0.1227
1065	0.0807	0.0410	0.0397	0.1210
1070	0.0801	0.0409	0.0392	0.1193
1075	0.0795	0.0409	0.0386	0.1176
1080	0.0789	0.0408	0.0381	0.1159

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1085	0.0783	0.0408	0.0375	0.1142
1090	0.0777	0.0408	0.0369	0.1125
1095	0.0771	0.0407	0.0364	0.1108
1100	0.0765	0.0407	0.0358	0.1091
1105	0.0760	0.0406	0.0354	0.1077
1110	0.0755	0.0406	0.0349	0.1063
1115	0.0750	0.0406	0.0344	0.1049
1120	0.0745	0.0405	0.0340	0.1035
1125	0.0740	0.0405	0.0335	0.1021
1130	0.0735	0.0404	0.0331	0.1007
1135	0.0730	0.0404	0.0326	0.0993
1140	0.0725	0.0404	0.0321	0.0979
1145	0.0720	0.0403	0.0317	0.0965
1150	0.0716	0.0403	0.0313	0.0954
1155	0.0712	0.0402	0.0310	0.0943
1160	0.0708	0.0402	0.0306	0.0932
1165	0.0704	0.0402	0.0302	0.0921
1170	0.0700	0.0401	0.0299	0.0910
1175	0.0696	0.0401	0.0295	0.0899
1180	0.0692	0.0400	0.0292	0.0888
1185	0.0688	0.0400	0.0288	0.0877
1190	0.0684	0.0400	0.0284	0.0866
1195	0.0680	0.0399	0.0281	0.0855
1200	0.0676	0.0399	0.0277	0.0844
1205	0.0672	0.0398	0.0274	0.0833
1210	0.0668	0.0398	0.0270	0.0822
1215	0.0664	0.0398	0.0266	0.0811
1220	0.0660	0.0397	0.0263	0.0800
1225	0.0656	0.0397	0.0259	0.0789
1230	0.0653	0.0396	0.0257	0.0781
1235	0.0650	0.0396	0.0254	0.0773

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1240	0.0647	0.0396	0.0251	0.0765
1245	0.0644	0.0395	0.0249	0.0758
1250	0.0641	0.0395	0.0246	0.0750
1255	0.0638	0.0394	0.0244	0.0742
1260	0.0635	0.0394	0.0241	0.0734
1265	0.0632	0.0394	0.0238	0.0726
1270	0.0629	0.0393	0.0236	0.0718
1275	0.0626	0.0393	0.0233	0.0710
1280	0.0623	0.0392	0.0231	0.0702
1285	0.0620	0.0392	0.0228	0.0694
1290	0.0617	0.0392	0.0225	0.0686
1295	0.0614	0.0391	0.0223	0.0678
1300	0.0611	0.0391	0.0220	0.0670
1305	0.0608	0.0390	0.0218	0.0662
1310	0.0605	0.0390	0.0215	0.0655
1315	0.0602	0.0390	0.0212	0.0647
1320	0.0599	0.0389	0.0210	0.0639
1325	0.0596	0.0389	0.0207	0.0631
1330	0.0593	0.0388	0.0205	0.0623
1335	0.0590	0.0388	0.0202	0.0615
1340	0.0587	0.0388	0.0199	0.0607
1345	0.0584	0.0387	0.0197	0.0599
1350	0.0581	0.0387	0.0194	0.0591
1355	0.0578	0.0386	0.0192	0.0583
1360	0.0575	0.0386	0.0189	0.0575
1365	0.0572	0.0386	0.0186	0.0567
1370	0.0569	0.0385	0.0184	0.0560
1375	0.0566	0.0385	0.0181	0.0552
1380	0.0563	0.0384	0.0179	0.0544
1385	0.0560	0.0384	0.0176	0.0536
1390	0.0557	0.0384	0.0173	0.0528

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1395	0.0554	0.0383	0.0171	0.0520
1400	0.0551	0.0383	0.0168	0.0512
1405	0.0548	0.0382	0.0166	0.0504
1410	0.0545	0.0382	0.0163	0.0496
1415	0.0542	0.0382	0.0160	0.0488
1420	0.0539	0.0381	0.0158	0.0480
1425	0.0536	0.0381	0.0155	0.0472
1430	0.0533	0.0380	0.0153	0.0465
1435	0.0530	0.0380	0.0150	0.0457
1440	0.0527	0.0380	0.0147	0.0449
1445	0.0524	0.0379	0.0145	0.0441
1450	0.0522	0.0379	0.0143	0.0436
1455	0.0520	0.0378	0.0142	0.0431
1460	0.0518	0.0378	0.0140	0.0426
1465	0.0516	0.0378	0.0138	0.0421
1470	0.0514	0.0377	0.0137	0.0416
1475	0.0512	0.0377	0.0135	0.0412
1480	0.0510	0.0376	0.0134	0.0407
1485	0.0508	0.0376	0.0132	0.0402
1490	0.0506	0.0376	0.0130	0.0397
1495	0.0504	0.0375	0.0129	0.0392
1500	0.0502	0.0375	0.0127	0.0387
1505	0.0500	0.0374	0.0126	0.0382
1510	0.0498	0.0374	0.0124	0.0377
1515	0.0496	0.0374	0.0122	0.0373
1520	0.0494	0.0373	0.0121	0.0368
1525	0.0492	0.0373	0.0119	0.0363
1530	0.0490	0.0372	0.0118	0.0358
1535	0.0488	0.0372	0.0116	0.0353
1540	0.0486	0.0372	0.0114	0.0348
1545	0.0484	0.0371	0.0113	0.0343

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1550	0.0482	0.0371	0.0111	0.0338
1555	0.0480	0.0370	0.0110	0.0334
1560	0.0478	0.0370	0.0108	0.0329
1565	0.0476	0.0370	0.0106	0.0324
1570	0.0474	0.0369	0.0105	0.0319
1575	0.0472	0.0369	0.0103	0.0314
1580	0.0470	0.0368	0.0102	0.0309
1585	0.0468	0.0368	0.0100	0.0304
1590	0.0466	0.0368	0.0098	0.0299
1595	0.0464	0.0367	0.0097	0.0295
1600	0.0462	0.0367	0.0095	0.0290
1605	0.0460	0.0366	0.0094	0.0285
1610	0.0458	0.0366	0.0092	0.0280
1615	0.0456	0.0366	0.0090	0.0275
1620	0.0455	0.0365	0.0089	0.0272
1625	0.0453	0.0365	0.0089	0.0270
1630	0.0452	0.0364	0.0088	0.0267
1635	0.0451	0.0364	0.0087	0.0264
1640	0.0450	0.0364	0.0086	0.0261
1645	0.0448	0.0363	0.0085	0.0259
1650	0.0447	0.0363	0.0084	0.0256
1655	0.0446	0.0362	0.0083	0.0253
1660	0.0444	0.0362	0.0082	0.0250
1665	0.0443	0.0362	0.0081	0.0248
1670	0.0442	0.0361	0.0080	0.0245
1675	0.0440	0.0361	0.0080	0.0242
1680	0.0439	0.0360	0.0079	0.0239
1685	0.0438	0.0360	0.0078	0.0237
1690	0.0437	0.0360	0.0077	0.0234
1695	0.0435	0.0359	0.0076	0.0231
1700	0.0434	0.0359	0.0075	0.0228

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1705	0.0433	0.0358	0.0074	0.0226
1710	0.0431	0.0358	0.0073	0.0223
1715	0.0430	0.0358	0.0072	0.0220
1720	0.0429	0.0357	0.0071	0.0217
1725	0.0427	0.0357	0.0071	0.0215
1730	0.0426	0.0356	0.0070	0.0212
1735	0.0425	0.0356	0.0069	0.0209
1740	0.0424	0.0356	0.0068	0.0207
1745	0.0422	0.0355	0.0067	0.0204
1750	0.0421	0.0355	0.0066	0.0201
1755	0.0420	0.0354	0.0065	0.0198
1760	0.0418	0.0354	0.0064	0.0196
1765	0.0417	0.0354	0.0063	0.0193
1770	0.0416	0.0353	0.0062	0.0190
1775	0.0414	0.0353	0.0062	0.0187
1780	0.0413	0.0352	0.0061	0.0185
1785	0.0412	0.0352	0.0060	0.0182
1790	0.0411	0.0352	0.0059	0.0179
1795	0.0409	0.0351	0.0058	0.0176
1800	0.0408	0.0351	0.0057	0.0174
1805	0.0407	0.0350	0.0056	0.0171
1810	0.0405	0.0350	0.0055	0.0168
1815	0.0404	0.0350	0.0054	0.0165
1820	0.0403	0.0349	0.0053	0.0163
1825	0.0401	0.0349	0.0053	0.0160
1830	0.0400	0.0348	0.0052	0.0157
1835	0.0399	0.0348	0.0051	0.0154
1840	0.0398	0.0348	0.0050	0.0152
1845	0.0396	0.0347	0.0049	0.0149
1850	0.0395	0.0347	0.0048	0.0146
1855	0.0394	0.0346	0.0047	0.0143

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
1860	0.0392	0.0346	0.0046	0.0141
1865	0.0391	0.0346	0.0045	0.0138
1870	0.0390	0.0345	0.0044	0.0135
1875	0.0388	0.0345	0.0044	0.0133
1880	0.0387	0.0344	0.0043	0.0130
1885	0.0386	0.0344	0.0042	0.0127
1890	0.0385	0.0344	0.0041	0.0124
1895	0.0383	0.0343	0.0040	0.0122
1900	0.0382	0.0343	0.0039	0.0119
1905	0.0381	0.0342	0.0038	0.0116
1910	0.0380	0.0342	0.0038	0.0115
1915	0.0379	0.0342	0.0038	0.0114
1920	0.0379	0.0341	0.0037	0.0113
1925	0.0378	0.0341	0.0037	0.0112
1930	0.0377	0.0340	0.0037	0.0112
1935	0.0376	0.0340	0.0036	0.0111
1940	0.0376	0.0340	0.0036	0.0110
1945	0.0375	0.0339	0.0036	0.0109
1950	0.0374	0.0339	0.0035	0.0108
1955	0.0374	0.0338	0.0035	0.0107
1960	0.0373	0.0338	0.0035	0.0106
1965	0.0372	0.0338	0.0035	0.0105
1970	0.0372	0.0337	0.0034	0.0104
1975	0.0371	0.0337	0.0034	0.0103
1980	0.0370	0.0336	0.0034	0.0102
1985	0.0369	0.0336	0.0033	0.0101
1990	0.0369	0.0336	0.0033	0.0101
1995	0.0368	0.0335	0.0033	0.0100
2000	0.0367	0.0335	0.0032	0.0099
2005	0.0367	0.0334	0.0032	0.0098
2010	0.0366	0.0334	0.0032	0.0097

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
2015	0.0365	0.0334	0.0032	0.0096
2020	0.0365	0.0333	0.0031	0.0095
2025	0.0364	0.0333	0.0031	0.0094
2030	0.0363	0.0332	0.0031	0.0093
2035	0.0362	0.0332	0.0030	0.0092
2040	0.0362	0.0332	0.0030	0.0091
2045	0.0361	0.0331	0.0030	0.0090
2050	0.0360	0.0331	0.0029	0.0090
2055	0.0360	0.0330	0.0029	0.0089
2060	0.0359	0.0330	0.0029	0.0088
2065	0.0358	0.0330	0.0029	0.0087
2070	0.0358	0.0329	0.0028	0.0086
2075	0.0357	0.0329	0.0028	0.0085
2080	0.0356	0.0328	0.0028	0.0084
2085	0.0355	0.0328	0.0027	0.0083
2090	0.0355	0.0328	0.0027	0.0082
2095	0.0354	0.0327	0.0027	0.0081
2100	0.0353	0.0327	0.0026	0.0080
2105	0.0353	0.0326	0.0026	0.0080
2110	0.0352	0.0326	0.0026	0.0079
2115	0.0351	0.0326	0.0026	0.0078
2120	0.0351	0.0325	0.0025	0.0077
2125	0.0350	0.0325	0.0025	0.0076
2130	0.0349	0.0324	0.0025	0.0075
2135	0.0348	0.0324	0.0024	0.0074
2140	0.0348	0.0324	0.0024	0.0073
2145	0.0347	0.0323	0.0024	0.0072
2150	0.0346	0.0323	0.0023	0.0071
2155	0.0346	0.0322	0.0023	0.0070
2160	0.0345	0.0322	0.0023	0.0069
2165	0.0344	0.0322	0.0023	0.0069

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
2170	0.0344	0.0321	0.0022	0.0068
2175	0.0343	0.0321	0.0022	0.0067
2180	0.0342	0.0320	0.0022	0.0066
2185	0.0341	0.0320	0.0021	0.0065
2190	0.0341	0.0320	0.0021	0.0064
2195	0.0340	0.0319	0.0021	0.0063
2200	0.0339	0.0319	0.0020	0.0062
2205	0.0339	0.0318	0.0020	0.0061
2210	0.0338	0.0318	0.0020	0.0060
2215	0.0337	0.0318	0.0020	0.0059
2220	0.0337	0.0317	0.0019	0.0059
2225	0.0336	0.0317	0.0019	0.0058
2230	0.0335	0.0316	0.0019	0.0057
2235	0.0334	0.0316	0.0018	0.0056
2240	0.0334	0.0316	0.0018	0.0055
2245	0.0333	0.0315	0.0018	0.0054
2250	0.0332	0.0315	0.0017	0.0053
2255	0.0332	0.0314	0.0017	0.0052
2260	0.0331	0.0314	0.0017	0.0051
2265	0.0330	0.0314	0.0017	0.0050
2270	0.0330	0.0313	0.0016	0.0049
2275	0.0329	0.0313	0.0016	0.0048
2280	0.0328	0.0312	0.0016	0.0048
2285	0.0327	0.0312	0.0015	0.0047
2290	0.0327	0.0312	0.0015	0.0046
2295	0.0326	0.0311	0.0015	0.0045
2300	0.0325	0.0311	0.0014	0.0044
2305	0.0325	0.0310	0.0014	0.0043
2310	0.0324	0.0310	0.0014	0.0042
2315	0.0323	0.0310	0.0014	0.0041
2320	0.0323	0.0309	0.0013	0.0040

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
2325	0.0322	0.0309	0.0013	0.0039
2330	0.0321	0.0308	0.0013	0.0038
2335	0.0320	0.0308	0.0012	0.0037
2340	0.0320	0.0308	0.0012	0.0037
2345	0.0319	0.0307	0.0012	0.0036
2350	0.0318	0.0307	0.0011	0.0035
2355	0.0318	0.0306	0.0011	0.0034
2360	0.0317	0.0306	0.0011	0.0033
2365	0.0316	0.0306	0.0011	0.0032
2370	0.0316	0.0305	0.0010	0.0031
2375	0.0315	0.0305	0.0010	0.0030
2380	0.0314	0.0304	0.0010	0.0029
2385	0.0313	0.0304	0.0009	0.0028
2390	0.0313	0.0304	0.0009	0.0027
2395	0.0312	0.0303	0.0009	0.0027
2400	0.0311	0.0303	0.0008	0.0026
2405	0.0311	0.0302	0.0008	0.0025
2410	0.0310	0.0302	0.0008	0.0024
2415	0.0309	0.0302	0.0008	0.0023
2420	0.0309	0.0301	0.0007	0.0022
2425	0.0308	0.0301	0.0007	0.0021
2430	0.0307	0.0300	0.0007	0.0020
2435	0.0306	0.0300	0.0006	0.0019
2440	0.0306	0.0300	0.0006	0.0018
2445	0.0305	0.0299	0.0006	0.0017
2450	0.0304	0.0299	0.0005	0.0016
2455	0.0304	0.0298	0.0005	0.0016
2460	0.0303	0.0298	0.0005	0.0015
2465	0.0302	0.0298	0.0005	0.0014
2470	0.0302	0.0297	0.0004	0.0013
2475	0.0301	0.0297	0.0004	0.0012

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

น้ำฝนส่วนเกิน = 16.65 มิลลิเมตร

เวลา นาฬิกา	น้ำท่า (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลใต้ดิน (ลบ.ม./วินาที)	น้ำไหลบ่าผิวดิน (ลบ.ม./วินาที)	กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลบ.ม./วินาที/มิลลิเมตร)
2480	0.0300	0.0296	0.0004	0.0011
2485	0.0299	0.0296	0.0003	0.0010
2490	0.0299	0.0296	0.0003	0.0009
2495	0.0298	0.0295	0.0003	0.0008
2500	0.0297	0.0295	0.0002	0.0007
2505	0.0297	0.0294	0.0002	0.0006
2510	0.0296	0.0294	0.0002	0.0006
2515	0.0295	0.0294	0.0002	0.0005
2520	0.0295	0.0293	0.0001	0.0004
2525	0.0294	0.0293	0.0001	0.0003
2530	0.0293	0.0292	0.0001	0.0002
2535	0.0292	0.0292	0.0000	0.0001
2540	0.0292	0.0292	0.0000	0.0000
2545	0.0291	0.0291	0.0000	0.0000

ตารางผนวกที่ 7 สัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (recession coefficient; k_r) ก่อนการสร้างฝาย
ต้นน้ำ ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

21 กันยายน 2549			23 กันยายน 2549			6 ตุลาคม 2549		
q_0	q_t	k_r	q_0	q_t	k_r	q_0	q_t	k_r
0.027	0.021	0.804	0.028	0.018	0.665	0.033	0.027	0.817
0.048	0.039	0.807	0.046	0.032	0.700	0.060	0.048	0.798
0.066	0.053	0.811	0.060	0.043	0.713	0.081	0.064	0.793
0.080	0.065	0.814	0.071	0.052	0.737	0.097	0.077	0.790
0.092	0.075	0.820	0.080	0.060	0.755	0.110	0.087	0.787
0.102	0.084	0.821	0.088	0.068	0.767	0.120	0.094	0.785
0.110	0.091	0.824	0.095	0.074	0.779	0.127	0.100	0.785
0.118	0.097	0.823	0.102	0.080	0.788	0.133	0.104	0.784
0.124	0.102	0.822	0.108	0.086	0.796	0.137	0.107	0.784
0.128	0.105	0.821	0.114	0.091	0.800	0.141	0.110	0.786
0.132	0.108	0.819	0.119	0.095	0.801	0.143	0.113	0.786
0.135	0.110	0.818	0.123	0.099	0.804	0.146	0.115	0.787
0.137	0.112	0.816	0.127	0.102	0.805	0.148	0.116	0.787
0.138	0.113	0.814	0.130	0.105	0.805	0.149	0.118	0.787

หมายเหตุ : q_0 คือ อัตราการไหลที่เวลาใดๆ

q_t คือ อัตราการไหลเมื่อเวลา t ภายหลังที่เกิด q_0

k_r คือ ค่าคงที่ของกราฟส่วนลด (recession constant)

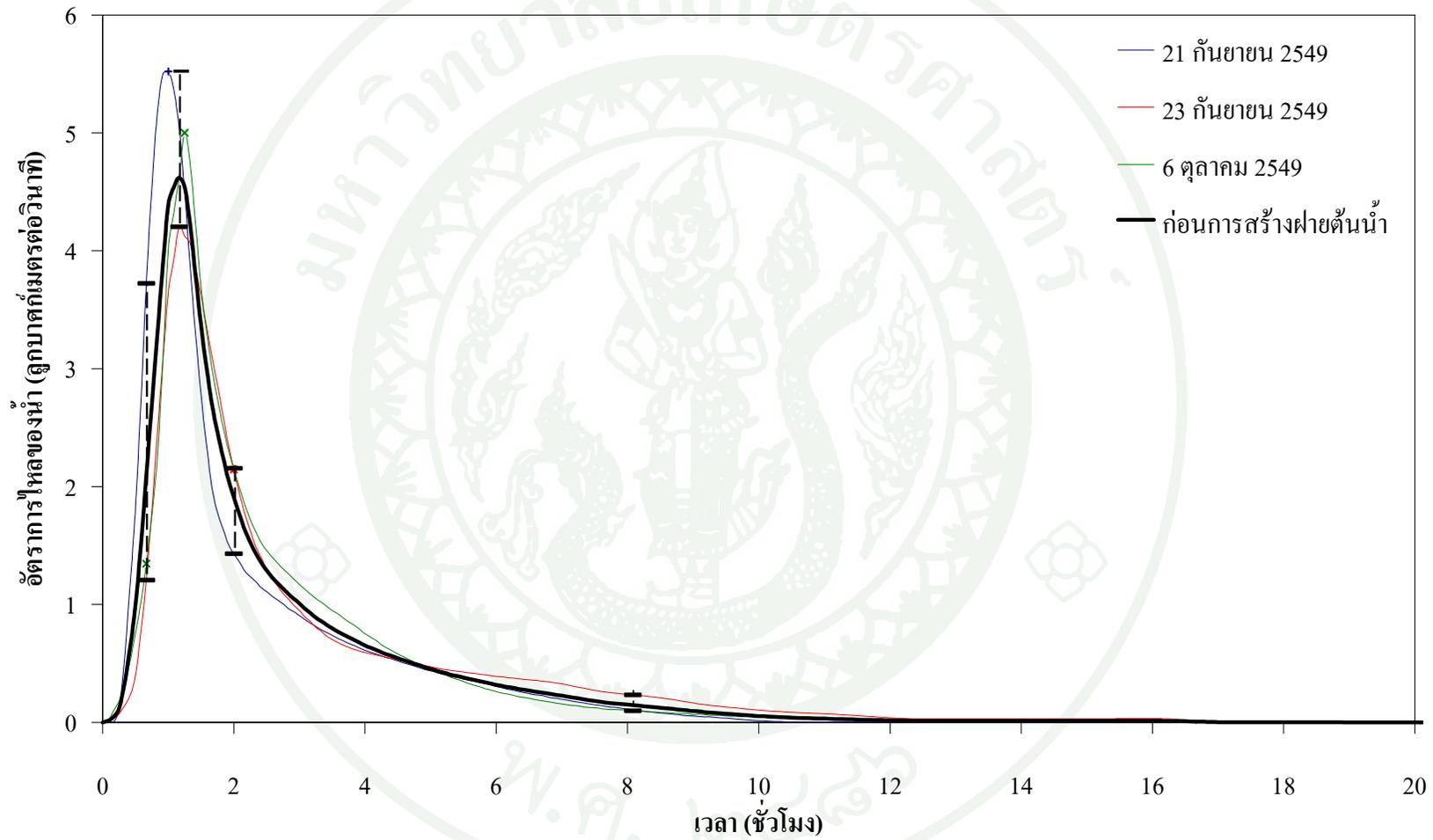
ตารางผนวกที่ 8 สัมประสิทธิ์ส่วนลดของกราฟน้ำท่า (recession coefficient; k_r) หลังการสร้างฝาย
ต้นน้ำ ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอคอกำใต้ จังหวัดพะเยา

28 มิถุนายน 2550			4 สิงหาคม 2550		
q_0	q_t	k_r	q_0	q_t	k_r
0.119	0.111	0.929	0.180	0.167	0.930
0.229	0.213	0.927	0.347	0.323	0.930
0.332	0.306	0.924	0.503	0.469	0.933
0.425	0.395	0.928	0.649	0.606	0.934
0.514	0.476	0.926	0.786	0.735	0.935
0.594	0.552	0.928	0.914	0.855	0.935
0.671	0.622	0.928	1.035	0.967	0.935
0.741	0.688	0.928	1.147	1.072	0.935
0.807	0.749	0.929	1.251	1.170	0.935
0.868	0.806	0.928	1.350	1.264	0.936
0.925	0.858	0.928	1.443	1.352	0.937
0.977	0.907	0.928	1.532	1.435	0.937
1.026	0.952	0.928	1.615	1.514	0.938
1.071	0.994	0.928	1.694	1.590	0.938
1.113	1.033	0.928	1.769	1.661	0.939
1.152	1.069	0.928	1.841	1.728	0.939
1.188	1.103	0.928	1.908	1.792	0.939
1.222	1.133	0.928	1.971	1.851	0.939
1.252	1.161	0.927	2.031	1.907	0.939
1.280	1.187	0.927	2.086	1.958	0.939
1.306	1.209	0.926	2.138	2.006	0.938
1.328	1.230	0.926	2.186	2.051	0.938
1.349	1.249	0.926	2.231	2.092	0.938
1.368	1.265	0.925	2.272	2.130	0.938

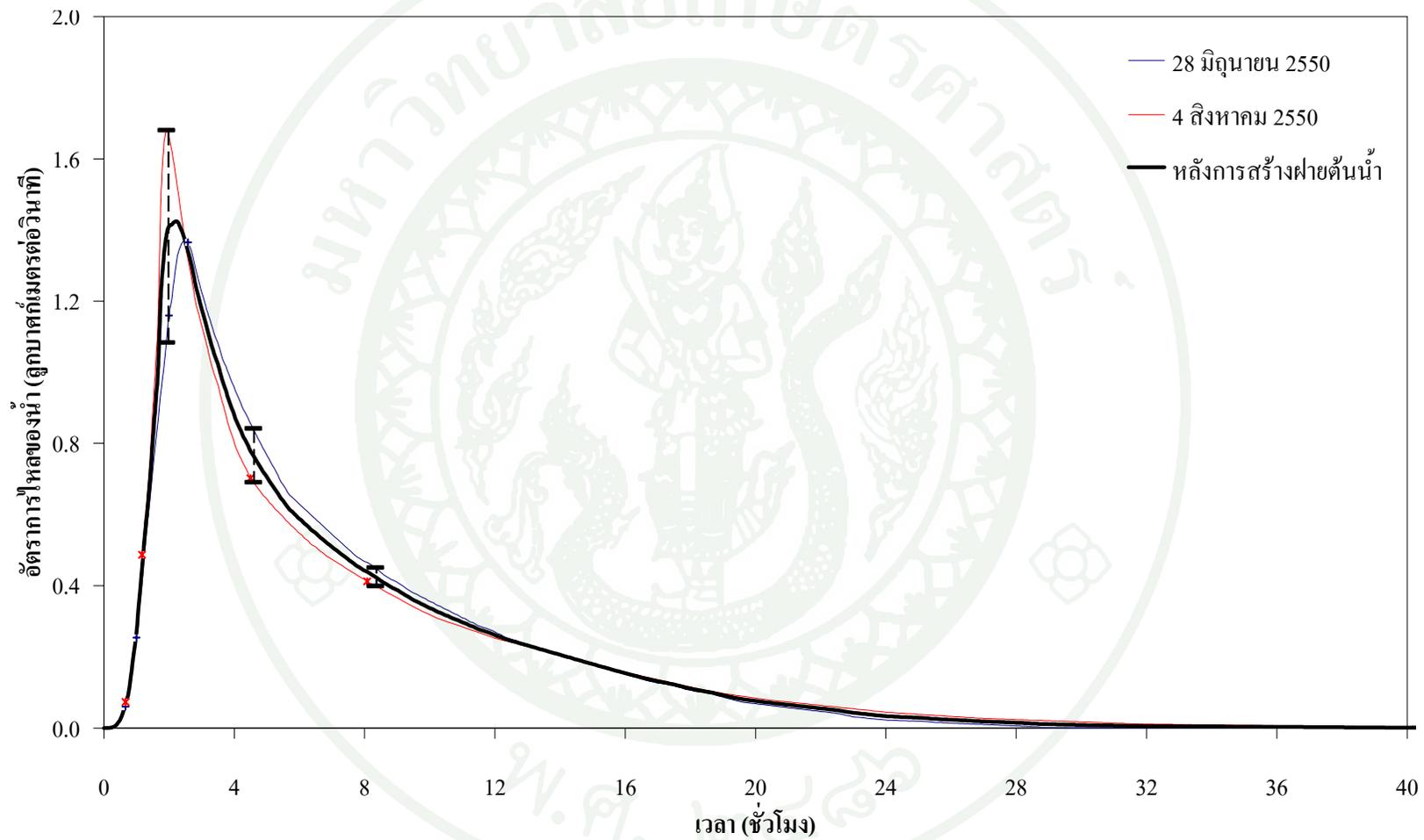
หมายเหตุ : q_0 คือ อัตราการไหลที่เวลาใดๆ

q_t คือ อัตราการไหลเมื่อเวลา t ภายหลังจากเกิด q_0

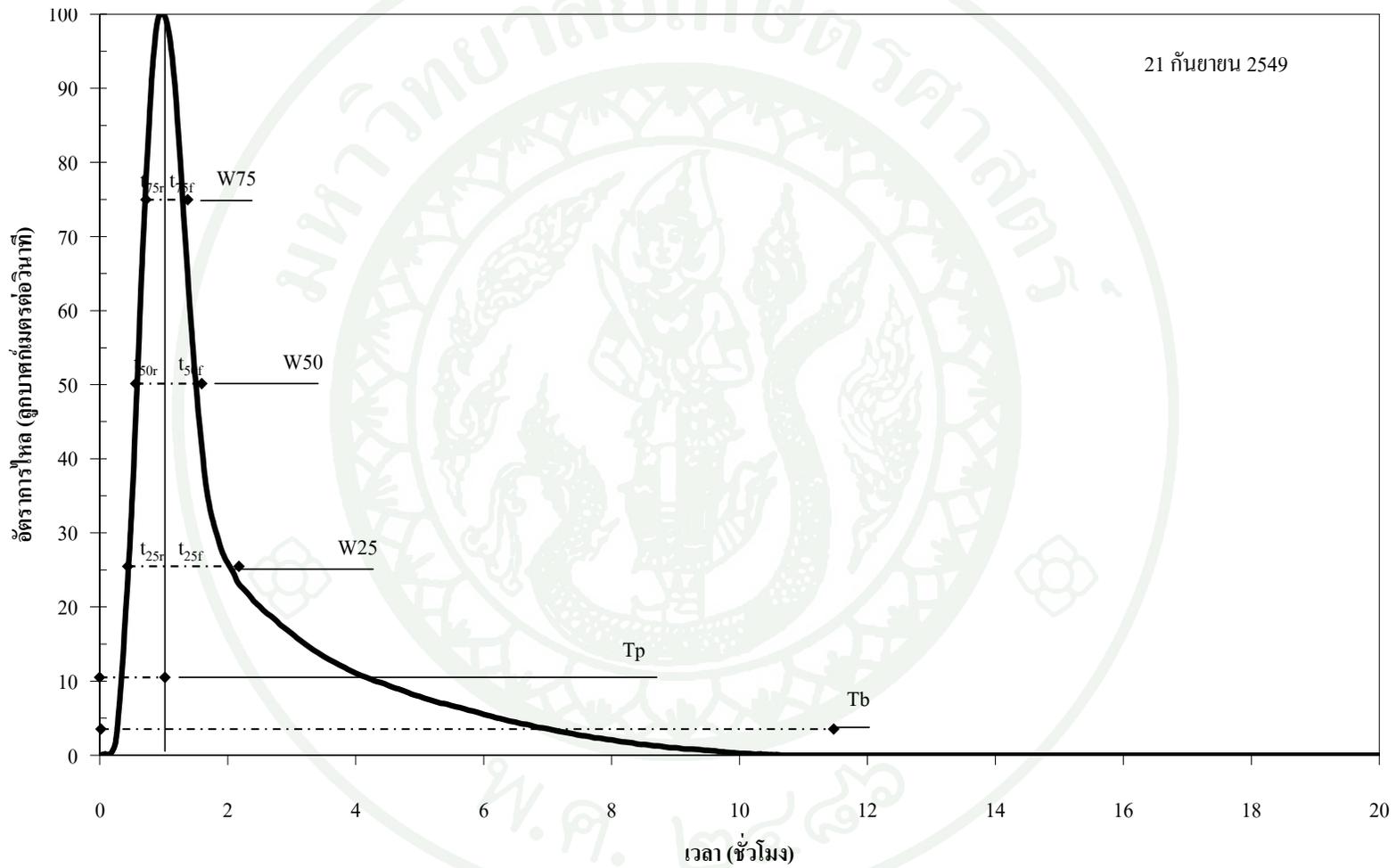
k_r คือ ค่าคงที่ของกราฟส่วนลด (recession constant)



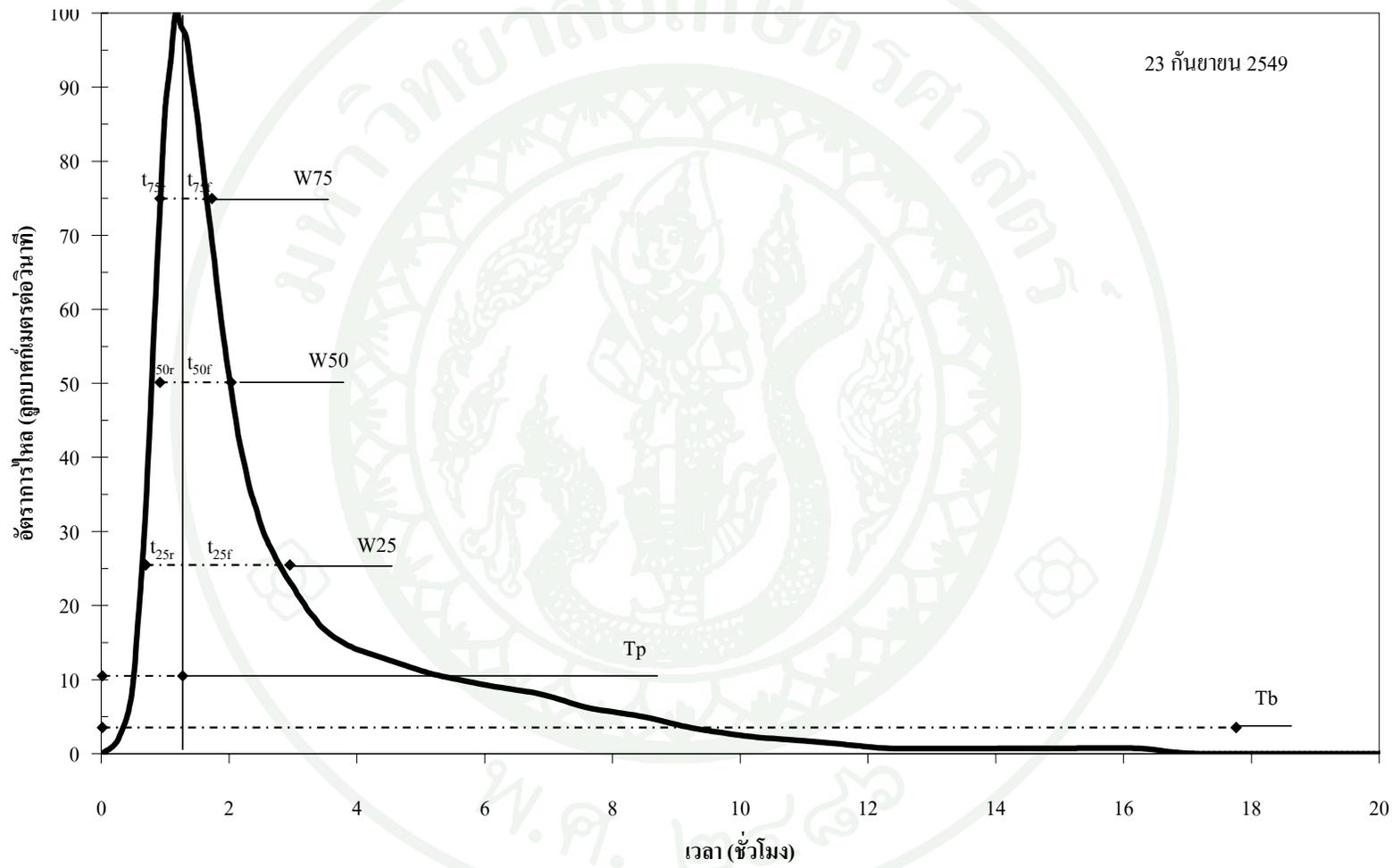
ภาพผนวกที่ 1 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต๋ำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



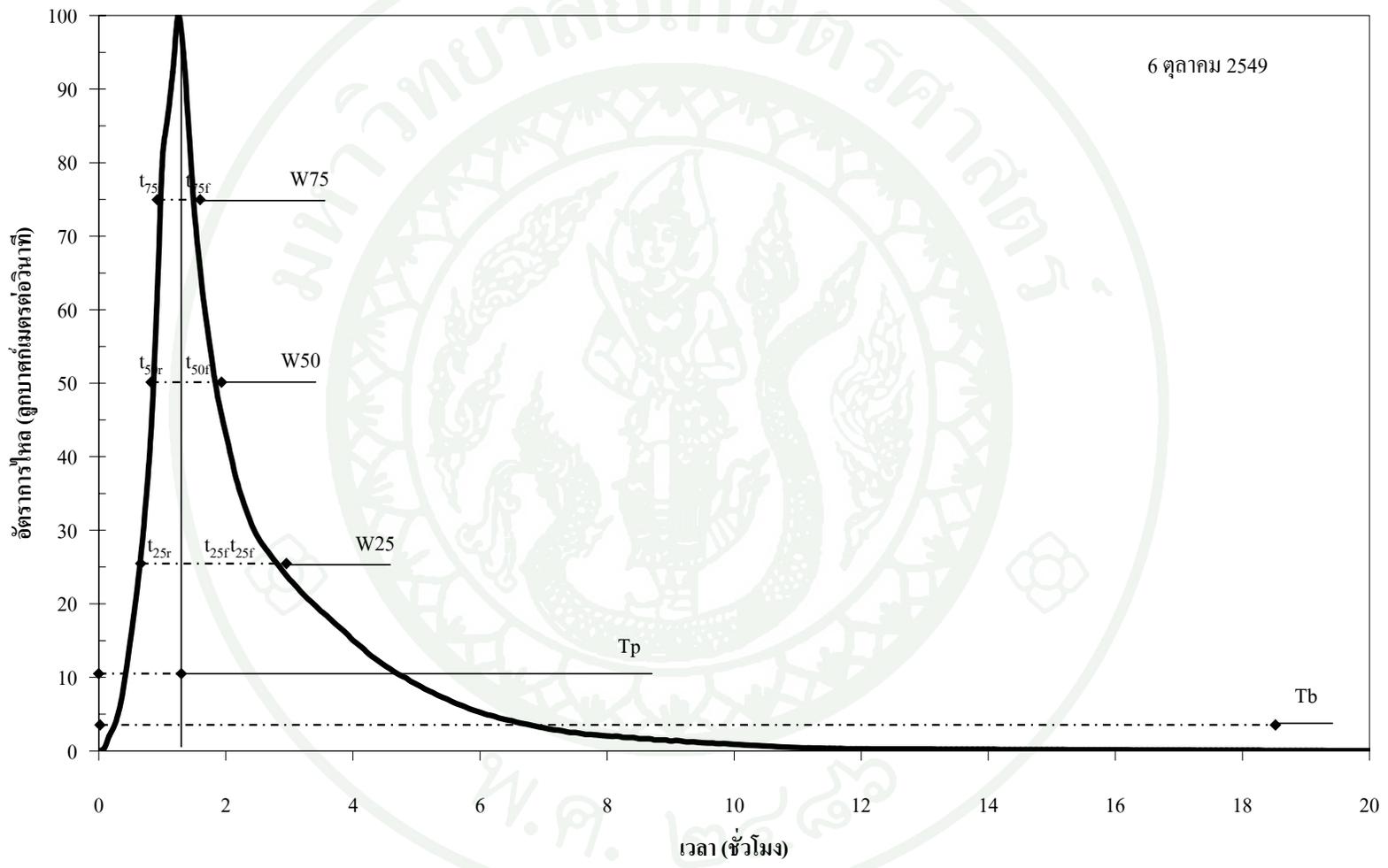
ภาพผนวกที่ 2 กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



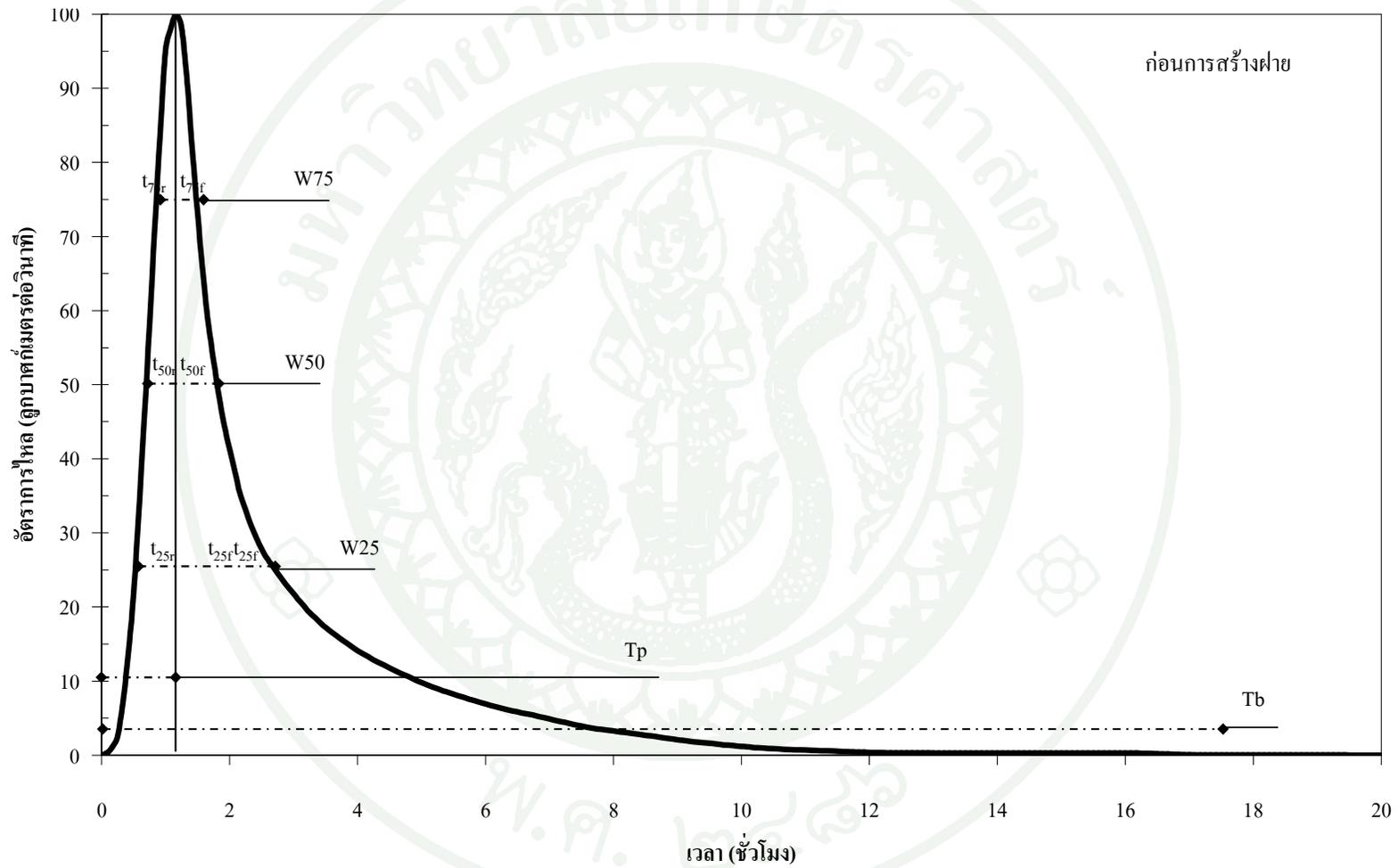
ภาพผนวกที่ 3 การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที วันที่ 21 กันยายน 2549



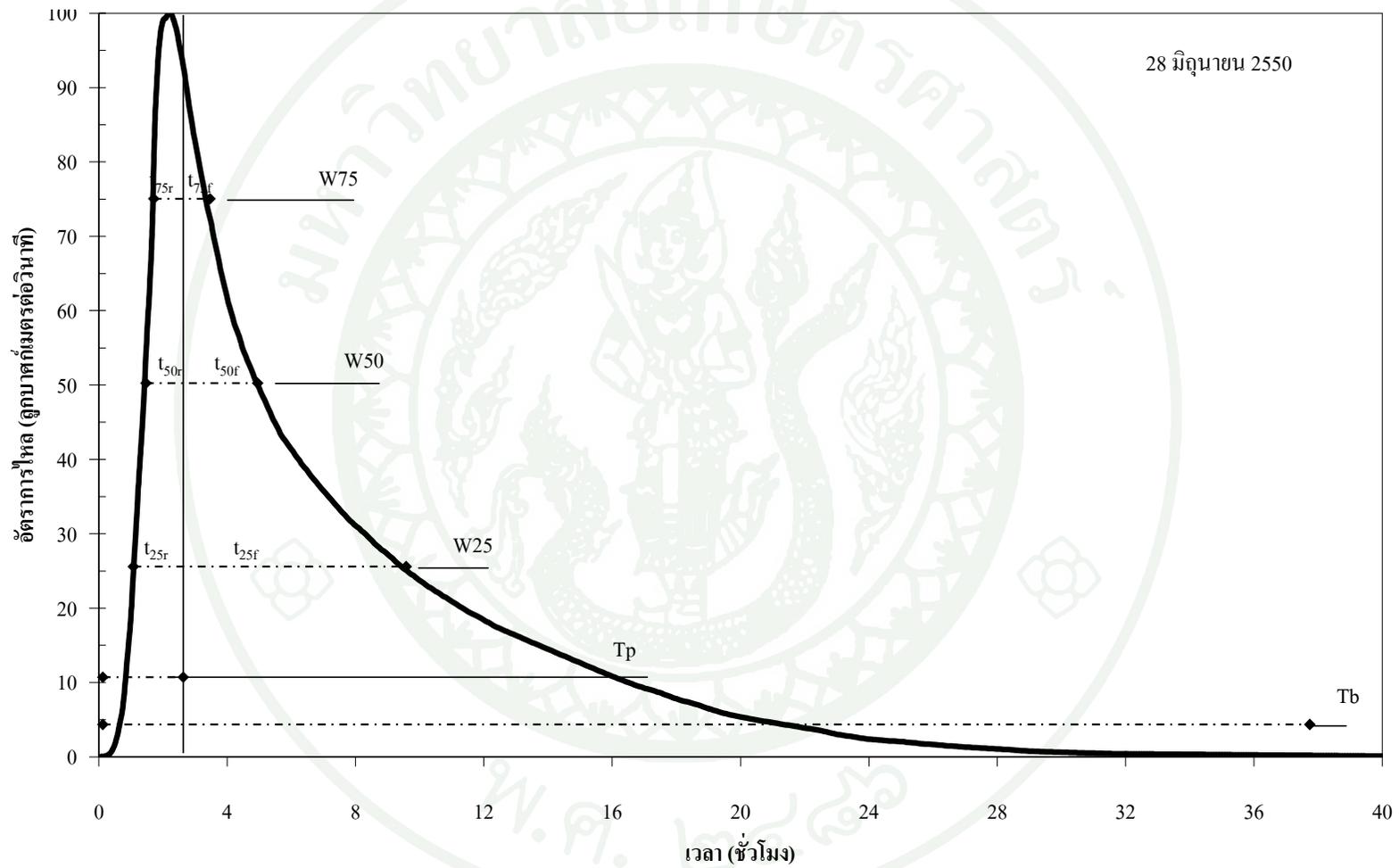
ภาพผนวกที่ 4 การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาที วันที่ 23 กันยายน 2549



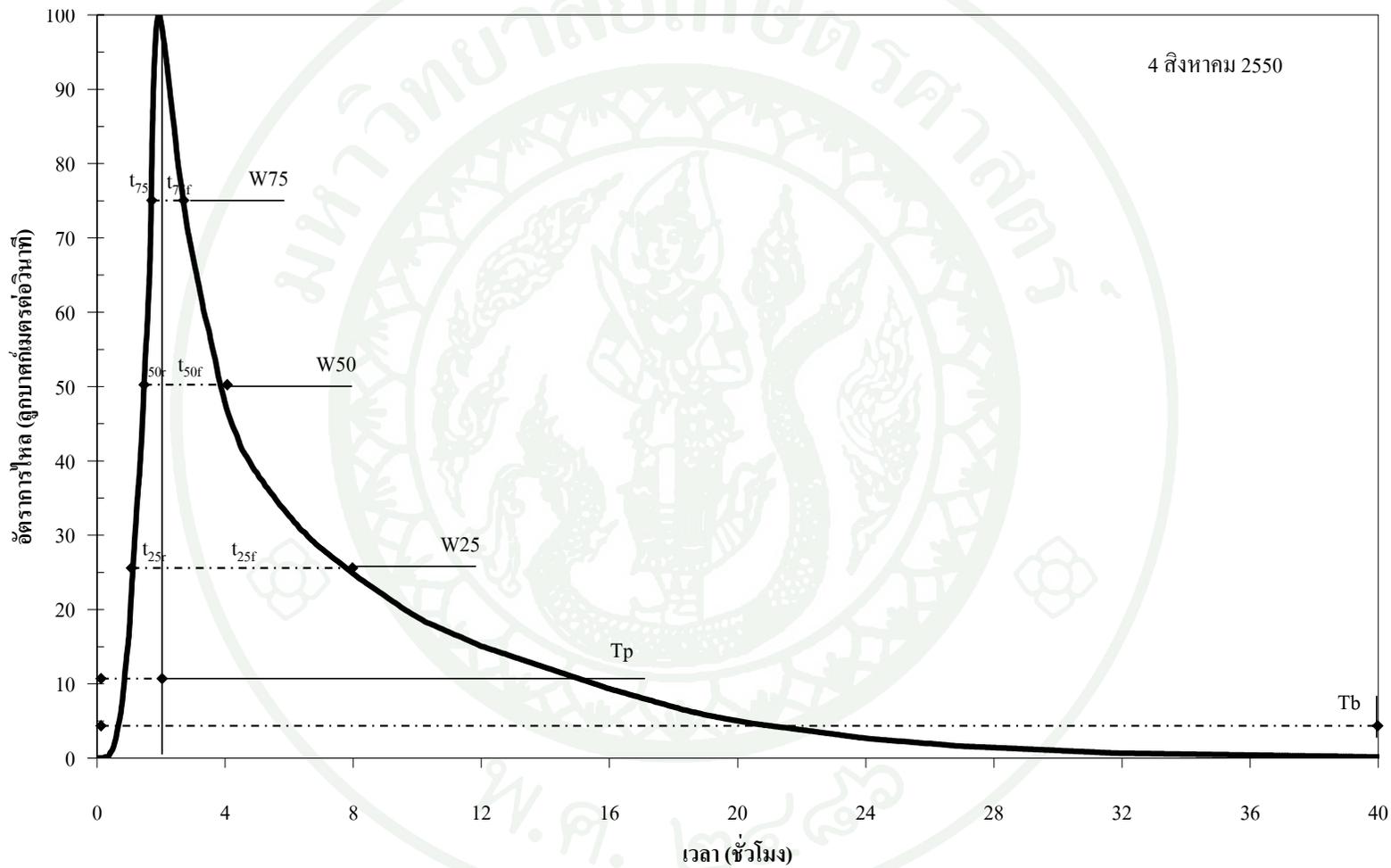
ภาพผนวกที่ 5 การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาที วันที่ 6 ตุลาคม 2549



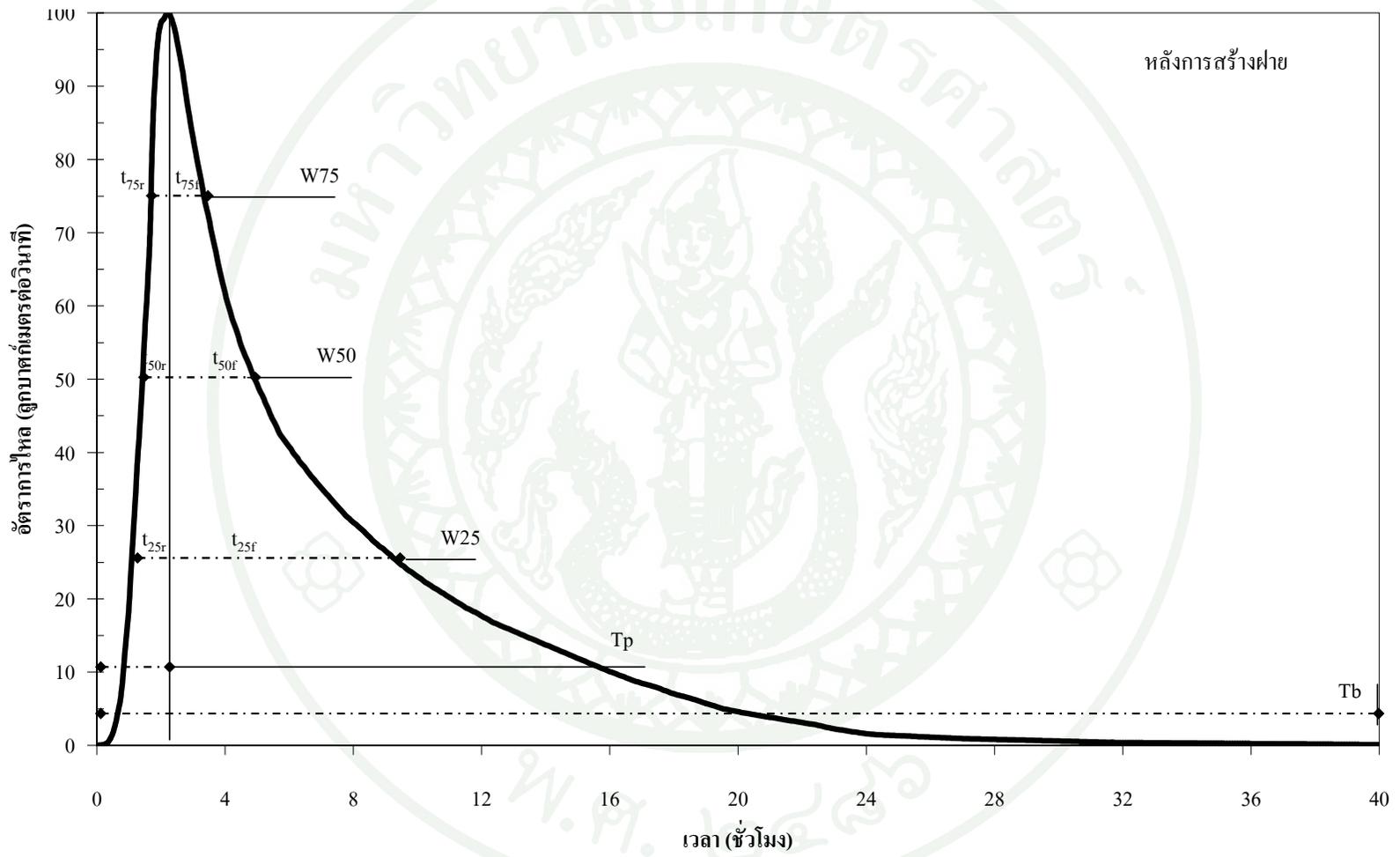
ภาพผนวกที่ 6 การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที ก่อนการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ต้า อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



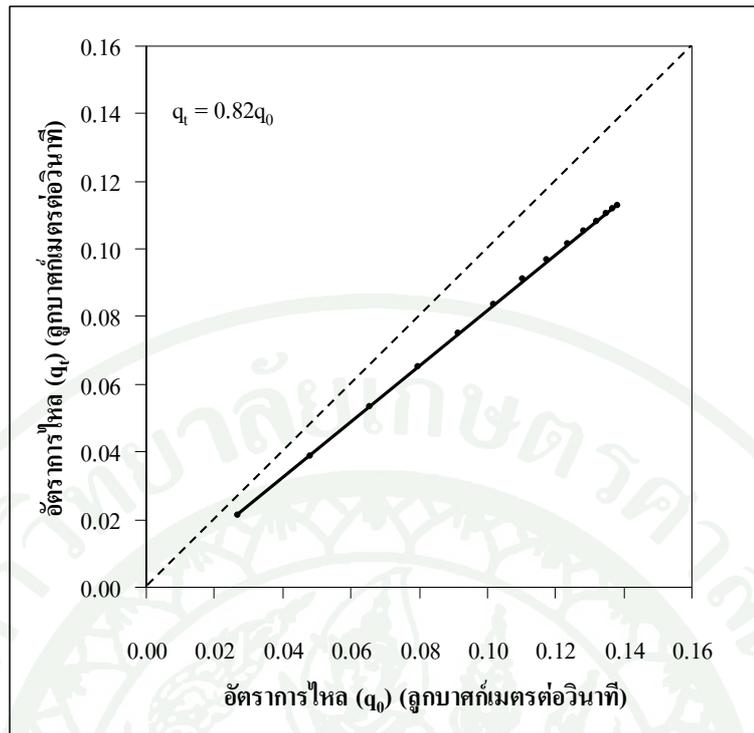
ภาพผนวกที่ 7 การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาที วันที่ 28 มิถุนายน 2550



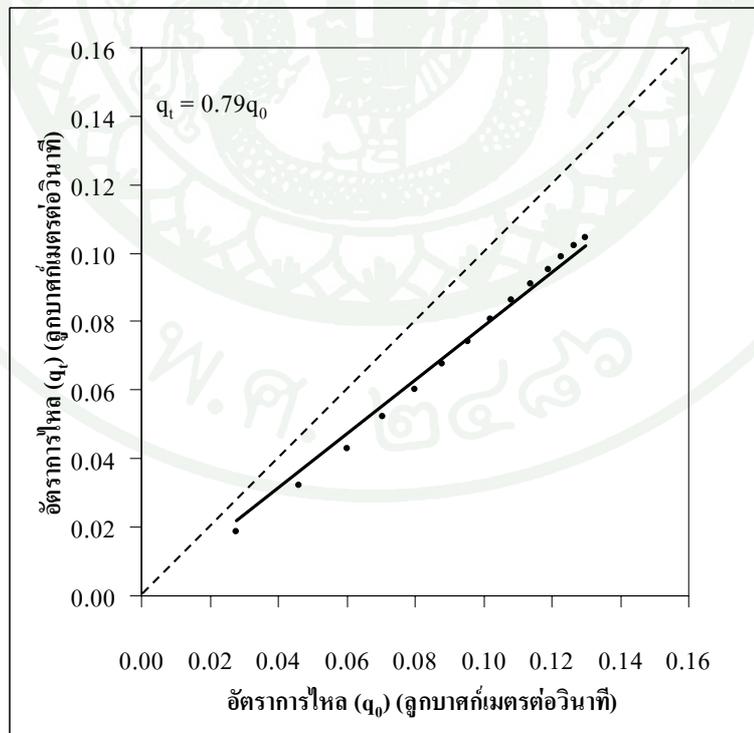
ภาพผนวกที่ 8 การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำทำ 30 นาที วันที่ 4 สิงหาคม 2550



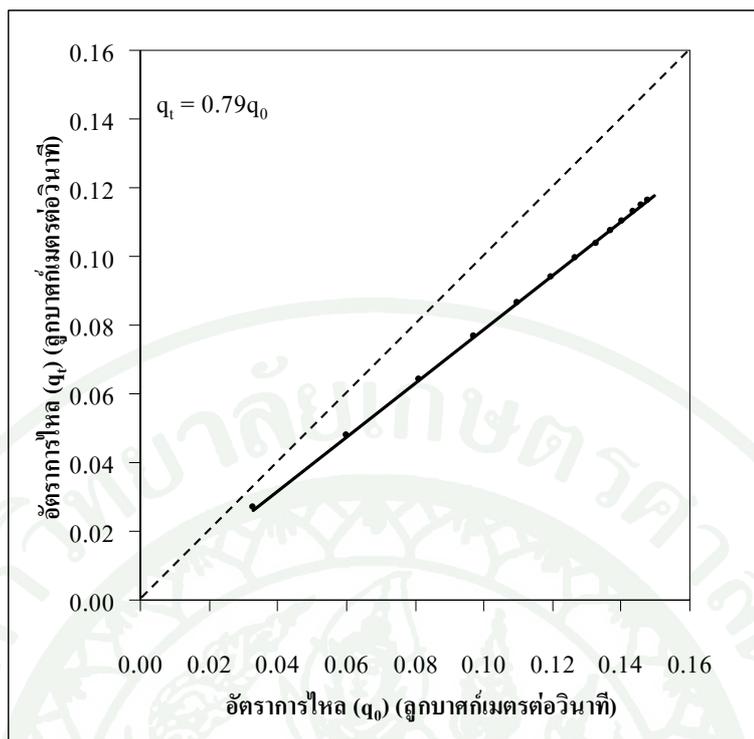
ภาพผนวกที่ 9 การแบ่งฐานเวลาของกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 30 นาที หลังการสร้างฝายต้นน้ำ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำแม่ตำ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



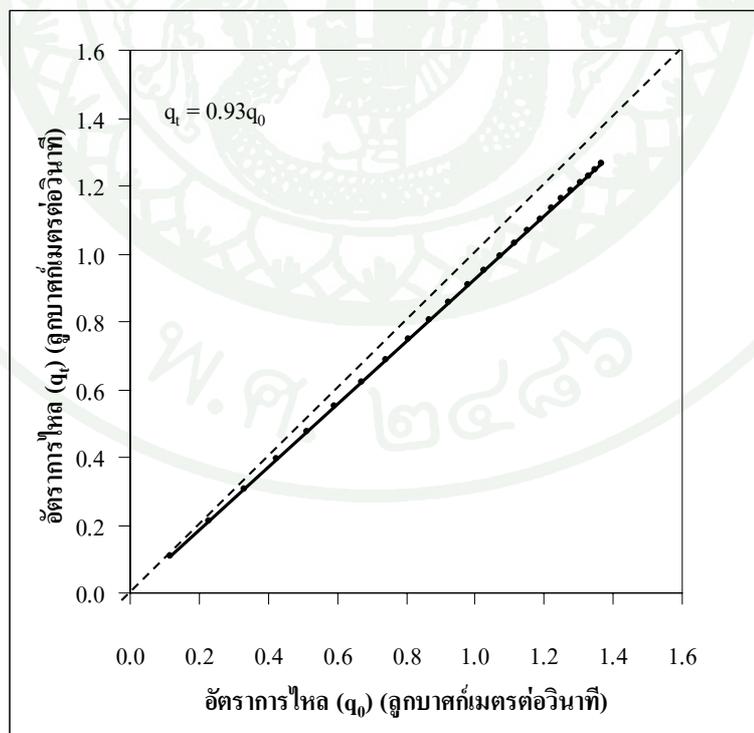
ภาพผนวกที่ 10 สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_r) บริเวณพื้นที่ดินน้ำแม่ตำวันที่ 21 กันยายน 2549



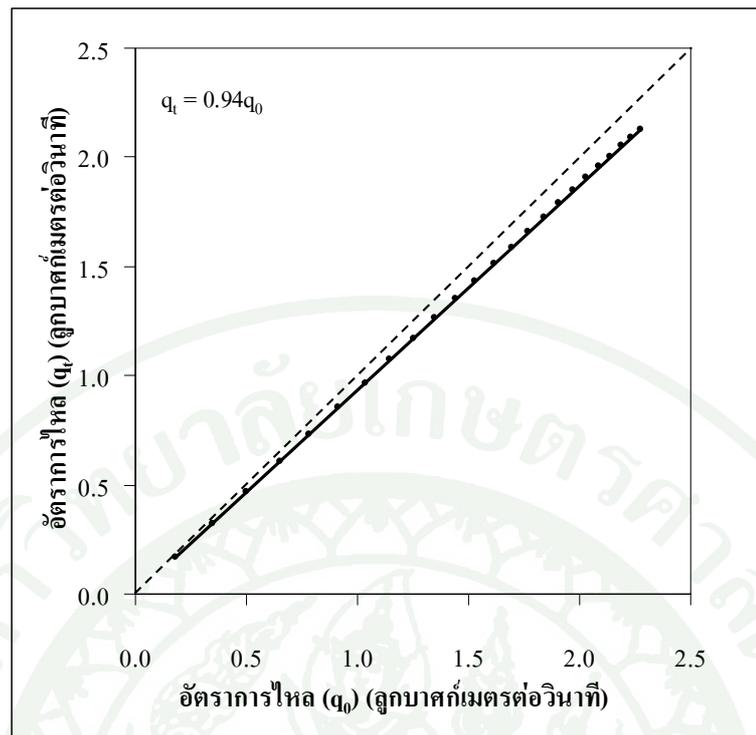
ภาพผนวกที่ 11 สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_r) บริเวณพื้นที่ดินน้ำแม่ตำวันที่ 23 กันยายน 2549



ภาพผนวกที่ 12 สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k) บริเวณพื้นที่ดินน้ำแม่ตำวันที่ 6 ตุลาคม 2549



ภาพผนวกที่ 13 สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k) บริเวณพื้นที่ดินน้ำแม่ตำวันที่ 28 มิถุนายน 2550



ภาพผนวกที่ 14 สัมประสิทธิ์ส่วนลดน้ำท่า (k_r) บริเวณพื้นที่ดินน้ำแม่ตำวันที่ 4 สิงหาคม 2550

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นางสาวสุชาดา ศรีวัฒนา
เกิดวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด บางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ตำแหน่งปัจจุบัน -
สถานที่ทำงานปัจจุบัน -
ผลงานดีเด่น และรางวัลทางวิชาการ -
ทุนการศึกษาที่ได้รับ -