

ชลภาพน้ำฝน – น้ำทำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร



นายพัชรศักดิ์ อาลัย

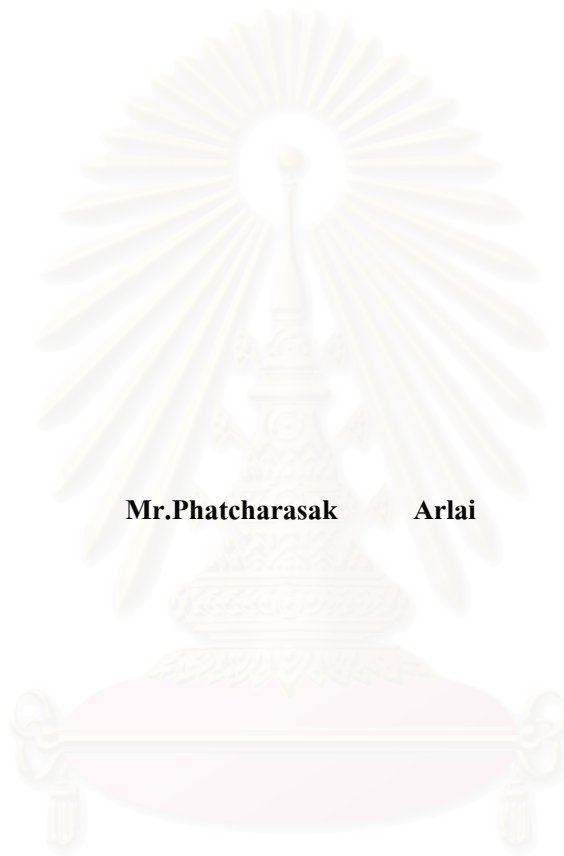
สถาบันวิทยบริการ
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1122-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HYETOGRAPH – HYDROGRAPH IN BANGKOK AREA



Mr.Phatcharasak Arlai

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering
Department of Water Resources Engineering**

**Faculty of Engineering
Chulalongkorn University**

Academic Year 2000

ISBN 974-13-1122-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ชลภาพน้ำฝน – น้ำทำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
โดย นายพัชรศักดิ์ อาลัย
ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ .ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คุณชนกุลวงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์)

พัชรศักดิ์ อาลัย : ชลภาพน้ำฝน – น้ำท่าในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

(HYETOGRAPH – HYDROGRAPH IN BANGKOK AREA)

อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล , 294 หน้า ISBN 974-13-1122-2

งานวิทยานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรก เป็น การทบทวนงานวัด และการวัดข้อมูลอุทกวิทยาภาคสนาม โดยทำการติดตามทบทวนงานวัดข้อมูลอุทกวิทยาของกรุงเทพมหานคร ช่วงเดือน สิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2543 ในพื้นที่เขต บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม และได้ทำการคัดเลือกเหตุการณ์ฝน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ จำนวน 132 เหตุการณ์ โดยมีความลึกฝน อยู่ในช่วง 20 – 106.5 มิลลิเมตรในช่วงเวลา 60 นาที และการวัดข้อมูลภาคสนามได้ทำการวัดข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า ช่วงเดือน สิงหาคม – ตุลาคม ในพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และพื้นที่เขตคันนายาว ในส่วนที่สองเป็น การวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนย่อยแรก เป็น การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนโดยทำการวิเคราะห์ค่า r และเปรียบเทียบชลภาพฝนจริงกับชลภาพฝนออกแบบ ส่วนย่อยสองเป็น การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่าโดยทำการวิเคราะห์ค่าเวลาในการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (t_c) การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงกับชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้โดยวิธีต่างๆ

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า (1) เครื่องมือวัดน้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องตามเวลา โดยเครื่องมือวัดบางส่วนสามารถบันทึกข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะนำไปประมวลผลโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป (2) การวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (2.1) การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนพบว่าค่า r ในช่วงเวลา 30 นาทีมีค่าอยู่ในช่วง 0.29 – 0.48 และในช่วงเวลา 60 นาทีมีค่าอยู่ในช่วง 0.27 – 0.42 ในส่วนของชลภาพฝนพบว่า วิธี Kiefer and Chu ให้ผลการคำนวณความเข้มฝนสูงสุดใกล้เคียงกับข้อมูลมากที่สุด และวิธี Yen and Chow ให้ผลการคำนวณรูปร่างของชลภาพน้ำฝนใกล้เคียงกับข้อมูลมากที่สุด (2.2) การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าพบว่า ค่า t_c ที่คำนวณโดยใช้สมการถดถอยสหสัมพันธ์ให้ผลการคำนวณได้ใกล้เคียงกับข้อมูลมากที่สุด และสูตรของ Kirpich ให้ผลการคำนวณใกล้เคียงในลำดับต่อมา ในส่วนของการวิเคราะห์ค่า C พบว่าวิธีคำนวณค่า C จากสมการ $Q = CiA$ โดยกำหนด i จาก t_c จะให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินพบว่า วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินได้ใกล้เคียงกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงทั้งอัตราการไหลสูงสุดและรูปร่างของชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงมากที่สุด

จากการศึกษามีข้อเสนอแนะว่า ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆทางอุทกวิทยาเพื่อใช้เป็นค่าพารามิเตอร์มาตรฐานสำหรับพื้นที่ศึกษาจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอุทกวิทยาที่มีการวัดข้อมูลเป็นช่วงระยะเวลายาว และต่อเนื่อง แต่เนื่องจากการวัดข้อมูลในครั้งนี้เป็นการวัดในช่วงเวลาสั้น ดังนั้นจึงเสนอว่าในการวัดข้อมูลทางอุทกวิทยาครั้งต่อไปควรมีการวัดข้อมูลในช่วงระยะเวลายาว และต่อเนื่อง เพื่อจะได้นำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์มาตรฐานทางอุทกวิทยาสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานครต่อไป

ภาควิชา.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4170434421 : MAJOR WATER RESOURCE ENGINEERING

KEY WORD: HYDROLOGICAL DATA MEASUREMENT AND COLLECTION / HYDROLOGICAL
PARAMETERS / URBAN HYDROLOGY / BANGKOK METROPOLIS

PHATCHARASAK ARLAI : HYETOGRAPH – HYDROGRAPH IN BANGKOK AREA THESIS
ADVISOR : ASSIST. PROF.TUANTAN KITPAISALSAKUL, D. Eng. 294 pp. ISBN 974-13-1122-2

This thesis can be divided into 2 parts. The first part is the hydrological data measurement and reviewing. Reviewing the hydrological data measurement in the period between August and September, 2000 by Bangkok Metropolitan Authority and then selection the rainfall events in order to analysis to be 132 events by the rainfall depth are 20 to 106.5 millimetres. And measurement the rainfall – runoff data in the period between August to October, 2000 are in Chulalongkorn University and Kunnayoa region. The second part is divided into 2 part, i.e., the rainfall hyetograph analysis and the rainfall – runoff analysis. The rainfall analysis is consisted of the storm advancement coefficient (r) analysis and the rainfall hyetograph analysis. The rainfall – runoff analysis can be divided into 3 parts, i.e., the time of concentration (t_c) analysis, Runoff coefficient (C) analysis and the direct runoff hydrograph analysis.

From the study results, it is concluded that (1) the measurement instruments of rainfall, water level and discharge are continuous recording type. Some instruments can retrieve data into the computer before being interpreted by the computer later, (2) from the rainfall analysis, it is found that for 30 minutes rainfall, r is approximately 0.29 – 0.48 and for 60 minutes rainfall, r is approximately 0.27 – 0.42, Kiefer and Chu method gives the computed peak rainfall intensity closest to the observed data and Yen and Chow method gives the computed rainfall hyetograph closest to the observed data, (3) from relation between rainfall and runoff analysis, it is found that t_c calculated by the linear multiple regression equation gives the best result to fit with the actual data and t_c are calculated from Kirpich formula gives the better result to fit with the actual data. C are calculated from $Q = C_i A$ by averaging i on t_c gives the best result to calculate the peak discharge. The average unit hydrograph method gives the best result both peak discharge and hydrograph shape to fit with the measured data.

From the study suggests that the hydrological parameters analysis in order to be standard parameters must use the data which measured in the long time period and continuously, but this measurement is the short time period measurement. So, in the next hydrological data measurement in Bangkok should measure the data in the long time period and continuously in order to used to analysis the standard hydrological parameters for Bangkok.

Department.....

Student's signature.....

Field of study.....

Advisor's signature.....

Academic year.....

Co –advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักริชัย รองศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คุณธนกุลวงศ์ อาจารย์ ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวน ทัน กิจไพศาลสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำข้อคิดเห็นต่างๆ เป็นอย่างดีขณะศึกษาวิจัยตลอดมา และข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำแก่ข้าพเจ้า และ เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันราชภัฏนครปฐม และทบวง มหาวิทยาลัย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณมา ณ.โอกาสนี้ด้วย

อนึ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ กรมชลประทาน สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร บริษัท วอร์เตอร์ดีเวลลอปเม้นท์คอนซัลเท็นส์ จำกัด บริษัทแอสติกอนคอร์ปอเรชันจำกัด บริษัททิมคอนซัล ดิง เอ็นจิเนียริง แอนด์เมเนจเม้นท์ จำกัด หมู่บ้านชินกมลนิเวศน์ 5 และสำนักระบบกายภาพ จุฬาลง กรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัดข้อมูล และข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการศึกษา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ พี่ไตรทิพย์ มังกรโรทัย ที่ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา รวมทั้งพี่ เพื่อน น้อง และครูปฏิบัติการณ์ในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็น กำลังใจให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณลุงและครอบครัวที่สนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้า ตลอดมา และรวมทั้งบิดา ญาติ และน้องๆที่เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าในการศึกษา และขอกราบ ขอบพระคุณ มารดาผู้ล่วงลับผู้เป็นเสมือนพลังใจที่สำคัญให้ข้าพเจ้าตลอดไป

สถาบันวิทยบริการ พัชรศักดิ์ อาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฅ |
| สารบัญรูป..... | ฉ |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา..... | 3 |
| 1.4 พื้นที่ศึกษา..... | 5 |
| 1.5 ขั้นตอนการศึกษา..... | 7 |
| 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา..... | 13 |
| | |
| บทที่ 2 การศึกษาที่ผ่านมา..... | 14 |
| 2.1 การศึกษาวิธีออกแบบชลภาพน้ำฝน..... | 14 |
| 2.2 เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก..... | 19 |
| 2.3 สัมประสิทธิ์น้ำท่า..... | 20 |
| 2.4 การคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน..... | 26 |
| | |
| บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการศึกษา..... | 27 |
| 3.1 ชลภาพน้ำฝน..... | 27 |
| 3.2 เวลาการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก..... | 37 |
| 3.3 สัมประสิทธิ์น้ำท่า..... | 40 |
| 3.4 การคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน..... | 45 |
| 3.5 การวัดความสอดคล้องของข้อมูล..... | 58 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 4 การดำเนินการวัดและทบทวนงานวัดข้อมูลอุทกวิทยา..... | 60 |
| 4.1 การดำเนินการวัดข้อมูลทางอุทกวิทยา..... | 60 |
| 4.2 การรวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา..... | 69 |
| บทที่ 5 ผลการเก็บข้อมูลภาคสนาม และผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 93 |
| 5.1 ผลการเก็บข้อมูลน้ำฝน..... | 93 |
| 5.2 ผลการเก็บข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า..... | 98 |
| 5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน..... | 100 |
| 5.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า..... | 117 |
| บทที่ 6 สรุปผลการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ..... | 150 |
| 6.1 สรุปผลการวัด และรวบรวมข้อมูลอุทกวิทยา..... | 150 |
| 6.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน..... | 151 |
| 6.3 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า..... | 154 |
| 6.4 ข้อเสนอแนะ..... | 157 |
| รายการอ้างอิง..... | 161 |
| ภาคผนวก..... | 164 |
| ภาคผนวก ก ข้อมูลฝน และข้อมูลน้ำฝนน้ำท่า..... | 165 |
| ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลฝน..... | 237 |
| ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า..... | 260 |
| ภาคผนวก ง พื้นที่ระบายน้ำ และรายละเอียดบ่อพักที่ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำ..... | 286 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 293 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 1.1 จุดวัดปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำ และอัตราการไหลที่ใช้ในการศึกษา..... | 3 |
| ตารางที่ 1.2 สถานีวัดความเร็ว ระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ และสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่บางกะปิ..... | 5 |
| ตารางที่ 1.3 สถานีวัดความเร็ว ระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ และสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่บึงกลุ่ม..... | 6 |
| ตารางที่ 1.4 สถานีวัดความเร็ว ระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ และสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่หนองแขม..... | 7 |
| ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ระบายน้ำ..... | 20 |
| ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้พื้นที่ในกรุงเทพมหานคร..... | 23 |
| ตารางที่ 2.3 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้พื้นที่ของกรุงเทพมหานคร..... | 23 |
| ตารางที่ 2.4 สัมประสิทธิ์น้ำท่าในพื้นที่เขตบางกะปิตามลักษณะการใช้พื้นที่ในปัจจุบัน และอนาคต | 26 |
| ตารางที่ 3.1 ค่า C ตามประเภทของการใช้ที่ดิน..... | 41 |
| ตารางที่ 3.2 ค่า C ตามลักษณะความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย..... | 42 |
| ตารางที่ 4.1 รายละเอียดในการวัดของล้อลูกกลอย และวงล้อสายพานดิ่งเข็ม..... | 67 |
| ตารางที่ 5.1 เหตุการณ์ฝนช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาทีในพื้นที่ บางกะปิ บึงกลุ่ม และหนองแขม..... | 94 |
| ตารางที่ 5.2 เหตุการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา..... | 98 |
| ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่บางกะปิ บึงกลุ่ม และหนองแขม..... | 101 |
| ตารางที่ 5.4 เปร็อร์เซนต์รูปแบบการกระจายของฝนวิธี Pilgrim and Cordery ในพื้นที่ บางกะปิ บึงกลุ่มและหนองแขม..... | 101 |
| ตารางที่ 5.5 ค่า r ที่ใช้ในการออกแบบชลภาพฝน โดยวิธี Yen and Chow..... | 106 |
| ตารางที่ 5.6 ค่า r ที่ใช้ในการออกแบบชลภาพฝนวิธี Kiefer and Chu..... | 109 |
| ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบความเข้มฝนสูงสุดของฝนตกจริง กับวิธีออกแบบชลภาพฝนต่างๆ..... | 115 |
| ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบวิธีออกแบบชลภาพฝนวิธีต่างๆ กับชลภาพฝนจริง โดยใช้ Bias และ Relative Standard Error..... | 116 |
| ตารางที่ 5.9 ค่า Bias และ Relative Standard Error เฉลี่ย ของการเปรียบเทียบวิธีออกแบบชลภาพฝนวิธีต่างๆ..... | 117 |

สารบัญญัตราสาร (ต่อ)

หน้า

| | |
|---|-----|
| ตารางที่ 5.10 ค่า tc ที่วัดได้จริง และที่คำนวณโดยสูตรต่างๆ..... | 118 |
| ตารางที่ 5.11 การเปรียบเทียบค่า Bias และ Standard Error ของค่า tc ที่วัดได้จริงกับที่คำนวณได้ โดยสูตรต่างๆ..... | 119 |
| ตารางที่ 5.12 ค่า C โดยวิธีต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา..... | 120 |
| ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบ Bias และ Relative Standard Error ของค่าอัตราการไหลสูงสุด ระหว่างข้อมูลกับที่คำนวณโดยใช้ค่า C วิธีต่างๆ..... | 122 |
| ตารางที่ 5.14 ค่า C ที่ให้ค่า Bias และ Relative Standard Error ที่ต่ำที่สุดในแต่ละพื้นที่ศึกษา..... | 122 |
| ตารางที่ 5.15 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลสูงสุดที่วัดได้จริง กับ ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณโดยวิธีต่างๆ..... | 125 |
| ตารางที่ 5.16 ผลการวิเคราะห์ลำดับความสอดคล้องของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณโดยวิธีต่างๆ กับชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้จริง โดยพิจารณาค่า Bias และ Standard Error..... | 126 |
| ตารางที่ 5.17 แฟกเตอร์ในการปรับแก้ค่าปริมาตรน้ำได้ชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph กับปริมาตรน้ำฝนส่วนเกิน..... | 128 |
| ตารางที่ 6.1 สรุปผลการวัดข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์..... | 150 |
| ตารางที่ 6.2 ความเข้มฝนสูงสุดในแต่ละพื้นที่ศึกษา..... | 152 |
| ตารางที่ 6.3 วิธีออกแบบชลภาพฝนที่คำนวณความเข้มฝนสูงสุดได้ใกล้เคียงกับความเข้มฝนสูงสุด เฉลี่ยในพื้นที่บางกะปิ และบึงกุ่ม..... | 152 |
| ตารางที่ ก-1 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บางกะปิ..... | 166 |
| ตารางที่ ก-2 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บึงกุ่ม..... | 171 |
| ตารางที่ ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแขม..... | 176 |
| ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ..... | 183 |
| ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7 – 8 พื้นที่บางกะปิ..... | 196 |
| ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม..... | 217 |
| ตารางที่ ก-7 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 20 ก.ย. สถานีวัดน้ำท่าที่ 1 พื้นที่หนองแขม..... | 224 |
| ตารางที่ ก-8 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 2 พื้นที่หนองแขม..... | 228 |
| ตารางที่ ก-9 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 28 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 3 พื้นที่หนองแขม..... | 231 |
| ตารางที่ ก-10 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 233 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ ก-11 เหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่า 15 ต.ค. 2543 พื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 | 235 |
| ตารางที่ ข-1 การวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่บางกะปิ | 238 |
| ตารางที่ ข-2 การวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่บึงกุ่ม | 239 |
| ตารางที่ ข-3 การวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่หนองแขม | 240 |
| ตารางที่ ข-4 การวิเคราะห์ร้อยละของความถี่ฝนในช่วงเวลา 30 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บางกะปิ | 241 |
| ตารางที่ ข-5 การวิเคราะห์ร้อยละของความถี่ฝนช่วงเวลา 30 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บึงกุ่ม | 242 |
| ตารางที่ ข-6 การวิเคราะห์ร้อยละของความถี่ฝนช่วงเวลา 30 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่หนองแขม | 243 |
| ตารางที่ ข-7 การวิเคราะห์ร้อยละของความถี่ฝนช่วงเวลา 60 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บางกะปิ | 244 |
| ตารางที่ ข-8 การวิเคราะห์ร้อยละของความถี่ฝนช่วงเวลา 60 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บึงกุ่ม | 245 |
| ตารางที่ ข-9 การวิเคราะห์ร้อยละของความถี่ฝนช่วงเวลา 60 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่หนองแขม | 246 |
| ตารางที่ ข-10 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 30 นาที โดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่บางกะปิ | 247 |
| ตารางที่ ข-11 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 30 นาที โดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่บึงกุ่ม | 248 |
| ตารางที่ ข-12 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 30 นาที โดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่หนองแขม | 249 |
| ตารางที่ ข-13 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 60 นาที โดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่บางกะปิ | 250 |
| ตารางที่ ข-14 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 60 นาที โดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่บึงกุ่ม | 251 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

| | |
|---|-----|
| ตารางที่ ข-15 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 60 นาที โดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่ หนองแขม..... | 252 |
| ตารางที่ ข-16 ค่า a,b และ c ของพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม คาบการเกิด 2 ปี และ 5 ปี..... | 253 |
| ตารางที่ ข-17 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่บางกะปикаบการ เกิด 2 ปี..... | 254 |
| ตารางที่ ข-18 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่บึงกุ่มคาบการเกิด 2 ปี..... | 256 |
| ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่หนองแขม คาบการเกิด 2 ปี..... | 258 |
| ตารางที่ ค-1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ระบายน้ำ..... | 261 |
| ตารางที่ ค-2 การคำนวณค่า C ของพื้นที่บางกะปิ..... | 263 |
| ตารางที่ ค-3 การคำนวณค่า C ของพื้นที่บึงกุ่ม..... | 264 |
| ตารางที่ ค-4 การคำนวณค่า C ของพื้นที่หนองแขม..... | 265 |
| ตารางที่ ค-5 การคำนวณค่า C ของพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 266 |
| ตารางที่ ค-6 การคำนวณค่า C ของพื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5..... | 268 |
| ตารางที่ ค-7 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆในพื้นที่บางกะปิ..... | 269 |
| ตารางที่ ค-8 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆในพื้นที่บึงกุ่ม..... | 270 |
| ตารางที่ ค-9 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆในพื้นที่หนองแขม..... | 271 |
| ตารางที่ ค-10 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 273 |
| ตารางที่ ค-11 ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ..... | 275 |
| ตารางที่ ค-12 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph 1/9/43 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 280 |
| ตารางที่ ค-13 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี Clark พื้นที่จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย..... | 282 |

สารบัญรูป

หน้า

| | | |
|-------------|---|----|
| รูปที่ 1.1 | พื้นที่ศึกษาในเขตบางกะปิ..... | 8 |
| รูปที่ 1.2 | พื้นที่ศึกษาในเขตบึงกุ่ม..... | 9 |
| รูปที่ 1.3 | พื้นที่ศึกษาในเขตหนองแขม..... | 10 |
| รูปที่ 1.4 | พื้นที่ศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 11 |
| รูปที่ 1.5 | พื้นที่ศึกษาในหมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5..... | 12 |
| รูปที่ 2.1 | ฝนออกแบบโดยวิธี Pilgrim and Cordery..... | 14 |
| รูปที่ 2.2 | ชลภาพฝนออกแบบโดยวิธีสามเหลี่ยมช่วงเวลา 15 นาที ที่คาบการเกิด 5ปี..... | 15 |
| รูปที่ 2.3 | ชลภาพฝนออกแบบช่วงเวลา 2 ชั่วโมงที่คาบการเกิด 5 ปี..... | 16 |
| รูปที่ 2.4 | กราฟความสัมพันธ์ช่วงเวลาฝนตก และค่าอัตราส่วน r | 17 |
| รูปที่ 2.5 | ฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu ที่ช่วงคาบการเกิด 5 ปี..... | 18 |
| รูปที่ 2.6 | ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม..... | 21 |
| รูปที่ 2.7 | ความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อความเข้มฝนตามลักษณะภูมิประเทศ..... | 22 |
| รูปที่ 2.8 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและค่า C | 23 |
| รูปที่ 2.9 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุด และค่า C | 24 |
| รูปที่ 3.1 | ขั้นตอนการศึกษาเกี่ยวกับชลภาพฝนออกแบบ..... | 28 |
| รูปที่ 3.2 | ขั้นตอนการออกแบบชลภาพฝน โดยวิธี Pilgrim and Cordery..... | 30 |
| รูปที่ 3.3 | ชลภาพฝนสามเหลี่ยม..... | 31 |
| รูปที่ 3.4 | ขั้นตอนการออกแบบชลภาพฝนวิธี Yen and Chow..... | 32 |
| รูปที่ 3.5 | รูปแบบชลภาพฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu..... | 34 |
| รูปที่ 3.6 | ขั้นตอนในการออกแบบฝน โดยวิธี Kiefer and Chu..... | 35 |
| รูปที่ 3.7 | ค่าเวลาการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออกในความสัมพันธ์ชลภาพน้ำฝน – น้ำท่า..... | 37 |
| รูปที่ 3.8 | ขั้นตอนในการวิเคราะห์ค่า C | 44 |
| รูปที่ 3.9 | ชลภาพน้ำฝน – น้ำท่าในกลุ่มน้ำ Shoal Creek เมือง Austin , Texas , U.S..... | 46 |
| รูปที่ 3.10 | การเปรียบเทียบระบบเชิงเส้น และหลักการซ้อนทับของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า..... | 48 |
| รูปที่ 3.11 | การประยุกต์ใช้ของ discrete convolution equation ในระบบเชิงเส้นตรง..... | 49 |
| รูปที่ 3.12 | การสร้างชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย..... | 50 |
| รูปที่ 3.13 | ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้นหน่วย..... | 51 |
| รูปที่ 3.14 | ชลภาพน้ำท่าโดยวิธี Rational Method..... | 52 |

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

| | | |
|-------------|--|----|
| รูปที่ 3.15 | การหลาก TA Curve เป็น IUH..... | 54 |
| รูปที่ 3.16 | ขั้นตอนการวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่าผิวดิน..... | 57 |
| รูปที่ 4.1 | เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบถังกระดกติดตั้งที่ทางเข้า. ชั้นกมลนิเวศน์5..... | 61 |
| รูปที่ 4.2 | องค์ประกอบของเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบถังกระดก..... | 62 |
| รูปที่ 4.3 | กราฟบันทึกข้อมูลน้ำฝน..... | 64 |
| รูปที่ 4.4 | เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย..... | 65 |
| รูปที่ 4.5 | กราฟบันทึกข้อมูลการวัดระดับน้ำ..... | 67 |
| รูปที่ 4.6 | ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน ระดับน้ำ และอัตราการไหลในท่อและคลอง..... | 70 |
| รูปที่ 4.7 | เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ tipping bucket และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล..... | 74 |
| รูปที่ 4.8 | ความดันที่ผิวน้ำ และความดันสถิตยที่ Transducer head..... | 74 |
| รูปที่ 4.9 | หลักการของความเร็วการเคลื่อนที่โดยวิธีสะท้อนของคลื่น..... | 75 |
| รูปที่ 4.10 | การส่งและรับสัญญาณคลื่นของ Transducer head..... | 75 |
| รูปที่ 4.11 | องค์ประกอบของเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ tipping bucket..... | 78 |
| รูปที่ 4.12 | องค์ประกอบของเครื่องมือวัดความลึกการไหล และความเร็วการไหล..... | 79 |
| รูปที่ 4.13 | การทำงานของเครื่องมือวัดความลึกการไหลและอัตราการไหล..... | 80 |
| รูปที่ 4.14 | การทำงานของ transducer head ในการวัดความเร็วการไหล..... | 81 |
| รูปที่ 4.15 | การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำในท่อระบายน้ำที่ไม่มีตะกอน..... | 83 |
| รูปที่ 4.16 | การติดตั้งฝายขนาดเล็กทางด้านท้ายน้ำ ของ transducer head ในกรณีที่ความลึกการไหลมี ค่าน้อย..... | 83 |
| รูปที่ 4.17 | การติดตั้ง transducer head ในท่อระบายน้ำที่มีตะกอน..... | 84 |
| รูปที่ 4.18 | การติดตั้ง transducer head ในคลองที่มีความลึกการไหลมาก..... | 85 |
| รูปที่ 4.19 | การติดตั้ง transducer head บนแท่งคอนกรีต..... | 85 |
| รูปที่ 4.20 | การติดตั้ง transducer head ในคลองที่มีดินอ่อน..... | 86 |
| รูปที่ 4.21 | การวัดระดับน้ำในท่อที่มีตะกอน..... | 87 |
| รูปที่ 4.22 | ตำแหน่งการทำ spot check ในท่อขนาดเล็ก..... | 88 |
| รูปที่ 4.23 | ตำแหน่งการทำ spot check ในท่อขนาดใหญ่ที่ไม่มีตะกอน..... | 89 |
| รูปที่ 4.24 | ตำแหน่งการทำ spot check ในท่อขนาดใหญ่ที่มีตะกอน..... | 89 |
| รูปที่ 4.25 | ผลการวัดข้อมูล ฝน ระดับน้ำ ความเร็วการไหลและอัตราการไหล..... | 90 |

สารบัญรูป(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 4.26 ขอบเขตของคลื่นเสียง และการวัดความเร็วการไหลที่วัดได้โดย transducer head..... | 92 |
| รูปที่ 5.1 รูปแบบการแพร่กระจายของฝน 30 นาที พื้นที่ บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม..... | 102 |
| รูปที่ 5.2 รูปแบบการแพร่กระจายของฝน 60 นาที พื้นที่ บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม..... | 103 |
| รูปที่ 5.3 ฝนออกแบบวิธี Pilgrim and Cordery ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที ที่คาบการเกิด 2 ปี..... | 104 |
| รูปที่ 5.4 ฝนออกแบบวิธี Pilgrim and Cordery ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที ที่คาบการเกิด 5 ปี..... | 105 |
| รูปที่ 5.5 ซลภาพฝนออกแบบวิธี Yen and Chow ที่คาบการเกิด 2 ปี..... | 107 |
| รูปที่ 5.6 ซลภาพฝนออกแบบวิธี Yen and Chow ที่คาบการเกิด 5 ปี..... | 108 |
| รูปที่ 5.7 โค้งความเข้มฝน ช่วงเวลา และคาบการเกิด (IDF Curve) ในพื้นที่เขตบางกะปิ..... | 110 |
| รูปที่ 5.8 โค้งความเข้มฝน ช่วงเวลา และคาบการเกิด (IDF Curve) ในพื้นที่เขตบึงกุ่ม..... | 111 |
| รูปที่ 5.9 โค้งความเข้มฝน ช่วงเวลา และคาบการเกิด (IDF Curve) ในพื้นที่เขตหนองแขม..... | 112 |
| รูปที่ 5.10 ซลภาพฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu ที่คาบการเกิด 2 ปี..... | 113 |
| รูปที่ 5.11 ซลภาพฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu ที่คาบการเกิด 5 ปี..... | 114 |
| รูปที่ 5.12 ซลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้หน่วย..... | 124 |
| รูปที่ 5.13 กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณซลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 26/9/43 สถานีวัดที่ 5 พื้นที่บางกะปิ..... | 134 |
| รูปที่ 5.14 กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณซลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 7/8/43 สถานีวัดที่ 5 พื้นที่บางกะปิ..... | 135 |
| รูปที่ 5.15 กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณซลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 13/8/43 สถานีวัดที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ..... | 136 |
| รูปที่ 5.16 กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณซลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 26/9/43 สถานีวัดที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ..... | 137 |
| รูปที่ 5.17 กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณซลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 19/8/43 สถานีวัดที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม..... | 138 |
| รูปที่ 5.18 กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณซลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 3/9/43 สถานีวัดที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม..... | 139 |
| รูปที่ 5.19 กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณซลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 15/9/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่หนองแขม..... | 140 |

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

| | | |
|-------------|--|-----|
| รูปที่ 5.20 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 29/8/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่หนองแวม..... | 141 |
| รูปที่ 5.21 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 22/9/43 สถานีวัดที่ 2 พื้นที่หนองแวม..... | 142 |
| รูปที่ 5.22 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 5/8/43 สถานีวัดที่ 2 พื้นที่หนองแวม..... | 143 |
| รูปที่ 5.23 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 1/10/43 สถานีวัดที่ 3 พื้นที่หนองแวม..... | 144 |
| รูปที่ 5.24 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 29/9/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่หนองแวม..... | 145 |
| รูปที่ 5.25 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 1/9/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 146 |
| รูปที่ 5.26 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 3/9/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 147 |
| รูปที่ 5.27 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 2/8/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5..... | 148 |
| รูปที่ 5.28 | กราฟเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ 3/8/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5..... | 149 |
| รูปที่ ค-1 | กราฟแฟกเตอร์ของ Espey..... | 261 |
| รูปที่ ค-2 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t_{co} และ t_{cc} | 262 |
| รูปที่ ง-1 | พื้นที่ระบายน้ำหมู่บ้านเอื้องฟ้าธานี(สถานีวัดน้ำท่าที่ 5)พื้นที่บึงกุ่ม..... | 288 |
| รูปที่ ง-2 | พื้นที่ระบายน้ำหมู่บ้านวรารมณเฝ้าซ้าย (สถานีวัดน้ำท่าที่ 1) พื้นที่หนองแวม..... | 289 |
| รูปที่ ง-3 | พื้นที่ระบายน้ำหมู่บ้านวรารมณเฝ้าขวา (สถานีวัดน้ำท่าที่ 2) พื้นที่หนองแวม..... | 290 |
| รูปที่ ง-4 | พื้นที่ระบายน้ำเพชรเกษมช.37 (สถานีวัดน้ำท่าที่ 3) พื้นที่หนองแวม..... | 291 |
| รูปที่ ง-5 | รูปแปลนบ่อพักที่ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... | 292 |
| รูปที่ ง-6 | รูปแปลนบ่อพักที่ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5..... | 293 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

การศึกษาและออกแบบโครงการทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ จำเป็นต้องมีการวัดข้อมูลและนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์สภาพทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ให้ใกล้เคียงกับสภาพที่เป็นจริงมากที่สุด ในปีพ.ศ. 2543 ทางสำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษา ศึกษาและออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครพร้อมทั้งให้ทำการวัดข้อมูลอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์สภาพทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งจากการดำเนินการในงานวัดนี้ นำมาสู่การศึกษาวิทยานิพนธ์ การศึกษาวิทยานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย งานเก็บข้อมูล และงานวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานเก็บข้อมูลมี 2 ส่วน คือ งานที่วัดข้อมูลโดยบริษัทที่ปรึกษา และงานที่วัดข้อมูลโดยนิสิตผู้ทำวิทยานิพนธ์ ในงานวัดข้อมูลโดยบริษัทที่ปรึกษา ประกอบด้วย การศึกษาและวางแผนการกำหนดประเภทของข้อมูล การกำหนดตำแหน่งของที่ตั้งเครื่องมือวัด เครื่องมือที่จะใช้ในการวัดข้อมูล วิธีการบันทึกข้อมูล บุคลากรที่ใช้ในการดำเนินงานวัดข้อมูลในภาคสนามและระยะเวลาในการวัดข้อมูล โดยมีการวัดข้อมูลใน 3 พื้นที่ คือ พื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม หนองแขม ส่วนในงานวัดข้อมูลโดยนิสิตนั้น ได้ดำเนินการวัดข้อมูลในภาคสนามเพิ่มเติม 2 แห่งในพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5

ในงานส่วนที่สองคือ งานในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย ส่วนแรกคือ การวิเคราะห์ข้อมูลฝน โดยทำการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนเวลาก่อนการเกิดความชุ่มชื้นมากที่สุดต่อช่วงเวลาทั้งหมด (r) และชลภาพฝนโดยเปรียบเทียบกับฝนออกแบบวิธี Pilgrim and Cordery, Yen and Chow และ Kiefer and Chu ส่วนที่สอง เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างชลภาพน้ำฝน - น้ำท่า ของพื้นที่ระบายน้ำย่อย โดยทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient , C) ค่าเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (Time of Concentration , t_c) และชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินวิธีต่างๆ ได้แก่ วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยการ

คำนวณย้อนกลับ (Unit Hydrograph by Deconvolution) วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำทำไร่หน่วยในรูปสมการถดถอยสหสัมพันธ์ (Dimensionless Unit Hydrograph by Multiple Regression Equations) วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph วิธีหลักการและเหตุผล (Rational Method) และวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำทำไร่ของ Clark

การศึกษาวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นที่จะศึกษางานในการวัดข้อมูลและการวิเคราะห์ ข้อมูลทางอุทกวิทยา เพื่อที่จะได้เรียนรู้ขั้นตอนต่างๆ ในงานการวัดข้อมูลในภาคสนามที่แท้จริงรวมทั้งงานในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสูตรสำหรับการคำนวณพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาที่เหมาะสมกับข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษา และจะทำการศึกษาว่าโครงการวัดข้อมูลในภาคสนามให้ประโยชน์และมีข้อดีอย่างไร โดยจะมีการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ได้จากการศึกษานี้กับวิธีการที่ใช้ในโครงการศึกษาที่ผ่านมาของกรุงเทพมหานคร เช่น ค่าสัมประสิทธิ์น้ำทำไร่เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาติดตามและทบทวนงานในการวัดข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลในภาคสนามที่ดำเนินการโดยบริษัทที่ปรึกษา และดำเนินงานวัดข้อมูลน้ำฝน และอัตราการไหลในภาคสนาม โดยนิสิตผู้ศึกษา
2. วิเคราะห์ข้อมูลฝน
 - วิเคราะห์ค่า r
 - เปรียบเทียบชลภาพฝนออกแบบ
3. วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ชลภาพน้ำฝน - น้ำทำ ไร่ในพื้นที่ระบายน้ำย่อย
 - วิเคราะห์ค่าเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก
 - วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำทำ ไร่
 - วิเคราะห์ชลภาพน้ำทำ ไร่ผิวดิน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาติดตามและทบทวนงานในการวัดข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลในภาคสนามที่ดำเนินการโดยบริษัทที่ปรึกษาดังนี้
 - ศึกษาวิธีการกำหนดตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดข้อมูลในภาคสนาม

- ศึกษาการติดตั้ง และการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการ การติดตั้งเครื่องมือและบุคลากรที่ใช้ในการดำเนินงานวัดข้อมูลในภาคสนาม
 - ศึกษาการเก็บข้อมูลในภาคสนาม
2. ดำเนินงานวัดข้อมูลน้ำฝน และอัตราการไหลในภาคสนามโดยนิสิตผู้ศึกษาจำนวน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และพื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5
 3. การศึกษานี้ทำการศึกษาในพื้นที่ศึกษา 5 พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 1.1
 4. การศึกษานี้มีการวัดข้อมูล 3 ประเภท คือ ข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำ และอัตราการไหล

ตารางที่ 1.1 จำนวนจุดวัดปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลที่ใช้ในการศึกษา

| พื้นที่ | จุดวัดระดับน้ำและ อัตราการไหล | จุดวัด ปริมาณน้ำฝน | ระยะเวลาการเก็บข้อมูล พ.ศ. 2543 |
|---|----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 1. เขตบางกะปิ | 2 | 5 | ส.ค. – ก.ย. |
| 2. เขตบึงกุ่ม | 2 | 5 | ส.ค. – ก.ย. |
| 3. เขตหนองแขม บางขุนเทียน และจอมทอง | 3 | 8 | ส.ค. – ก.ย. |
| 4. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | 1 | 1 | ส.ค. – ต.ค. |
| 5. หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 รามอินทรา 60 | 1 | 1 | ส.ค. – ต.ค. |
| รวม | 9 | 20 | |

หมายเหตุ 1. พื้นที่ลำดับที่ 1 ถึง 3 ดำเนินการวัดข้อมูลโดยบริษัทที่ปรึกษา

2. พื้นที่ลำดับที่ 4 และ 5 ดำเนินการวัดข้อมูลโดยนิสิตผู้ศึกษา

5. ช่วงเวลาที่บริษัทที่ปรึกษาดำเนินการวัดข้อมูล 2 เดือน และช่วงเวลาที่นิสิตดำเนินการวัดข้อมูล 3 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 1.1
6. เครื่องมือวัดข้อมูล

ดำเนินการวัดโดยบริษัทที่ปรึกษา

เครื่องมือวัดน้ำฝน : เครื่องมือวัดน้ำฝนอัตโนมัติแบบถังกระดก (Tipping Bucket)

เครื่องมือวัดระดับน้ำ และอัตราการไหล : Xetec 7050 (Buhler Montec Group) ใช้วัดสำหรับ

การไหล 1 ทิศทาง และ SIGMA 940 (American Sigma Inc.)

ใช้วัดสำหรับการไหล 2 ทิศทาง

ดำเนินการวัดโดยนิสิตผู้ศึกษา

เครื่องมือวัดน้ำฝน : เครื่องมือวัดน้ำฝนอัตโนมัติแบบถังกระดก (Tipping Bucket)

เครื่องมือระดับน้ำ : เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติ Tomita แบบลูกลอย (Floating Gage)

เครื่องมือวัดอัตราการไหล : ฟายส์เหลี่ยมสันคม (Sharp Crest Rectangular Weir)

7. วิเคราะห์ข้อมูลฝน

- วิเคราะห์ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที
- วิเคราะห์ค่าอัตราส่วนเวลาก่อนการเกิดความชุ่มชื้นมากที่สุดต่อช่วงเวลาทั้งหมด (r) โดยทำการคำนวณ 2 วิธี คือ คำนวณค่า r โดยตรง และ คำนวณค่า r โดยแบ่งเป็นช่วงเวลาย่อย
- เปรียบเทียบชลภาพฝนออกแบบวิธี Pilgrim and Cordery, Yen and Chow และ Kiefer and Chu ของพื้นที่ บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขมที่คาบการเกิด 2 ปี และ 5 ปี

8. วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างชลภาพน้ำฝน และน้ำท่า

- วิเคราะห์ค่าเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (t_c) โดยเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณ 5 วิธี ได้แก่ วิธี Carter, Kirpich สำหรับพื้นที่รัฐเพนซิลวาเนีย และพื้นที่รัฐเทนเนสซี, Espey – Winslow, Eagleson และสูตร t_c ในรูปสมการเชิงเส้นตรงแบบถดถอยสหสัมพันธ์
- วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) โดยเปรียบเทียบวิธีคำนวณค่า C โดย
 1. วิธี Rational โดยกำหนดค่าความชุ่มชื้นเฉลี่ยในช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (t_p)
 2. วิธี Rational โดยกำหนดค่าความชุ่มชื้นเฉลี่ยในช่วงเวลา t_c
 3. อัตราส่วนระหว่างความลึกฝนส่วนเกิน หรือความลึกน้ำท่าผิวดินต่อความลึกน้ำฝนทั้งหมด
 4. ค่า C โดยกำหนดตามประเภทการใช้ที่ดิน
 5. ค่า C โดยกำหนดตามความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย
- วิเคราะห์ชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยเปรียบเทียบการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยการคำนวณย้อนกลับ วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วย ในรูป สมการถดถอยสหสัมพันธ์ วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph วิธีหลักการและเหตุผล และวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark

1.4 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษานี้ใช้พื้นที่ในการศึกษา 5 พื้นที่หลัก คือ

1. พื้นที่เขตบางกะปิ ประกอบด้วย สถานีวัดน้ำฝน 5 จุด และสถานีวัดระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำย่อย 2 จุด ดังแสดงในตารางที่ 1.2 และรูปที่ 1.1

ตารางที่ 1.2 สถานีวัดความเร็ว ระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ และสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่บางกะปิ

| เครื่องมือวัด | สถานี | ขนาดพื้นที่ปิดล้อม (ตารางเมตร) | ตำแหน่ง |
|---------------|-------|-----------------------------------|--|
| น้ำฝน | 1 | | สถานีน้ำมัน Q – 8 ถ.เรียบทางด่วนรามอินทรา-อาจณรงค์ |
| น้ำฝน | 2 | | สินสิริแมนชั้น2 ซอย ลาดพร้าว 98/1 |
| น้ำฝน | 3 | | แฮปปี้แลนด์ทวินคอนโด ถนน แฮปปี้แลนด์ 2 |
| น้ำฝน | 4 | | รร.บดินเดชาสิงหเสนีย์ |
| น้ำฝน | 5 | | รร.อนุบาลภัทรบุตร ซอย ลาดพร้าว 109 |
| อัตราการไหล | 5 | 870,000 | บ่อพัก บริเวณใกล้ทางเข้า ซอย ลาดพร้าว106 |
| อัตราการไหล | 7-8 | 270,000 | บ่อพัก บนถ.อินทราภรณ์ ตรงข้ามรร.บดินเดชาสิงหเสนีย์ |

2. พื้นที่เขตบึงกุ่ม ประกอบด้วย สถานีวัดน้ำฝน 5 จุด และสถานีวัดระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำย่อย 2 จุด และดังแสดงในตารางที่ 1.3 และรูปที่ 1.2

3. พื้นที่เขตหนองแขม ประกอบด้วย สถานีวัดน้ำฝน 5 จุด และสถานีวัดระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำย่อย 2 จุด ดังแสดงในตารางที่ 1.4 และรูปที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 สถานีวัดความเร็ว ระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ และสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่บึงกุ่ม

| เครื่องมือวัด | สถานี | ขนาดพื้นที่ปิดล้อม (ตารางเมตร) | ตำแหน่ง |
|---------------|-------|-----------------------------------|---|
| น้ำฝน | 1 | | บนซุ้มประตูทางเข้า หมู่บ้านนวมานี |
| น้ำฝน | 2 | | พัชชาอพาร์ทเมนต์ ซอย วิมานสุข ถ.สุขาภิบาล 2 |
| น้ำฝน | 3 | | อมรภัณฑอพาร์ทเมนต์ ซ.หมู่บ้านฐานทอง ถ.สวนสยาม |
| น้ำฝน | 4 | | กอล์ฟคลับ หมู่บ้านนวมานี |
| น้ำฝน | 5 | | ชนะเลิศอพาร์ทเมนต์ ถ.สุขาภิบาล 1 |
| อัตราการไหล | 4 | 92,880 | บ่อพัก บริเวณบ้านเลขที่ 1 หมู่บ้านนวมานี |
| อัตราการไหล | 5 | 40,440 | บ่อพัก ทางข้าม.เอื้องฟ้าธานี ถ.สุขาภิบาล 2 |

4. พื้นที่ภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก โดยคัดเลือกพื้นที่ระบายน้ำที่มีขอบเขตดังแสดงในรูปที่ 1.4

ทิศเหนือ จรด คณะศิลปศาสตร์ และอักษรศาสตร์

ทิศใต้ จรด คณะอักษรศาสตร์

ทิศตะวันออก จรด ถนนอังรีดูนังค์

ทิศตะวันตก จรด สนามฟุตบอล

รวมพื้นที่ 47,875 ตารางเมตร ซึ่งลักษณะการระบายน้ำของพื้นที่เป็นแบบแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity flow) โดยน้ำจะไหลตามทางน้ำหลักไปยังจุดออกบริเวณทิศตะวันตกฝั่งถนนอังรีดูนังค์ สู่อุโมงค์ระบายน้ำใต้ถนนอังรีดูนังค์

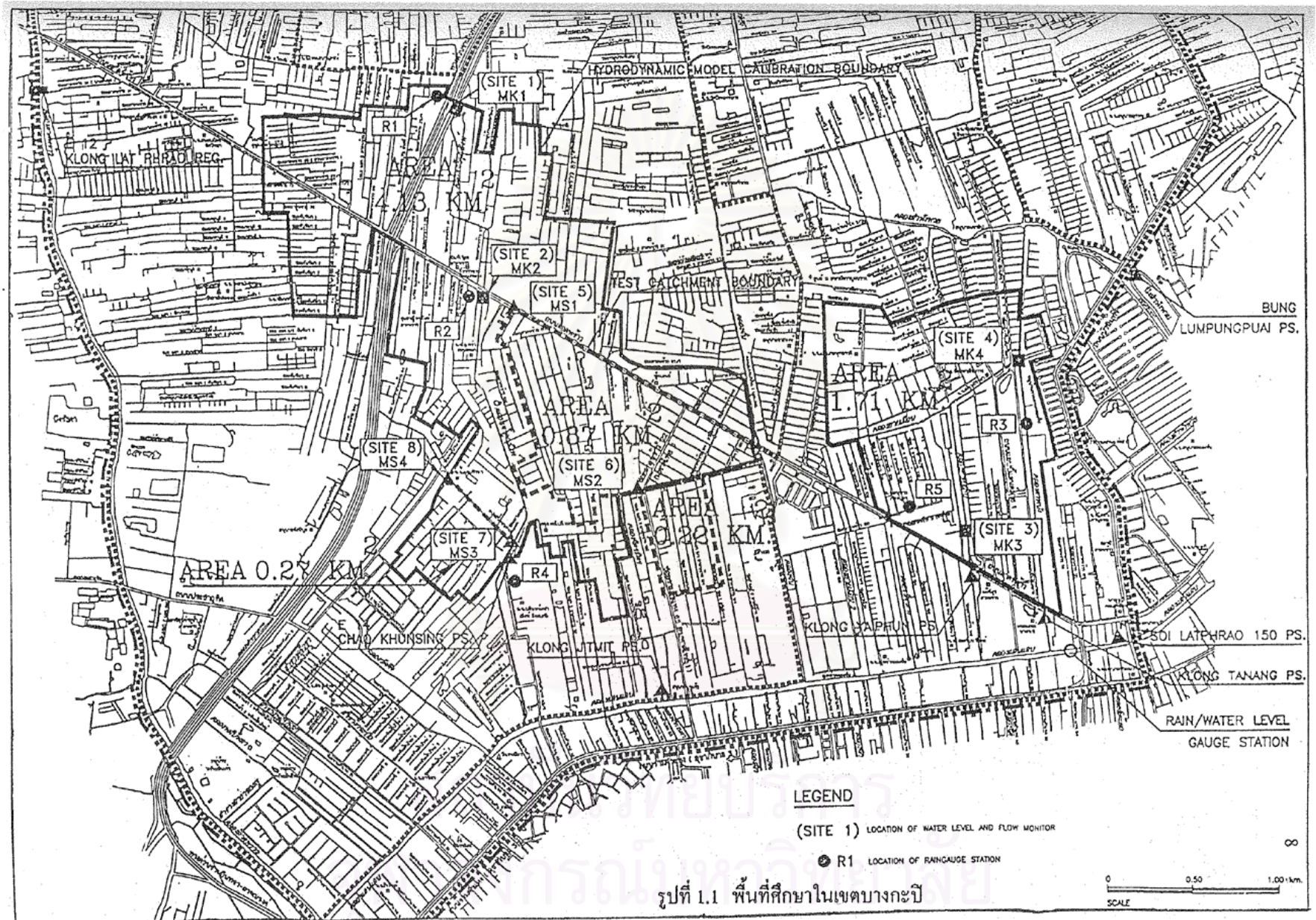
5. พื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 อยู่ในถนนรามอินทรา ซอย 60 เขตคันนายาว ดังแสดงในรูปที่ 1.5 โดยพื้นที่ปิดล้อมอยู่ในบริเวณฝั่งขวาถนนหลักของหมู่บ้าน มีพื้นที่รวม 38,720 ตารางเมตร ลักษณะการไหลในระบบระบายน้ำเป็นการไหลแบบแรงโน้มถ่วง โดยน้ำจะไหลรวมไปยังจุดออกบริเวณทางออกหมู่บ้านลงคลองครุ

ตารางที่ 1.4 สถานีวัดความเร็ว ระดับน้ำ และอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ และสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่หนองแขม

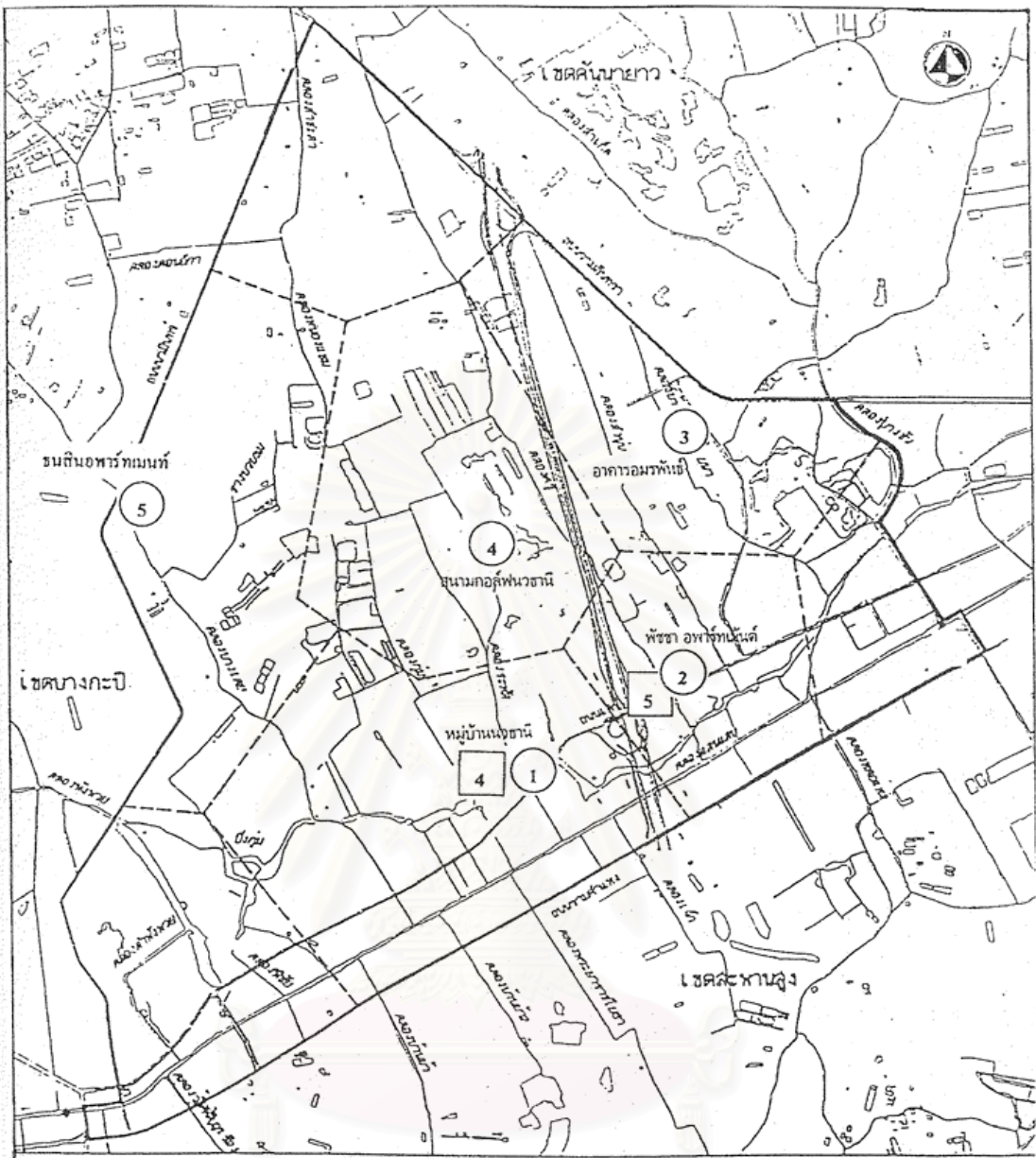
| เครื่องมือวัด | สถานี | ขนาดพื้นที่ปิดล้อม (ตารางเมตร) | ตำแหน่ง |
|---------------|-------|-----------------------------------|---|
| น้ำฝน | 1 | | หมู่บ้านวรารมณ ๓.เพชรเกษม ซอย 81 |
| น้ำฝน | 2 | | ปั๊ม Q-8 ใกล้ ๓.เพชรเกษม ซอย37 |
| น้ำฝน | 3 | | โรงพยาบาลนิติจิตเวช |
| น้ำฝน | 4 | | โรงเรียนวัดศาลาแดง |
| น้ำฝน | 5 | | โรงเรียนวัดหนองแขม |
| น้ำฝน | 6 | | โรงเรียนบ้านขุนประเทศ |
| น้ำฝน | 7 | | สถานีตำรวจท่าข้าม |
| น้ำฝน | 8 | | สำนักงานเขตบางบอน |
| อัตราการไหล | 1 | 74,420 | หมู่บ้านวรารมณ เฟส 2 ฝั่งซ้าย ๓.เพชรเกษม ซอย 81 |
| อัตราการไหล | 2 | 51,065 | หมู่บ้านวรารมณ เฟส2 ฝั่งขวา ๓.เพชรเกษม ซอย 81 |
| อัตราการไหล | 3 | 54,556 | บ่อพัก ๓.เพชรเกษม ซ.37 ตอนคลองยายเพียร |

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

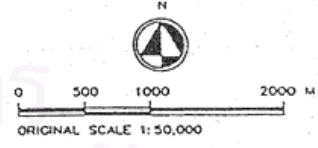
1. ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติและฝายสี่เหลี่ยมสันคมในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 และทำการเก็บข้อมูลน้ำฝน และระดับน้ำเหนือสันฝายที่ไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ
2. ศึกษาติดตาม ทบทวนงานในการวัดข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลโดยบริษัทที่ปรึกษา และศึกษาการทำงานของเครื่องมือวัด
3. ศึกษาวิธีการต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลฝน และข้อมูลน้ำฝน – น้ำท่า
4. วิเคราะห์ข้อมูลฝน
5. วิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า
6. สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ
7. รวบรวมและจัดทำวิทยานิพนธ์



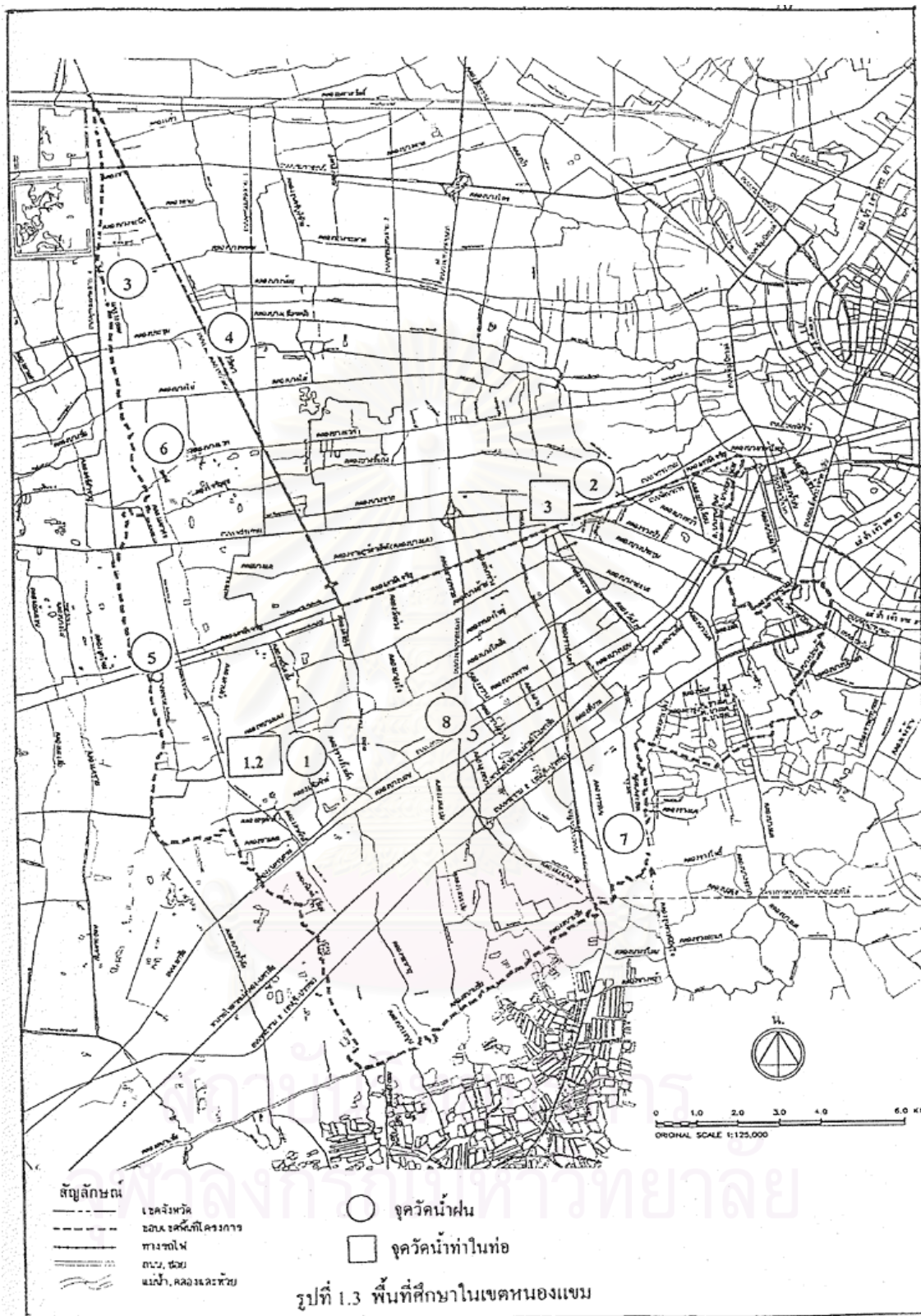
รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาในเขตบางกะปิ



- สัญลักษณ์
- ขอบเขตพื้นที่โครงการ
 - - - THIESSSEN POLYGON
 - จุดวัดน้ำฝน
 - จุดวัดน้ำทำในท่อ

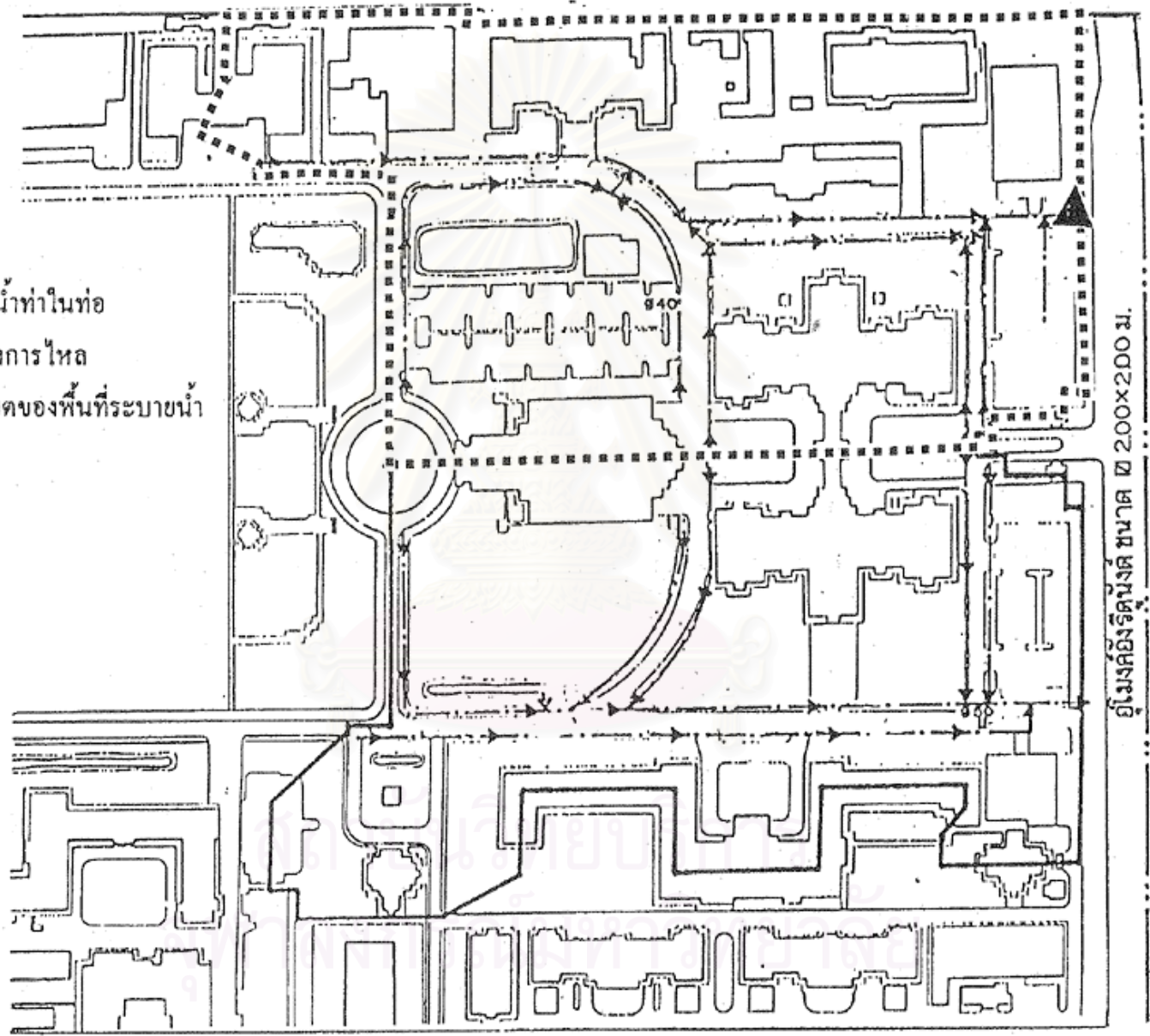
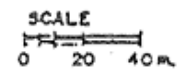


รูปที่ 1.2 พื้นที่ศึกษาในเขตบึงกุ่ม



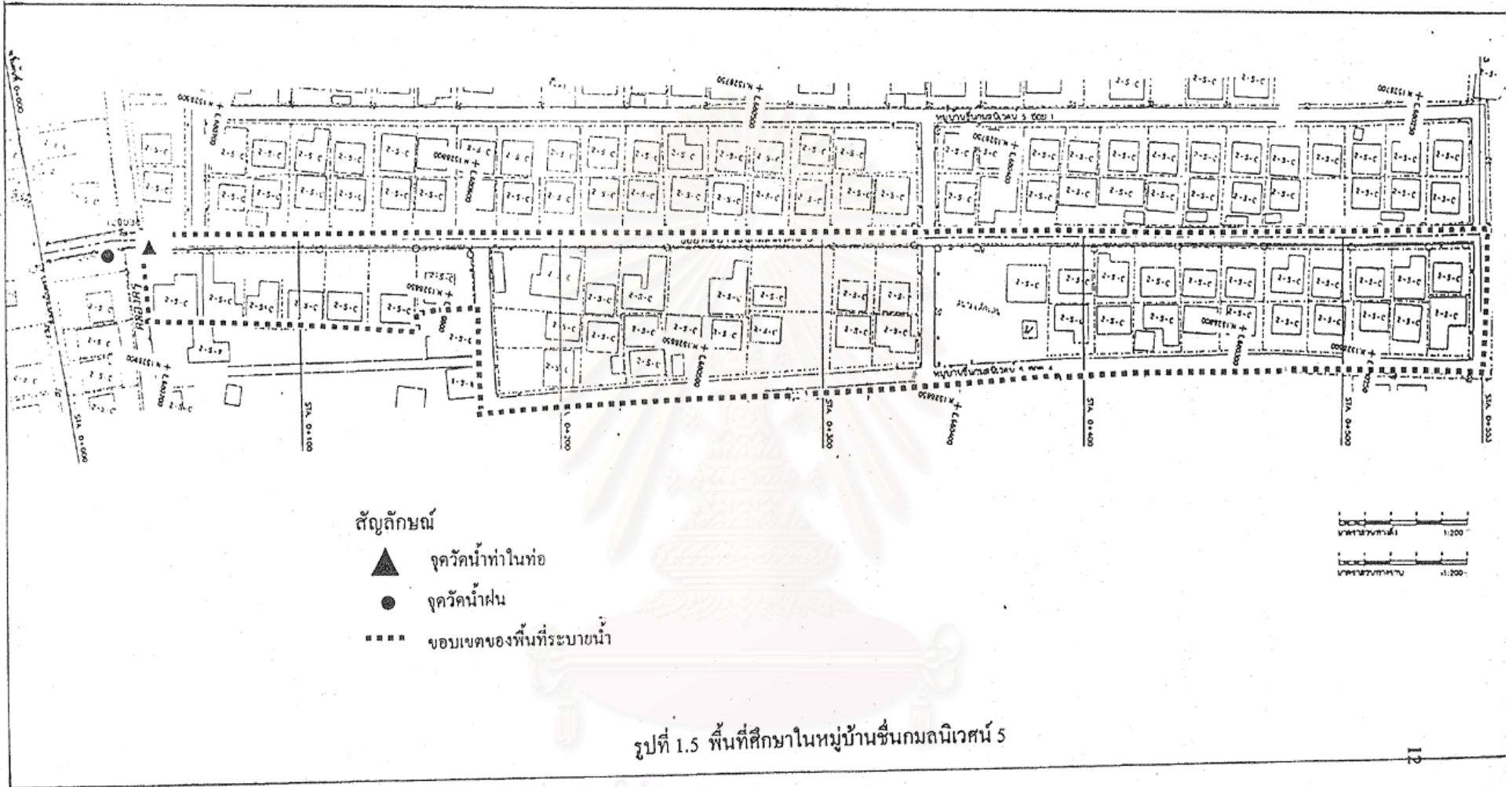
สัญลักษณ์

- ▲ จุดวัดน้ำทำในท่อ
- ทิศทางการไหล
- ขอบเขตของพื้นที่ระบายน้ำ



อยู่ฝั่งซ้ายริมน้ำ ขนาด ๗ 200x200 ม.

รูปที่ 1.4 พื้นที่ศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

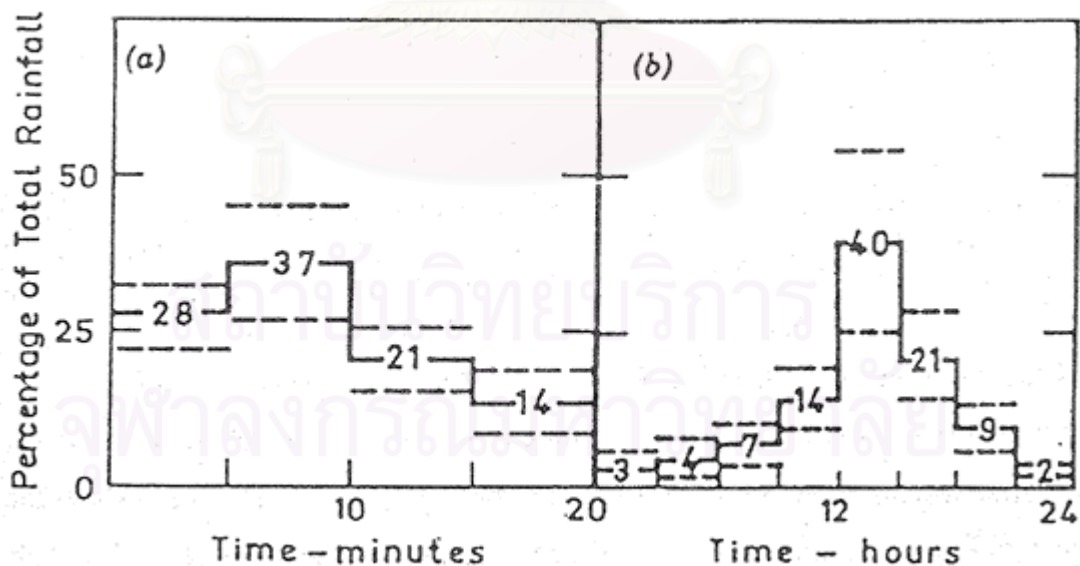
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1. ได้เรียนรู้ถึงงานในการวัดและเก็บข้อมูล น้ำฝน ระดับน้ำ และอัตราการไหลที่ทำการวัดในภาคสนาม รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้น
 2. เป็นแนวทางการศึกษาเบื้องต้นสำหรับงานวัดข้อมูลอุทกวิทยาในภาคสนาม และงานวิเคราะห์ข้อมูลอุทกวิทยาสำหรับพื้นที่อื่นๆต่อไป
 3. วิธีการสำหรับการออกแบบฝนที่เหมาะสมกับข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษา
 4. ค่า t_c และสูตรในการคำนวณค่า t_c ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษา
 9. ค่า C และวิธีการในการคำนวณค่า C ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษา
 10. วิธีการคำนวณชลภาพน้ำน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษา
- ศึกษา
11. เพื่อศึกษาถึงประโยชน์ของงานวัดข้อมูลในภาคสนามว่ามีความจำเป็นอย่างไรโดยการเปรียบเทียบผลที่วิเคราะห์จากข้อมูลที่วัดในภาคสนามกับค่าที่กำหนดโดยใช้วิธีการที่ผ่านมาเมื่อไม่มีโครงการวัดข้อมูลในภาคสนาม

บทที่ 2 การศึกษาที่ผ่านมา

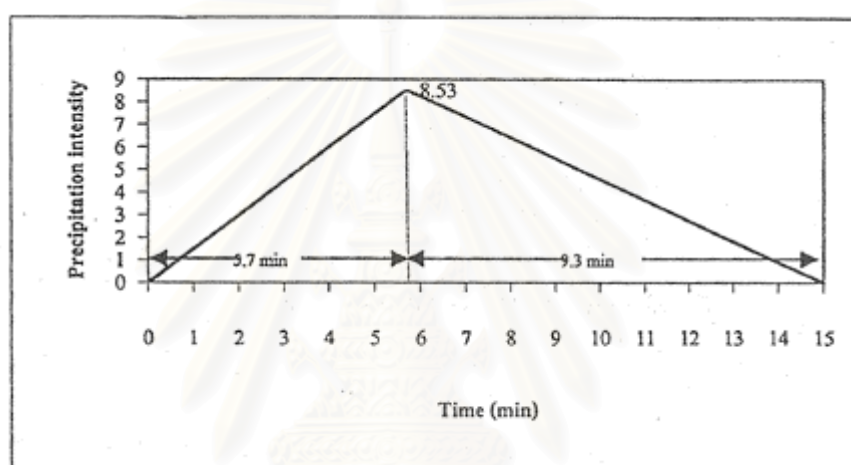
2.1 การศึกษาวิธีออกแบบชลภาพน้ำฝน

Pilgrim และ Cordery (2518) ได้เสนอวิธีการออกแบบชลภาพน้ำฝนโดยพิจารณาลักษณะการกระจายของฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยๆจากรูปแบบของฝนที่ตกในอดีต โดยใช้ข้อมูลฝนในเมือง Sydney ประเทศออสเตรเลีย โดยการแบ่งข้อมูลความลึกของฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยๆ แล้วจัดลำดับช่วงค่าของความลึกฝนในแต่ละช่วง และร้อยละของความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยต่อความลึกฝนทั้งหมดของแต่ละเหตุการณ์ฝน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของลำดับความลึกฝนในแต่ละช่วง และร้อยละของความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยต่อความลึกฝนทั้งหมด และนำค่าเฉลี่ยนี้มาสร้างชลภาพน้ำฝน (Hyetograph) ที่คาบการเกิดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 รูป (a) รูปแบบการกระจายของฝนช่วงเวลา 20 นาที (b) รูปแบบการกระจายของฝนช่วงเวลา 24 ชม. ในเมือง Sydney โดยเส้นประในรูป (a) และ (b) แสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



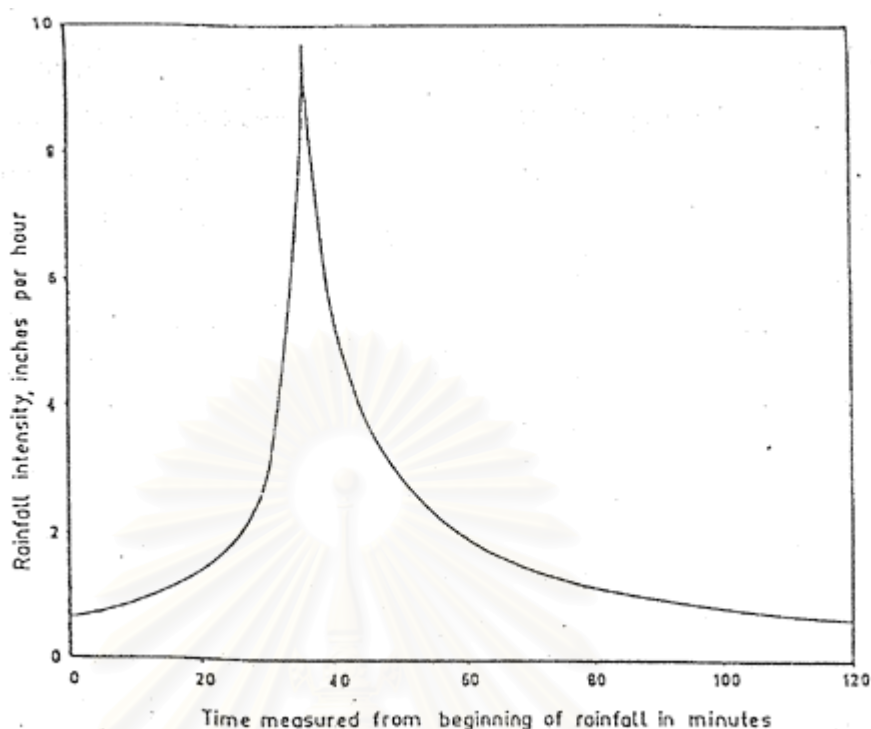
รูปที่ 2.1 ฝนออกแบบโดยวิธี Pilgrim and Cordery

Yen และ Chow (2523) เสนอการวิเคราะห์ชลภาพน้ำฝนสำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำขนาดเล็ก และได้วิเคราะห์ข้อมูลฝนรายชั่วโมงโดยใช้ข้อมูลวัดน้ำฝน 3 สถานี คือ สถานีในเมือง Urbana รัฐ Illinois เมือง Boston รัฐ Massachusetts และเมือง Elizabeth รัฐ New Jersey ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการวิเคราะห์รูปแบบของชลภาพน้ำฝนรูปสามเหลี่ยมของฝน 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ในแต่ละช่วงฤดูกาลของแต่ละปี พร้อมทั้งหาผลกระทบของช่วงฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน ซึ่งพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และสามารถนำรูปแบบของฝนไปใช้ได้ รูปที่ 2.2 แสดงรูปแบบของชลภาพน้ำฝน ออกแบบโดยวิธีสามเหลี่ยม



รูปที่ 2.2 ชลภาพน้ำฝนออกแบบโดยวิธีสามเหลี่ยมช่วงเวลา 15 นาที ที่คาบการเกิด 5 ปี ในเมือง Urbana รัฐ Illinois ที่มา : Chow (2530)

Namtip Rattapan (2511) ได้ใช้ข้อมูลฝนที่สถานีกรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย และสถานีสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย วิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนเวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนมากที่สุดต่อช่วงเวลาทั้งหมดของช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมง โดยได้ผลการวิเคราะห์ $r = 0.3$ เพื่อใช้ในการออกแบบชลภาพน้ำฝน โดยวิธี Kiefer and Chu สำหรับการศึกษากาหราน้ำท่าของกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธี Chicago Hydrograph และ วิธี Rational จากการศึกษพบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากวิธี Chicago Hydrograph ให้ค่าสูงกว่า วิธี Rational



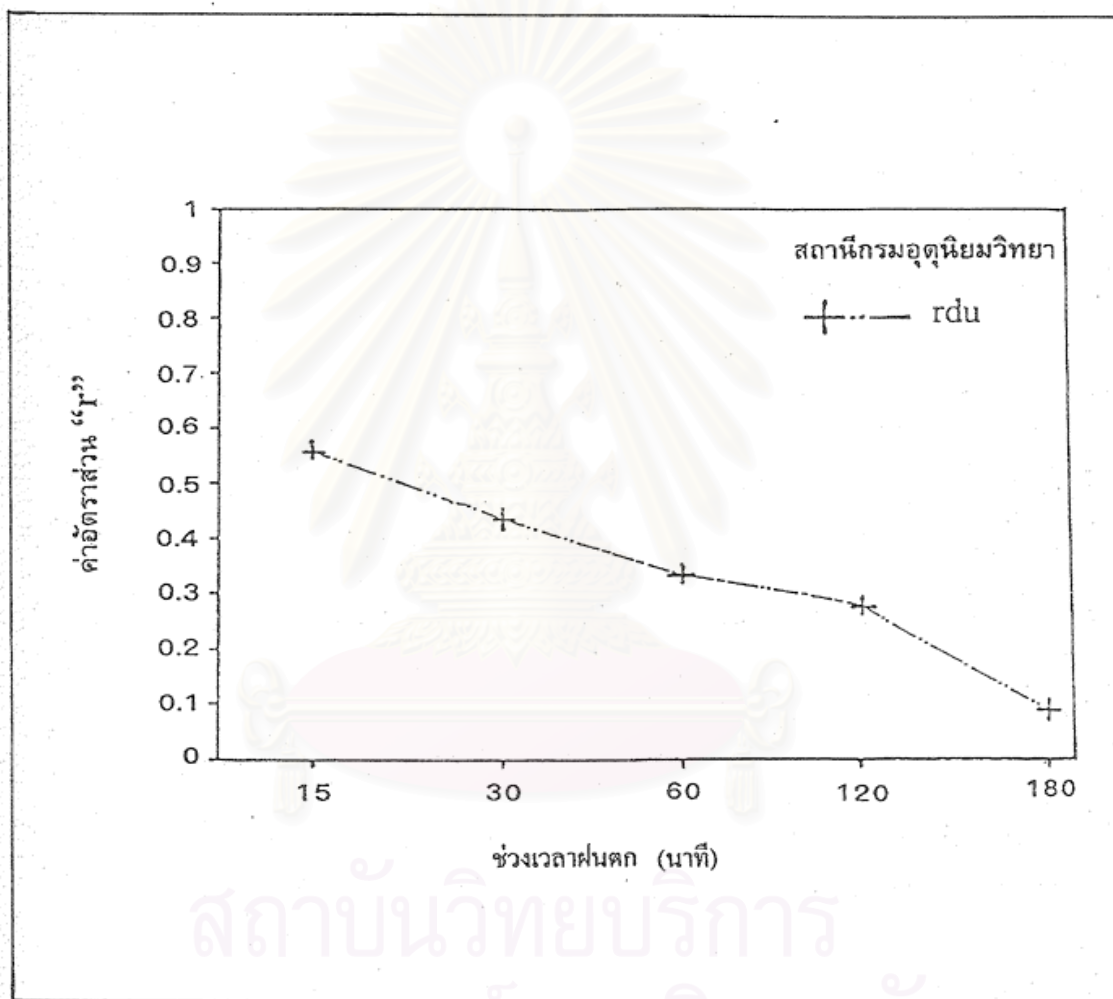
รูปที่ 2.3 ชลภาพน้ำฝนออกแบบช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมงที่คาบการเกิด 5 ปี

ที่มา : Namtip Rattapan (2511)

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา (2529) ศึกษาชลภาพน้ำฝนออกแบบสำหรับพื้นที่ระบายน้ำในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นใน โดยใช้ข้อมูลฝนของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีช่วงเวลาตั้งแต่ 5 นาที ถึง 24 ชั่วโมง และวิเคราะห์กราฟ ความลึกน้ำฝน ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ (DDF Curve) และความเข้มฝน ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ (IDF Curve) โดยใช้วิธีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Gumbel และคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของสมการแจกแจงแบบ Gumbel โดยใช้วิธี Moment และวิธี Maximum Likelihood พร้อมทั้งวิเคราะห์ชลภาพฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu และวิธี Composite Hyetograph ของฝนที่คาบการเกิด 5 ปี สำหรับช่วงเวลาฝนตก 3 ชั่วโมง

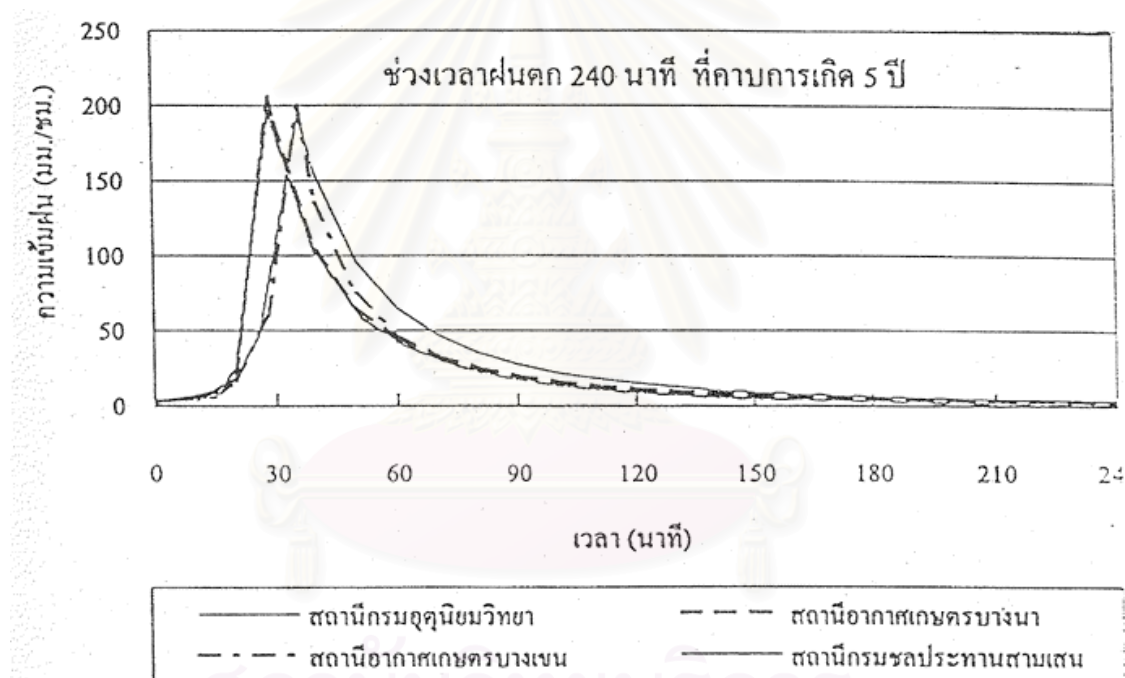
กัญญา โพธิพิฑู (2536) ศึกษาฝนในเขตกรุงเทพมหานครโดยใช้ข้อมูลฝนของสถานีตัวแทนในกรุงเทพมหานคร 5 สถานี คือ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอากาศเกษตรบางนา สถานีอากาศเกษตรบางเขน สถานีดอนเมือง และสถานีกรมชลประทานสามเสน ใช้ในการวิเคราะห์กราฟ ความ

เข้มนฝน ช่วงเวลา และรอบปีการเกิดซ้ำ และวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วน r ของสถานีตัวแทนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ชลภาพฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu โดยใช้ช่วงเวลาฝนตก 15, 30, 60, 120 และ 180 นาที ที่คาบการเกิด 2, 5, 10 และ 25 ปี และได้เปรียบเทียบชลภาพฝนออกแบบที่ได้กับข้อมูลฝนตกจริง พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ของอัตราส่วน r ของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยากับสถานีตัวแทนอื่นๆในกรุงเทพมหานคร ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า r และ ช่วงเวลาฝนตกของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงใน รูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาฝนตก และ ค่าอัตราส่วน r ของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา
ที่มา : บริษัททอเตอร์ดีเวลลอปเม้นท์ คอนซัลเท็นส์ จำกัด (2543)

อุบลวรรณ เจนพานิชทรัพย์ (2542) ทำการเปรียบเทียบชลภาพฝนออกแบบโดยวิธีต่างๆในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยเลือกสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ 4 แห่งได้แก่ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอากาศเกษตรบางนา สถานีอากาศเกษตรบางเขน และสถานีกรมชลประทานสามเสน โดยใช้วิธี Composite Hyetograph วิธี Yen and Chow วิธี Pilgrim and Cordery วิธี Huff และวิธี Kiefer and Chu โดยใช้ช่วงเวลาฝนตก 30, 60, 120, 180 และ 240 นาที ที่คาบการเกิด 2 ปี และ 5 ปี โดยผลการศึกษานี้เสนอให้ปรับปรุงการวิเคราะห์ฝนออกแบบโดยใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุดเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ ตัวอย่างชลภาพฝนออกแบบที่ช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที ที่คาบการเกิด 5 ปี โดยวิธี Kiefer and Chu ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu ที่ช่วงคาบการเกิด 5 ปี

ที่มา : อุบลวรรณ เจนพานิช (2542)

2.2 เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

Kirpich (McCuen, 2527: 893) ได้พัฒนาสูตรสำหรับการคำนวณค่า t_c สำหรับพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็กโดยใช้ข้อมูลพื้นที่ระบายน้ำในรัฐ Pennsylvania และรัฐ Tennessee ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ความยาวของทางน้ำ และความลาดชันเป็นพารามิเตอร์

Carter (McCuen, 2527: 891) ได้ใช้ข้อมูลของพื้นที่ระบายน้ำใน Washington, D.C. ที่มีพื้นที่ระบายน้ำน้อยกว่า 8 ตารางไมล์ ความยาวทางน้ำน้อยกว่า 7 ไมล์ ความลาดชันพื้นที่ระบายน้ำน้อยกว่า 0.5 % และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งอยู่ในช่วง 0.013 – 0.025 ในการพัฒนาสมการในการประมาณค่า basin lag

Eagleson (McCuen, 2527: 892) ได้พัฒนาสมการสำหรับการคำนวณเวลาระหว่างจุดศูนย์กลางของฝนส่วนเกินถึงอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าผิวดิน โดยใช้ความยาว ความลาดชัน ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง และรัศมีชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำหลัก เป็นพารามิเตอร์ และใช้ข้อมูลพื้นที่ระบายน้ำที่มีขนาดน้อยกว่า 8 ตารางไมล์

Espey และคณะ (McCuen, 2527: 891) ได้พัฒนาสมการสำหรับการคำนวณเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (time to peak) โดยใช้ข้อมูลที่น้ำฝน และน้ำท่าที่วัดได้ในเมือง Houston ระหว่างปีพ.ศ. 2506 – 2509 จำนวน 17 พื้นที่ระบายน้ำ โดยเป็นพื้นที่ระบายน้ำในเขตเมือง 11 กลุ่มน้ำ โดยใช้ความยาว ความลาดชัน และแฟกเตอร์ของทางน้ำ และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่บ้น้ำเป็นพารามิเตอร์

McCuen และคณะ (2527) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสูตรในการคำนวณ t_c 11 สูตรโดยใช้ข้อมูลจากพื้นที่ระบายน้ำในเขตเมือง 48 พื้นที่ระบายน้ำทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่บ้น้ำเฉลี่ย 29.1 เปอร์เซ็นต์ และมีเวลา t_c เฉลี่ย 1.49 ชั่วโมง และได้ทำการพัฒนาสูตรสำหรับการคำนวณค่า t_c และพบว่าความเข้มฝนเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการคำนวณค่า t_c

Wong (2539) ได้พัฒนาสูตรสำหรับการคำนวณ t_c ในลักษณะการไหลบ่าบนผิวดินโดยใช้สมการ kinematic wave โดยพัฒนาสูตรขึ้นในเทอมของสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง ความยาว และความลาดชันของพื้นที่การไหลบ่าบนพื้นผิว

2.3 สัมประสิทธิ์น้ำท่า

Ramser , Norton และEllison (พิสิฐ ศรีวรานันท์, 2534: 36) ได้รวมแฟกเตอร์หลักที่มีผลต่อค่า C ไว้ดังนี้ (1) ธรรมชาติของดิน (2) ความลาดชันของพื้นที่ผิว (3) ลักษณะสิ่งปกคลุมผิว (4) ความเข้มฝน (5) ระดับความชื้นของพื้นที่รับน้ำก่อนฝนตก และ(6) การเก็บกักตามผิว นอกจากนี้ยังมีแฟกเตอร์อื่นที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าอีก คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่บ้นน้ำ , ช่วงเวลาฝนตก , รูปร่างของพื้นที่รับน้ำ , ความถี่ที่ใช้ในการออกแบบ , การตัด , การระบายน้ำจากหลังคาที่เชื่อมต่อกับท่อระบายน้ำฝน , ทางระบายน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ

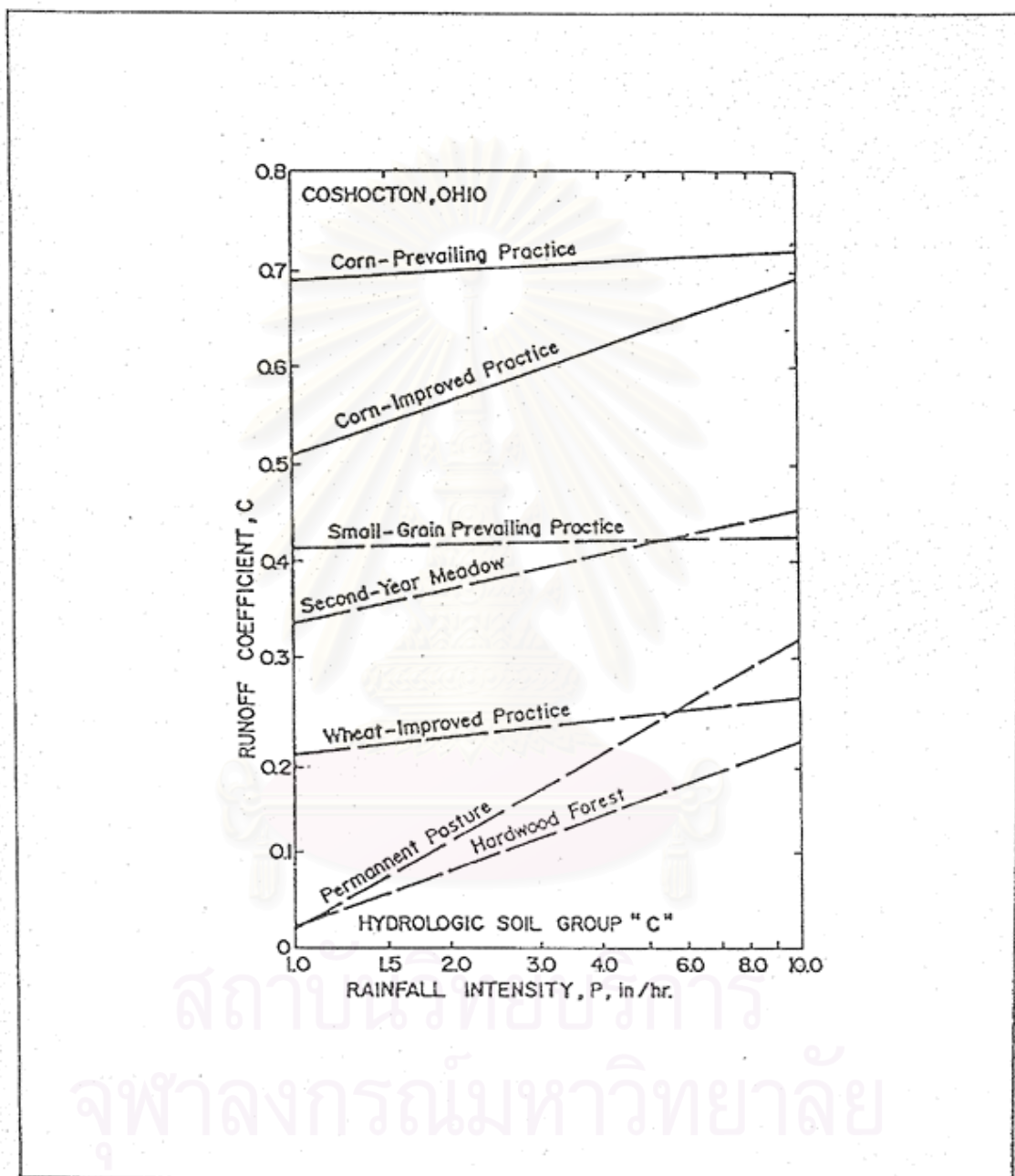
Chow (2505) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ากับลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ในเขตเมือง และชนบท ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ได้ใช้ข้อมูลในพื้นที่เมือง Austin รัฐ Texas ประเทศสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ระบายน้ำ

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

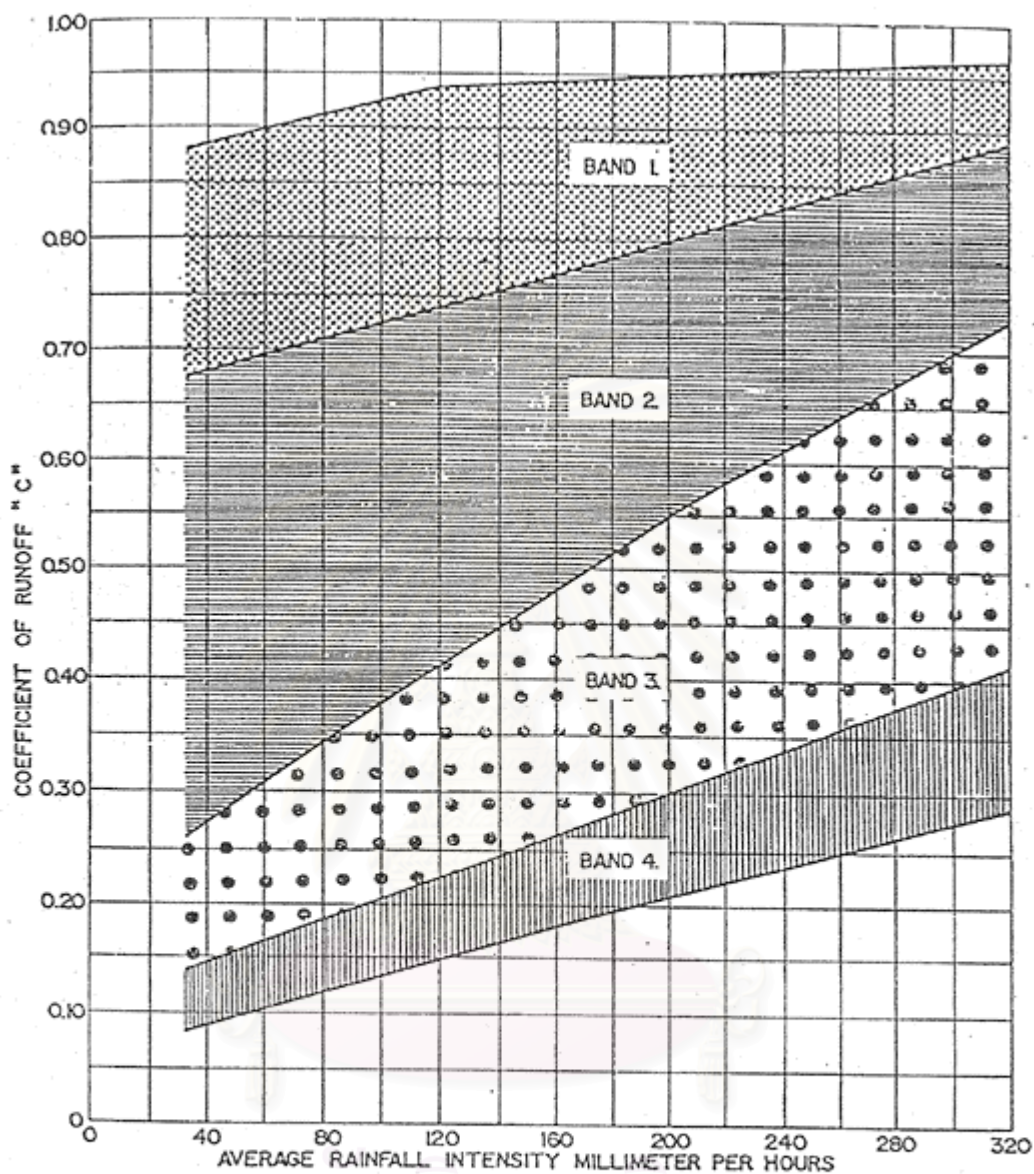
Note: The values in the table are the standards used by the City of Austin, Texas. Used with permission.





Horn และ Schwab (พิสิฐ ศรีวรานันท์, 2534: 37) ได้ศึกษาและวิจารณ์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ากับค่าความชื้นฝน ดังแสดงใน รูปที่ 2.6 สำหรับความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ากับลักษณะพื้นที่



รูปที่ 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม
ที่มา : พิสิฐ ศรีวรานันท์ (2534)

กรมทางหลวงได้เสนอแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน ลักษณะการใช้พื้นที่ และค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าดังแสดงในรูปที่ 2.7



-  BAND 1. STEEP, BARREN, IMPERVIOUS SURFACES
 BAND 2. ROLLING BARREN IN UPPER BAND VALUES, FLAT BARREN IN LOWER PART OF BAND STEEP FORESTED & STEEP GRASS MEADOWS
 BAND 3. TIMBERS LANDS OF MODERATE TO STEEP SLOPES, MOUNTAINOUS, FARMING
 BAND 4. FLAT PERVIOUS SURFACES, FLAT FARMLAND WOODED AREAS AND MEADOWS

รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อความเข้มฝนตามลักษณะภูมิประเทศ
ที่มา : พิศยธูร์ ศรีวรานันท์ (2534)

CAMP DRESSER AND MCKEE (2511) และ NEDECO (2528) ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ากับลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้พื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

| การใช้พื้นที่ | ขนาดของพื้นที่ (ตร.กม.) | | | | |
|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 0 - 0.2 | 0.2 - 0.5 | 0.5 - 1.0 | 1.0 - 5.0 | 5.0 - 20.0 |
| ธุรกิจ | 0.60 | 0.50 | 0.40 | 0.30 | 0.25 |
| ที่พักอาศัย หนาแน่นมาก | 0.55 | 0.45 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| หนาแน่นปานกลาง | 0.50 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| หนาแน่นน้อย | 0.45 | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |
| สถานที่ราชการ โรงงาน | 0.40 | 0.35 | 0.25 | 0.20 | 0.20 |
| สวนสาธารณะ เกษตร | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.15 | 0.15 |

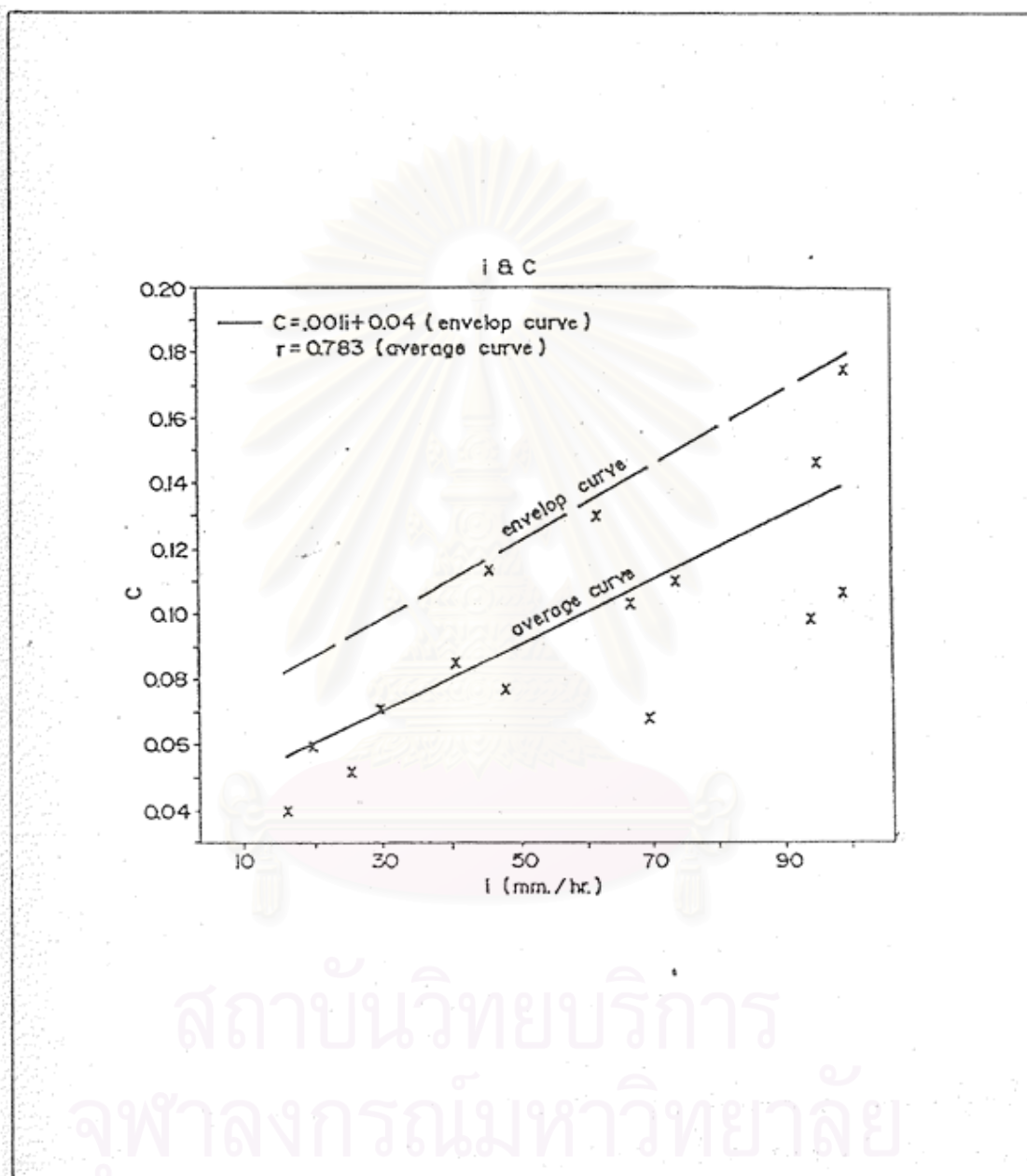
ที่มา : CAMP DRESSER AND MCKEE (2511)

ตารางที่ 2.3 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามลักษณะการใช้พื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

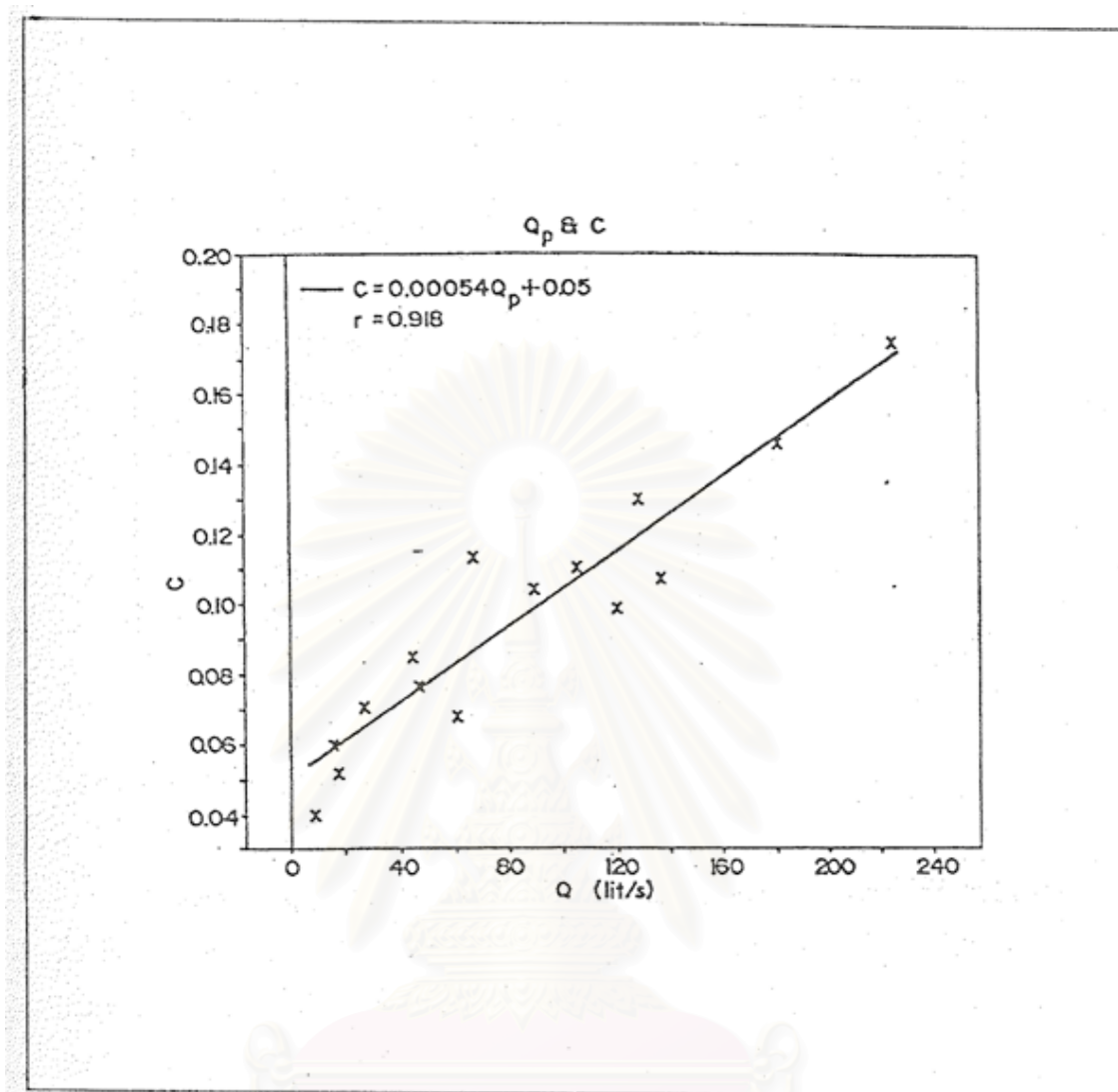
| การใช้พื้นที่ | C |
|----------------------------|------|
| ธุรกิจ/ที่พักอาศัย หนาแน่น | 0.75 |
| ที่อยู่อาศัย ปานกลาง | 0.50 |
| ที่อยู่อาศัย น้อย | 0.40 |
| สถานที่ราชการ | 0.40 |
| สวนสาธารณะ/เกษตร | 0.15 |
| อุตสาหกรรม | 0.70 |
| ที่พักรถไฟ | 0.35 |

ที่มา : NEDECO (2527)

พิสิฐ ศรีวรานันท์ (2534) ได้เสนอสมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า กับความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลสูงสุดกับค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกได้จากพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9 ตามลำดับ



รูปที่ 2.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนกับค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า
ที่มา : พิสิฐ ศรีวรานันท์ (2534)



รูปที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสูงสุด และค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า

ที่มา : พิศิษฐ์ ศรีวรานันท์ (2534)

บริษัทเทอร์เตอร์ดีเวลล์ฟเมนท์ คอนซัลเท็นส์ จำกัด (2543) ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ใช้ ออกแบบในโครงการสำรวจ และออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตบางกะปิในปัจจุบัน และอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สัมประสิทธิ์น้ำท่าในพื้นที่เขตบางกะปิตามลักษณะการใช้พื้นที่ในปัจจุบัน และอนาคต

| Index | รายละเอียด | ปัจจุบัน (พ.ศ. 2542) | อนาคต (พ.ศ.2562) |
|-------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1 | ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย | 0.35 | 0.4 |
| 2 | ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง | 0.45 | 0.5 |
| 3 | ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก + พาณิชยกรรม | 0.55 | 0.6 |
| 4 | อุตสาหกรรม + คลังสินค้า | 0.6 | |
| 5 | ศาสนสถาน | 0.31 | |
| 6 | สถาบันการศึกษา | 0.31 | |
| 7 | สถาบันราชการ + สาธารณูปโภค | 0.31 | |
| 8 | ที่โล่ง + เกษตรกรรม | 0.2 | |

ที่มา : WDC (2543)

2.4 การคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

Namtip Rattapan (2511) ศึกษากราฟน้ำท่าของกรุงเทพมหานครโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธี Chicago Hydrograph และวิธี Rational และจากการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าของทั้ง 2 วิธีพบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากวิธี Chicago Hydrograph ให้ค่าสูงกว่าวิธี Rational ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะ และจำนวนข้อมูลฝนในแต่ละพื้นที่

James M. Stubchaer (Martin, 2539: 224) ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของ Santa Barbara County Flood Control and Water Conservation District รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการเสนอวิธีการคำนวณ ชลภาพน้ำท่าโดยตรง ซึ่งไม่ต้องใช้ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า โดยใช้แนวความคิดในการ หลาก (routing) Instantaneous Hydrograph สำหรับแต่ละช่วงเวลาที่ผ่านอ่างเก็บน้ำเชิงเส้นตรงในจินตนาการ (an imaginary linear reservoir) โดยค่าคงที่ ที่ใช้ในการหลากจะขึ้นอยู่กับเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออกของพื้นที่ระบายน้ำ

บทที่ 3

ทฤษฎี และหลักการที่ใช้ในการศึกษา

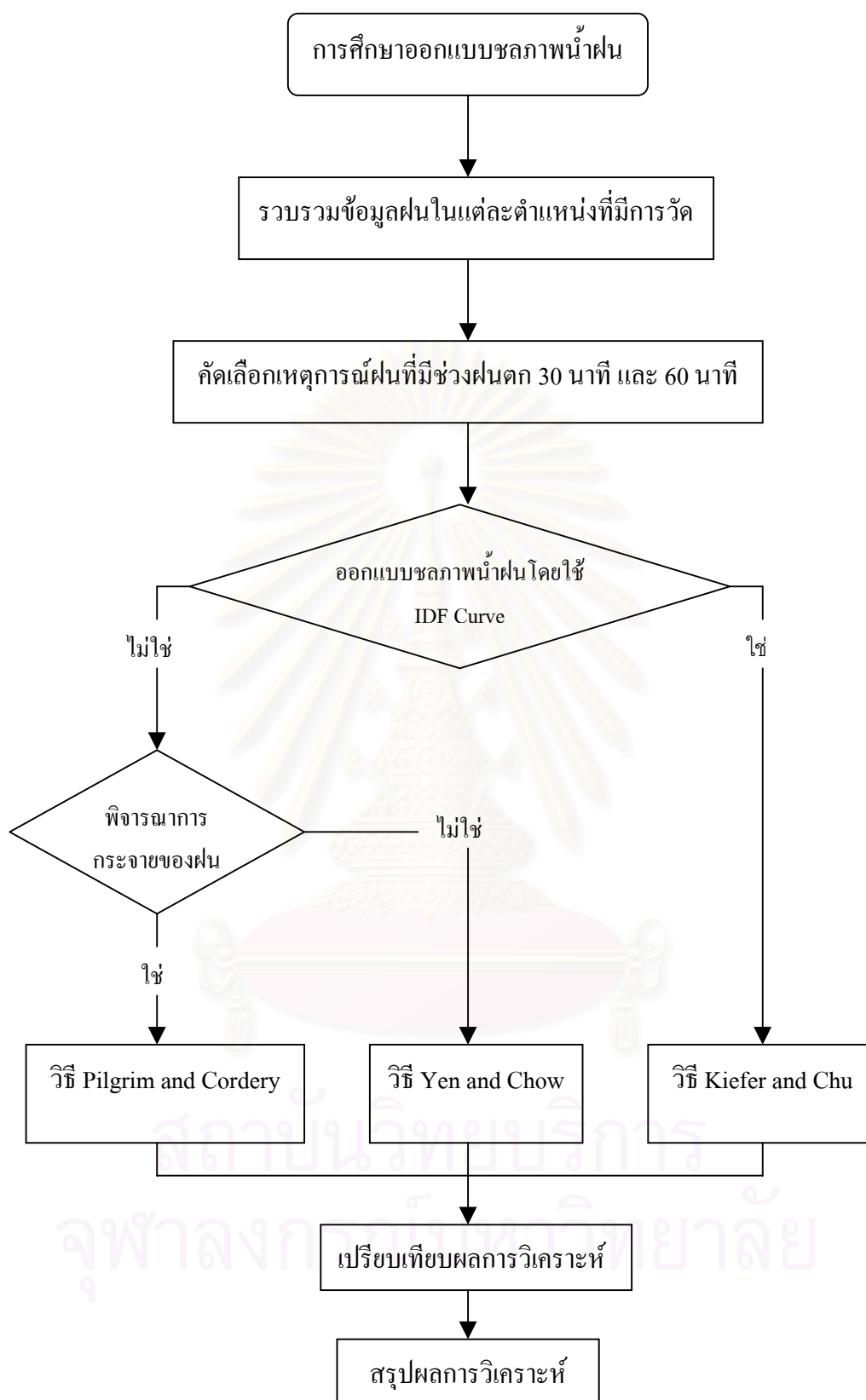
3.1 ชลภาพน้ำฝน

ทฤษฎีในการออกแบบชลภาพน้ำฝนที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งในแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน การศึกษาชลภาพน้ำฝนออกแบบนี้ ได้ทำการเลือกวิธีชลภาพน้ำฝนออกแบบ 3 วิธีดังต่อไปนี้

1. วิธี Pilgrim and Cordery
2. วิธี Yen and Chow
3. วิธี Kiefer and Chu

เนื่องจากข้อมูลฝนดำเนินการเก็บข้อมูลในช่วงเดือน สิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2543 เป็นช่วงเวลา 2 เดือน และข้อมูลฝนที่เก็บบันทึกได้ส่วนใหญ่เป็นฝนช่วงเวลาดำเนินการวิเคราะห์ฝน เป็นช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที โดยกำหนดความลึกฝนในช่วงเวลา 30 นาที มีความลึกฝนมากกว่า 20 มิลลิเมตร และฝนในช่วงเวลา 60 นาที มีความลึกฝนมากกว่า 30 มิลลิเมตร ความลึกฝนตรงนี้พิจารณาจากเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ความลึกฝนในช่วงเวลา 1 วันในเหตุการณ์ฝนตกหนักจะมีความลึกฝนมากกว่า 30 มิลลิเมตร แต่เนื่องจากฝนที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์เป็นฝนช่วงเวลาดำเนินการ และพิจารณาจากข้อมูลของความลึกฝนที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลได้ จึงได้กำหนดเกณฑ์ในการเลือกเหตุการณ์ฝนดังที่ได้กล่าวในข้างต้น และมีขั้นตอนการศึกษาเกี่ยวกับชลภาพน้ำฝนออกแบบดังแสดงในรูปที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาเกี่ยวกับชลภาพฝนออกแบบ

3.1.1 วิธี Pilgrim and Cordery

วิธี Pilgrim and Cordery ได้พัฒนาวิธีการออกแบบชลภาพน้ำฝนโดยพิจารณาจากการกระจายของฝนจริงโดยมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้ (แสดงในรูปที่ 3.2)

3.1.1.1 รวบรวมเหตุการณ์ฝนที่มีช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และมีค่าความลึกฝนรวมมากกว่า 20 มิลลิเมตร และที่ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที และมีค่าความลึกฝนรวมมากกว่า 30 มิลลิเมตร

3.1.1.2 นำเหตุการณ์ฝนที่เลือกแต่ละเหตุการณ์แบ่งออกเป็นช่วงเวลาย่อยๆ ทุก 10 นาที อ่านค่าความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยๆ แล้วบันทึกไว้ โดยทำทั้งช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที ของทุกๆเหตุการณ์

3.1.1.3 คำนวณค่าร้อยละของความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยต่อความลึกฝนทั้งหมดของทั้งช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที

3.1.1.4 หาค่าลำดับของแต่ละช่วงเวลาย่อยในแต่ละเหตุการณ์ของช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที

3.1.1.5 คำนวณค่าเฉลี่ยของลำดับของความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อย และค่าเฉลี่ยของร้อยละของความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยต่อความลึกฝนทั้งหมด

3.1.1.6 นำค่าความลึกของฝนที่ช่วงเวลา และคาบการเกิดที่ต้องการ คูณด้วยร้อยละของความลึกฝนเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา จะได้รูปแบบของชลภาพฝนออกแบบที่ช่วงเวลา และคาบการเกิดที่กำหนด

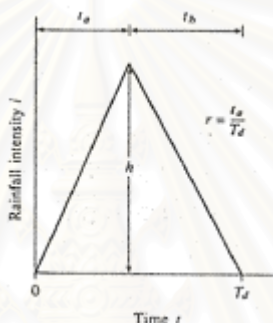


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนในการออกแบบชลภาพผ่นโดยวิธี Pilgrim and Cordery

3.1.2 วิธี Yen and Chow

วิธี Yen and Chow เป็นวิธีออกแบบชลภาพฝนแบบง่าย เพราะทราบความลึกฝน และช่วงเวลาฝนตก ดังนั้นความสูง และความยาวนานของสามเหลี่ยมสามารถคำนวณได้โดยพิจารณาตามรูปที่ 3.3 จากรูป T_d คือ ความยาวนานของสามเหลี่ยม หรือช่วงเวลาฝนตกทั้งหมด และ h คือความสูงของสามเหลี่ยมหรือความเข้มฝนสูงสุด ดังนั้นความลึกฝนทั้งหมดของชลภาพน้ำฝน (P) คือ

$$P = \frac{T_d h}{2} \quad (3.1)$$



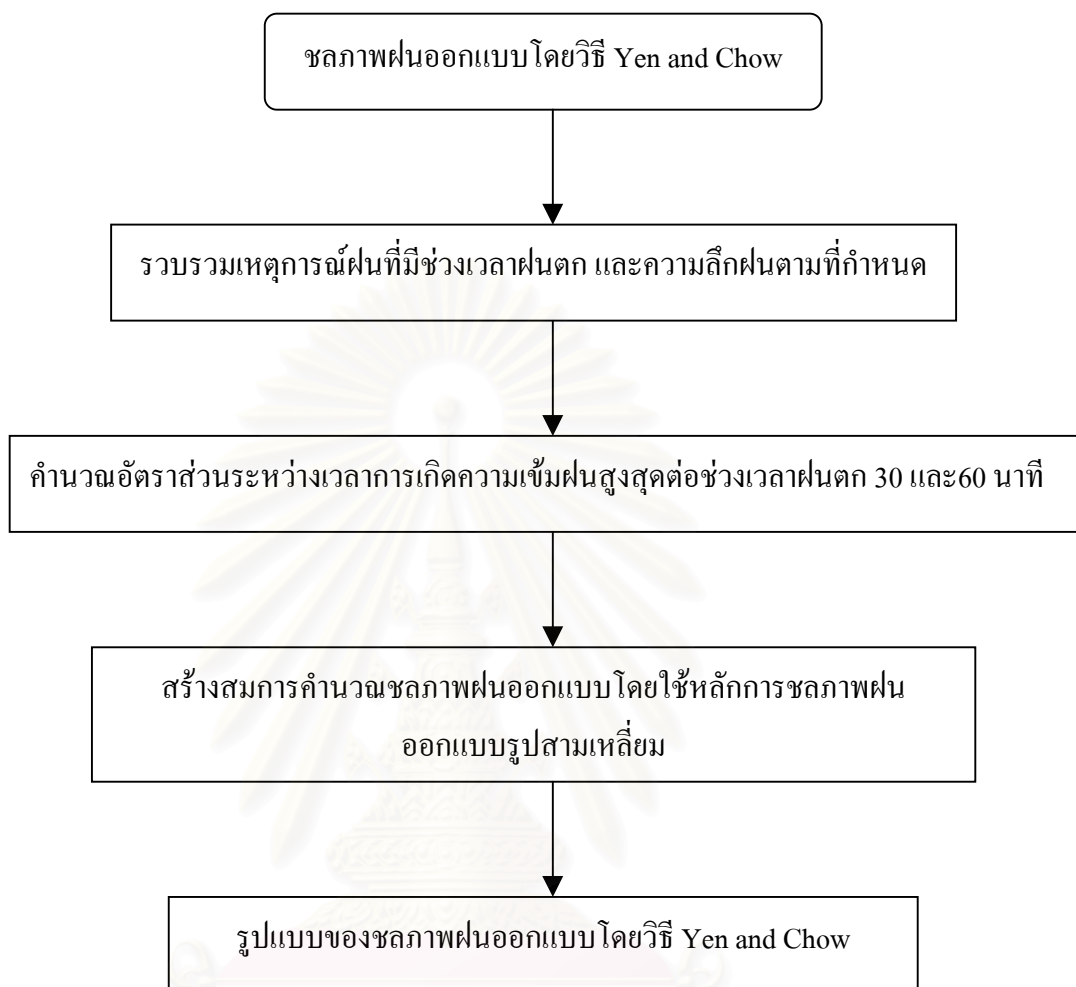
รูปที่ 3.3 ชลภาพฝนออกแบบรูปสามเหลี่ยม

ที่มา : Chow (2530)

ค่าอัตราส่วนระหว่างเวลาการเกิดความเข้มฝนสูงสุด (t_a) ต่อช่วงเวลาฝนตกทั้งหมด (r)

$$r = \frac{t_a}{T_d} \quad (3.2)$$

ค่าอัตราส่วน r นี้เป็นค่าเฉพาะในแต่ละพื้นที่ จากการศึกษาค่า r ในวิธี Yen and Chow และ Kiefer and Chu มีวิธีการวิเคราะห์เดียวกัน แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ค่า r นี้จะนำมาใช้ในการหาตำแหน่งการเกิดความเข้มฝนสูงสุด และรูปร่างของชลภาพน้ำฝน จากค่าความลึกน้ำฝนที่กำหนดจากช่วงเวลาของการเกิดฝน และคาบการเกิดซ้ำ นำมาแทนในสมการที่ 3.1 จะได้ความเข้มฝนสูงสุด และนำค่า r มาแทนในสมการที่ 3.2 จะได้ตำแหน่งความเข้มฝนสูงสุด และสามารถออกแบบชลภาพฝนได้รายละเอียดและขั้นตอนในการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนในการออกแบบชลาภาพฝน โดยวิธี Yen and Chow

3.1.3 วิธี Kiefer and Chu

Kiefer and Chu ได้พัฒนาวิธีการในการออกแบบชลภาพฝน สำหรับใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำในเมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดความเข้มฝนเฉลี่ย (i_{ave}) คือ

$$i_{ave} = \frac{a}{(T_d + b)^c} \quad (3.3)$$

ดังนั้นความลึกฝนรวม (P) ของช่วงเวลาฝนตก (T_d) ที่มีความเข้มฝนเฉลี่ย (i_{ave}) คือ

$$P = T_d * i_{ave} \quad (3.4)$$

ดังนั้นความเข้มฝนของชลภาพฝนที่เวลา (t) ของช่วงเวลาฝนตก T_d สามารถคำนวณได้โดยอนุพันธ์สมการที่ 3.4 คือ

$$\frac{dP}{dT_d} = i_{ave} + T_d \frac{di_{ave}}{dT_d} \quad (3.5)$$

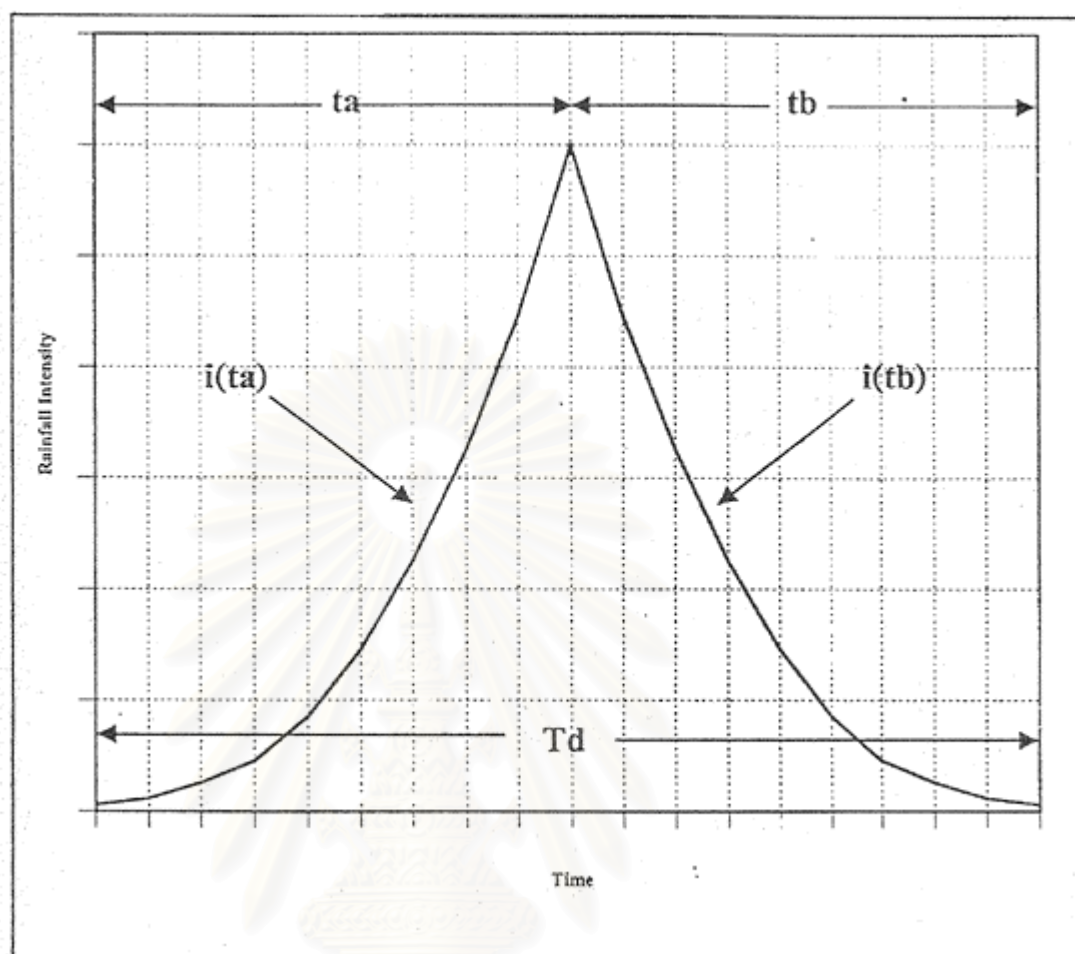
$$i = \frac{a[(1-c)T_d + b]}{(T_d + b)^{c+1}} \quad (3.6)$$

จากสมการที่ 3.6 สามารถคำนวณชลภาพฝนออกแบบได้ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยอัตราส่วนเวลาการเกิดความเข้มฝนสูงสุดต่อช่วงเวลาฝนตก คือ r คำนวณได้โดย

$$r = \frac{t_a}{T_d} \quad (3.7)$$

ดังนั้นความเข้มฝนที่เวลา t ก่อนความเข้มฝนสูงสุดคำนวณโดยแทนสมการที่ 3.7 ลงในสมการที่ 3.6

$$i(t_a) = \frac{a[(1-c)(t_a/r) + b]}{[(t_a/r) + b]^{c+1}} \quad (3.8)$$



รูปที่ 3.5 รูปแบบของชลภาพฝนออกแบบโดยวิธี Keifer and Chu

และความเข้มข้นที่เวลา t หลังการเกิดความเข้มข้นสูงสุด สามารถคำนวณได้โดย แทน $T_d = (t_u + t_b)$ ลงในสมการที่ 3.7 แล้วนำค่าไปแทนในสมการที่ 3.6 จะได้สมการการคำนวณดังนี้

$$i(t_b) = \frac{a[(1-c)(t_b/(1-r) + b)]}{[(t_b/(1-r) + b)^{c+1}} \quad (3.9)$$

ในการคำนวณชลภาพฝนออกแบบโดยวิธี Keifer and Chow มีขั้นตอนในการคำนวณดัง แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนในการออกแบบชลภาพฝนโดยวิธี Kiefer and Chu

3.1.4 อัตราส่วนเวลาการเกิดความเข้มข้นสูงสุดต่อช่วงเวลาฝนตก

ในการหาค่า r ของการศึกษาครั้งนี้มีวิธีการหา 2 วิธี คือ

3.1.4.1 ค่า r ที่คำนวณจากชลภาพน้ำฝนโดยตรง

3.1.4.1.1 เลือกเหตุการณ์ฝนที่มีช่วงเวลาฝนตก 30 นาทีที่มีความลึกฝนมากกว่า 20 มิลลิเมตร และช่วงเวลาฝนตก 60 นาทีที่มีความลึกฝนมากกว่า 30 มิลลิเมตร

3.1.4.1.2 คำนวณค่าอัตราส่วนเวลาที่เกิดความเข้มข้นสูงสุดต่อช่วงเวลาฝนตกของแต่ละเหตุการณ์ฝนดังแสดงในตารางที่ ข-1

3.1.4.1.3 คำนวณค่าเฉลี่ยของค่า r ของช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที

3.1.4.2 ค่า r ที่คำนวณโดยแบ่งฝนออกเป็นช่วงเวลาย่อยๆ

3.1.4.2.1 เลือกเหตุการณ์ฝนที่มีช่วงเวลาฝนตก 30 นาทีที่มีความลึกฝนมากกว่า 20 มิลลิเมตร และช่วงเวลาฝนตก 60 นาทีที่มีความลึกฝนมากกว่า 30 มิลลิเมตร

3.1.4.2.2 จากข้อมูลฝนของช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ เลือกช่วงเวลาย่อยๆที่มีความลึกฝนสูงสุด เช่น ช่วงเวลา 60 นาที อ่านค่าความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อยๆ ซึ่งแบ่งช่วงย่อยทุก 10 นาทีได้ 6 ช่วง หาช่วงที่เกิดค่าความลึกฝนสูงสุด และบันทึกค่าไว้ ทำเช่นเดียวกันในทุกเหตุการณ์ฝน และคำนวณค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่เกิดค่าความลึกฝนสูงสุด

3.1.4.2.3 จากค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่เกิดค่าความลึกฝนสูงสุด จะคำนวณค่า r โดยสมมติว่าค่าสูงสุดเกิดขึ้นที่กึ่งกลางในแต่ละช่วงเวลาย่อย 10 นาที

3.1.4.2.4 หาอัตราส่วน r ของช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าอัตราส่วน r ในช่วงเวลาฝนตก 60 นาทีของพื้นที่บางกะปิ (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข) โดยช่วงเวลาฝนตก 60 นาทีแบ่งเป็น 6 ช่วง ช่วงเวลาย่อยละ 10 นาที ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่เกิดความลึกฝนสูงสุดคือ 2.5 เท่าของช่วงเวลาย่อย 10 นาที และกำหนดสมมติฐานว่าความลึกฝนสูงสุดเกิดขึ้นที่กึ่งกลางของช่วงเวลาย่อย 10 นาที (0.5) ดังนั้นค่า r เท่ากับ

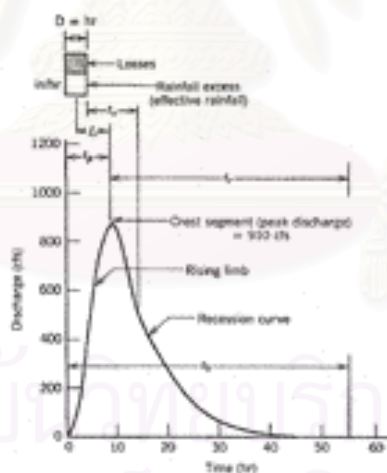
$$r = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่เกิดความลึกฝนสูงสุด} - 0.5}{\text{จำนวนช่วงเวลาย่อย 10 นาที}} = \frac{2.5 - 0.5}{6} = 0.42$$

3.2 เวลาการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนส่วนเกินที่จุดออก (time of concentration, t_c) เป็นพารามิเตอร์ของกลุ่มน้ำซึ่งเป็นเวลาที่สะท้อนความสัมพันธ์ของชลภาพน้ำฝน-น้ำท่าในระบบกลุ่มน้ำ และสามารถสรุปความหมายของ t_c เป็น 3 ความหมายหลัก และในงานศึกษานี้ใช้นิยามในข้อ 2 ในการหาค่า t_c คือ

1. t_c หมายถึง เวลาในการเดินทางของน้ำฝนส่วนเกินซึ่งอยู่ในจุดที่ไกลที่สุด และไหลมาถึงจุดออกของพื้นที่ระบายน้ำ ซึ่งจะเป็นเวลาให้น้ำฝนส่วนเกินจากทุกๆส่วนของลำน้ำไหลมารวมกันที่จุดออกของพื้นที่ระบายน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุดที่เวลานี้ภายใต้ความเข้มข้นที่กำหนด วิธีการในการประมาณ t_c ของความหมายนี้จะใช้คุณลักษณะของกลุ่มน้ำ

2. t_c ในความหมายนี้จะอยู่บนพื้นฐานของชลภาพน้ำฝน - น้ำท่า โดย t_c เป็นเวลาจากเวลาจากจุดสิ้นสุดของชลภาพน้ำฝนส่วนเกินถึงจุดเปลี่ยนโค้ง (Point of Inflection) ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งหาได้โดยนำค่าอัตราการไหลที่เวลาต่างๆ ไปโค้งการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดินไปพล็อตในกระดาษ semilog จุดที่ความลาดชันเปลี่ยนจะเป็นจุดเปลี่ยนโค้ง ในชลภาพน้ำท่าผิวดิน



รูปที่ 3.7 ค่าเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออกในความสัมพันธ์ชลภาพน้ำฝน - น้ำท่า
ที่มา : Martin (2541)

3. t_c เป็นเวลาของความสมดุลของพื้นที่ระบายน้ำที่ปริมาณการไหลออกจากจุดออกของพื้นที่ระบายน้ำเท่ากับปริมาณน้ำไหลเข้าพื้นที่ระบายน้ำสุทธิ

โดยทั่วไปการเดินทางของน้ำฝนส่วนเกินในพื้นที่ระบายน้ำจะมี 3 แบบคือ การไหลบ่าบนพื้นผิวต่างๆ (Overland Flow) การไหลในท่อ (Pipe Flow) และการไหลในทางน้ำ (Channel Flow) ซึ่งในการเดินทางของน้ำฝนส่วนเกินแต่ละแบบจะมีสูตรสำหรับการคำนวณเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออกต่างๆกัน และมีสูตรสำหรับการคำนวณเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออกที่มีการไหลแบบต่างๆร่วมกัน เรียกว่าเป็นการไหลแบบผสม ซึ่งเป็นลักษณะการไหลในสภาพความเป็นจริง โดยในการศึกษานี้จะใช้สูตรการคำนวณสำหรับการไหลแบบผสม

3.2.1 สมการของ Carter

Carter (McCuen, 2527:891) ได้ใช้ข้อมูลของพื้นที่ระบายน้ำใน Washington , D.C. ที่มีพื้นที่ระบายน้ำน้อยกว่า 8 ตารางไมล์ ความยาวทางน้ำน้อยกว่า 7 ไมล์ ความลาดชันพื้นที่ระบายน้ำน้อยกว่า 0.5 % และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งอยู่ในช่วง 0.013 – 0.025 ในการพัฒนาสมการในการประมาณค่า basin lag McCuen และคณะได้ปรับเปลี่ยนสมการการประมาณค่า basin lag ของ Carter ไปใช้ในการประมาณค่า t_c โดยมีสมการดังนี้

$$t_c = 1.7L_m^{0.6}S_m^{-0.3} \quad (3.10)$$

โดย L_m = ความยาวของทางน้ำที่ยาวที่สุด (ไมล์)

S_m = ความลาดชันของทางน้ำที่ยาวที่สุด (ฟุต/ไมล์)

3.2.2 สูตรของ Kirpich

Kirpich (McCuen, 2527:893) ได้พัฒนาสูตรสำหรับการประมาณ t_c โดยใช้ข้อมูลของพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็กในรัฐ เพนซิลวาเนีย และรัฐเทนเนสซี สหรัฐอเมริกา โดยใช้ข้อมูลที่มีความลาดชันของพื้นที่ระบายน้ำอยู่ในช่วง 3 % - 10%

$$t_c = 2.167 \cdot 10^{-5} \cdot L_f^{0.77} S_f^{-0.5} \quad (\text{รัฐเพนซิลวาเนีย}) \quad (3.11)$$

$$t_c = 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot L_f^{0.77} S_f^{-0.385} \quad (\text{รัฐเทนเนสซี}) \quad (3.12)$$

โดย L_f = ความยาวของทางน้ำที่ยาวที่สุด (ฟุต)

S_f = ความลาดชันของทางน้ำที่ยาวที่สุด (ฟุต/ฟุต)

ถ้าพื้นที่ที่ต้องการประมาณค่า t_c มีการไหลบ่าบนพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นคอนกรีตหรือแอสฟัลต์ ให้ทำการปรับแก้ค่า t_c ที่คำนวณได้โดย 0.4 และสำหรับการประมาณค่า t_c ที่มีการไหลน้ำในทางน้ำส่วนใหญ่เป็นคอนกรีตให้ทำการปรับแก้ค่า t_c ที่คำนวณได้โดย 0.2

3.2.3 สูตรของ Espey – Winslow

Espey และคณะ (McCuen, 2527:891) ได้พัฒนาสูตรสำหรับการประมาณเวลาของอัตราการไหลสูงสุด โดยใช้ข้อมูลใน Houston 17 ลุ่มน้ำ McCuen และคณะได้ปรับเปลี่ยนสูตรสำหรับการประมาณอัตราการไหลสูงสุดของ Espey และคณะเป็นสูตรสำหรับการคำนวณ t_c ดังนี้

$$t_c = 0.52 \phi L_f^{0.29} S_f^{-0.145} I^{-0.6} \quad (3.13)$$

โดย ϕ = แฟกเตอร์ทางน้ำของ Espey ซึ่งกำหนดจากค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่บิบน้ำ ดังแสดงในรูปที่ ก-1

L_f = ความยาวของทางน้ำที่ยาวที่สุด (ฟุต)

S_f = ความลาดชันของพื้นที่ระบายน้ำ (ฟุต/ฟุต)

I = เปอร์เซนต์พื้นที่ที่บิบน้ำของพื้นที่ระบายน้ำ

3.2.4 สูตรของ Eagleson

Eagleson (McCuen, 2527:892) ได้พัฒนาสมการที่ประมาณค่าเวลาจากจุดศูนย์กลางมวลของสภาพฝนส่วนเกิน ถึงอัตราการไหลสูงสุด McCuen และคณะได้ปรับเปลี่ยนสูตรในการคำนวณเวลานี้เป็นสูตรในการประมาณค่า t_c ดังนี้

$$t_c = 1.852 * 10^{-4} L_f N R^{-2/3} S_f^{-0.5} \quad (3.14)$$

โดย L_f = ความยาวของทางระบายน้ำหลัก (ฟุต)

N = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งในทางระบายน้ำหลัก

R = รัศมีชลศาสตร์ของทางระบายน้ำหลักเมื่อมีการไหลเต็มท่อ (ฟุต)

S_f = ความลาดชันของทางระบายน้ำหลัก (ฟุต/ฟุต)

3.3 สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient , C)

สัมประสิทธิ์น้ำท่าเป็นพารามิเตอร์ในสมการเรชันแนล (Rational Method) ที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุด

$$Q = CiA \quad (3.15)$$

โดย Q = อัตราการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า

i = ความเข้มฝน (เมตร/วินาที)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (ตารางเมตร)

ซึ่งสมการนี้ถูกเสนอในบทความวิชาการในประเทศไอส์แลนด์โดย Mulvaney และเป็นที่รู้จักแพร่หลายโดย Kuichling และLloyd Davies (Bedient และHuber,2532: 360)

จากการทบทวนตำรา เอกสารทางวิชาการ และการศึกษาที่ผ่านมา มีการคำนวณค่า C เป็น 5 วิธีดังนี้

1. C_p คือ อัตราส่วนของอัตราการไหลสูงสุดของ ชลภาพน้ำท่าต่อความเข้มฝนเฉลี่ยในช่วงเวลา t_p (พิสิฐ ศรีวรรณนท์, 2534:101)
2. C_c คือ อัตราส่วนของอัตราการไหลสูงสุดของ ชลภาพน้ำท่าต่อความเข้มฝนเฉลี่ยในช่วงเวลา t_c (Martin, 2541:207)
3. C_r คือ อัตราส่วนของความลึกน้ำท่าผิวดิน หรือความลึกของฝนส่วนเกินต่อความลึกของน้ำฝนที่ตกในเหตุการณ์ชลภาพน้ำฝน – ชลภาพน้ำท่า (Hyetograph – Hydrograph Event) (Chow, 2530:139)

$$C_r = \frac{r_d}{P} \quad (3.16)$$

โดย r_d = ความลึกของน้ำท่าผิวดินหรือน้ำฝนส่วนเกิน

P = ความลึกของฝนที่ตก

4. นอกจากนี้ค่า C_L จะสามารถคำนวณได้จากการกำหนดประเภทของการใช้ที่ดิน (Bedient and Huber, 2532:363) ในพื้นที่ระบายน้ำที่สนใจ และคำนวณได้โดย

$$C_L = \frac{C_i A_i}{\sum A_i} \quad (3.17)$$

โดย C_i = สัมประสิทธิ์น้ำท่าในพื้นที่ระบายน้ำย่อยที่กำหนดตามประเภทการใช้ที่ดิน
 A_i = พื้นที่ระบายน้ำย่อย

ตารางที่ 3.1 ค่า C ที่กำหนดตามประเภทของการใช้ที่ดิน

| DESCRIPTION OF AREA | RUNOFF COEFFICIENTS | CHARACTER OF SURFACE | RUNOFF COEFFICIENTS |
|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Business | | Pavement | |
| Downtown | 0.70 to 0.95 | Asphalt or concrete | 0.70 to 0.95 |
| Neighborhood | 0.50 to 0.70 | Brick | 0.70 to 0.85 |
| Residential | | Roofs | 0.70 to 0.95 |
| Single family | 0.30 to 0.50 | Lawns, sandy soil | |
| Multiunits, detached | 0.40 to 0.60 | Flat, 2% | 0.05 to 0.10 |
| Multiunits, attached | 0.60 to 0.75 | Average, 2-7% | 0.10 to 0.15 |
| Residential, suburban | 0.25 to 0.40 | Steep, 7% or more | 0.15 to 0.20 |
| Apartment | 0.50 to 0.70 | Lawns, heavy soil | |
| Industrial | | Flat, 2% | 0.13 to 0.17 |
| Light | 0.50 to 0.80 | Average, 2-7% | 0.18 to 0.22 |
| Heavy | 0.60 to 0.90 | Steep, 7% or more | 0.25 to 0.35 |
| Parks, cemeteries | 0.10 to 0.25 | | |
| Railroad yard | 0.20 to 0.35 | | |
| Unimproved | 0.10 to 0.30 | | |

ที่มา : Martin (2541)

5. กำหนดค่า C_d ตามประเภทความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่า C ที่กำหนดตามประเภทความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย

| ลักษณะการใช้ที่ดิน | สัมประสิทธิ์น้ำท่าเฉลี่ย, C |
|----------------------------|-----------------------------|
| ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก | 0.45 - 0.60 |
| ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง | 0.40 - 0.50 |
| ที่อยู่อาศัยเบาบาง | 0.30 - 0.45 |

ที่มา : บริษัททีเอ็ม คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียริง แอนด์เมเนจเม้นต์ (2544)

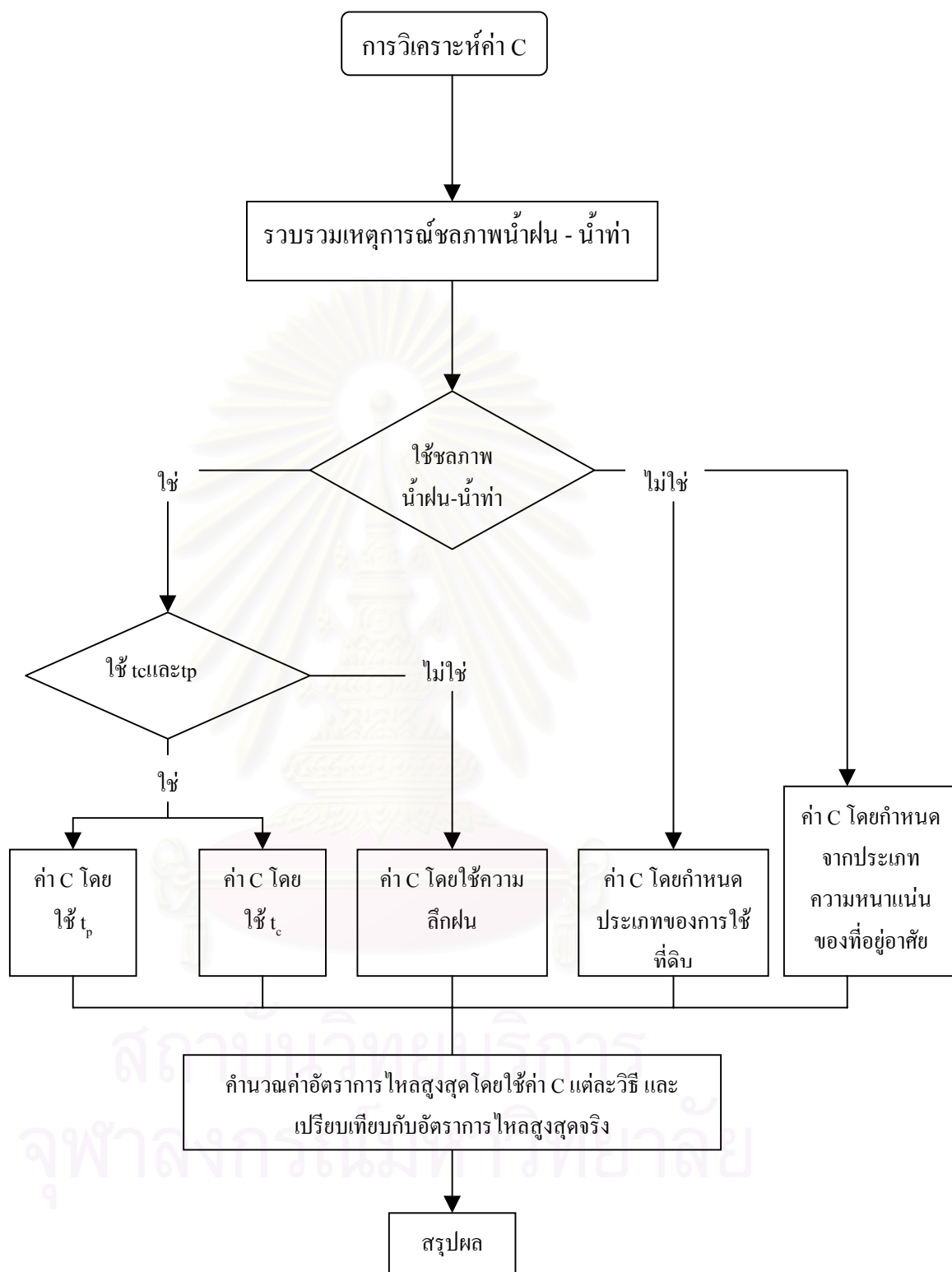
ขั้นตอนในการศึกษาค่า C ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนดังนี้ (แสดงในรูปที่ 3.8)

1. รวบรวมเหตุการณ์น้ำฝน – น้ำท่าในแต่ละพื้นที่ ที่มีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างชลภาพน้ำฝนและน้ำท่าที่สอดคล้องกัน
2. วัดค่าเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (time to peak, t_p) ของชลภาพน้ำท่าผิวดินจากข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าที่วัดได้ โดยเวลาจากเวลาเริ่มต้นของฝนส่วนเกินถึงเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 3.7
3. วัดค่าเวลาการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (t_c) ของชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวัดจากเวลาสิ้นสุดของฝนส่วนเกินถึงจุด point of inflection ดังแสดงในรูปที่ 3.7
4. กำหนดความเข้มฝนในช่วงเวลา t_p โดยนำค่าความลึกฝนในช่วงเวลา t_p หารด้วยเวลา t_p
5. กำหนดความเข้มฝนในช่วงเวลา t_c โดยนำค่าความลึกฝนในช่วงเวลา t_c หารด้วยเวลา t_c
6. หาค่าอัตราการไหลสูงสุดจากชลภาพน้ำท่าผิวดิน และความลึกของฝนส่วนเกิน
7. กำหนดค่า C เป็น 5 วิธีดังนี้
 - 7.1 กำหนดค่า C_p จากสมการที่ 3.15 โดยใช้ความเข้มฝนในช่วงเวลา t_p
 - 7.2 กำหนดค่า C_c จากสมการที่ 3.15 โดยใช้ความเข้มฝนในช่วงเวลา t_c
 - 7.3 กำหนดค่า C_f จากสมการที่ 3.16 โดยใช้ความลึกของฝนส่วนเกิน และความลึกของฝนตกทั้งหมด
 - 7.4 กำหนดค่า C_L จากสมการที่ 3.17 โดยการกำหนดประเภทของการใช้ที่ดิน
 - 7.5 หาค่า C_d จากประเภทความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย

8. คำนวณค่าเฉลี่ยของค่า C_p และ C_c ของทุกเหตุการณ์น้ำฝน และน้ำท่าในแต่ละพื้นที่ และนำค่า C เฉลี่ยนั้นไปใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลสูงสุด
9. เปรียบเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้จากค่า C_p และ C_c แต่ละวิธีกับอัตราการไหลสูงสุดจริง และสรุปผล



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ค่า C

3.4 การคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

3.4.1 วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย

3.4.1.1 วิธี ϕ - index

ϕ - index โดยทั่วไปจะสมมติว่าเป็น อัตราน้ำสูญเสียในด้านต่างๆ เช่น การซึม (infiltration) การตกค้างตามผิวดิน (depression storage) และการตกค้างบนพืช (interception) ที่เกิดขึ้นจะลงที่ตลอดช่วงเวลาฝนตก

ϕ - index จะใช้ร่วมกับชลภาพของฝน (hyetograph) ในการกำหนดปริมาณน้ำสูญเสียและฝนส่วนเกิน (รูปที่ 3.9) คือ

1. พื้นที่ของฝนที่อยู่เหนือเส้น ϕ - index จะเป็นความลึกของฝนส่วนเกิน
2. พื้นที่ของฝนที่อยู่ใต้เส้น ϕ - index จะเป็นความของน้ำสูญเสีย

และมีสมการในการคำนวณดังนี้

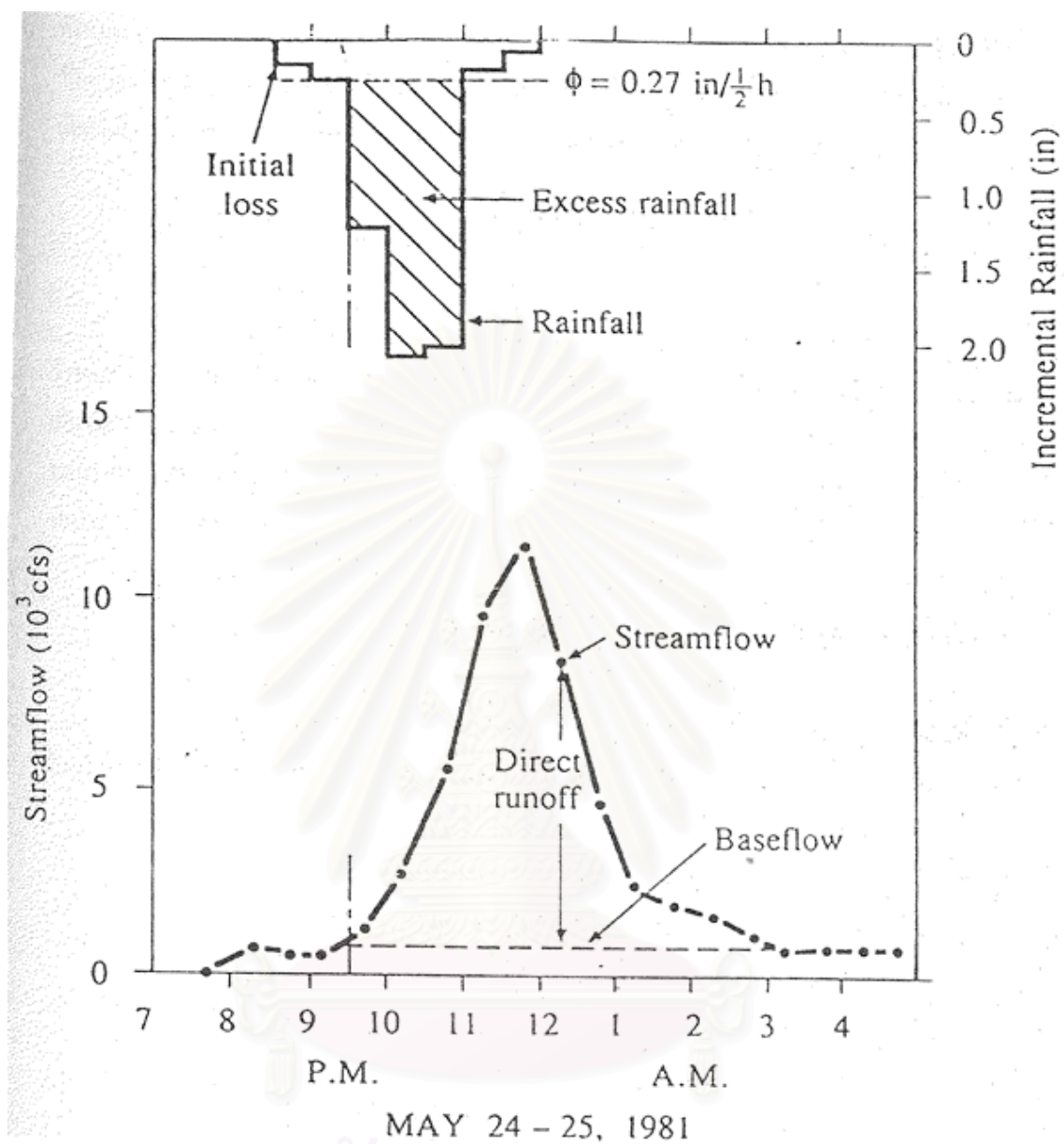
$$r_d = \sum_{m=1}^M (R_m - \phi \Delta t) \quad (3.18)$$

โดย r_d = ปริมาตรทั้งหมดของน้ำท่าผิวดิน

R_m = ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ในช่วงเวลา m

Δt = ช่วงเวลา

M = จำนวนช่วงเวลาของฝนทั้งหมดที่ทำให้เกิดชลภาพน้ำท่าผิวดิน



รูปที่ 3.9 ฝนและชลภาพน้ำทำสำหรับฝนในวันที่ 24 – 25 พฤษภาคม พ.ศ.2523 คู่มือน้ำ Shoal Creek ที่สวนสาธารณะ Northwest เมือง Austin รัฐ Texas ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มา : Chow (2530)

3.4.1.2 การแยกชลภาพการไหลพื้นฐาน

วิธีในการแยกชลภาพการไหลพื้นฐาน (base flow separation) ออกจากชลภาพน้ำท่าทั้งหมด (total runoff hydrograph) เพื่อหาชลภาพน้ำท่าผิวดิน มีหลายวิธีด้วยกัน แต่ในการศึกษานี้จะเลือกวิธีเส้นตรง (straight line method) คือ การลากเส้นตรงจากจุดที่ชลภาพน้ำท่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ไปตัดจุดของชลภาพน้ำท่าด้านการลดลง (recession limb) ดังแสดงในรูปที่ 3.9

3.4.1.3 ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า

ทฤษฎีของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าถูกเสนอครั้งแรกโดย Sherman และมีคำนิยามว่าชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า คือ ชลภาพน้ำท่าผิวดิน (direct runoff hydrograph) ซึ่งเกิดขึ้นจากฝนส่วนเกินขนาด 1 นิ้ว หรือ 1 เซนติเมตรที่ตกอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับช่วงเวลาฝนตกที่กำหนด ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเปรียบเสมือน unit impulse ใน linear system ดังนั้นหลักการ superposition จะนำมาประยุกต์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

3.4.1.4 วิธีการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบคำนวณย้อนกลับ (Deconvolution)

วิธีการนี้เป็นการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยใช้การคำนวณย้อนกลับจากข้อมูลชลภาพน้ำท่าผิวดิน และชลภาพของฝนส่วนเกินโดยใช้สมการต่อไปนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.11

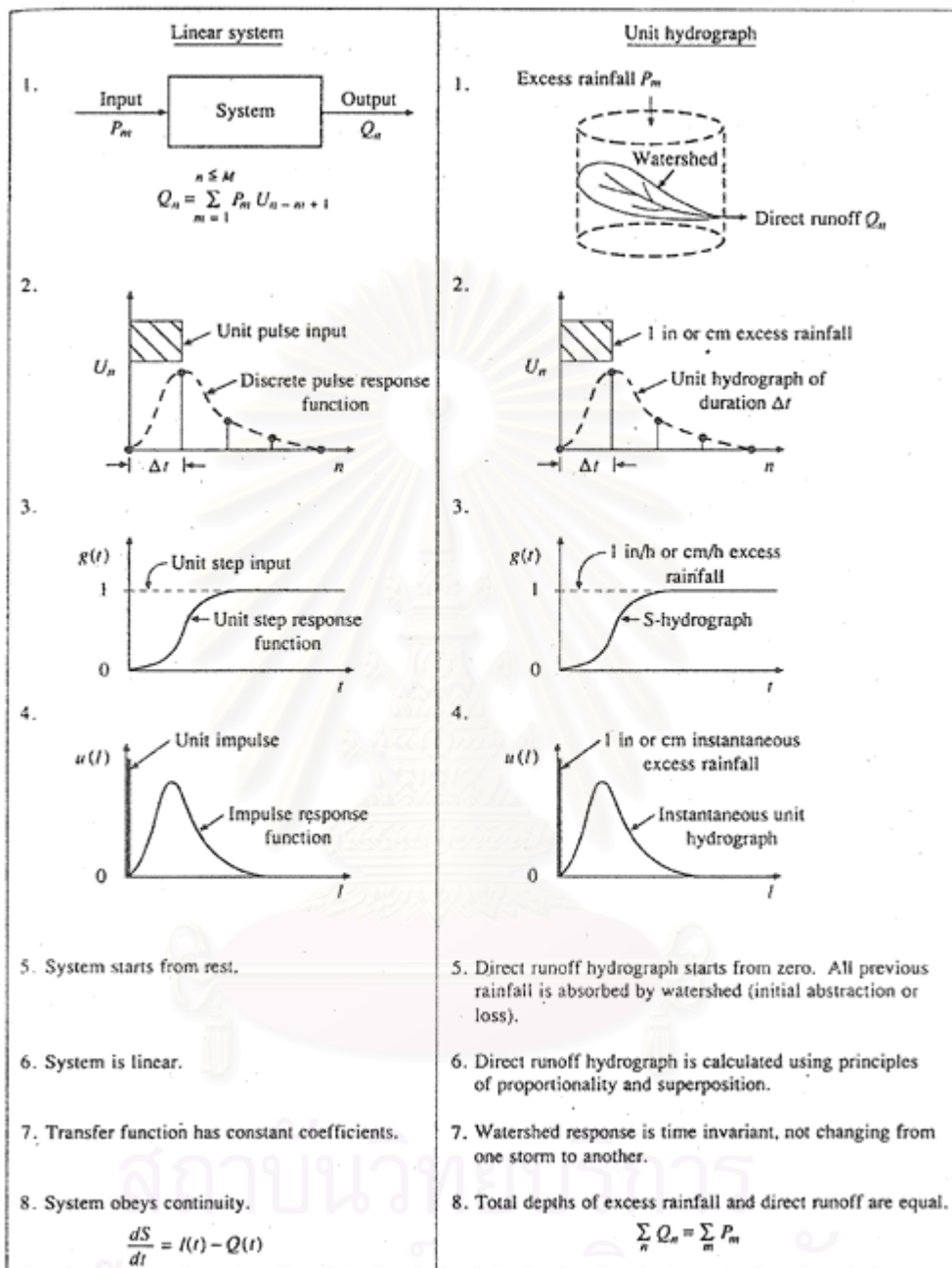
$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m+1} \quad (3.19)$$

โดย Q_n = น้ำท่าที่พิกัด n

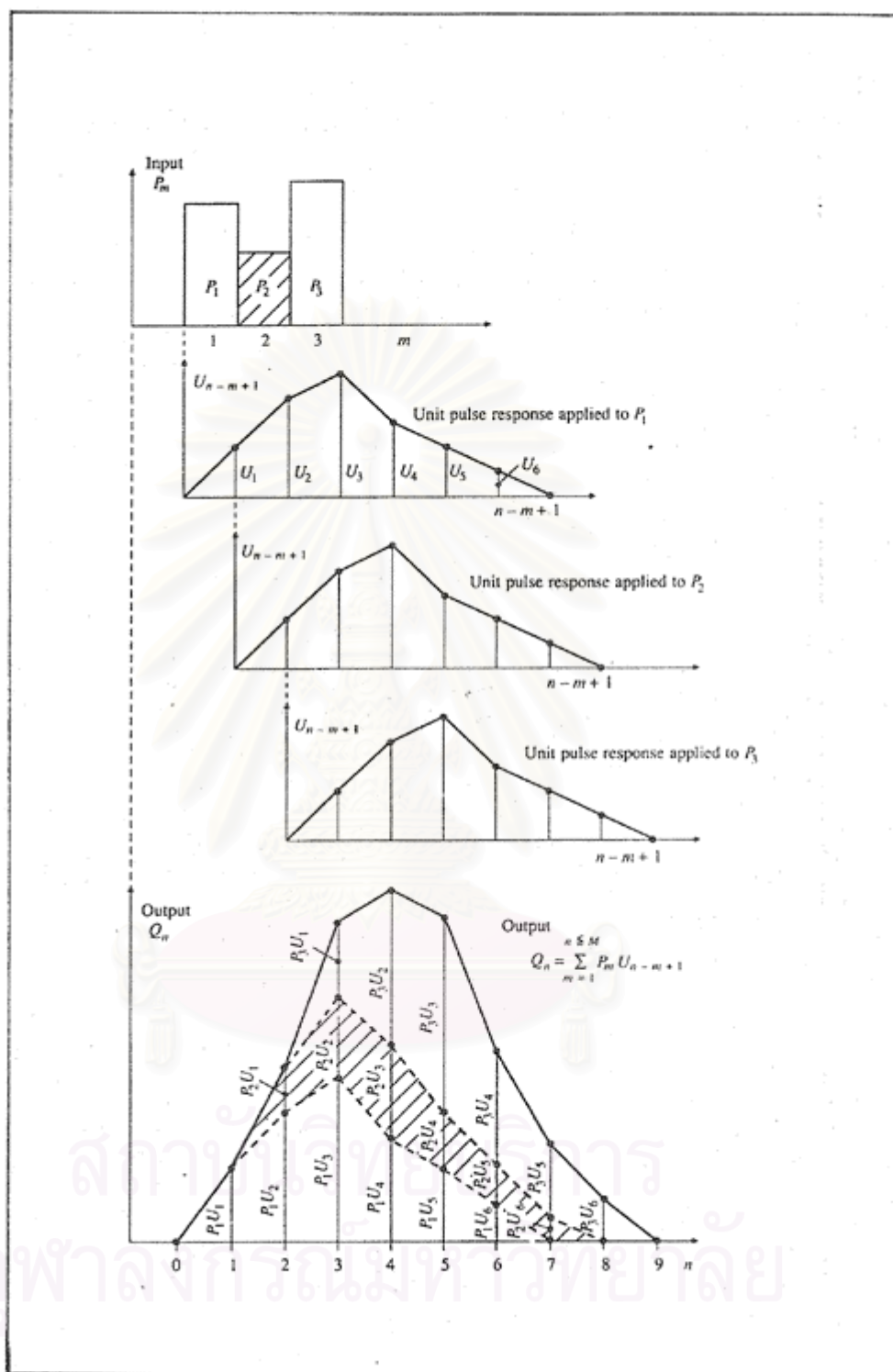
P_m = ฝนส่วนเกินที่พิกัด m

U = ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า

M = จำนวนช่วงเวลาของฝนส่วนเกินทั้งหมด



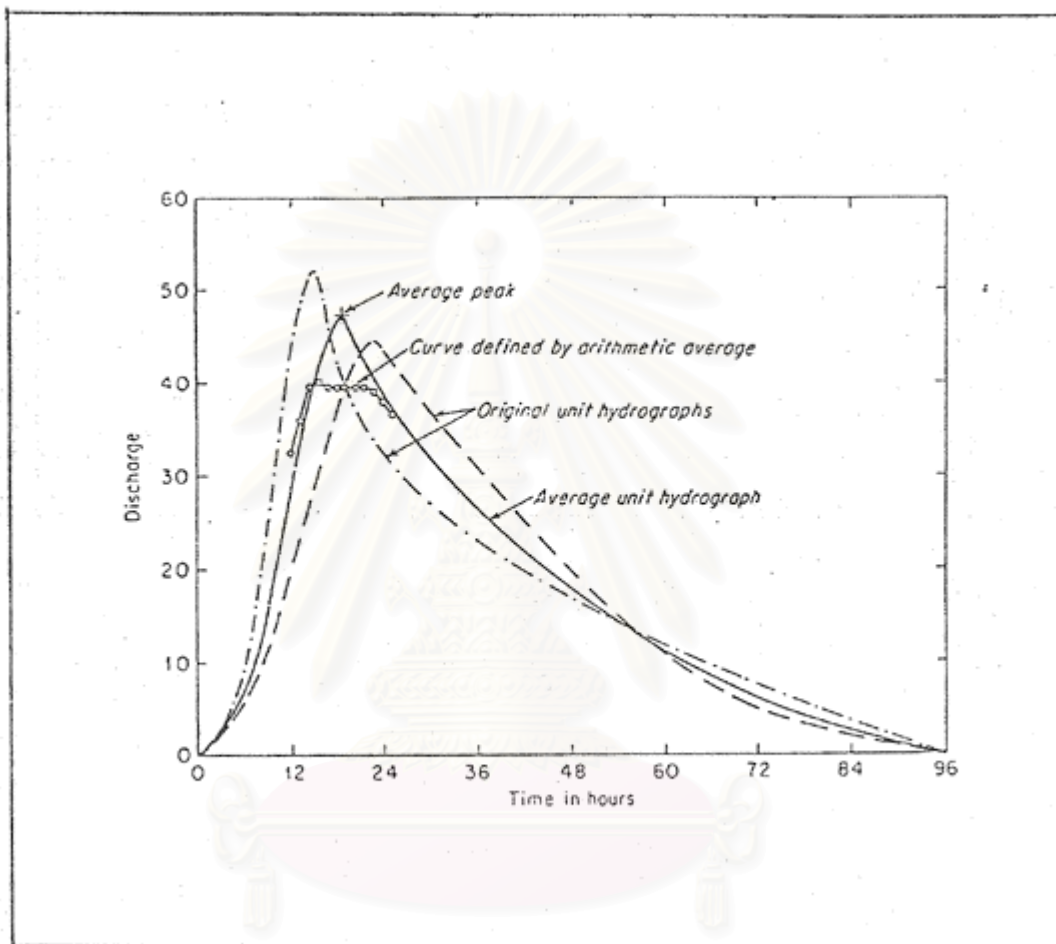
รูปที่ 3.10 การเปรียบเทียบของระบบเชิงเส้นและหลักการของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า
ที่มา : Chow (2530)



รูปที่ 3.11 การประยุกต์ใช้ของ discrete convolution equation ในระบบเชิงเส้นตรง
ที่มา : Chow (2530)

3.4.1.5 วิธีการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย

นำชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ช่วงเวลาฝนตกเดียวกันมาสร้างกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การสร้างชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย

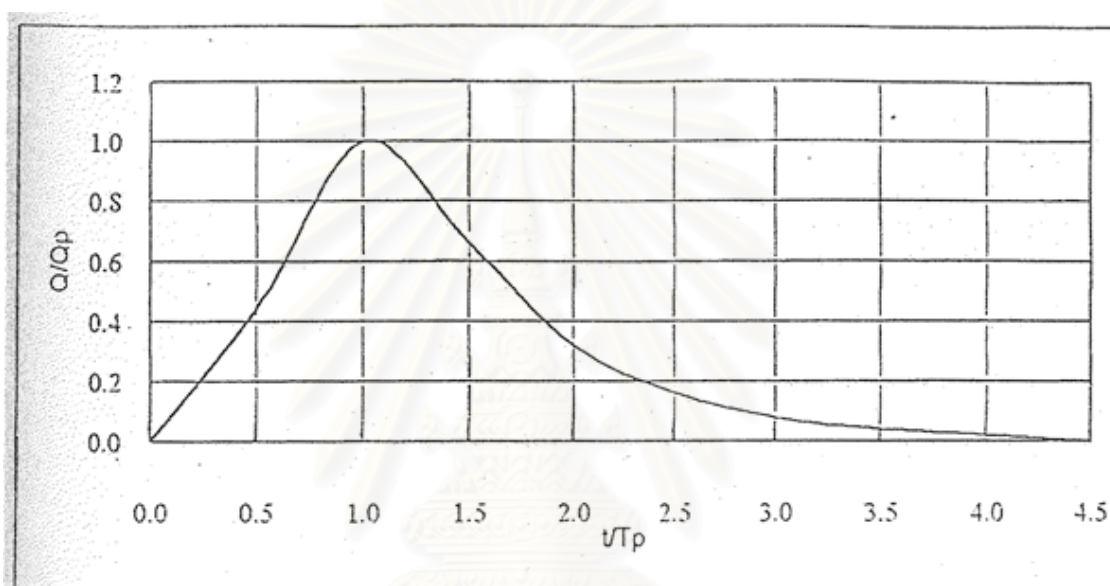
ที่มา : Linsley และคณะ (2531)

3.4.1.6 วิธีการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วย

3.4.1.6.1 นำอัตราการไหลสูงสุด Q_p ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยหารอัตราการไหลที่เวลาต่างๆ (Q) ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.4.1.6.2 นำเวลาในการเกิดอัตราการไหลสูงสุด T_p ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยหารที่เวลาต่างๆ ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าดังแสดงในรูปที่ 3.13

3.4.1.6.3 สร้างความสัมพันธ์ของ Q_p และ T_p ในรูปสมการถดถอย สหสัมพันธ์กับคุณลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ระบายน้ำ และคุณลักษณะฝน



รูปที่ 3.13 ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้นหน่วย

3.4.2 วิธี Rational Method

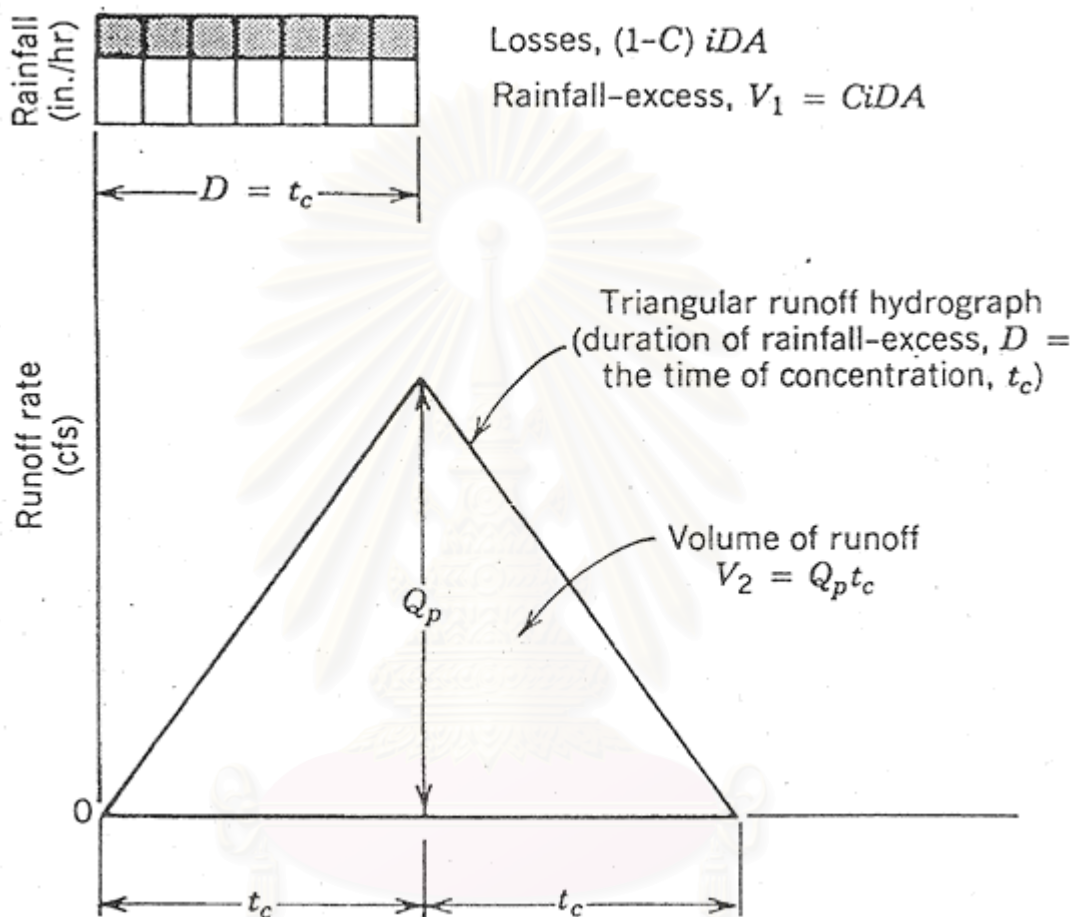
วิธี Rational Method แต่เดิมเป็นสูตรสำหรับการประมาณอัตราการไหลสูงสุด และต่อมาได้มีการพัฒนาขึ้นมาสำหรับการสังเคราะห์ชลภาพน้ำท่า (รูปที่ 3.14)

$$V_1 = V_2 \quad (3.20)$$

$$Q_p = C_i A \quad (3.21)$$

$$t_c = D \quad (3.22)$$

- โดย Q_p = อัตราการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์ฟุต/วินาที) i = ความเข้มฝน (นิ้ว/ชั่วโมง)
 C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า A = พื้นที่ระบายน้ำ (เอเคอร์)
 t_c = เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก D = ช่วงเวลาของการเกิดฝน
 V_1 = ปริมาตรของฝนส่วนเกิน V_2 = ปริมาตรชลภาพน้ำท่า



รูปที่ 3.14 ชลภาพน้ำท่าโดยวิธี Rational Method
 ที่มา Martin (2541)

3.4.3 วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark

วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark มีขั้นตอนในการสังเคราะห์ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือการพัฒนาโค้งพื้นที่เวลา (Time Area Curve, TA) ซึ่งจะอยู่บนพื้นฐานคุณลักษณะของกลุ่มน้ำ ขั้นตอนที่สองทำการหลาก (routing) โค้งพื้นที่เวลาผ่านอ่างเก็บน้ำเชิงเส้นตรง (a linear reservoir) ก็จะได้ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าออกมา ดังแสดงในรูปที่ 3.15

ขั้นตอนในการคำนวณ

3.4.3.1 คำนวณอัตราส่วนของเวลาต่อเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (T_i)

$$T_i = t_i/t_c \quad (3.23)$$

โดย t_i = ช่วงเวลาที่ใช้ t_c = เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

3.4.3.2 พัฒนาโค้งพื้นที่เวลา (TA) โดยสมการ

$$TA_i = 1.414T_i^{1.5} \quad (0 \leq T_i < 0.5) \quad (3.24)$$

$$1 - TA_i = 1.414(1-T_i)^{1.5} \quad (0.5 < T_i < 1.0) \quad (3.25)$$

โดย TA_i = ค่าสะสมของโค้งพื้นที่เวลา T_i = อัตราส่วนของเวลาต่อเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

3.4.3.3 คำนวณ routing coefficient (c) โดยสมการ

$$c = \frac{2\Delta t}{2R + \Delta t} \quad (3.26)$$

โดย R = Clark storage coefficient (หน่วยเวลา)

: คำนวณได้โดย $R = \frac{-Q}{\Delta Q/\Delta t}$ ที่จุด point of inflection

หรือประมาณเท่ากับเวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

Δt = ช่วงเวลาในการวิเคราะห์ (หน่วยเวลา)

3.4.3.4 คำนวณ instantaneous unit hydrograph (IUH) โดยสูตร

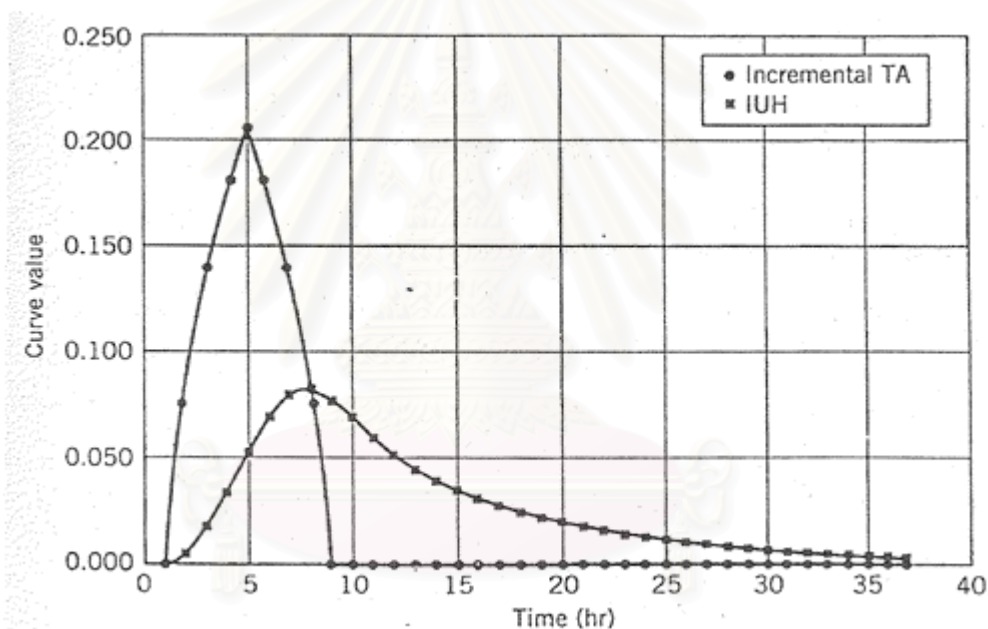
$$IUH_i = c TA_i + (1-c)IUH_{i-1} \quad (3.27)$$

โดย IUH_i = instantaneous unit hydrograph ที่เวลา i
 c = สัมประสิทธิ์การหลาก (routing coefficient)
 \overline{TA}_i = ค่าเฉลี่ยพื้นที่เวลาที่เวลา i

3.4.3.5 คำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า (UH_i)

$$UH_i = 0.5(IUH_i + IUH_{i-1}) \quad (3.28)$$

โดย IUH_i = instantaneous unit hydrograph ที่เวลา i
 IUH_{i-1} = instantaneous unit hydrograph ที่เวลา $i-1$



รูปที่ 3.15 การหลาก TA Curve เป็น Instantaneous Unit Hydrograph

ที่มา : Martin (2541)

3.4.4 วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph

วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph จะคำนวณชลภาพน้ำท่าออกจากพื้นที่ระบายน้ำโดยตรงคือไม่ต้องใช้ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า หรือคำนวณหาชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าก่อน

ขั้นตอนในการคำนวณ

3.4.4.1 คำนวณความลึกลงน้ำทำสำหรับแต่ละช่วงเวลาโดย

$$\text{ความลึกลงน้ำทำในพื้นที่ที่ทับน้ำ, } R(I) = d'P(\Delta t) \quad (3.29)$$

$$\text{ความลึกลงน้ำทำในพื้นที่ไม่ทับน้ำ, } R(P) = (1 - d')(P(\Delta t) - F(\Delta t)) \quad (3.30)$$

$$\text{ความลึกลงน้ำทำทั้งหมด, } R(\Delta t) = R(I) + R(P) \quad (3.31)$$

โดย

$P(\Delta t)$ = ความลึกลงน้ำฝนระหว่างช่วงเวลา dt (ความลึก)

$F(\Delta t)$ = อัตราการซึมระหว่างช่วงเวลา Δt (ความลึก)

d' = พื้นที่ทับน้ำของพื้นที่ระบายน้ำ (อัตราส่วน)

Δt = ช่วงเวลาในการคำนวณ

3.4.4.2 คำนวณ Instantaneous Inflow Hydrograph

$$I(\Delta t) = \frac{R(\Delta t)A}{\Delta t} \text{ (เมตร}^3\text{/วินาที หรือฟุต}^3\text{/วินาที)} \quad (3.32)$$

โดย $R(\Delta t)$ = ความลึกลงน้ำทำทั้งหมดสำหรับแต่ละช่วงเวลา Δt

A = พื้นที่ระบายน้ำ (ตารางเมตร)

3.4.4.3 คำนวณชลภาพน้ำทำโดยการหลาก Instantaneous Hydrograph

$$K_r = \frac{\Delta t}{(2t_c + \Delta t)} \quad (3.33)$$

$$Q(2) = Q(1) + K_r[I(1) + I(2) - 2Q(1)] \quad (3.34)$$

โดย K_r = ค่าคงที่ของการหลาก (routing constant)

t_c = เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

I = ปริมาณน้ำไหลเข้าสู่อ่างในจินตนาการ (imaginary reservoir)

3.4.5 ขั้นตอนในการวิเคราะห์วิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน (รูปที่ 3.16) มีดังนี้

3.4.5.1 รวบรวมเหตุการณ์ชลภาพน้ำฝน – น้ำท่า และคัดเลือกเหตุการณ์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างชลภาพน้ำฝน – น้ำท่าที่สอดคล้องกัน

3.4.5.2 ทำการแยกชลภาพการไหลพื้นฐาน (base flow) ออกจากชลภาพน้ำท่า จะได้ชลภาพน้ำท่าผิวดิน

3.4.5.3 กำหนดความลึกของชลภาพน้ำท่าผิวดิน และนำความลึกของชลภาพน้ำท่าผิวดินไปคำนวณหา ϕ -index โดยใช้สมการ 3.18 แล้วใช้ ϕ -index คำนวณชลภาพน้ำฝนส่วนเกิน

3.4.5.4 คำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบวิธีคำนวณย้อนกลับ

3.4.5.5 คำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย

3.4.5.6 คำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วยโดยใช้ข้อมูลชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยในข้อ 3.4.5.5

3.4.5.7 หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี Clark และคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี Rational และ Santa Barbara Urban Hydrograph เช่น ค่า C, เปอร์เซนต์พื้นที่ที่หิบน้ำ และค่า CN เป็นต้น

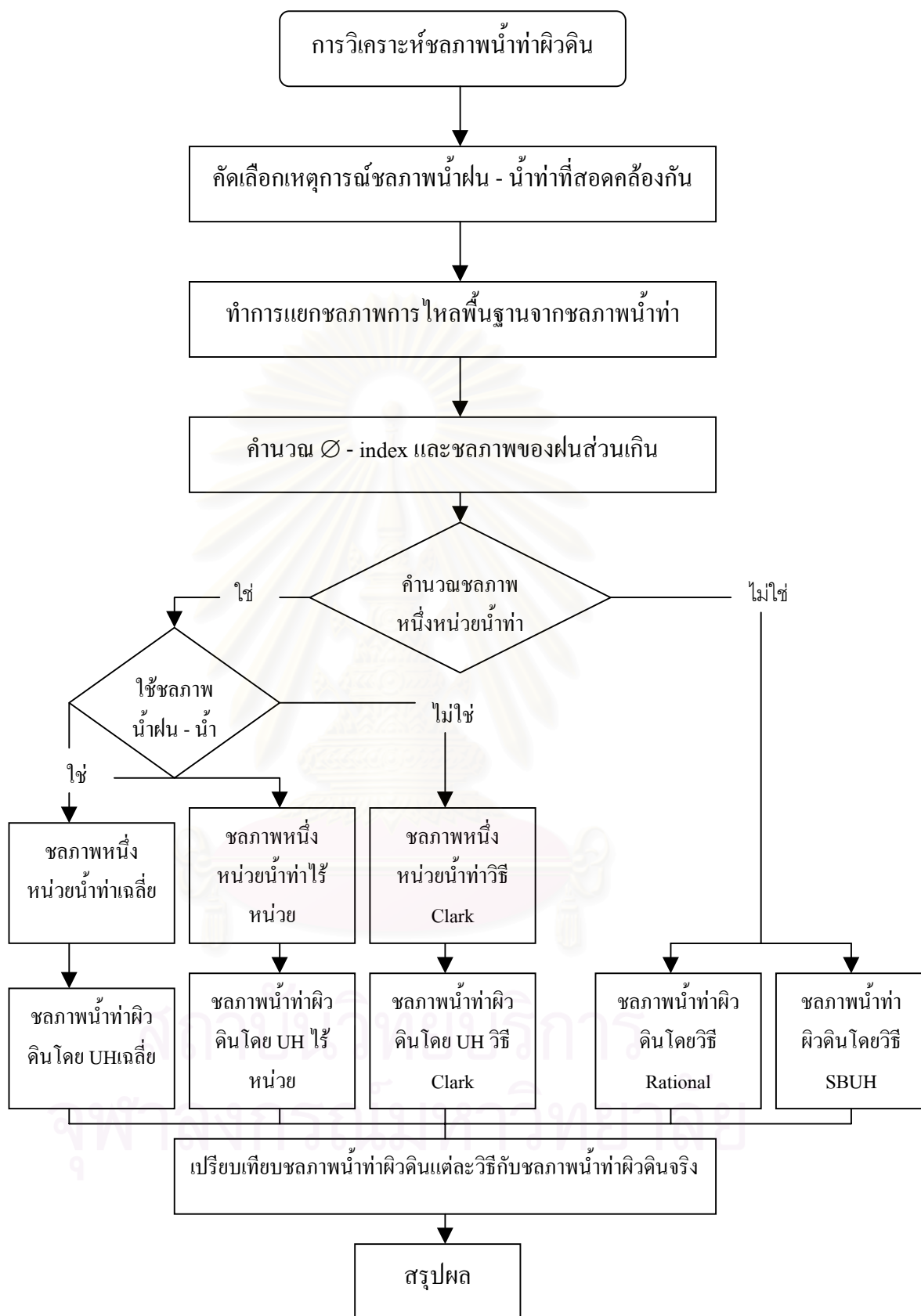
3.4.5.8 คำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี Clark

3.4.5.9 คำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยใช้วิธีการคำนวณไปข้างหน้า (convolution method) โดยใช้ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วย และชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าวิธี Clark โดยใช้สมการที่ 3.19

3.4.5.10 คำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี Rational และ วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph

3.4.5.11 เปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าผิวดินที่ได้จากแต่ละวิธีกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง

3.4.5.12 สรุปผล



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่าผิวดิน

3.5 การวัดความสอดคล้องของข้อมูล

ในวิทยานิพนธ์ใช้วิธีวัดความสอดคล้องของข้อมูล 3 วิธี คือ วิธี Bias วิธี Standard Error และวิธี Relative Standard Error โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 วิธี Bias

วิธี Bias เป็นการเปรียบเทียบค่าที่คำนวณโดยสูตร กับค่าที่วัดจริง ดังแสดงในสมการที่ 3.35 โดยถ้าค่า Bias เป็นบวก จะแสดงว่าค่าที่ประมาณจะสูงกว่าค่าที่วัดได้จริง และถ้าค่า Bias มีค่าเป็นลบ จะแสดงว่าค่าที่ประมาณจะต่ำกว่าค่าที่วัดได้จริง

$$\text{Bias} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (\text{Computed data} - \text{Measured data}) \quad (3.35)$$

โดย n = จำนวนของข้อมูล

Computed data = ค่าที่คำนวณโดยสูตร

Measured data = ค่าที่วัดได้จริง

3.5.2 วิธี Standard Error

วิธี Standard Error (SE) เป็นการวัดความสอดคล้องของข้อมูล (goodness of fit) โดยพิจารณาผลต่างระหว่างค่าที่คำนวณได้ กับข้อมูลที่วัดได้จริง ถ้าค่า Standard Error มีค่าน้อย แสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องระหว่างค่าที่คำนวณได้ และข้อมูลที่วัดได้จริงมาก

$$\text{SE} = \left[\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (y_e - y_o)^2 \right]^{0.5} \quad (3.36)$$

โดย n = จำนวนข้อมูล

y_e = ค่าที่คำนวณจากสูตร

y_o = ค่าที่วัดได้จริง

3.5.3 วิธี Relative Standard Error

วิธี Relative Standard Error (RSE) เป็นการวัดความสอดคล้องของข้อมูล (goodness of fit) โดยพิจารณาผลต่างระหว่างค่าที่คำนวณได้ กับข้อมูลที่วัดได้จริงที่เบี่ยงเบนไปจากข้อมูลที่วัดได้จริง ดังแสดงในสมการที่ 3.37 ถ้าค่า Relative Standard Error มีค่าน้อย แสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องระหว่างค่าที่คำนวณได้ และข้อมูลที่วัดได้จริงมาก

$$RSE = \left[\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \frac{(y_e - y_o)^2}{y_o} \right]^{0.5} \quad (3.36)$$

โดย n = จำนวนข้อมูล
 y_e = ค่าที่คำนวณจากสูตร
 y_o = ค่าที่วัดได้จริง

บทที่ 4

การดำเนินการวัด และการทบทวนงานวัดข้อมูลอุทกวิทยา

ในการศึกษานี้ งานวัดข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกดำเนินการวัดข้อมูลโดยบริษัทที่ปรึกษาเพื่อเสนอต่อสำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ส่วนในงานวัดกลุ่มที่สองดำเนินการโดยนิสิตผู้ทำวิทยานิพนธ์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นิสิตจะทำการรวบรวมข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม วิธีการขั้นตอนของงานวัดข้อมูล และการเก็บรวบรวมข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การดำเนินการวัดข้อมูลทางอุทกวิทยา

ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาที่นำมาใช้ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ คือ ข้อมูลน้ำฝน และข้อมูลอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำย่อยที่มีการบันทึกอย่างต่อเนื่องตามเวลา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการดำเนินการวัดข้อมูลโดยตัวของผู้วิจัยเอง ซึ่งเริ่มพิจารณาตั้งแต่การเลือกตำแหน่งของพื้นที่ที่ใช้ในการวัด การติดตั้งเครื่องมือ การดูแลและบำรุงรักษา การบันทึกข้อมูล การแปรข้อมูล และข้อเสนอแนะ โดยในการวัดข้อมูลน้ำฝนได้ใช้เครื่องมือวัดน้ำฝนอัตโนมัติแบบถังกระดก (tipping bucket) และส่วนการวัดอัตราการไหลใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบลูกลอย (float gauge) ร่วมกับฝายสี่เหลี่ยมวัดอัตราการไหล

4.1.1 เครื่องมือวัดน้ำฝนอัตโนมัติแบบถังกระดก

4.1.1.1 การเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือ

คุณสมบัติของตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก ในทางทฤษฎีมีดังนี้

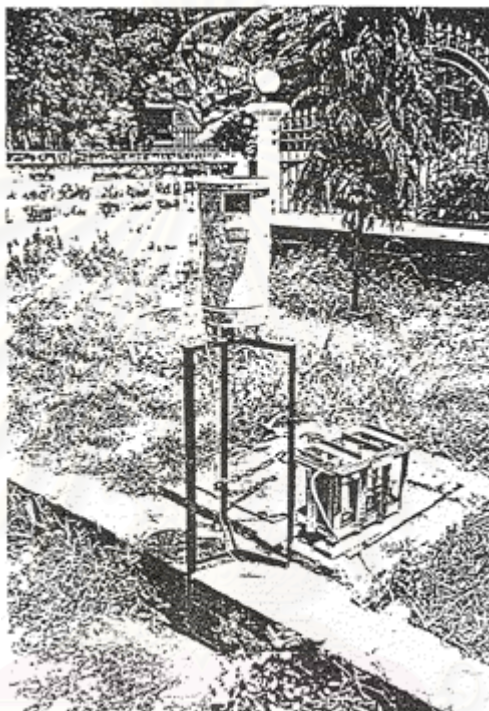
4.1.1.1.1 ตำแหน่งในการวัดข้อมูลอยู่ในพื้นที่ที่สนใจ หรือใกล้เคียงพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จะมีผลให้เกิดอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ

4.1.1.1.2 ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือควรอยู่บนพื้นดินที่ราบสม่ำเสมอตามมาตรฐานของกรมชลประทานความสูงจากปากถังวัดน้ำฝนถึงพื้นจะเป็น 120 เซนติเมตร

4.1.1.1.3 ความสูงของต้นไม้หรือสิ่งก่อสร้างที่อยู่โดยรอบเครื่องมือวัดน้ำ

ฝนต้องไม่เกิน 2 เท่าของระยะห่างระหว่างต้นไม้ หรือสิ่งก่อสร้างถึงตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน

โดยทางผู้ทำการวิจัยได้ติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนอัตโนมัติ 2 แห่ง คือ บนศาลาไฟดึกวิศวกรรม 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริเวณทางเข้าหมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบถังกระดกติดตั้งบริเวณทางเข้าหมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5

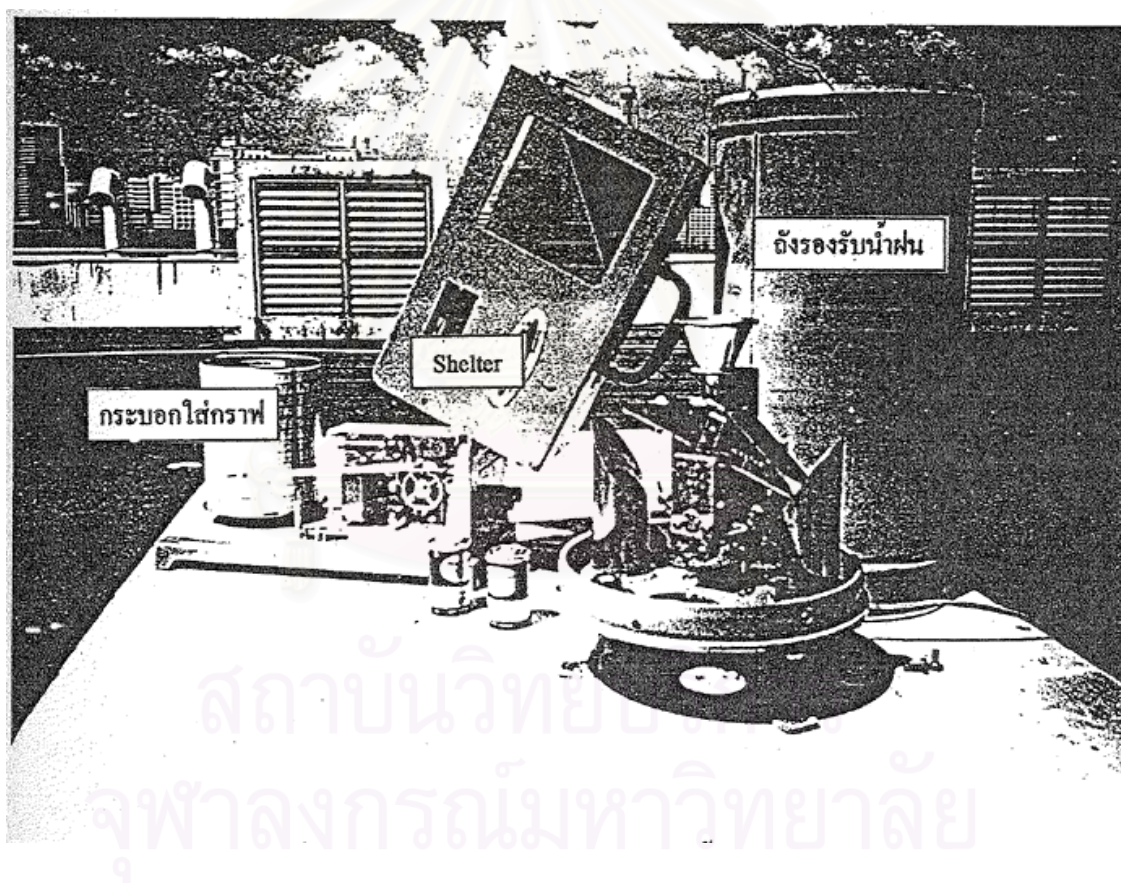
4.1.1.2 เครื่องมือวัดน้ำฝน และการติดตั้งเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบนี้ประกอบด้วย Shelter และถังรองรับน้ำฝนที่ปากถังมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จะทำการอ่านน้ำฝนได้ในกราฟ โดยเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบนี้ (รูปที่ 4.2) ประกอบด้วย

4.1.1.2.1 ถังรองรับน้ำฝน โดยมีกรวยรองรับน้ำฝนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางปากถัง 20 เซนติเมตร และมีที่รองรับน้ำฝน 2 ข้างรองรับน้ำฝนจากปากกรวยตรงกลางมีแกนกระเดื่องที่ถ่วงโดยตะกั่ว และได้ที่รองรับน้ำฝนจะมีตัวส่งสัญญาณไฟฟ้า

4.1.1.2.2 ใน Shelter ประกอบด้วยคอยส์รับสัญญาณไฟฟ้าที่มีระบบกลไกที่เป็นเฟืองซึ่งเชื่อมต่อกับก้านใส่ปากกา และกระบอกกราฟ (drum)

4.1.1.2.3 กระบอกใส่กราฟจะมีนาฬิกาแบบไขลานอยู่ด้านใน ได้กระบอกใส่กราฟจะมีแกนสำหรับเสียบเฟืองที่ใช้กำหนดในการตั้งเวลาในการเก็บข้อมูล 1 วัน และ 7 วัน และรูสำหรับไขลานนาฬิกา



รูปที่ 4.2 องค์ประกอบของเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบถังกระดก

การทำงานของเครื่องมือวัดน้ำฝนประเภทนี้จะเริ่มจากเมื่อฝนตกลงมาไหลผ่านกรวยรองรับน้ำฝน และไหลลงสู่ที่รองรับน้ำฝน เมื่อปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงมาสู่ที่รองรับน้ำฝนเท่ากับปริมาณที่กำหนดแล้ว ที่รองรับน้ำฝนจะกระดกและที่รองรับน้ำฝนอีกข้างหนึ่งจะมารองรับน้ำฝนแทน

ขณะเดียวกันวงจรไฟฟ้าของตัวส่งสัญญาณไฟฟ้าจะครบวงจร และส่งสัญญาณไฟฟ้าไปสู่คอยล์รับสัญญาณไฟฟ้า เมื่อคอยล์รับสัญญาณไฟฟ้ารับสัญญาณไฟฟ้าเข้ามาคอยล์จะทำหน้าที่เป็นแม่เหล็กดูดให้กลไกของเฟืองทำงาน ไปกระดกที่เสียบปากกาขึ้นตามความลึกของฟันที่กำหนดไว้ ปากกาจะไปขีดบนกระดาษกราฟที่พันไว้รอบกระบอกกราฟที่ภายในมีนาฬิกา ขั้นตอนการทำงานจะทำซ้ำลักษณะนี้ทุกครั้งที่มีการกระดกของที่รองรับน้ำฝนสำหรับการกระดก 1 ครั้งปากกาจะขีดความลึกของน้ำฝนบนกราฟได้ตั้งแต่ 0.02 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร โดยปรับที่กลไกของเฟืองของคอยล์รับสัญญาณไฟฟ้า โดยในการวัดของการทำวิทยานิพนธ์นี้กำหนดความลึกฟัน 0.5 มิลลิเมตรสำหรับการกระดก 1 ครั้ง

การติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน ก่อนการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนควรมีการปรับเทียบเครื่องมือก่อน โดยในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือไปปรับเทียบที่ฝ่ายมาตรฐานเครื่องมืออุทกวิทยา กรมชลประทาน ในการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน ฐานรองรับเครื่องวัดน้ำฝนอาจหล่อด้วยปูนซีเมนต์ ทำเป็นโครงสร้างรับให้พอดีกับถังรองรับน้ำฝน เพื่อป้องกันในกรณีที่มีลมแรงๆจะได้ไม่เอียง ในการติดตั้งปากกาจะต้องตั้งให้ได้ระดับระนาบ โดยพิจารณาจากลูกน้ำที่อยู่ในถังรับน้ำฝน

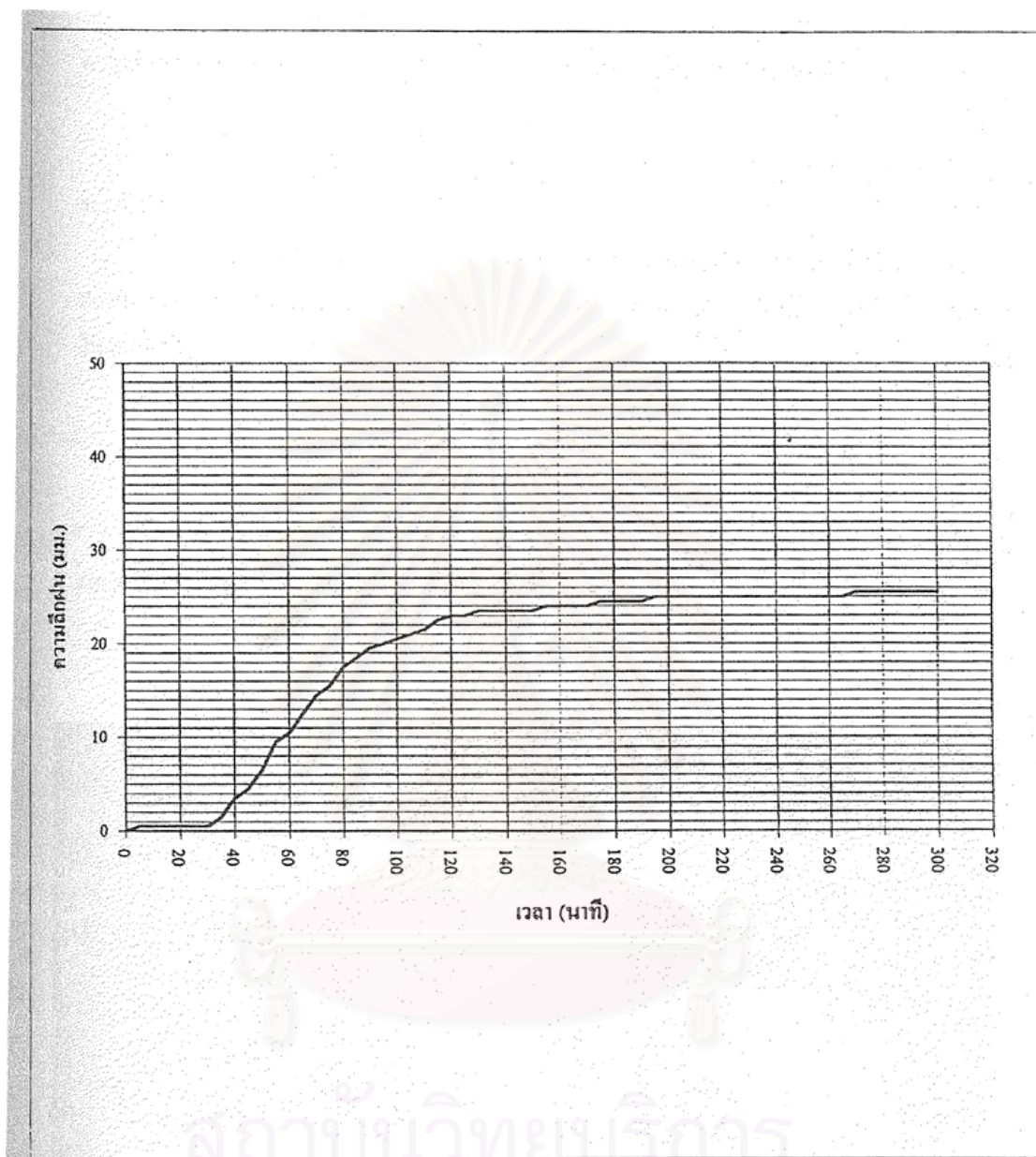
4.1.1.3 การดูแลและบำรุงรักษา

- 4.1.1.3.1 ต้องมีการเติมน้ำหมึกที่ปากกาทุกๆ 3 วัน
- 4.1.1.3.2 ควรมีการไขลานนาฬิกาทุกๆ 3 วัน และไม่ควรไขลานตึงเกินไป
- 4.1.1.3.3 ควรรักษาถังรับน้ำฝนให้อยู่ในสภาพคืออยู่เสมอ ไม่ให้บุบ หรือรั่ว
- 4.1.1.3.4 ต้องตรวจดูไม่ให้มีขยะ หรือเศษใบไม้หล่นไปในปากรับน้ำฝน
- 4.1.1.3.5 ต้องไม่ให้น้ำรั่วเข้าไปในนาฬิกา

4.1.1.4 การบันทึกข้อมูล และการแปรข้อมูล

การบันทึกข้อมูลต้องทำการถอดกราฟข้อมูลทุกวัน ทั้งวันที่มีฝนตก และฝนไม่ตก เพราะถ้าไม่ถอดกราฟเมื่อกราฟหมุนครบรอบ 1 วัน สเกลของเวลาบนกระดาษกราฟจะไม่ตรงตามเวลาจริง

ข้อมูลที่บันทึกบนกราฟจะเป็นข้อมูลของความลึกฝนสะสมตามเวลา (รูปที่ 4.3) ดังนั้นอ่านกราฟความลึกฝนสะสมในช่วงเวลาที่กำหนด ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยอ่านทุกช่วงเวลา 5 นาที จากนั้นก็คำนวณหาค่าความลึกฝนส่วนที่เพิ่มขึ้นในทุกๆช่วงเวลา 5 นาที จะสามารถคำนวณความเข้มฝนที่ทุกๆช่วง 5 นาทีได้



รูปที่ 4.3 กราฟบันทึกข้อมูลน้ำฝน

4.1.2 เครื่องมือวัดระดับน้ำ และสายลี้เหลียมวัดอัตราการไหล

4.1.2.1 การเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือ

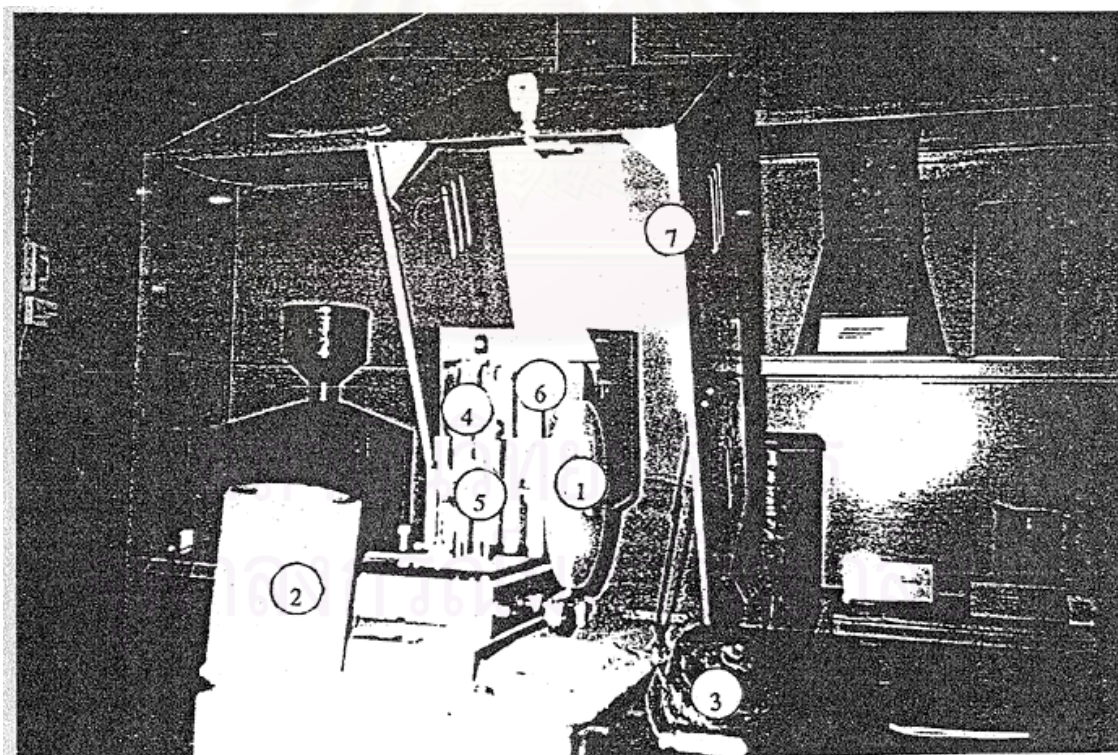
คุณสมบัติของตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำ และสายวัดอัตราการไหลเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก ในทางทฤษฎีมีดังนี้

4.1.2.1.1 พื้นที่ระบายน้ำมีขอบเขตที่ชัดเจน และมีจุดไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำจุดเดียว

4.1.2.1.2 การไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำต้องเป็นการไหลตกอิสระ (free flow) เพราะการหาอัตราการไหลผ่านสันฝายจากความสัมพันธ์ระดับน้ำเหนือสันฝายในลักษณะการไหลตกอิสระจะให้ความเที่ยงตรง และคำนวณได้ง่ายกว่าการไหลในลักษณะที่จุ่มจม (submerge flow)

4.1.2.2 เครื่องมือวัดระดับน้ำ สายลึ่เหลี่ยมวัดอัตราการไหล และการติดตั้งเครื่องมือ

เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติที่ใช้ในงานวัดครั้งนี้เป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกตอยี่ห้อ Tomita (รูปที่ 4.4) มีส่วนประกอบของเครื่องดังนี้



รูปที่ 4.4 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกตอย

1. วงล้อยูกลอยหมายเลข 1 สเกล 1 : 20
2. ระเบิดอกกราฟที่มีนาฬิกาไขลานอยู่ภายใน โดยได้ระเบิดอกกราฟจะมีที่ไขลานนาฬิกา และมีรูสำหรับเสียบเฟืองที่ใช้ในการกำหนดช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล 1 วัน และ 7 วัน
3. ลูกลอย คู้มถ่วงและสายพานลูกลอย
4. วงล้อยสายพานดึงเข็มปากกา
5. แขนปากกา
6. ประแจไขลานนาฬิกา
7. ตู้เหล็กสำหรับใส่เครื่องวัดระดับน้ำ

หลักการทำงาน เมื่อน้ำขึ้นลูกลอยจะสูงขึ้นทำให้ วงล้อยูกลอยที่พันด้วยสายพานลูกลอยกับคู้มถ่วงจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ปลายแกนของวงล้อยูกลอยซึ่งมีเฟืองติดอยู่จะไปจับเฟืองแกนวงล้อยสายพานดึงเข็ม ให้ดึงแขนปากกาขึ้นจึงลงบนกระดาษกราฟที่พันรอบกระดาษกราฟซึ่งมีนาฬิกาอยู่ภายใน และเมื่อน้ำลงลูกลอยซึ่งก็จะลงตามน้ำ วงล้อยูกลอยจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ทำให้วงล้อยสายพานดึงเข็มกลับด้วย แขนของปากกา ก็จะเลื่อนลงตาม ทำให้ปากกานับที่ข้อมูลระดับน้ำขึ้นลงตามเวลาได้

การติดตั้งเครื่องมือวัด เมื่อสร้างสถานีบรรจุเครื่องวัดระดับน้ำแล้ว ติดตั้งตู้เหล็กใส่เครื่อง (shelter) ไว้กับสถานีเรียบร้อยแล้ว ให้นำเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติชื่อ Tomita ติดตั้งในตู้เหล็ก ต่อจากนั้นก็พิจารณาว่าต้องการความละเอียดในการอ่านค่าระดับเท่าใด เพื่อจะได้เลือกเลือกใช้วงล้อยูกลอยหมายเลขใดและวงล้อยสายพานดึงเข็มเครื่องหมายเลขอะไร ตามตารางที่ 4.1 เพื่อเลือกสเกลที่เหมาะสมตามความต้องการ แล้วทำการติดตั้งวงล้อยตามรูปที่ 4.4 ต่อจากนั้นก็ให้นำเอาสายพานลูกลอยและคู้มถ่วงมาใส่ในวงล้อยทั้งสองโดยให้ลูกลอยอยู่ทางด้านหลัง และคู้มถ่วงอยู่ทางด้านหน้าของเครื่อง และให้สายพานทางด้านลูกลอยพันผ่านมาถึงวงล้อยปรับระยะห่างของสายพานซึ่งติดอยู่ด้านข้างของตัวเครื่องได้วงล้อยของลูกลอย วงล้อยปรับระยะนี้สามารถปรับให้สายพานลูกลอยกับคู้มถ่วง ถ่างหรือชิดกันได้ตามต้องการ และทำการใส่กราฟในระเบิดอกกราฟ และทำการกำหนดระดับน้ำที่เป็น 0 ซึ่งอาจจะกำหนดเทียบกับไม้วัดค่าระดับน้ำ (staff gage) ที่ติดอยู่ด้านข้างของสถานีวัดระดับน้ำ หรือในกรณีของผู้ทำวิจัยกำหนดค่าระดับน้ำที่สันฝายสี่เหลี่ยมมีค่าเท่ากับ 0

ตารางที่ 4.1 ความละเอียดในการวัดของวงล้อยูกลอย และวงล้อสายพานดิ่งเข็ม

| วงล้อยูกลอย หมายเลข | วงล้อสายพาน ดิ่งเข็ม | ช่วงในการวัด ระดับน้ำ เมตร | สเกล | ช่องใหญ่ในกระดาษ กราฟอ่านค่าเป็น เซนติเมตร |
|------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------|--|
| 3 | A | 0 - 0.6 | 1 : 5 | 5 |
| 2 | A | 0 - 1.2 | 1 : 10 | 10 |
| 1 | A | 0 - 2.4 | 1 : 20 | 20 |
| 1 | B | 0 - 4.8 | 1 : 40 | 40 |

กระบอกกราฟจะกำหนดช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลได้ 1 วัน และ 7 วันเหมือนกับเครื่องวัดน้ำฝน โดย 1 วันใช้เฟือง 22 ฟันเสียบเข้าไปในรูใต้กระบอกกราฟ 24 hr และ 7 วันใช้เฟือง 18 ฟันใส่เข้าไปในรูใต้กระบอกกราฟ 168 hr

4.1.2.3 การดูแลและบำรุงรักษา

4.1.2.3.1 ต้องมีการเติมน้ำหมึกที่ปากกาทุกๆ 3 วัน ถ้าน้ำหมึกของปากกาแห้งให้แก้ไขโดยนำหัวปากกาไปแช่ในน้ำร้อน หรือใช้เข็มฉีดยาขนาดเล็กฉีดน้ำหมึกเข้าไป

4.1.2.3.2 ควรมีการไขลานนาฬิกาทุกๆ 3 วัน และไม่ควรไขลานตึงเกินไป

4.1.2.3.3 ตรวจสอบสกรูล้อยูกลอยและสกรูล้อยูกสายพานดิ่งเข็มเป็นครั้งคราว

4.1.2.3.4 ระวังไขลานนาฬิกา เมื่อใช้แล้วควรเก็บเข้าที่เดิมเสมอ

4.1.2.3.5 ดูแลรักษาอุปกรณ์ส่วนประกอบอย่าให้สูญหายได้

4.1.2.4 การบันทึกข้อมูล และการแปรข้อมูล

การบันทึกข้อมูลต้องทำการถอดกราฟข้อมูลทุกวัน เพราะถ้าไม่ถอดกราฟเมื่อกราฟหมุนครบรอบ 1 วัน สเกลของเวลาบนกระดาษกราฟจะไม่ตรงตามเวลาจริง

ข้อมูลที่บันทึกบนกราฟจะเป็นข้อมูลของระดับน้ำที่บันทึกตามเวลา (รูปที่ 4.5) ดังนั้นอ่านกราฟระดับน้ำตามช่วงเวลาที่กำหนด ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยอ่านทุกช่วงเวลา 5 นาที แล้วนำข้อมูลระดับน้ำมาคำนวณหาค่าอัตราการไหลโดยใช้สูตร Swiss S.I.A (White, Perkins and Harrison, 2521: 51)

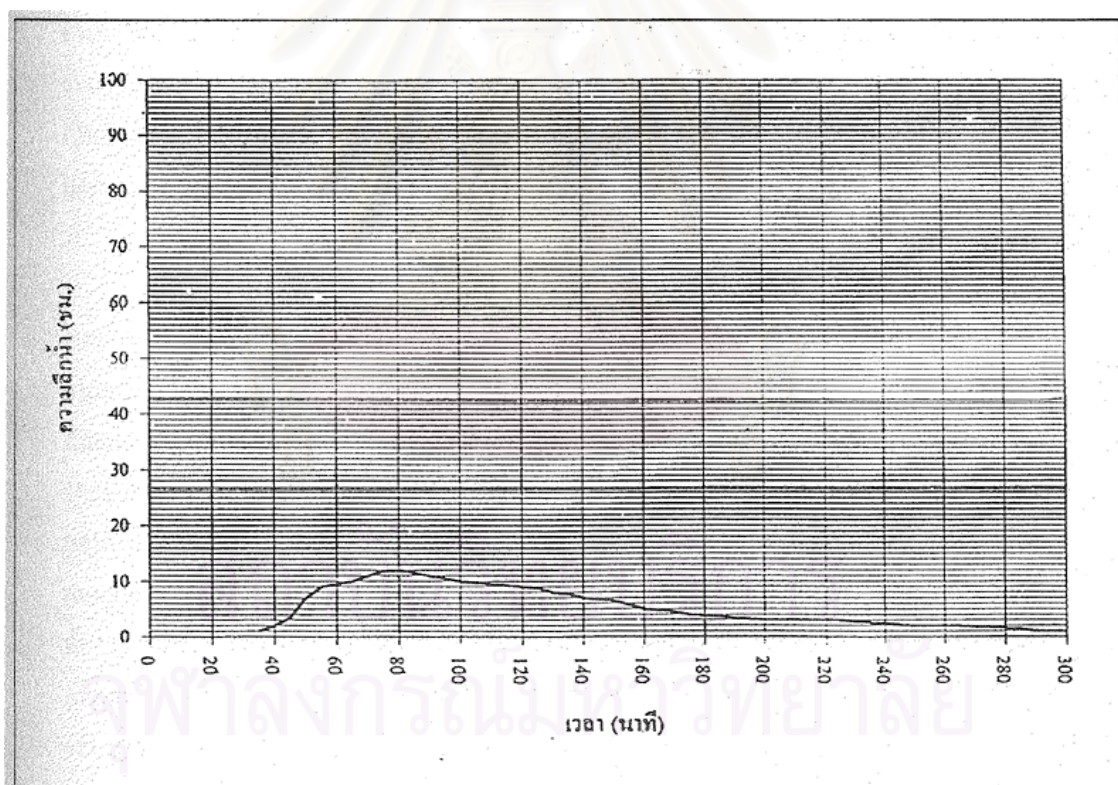
$$Q = \frac{2x2^{0.5}}{3} \times \left[\frac{0.615+0.000615}{(WL+0.0016)} \right] \times \left[\left(1+0.5x \frac{WL}{WL+P} \right)^2 \right] \times b \times 9.81^{0.5} \times WL^{1.5} \quad (4.1)$$

โดย Q = อัตราการไหล (ฟุต³/วินาที หรือเมตร³/วินาที)

WL = ระดับน้ำเหนือสันฝาย (ฟุต หรือเมตร)

b = ความกว้างของฝาย (ฟุต หรือเมตร)

P = ความสูงสันฝาย (ฟุต หรือเมตร)



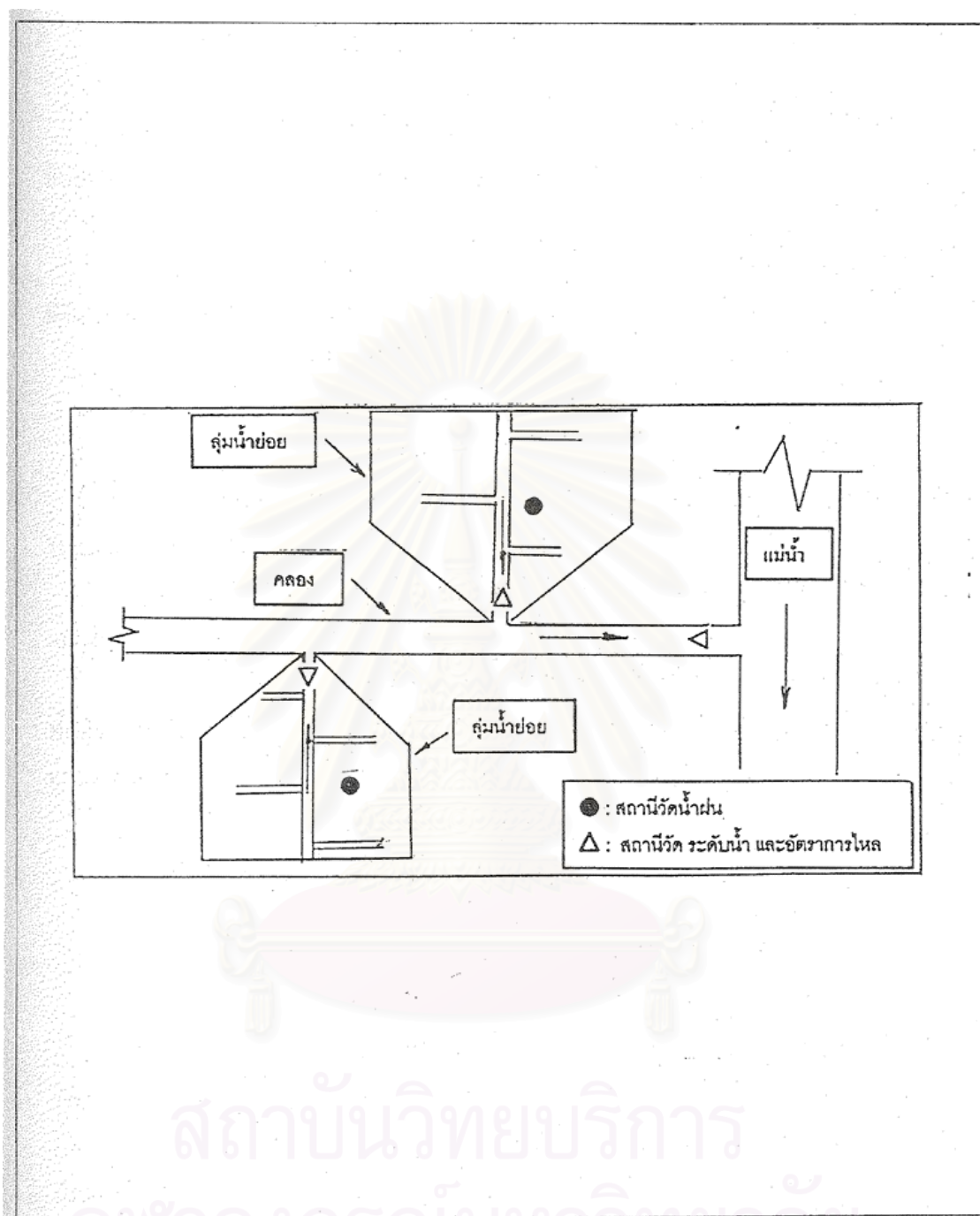
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงข้อมูลการวัดระดับน้ำ

4.2 การทบทวนงานวัดข้อมูลอุทกวิทยา

สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษา ศึกษาและออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครพร้อมทั้งให้ทำการวัดข้อมูลอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้องได้แก่ ข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลเพื่อให้ผลการศึกษามีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของพื้นที่ศึกษามากที่สุด ซึ่งจากการดำเนินการในงานวัดนี้ นำมาสู่การวิจัยในครั้งนี้ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การศึกษา ติดตามและทบทวนกระบวนการในงานเก็บข้อมูลอุทกวิทยาภาคสนามโดยบริษัทที่ปรึกษา ซึ่งประกอบไปด้วย การศึกษาและวางแผนการกำหนดประเภทของข้อมูล การกำหนดตำแหน่งของที่ตั้งเครื่องมือวัด เครื่องมือที่จะใช้ในการวัดข้อมูล วิธีการบันทึกข้อมูล บุคลากรที่ใช้ในการดำเนินงานวัดข้อมูลในภาคสนามและระยะเวลาในการวัดข้อมูล

ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่เขตเมืองเช่น กรุงเทพมหานคร ที่มีประเภทของการใช้ที่ดินอย่างหลากหลายและมีโครงข่ายการระบายน้ำที่ซับซ้อน มีสาเหตุหลักของการเกิดน้ำท่วมมาจากฝนตกหนักในพื้นที่ การระบายน้ำฝนที่ตกในพื้นที่จึงเป็นแนวทางหลักในการศึกษา ออกแบบและปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่ ดังนั้นการจำลองสภาพการระบายน้ำในพื้นที่ให้มีสภาพใกล้เคียงกับพื้นที่จริงจึงเป็นสิ่งจำเป็นมากที่สุดเพื่อให้การศึกษาถึงสาเหตุของน้ำท่วมและวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมมีความถูกต้องเพียงพอ

การจำลองสภาพการระบายน้ำในพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การจำลองสภาพอุทกวิทยา คือ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน – น้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำลู่คลอง และการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ คือ การไหลในระบบโครงข่ายของคลองก่อนจะไหลออกสู่อ่างน้ำต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน – น้ำท่าจะศึกษาออกมาในรูปสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) โดยข้อมูลที่มีการวัด คือ ปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกมาจากพื้นที่ระบายน้ำ รวมทั้งขนาดของพื้นที่และประเภทของการใช้ที่ดิน ส่วนการจำลองสภาพในโครงข่ายของคลอง โดยทั่วไปจะใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางกายภาพของระบบระบายน้ำ และนอกจากนั้นยังต้องการใช้ข้อมูลทางอุทกนิยมนิยามวิทยา และอุทกวิทยาของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมาใช้ในการเปรียบเทียบ และตรวจสอบแบบจำลองว่าสามารถให้ผลการจำลองสภาพใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงของระบบระบายน้ำนั้นๆด้วย



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด น้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลในท่อและคลอง

4.2.1 การศึกษา และวางแผนการกำหนดประเภทของข้อมูล

ในงานวัดครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานสำรวจ และออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม หนองแขม จอมทอง และบางขุนเทียน โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

4.2.1.1 ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient, C) ของพื้นที่สำหรับการใช้ที่ดินประเภทต่างๆอันประกอบด้วย

4.2.1.1.1 พื้นที่หนาแน่นมาก

4.2.1.1.2 พื้นที่หนาแน่นปานกลาง

4.2.1.1.3 พื้นที่หนาแน่นน้อย

ข้อมูลที่จะต้องทำการวัด คือ ข้อมูลน้ำฝน และอัตราการไหลที่ไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำย่อยทางท่อระบายน้ำ

4.2.1.2 วัดข้อมูลเพื่อใช้กำหนดเป็นเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) ของแบบจำลอง ข้อมูลที่จะต้องทำการวัด คือ ข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำ และอัตราการไหลในคลอง

4.2.1.3 วัดข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำ และอัตราการไหลที่จุดต่างๆในคลองสายหลักภายในพื้นที่ของแบบจำลองชลศาสตร์เพื่อการสอบเทียบ (Calibration) และสอบทวน (Verification) สำหรับแบบจำลองชลศาสตร์

4.2.2 การกำหนดตำแหน่งของที่ตั้งเครื่องมือวัด

4.2.2.1 เกณฑ์ในการกำหนดสถานีสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า

4.2.2.1.1 เลือกพื้นที่ระบายน้ำย่อยที่อยู่ในพื้นที่โครงการที่มีขอบเขตของพื้นที่ระบายน้ำที่ชัดเจน

4.2.2.1.2 เลือกพื้นที่ระบายน้ำย่อยที่มีความเหมาะสมเป็นตัวแทนของการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ

4.2.2.1.3 ตำแหน่งของสถานีต้องเป็นจุดการไหลออก (outlet) จุดเดียวของแต่ละพื้นที่ระบายน้ำย่อย

4.2.2.2 เกณฑ์ในการกำหนดสถานีเพื่อใช้กำหนดเป็นเงื่อนไขขอบเขต

ตำแหน่งของสถานีวัดระดับน้ำ และอัตราการไหลต้องเป็นตำแหน่งทาง

ด้านต้นน้ำ และท้ายน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่แบบจำลองของคลองหลัก

4.2.2.3 เกณฑ์ในการกำหนดสถานีเพื่อวัดข้อมูลระดับน้ำ และอัตราการไหลที่จุดต่างๆ ในคลองสายหลักภายในพื้นที่ของแบบจำลองเพื่อการปรับเทียบ และสอบเทียบ สำหรับแบบจำลอง

4.2.2.3.1 ตำแหน่งของสถานีต้องอยู่ในคลองสายหลัก

4.2.2.3.2 ตำแหน่งของสถานีที่วัดข้อมูลต้องมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างชัดเจน

เจน

4.2.3 ขอบเขตของงานวัดข้อมูล

4.2.3.1 พื้นที่โครงการที่ทำการดำเนินงานวัดมีโครงการดังนี้

4.2.3.1.1 พื้นที่เขตบางกะปิ (รูปที่ 1.1)

4.2.3.1.2 พื้นที่เขตบึงกุ่ม (รูปที่ 1.2)

4.2.3.1.3 พื้นที่เขตหนองแขม บางขุนเทียนและจอมทอง (รูปที่ 1.3)

4.2.3.2 ดำเนินการวัดข้อมูล น้ำฝน ระดับน้ำและอัตราการไหลในแต่ละพื้นที่โครงการ เป็นระยะเวลา 2 เดือน (สิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2543)

4.2.3.3 ประเภทของเครื่องมือ

4.2.3.3.1 เครื่องมือวัดน้ำฝน : เป็นเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบถังกระดก (Tipping Bucket)

4.2.3.3.2 เครื่องมือวัดระดับน้ำและความเร็วการไหล : xetec 7050 (Buhler Montec Group) ใช้วัดสำหรับการไหล 1 ทิศทาง และ SIGMA 940 (American Sigma Inc.) ใช้วัดสำหรับการไหล 2 ทิศทาง

4.2.4 ทฤษฎีของเครื่องมือวัด

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการดำเนินงานวัดครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแรก เป็นเครื่องมือวัดน้ำฝน ส่วนประเภทที่สองเป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำ และความเร็วการไหล

4.2.4.1 เครื่องมือวัดน้ำฝน เป็นเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบถังกระดก (Tipping Bucket) โดยสามารถบันทึกข้อมูลน้ำฝนได้ต่อเนื่องกับเวลา (ดังแสดงในรูปที่ 4.7)

4.2.4.2 เครื่องมือวัดความลึกการไหล และความเร็วการไหล เครื่องมือนี้จะวัดข้อมูลได้ 2 อย่างพร้อมกัน คือ ข้อมูลระดับน้ำ และความเร็วการไหล จากนั้นจะนำข้อมูลทั้งสองมาคำนวณเป็นอัตราการไหลในภายหลัง

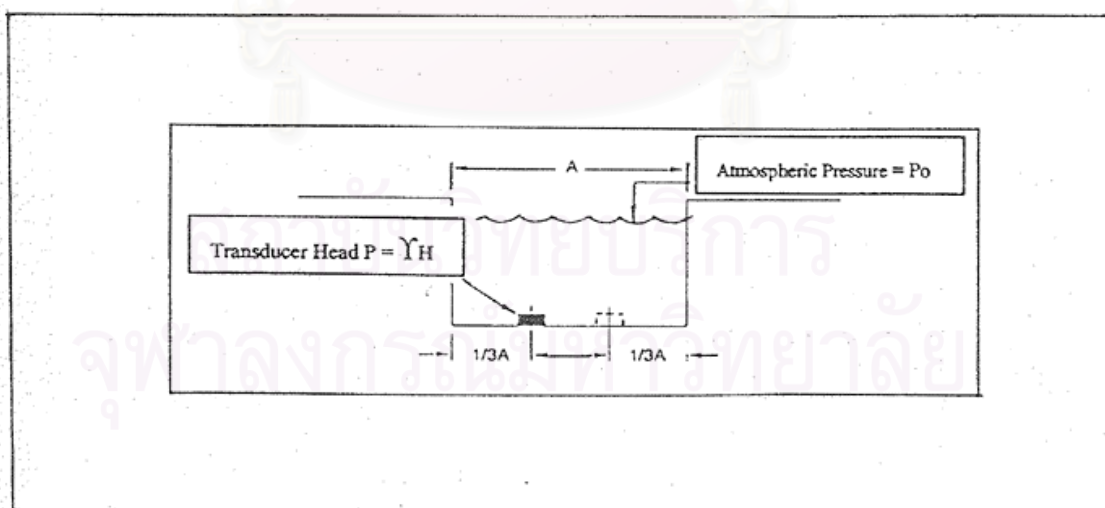
4.2.4.2.1 การวัดความลึกการไหลที่อยู่สูงกว่า Transducer Head ใช้หลักการหาค่าความดันที่แตกต่างระหว่างความดันบรรยากาศที่ผิวน้ำ และความดันน้ำสถิตย์ที่ตำแหน่งติดตั้ง Transducer Head ดังแสดงในรูปที่ 4.8

4.2.4.2.2 การวัดความเร็วการไหล ใช้ทฤษฎีของการเปลี่ยนแปลงความถี่คลื่น (Doppler Effect) โดยใช้คลื่นความถี่เหนือเสียง (Ultrasonic Sound) เพื่อให้ทำความเข้าใจหลักการนี้ได้ง่ายขึ้นจะยกตัวอย่างปรากฏการณ์ของ Doppler Effect มาแสดงดังรูปที่ 4.9 เมื่อคนยืนอยู่หน้ารถไฟที่จอดนิ่งและมีการเปิดหวูด คนผู้นั้นจะได้ยินเสียงที่มีความถี่ปกติ แต่ถ้ารถไฟวิ่งเข้าหาคนผู้นั้นพร้อมทั้งมีการเปิดหวูดคนผู้นั้นจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ปกติโดยความถี่ที่สูงขึ้นจะสัมพันธ์โดยตรงกับความเร็วของรถไฟที่วิ่งเข้าหาคนผู้นั้น และในทางตรงกันข้ามความถี่ที่ได้ยินจะลดลงเมื่อรถไฟวิ่งผ่านคนผู้นั้นไป ดังนั้นถ้าสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของการได้ยินของคนผู้นั้นขณะที่รถไฟวิ่งเข้าหา จะสามารถคำนวณความเร็วของรถไฟได้ เช่นเดียวกันในการวัดความเร็วการไหลของน้ำจะใช้หลักการเดียวกัน คือ กำหนดให้ Transducer Head เปรียบเสมือนคน อนุภาคและฟองอากาศในน้ำเปรียบเสมือนรถไฟที่วิ่งเข้าหาคน ใน Transducer Head จะประกอบด้วย 2 ส่วนที่ทำหน้าที่ในการส่งและรับคลื่นเสียง(รูปที่ 4.10) ส่วนแรกคือตัวส่งสัญญาณคลื่นเสียง (transmitter) ออกมาจาก Transducer Head คลื่นเสียงนั้นจะไปกระทบกับอนุภาคและฟองอากาศในน้ำหลังจากนั้นคลื่นเสียงจะสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณคลื่น (receiver) ถ้าอนุภาคในน้ำหยุดนิ่ง ความถี่ของสัญญาณคลื่นที่สะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณคลื่นจะเท่ากับความถี่ของสัญญาณคลื่นที่ส่งออกไป โดยการวัดค่าความแตกต่างระหว่างความถี่ที่ส่งออกไปและความถี่ที่ได้รับ จะสามารถคำนวณความเร็วของอนุภาคในน้ำได้ซึ่งจะหมายถึงความเร็วการไหลของน้ำนั่นเอง

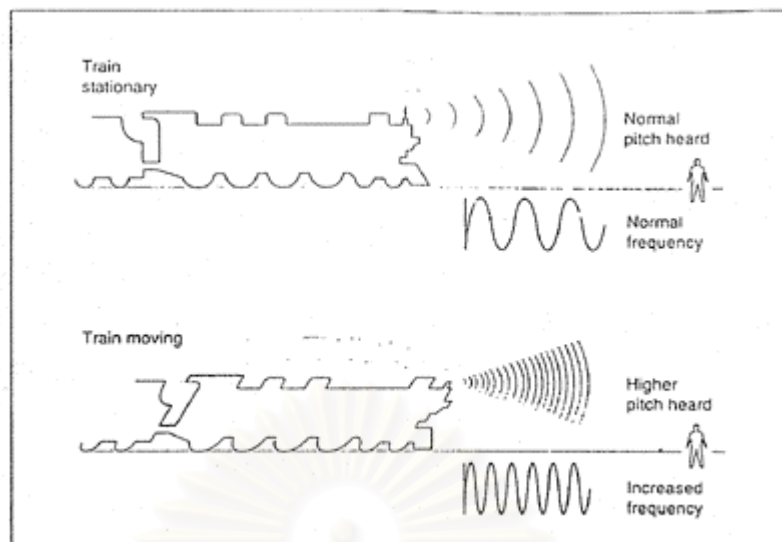
4.2.4.2.3 การคำนวณอัตราการไหล ใช้หลักการของสมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) $Q = V \times A$ โดย V คือความเร็วการไหลเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัดซึ่งจะประเมินจากการปรับแก้ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัด ส่วน A คือพื้นที่หน้าตัดการไหล โดยคำนวณจากค่าระดับน้ำ และข้อมูลหน้าตัดของทางน้ำ การกำหนดค่า A แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีไม่มีตะกอนที่ท้องน้ำ A จะเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของน้ำทั้งหมด ส่วนกรณีที่มีตะกอนที่ท้องน้ำ A จะเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของน้ำส่วนที่อยู่เหนือผิวตะกอน



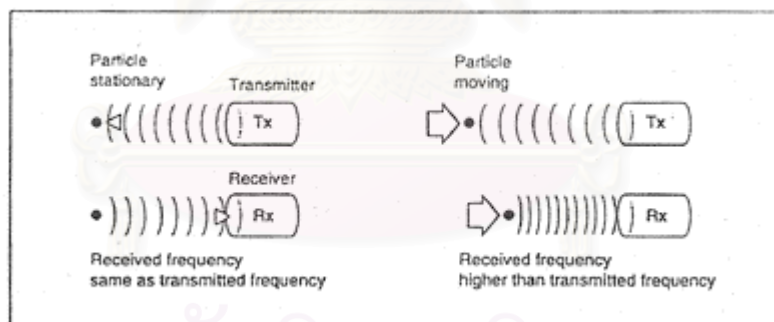
รูปที่ 4.7 เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ Tipping Bucket และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล



รูปที่ 4.8 แสดงความดันที่ผิวหน้า และความดันน้ำสถิตย์ที่ Transducer Head



รูปที่ 4.9 หลักการของความถี่การเคลื่อนที่โดยวิธีการสะท้อนของคลื่น
Buhler Montec (2541)



รูปที่ 4.10 การส่งและรับสัญญาณคลื่นของ Transducer Head
Buhler Montec (2541)

4.2.5 องค์ประกอบ หลักการทำงาน และการเก็บข้อมูลของเครื่องมือวัด

4.2.5.1 เครื่องมือวัดน้ำฝน

4.2.5.1.1 องค์ประกอบของเครื่องมือวัดน้ำฝน จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก (ดังแสดงในรูปที่ 4.11) คือ

A : FUNNEL CASING คือ ส่วนของกรวยที่รองรับน้ำฝนแล้วน้ำฝนจะไหลจากกรวยนี้สู่ Tipping Bucket

B : MAIN ASSEMBLY คือ ส่วนประกอบหลักของเครื่องมือ

1. Logger module คือ เป็นตัวเก็บข้อมูลน้ำฝน
2. Sensor คือ เป็นตัววัดค่าปริมาณน้ำฝนซึ่งรับสัญญาณที่กระตุ้นจาก Actuator
3. Actuator คือ เป็นตัวกระตุ้นเมื่อ Tipping bucket กระทบ
4. Tipping bucket คือ เป็นส่วนที่รองรับน้ำฝนจากกรวยรองรับน้ำฝน เมื่อได้ปริมาณน้ำฝนถึงปริมาณที่กำหนด ตัว Tipping bucket จะกระทบ แล้ว Tipping bucket อีกด้านหนึ่งจะมารองรับน้ำฝนจากกรวยแทน

5. Spirit level คือ เป็นลูกน้ำแสดงระดับในแนวราบ

6. Funnel casing securing screw คือ เป็นตัวใส่ขันยึด Funnel casing

7. Levelling Screw คือ เป็นตัวปรับระดับลูกน้ำ

8. Data connector คือ เป็นตัวที่ใช้ต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์เพื่อส่งถ่ายข้อมูลที่ทำการบันทึกไว้ใน Logger module

C : BASE PLATE คือ เป็นส่วนที่เป็นน้ำหนักถ่วงไม่ให้เครื่องมือวัดน้ำฝนเคลื่อนที่

9. Securing screw and nut คือ เป็นน็อตยึดระหว่าง Base Plate กับ Main Assembly

4.2.5.1.2 หลักการทำงานของเครื่องมือวัดน้ำฝน และการบันทึกข้อมูล(รูปที่ 4.11)

เมื่อน้ำฝนตกลงสู่ Funnel Casing น้ำฝนจะไหลลงสู่ Tipping Bucket และเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาเท่ากับปริมาณที่ถูกกำหนดใน Tipping Bucket แล้ว Tipping Bucket จะกระทบให้ Tipping Bucket อีกด้านหนึ่งมารับน้ำฝนจาก Funnel Casing แทนอีกด้านหนึ่ง ในแต่ละครั้งที่ Tipping Bucket กระทบ Actuator จะไปกระตุ้น Sensor แล้วสัญญาณจาก Sensor จะถูกป้อนเข้าสู่ Logger module ซึ่ง

จะบันทึกปริมาณน้ำฝนที่สัมพันธ์กับเวลา โดยจะมีการเก็บข้อมูลน้ำฝนทุกๆ 2 อาทิตย์ โดยทำการต่อเชื่อมคอมพิวเตอร์กับ Data Connector เพื่อทำการส่งถ่ายข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ใน Logger module นอกจากนั้นในขณะที่มีการบันทึกข้อมูล ยังมีการตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือโดยเทน้ำลงใน Funnel Casing เมื่อ Tipping Bucket กระทบ จะมีการแสดงสัญญาณเป็นรูปดาวในจอภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งแสดงว่าเครื่องมือยังคงมีการทำงานได้คืออยู่

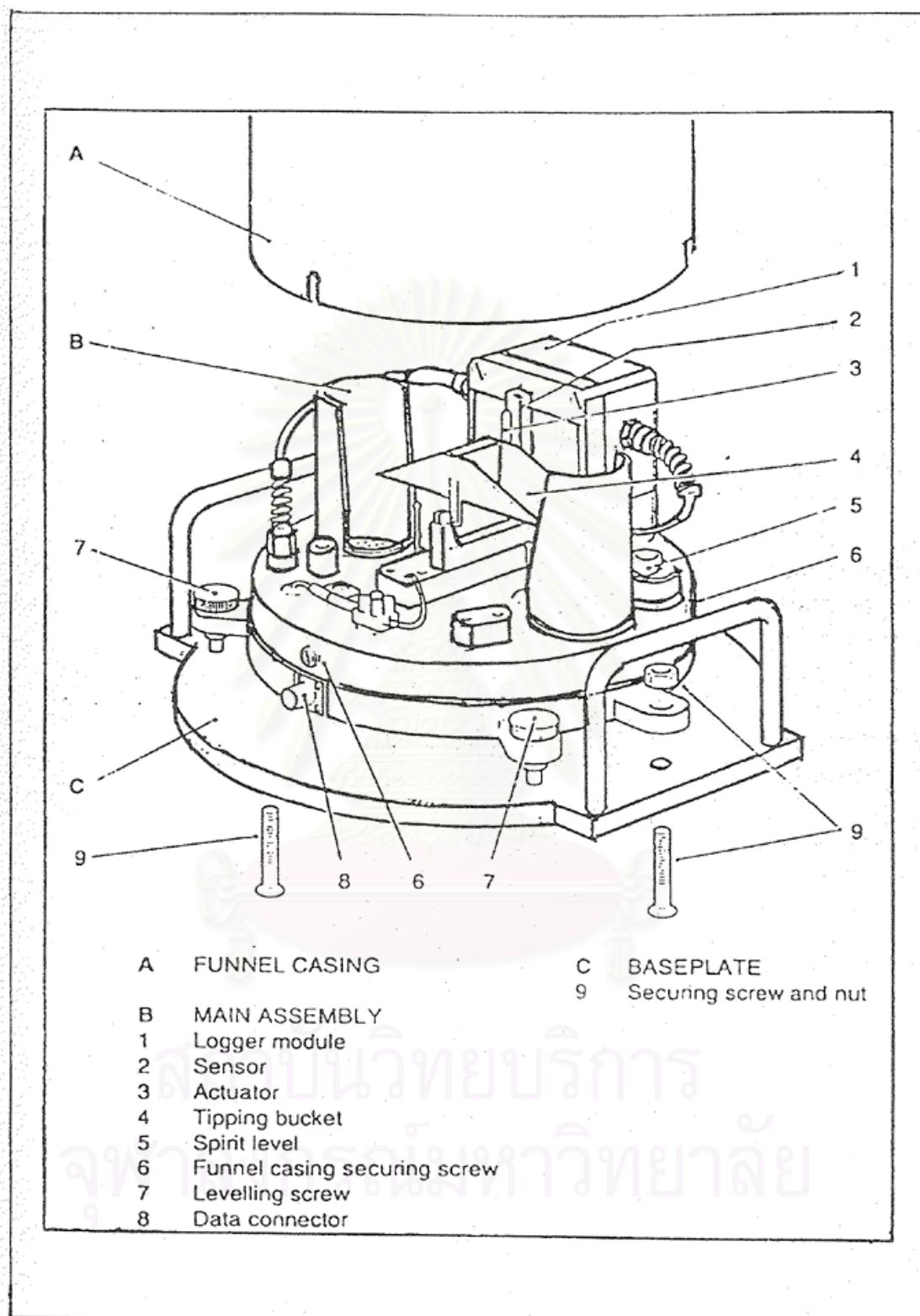
4.2.5.2 เครื่องมือวัดความลึกการไหล และความเร็วการไหล

4.2.5.2.1 องค์ประกอบเครื่องมือวัดความลึกการไหล และความเร็วการไหล จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก (รูปที่ 4.12) คือ

1. DATA LOGGER คือ ส่วนที่ทำหน้าที่บันทึกและเก็บข้อมูลความลึกการไหล และความเร็วการไหลซึ่งจะเป็นส่วนของหมายเลข 1 – 6
2. TRANSDUCER HEAD คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการวัดความลึกการไหล ความเร็วการไหล และแปลงค่าที่วัดได้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งจะเป็นส่วนของหมายเลข 7
3. แบตเตอรี่ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานแก่เครื่องมือวัดนี้ ซึ่งเป็นส่วนของหมายเลข 8 – 10

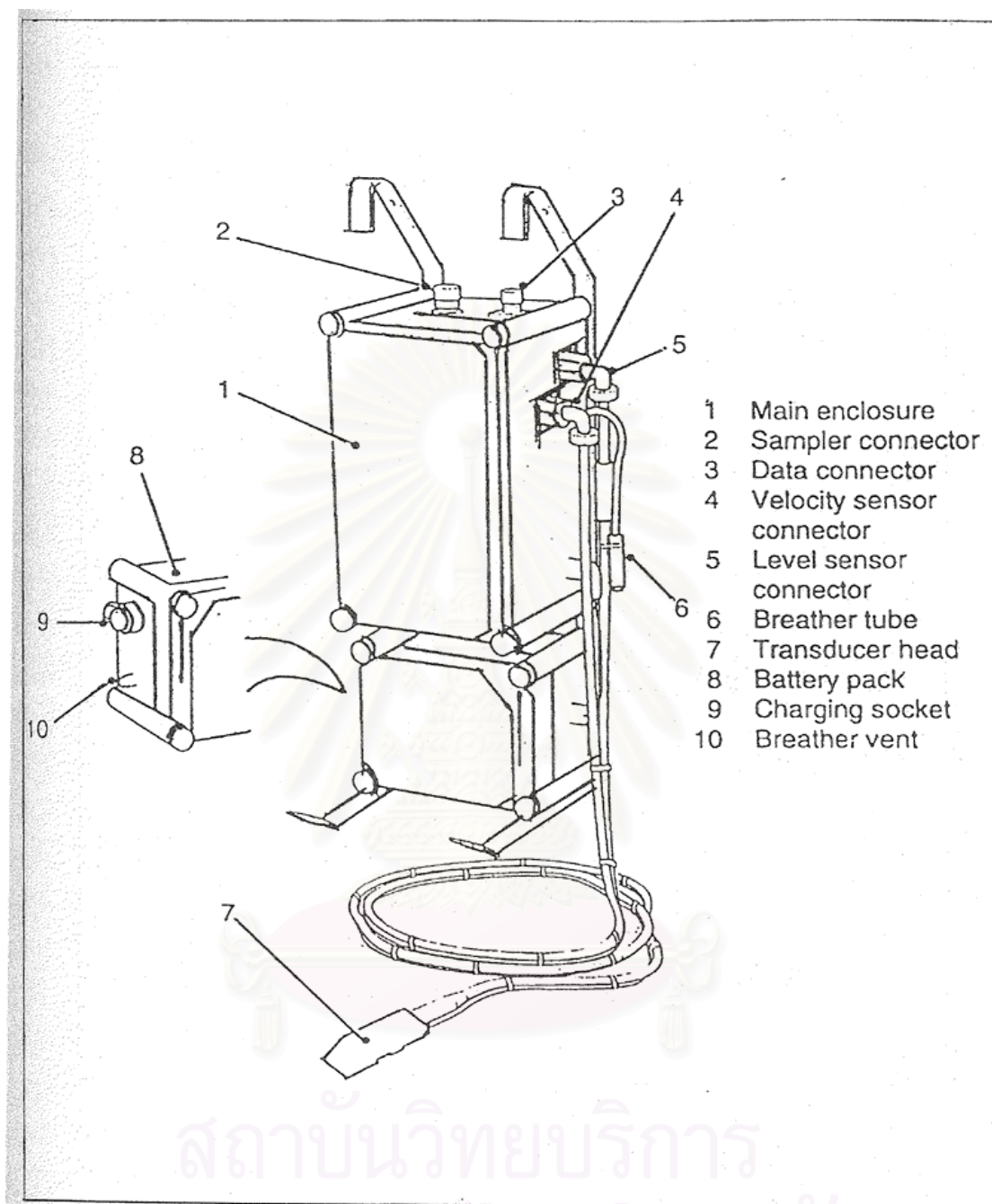
4.2.5.2.2 หลักการทำงานของเครื่องมือวัดความลึกการไหล ความเร็วการไหล และการบันทึกข้อมูล

1. การวัดความลึกการไหล มีหลักการทำงาน คือ วัดความดันที่แตกต่างระหว่างความดันบรรยากาศที่ผิวน้ำที่วัดค่าโดย Breather Tube และความดันน้ำสถิตยที่ตำแหน่งติดตั้ง Transducer Head ซึ่งวัดโดย Pressure Sensor จากนั้น Pressure Sensor จะเปลี่ยนแปลงค่าความดันที่แตกต่างนี้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วป้อนเข้าสู่ Signal Processing Unit ดังแสดงในรูปที่ 2.8
2. ความเร็วการไหล มีหลักการทำงาน คือ Signal Processing Unit จะส่งสัญญาณความถี่มาที่ Transmitter และ Transmitter จะส่งคลื่นเหนือเสียง (Ultrasound) ออกไปกระทบกับอนุภาคต่างๆและฟองอากาศที่อยู่ในน้ำ และสะท้อนเป็นคลื่นเหนือเสียงกลับมาสู่ Receiver และ Receiver จะแปลงคลื่นนี้เป็นสัญญาณความถี่และป้อนให้สู่ Signal Processing Unit ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.14



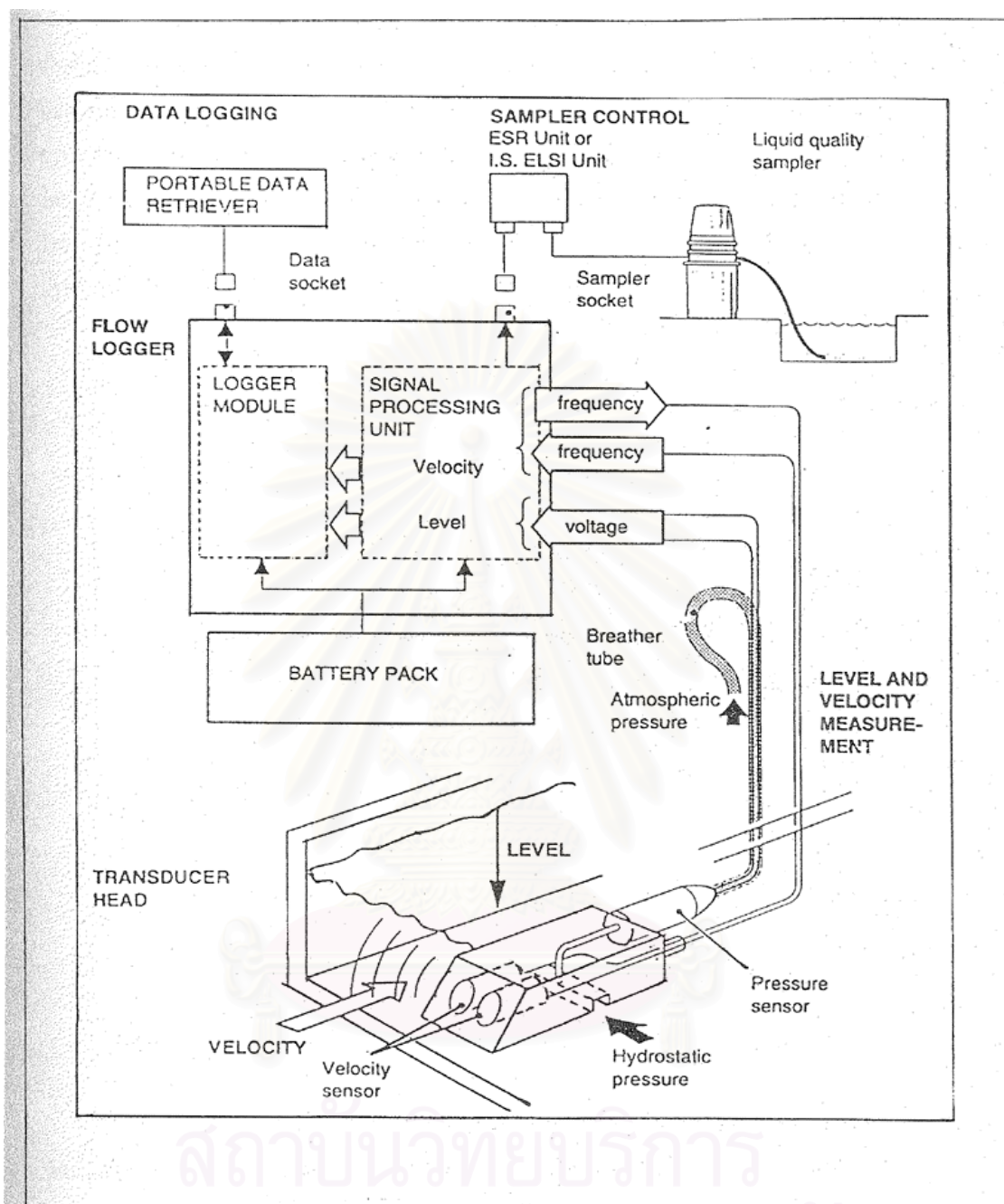
รูปที่ 4.11 องค์ประกอบของเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบ Tipping Bucket

Buhler Montec (2541)



รูปที่ 4.12 องค์ประกอบของเครื่องมือวัดความลึกการไหล และความเร็วการไหล

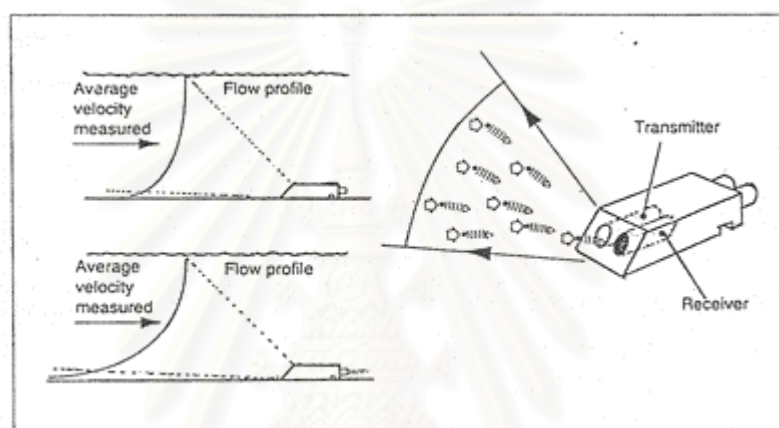
Buhler Montec (2541)



รูปที่ 4.13 แสดงการทำงานของเครื่องมือวัดความลึกการไหลและอัตราการไหล

Buhler Montec (2541)

3. การเก็บข้อมูลของเครื่องมือวัดความลึกการไหล และความเร็วกการไหล จะมีการเก็บข้อมูลทุกๆ อาทิตย์โดยทำการต่อเชื่อมคอมพิวเตอร์กับ Data Connector เพื่อทำการส่งถ่ายข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ใน Logger Module นอกจากนี้ในขณะที่มีการบันทึกข้อมูล ยังมีการตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือโดยทำการวัดความลึกการไหลโดยใช้ไม้บรรทัด และวัดความเร็วกการไหลโดยใช้ Electromagnetic Current Meter เทียบกับค่าความลึกการไหลและความเร็วกการไหลที่วัดได้โดย Transducer Head เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ และยังมีการทำ Spot Check ประกอบด้วย (ดูรายละเอียดในการตรวจสอบผลการวัดข้อมูล)



รูปที่ 4.14 แสดงการทำงานของ Transducer Head ในการวัดความเร็วกการไหล

Buhler Montec (2541)

4.2.6 บุคลากรในการดำเนินการวัด

ในการดำเนินการวัดข้อมูลโดยบริษัทที่ปรึกษา มีบุคลากรจำนวน 3 คน ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือ ตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ บันทึกข้อมูล และถอดเก็บเครื่องมือ ดังนี้

บุคลากรที่ 1 : หัวหน้าชุด (Leader Crew) ทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือในทางน้ำ กำหนดรูปแบบในการติดตั้งเครื่องมือ จุดบันทึกรายละเอียดในการติดตั้ง และรายละเอียดการตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ

บุคลากรที่ 2 : กรรมกร (Crew) ทำหน้าที่ในการติดตั้งเครื่องมือวัด วัดขนาดในมิติต่างๆของทางน้ำ วัดค่าระดับน้ำ วัดความเร็วการไหล เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ และถอดเก็บเครื่องมือ

บุคลากรที่ 3 : กรรมกร (Crew) ทำหน้าที่เหมือนกับบุคลากรที่ 2

4.2.7 การติดตั้งเครื่องมือวัด

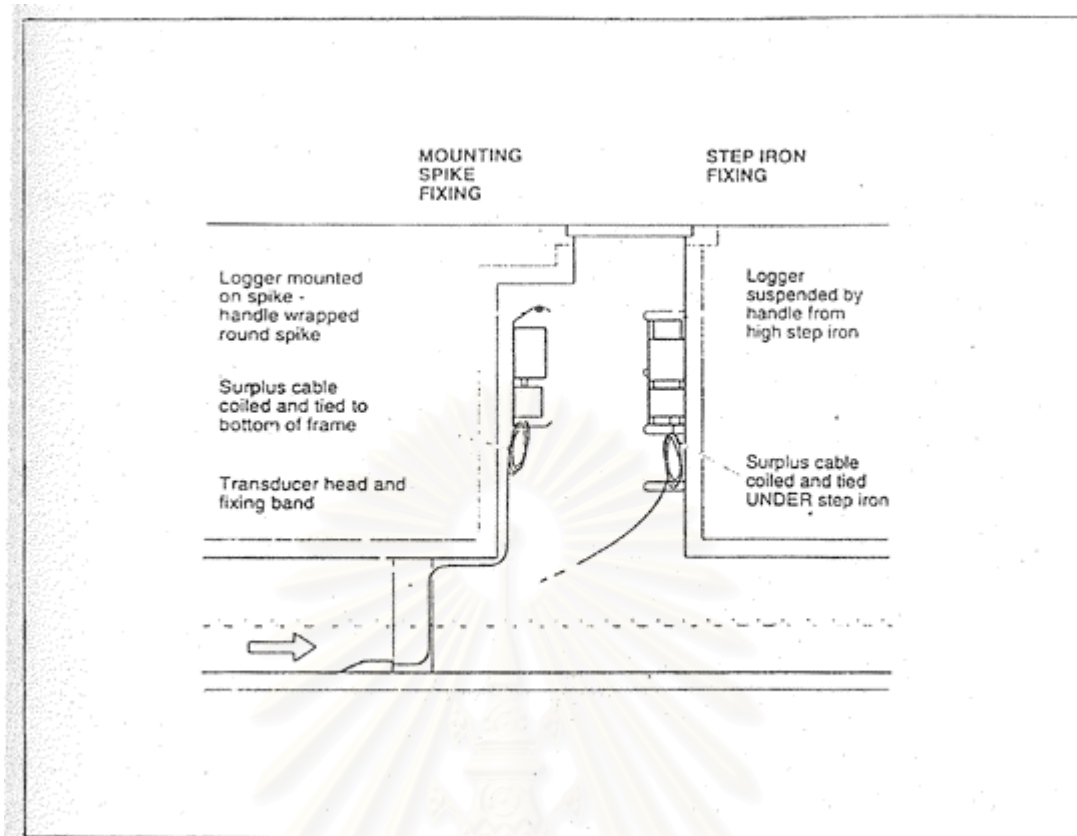
การติดตั้งเครื่องมือวัด จะกล่าวเฉพาะในส่วนของเครื่องมือวัดระดับน้ำ และความเร็วการไหล เพราะการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนเป็นการติดตั้งแบบทั่วไป ในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำ และความเร็วการไหลจะมีการติดตั้ง 2 แบบ คือ การติดตั้งในท่อระบายน้ำ และการติดตั้งในคลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.7.1 การติดตั้งเครื่องมือวัดในท่อระบายน้ำ

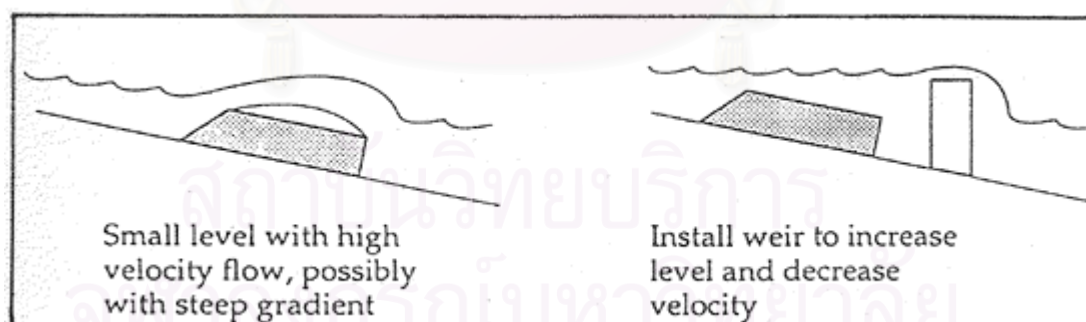
การติดตั้งเครื่องมือวัดในท่อระบายน้ำจะมีลักษณะการติดตั้ง 2 แบบ คือ การติดตั้งเครื่องมือในท่อระบายน้ำที่ไม่มีตะกอน และในท่อระบายน้ำที่มีตะกอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.7.1.1 การติดตั้งเครื่องมือวัดในท่อระบายน้ำที่ไม่มีตะกอน

การติดตั้งเครื่องมือในท่อระบายน้ำที่ไม่มีตะกอนจะทำการติดตั้ง transducer head ที่ตำแหน่งก้นของท่อ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ในกรณีที่ความลึกการไหลของน้ำในท่อมีระดับต่ำ และทางน้ำมีความลาดชันมากทำให้ความเร็วการไหลสูงจะทำการแก้ไขโดยทำการติดตั้งฝายขนาดเล็กทางด้านท้ายน้ำของ transducer head เพื่อเพิ่มระดับน้ำ และลดความเร็วการไหลดังแสดงในรูปที่ 4.16



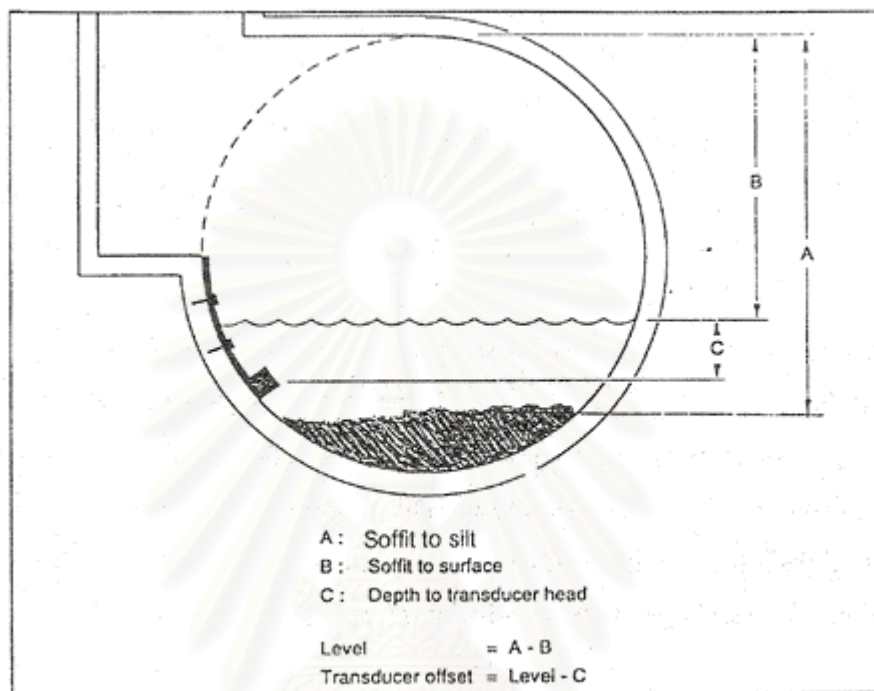
รูปที่ 4.15 การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำในท่อระบายน้ำที่ไม่มีตะกอน



รูปที่ 4.16 การติดตั้งฝายขนาดเล็กทางด้านท้ายน้ำของ transducer head ในกรณีที่ความลึกการไหลมีค่าน้อย ที่มา : Buhler Montec (2541)

4.2.7.1.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดในท่อระบายน้ำที่มีตะกอน

การติดตั้งเครื่องมือวัดในท่อระบายน้ำที่มีตะกอน จะทำการติดตั้ง transducer head ทางด้านข้างของผนังท่อ โดยตำแหน่งในการติดตั้ง transducer head จะพิจารณาโดย จะต้องอยู่สูงกว่าระดับตะกอนสูงสุด และต้องอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.17



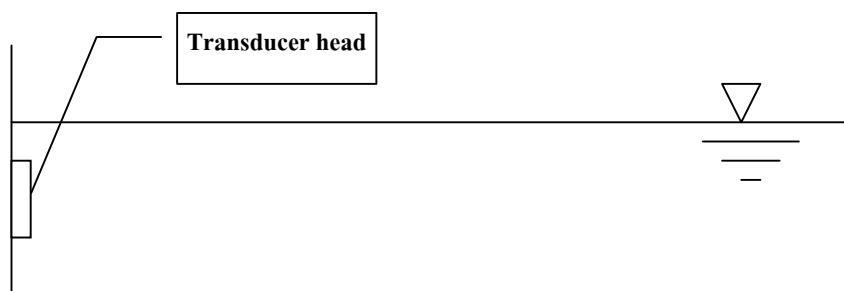
รูปที่ 4.17 การติดตั้ง transducer head ในท่อระบายน้ำที่มีตะกอน

4.2.7.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดในคลอง

การติดตั้งเครื่องมือวัดในคลอง จะมีการติดตั้งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือการติดตั้งเครื่องมือวัดในคลองที่มีความลึกการไหลมาก และการติดตั้งเครื่องมือวัดในคลองที่มีความลึกการไหลน้อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.7.2.1 การติดตั้งเครื่องมือวัดในคลองที่มีความลึกการไหลมาก

การติดตั้งเครื่องมือวัดในคลองที่มีความลึกการไหลมาก จะทำการติดตั้ง transducer head ที่ผนังคลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.18



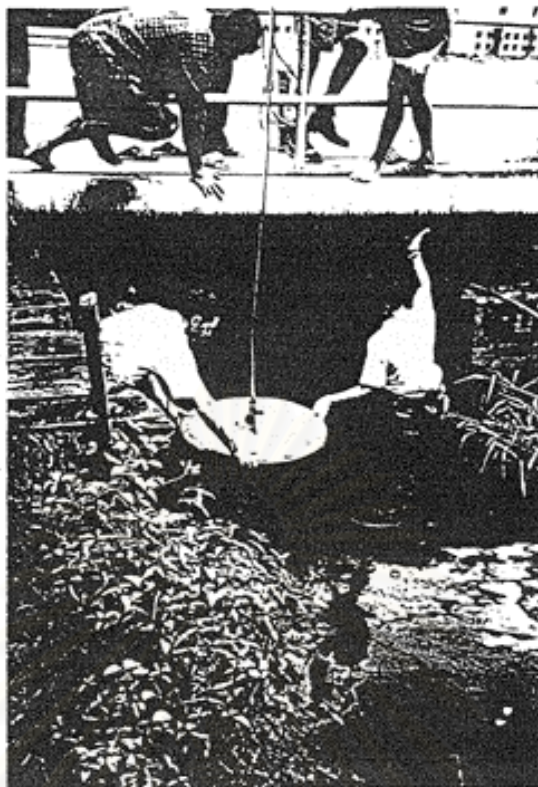
รูปที่ 4.18 การติดตั้ง transducer head ในคลองที่มีความลึกมาก

4.2.7.2.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดในคลองที่มีความลึกการไหลน้อย

การติดตั้งเครื่องมือวัดการไหลในคลองที่มีความลึกการไหลน้อย จะทำการติดตั้ง transducer head ที่ตำแหน่งท้องคลอง โดยกรณีที่ดินท้องคลองแข็งจะทำการติดตั้ง transducer head ไว้บนแท่งคอนกรีต เพื่อป้องกัน transducer head เคลื่อนเนื่องจากการไหลของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และในกรณีที่ดินท้องคลองเป็นดินอ่อนจะทำการติดตั้ง transducer head บนแผ่นคอนกรีตกลมบางขนาดใหญ่เพื่อเพิ่มพื้นที่รับน้ำหนักบรรทุก (bearing area) ทำให้แผ่นคอนกรีตที่มีการติดตั้ง transducer head ไม่จมลงในดิน และทำการยึดแผ่นคอนกรีตกับดินท้องคลองด้วยสมอเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของแผ่นคอนกรีตเนื่องจากการไหลของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.19 การติดตั้ง transducer head บนแท่งคอนกรีต



รูปที่ 4.20 การติดตั้ง transducer head ในคลองที่มีดินที่อ่อน

4.2.8 การตรวจสอบผลการวัดข้อมูล

4.2.8.1 วัดดูประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่วัดได้โดยเครื่องมือชุดดังกล่าวกับข้อมูลที่วัดได้โดยเครื่องมือประเภทอื่น ซึ่งถือว่าการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่วัดได้โดยเครื่องมือชุดดังกล่าว และสามารถนำมาใช้เป็นแฟกเตอร์ในการปรับแก้ข้อมูลที่วัดได้ในกรณีต่อไป

4.2.8.2 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบและปรับแก้ผลการวัดข้อมูล

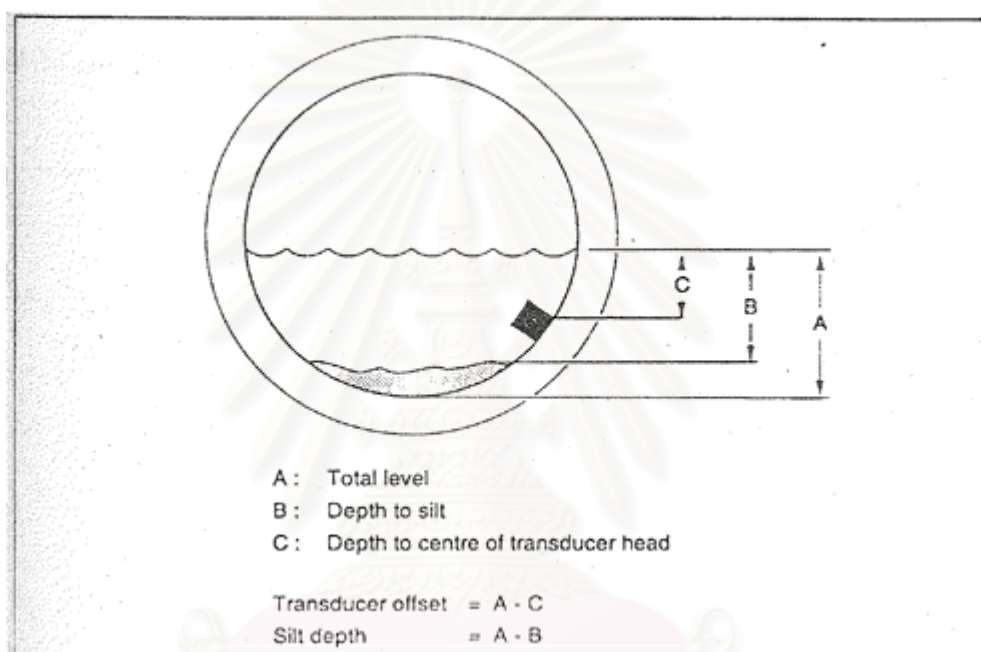
4.2.8.2.1 วัดระดับน้ำ : ในการวัดระดับน้ำนิยมใช้ไม้วัดค่าระดับ (Staff Gage)

4.2.8.2.2 การวัดความเร็วการไหล : จะใช้เครื่องมือวัดการไหลเป็นจุด (Portable Spot Velocity Meter) ประเภท Electromagnetic Current Meter

4.2.8.3 การตรวจสอบระดับน้ำ

4.2.8.3.1 ทำการวัดระดับน้ำโดยใช้ไม้วัดค่าระดับวัดค่าตามรูปที่ 4.21 ให้สอดคล้องกับตำแหน่งที่ติดตั้ง Transducer Head

4.2.8.3.2 เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้โดย Transducer Head กับค่าที่อ่านได้โดยไม้วัดค่าระดับน้ำอย่างน้อย 4 ครั้งในการเก็บข้อมูลทุกครั้ง



รูปที่ 4.21 แสดงการวัดระดับน้ำในท่อที่มีตะกอน Buher Montec (2541)

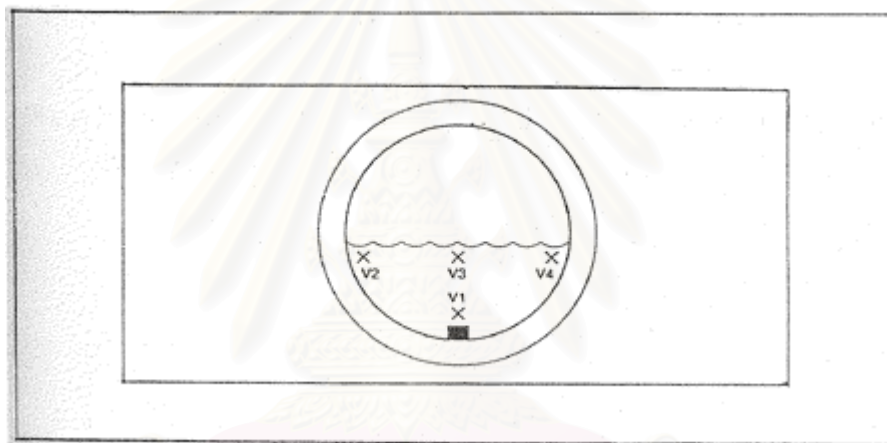
4.2.8.4 การตรวจสอบความเร็วการไหลโดยวิธี Spot Checks

การทำ Spot Check มีขั้นตอน คือ ใช้เครื่องมือวัดความเร็วการไหลเฉพาะจุด ประเภท Electromagnetic Current Meter มาทำการวัดความเร็วการไหลในหลายจุดทั่วทั้งหน้าตัดการไหลทั้งในแนวราบและแนวตั้งให้สอดคล้องกับตำแหน่งของ Transducer Head ดังแสดงในรูปที่ 4.22, 4.23 และ 4.24 เพื่อคำนวณหาความเร็วการไหลเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัด แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบและปรับแก้

ความเร็วการไหลที่วัดได้โดย Transducer Head ต่อไป ถ้าค่าความเร็วที่อ่านได้ไม่คงที่ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของความเร็วที่อ่านได้ทุกๆ 10 วินาที และทำการวัดซ้ำทั้งหน้าตัดอีกครั้งเมื่อเวลาผ่านไป 2 นาที

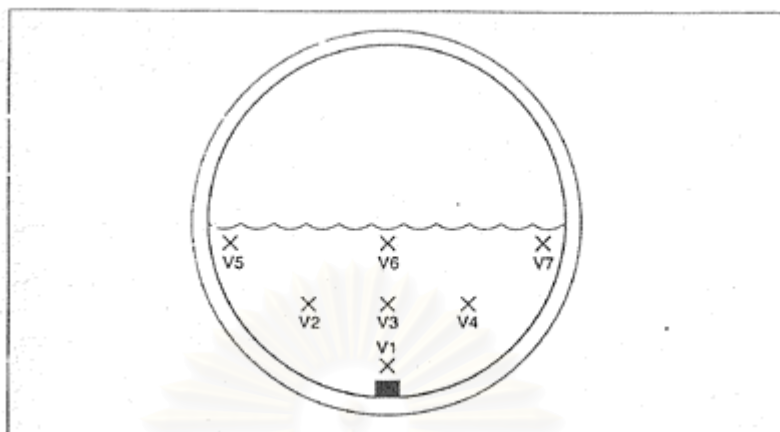
4.2.8.5 ตัวอย่างของผลการวัดข้อมูล

ตัวอย่างของผลการวัดข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่ใกล้เคียงกับ ตำแหน่งวัดข้อมูลระดับน้ำ ความเร็วการไหลและอัตราการไหล ในวันที่ 18 – 19 สิงหาคม พ.ศ. 2543 คลองจิตรมิตรพื้นที่เขตบางกะปิ ดังแสดงในรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าข้อมูลทั้ง 4 ประเภทมีความสอดคล้องและผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อมีฝนตกจะทำให้มีปริมาณน้ำท่าไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำมากขึ้น ส่งผลทำให้ ระดับน้ำ ความเร็วการไหล ตลอดทั้งอัตราการไหลเพิ่มขึ้น

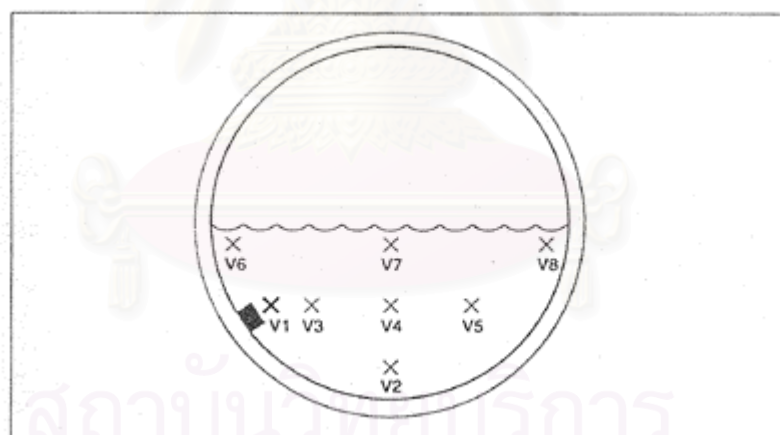


รูปที่ 4.22 ตำแหน่งการทำ Spot Check ในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 40 ซม. ที่ไม่มีตะกอน
Buhler Montec (2541)

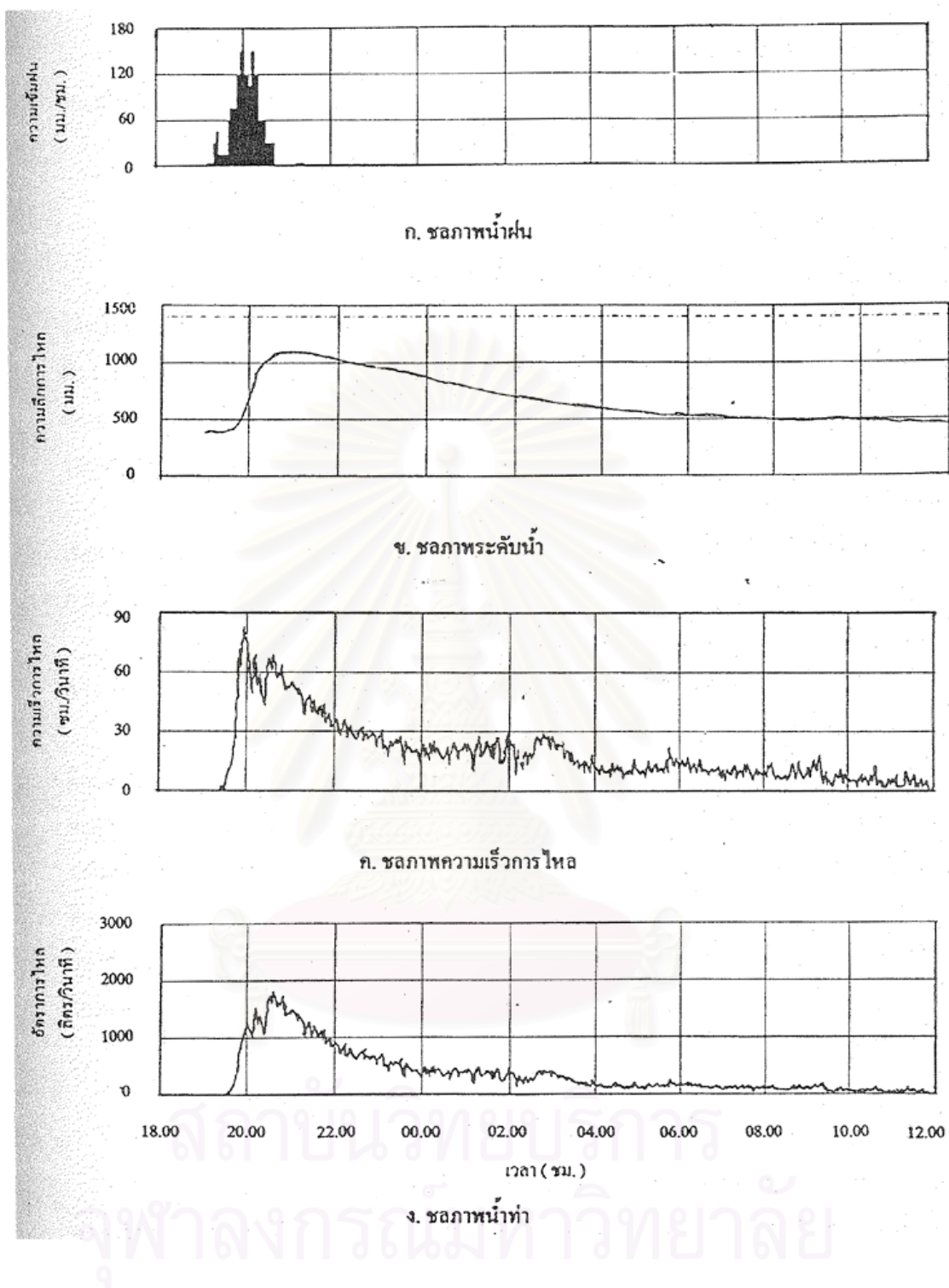
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.23 ตำแหน่งการทำ Spot Check ในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 40 ซม. ที่ไม่มีตะกอน
(Buhler Montec (2541))



รูปที่ 4.24 ตำแหน่งการทำ Spot Check ในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 40 ซม. ที่มีตะกอน
(Buhler Montec ,1998)



รูปที่ 4.25 ผลการวัดข้อมูล น้ำฝน ระดับน้ำ ความเร็วการไหลและอัตราการไหล
(ในวันที่ 18 – 19 สิงหาคม พ.ศ. 2543 คลองจิตรมิตร เขตบางกระบือ กรุงเทพมหานคร ,EGS 2543)

4.2.9 ข้อจำกัดในงานวัดภาคสนาม

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดข้อจำกัดในงานวัดข้อมูลภาคสนามในครั้งนี้สามารถสรุปโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.2.9.1 เครื่องมือวัด

4.2.9.1.1 เครื่องมือไม่สามารถวัดอัตราการไหลได้โดยตรง แต่จะหาอัตราการไหลได้จากสมการความต่อเนื่อง $Q = V \times A$ ซึ่งถ้า V ที่วัดได้ไม่ใช่ตัวแทนความเร็วการไหลเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัดการไหลที่แท้จริง และ A ไม่ใช่พื้นที่หน้าตัดการไหลที่ถูกต้อง ค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้จะมีค่าผิดพลาด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้เฉพาะข้อมูลอัตราการไหลที่วัดได้ในท่อทางออกของพื้นที่ระบายน้ำ เพราะเครื่องมือนี้สามารถให้ผลการวัดความเร็วการไหลเฉลี่ยได้ดีในทางน้ำที่มีขนาดเล็ก

4.2.9.1.2 ในการวัดความเร็วการไหลโดย Transducer Head ไม่ใช่เป็นการวัดความเร็วการไหลเฉพาะจุด แต่จะเป็นการวัดความเร็วเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดการไหลที่จำกัดขอบเขตของการส่งคลื่นและรับคลื่นโดยให้ผลการวัดที่คืออยู่ในช่วงรัศมีประมาณ 1 เมตร

4.2.9.1.3 ความสามารถในการวัดความเร็วการไหลของเครื่องมือวัดจะอยู่ในช่วง 0.1 - 4 เมตร/วินาที เครื่องมือวัดสามารถวัดระดับน้ำได้ในช่วง 0.05 ถึง 4 เมตร

4.2.9.1.4 ความเร็วการไหลของน้ำที่วัดโดย Transducer Head จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งติดตั้ง Transducer Head เป็นสำคัญ โดยจะมีขอบเขตของคลื่นเสียงที่ส่งออกไปอย่างจำกัด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความเร็วการไหลที่วัดได้ในขอบเขตดังกล่าว อย่างเช่นการติดตั้งที่ผนังคลอง และท้องคลอง จะมีขอบเขตของคลื่นทั้งหมดของรัศมี ช่วง และทิศทางของคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 4.26 พบว่าเครื่องมือที่ติดตั้งในคลองส่วนใหญ่จะติดตั้งที่ผนังคลองโดยลึกจากผิวน้ำลงไปประมาณ 1 เมตร ดังนั้นความเร็วที่วัดได้จะเป็นตัวแทนความเร็วการไหลเฉลี่ยบริเวณใกล้ผนังคลอง จึงทำให้ความเร็วการไหลที่วัดได้โดยเครื่องมือวัดจะมีค่าต่ำกว่าความเร็วการไหลเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัด

4.2.9.2 คลอง

4.2.9.2.1 คลองที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดหลายคลองพบว่าน้ำนิ่งตลอดเวลา ดังนั้นความเร็วการไหลที่วัดได้ในบางครั้งจะน้อยกว่า 0.1 เมตร/วินาที ซึ่งต่ำกว่าช่วงการวัดข้อมูลที่ยอมให้ของเครื่องมือ ซึ่งอาจทำให้ค่าข้อมูลที่อ่านค่าได้ในช่วงเวลานั้นคลาดเคลื่อนได้

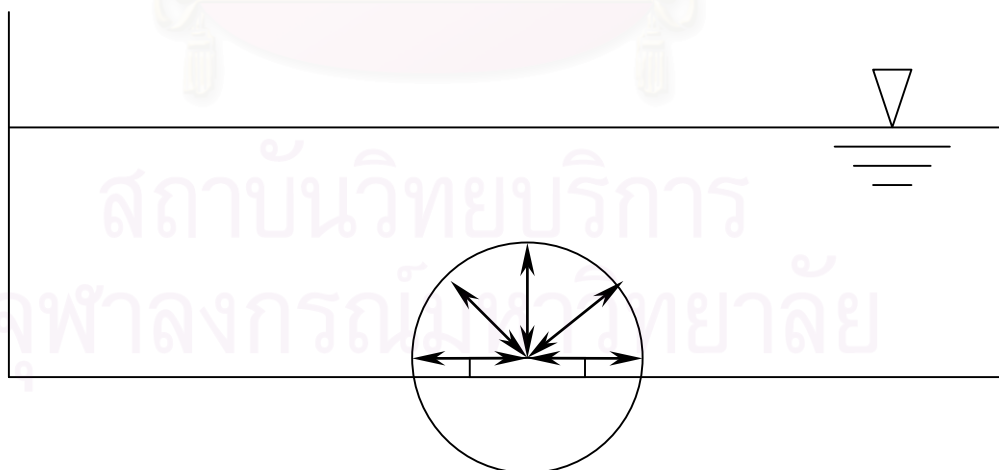
4.2.9.2.2 คลองที่มีการติดตั้งส่วนใหญ่จะมีความกว้างมากกว่าระยะรัศมี หรือ

ขอบเขตที่เครื่องมือจะวัดความเร็วการไหลได้ดี ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่าความเร็วการไหลที่วัดได้โดย Transducer Head เพื่อให้ค่าใกล้เคียงกับค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัดคลองที่แท้จริง

4.2.9.2.3 สภาพการไหลในคลองพบว่า ท้องคลองเกือบทุกแห่งจะเป็นตะกอนแบบอ่อน โดยที่ไม่มีระดับแบ่งเขตส่วนที่เป็นตะกอนและน้ำอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงส่งผลต่อการกำหนดพื้นที่หน้าตัดการไหลที่ถูกต้อง



ก. Transducer Head ติดที่ผนังคลอง



ข. Transducer Head ติดที่ท้องคลอง

รูปที่ 4.26 ขอบเขตของคลื่นเสียงและการวัดความเร็วการไหลที่วัดได้โดย Transducer Head

บทที่ 5

ผลการเก็บข้อมูลภาคสนาม และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

บทนี้กล่าวถึงผลการศึกษาซึ่งประกอบด้วยงานวัดข้อมูลอุทกวิทยาที่วัดได้ในภาคสนาม และงานวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่วัดได้ในภาคสนามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลที่วัดโดยบริษัทที่ปรึกษา และข้อมูลที่วัดโดยนิสิตผู้ศึกษาโดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มี 2 ประเภท คือ ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา ส่วนในงานวิเคราะห์ข้อมูล จะนำผลข้อมูลที่เก็บได้มาทำการวิเคราะห์ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรก คือ การวิเคราะห์ข้อมูลฝน โดยทำการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนเวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนสูงสุดต่อช่วงเวลาทั้งหมด (r) และชลภาพฝนโดยเปรียบเทียบกับกรอกแบบชลภาพฝน วิธี Pilgrim and Cordery, Yen and Chow และ Kiefer and Chu ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ชลภาพน้ำฝน-น้ำท่าของพื้นที่ระบายน้ำย่อยโดยทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) เวลาในการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (t_c) และวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินวิธีต่างๆได้แก่วิธีการาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยการคำนวณย้อนกลับ (Unit Hydrograph by Deconvolution) วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph วิธีหลักการเหตุผล (Rational Method) วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark และวิธีการาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้หน่วยในรูปสมการถดถอยสหสัมพันธ์ (Dimensionless Unit Hydrograph by Multiple Regression Equations)

5.1 ผลการเก็บข้อมูลน้ำฝน

ในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลน้ำฝนที่มีการวัดโดยกรุงเทพมหานครใน 3 พื้นที่ คือ พื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม จำนวน 18 สถานี และดำเนินการวัดโดยผู้ดำเนินการวิจัยใน 2 พื้นที่ คือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 จำนวน 2 สถานีดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.1 ถึง ตารางที่ 1.4 ผลการเก็บข้อมูลน้ำฝนพบว่าเหตุการณ์ฝนส่วนใหญ่เป็นช่วงเวลาน้ำค้าง ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลฝนจะมีเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกเหตุการณ์ฝนที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ เหตุการณ์ฝนช่วงเวลา 30 นาที ที่มีความลึกฝนไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร และเหตุการณ์ฝนช่วงเวลา 60 นาที ที่มีความลึกฝนไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร พบว่ามีเฉพาะข้อมูลฝนในพื้นที่ที่วัดโดยกรุงเทพมหานคร เท่านั้นที่มีความลึกฝนมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และข้อมูลฝนที่วัดโดยนิสิตผู้วิจัยส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นจึงคัดเลือกเฉพาะข้อมูลฝนที่วัดโดยบริษัทที่ปรึกษามาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลฝน โดยสามารถสรุปเหตุการณ์ฝนที่นำมาใช้ในการศึกษาทั้งหมด คือ ฝนช่วงเวลา 30 นาที จำนวน 88 เหตุการณ์ ฝนช่วงเวลา 60 นาที จำนวน 49 เหตุการณ์ และฝนที่มีช่วงเวลามากกว่า 60 นาทีมี 18 เหตุการณ์จะเห็นได้ว่า

ฝนที่มีช่วงเวลา 60 นาทีที่มีจำนวนเหตุการณ์น้อย ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์เฉพาะฝนช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที โดยแบ่งตามพื้นที่ได้ดังนี้ พื้นที่บางกะปิ ฝนช่วงเวลา 30 นาที จำนวน 31 เหตุการณ์ และ ฝนช่วงเวลา 60 นาที จำนวน 19 เหตุการณ์ พื้นที่บึงกุ่ม ฝนช่วงเวลา 30 นาที จำนวน 31 เหตุการณ์ และ ฝนช่วงเวลา 60 นาที จำนวน 25 เหตุการณ์ และพื้นที่หนองแขม ฝนช่วงเวลา 30 นาที จำนวน 26 เหตุการณ์ และฝนช่วงเวลา 60 นาที 5 เหตุการณ์ โดยแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เหตุการณ์น้ำฝนช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที ในพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม

| พื้นที่ | สถานี | ลำดับ เหตุการณ์ | วัน/เดือน/ปี | ความลึกน้ำฝน | |
|---------|-------|--------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | | | ช่วงเวลา 30 นาที (มิลลิเมตร) | ช่วงเวลา 60 นาที (มิลลิเมตร) |
| บางกะปิ | 1 | 1 | 8/8/43 | 22.0 | |
| | | 2 | 14/8/43 | 42.0 | 49.5 |
| | | 3 | 18/8/43 | 52.0 | 89.5 |
| | | 4 | 19/8/43 | 24.6 | |
| | | 5 | 1/9/43 | 27.0 | 33.5 |
| | | 6 | 22/9/43 | 23.0 | |
| | 2 | 7 | 26/9/43 | 54.0 | 60.5 |
| | | 8 | 8/8/43 | 24.0 | |
| | | 9 | 14/8/43 | 49.5 | 56.13 |
| | | 10 | 18/8/43 | 51.5 | 87.5 |
| | | 11 | 1/9/43 | 21.0 | |
| | | 12 | 26/9/43 | 44.5 | 49.33 |
| | 3 | 13 | 8/8/43 | 48.0 | 55.7 |
| | | 14 | 14/8/43 | 70.0 | 89.0 |
| | | 15 | 18/8/43 | 43.5 | 68.5 |
| | 16 | 29/8/43 | 20.0 | | |
| | 17 | 1/9/43 | 21.0 | | |
| | 18 | 3/9/43 | 22.0 | | |
| | 4 | 19 | 26/9/43 | 31.5 | 37.5 |
| | | 20 | 13/8/43 | 29.0 | 46.5 |
| | | 21 | 14/8/43 | 37.3 | 43.0 |

ตารางที่ 5.1 เหตุการณ์น้ำฝนช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที ในพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม
(ต่อ)

| พื้นที่ | สถานี | ลำดับ เหตุการณ์ | วัน/เดือน/ปี | ความลึกน้ำฝน | |
|---------|-------|--------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | | | ช่วงเวลา 30 นาที (มิลลิเมตร) | ช่วงเวลา 60 นาที (มิลลิเมตร) |
| บางกะปิ | 4 | 22 | 18/8/43 | 63.0 | 94.0 |
| | | 23 | 3/9/43 | 20.5 | |
| | | 24 | 26/9/43 | 37.0 | 41.4 |
| บางกะปิ | 5 | 25 | 3/8/43 | 20.0 | |
| | | 26 | 8/8/43 | 39.5 | 46.5 |
| | | 27 | 14/8/43 | 46.0 | 64.5 |
| | | 28 | 18/8/43 | 62.0 | 90.0 |
| | | 29 | 29/8/43 | 22.0 | |
| | | 30 | 1/9/43 | 23.8 | |
| | | 31 | 26/9/43 | 32.5 | 38.3 |
| | | 32 | 8/8/43 | 26.5 | 39.0 |
| บึงกุ่ม | 1 | 33 | 14/8/43 | 61.5 | 106.5 |
| | | 34 | 19/8/43 | 38.0 | 47.5 |
| | | 35 | 29/8/43 | 22.2 | |
| | | 36 | 1/9/43 | 26.0 | 33.5 |
| | | 37 | 3/9/43 | 36.0 | 37.6 |
| | | 38 | 26/9/43 | 38.0 | 50.0 |
| | | 39 | 14/8/43 | 45.5 | 82.0 |
| | 2 | 40 | 19/8/43 | 33.0 | 41.0 |
| | | 41 | 29/8/43 | 27.0 | 29.7 |
| | | 42 | 1/9/43 | 28.5 | 36.8 |
| | | 43 | 3/9/43 | 37.0 | 41.8 |
| | | 44 | 10/9/43 | 20.0 | |
| | | 45 | 26/9/43 | 28.5 | 36.0 |

ตารางที่ 5.1 เหตุการณ์น้ำฝนช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที ในพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม
(ต่อ)

| พื้นที่ | สถานี | ลำดับ เหตุการณ์ | วัน/เดือน/ปี | ความลึกน้ำฝน | | | |
|---------|---------|--------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|------|-------|
| | | | | ช่วงเวลา 30 นาที (มิลลิเมตร) | ช่วงเวลา 60 นาที (มิลลิเมตร) | | |
| บึงกุ่ม | 3 | 46 | 2/8/43 | 24.0 | | | |
| | | 48 | 1/9/43 | 24.0 | 33.2 | | |
| | | 49 | 3/9/43 | 52.0 | 56.1 | | |
| | 4 | 50 | 2/8/43 | 32.0 | | | |
| | | | 51 | 14/8/43 | 28.2 | 47.0 | |
| | | | 52 | 29/8/43 | 24.9 | | |
| | | 53 | 1/9/43 | 28.5 | 38.7 | | |
| | | | 54 | 3/9/43 | 40.0 | 43.1 | |
| | | | 55 | 26/9/43 | 21.5 | 33.0 | |
| | | 5 | 56 | 8/8/43 | 28.5 | 38.0 | |
| | | | | 57 | 14/8/43 | 72.5 | 100.5 |
| | | | | 58 | 18/8/43 | 24.5 | 32.7 |
| 59 | 29/8/43 | | 26.0 | | | | |
| | 60 | | 1/9/43 | 38.5 | 49.5 | | |
| | 61 | | 3/9/43 | 36.0 | 41.0 | | |
| หนองแขม | 1 | 62 | 26/9/43 | 33.0 | 54.5 | | |
| | | 63 | 15/9/43 | 20.0 | | | |
| | | 64 | 20/9/43 | 33.8 | | | |
| | | 65 | 22/9/43 | 25.4 | | | |
| | 2 | 66 | 29/9/43 | 31.3 | | | |
| | | | 67 | 29/8/43 | 23.0 | | |
| | | 68 | 1/10/43 | 43.8 | | | |

ตารางที่ 5.1 เหตุการณ์น้ำฝนช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที ในพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม
(ต่อ)

| พื้นที่ | สถานี | ลำดับ เหตุการณ์ | วัน/เดือน/ปี | ความลึกน้ำฝน | |
|---------|-------|--------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | | | ช่วงเวลา 30 นาที (มิลลิเมตร) | ช่วงเวลา 60 นาที (มิลลิเมตร) |
| หนองแขม | 3 | 69 | 14/8/43 | 23.8 | |
| | | 70 | 28/9/43 | 53.5 | |
| | | 71 | 1/10/43 | | 30.5 |
| | 4 | 72 | 21/9/43 | 23.5 | |
| | 5 | 73 | 14/8/43 | 21.8 | |
| | | 74 | 29/8/43 | 22.1 | 34.2 |
| | | 75 | 15/9/43 | 20.2 | |
| | | 76 | 28/9/43 | 25.5 | |
| | | 77 | 28/9/43 | 35.0 | 39.9 |
| | 6 | 78 | 29/8/43 | 20.0 | |
| | | 79 | 15/9/43 | 20.7 | |
| | 7 | 80 | 7/8/43 | 32.3 | |
| | | 81 | 27/8/43 | 21.8 | |
| | | 82 | 3/9/43 | 22.5 | |
| | | 83 | 4/9/43 | 21.0 | |
| | | 84 | 29/9/43 | 36.0 | 54.5 |
| | | 85 | 29/9/43 | 20.0 | |
| | 8 | 86 | 3/9/43 | 23.0 | |
| | | 87 | 22/9/43 | 31.0 | |
| | | 88 | 28/9/43 | 31.0 | 46.5 |

5.2 ผลการเก็บข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า

จากผลการเก็บข้อมูลทั้งหมดพบว่าในบางเหตุการณ์ ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นเพื่อให้มีข้อมูลจำนวนเพียงพอ จึงต้องใช้ข้อมูลฝนที่มีความลึกฝนน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดมาใช้ ในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า โดยสามารถสรุปผลการเก็บข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าได้ดังนี้ ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่ระบายน้ำย่อยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการ วัดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่ระบายน้ำย่อยจำนวน 9 พื้นที่ โดยใช้ข้อมูลที่ ดำเนินการวัดโดยกรุงเทพมหานครจำนวน 6 พื้นที่ และใช้ข้อมูลที่ดำเนินการวัดโดยผู้วิจัยจำนวน 2 พื้นที่ รวมข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่า 46 เหตุการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เหตุการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา

| พื้นที่ | สถานี | ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร) | ลำดับ เหตุการณ์ | วัน/เดือน/ปี | ความลึกฝนทั้งหมด (มิลลิเมตร) | ความลึกน้ำท่า (มิลลิเมตร) |
|---------|-------|----------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|------------------------------|
| บางกะปิ | 5 | 870,000 | 1 | 7/8/43 | 31.01 | 9.46 |
| | | | 2 | 13/8/43 | 29.51 | 9.45 |
| | | | 3 | 14/8/43 | 57.51 | 15.54 |
| | | | 4 | 1/9/43 | 26.01 | 11.90 |
| | | | 5 | 3/9/43 | 20.00 | 9.18 |
| | 7 - 8 | 270,000 | 6 | 26/9/43 | 49.50 | 6.20 |
| | | | 7 | 8/8/43 | 32.02 | 9.78 |
| | | | 8 | 13/8/43 | 50.00 | 18.22 |
| | | | 9 | 14/8/43 | 20.51 | 13.43 |
| | | | 10 | 18/8/43 | 98.5 | 47.35 |
| | | | 11 | 3/9/43 | 20 | 10.48 |
| | | | 12 | 26/9/43 | 43 | 19.77 |
| บึงกุ่ม | 5 | 40,440 | 13 | 8/8/43 | 40.55 | 31.34 |
| | | | 14 | 13/8/43 | 26.00 | 12.55 |
| | | | 15 | 14/8/43 | 98.51 | 29.54 |
| | | | 16 | 19/8/43 | 46.00 | 24.80 |
| | | | 17 | 3/9/43 | 42.11 | 19.36 |

ตารางที่ 5.2 เหตุการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

| พื้นที่ | สถานี | ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร) | ลำดับ เหตุการณ์ | วัน/เดือน/ปี | ความลึกฝนทั้งหมด (มิลลิเมตร) | ความลึกน้ำท่า (มิลลิเมตร) |
|---------------------------|-------|----------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|------------------------------|
| หนองแขม | 1 | 74,420 | 18 | 5/8/43 | 17.52 | 6.06 |
| | | | 19 | 27/8/43 | 16.51 | 4.37 |
| | | | 20 | 29/8/43 | 18.50 | 5.73 |
| | | | 21 | 3/9/43 | 14.00 | 4.49 |
| | | | 22 | 15/9/43 | 25.50 | 8.50 |
| | 2 | 51,065 | 23 | 20/9/43 | 36.75 | 13.89 |
| | | | 24 | 22/9/43 | 25.50 | 10.65 |
| | | | 25 | 28/9/43 | 15.01 | 5.44 |
| | | | 26 | 5/8/43 | 17.52 | 3.70 |
| | | | 27 | 27/8/43 | 16.51 | 2.16 |
| | 3 | 54,556 | 28 | 20/9/43 | 36.50 | 11.70 |
| | | | 29 | 22/9/43 | 25.50 | 9.85 |
| | | | 30 | 28/9/43 | 15.01 | 3.25 |
| | | | 31 | 15/8/43 | 17.01 | 7.16 |
| | | | 32 | 1/9/43 | 16.5 | 7.64 |
| จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย | 1 | 47,875 | 33 | 28/9/43 | 36.5 | 9.01 |
| | | | 34 | 29/9/43 | 15.01 | 5.41 |
| | | | 35 | 1/10/43 | 51.02 | 21.2 |
| | | | 36 | 18/8/43 | 25 | 10.17 |
| | | | 37 | 1/9/43 | 14.50 | 10.68 |
| | | | 38 | 3/9/43 | 12.00 | 5.43 |
| | | | 39 | 25/9/43 | 8.00 | 5.97 |
| | | | 40 | 5/10/43 | 9.00 | 5.15 |
| | | | 41 | 7/10/43 | 11.00 | 5.10 |

ตารางที่ 5.2 เหตุการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

| พื้นที่ | สถานี | ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร) | ลำดับ เหตุการณ์ | วัน/เดือน/ปี | ความลึกฝนทั้งหมด (มิลลิเมตร) | ความลึกน้ำท่า (มิลลิเมตร) |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|------------------------------|
| ม.ชนกมลนิเวศน์ 5 เขต คันทนายาว | 1 | 38,720 | 42 | 2/8/43 | 17.50 | 7.99 |
| | | | 43 | 3/8/43 | 16.00 | 4.14 |
| | | | 44 | 29/8/43 | 12.10 | 4.91 |
| | | | 45 | 8/10/43 | 12.60 | 4.82 |
| | | | 46 | 15/10/43 | 27.20 | 8.01 |

5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน ได้แก่ การวิเคราะห์หาค่า r และการเปรียบเทียบชลภาพน้ำฝนที่วัดได้ กับชลภาพน้ำฝนที่คำนวณได้โดย 3 วิธี คือ วิธี Pilgrim and Cordery วิธี Yen and Chow และวิธี Kiefer and Chu

5.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่า r

การวิเคราะห์ค่า r ในงานวิจัยนี้ดำเนินการวิเคราะห์ โดย 2 วิธี คือ ค่า r ที่คำนวณจากข้อมูลชลภาพน้ำฝนโดยตรง และค่า r ที่คำนวณจากชลภาพน้ำฝนที่แบ่งออกเป็นช่วงเวลาย่อย ดังที่กล่าวไว้ในละเอียดในข้อ 3.1.4 และได้หาค่า r ที่คำนวณได้ทั้ง 2 วิธีไปใช้ในการออกแบบชลภาพน้ำฝนวิธี Yen and Chow และวิธี Kiefer and Chu และนำมาเปรียบเทียบกับชลภาพน้ำฝนที่วัดได้จริง แล้วเลือกค่า r ที่ทำให้ชลภาพฝนออกแบบมีรูปร่างใกล้เคียงกับชลภาพน้ำฝนที่วัดได้จริง และผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 5.3

จากผลการวิเคราะห์พบว่าฝนช่วงเวลา 30 นาที โดยมีค่าความลึกฝนอยู่ในช่วง 20 – 70 มิลลิเมตร ค่า r ของวิธีที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0.29 – 0.44 และวิธีที่ 2 ค่า r มีค่าอยู่ในช่วง 0.35 – 0.48 ซึ่งจะเห็นว่าค่า r ในช่วงเวลา 30 นาทีของทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนฝนในช่วงเวลา 60 นาที โดยมีค่าความลึกฝนอยู่ในช่วง 29.7 – 106.5 มิลลิเมตร ค่า r ของวิธีที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0.27 – 0.41 และในวิธีที่ 2 ค่า r มีค่าอยู่ในช่วง 0.28 – 0.42 ซึ่งจะเห็นว่าค่า r ในช่วงเวลา 60 นาทีของทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม

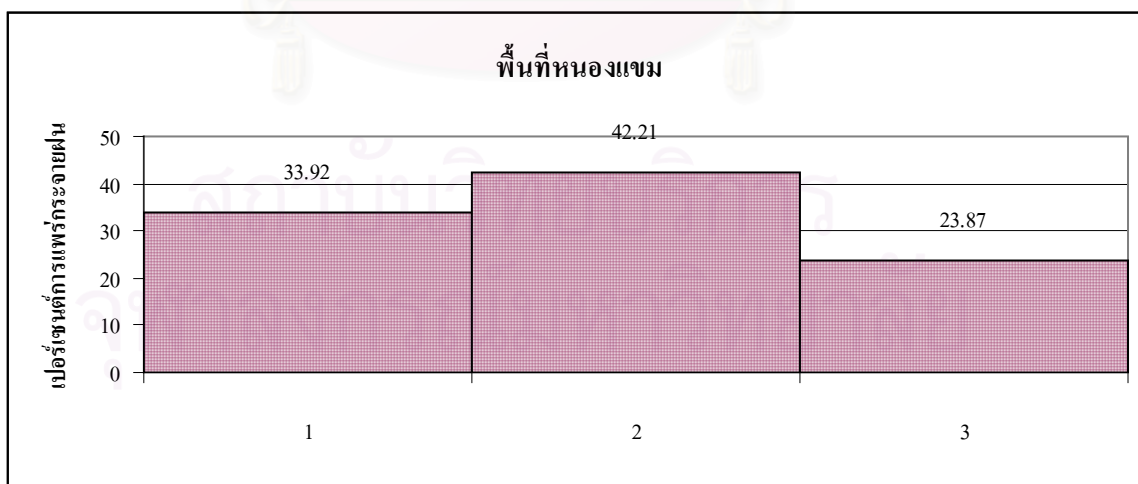
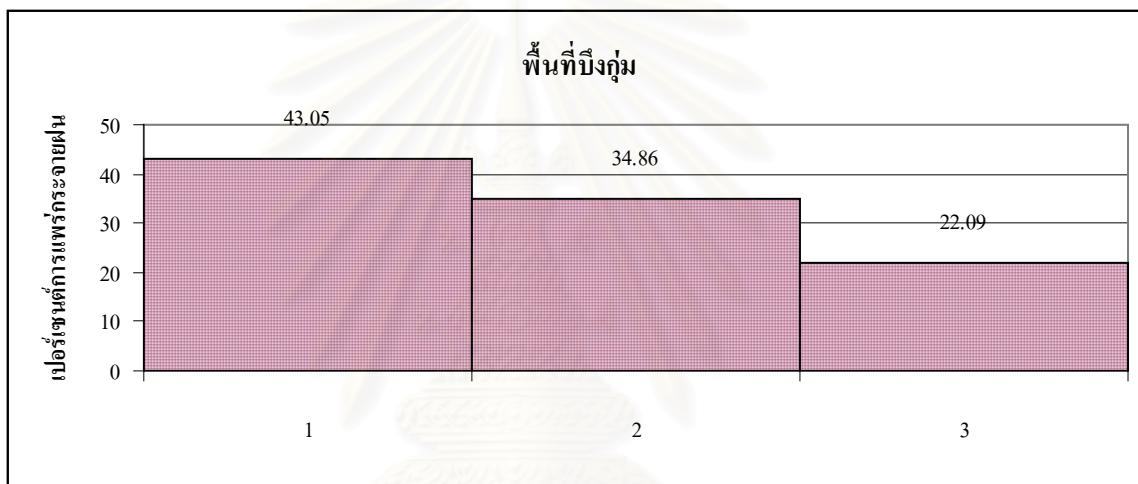
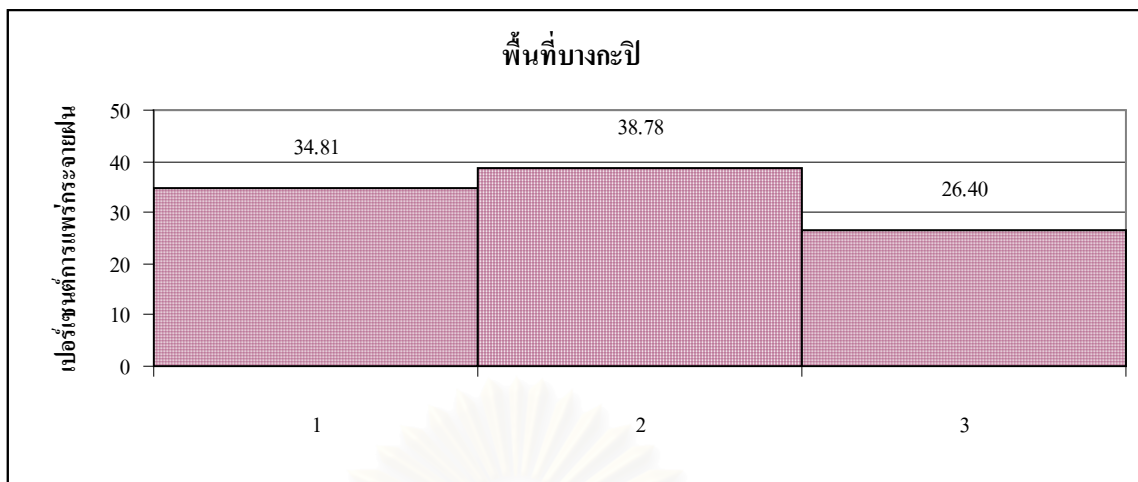
| พื้นที่ | ค่า r วิธีที่ 1 | | ค่า r วิธีที่ 2 | |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | ช่วงเวลา 30 นาที | ช่วงเวลา 60 นาที | ช่วงเวลา 30 นาที | ช่วงเวลา 60 นาที |
| บางกะปิ | 0.44 | 0.41 | 0.48 | 0.42 |
| บึงกุ่ม | 0.29 | 0.33 | 0.35 | 0.34 |
| หนองแขม | 0.42 | 0.27 | 0.41 | 0.28 |

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ชลภาพฝนอกแบบวิธี Pilgrim and Cordery

ชลภาพฝนอกแบบวิธีนี้ใช้หลักการการหารูปแบบเฉลี่ยการกระจายของฝที่มีการบันทึกไว้ในอดีตของพื้นที่ที่พิจารณา มาใช้ในการออกแบบชลภาพฝดังกล่าวรายละเอียดไว้ในข้อ 3.1.1 และจากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.1 5.2 และ 5.3

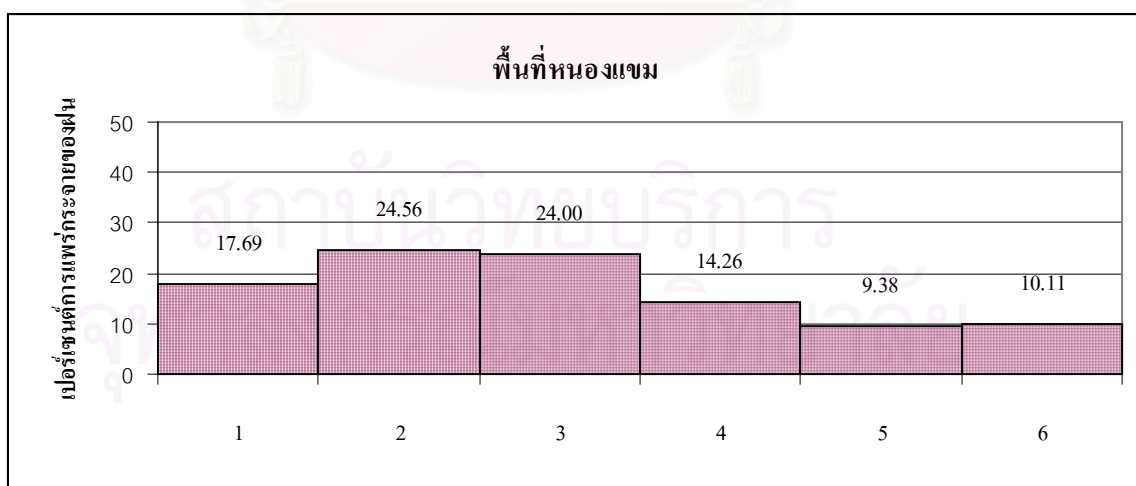
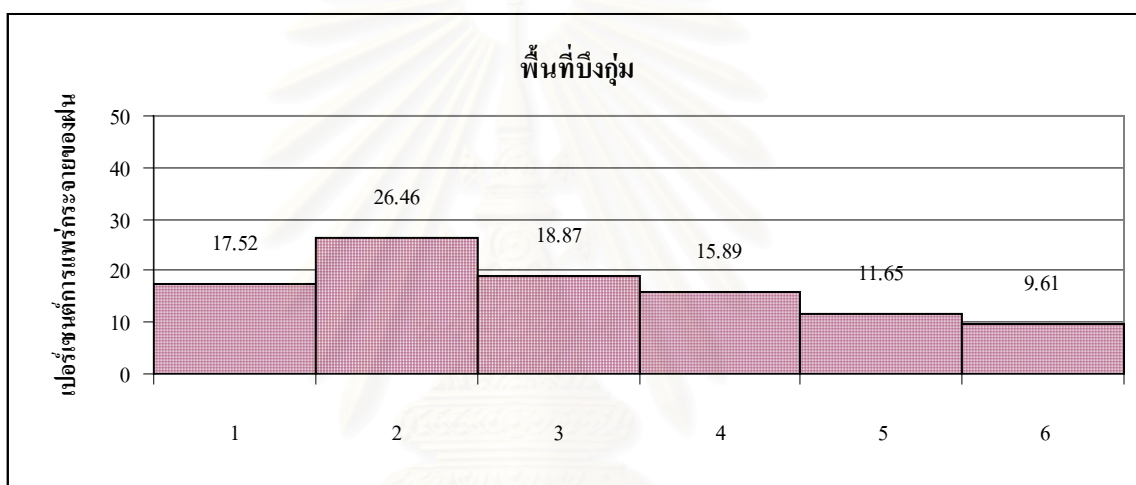
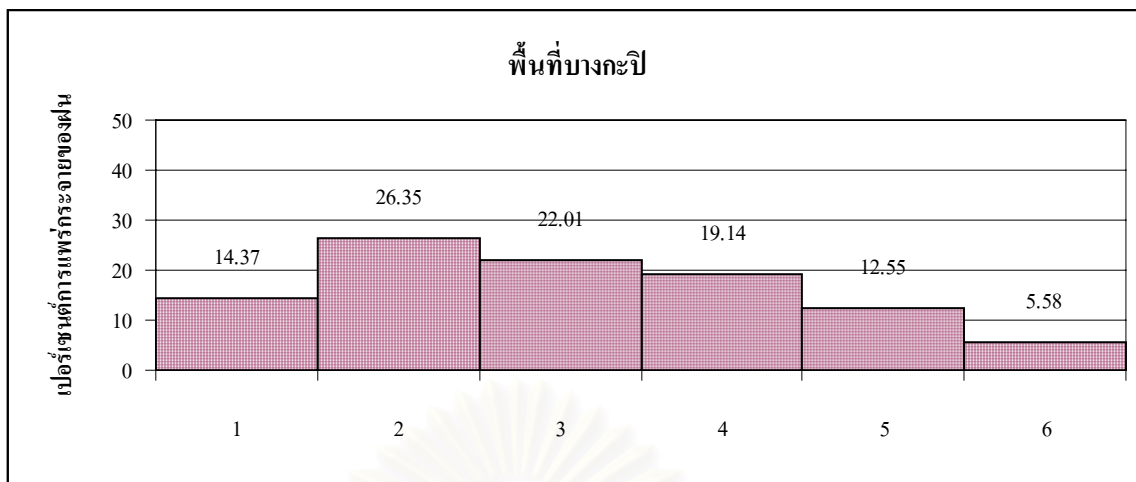
ตารางที่ 5.4 เปอร์เซนต์รูปแบบการกระจายของฝของวิธี Pilgrim and Cordery ในพื้นที่ บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม

| พื้นที่ | ฝนช่วงเวลา 30 นาที | | | ฝนช่วงเวลา 60 นาที | | | | | |
|---------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| บางกะปิ | 34.81 | 38.78 | 26.40 | 14.37 | 26.35 | 22.01 | 19.14 | 12.55 | 5.58 |
| บึงกุ่ม | 43.05 | 34.86 | 22.09 | 17.52 | 26.46 | 18.87 | 15.89 | 11.65 | 9.61 |
| หนองแขม | 33.92 | 42.21 | 23.87 | 17.69 | 24.56 | 24.00 | 14.26 | 9.38 | 10.11 |

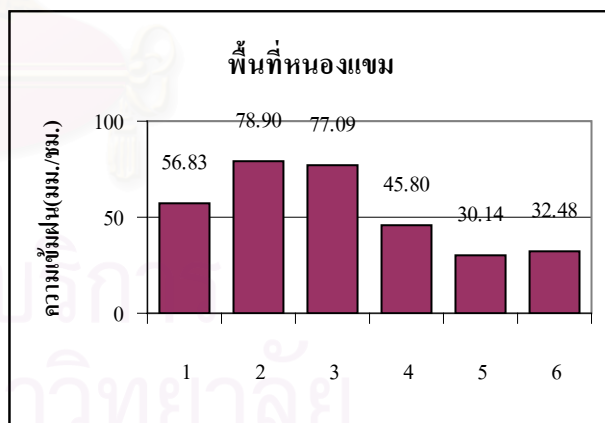
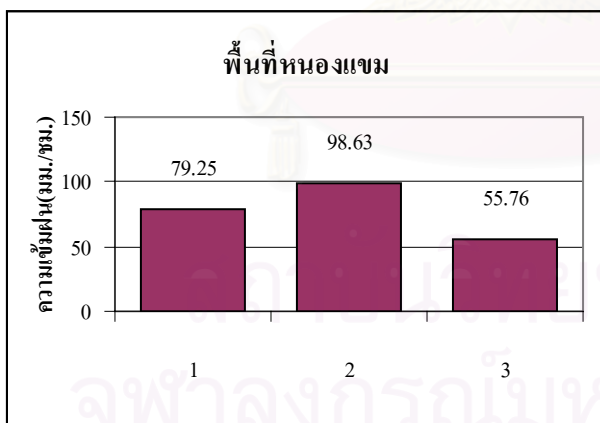
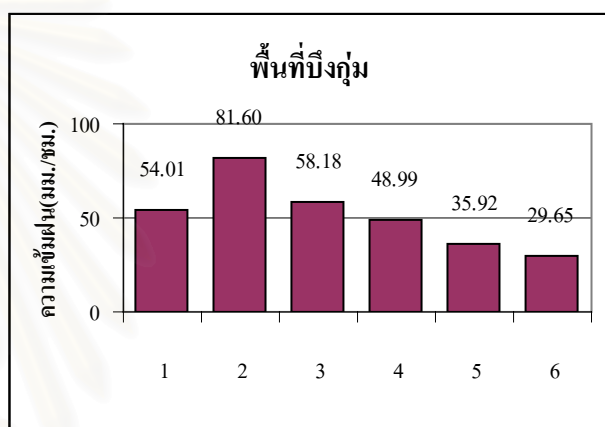
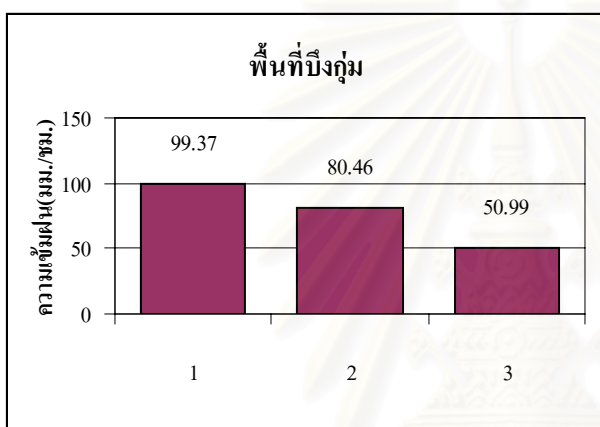
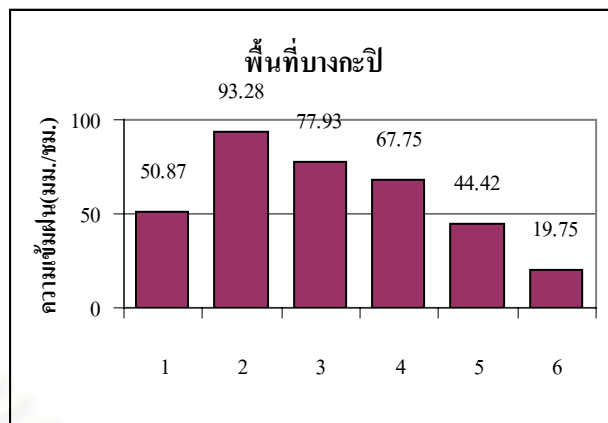
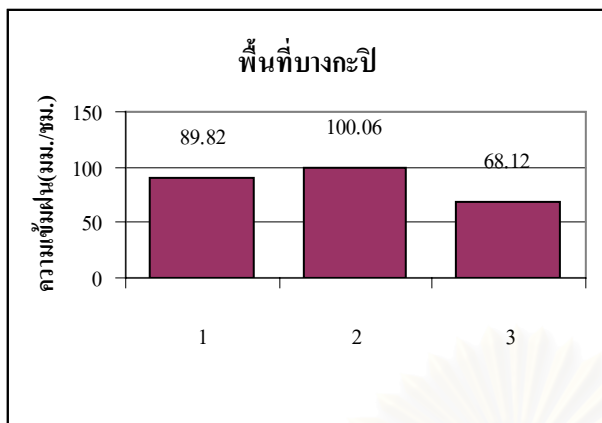


รูปที่ 5.1 รูปแบบของการแพร่กระจายของฝน 30 นาที พื้นที่ บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม

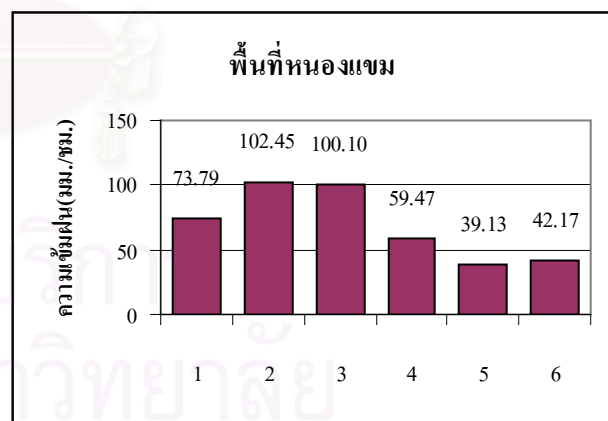
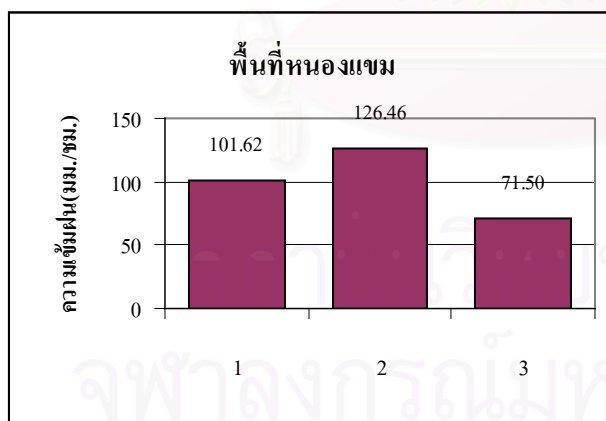
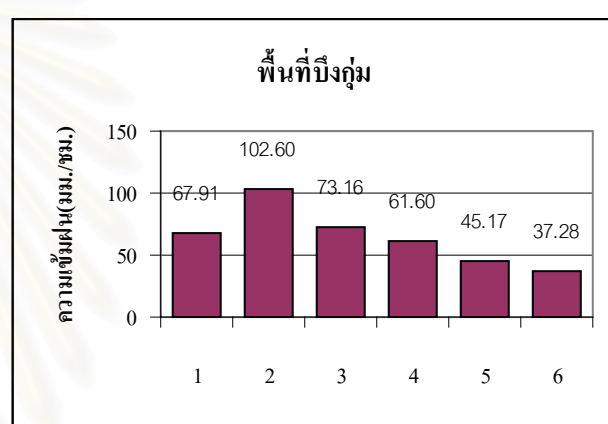
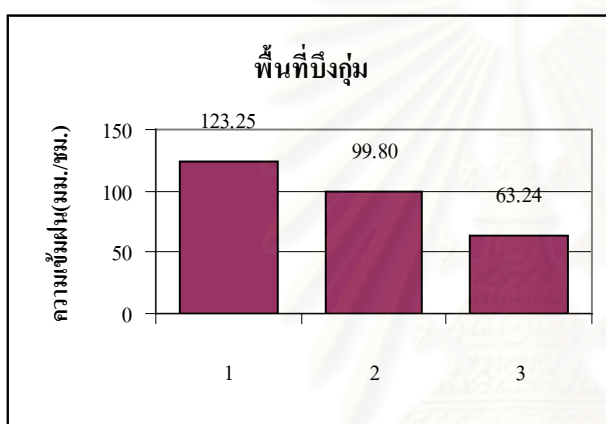
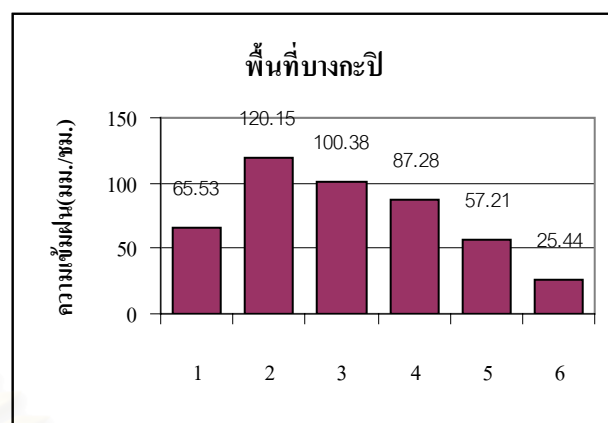
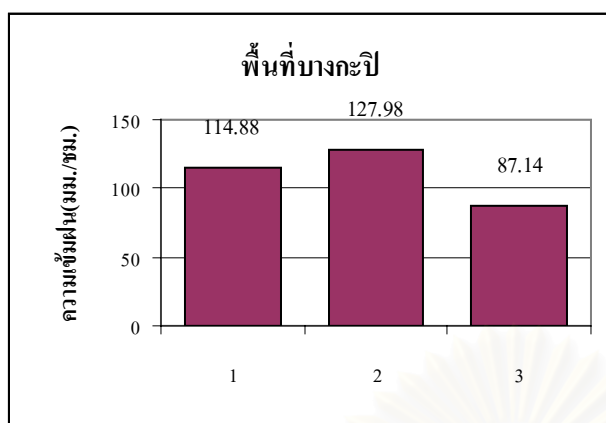
วิธี Pilgrim and Cordery



รูปที่ 5.2 รูปแบบของการแพร่กระจายของฝน 60 นาที พื้นที่ บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม
วิธี Pilgrim and Cordery



รูปที่ 5.3 ฝนออกแบบโดยวิธี Pilgrim and Cordery ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที ที่คาบการเกิด 2 ปี



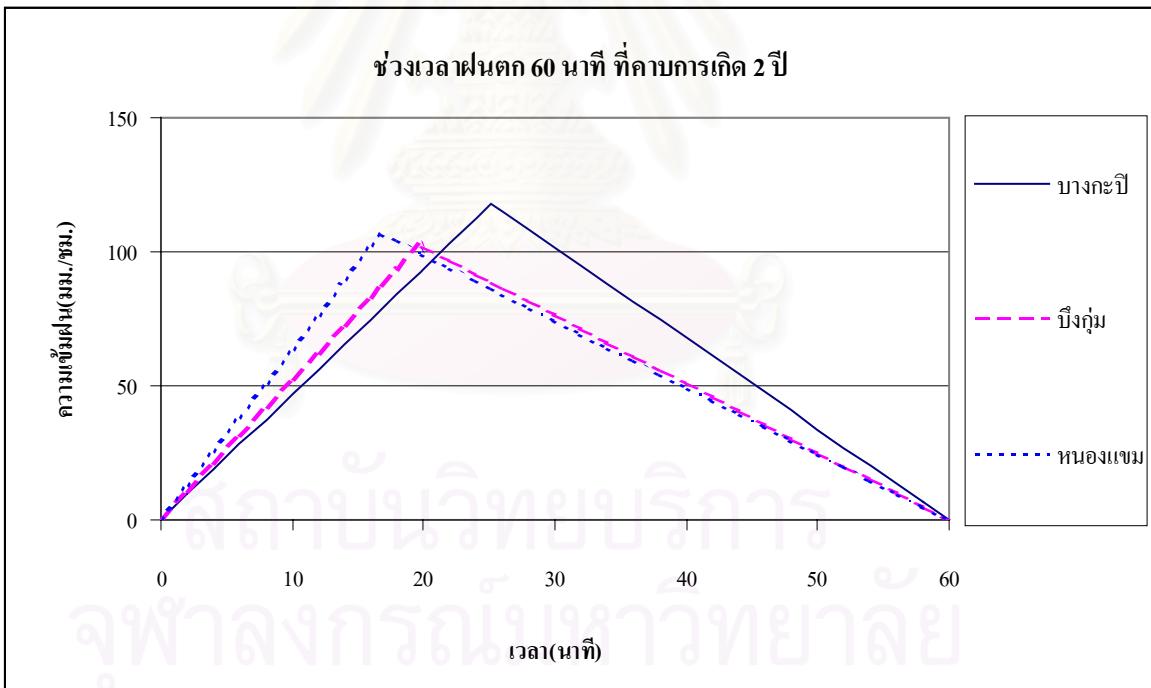
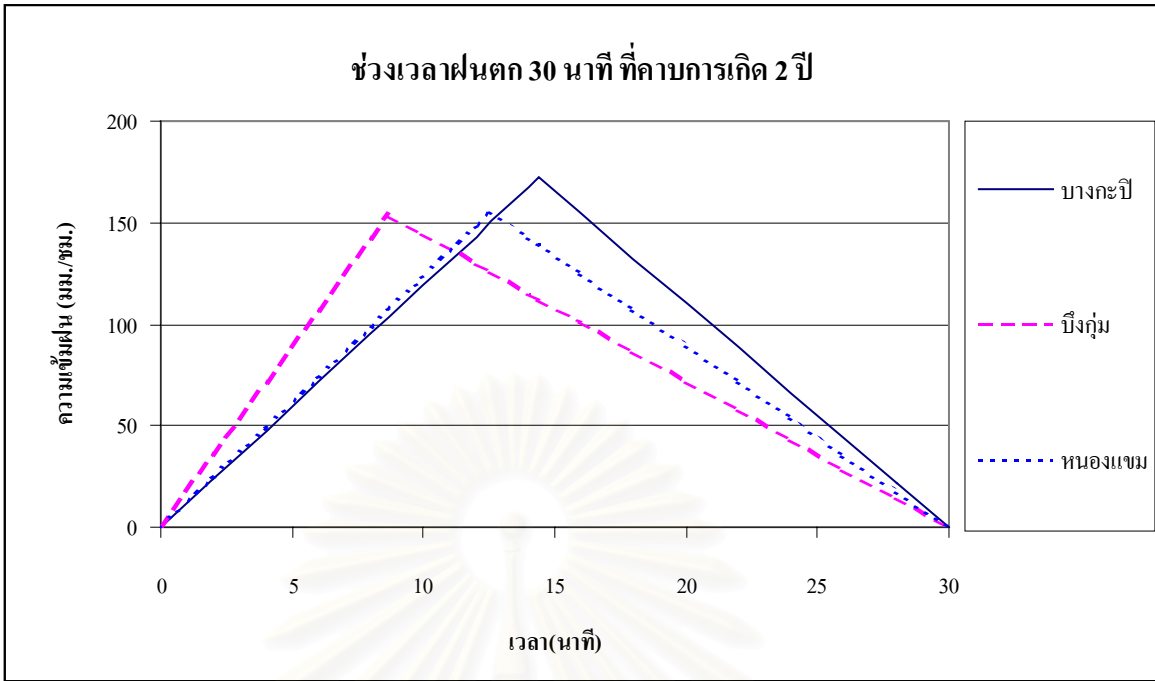
รูปที่ 5.4 ฝนอกแบบโดยวิธี Pilgrim and Cordery ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที
ที่คาบการเกิด 5 ปี

5.3.3 ผลการวิเคราะห์ชลภาพฝนออกแบบวิธี Yen and Chow

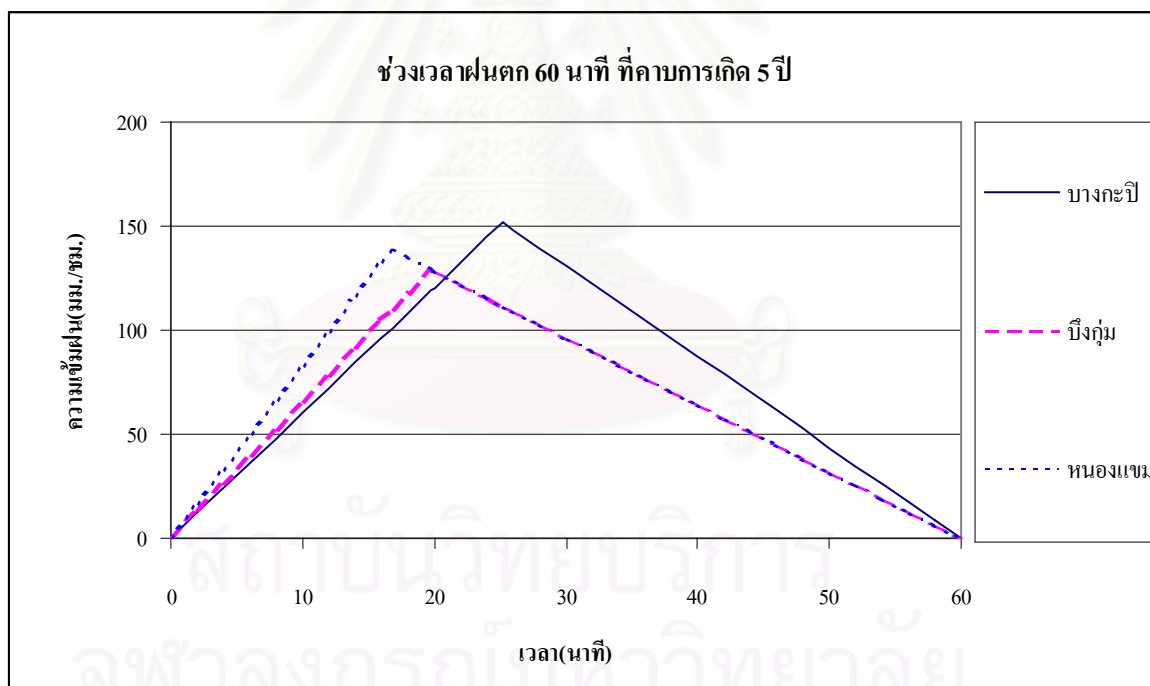
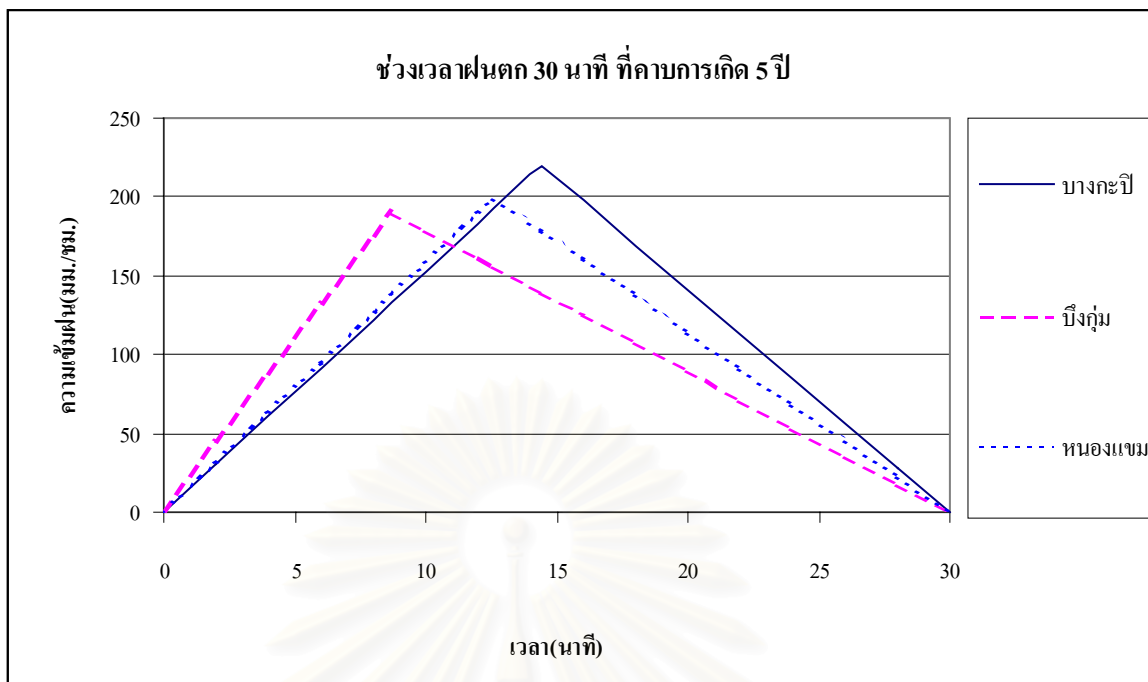
วิธี Yen and Chow เป็นการออกแบบชลภาพฝนเป็นรูปแบบสามเหลี่ยมโดยกำหนดรูปร่างจากค่า r จากการคัดเลือกค่า r โดยใช้ค่า r ทั้ง 2 วิธี ออกแบบชลภาพน้ำฝน และนำไปเปรียบเทียบชลภาพน้ำฝนที่เกิดขึ้นจริงโดยพิจารณาค่า r ที่ให้ค่า bias และ relative standard error ต่ำ จะได้ค่า r ที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ และช่วงเวลาการเกิดฝนดังแสดงในตารางที่ 5.5 และชลภาพฝนออกแบบวิธี Yen and Chow ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาทีที่คาบการเกิด 2 ปี และ 5 ปี ของแต่ละพื้นที่แสดงในรูปที่ 5.5 และ 5.6

ตารางที่ 5.5 ค่า r ที่ใช้ในการออกแบบชลภาพฝนโดยวิธี Yen and Chow

| พื้นที่ | r | |
|---------|----------------------|----------------------|
| | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที |
| บางกะปิ | 0.48 | 0.42 |
| บึงกุ่ม | 0.29 | 0.33 |
| หนองแขม | 0.42 | 0.28 |



รูปที่ 5.5 ซลภาพฝนออกแบบวิธี Yen and Chow ที่คาบการเกิด 2 ปี



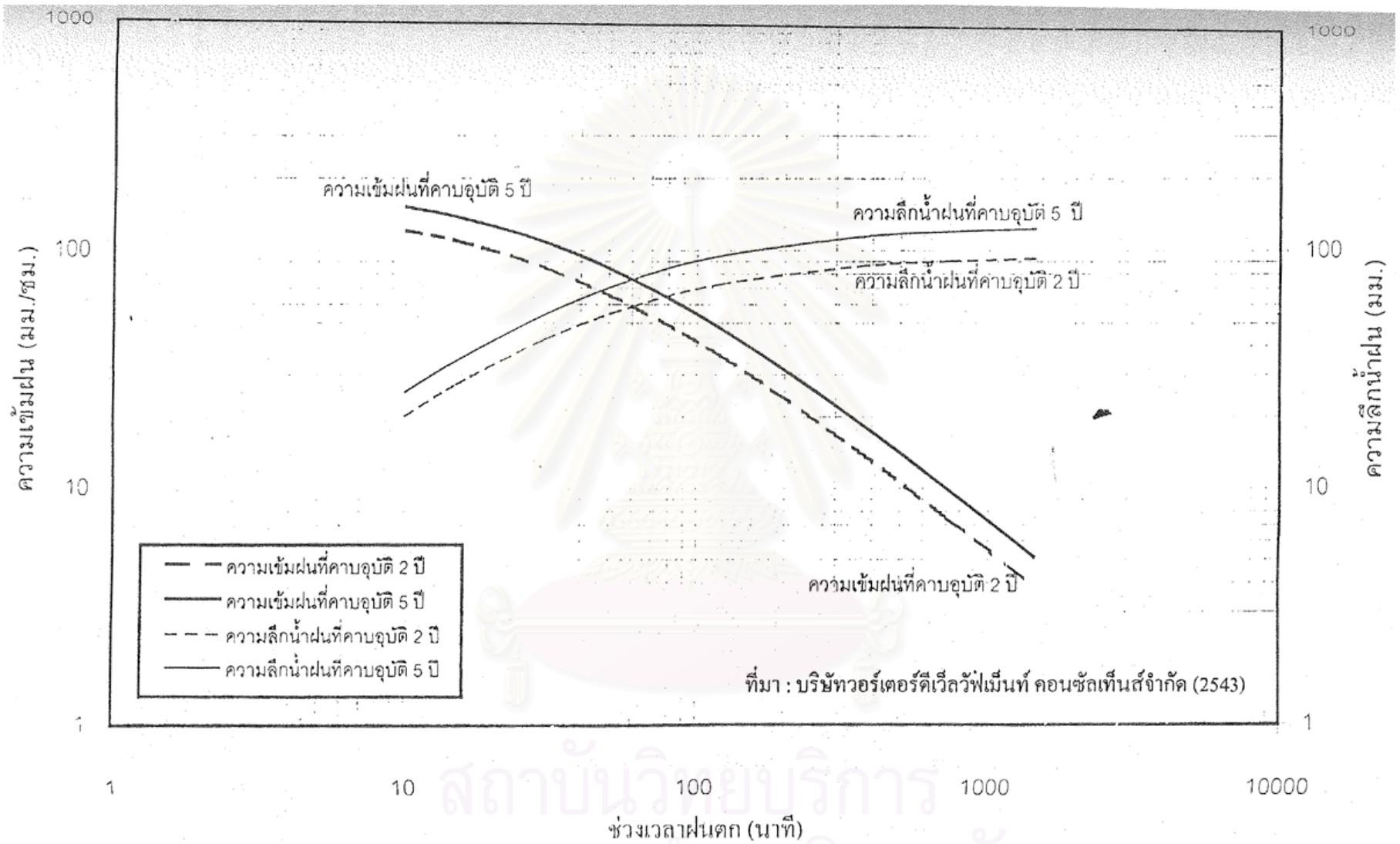
รูปที่ 5.6 ชลภาพฝนออกแบบวิธี Yen and Chow ที่คาบการเกิด 5 ปี

5.3.4 ผลการวิเคราะห์ชลภาพฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu

วิธี Kiefer and Chu เป็นการออกแบบชลภาพฝนที่ใช้ไค้ความสัมพันธ์ ความเข้มฝน ช่วงเวลา และคาบการเกิด (IDF Curve) โดย IDF Curve ของพื้นที่ บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม แสดงไว้ในรูปที่ 5.7 5.8 และ 5.9 และกำหนดรูปร่างชลภาพฝนออกแบบโดยค่า r จากการคัดเลือกค่า r โดยใช้ค่า r ทั้ง 2 วิธี ออกแบบชลภาพน้ำฝน และนำไปเปรียบเทียบชลภาพน้ำฝนที่เกิดขึ้นจริงโดยพิจารณาค่า r ที่ให้ค่า bias และ relative standard error ต่ำ จะได้ค่า r ที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ และช่วงเวลาดมตก ดังแสดงในตารางที่ 5.6 พบว่าค่า r สำหรับวิธี Kiefer and Chu เป็นค่า r ค่าเดียวกับ วิธี Yen and Chow จำนวน 4 ค่า แต่แตกต่างกันเล็กน้อย 2 ค่า และชลภาพฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu ช่วงเวลาดมตก 30 นาที และ 60 นาทีที่คาบการเกิด 2 ปี และ 5 ปี ของแต่ละพื้นที่แสดงในรูปที่ 5.10 และ 5.11

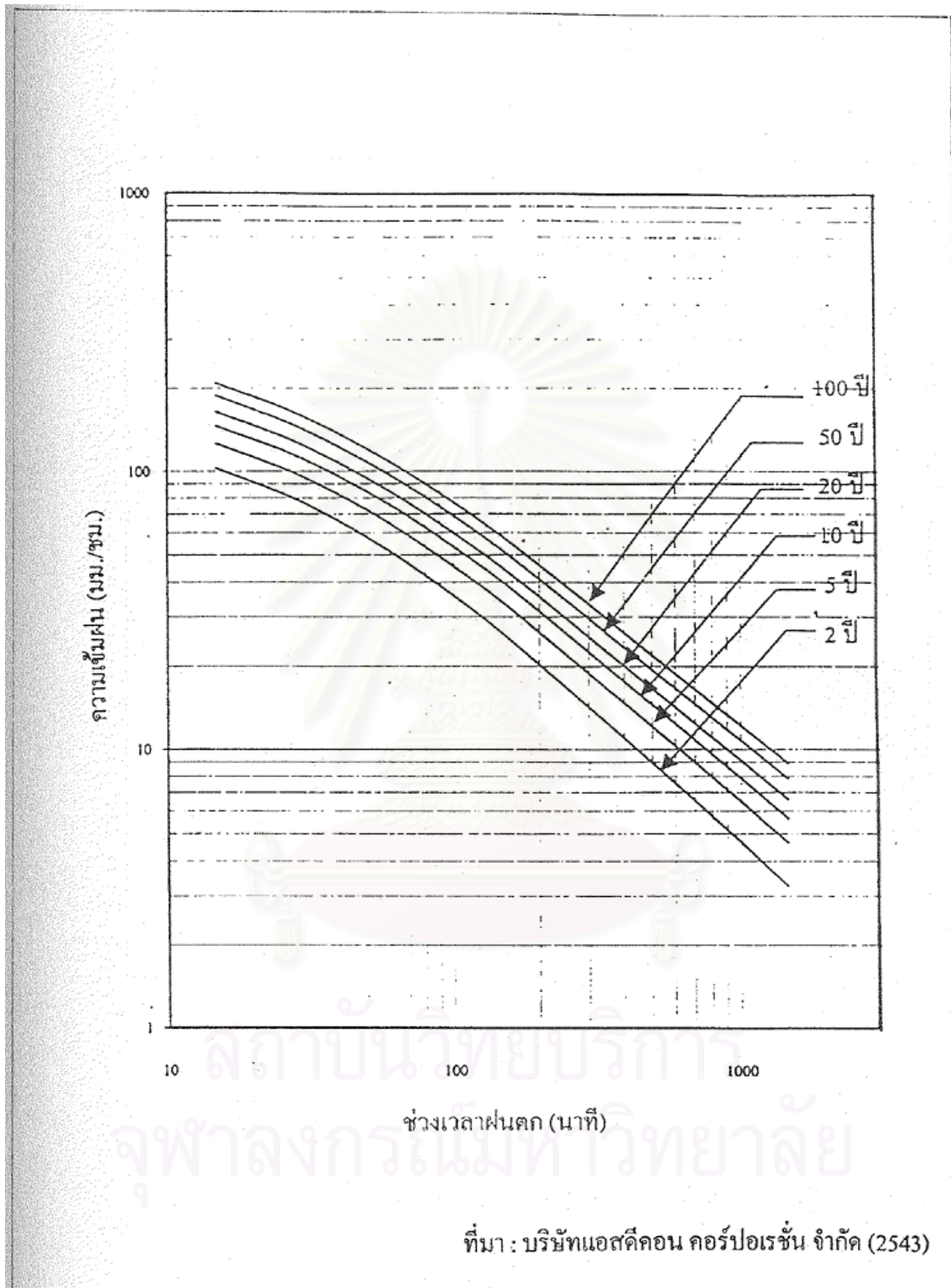
ตารางที่ 5.6 ค่า r ที่ใช้ในการออกแบบชลภาพฝนโดยวิธี Kiefer and Chu

| พื้นที่ | r | |
|---------|----------------------|----------------------|
| | ช่วงเวลาดมตก 30 นาที | ช่วงเวลาดมตก 60 นาที |
| บางกะปิ | 0.44 | 0.42 |
| บึงกุ่ม | 0.29 | 0.33 |
| หนองแขม | 0.42 | 0.27 |

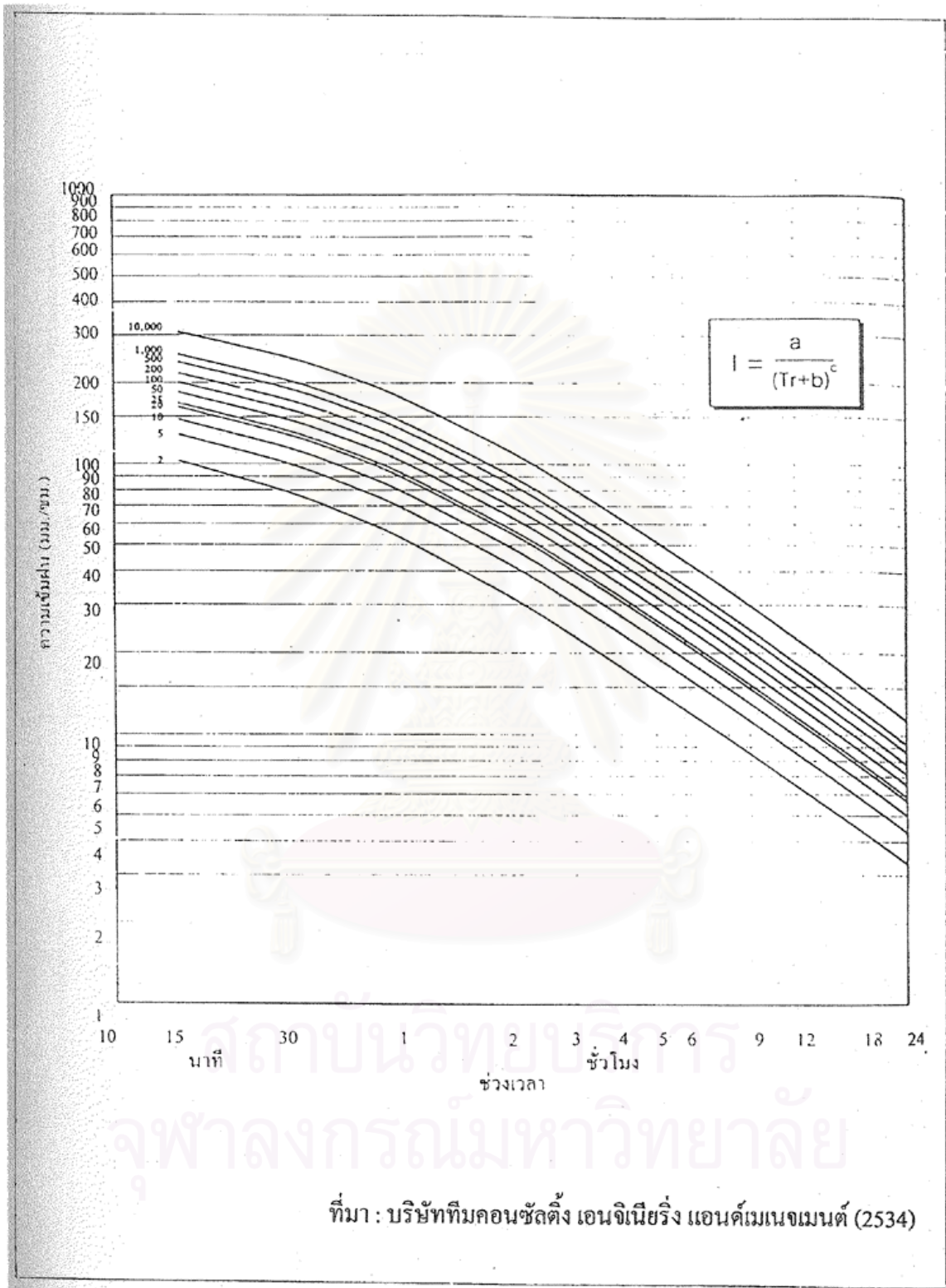


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

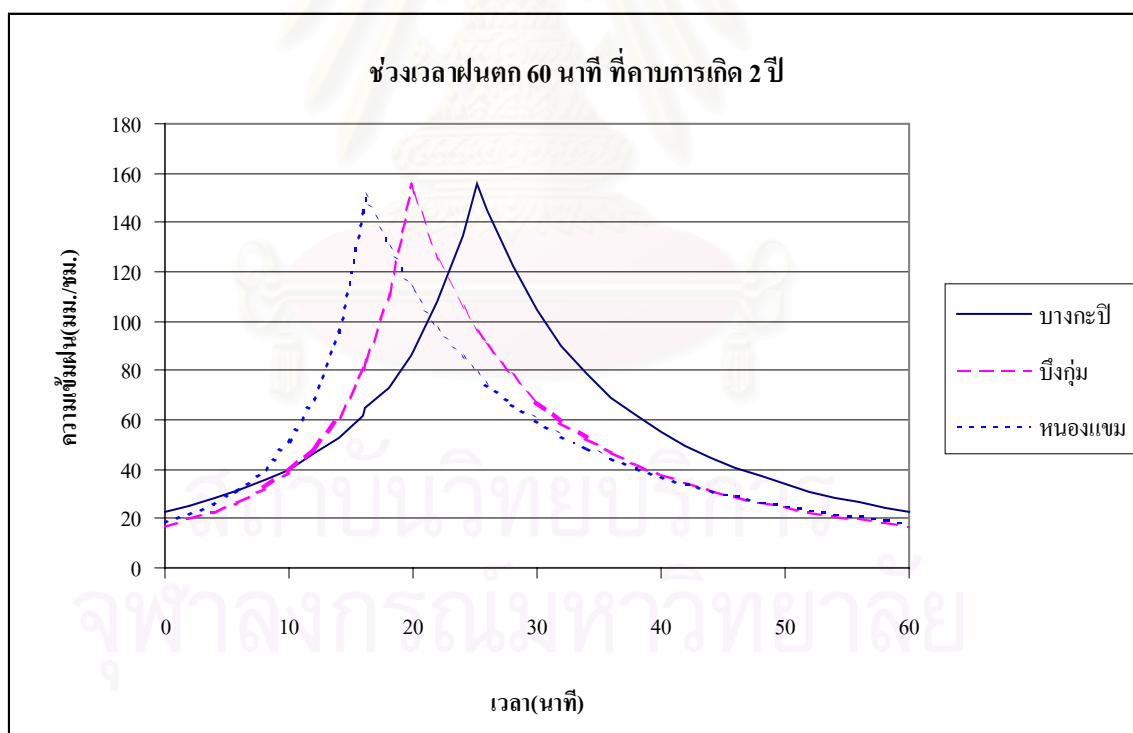
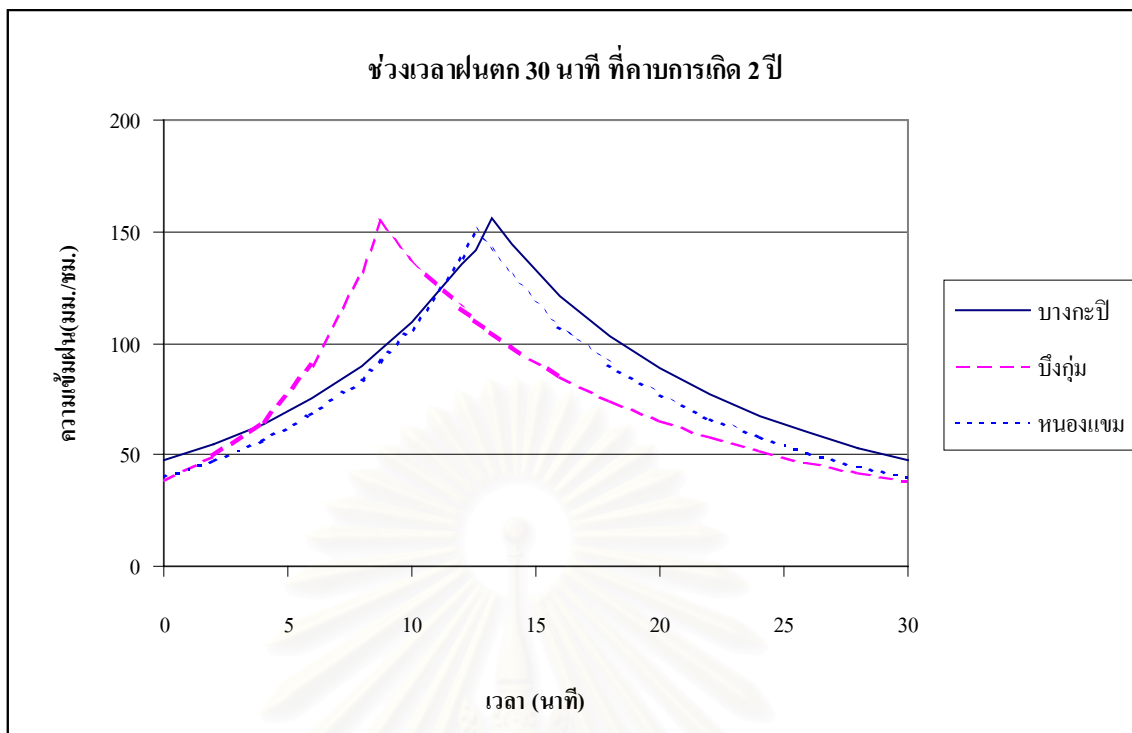
รูปที่ 5.7 IDF Curve ในพื้นที่เขตบางกะปิ



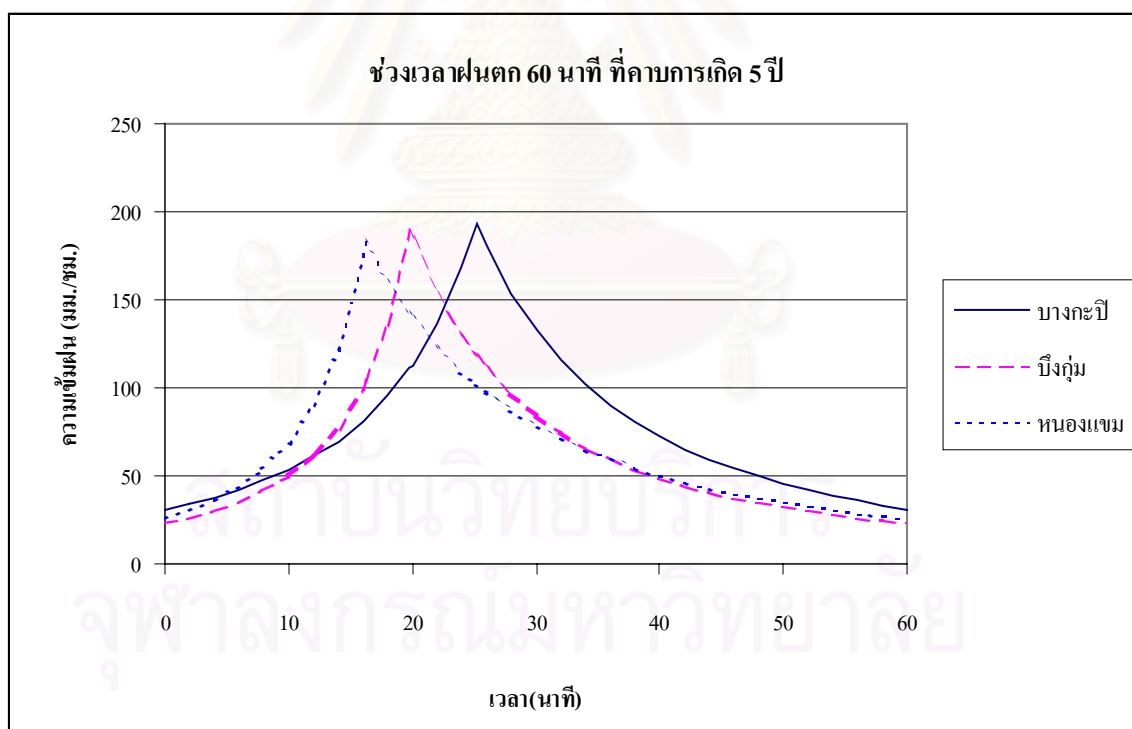
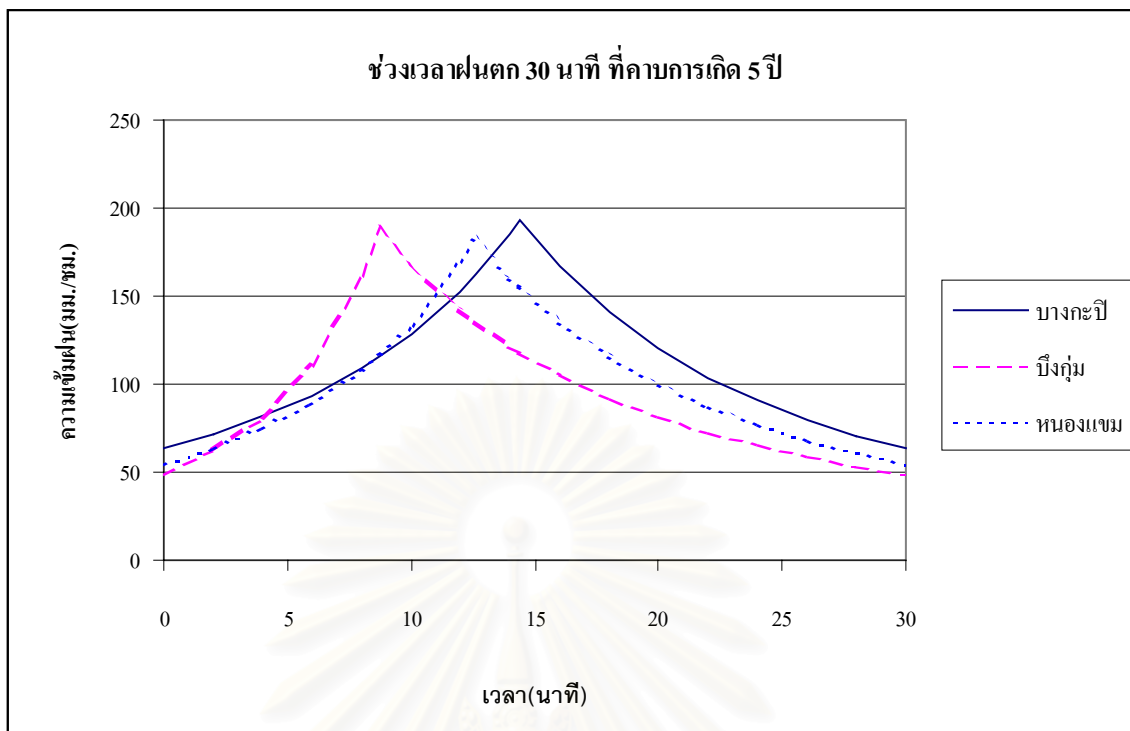
รูปที่ 5.8 IDF Curve ในพื้นที่เขตบึงกุ่ม



รูปที่ 5.9 IDF Curve ในพื้นที่เขตหนองแขม



รูปที่ 5.10 สภาพฝนนอกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu ที่คาบการเกิด 2 ปี



รูปที่ 5.11 สภาพฝนออกแบบโดยวิธี Kiefer and Chu ที่คาบการเกิด 5 ปี

5.3.5 ผลการเปรียบเทียบชลภาพน้ำฝนที่วัดจริงกับชลภาพน้ำฝนออกแบบโดยวิธีต่างๆ

ในการเปรียบเทียบชลภาพน้ำฝนจะทำการเปรียบเทียบในสองส่วนคือ ส่วนแรกทำการเปรียบเทียบความเข้มฝนสูงสุดของชลภาพฝนตกจริงกับความเข้มฝนสูงสุดของชลภาพฝนออกแบบโดยวิธีต่างๆ ในการคัดเลือกข้อมูลฝนตกจริงจะใช้โค้งความเข้มฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิด (IDF Curve) โดยกำหนดคาบการเกิด และช่วงเวลาฝนตก แล้วคำนวณหาค่าความลึกฝน จากนั้นจึงทำการคัดเลือกเหตุการณ์ฝนที่มีช่วงเวลาฝนตกตามที่กำหนด และความลึกฝนใกล้เคียงกับความลึกฝนที่คำนวณได้จาก IDF Curve ดังแสดงในตารางที่ 5.7 พบว่าความเข้มฝนจริงมีความผันแปรมากในแต่ละพื้นที่ และวิธี Kiefer and Chu ให้ผลการคำนวณค่าความเข้มฝนสูงสุดใกล้เคียงกับความเข้มฝนสูงสุดเฉลี่ยที่วัดได้ในพื้นที่บางกะปิมากที่สุด โดยมีผลต่างจากความเข้มฝนสูงสุดเฉลี่ย 9.8 % และในพื้นที่

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบความเข้มฝนสูงสุดของฝนตกจริง กับวิธีออกแบบชลภาพฝนต่างๆ

| พื้นที่ | ชลภาพฝน | ความเข้มฝนสูงสุดคาบการเกิด 2 ปี | | ความเข้มฝนสูงสุดคาบการเกิด 5 ปี | |
|---------|---------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
| | | ช่วงเวลา 30 นาที | ช่วงเวลา 60 นาที | ช่วงเวลา 30 นาที | ช่วงเวลา 60 นาที |
| | | มม./ชม. | มม./ชม. | มม./ชม. | มม./ชม. |
| บางกะปิ | ฝนตกจริง | 120 - 210 | 150 - 210 | 135 - 210 | ไม่มีข้อมูล |
| | ค่าเฉลี่ย | (165) | (180) | (172.5) | |
| | Pilgrim and Cordery | 100 | 93 | 128 | 120 |
| | Yen and Chow | 172 | 118 | 220 | 152 |
| | Kiefer and Chu | 156 | 156 | 193 | 193 |
| บึงกุ่ม | ฝนตกจริง | 150 - 105 | 135 - 102 | ไม่มีข้อมูล | ไม่มีข้อมูล |
| | ค่าเฉลี่ย | (127.5) | (118.5) | | |
| | Pilgrim and Cordery | 99 | 82 | 123 | 103 |
| | Yen and Chow | 154 | 103 | 191 | 129 |
| | Kiefer and Chu | 155 | 155 | 189 | 189 |
| หนองแขม | ฝนตกจริง | ไม่มีข้อมูล | ไม่มีข้อมูล | ไม่มีข้อมูล | ไม่มีข้อมูล |
| | Pilgrim and Cordery | 99 | 79 | 127 | 102 |
| | Yen and Chow | 156 | 107 | 200 | 139 |
| | Kiefer and Chu | 151 | 151 | 183 | 183 |

บึงกลุ่ม วิธี Yen and Chow ให้ผลการคำนวณค่าความเข้มฝนสูงสุดใกล้เคียงกับความเข้มฝนสูงสุดเฉลี่ยที่วัดได้มากที่สุด โดยมีผลต่างจากความเข้มฝนสูงสุดเฉลี่ย 15.1 %

ส่วนที่สองทำการเปรียบเทียบรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงกับรูปร่างชลภาพฝนออกแบบพัฒนาทุกช่วงเวลา 2 นาทีโดยวิธีต่างๆ โดยใช้ Bias และ Relative Standard Error เป็นตัววัดความสอดคล้องกับชลภาพฝนตกจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.8 และตารางที่ 5.9 พบว่าฝนช่วงเวลา 30 นาที วิธี Kiefer and Chu โดยใช้ค่า r วิธีที่ 1 ให้ผลการคำนวณชลภาพฝนใกล้เคียงกับข้อมูลชลภาพฝนที่วัดได้มากที่สุด และชลภาพฝนที่คำนวณได้จะมีค่ามากกว่าชลภาพฝนจริง และฝนช่วงเวลา 60 นาที วิธี Yen and Chow โดยใช้ค่า r วิธีที่ 2 ให้ผลการคำนวณชลภาพฝนใกล้เคียงกับข้อมูลชลภาพฝนที่วัดได้มากที่สุด และชลภาพฝนที่คำนวณได้จะมีค่าน้อยกว่าชลภาพฝนจริง

ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบวิธีออกแบบชลภาพฝนวิธีต่างๆกับชลภาพฝนจริงโดยใช้ Bias และ Relative Standard Error (RSE)

| พื้นที่ | วิธี | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | วิธี | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | |
|----------|---------------------|----------------------|-------|---------------------|----------------------|-------|
| | | Bias | RSE | | Bias | RSE |
| บางกะปิ | P and C | 0.000 | 0.515 | P and C | -0.009 | 1.725 |
| | Y and C($r=0.44$) | -0.052 | 0.583 | Y and C($r=0.41$) | -0.009 | 1.432 |
| | Y and C($r=0.48$) | -0.034 | 0.581 | Y and C($r=0.42$) | -0.010 | 1.420 |
| | K and C($r=0.44$) | 0.109 | 0.462 | K and C($r=0.41$) | 0.403 | 2.910 |
| | K and C($r=0.48$) | 0.114 | 0.470 | K and C($r=0.42$) | 0.404 | 2.891 |
| บึงกลุ่ม | P and C | 0.000 | 0.378 | P and C | 0.000 | 1.654 |
| | Y and C($r=0.29$) | -0.054 | 0.389 | Y and C($r=0.33$) | -0.003 | 1.412 |
| | Y and C($r=0.35$) | -0.041 | 0.422 | Y and C($r=0.34$) | -0.005 | 1.415 |
| | K and C($r=0.29$) | 0.297 | 0.409 | K and C($r=0.27$) | 0.316 | 1.981 |
| | K and C($r=0.35$) | 0.313 | 0.438 | K and C($r=0.28$) | 0.305 | 2.007 |
| หนองแขม | P and C | 0.000 | 1.321 | P and C | 0.000 | 1.608 |
| | Y and C($r=0.42$) | -0.035 | 1.194 | Y and C($r=0.27$) | -0.003 | 1.170 |
| | Y and C($r=0.41$) | -0.021 | 1.210 | Y and C($r=0.28$) | -0.009 | 1.152 |

หมายเหตุ : P and C = Pilgrim and Cordery, Y and C = Yen and Chow, K and C = Kiefer and Chu

ตารางที่ 5.9 ค่า Bias และ Relative Standard Error เฉลี่ยของการเปรียบเทียบวิธีออกแบบชลภาพฝนวิธีต่างๆ

| วิธี | ฝนช่วงเวลา 30 นาที | | | | | ฝนช่วงเวลา 60 นาที | | | | |
|------|--------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| | P and C | Y and C | Y and C | K and C | K and C | P and C | Y and C | Y and C | K and C | K and C |
| | | r วิธีที่1 | r วิธีที่2 | r วิธีที่1 | r วิธีที่2 | | r วิธีที่1 | r วิธีที่2 | r วิธีที่1 | r วิธีที่2 |
| Bias | 0.00 | -0.05 | -0.03 | 0.20 | 0.21 | 0.00 | -0.01 | -0.01 | 0.36 | 0.35 |
| RSE | 0.74 | 0.72 | 0.74 | 0.44 | 0.45 | 1.66 | 1.34 | 1.33 | 2.45 | 2.45 |

5.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า

5.4.1 ผลการวิเคราะห์เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

การวิเคราะห์เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (t_c) สำหรับแต่ละพื้นที่ดำเนินการโดยคำนวณค่า t_c ของทุกเหตุการณ์แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นค่า t_c ตัวแทนของกลุ่มน้ำนั้นๆ และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในรูปสมการถดถอยสหสัมพันธ์ระหว่างค่า t_c และลักษณะทางกายภาพของระบบระบายน้ำ (ตารางที่ ค-1) โดยใช้เทคนิคการนำเข้า (enter) และมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์คือ ช่วงการทำนาย (Prediction Interval) 95 เปอร์เซ็นต์ และระดับนัยสำคัญของ F (probability of F) ในการเลือกตัวแปรเข้าเป็น 0.05 และการเลือกตัวแปรออกเป็น 0.1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) = 0.94 โดยแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t_c จริงกับ t_c จากสมการที่ 5.1 ในรูปที่ ค-2 และได้ผลการวิเคราะห์ดังสมการที่ 5.1

$$t_c = 908.974 + 0.0000267A - 655.785EFT - 0.816IMP - 0.026L_L - 46782.6S_L + 33516.52S_M \quad (5.1)$$

โดย t_c = เวลาของการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก (นาที)

A = ขนาดพื้นที่ระบายน้ำ (ตารางเมตร)

EFT = แฟกเตอร์ของ Espey (รูป ค-1 หน้า 250)

IMP = เปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่ขังน้ำ

L_L = ความยาวของทางน้ำที่ยาวที่สุด (เมตร)

S_L = ความลาดชันของทางน้ำที่ยาวที่สุด

S_M = ความลาดชันของทางระบายน้ำหลัก

จากตารางที่ 5.10 และตารางที่ 5.11 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างค่า t_c ที่วัดได้ และค่า t_c ที่คำนวณได้โดยสูตรต่างๆ ได้แก่ สูตรของ Carter, สูตรของ Kirpich สำหรับรัฐเพนซิลวาเนีย และ รัฐเทนเนสซี, สูตรของ Espey – Winslow, สูตรของ Eagleson และสมการที่ 5.1 พบว่าค่า t_c ที่คำนวณได้โดยสมการที่ 5.1 ให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับ t_c ที่วัดได้มากที่สุด และค่า t_c ที่คำนวณได้จะมีค่ามากกว่า t_c ที่วัดได้เล็กน้อย เนื่องจากมีค่า RSE น้อยที่สุด และมีค่า Bias เป็นบวก

ตารางที่ 5.10 ค่า t_c ที่วัดได้จริง และที่คำนวณโดยสูตรต่างๆ

| พื้นที่ | หมายเลข สถานี วัดน้ำท่า | t_c ที่วัดได้ นาที | Carter นาที | Kirpich (Penn) นาที | Kirpich (Tenn) นาที | Espey Winslow นาที | Eagleson นาที | t_c regression นาที |
|------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------|
| บางกะปิ | 5 | 45 | 81 | 48 | 116 | 154 | 18 | 45 |
| | 7-8 | 50 | 686 | 12 | 34 | 95 | 6 | 57 |
| บึงกุ่ม | 5 | 65 | 50 | 28 | 63 | 107 | 12 | 60 |
| หนองแขม | 1 | 49 | 76 | 56 | 107 | 166 | 20 | 55 |
| | 2 | 18 | 28 | 10 | 28 | 114 | 3 | 15 |
| | 3 | 22 | 30 | 12 | 33 | 84 | 3 | 22 |
| จุฬาฯ | 1 | 33 | 18 | 6 | 17 | 54 | 2 | 34 |
| หมู่บ้านชั้นกมลฯ | 1 | 22 | 32 | 13 | 34 | 83 | 6 | 26 |
| ค่าเฉลี่ย | | 38 | 125 | 23 | 54 | 107 | 9 | 39 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 การเปรียบเทียบค่า Bias และ Standard Error ของค่า tc ที่วัดได้จริงกับที่คำนวณได้โดยสูตรต่างๆ

| พื้นที่ | สถานี วัดน้ำท่า | สูตรการคำนวณ tc | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|-----------------|-------|--------------------|-----|--------------------|-----|---------------|------|----------|-----|--------------------|-----|
| | | Carter | | Kirpich (Penn.) | | Kirpich (Tenn.) | | Espey-Winslow | | Eagleson | | tc สมการที่ 5.1 | |
| | | Bias | RSE | Bias | RSE | Bias | RSE | Bias | RSE | Bias | RSE | Bias | RSE |
| บางกะปิ | 5 | 36.4 | 0.7 | 2.9 | 0.0 | 71.4 | 2.6 | 109.5 | 6.0 | -27.1 | 0.4 | 0.6 | 0.0 |
| | 7-8 | 636.0 | 159.7 | -38.0 | 0.6 | -16.6 | 0.1 | 45.0 | 0.8 | -44.7 | 0.8 | 6.9 | 0.0 |
| บึงกุ่ม | 5 | -15.0 | 0.1 | -37.5 | 0.3 | -2.3 | 0.0 | 41.6 | 0.4 | -53.9 | 0.7 | -5.8 | 0.0 |
| หนองแขม | 1 | 27.1 | 0.3 | 6.4 | 0.0 | 58.1 | 1.4 | 116.4 | 5.6 | -29.2 | 0.4 | 5.8 | 0.0 |
| | 2 | 10.0 | 0.3 | -7.7 | 0.2 | 10.3 | 0.3 | 95.5 | 28.2 | -14.5 | 0.7 | -2.9 | 0.0 |
| | 3 | 7.9 | 0.1 | -10.6 | 0.2 | 10.3 | 0.2 | 61.3 | 7.6 | -18.8 | 0.7 | -0.5 | 0.0 |
| จุฬาฯ | 1 | -15.2 | 0.2 | -27.9 | 0.7 | -16.3 | 0.2 | 21.1 | 0.4 | -31.2 | 0.9 | 0.7 | 0.0 |
| ม.ชั้นกมลฯ | 1 | 9.7 | 0.2 | -9.3 | 0.2 | 12.3 | 0.3 | 61.1 | 7.7 | -16.3 | 0.5 | 4.1 | 0.0 |
| ค่าเฉลี่ย | | 87.1 | 4.5 | -15.2 | 0.5 | 15.9 | 0.8 | 68.9 | 2.7 | -29.5 | 0.8 | 1.1 | 0.1 |

5.4.2 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์น้ำท่า

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์น้ำท่า C โดยทำการคำนวณค่า C จำนวน 5 วิธีดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.3 ผลการคำนวณค่า C โดยวิธีต่างๆในแต่ละพื้นที่แสดงในตารางที่ 5.12 พบว่าค่า C ที่คำนวณได้เมื่อพิจารณาค่าของ C สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็น C_p และ C_c และกลุ่มที่สองเป็น C_r , C_L และ C_d การที่ค่า C ทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าต่างกันสามารถสรุปได้เป็น 2 เหตุผลหลัก คือ

1. ความเข้มฝน : เนื่องจากช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน และน้ำท่า ทำการเก็บในช่วงเวลา เดือน สิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2543 เป็นเวลา 2 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สั้น โดยความเข้มฝนเฉลี่ยของข้อมูลที่บันทึกได้ และนำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่า C มีค่าต่ำ เช่นในพื้นที่บางกะปิมีความเข้มฝนเฉลี่ย 47 มม./ชม. ซึ่งโดยปกติค่า C ในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นค่า C มาตรฐานซึ่งใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำจะถูกกำหนดไว้ว่า จะใช้ในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่คาบการเกิดของฝน 2 – 10 ปี เมื่อนำส่วนนี้มาพิจารณาถึงความเข้มฝน ช่วงเวลา และคาบการเกิดของพื้นที่บางกะปิ พบว่า ความเข้มฝนที่คาบการเกิด 2 ปี ที่ช่วงเวลาเท่ากับค่าเวลาการรวมตัวของ

น้ำฝนที่จุดออก (t_c) ที่วัดได้จากข้อมูล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45 นาที พบว่ามีความเข้มข้นเท่ากับ 100 มิลลิเมตร/ชั่วโมง จากหลักการทางอุทกวิทยาจะพบว่า ถ้าความเข้มข้นสูงจะให้ปริมาณของฝนส่วนเกินมากกว่าที่ความเข้มข้นน้อย ดังนั้นค่า C ที่คำนวณได้จากข้อมูลที่วัดนี้ หรือค่า C กลุ่มที่ 1 จึงมีค่าต่ำกว่าค่า C ในกลุ่มที่สอง

ตารางที่ 5.12 ค่า C โดยวิธีต่างๆในพื้นที่ศึกษา

| พื้นที่ | สถานี วัดน้ำท่า | C | | | | |
|-----------------------|--------------------|----------|----------|-------|-------|-------|
| | | C_{tp} | C_{tc} | C_r | C_L | C_d |
| บางกะปิ | 5 (2) | 0.05 | 0.06 | 0.32 | 0.45 | 0.45 |
| | 7-8 (2) | 0.06 | 0.07 | 0.46 | 0.45 | 0.45 |
| บึงกุ่ม | 5 (1) | 0.40 | 0.31 | 0.51 | 0.42 | 0.53 |
| หนองแขม | 1 (3) | 0.27 | 0.27 | 0.34 | 0.33 | 0.38 |
| | 2 (2) | 0.19 | 0.16 | 0.25 | 0.30 | 0.45 |
| | 3 (1) | 0.22 | 0.19 | 0.38 | 0.44 | 0.53 |
| จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | 1 (2) | 0.31 | 0.33 | 0.61 | 0.33 | 0.38 |
| ม.ชั้นกมลนิเวศน์ 5 | 1(2) | 0.10 | 0.10 | 0.36 | 0.40 | 0.38 |

หมายเหตุ

- (1) : พื้นที่ระบายน้ำที่กำหนดเป็นพื้นที่หนาแน่นมาก
- (2) : พื้นที่ระบายน้ำที่กำหนดเป็นพื้นที่หนาแน่นปานกลาง
- (3) : พื้นที่ระบายน้ำที่กำหนดเป็นพื้นที่หนาแน่นน้อย

2. ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ระบายน้ำ : จากการดูแผนที่ และรูปตัดตามยาวของพื้นที่ระบายน้ำที่มีการวัดข้อมูลพบว่า พื้นที่ระบายน้ำมีความลาดชันต่ำ มีพื้นที่ชะลอน้ำ มีพื้นที่การไหลไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีการวางผังเมืองเป็นเหตุให้มีสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ ในบางพื้นที่ระบายน้ำที่ระบายน้ำมีขนาดเล็กทำให้มีความสามารถในการไหลจำกัด และจากการดูแบบรูปตัดตามยาวของท่อระบายน้ำ พบว่าเกือบทุกพื้นที่ระบายน้ำ มีความลาดชันของท้องที่บางช่วงมีค่าความลาดชันเป็นลบ และมีการบำรุงรักษาของระบบท่อระบายน้ำที่ไม่ดี สังเกตได้จากท่อทางออกของพื้นที่ระบายน้ำส่วนใหญ่ที่ทำการติดตั้งเครื่องมีวัชระดับน้ำ และความเร็วการไหลในงานวัด

ครั้งนี้ มีตะกอนมาก จากเหตุผลต่างๆที่ได้กล่าวข้างต้น เป็นเหตุให้อัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำมีค่าต่ำ และมีโค้งการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดินยาว ซึ่งจะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนในพื้นที่บางกะปิ ดังแสดงในรูปที่ 5.13 ถึง 5.16 ทำให้ค่า C_{ic} และ C_{ip} ที่คำนวณได้มีค่าต่ำ ในทางกลับกันค่า C ในกลุ่มที่สอง คือ C_{ic} และ C_{ip} เป็นค่า C มาตรฐานที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้ข้อมูลพื้นที่ระบายน้ำในต่างประเทศ ลักษณะของพื้นที่ที่ระบายน้ำ และท่อระบายน้ำจะมีความลาดชันสูง มีระบบโครงข่ายของท่อระบายน้ำที่สมบูรณ์ มีพื้นที่การไหลที่ต่อเนื่อง ทำให้อัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำมีค่าสูง ทำให้ค่า C ที่คำนวณได้มีค่าสูงด้วย ส่วนค่า C_r เป็นการพิจารณาในแง่ของปริมาตรของน้ำท่าผิวดิน ต่อปริมาตรของฝนที่ตกในพื้นที่ ตัวอย่างเช่นในพื้นที่บางกะปิต่า C_r ที่คำนวณได้ต้องมีค่าสูงกว่าค่า C_{ic} และ C_{ip} เพราะเมื่อพิจารณาชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้พบว่า มีค่าอัตราการไหลออกสูงสุดต่ำ และมีโค้งการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดินยาว ซึ่งค่า C_r พิจารณาในแง่ของปริมาตรของน้ำท่าผิวดินที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาตรของฝนที่ตกในพื้นที่จะต้องมีค่าสูงกว่าค่า C_{ic} และ C_{ip} ที่พิจารณาจากอัตราการไหลสูงสุด

จากผลการศึกษาค่า C ที่คำนวณได้โดยวิธีต่างๆสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่า C ในกลุ่มที่ 1 คือ C_{ip} และ C_{ic} และค่า C ในกลุ่มที่ 2 คือ C_r, C_L และ C_d มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากผลของความเข้มฝน และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่ตั้งได้ชี้แจงรายละเอียดไว้ในข้างต้น
2. จากการศึกษาในพื้นที่ศึกษา 8 พื้นที่ พบว่าค่า C ทั้ง 2 กลุ่มจะมีค่าใกล้เคียงกัน 3 พื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก และมีพื้นที่การไหลต่อเนื่อง แต่มีค่าแตกต่างกันใน 5 พื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ และมีพื้นที่การไหลไม่ต่อเนื่อง เช่น พื้นที่บางกะปิ เป็นต้น
3. ค่า C ในกลุ่มที่ 1 คือ C_{ip} และ C_{ic} ได้ผ่านการทดสอบความถูกต้องของผลการคำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุด โดยเปรียบเทียบกับเหตุการณ์น้ำฝน และน้ำท่าที่เลือก ในช่วงเวลา 2 เดือนที่มีการวัดในครั้ง นี้ โดยมีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ เหตุการณ์ฝนมีความเข้มฝนค่อนข้างน้อยกว่าความเข้มฝนออกแบบที่กำหนดโดยทั่วไป
4. ค่า C_{ic} ให้ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด โดยให้ค่า Bias และ Relative Standard Error ต่ำที่สุดดังแสดงในตารางที่ 5.13 และทำการสรุปค่า C ที่ให้ค่า Relative Standard Error ต่ำที่สุดในแต่ละพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 5.14
5. ถ้าหากพื้นที่ศึกษาที่มีความเข้มฝนที่สูงขึ้นใกล้เคียงกับความเข้มฝนออกแบบ และมีลักษณะทางกายภาพของพื้นที่คล้ายคลึงกับพื้นที่ต้นแบบที่ใช้กำหนดค่า C มาตรฐาน คาดว่าจะทำให้ค่า C ในกลุ่มที่ 1 จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับค่า C ในกลุ่มที่ 2

ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบ Bias และ Relative Standard Error (RSE) ของค่าอัตราการใช้สูงสุดระหว่างข้อมูลกับค่าที่คำนวณโดยใช้ค่า C วิธีต่างๆ

| พื้นที่ | สถานี วัดน้ำ ท่า | C_{tp} | | C_{tc} | |
|-----------------------|------------------------|----------|------|----------|------|
| | | Bias | RSE | Bias | RSE |
| บางกะปิ | 5 | 0.54 | 1.48 | -0.01 | 0.14 |
| | 7 - 8 | 0.05 | 0.39 | 0.08 | 0.76 |
| บึงกุ่ม | 5 | 0.03 | 0.86 | 0.01 | 0.21 |
| หนองแขม | 1 | 0.01 | 0.29 | 0.01 | 0.23 |
| | 2 | 0.00 | 0.53 | 0.00 | 0.41 |
| | 3 | 0.01 | 0.11 | 0.01 | 0.26 |
| จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | 1 | 0.00 | 0.20 | 0.02 | 0.63 |
| ม.ชั้นกมลนิเวศน์ 5 | 1 | 0.03 | 0.97 | 0.01 | 0.44 |
| ค่าเฉลี่ย | | 0.09 | 0.60 | 0.01 | 0.38 |

ตารางที่ 5.14 ค่า C ที่ให้ค่า Bias และ Relative Standard Error ที่ต่ำที่สุดในแต่ละพื้นที่ศึกษา

| พื้นที่ | สถานี วัดน้ำท่า | C | ช่วงของค่า C |
|-----------------------|--------------------|------|--------------|
| บางกะปิ | 5 | 0.06 | 0.05 - 0.08 |
| | 7 - 8 | 0.06 | 0.03 - 0.08 |
| บึงกุ่ม | 5 | 0.31 | 0.24 - 0.38 |
| หนองแขม | 1 | 0.27 | 0.19 - 0.37 |
| | 2 | 0.16 | 0.09 - 0.2 |
| | 3 | 0.22 | 0.18 - 0.24 |
| จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | 1 | 0.30 | 0.23 - 0.41 |
| ม.ชั้นกมลนิเวศน์ 5 | 1 | 0.10 | 0.06 - 0.16 |

5.4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธีคำนวณต่างๆ

ในการเปรียบเทียบวิธีคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินในงานวิจัยนี้ ใช้วิธีในการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน 5 วิธี ได้แก่ วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph วิธีหลักการและเหตุผล วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark และชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วย

วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วยได้จากการใช้การสังเคราะห์ขึ้นมาจากการใช้ข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ และเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวแปรแบบเดียวกับที่กล่าวไว้ในวิธีการหาค่า t_c (หัวข้อ 5.4.1) และคำนวณต่อจากชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยของทุกพื้นที่ และได้ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย

- ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วยดังแสดงในรูปที่ 5.12
- t_p ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังแสดงในสมการที่ 5.2 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.82)
- q_p ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า ดังแสดงในสมการที่ 5.3 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.43)

$$t_p = 425.241 + 0.00013A - 258.185\text{ESPF} - 248931i_{tp} - 0.054L_L - 0.063L_M - 19824S_L \quad (5.2)$$

$$q_p = -387.669 + 0.000166A - 0.094L_L + 0.00909L_M - 0.221t_p + 370.507\text{ESPF} - 161.682S_M \quad (5.3)$$

โดย t_p = เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า (นาที)

q_p = อัตราการไหลสูงสุดของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า (ลิตร/วินาที)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (ตารางเมตร)

ESPF = แฟกเตอร์ของ ESPEY

i_{tp} = ความเข้มข้นเฉลี่ยในช่วงเวลา t_p (เมตร/วินาที)

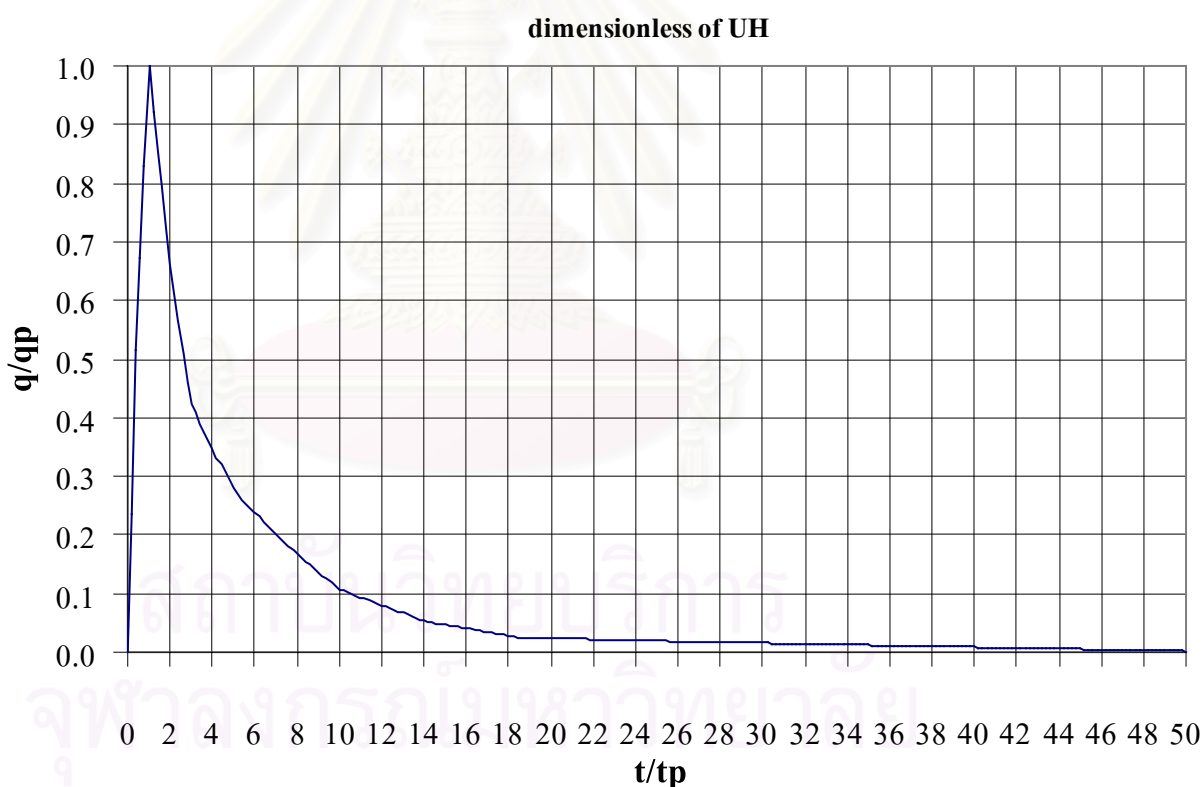
L_L = ความยาวของทางน้ำที่ยาวที่สุด (เมตร)

L_M = ความยาวของทางน้ำระบายน้ำหลัก (เมตร)

S_L = ความลาดชันของทางน้ำที่ยาวที่สุด

S_M = ความลาดชันของทางน้ำหลัก

นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินวิธีต่างๆกับข้อมูลที่วัดได้จริงโดยทำการพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของแต่ละวิธีกับอัตราการไหลสูงสุดจริง ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5.15 พบว่าวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลต่างระหว่างค่าอัตราการไหลสูงสุดที่วัดได้จริงกับอัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณมีค่าน้อยที่สุดคือ 14 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าวิธีนี้ให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดใกล้เคียงกับข้อมูลที่วัดได้มากที่สุด และวิธีเรซันแนลให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดใกล้เคียงในลำดับต่อมา คือ 17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่สองเป็นการเปรียบเทียบความสอดคล้องของรูปร่างของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้จริงกับที่คำนวณโดยวิธีต่างๆ ในการคำนวณโดยใช้วิธีการพื้นฐานต่างๆในการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินดังได้กล่าวไว้ข้างต้น พบว่าผลการคำนวณของวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph ชลภาพหนึ่งน้ำท่าของ Clark และเรซันแนล มีค่าไม่สอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าจริงมาก ดังนั้นได้ดำเนินการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยพิจารณาหลักการสมมูลน้ำ



รูปที่ 5.12 ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้หน่วย

ตารางที่ 5.15 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลสูงสุดที่วัดได้จริงกับ
อัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้โดยวิธีต่างๆ

| พื้นที่ | สถานี วัด น้ำท่า | ว./ค./ปี | อัตราการ ไหล สูงสุด ลิตร/วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลิตร/วินาที) | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|----------|--|---------------------------------|-------------|------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | UH _{average} | | SBUH | | Rational | | Clark UH | | dimless. UH | |
| | | | | Qp | % ผลต่าง | Qp | % ผลต่าง | Qp | % ผลต่าง | Qp | % ผลต่าง | Qp | % ผลต่าง |
| บางกะปิ | 5 | 26/9/43 | 758 | 609 | 20 | 1229 | 62 | 861 | 14 | 1296 | 71 | 899 | 19 |
| | | 7/8/43 | 727 | 582 | 20 | 1706 | 135 | 674 | 7 | 1793 | 147 | 1236 | 70 |
| | 7 - 8 | 13/8/43 | 243 | 239 | 2 | 990 | 307 | 172 | 29 | 872 | 259 | 388 | 60 |
| | | 26/9/43 | 237 | 249 | 5 | 1065 | 349 | 347 | 46 | 1130 | 377 | 327 | 38 |
| บึงกุ่ม | 5 | 19/8/43 | 146 | 125 | 14 | 154 | 5 | 146 | 0 | 160 | 10 | 109 | 25 |
| | | 3/9/43 | 110 | 115 | 5 | 150 | 36 | 110 | 0 | 144 | 31 | 92 | 16 |
| หนองแขม | 1 | 15/9/43 | 159 | 155 | 3 | 152 | 4 | 164 | 3 | 139 | 12 | 87 | 45 |
| | | 29/8/43 | 161 | 120 | 26 | 119 | 26 | 117 | 27 | 104 | 35 | 80 | 50 |
| | 2 | 22/9/43 | 316 | 238 | 25 | 256 | 19 | 248 | 22 | 272 | 14 | 167 | 47 |
| | | 5/8/43 | 114 | 149 | 31 | 122 | 7 | 85 | 25 | 167 | 47 | 80 | 29 |
| | 3 | 1/10/43 | 354 | 392 | 11 | 495 | 40 | 421 | 19 | 474 | 34 | 363 | 2 |
| | | 29/9/43 | 128 | 106 | 17 | 94 | 27 | 115 | 10 | 133 | 4 | 104 | 19 |
| จุฬาฯ | 1 | 1/9/43 | 169 | 133 | 22 | 184 | 9 | 167 | 1 | 143 | 16 | 108 | 36 |
| | | 3/9/43 | 82 | 79 | 4 | 83 | 1 | 109 | 33 | 79 | 4 | 53 | 35 |
| ม.ชั้นกมลฯ | 1 | 2/8/43 | 74 | 72 | 2 | 95 | 29 | 75 | 2 | 134 | 81 | 79 | 8 |
| | | 3/8/43 | 37 | 33 | 13 | 42 | 13 | 23 | 38 | 51 | 36 | 28 | 26 |
| ค่าเฉลี่ย | | | | | 14 | | 67 | | 17 | | 73 | | 33 |

ตารางที่ 5.16 ผลการวิเคราะห์ลำดับความสอดคล้องของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณโดยวิธีต่างๆกับ
ชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้จริง โดยพิจารณาจากค่า Relative Standard Error

| พื้นที่ | สถานีวัดน้ำท่า | เหตุการณ์ | Relative Standard Error (RSE) | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------|-------------------------------|------|----------|----------|-------------|
| | | | UH _{average} | SBUH | Rational | Clark UH | dimless. UH |
| บางกะปิ | 5 | 26/9/43 | 0.87 | 2.26 | 1.95 | 2.94 | 1.35 |
| | | 7/8/43 | 0.31 | 1.13 | 0.81 | 1.38 | 0.60 |
| | 7 - 8 | 13/8/43 | 0.35 | 1.71 | 0.36 | 1.35 | 0.41 |
| | | 26/9/43 | 0.19 | 7.21 | 0.80 | 6.19 | 0.38 |
| บึงกุ่ม | 5 | 19/8/43 | 0.29 | 0.35 | 0.41 | 0.43 | 0.32 |
| | | 3/9/43 | 0.45 | 0.53 | 0.49 | 0.69 | 0.48 |
| หนองแขม | 1 | 15/9/43 | 0.37 | 2.67 | 0.74 | 0.44 | 1.18 |
| | | 29/8/43 | 0.45 | 0.75 | 0.61 | 0.50 | 0.85 |
| | 2 | 22/9/43 | 0.56 | 0.75 | 1.01 | 0.99 | 1.17 |
| | | 5/8/43 | 0.57 | 0.72 | 1.23 | 0.77 | 0.76 |
| | 3 | 1/10/43 | 0.63 | 0.59 | 0.80 | 0.72 | 0.49 |
| | | 29/9/43 | 0.37 | 1.31 | 0.55 | 0.57 | 0.62 |
| จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | 1 | 1/9/43 | 0.46 | 0.63 | 0.84 | 0.59 | 1.00 |
| | | 3/9/43 | 0.23 | 0.65 | 0.78 | 0.22 | 1.46 |
| ม.ชั้นกมลนิเวศน์ 5 | 1 | 2/8/43 | 0.12 | 0.86 | 0.61 | 0.83 | 0.38 |
| | | 3/8/43 | 0.34 | 1.10 | 0.46 | 0.67 | 0.39 |
| ค่าเฉลี่ย | | | 0.41 | 1.45 | 0.78 | 1.21 | 0.74 |

(water balance) โดยผลการคำนวณแสดงไว้ในรูปที่ 5.13 ถึง 5.28 และตารางที่ 5.16 แสดงค่า Relative Standard Error ในแต่ละวิธีกับชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้จริง แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาวิธีการที่ให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินใกล้เคียงกับข้อมูลมากที่สุด สามารถสรุปผลการคำนวณในแต่ละพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้

1. พื้นที่บางกะปิ

- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย :

1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับข้อมูล โดยให้ค่าเฉลี่ยของ RSE = 0.43 ดังแสดงใน ตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.13 ถึงรูปที่ 5.16

- วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph (SBUH) :
 1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินพบว่าอัตราการไหลสูงสุดสูงกว่าอัตราการไหลสูงสุดจริงในรูปที่ 5.13 ถึง 5.16 และตารางที่ 5.16 โดยให้ค่า RSE เฉลี่ย = 3.08
 3. สาเหตุที่ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีอัตราการไหลสูงสุดสูงกว่าอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงเพราะในการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธีนี้ ปริมาณน้ำท่าเกิดจาก 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ส่วนที่เป็นพื้นที่ที่บ้น้ำโดยพื้นที่ที่บ้น้ำต้องเป็นพื้นที่การไหลอย่างต่อเนื่องกัน ดังแสดงในสมการที่ 3.29 ซึ่งในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีพื้นที่ที่บ้น้ำมีการไหลไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งจะสังเกตได้จากตารางที่ 5.17 พื้นที่ระบายน้ำพื้นที่บางกะปิซึ่งเป็นพื้นที่ระบายน้ำ ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในพื้นที่ศึกษาจะมีค่าแฟกเตอร์ในการปรับแก้ปริมาตรน้ำประมาณ 0.5 ในขณะที่ในพื้นที่อื่นจะมีค่าปรับแก้ปริมาตรน้ำใกล้เคียง 1 หรือพิจารณาจากรูปชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณ โดยวิธี SBUH ในแต่ละพื้นที่จะพบว่าพื้นที่บางกะปิจะมีค่าอัตราการไหลสูงสุดมากกว่าอัตราการไหลสูงสุดจริงมาก แสดงให้เห็นว่าผลของสมมติฐานนี้มีผลต่อการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี SBUH มาก ส่วนที่สองเป็นปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากฝนส่วนเกินดังแสดงในสมการ 3.30 ซึ่งใช้วิธีของ SCS ในการคำนวณอัตราน้ำสูญเสีย (abstraction) ซึ่งอาจมีการกำหนดอัตราน้ำสูญเสียน้อยไป จากเหตุผลทั้ง 2 ส่วนนี้ทำให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี SBUH มีผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินที่สูงมาก
 4. ทำการปรับแก้โดยปรับค่าปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง โดยมีแฟกเตอร์ปรับแก้เฉลี่ยเท่ากับ 0.53 ดังแสดงในตารางที่ 5.17
- วิธีเรชันแนล :
 1. มีการปรับปรุงวิธีในการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.98 ดังแสดงในรูปที่ 5.13 ถึง 5.16 และตารางที่ 5.16
 3. ทำการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินวิธีเรชันแนลจากสมมูลย์น้ำ โดยปรับปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง โดยเพิ่มขยายโค้งการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดิน (recession limb)
- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark :
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินพบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดมีค่าสูงกว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดจริงดังแสดงในรูปที่ 5.17 ถึง 5.20 และตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.17 แฟกเตอร์ในการปรับแก้ค่าปริมาตรน้ำได้ชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph กับปริมาตรของน้ำฝนส่วนเกิน

| พื้นที่ | สถานีวัดที่ | แฟกเตอร์ปรับแก้ปริมาตรน้ำท่า |
|-----------------------|-------------|------------------------------|
| บางกะปิ | 5 | 0.20 |
| | | 0.57 |
| | 7 | 0.58 |
| | | 0.76 |
| บึงกุ่ม | 5 | 0.83 |
| | | 0.75 |
| หนองแขม | 1 | 1.15 |
| | | 0.90 |
| | 2 | 1.10 |
| | | 1.13 |
| | | 0.57 |
| 3 | 0.65 | |
| จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | | 1.20 |
| | | 0.80 |
| ม.ชินกมลนิเวศน์ 5 | | 0.86 |
| | | 0.49 |
| ค่าเฉลี่ย | | 0.78 |

หมายเหตุ 1. แฟกเตอร์ในการปรับแก้ปริมาตรน้ำท่า คำนวณได้จากอัตราส่วนของปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริงต่อปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ในครั้งแรก

2. การปรับค่าปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ ทำโดยนำค่าแฟกเตอร์ในการปรับแก้ปริมาตรน้ำท่ามาคูณกับอัตราการไหลที่เวลาต่างๆของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ในครั้งแรก จะได้ชลภาพน้ำท่าผิวดินที่มีปริมาตรน้ำท่าเท่ากับปริมาตรน้ำท่าผิวดินจริง

3. สาเหตุที่ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีอัตราการไหลสูงสุดสูงกว่าอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงเพราะในการพัฒนาชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธีนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจะพัฒนาโค้งความสัมพันธ์พื้นที่ – ช่วงเวลา (Time Area Curve, TA) ซึ่งเป็นการยากมากที่จะพัฒนา TA ขึ้นมาจากพื้นที่ศึกษา จึงพัฒนา TA จากสมการการพัฒนา TA ของ Hydrologic Engineering Center (2530) ดังแสดงในสมการที่ 3.24 และ 3.25 ขั้นตอนที่สองคือการหลาก (routing) TA ผ่านอ่างเก็บน้ำเส้นตรง (Linear Reservoir) จะได้ Instantaneous Unit Hydrograph (IUH) ขั้นตอนที่สามจะเป็นการเฉลี่ย IUH จะได้ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า จากขั้นตอนในการพัฒนา TA โดยใช้สูตรของ HEC เป็นผลให้การคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าในขั้นตอนที่สามมีอัตราการไหลสูงสุดมีค่าสูง เมื่อนำไปประยุกต์กับฝนส่วนเกิน ทำให้ค่าชลภาพน้ำท่าผิวดินมีค่าอัตราการไหลสูงสุดมีค่าสูงด้วย

- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วย

1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.68 ดังแสดงในรูปที่ 5.13 ถึง 5.16 และตารางที่ 5.16

2. พื้นที่บึงกุ่ม

- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย

1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในรูปที่ 5.17 ถึง 5.18 และตารางที่ 5.16 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.37

- วิธี SBUH

1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในรูปที่ 5.17 ถึง 5.18 และตารางที่ 5.16 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.44
3. ทำการปรับปรุงโดยปรับค่าปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง โดยมีแฟกเตอร์ปรับแก้เท่ากับ 0.83 และ 0.75 ดังแสดงในตารางที่ 5.17

- วิธีเรซันแนล

1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในรูปที่ 5.17 ถึง 5.18 และตารางที่ 5.16 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.45

3. ทำการปรับแก้โดยเพิ่มโค้งของการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดิน ให้ปริมาณน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับปริมาณของน้ำท่าผิวดินจริง
 - วิธี ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในรูปที่ 5.17 ถึง 5.18 และตารางที่ 5.16 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.56
 - วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วย
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.17 ถึง 5.18 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.4
3. พื้นที่หนองแวม
 - วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.19 ถึง 5.24 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.49
 - วิธี SBUH
 1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.19 ถึง 5.24 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 1.13
 3. ทำการปรับปรุงโดยปรับค่าปริมาณน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ ให้มีค่าเท่ากับปริมาณของน้ำท่าผิวดินจริง โดยมีค่าแฟกเตอร์ปรับแก้เฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ดังแสดงในตารางที่ 5.17
 - วิธี เรซันแนล
 1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.19 ถึง 5.24 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.82
 3. ทำการปรับแก้โดยเพิ่มโค้งของการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดิน ให้ปริมาณน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับปริมาณของน้ำท่าผิวดินจริง
 - วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.19 ถึงรูปที่ 5.24 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.67

- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร่หน่วย

1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.19 ถึงรูปที่ 5.24 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.84

4. พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยท่าเฉลี่ย

1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.25 และ 5.26 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.34

- วิธี SBUH

1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.25 และ 5.26 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.64

3. ทำการปรับปรุงโดยปรับค่าปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดิน ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง โดยมีแฟกเตอร์ปรับแก้เท่ากับ 1.2 และ 0.8 ดังแสดงในตารางที่ 5.17 การที่แฟกเตอร์ปรับแก้ปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินกับปริมาตรของน้ำฝนส่วนเกินมากกว่า 1 เนื่องจากกำหนดค่าอัตราน้ำสูญเสียต่ำกว่าค่าจริง ทำให้ปริมาตรของน้ำได้ชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าปริมาตรของน้ำฝนส่วนเกิน

- วิธี Rational

1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.25 และ 5.26 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.81

3. ทำการปรับแก้โดยเพิ่มโค้งของการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดิน ให้ปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง

- วิธี ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark

1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.25 ถึงรูปที่ 5.26 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.40

- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร่หน่วย
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง แต่ อัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่าอัตราการไหลสูงสุดจริงดังแสดงใน ตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.25 ถึงรูปที่ 5.26 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 1.23
 3. สาเหตุเนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการสังเคราะห์สูตรสหสัมพันธ์มีข้อมูลน้อยทำให้ผลการคำนวณบางครั้งมีค่าผิดพลาด

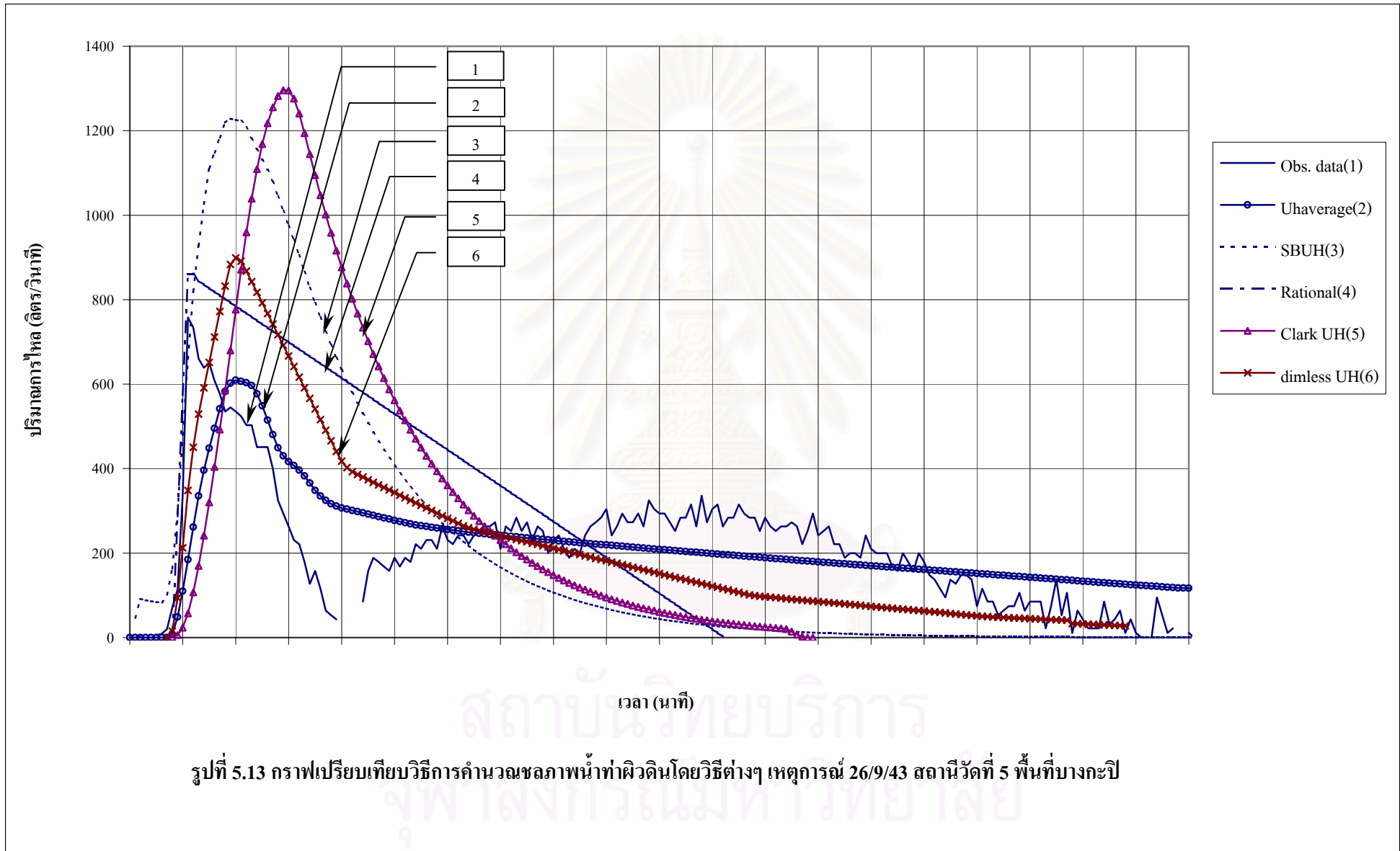
5. พื้นที่หุบบ้านชั้นกมตนิเวศน์ 5

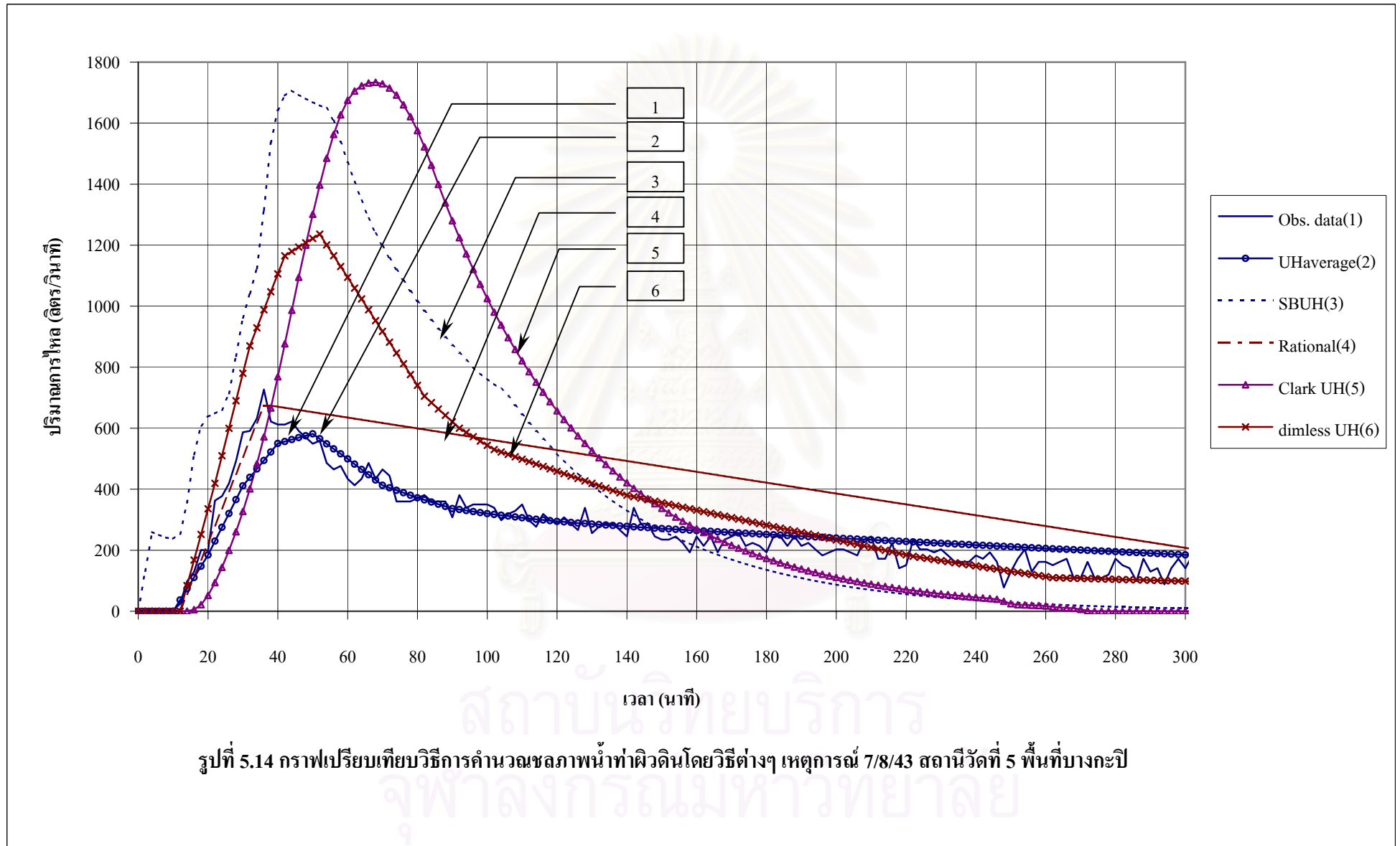
- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดัง แสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.27 และ 5.28 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.23
- วิธี SBUH
 1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.27 ถึง 5.28 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.98
 3. ทำการปรับปรุงโดยปรับค่าปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง โดยใช้แฟกเตอร์ปรับแก้เท่ากับ 0.86 และ 0.49 ดังแสดงใน ตารางที่ 5.17
- วิธี Rational
 1. มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดัง แสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.27 และ 5.28 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.54
 3. ทำการปรับแก้โดยเพิ่มโค้งของการลดลงของชลภาพน้ำท่าผิวดิน ให้ปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง
- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน
 2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดัง แสดงในตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.27 ถึงรูปที่ 5.28 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.75
- วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร่หน่วย
 1. ไม่มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน

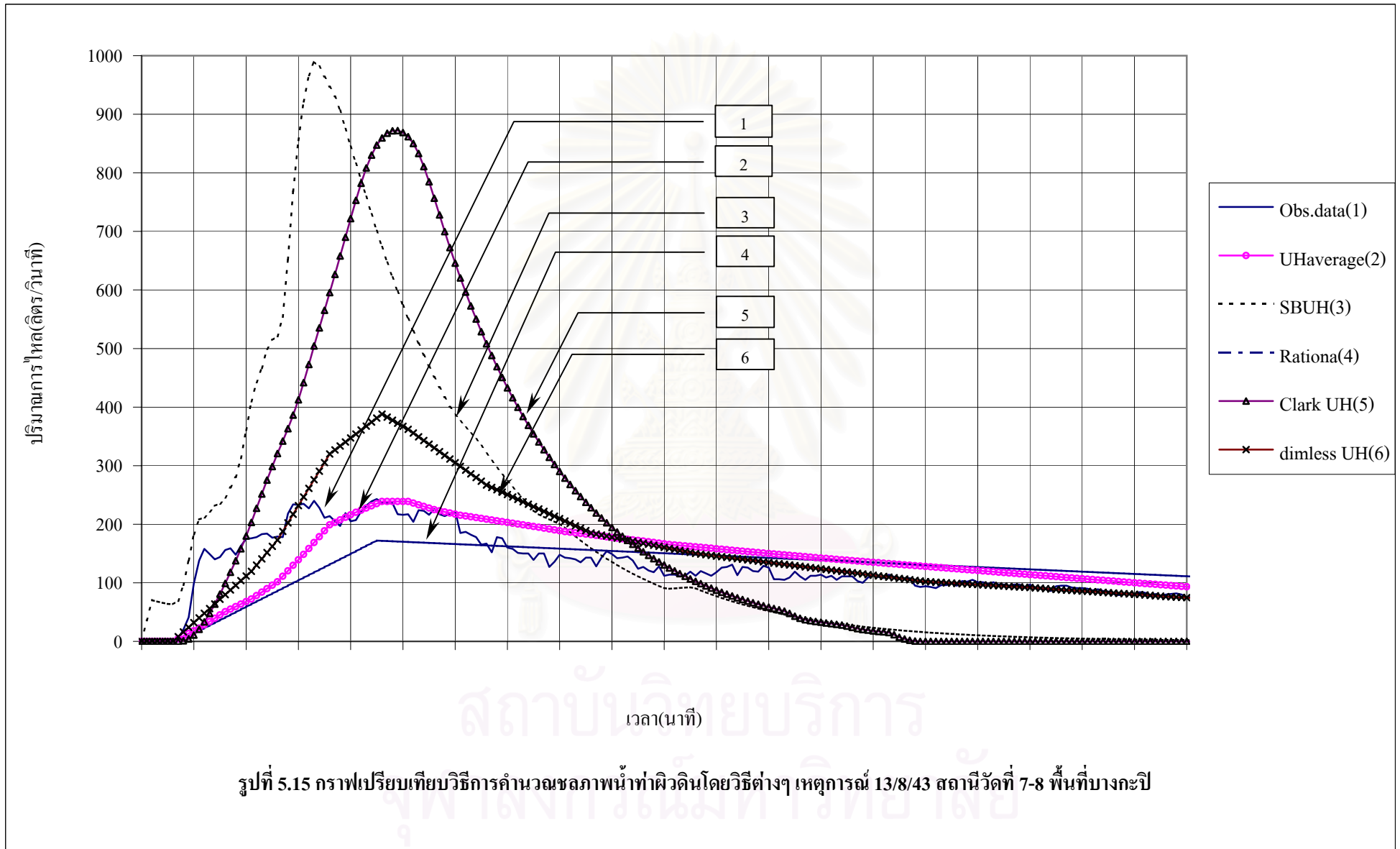
2. ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินมีความสอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง แต่ อัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่าอัตราการไหลสูงสุดจริงดังแสดงใน ตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.27 ถึงรูปที่ 5.28 โดยมีค่า RSE เฉลี่ย = 0.39

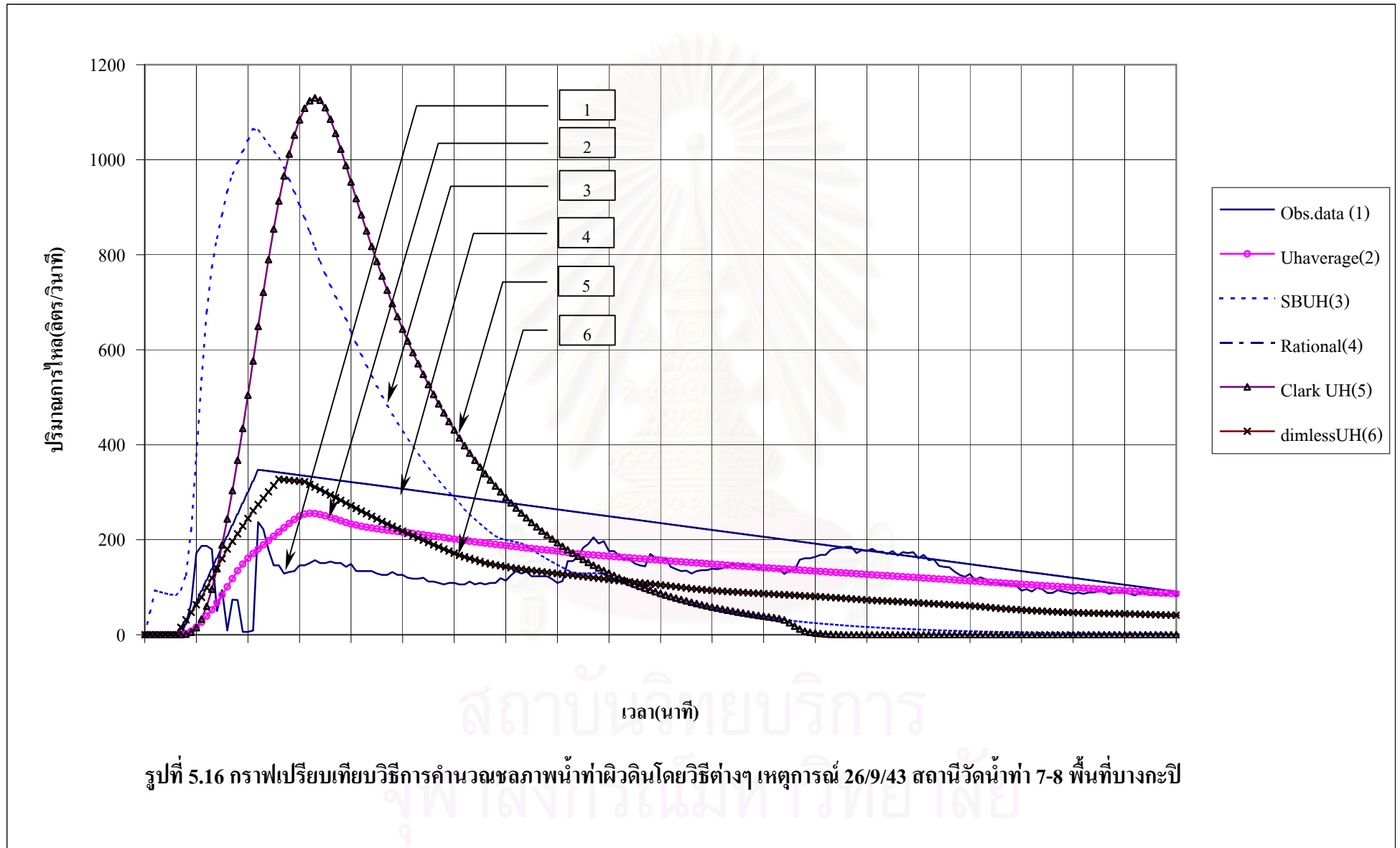


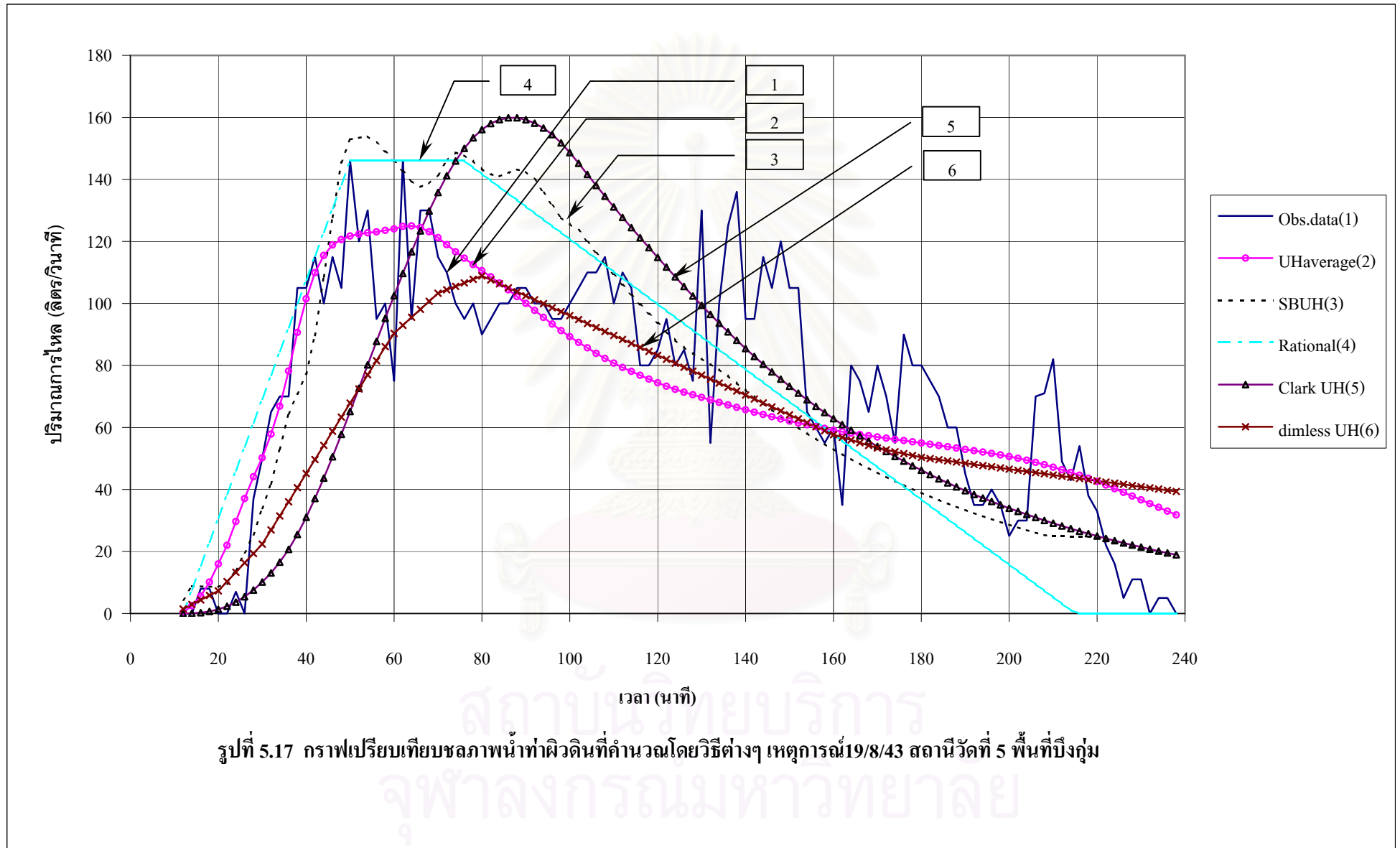
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

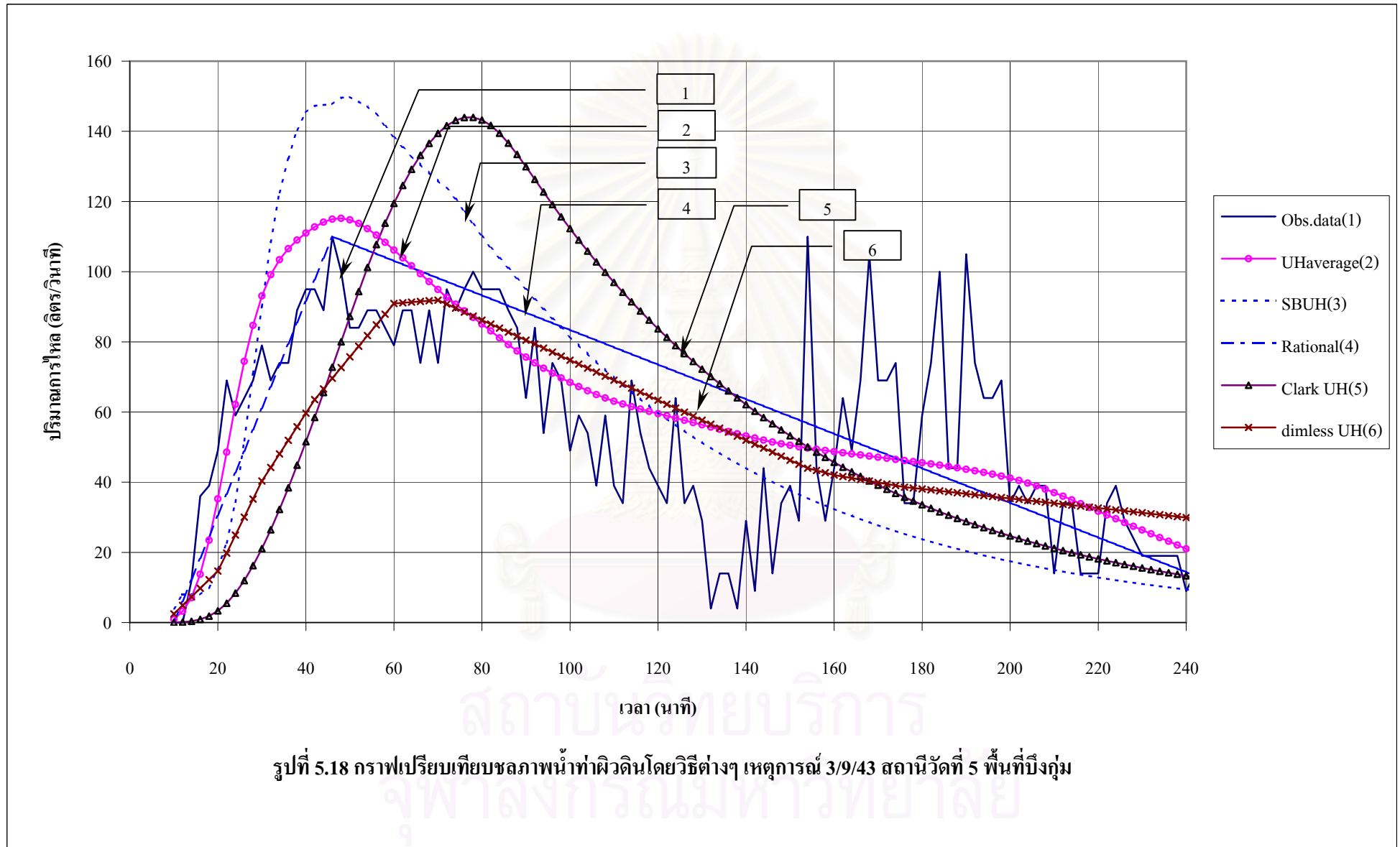


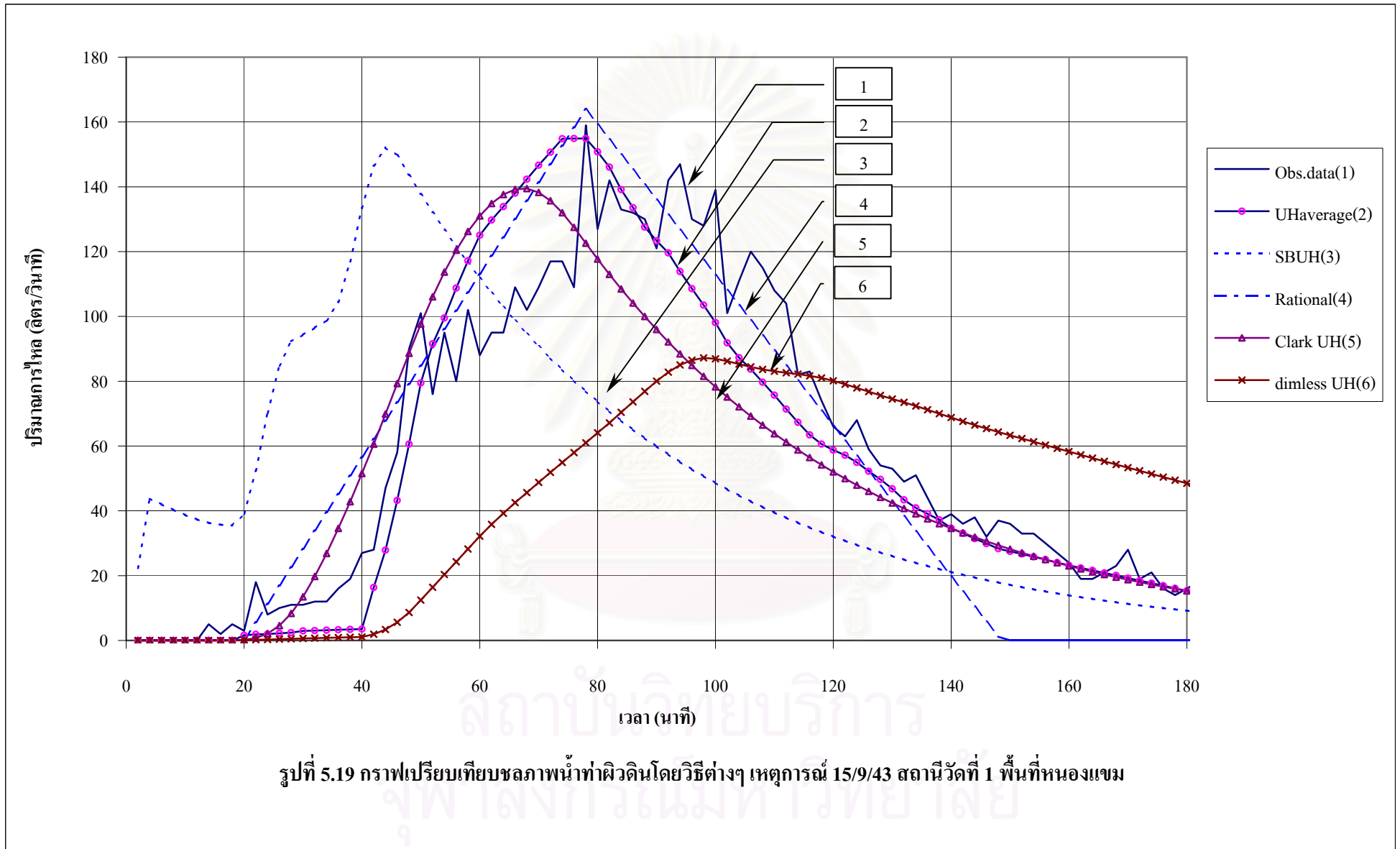


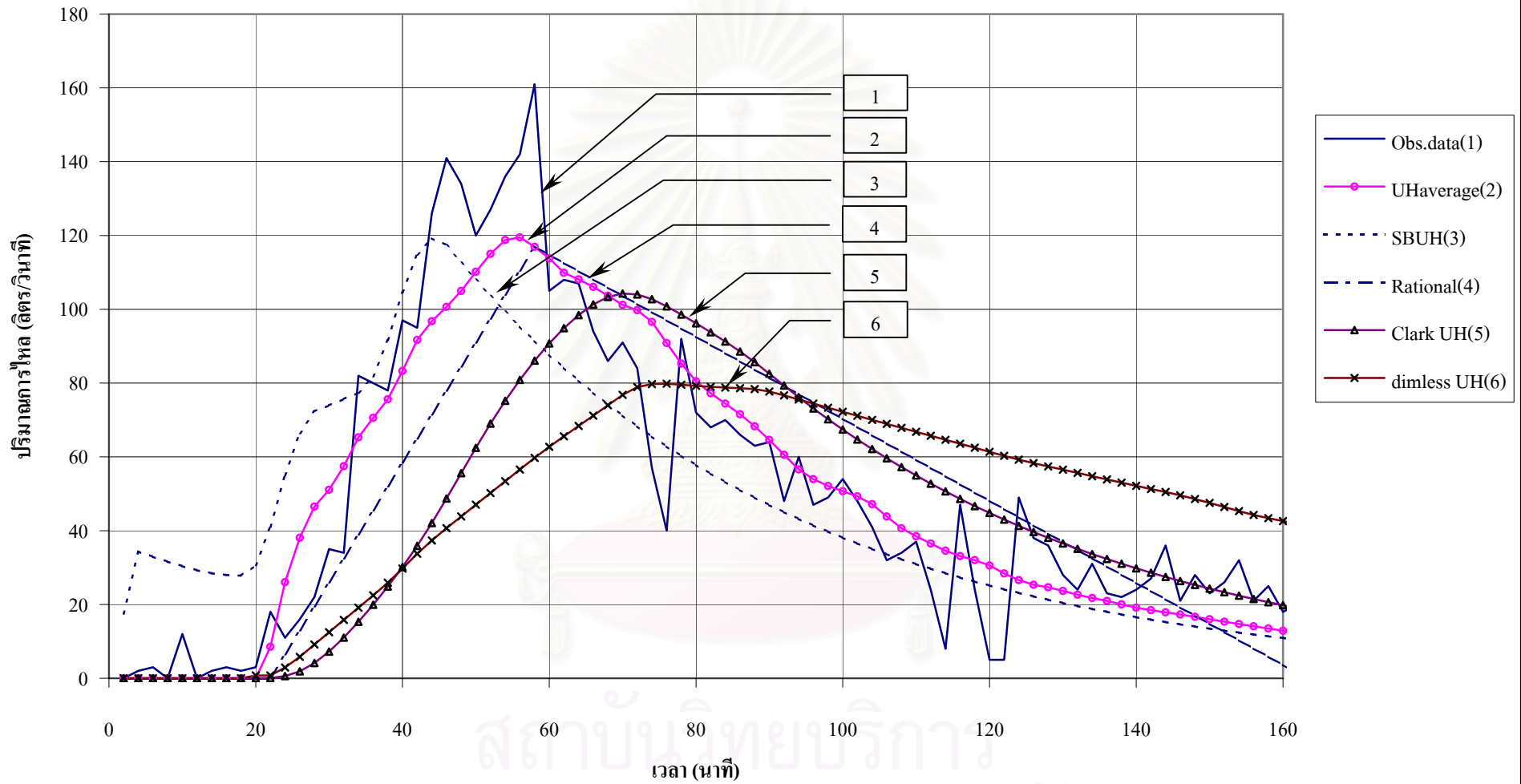




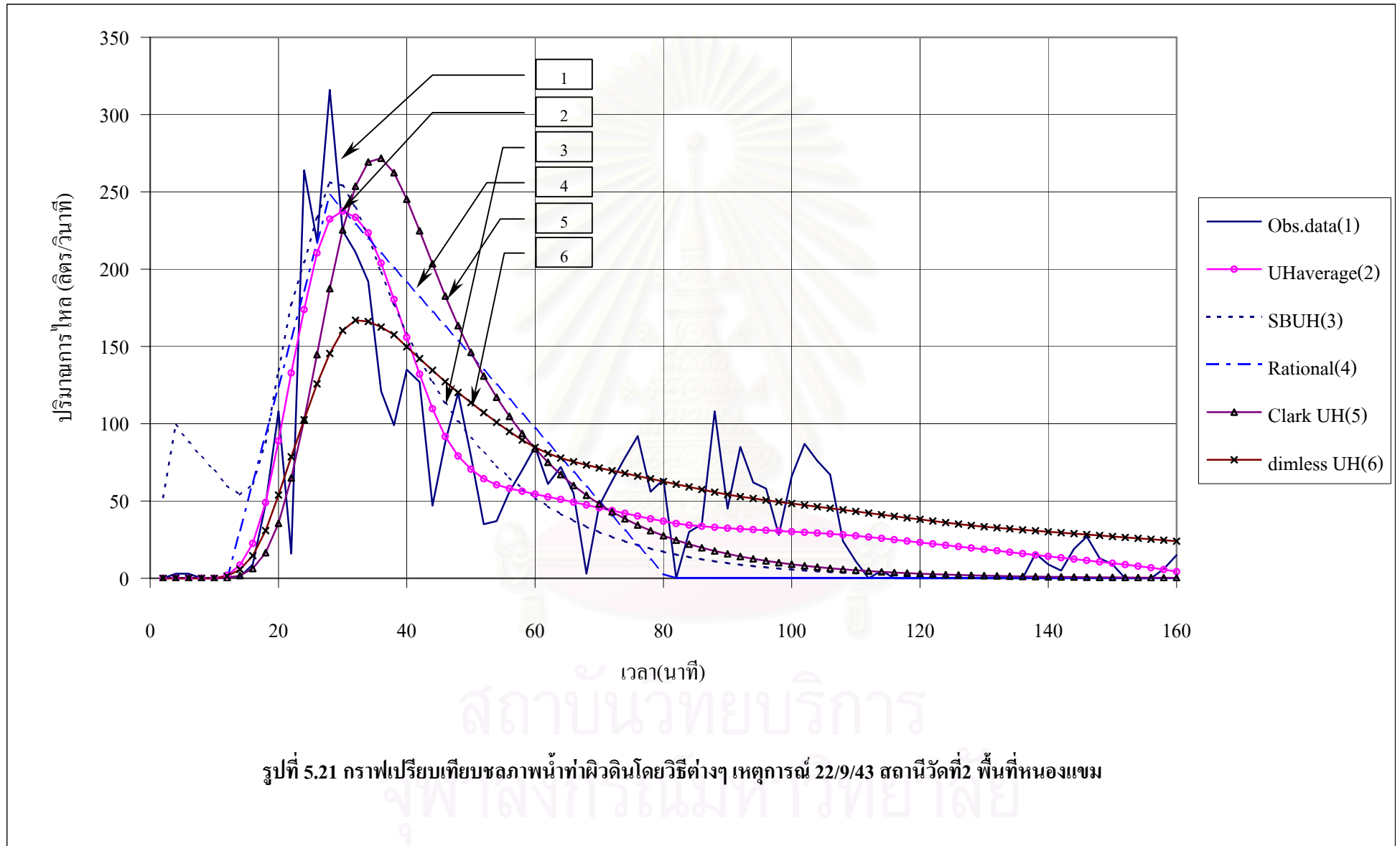


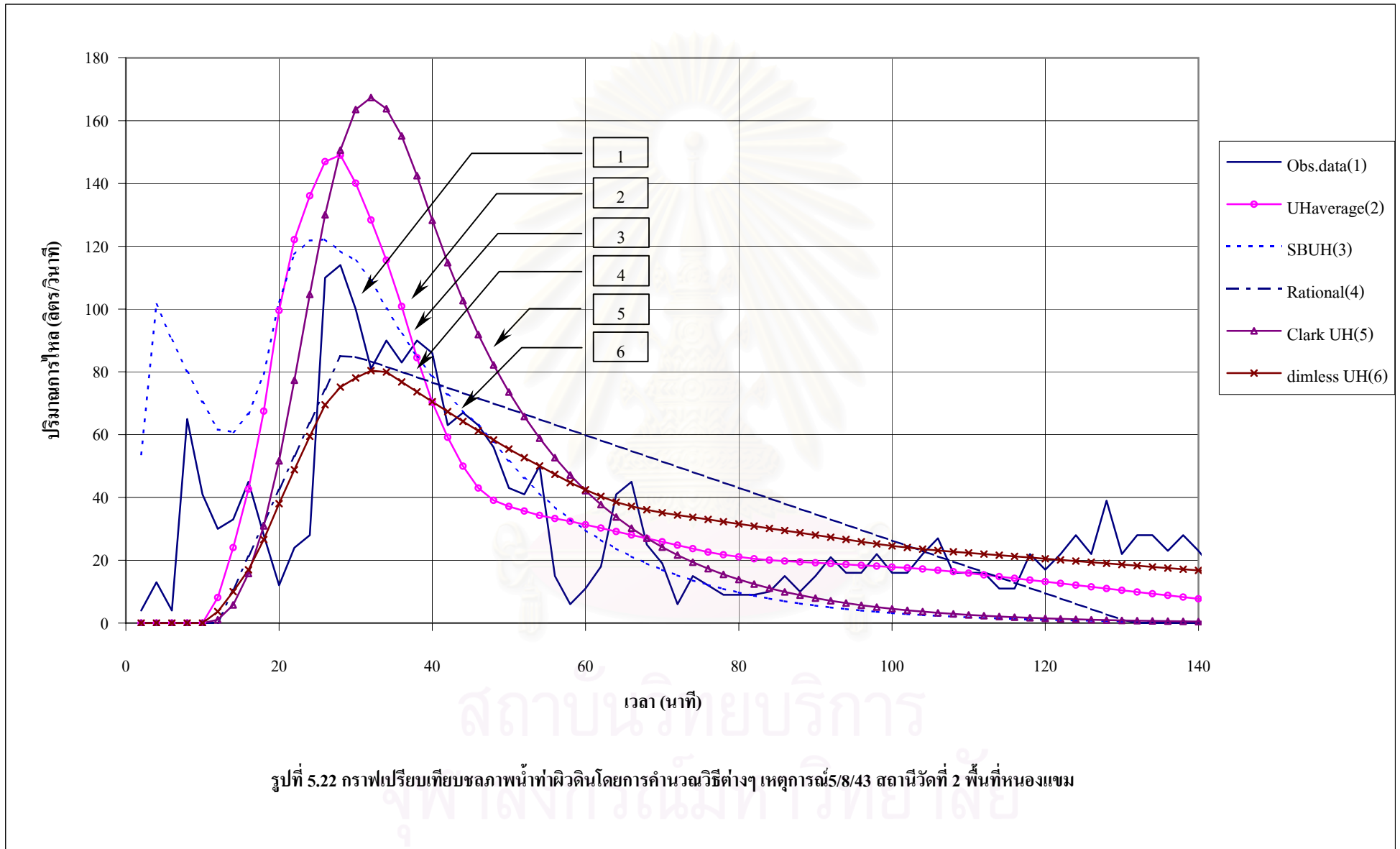


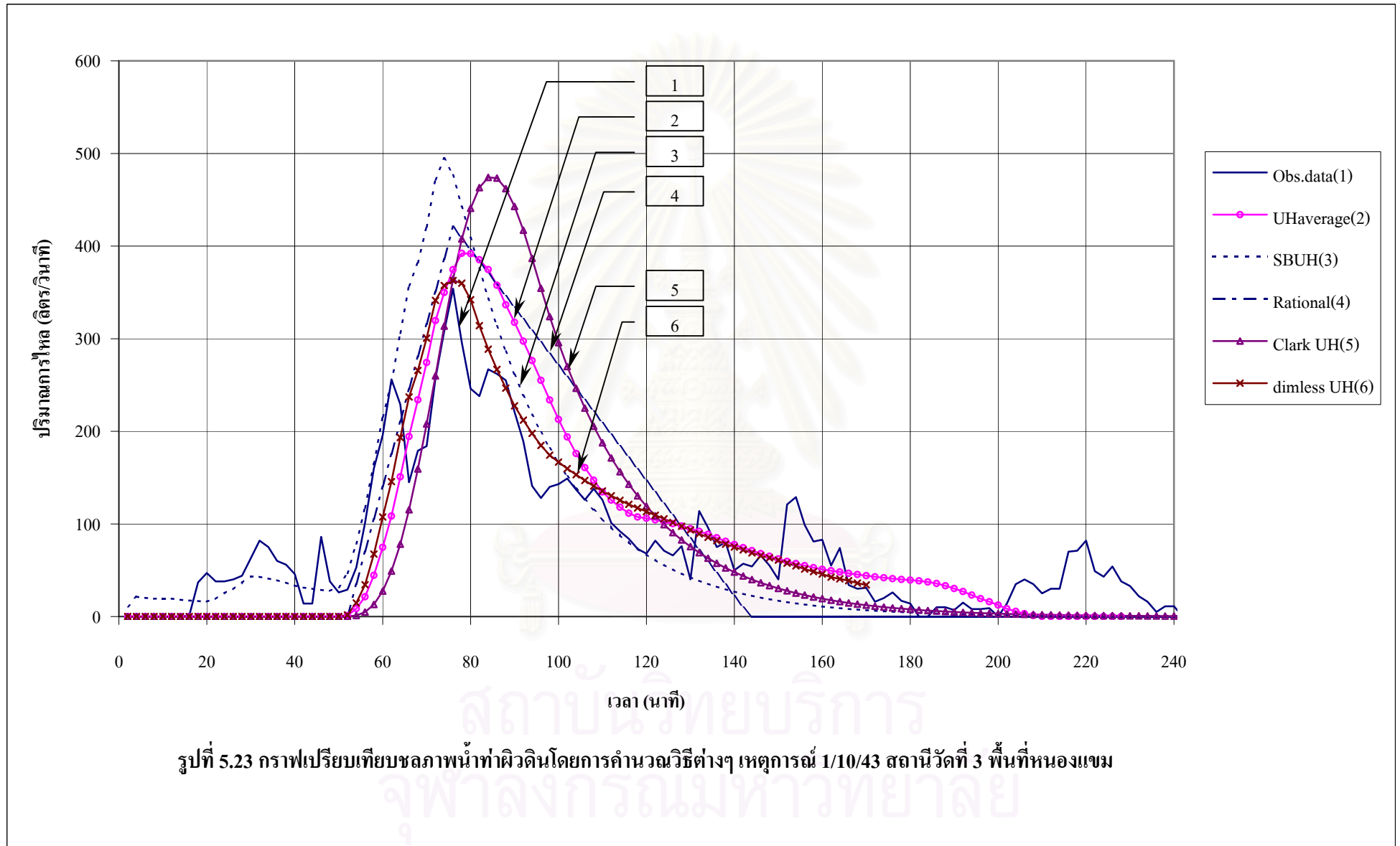


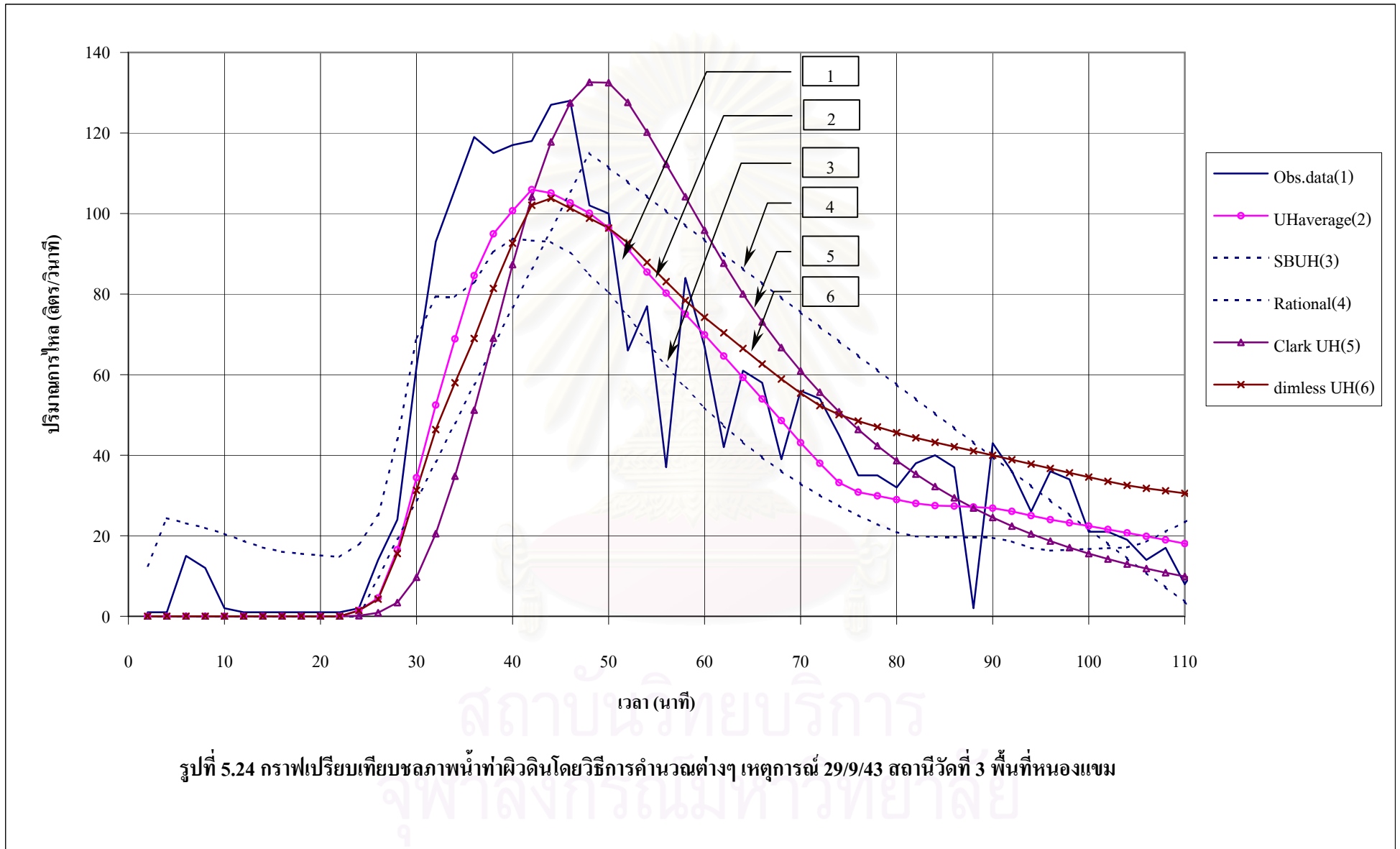


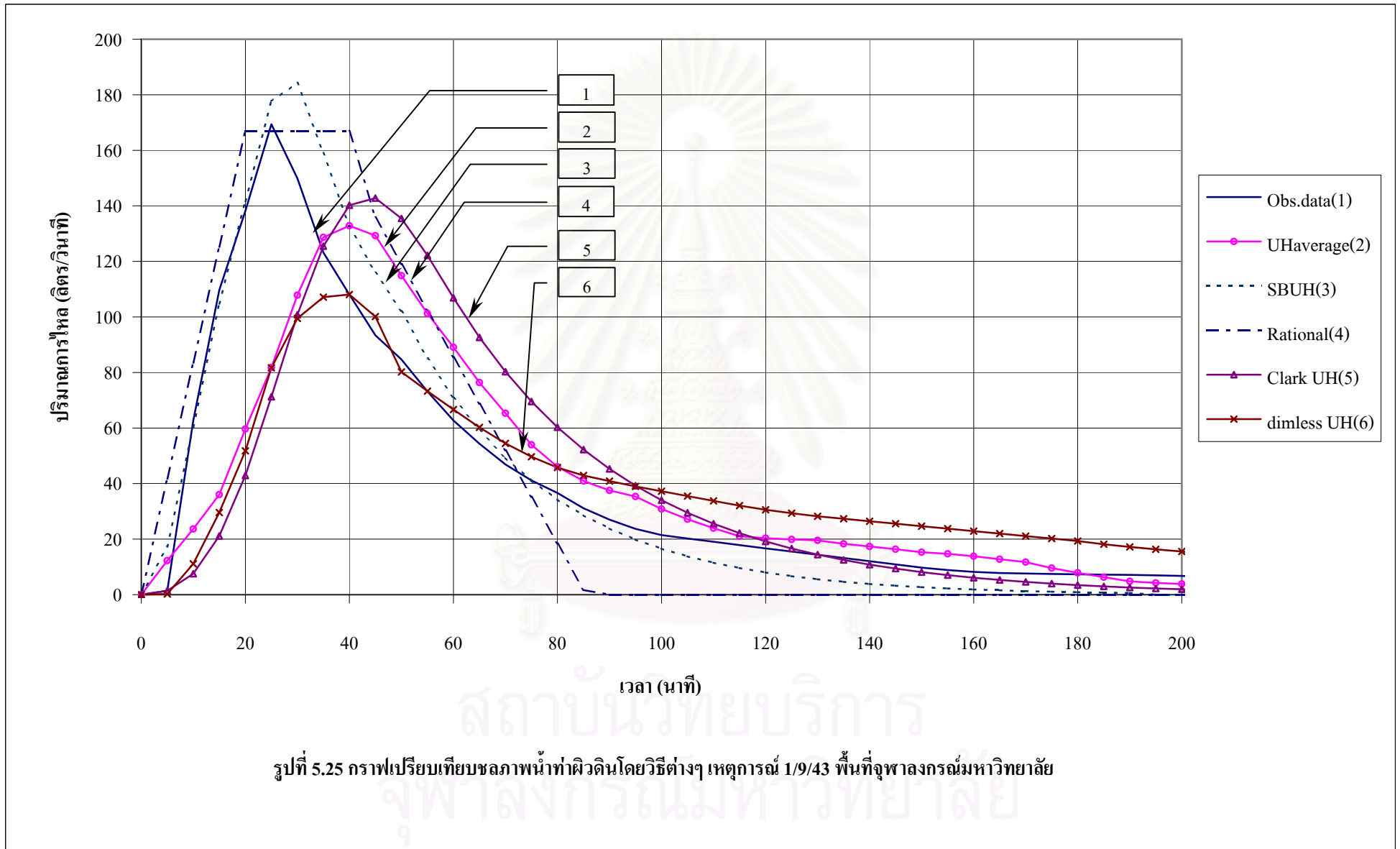
รูปที่ 5.20 กราฟเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธีการคำนวณต่างๆ เหตุการณ์ 29/8/43 สถานีวัดที่ 1 พื้นที่หนองแขม

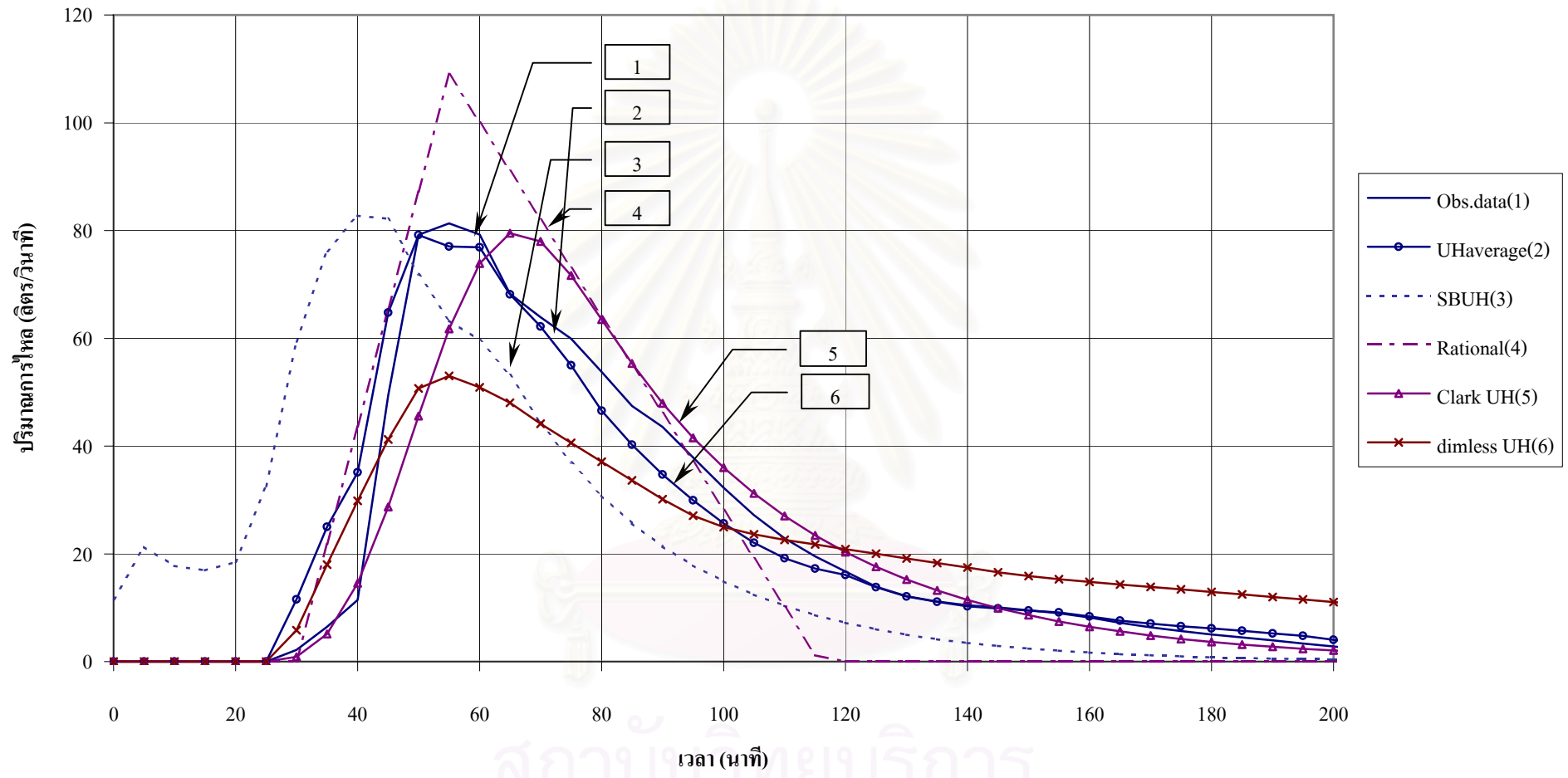




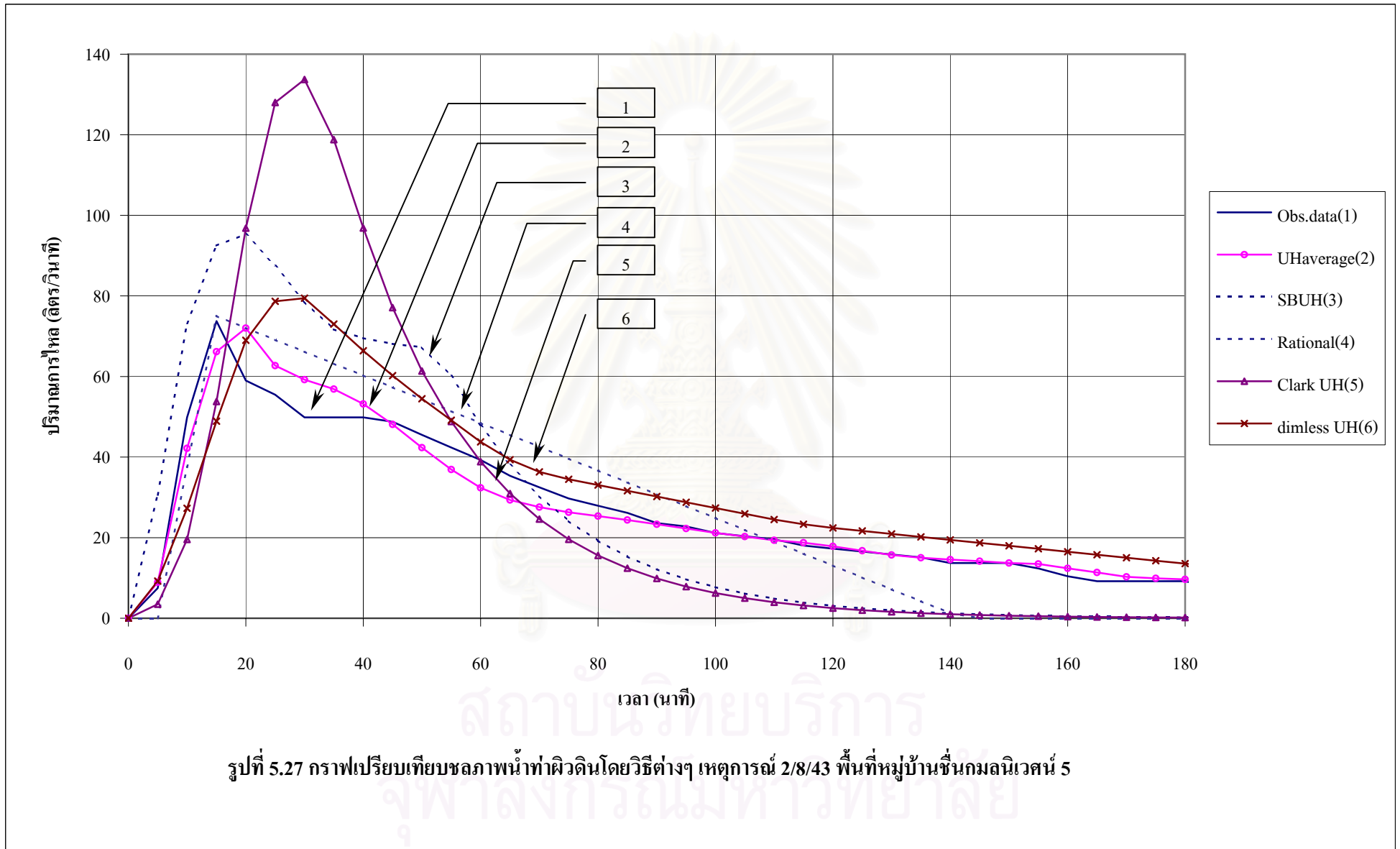


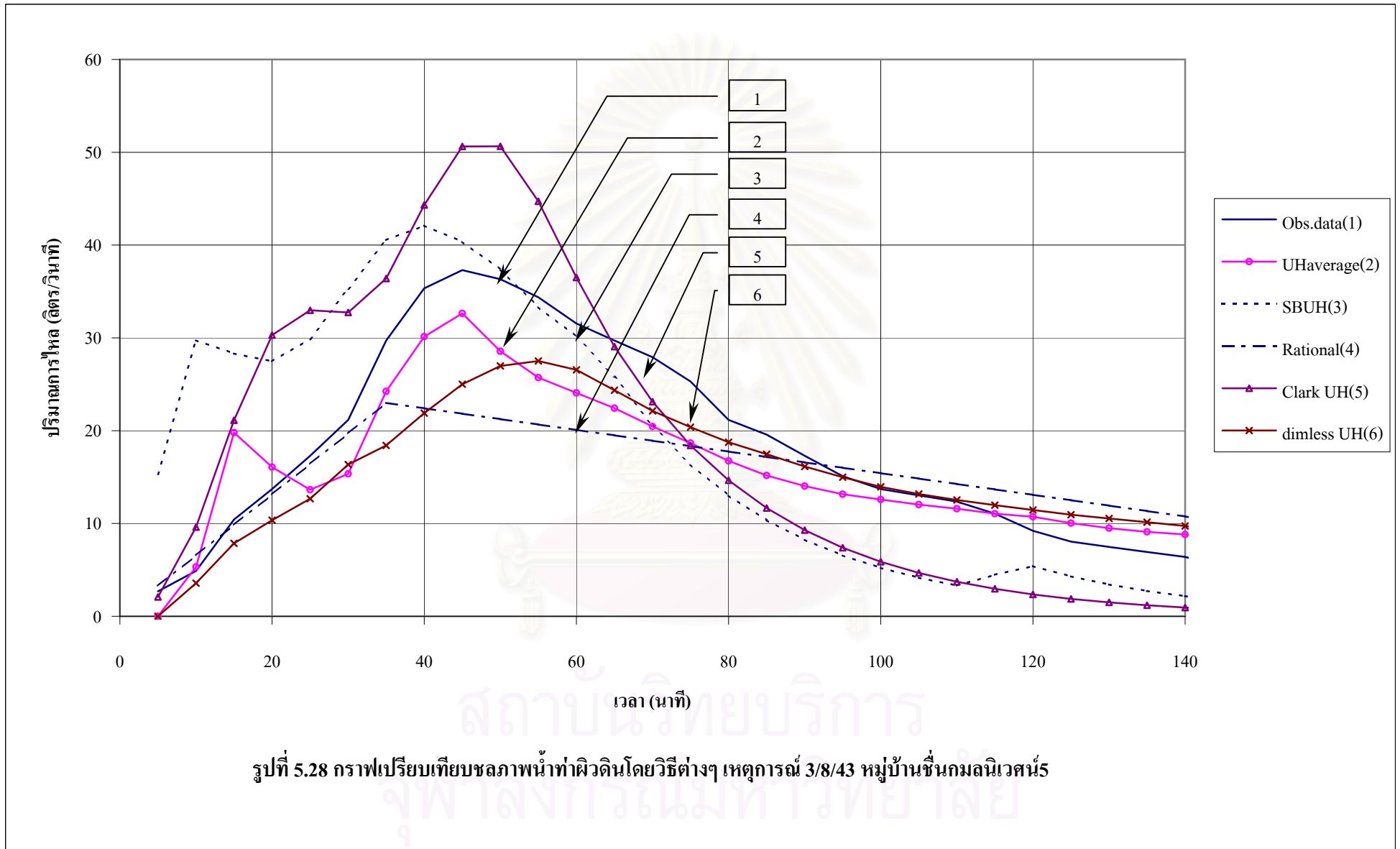






รูปที่ 5.26 กราฟเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธีต่างๆ เหตุการณ์ 3/9/43 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





บทที่ 6

สรุปผลการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวัดและรวบรวมข้อมูลทางอุทกวิทยา

ในการศึกษานี้ทำการวัดและรวบรวมข้อมูลใน 5 พื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่เขต บางกะปิ บึงกุ่ม หนองแขม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 โดยใน 3 พื้นที่แรกวัดข้อมูลโดยกรุงเทพมหานคร และ 2 พื้นที่ที่เหลือวัดโดยนิสิตผู้ทำวิจัย โดยมีจุดวัดอัตราการไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำรวม 9 จุด และสถานีวัดน้ำฝนรวม 20 จุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1.2 ถึง 1.4 และรูปที่ 1.1 ถึง 1.5 โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือน สิงหาคม ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2543

6.1.1 สรุปผลการวัดและรวบรวมข้อมูลฝน

สรุปเหตุการณ์ฝนที่นำมาใช้ในการศึกษาทั้งหมด คือ ฝนช่วงเวลา 30 นาที 88 เหตุการณ์ และ ฝนช่วงเวลา 60 นาที 49 เหตุการณ์ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.1 และสามารถสรุปผลของการวัดได้ดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 สรุปผลการวัดข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์

| ช่วงเวลาฝนตก (นาที) | ความลึกฝน | | |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | ค่าสูงสุด (มิลลิเมตร) | ค่าต่ำสุด (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย (มิลลิเมตร) |
| 30 | 72.5 | 20 | 32.6 |
| 60 | 106.5 | 29.7 | 52 |

6.1.2 สรุปผลการวัดและรวบรวมข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า

สรุปเหตุการณ์น้ำฝน และน้ำท่าที่คัดเลือกใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดจำนวน 46 เหตุการณ์

โดยแบ่งเป็นในพื้นที่บางกะปิจำนวน 12 เหตุการณ์ พื้นที่บึงกุ่มจำนวน 5 เหตุการณ์ พื้นที่หนองแขมจำนวน 18 เหตุการณ์ พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 6 เหตุการณ์ และพื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5 จำนวน 5 เหตุการณ์ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.2

6.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนในวิทยานิพนธ์นี้มี 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ค่า r และชลภาพฝนโดยการเปรียบเทียบชลภาพฝนออกแบบวิธี Pilgrim and Cordery วิธี Yen and Chow และวิธี Kiefer and Chu โดยสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

6.2.1 สรุปผลการวิเคราะห์ค่า r

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่า r แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ค่า r จากข้อมูลชลภาพน้ำฝน โดยตรงที่ช่วงเวลาทุกๆ 2 นาที และวิธีที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ค่า r โดยแบ่งข้อมูลฝนเป็นช่วงเวลาย่อยๆ ทุกๆ 10 นาที และวิเคราะห์ลำดับขนาดของแท่งน้ำฝนผลการวิเคราะห์ค่า r แสดงให้เห็นว่า

1. ค่า r ส่วนใหญ่ของทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.3
2. เมื่อนำค่า r ทั้ง 2 วิธีไปใช้ในการออกแบบชลภาพฝน โดยวิธี Yen and Chow และ Kiefer and Chu พบว่าค่า r ของวิธีที่ 1 ให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำฝนออกแบบใกล้เคียงกับชลภาพน้ำฝนจริงมากกว่าการใช้ค่า r วิธีที่ 2

6.2.2 สรุปผลการวิเคราะห์ชลภาพฝน

การวิเคราะห์ชลภาพฝนจริงโดยเปรียบเทียบกับชลภาพฝนออกแบบวิธี Pilgrim and Cordery วิธี Yen and Chow และวิธี Kiefer and Chu โดยทำการเปรียบเทียบ 2 รูปแบบ คือ

6.2.2.1 ความเข้มฝนสูงสุดโดยทำการเปรียบเทียบความเข้มฝนสูงสุดของชลภาพฝนจริง กับความเข้มฝนสูงสุดของชลภาพฝนออกแบบวิธีต่างๆพบว่า(ตารางที่ 5.7)

1. ความเข้มฝนสูงสุดของฝนตกจริงในแต่ละพื้นที่ที่มีความผันแปรมาก ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ความเข้มฝนสูงสุดในแต่ละพื้นที่ศึกษา

| พื้นที่ | ความเข้มฝนสูงสุด (มม./ชม.) | |
|---------|----------------------------|----------------------|
| | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที |
| บางกะปิ | 90 - 330 | 105 - 330 |
| บึงกุ่ม | 75 - 285 | 102 - 285 |
| หนองแขม | 75 - 210 | 75-165 |

2. ที่ช่วงเวลาฝนตก 30 นาทีความเข้มฝนสูงสุดของชลภาพฝนออกแบบวิธี Yen and Chow และ Kiefer and Chu มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่ช่วงเวลาฝนตก 60 นาทีความเข้มฝนสูงสุดของชลภาพฝนออกแบบทั้ง 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน
3. วิธีการออกแบบชลภาพฝนที่คำนวณความเข้มฝนสูงสุดได้ใกล้เคียงกับความเข้มฝนสูงสุดเฉลี่ยในพื้นที่บางกะปิ และบึงกุ่ม สามารถแสดงได้ในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 วิธีออกแบบชลภาพฝนที่คำนวณความเข้มฝนสูงสุดได้ใกล้เคียงกับความเข้มฝนสูงสุดเฉลี่ยในพื้นที่บางกะปิ และบึงกุ่ม

| พื้นที่ | ช่วงเวลาฝนตก | |
|---------|----------------|----------------|
| | 30 นาที | 60 นาที |
| บางกะปิ | Kiefer and Chu | Kiefer and Chu |
| บึงกุ่ม | Yen and Chow | Yen and Chow |
| หนองแขม | ไม่มีข้อมูล | ไม่มีข้อมูล |

4. วิธี Kiefer and Chu ให้ผลการคำนวณค่าความเข้มฝนสูงสุดใกล้เคียงกับความเข้มฝนสูงสุดเฉลี่ยในช่วงเวลาฝนตก 30 นาที และ 60 นาที

6.2.2.2 ชลภาพน้ำฝน เป็นการเปรียบเทียบรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงกับรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบวิธี Pilgrim and Cordery วิธี Yen and Chow และวิธี Kiefer and Chu โดยใช้ Bias และ Relative Standard Error เป็นตัววัดความสอดคล้องระหว่างรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงกับรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบวิธีต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.8 และ 5.9 พบว่า

1. พื้นที่บางกะปิในช่วงเวลาฝนตก 30 นาที วิธี Kiefer and Chu โดยใช้ค่า $r = 0.44$ (วิธีที่ 1) ให้ผลการคำนวณรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด โดยให้ค่าที่คำนวณได้สูงกว่าค่าของชลภาพฝนตกจริง ส่วนในช่วงเวลาฝนตก 60 นาที วิธี Yen and Chow โดยใช้ค่า $r = 0.42$ (วิธีที่ 2) ให้ผลการคำนวณรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด โดยให้ค่าที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าของชลภาพฝนตกจริง
2. พื้นที่บึงกุ่มในช่วงเวลาฝนตก 30 นาที วิธี Pilgrim and Cordery ให้ผลการคำนวณรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด ส่วนในช่วงเวลาฝนตก 60 นาที วิธี Yen and Chow โดยใช้ค่า $r = 0.33$ (วิธีที่ 1) ให้ผลการคำนวณรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด และให้ค่าที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าของชลภาพฝนตกจริง
3. พื้นที่หนองแขมในช่วงเวลาฝนตก 30 นาทีวิธี Yen and Chow โดยใช้ $r = 0.42$ (วิธีที่ 1) ให้ผลการคำนวณรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับรูปร่างของชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด และให้ค่าที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าของชลภาพฝนตกจริง และในช่วงเวลาฝนตก 60 นาที วิธี Yen and Chow โดยใช้ $r = 0.28$ (วิธีที่ 2) ให้ผลการคำนวณรูปร่างของชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด และให้ค่าที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าของชลภาพฝนตกจริง
4. เมื่อพิจารณาค่า Relative Standard Error เฉลี่ยทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าในช่วงเวลาฝนตก 30 นาที วิธี Kiefer and Chu โดยใช้ค่า r วิธีที่ 1 ให้ค่าผลการคำนวณชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด และให้ค่าที่คำนวณได้มากกว่าชลภาพฝนตกจริง ส่วนในช่วงเวลาฝนตก 60 นาที วิธี Yen and Chow โดยใช้ค่า r วิธีที่ 2 ให้ค่าผลการคำนวณชลภาพฝนออกแบบใกล้เคียงกับชลภาพฝนตกจริงมากที่สุด และให้ค่าที่คำนวณได้น้อยกว่าชลภาพฝนตกจริง

6.3 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า

ในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่ามีการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 เรื่อง คือ ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ค่าเวลาในการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก และชลภาพน้ำท่า โดยการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าวิธีต่างๆ ได้แก่ วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่า วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph วิธี Rational Method วิธี ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark และวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้หน่วย ในรูปสมการถดถอย สหสัมพันธ์ โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

6.3.1 สรุปผลการวิเคราะห์เวลาในการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

ในการวิเคราะห์เวลาในการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก t_c ได้คำนวณค่าเฉลี่ย t_c จากทุกเหตุการณ์ชลภาพน้ำฝนและน้ำท่าเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ระบายน้ำนั้นๆ และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า t_c และค่าคุณลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้ออกมาเป็นสมการถดถอยสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังแสดงในสมการที่ 5.1 และรูปที่ ก-2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t_c จากข้อมูล และ t_c ที่คำนวณได้จากสมการที่ 5.1

ทำการเปรียบเทียบค่า t_c ที่คำนวณได้จากข้อมูลชลภาพน้ำฝนและน้ำท่า กับค่า t_c ที่คำนวณได้โดยสูตรของ Carter, สูตรของ Kirpich, สูตรของ Espey – Winslow, สูตรของ Eagleson และสมการที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบโดยใช้ Bias และ Standard Error เป็นตัววัดความสอดคล้องดังแสดงในตารางที่ 5.11 พบว่า t_c ที่คำนวณโดยสมการที่ 5.1 ให้ผลการคำนวณค่า t_c ใกล้เคียงกับค่า t_c ที่ได้จากข้อมูลชลภาพน้ำฝนและน้ำท่ามากที่สุด และวิธี Kirpich ให้ค่าผลการคำนวณ t_c ใกล้เคียงกับค่า t_c ที่ได้จากข้อมูลชลภาพน้ำฝนและน้ำท่าในลำดับต่อมา

6.3.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า

ในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า C ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งวิธีการวิเคราะห์ออกเป็น 5 วิธี คือ วิธีที่ 1 การคำนวณค่า C_p จากสมการ $Q = CiA$ โดยกำหนดค่า i = ความเข้มฝนเฉลี่ยในช่วงเวลา t_p วิธีที่ 2 การคำนวณค่า C_c จากสมการ $Q = CiA$ โดยกำหนดค่า i = ความเข้มฝนเฉลี่ยในช่วงเวลา t_c วิธีที่ 3 การคำนวณค่า C_r จากอัตราส่วนของความลึกน้ำท่าผิวดิน หรือความลึกของฝนส่วนเกินต่อความลึกของน้ำฝนที่ตก วิธีที่ 4 การคำนวณค่า C_L จากการกำหนดประเภทของการใช้ที่ดิน และวิธีที่ 5 การกำหนดค่า C_d จากความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย จากการพิจารณาค่า C ที่คำนวณได้ (ตารางที่ 5.12)

สามารถแบ่งค่า C ได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก เป็น C_p และ C_{ic} และกลุ่มที่สอง คือ C_r , C_L และ C_d โดยค่า C ทั้ง 2 กลุ่มนี้มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากความเข้มข้น และลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ระบายน้ำ ดังได้กล่าวไว้โดยละเอียดในหัวข้อ 5.4.2 และจากผลการศึกษาค่า C ที่คำนวณได้โดยวิธีต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากการศึกษาในพื้นที่ศึกษา 8 พื้นที่ พบว่าค่า C ทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันใน 3 พื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก และมีพื้นที่การไหลต่อเนื่อง แต่มีค่าแตกต่างกันใน 5 พื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ และมีพื้นที่การไหลไม่ต่อเนื่อง
2. ค่า C ในกลุ่มที่ 1 คือ C_{ic} และ C_p ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องโดยเปรียบเทียบผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดกับข้อมูลที่วัดได้จริง โดยมีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ ข้อมูลฝนที่วัดได้มีความเข้มข้นค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับความเข้มข้นออกแบบที่กำหนดโดยทั่วไป
3. ค่า C_{ic} และ C_p ให้ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด เนื่องจากให้ผลการคำนวณ Bias และ Relative Standard Error ต่ำที่สุดดังแสดงในตารางที่ 5.13

6.3.3 สรุปผลการวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่าผิวดิน

ในการวิเคราะห์ชลภาพน้ำท่าผิวดิน ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธี ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย วิธี Santa Barbara Urban Hydrograph วิธีหลักการและเหตุผลวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark และชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วยในรูปแบบสมการถดถอยสหสัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร่หน่วยได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ชลภาพหนึ่งหน่วย น้ำท่าไร่หน่วยดังแสดงในรูปที่ 5.12 สมการถดถอยสหสัมพันธ์ของเวลาในการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (t_p) ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าดังแสดงในสมการที่ 5.2 และสมการถดถอยสหสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุด (q_p) ของชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าดังแสดงในสมการที่ 5.3

ในการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยใช้วิธีพื้นฐานต่างๆดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น พบว่าผลการคำนวณของวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph (SBUH) วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark และ

วิธีเรชันแนล ในบางเหตุการณ์ให้ผลการคำนวณไม่สอดคล้องกับชลภาพน้ำท่าผิวดินจริง ดังนั้นได้ดำเนินการปรับปรุงวิธีการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยพิจารณาหลักสมดุลของน้ำ (water balance) โดยสามารถสรุปดังนี้

1. วิธี SBUH ทำการปรับแก้ปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง โดยใช้แฟกเตอร์ปรับแก้ปริมาตรน้ำท่าที่แสดงในตารางที่ 5.17 ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนของปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริงต่อปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ครั้งแรก แล้วนำแฟกเตอร์นี้มาคูณกับอัตราการไหลที่เวลาต่างๆของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ จะได้ชลภาพน้ำท่าผิวดินที่มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริง
2. วิธีเรชันแนล ทำการปรับแก้ปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำท่าผิวดินจริงโดย ทำการขยายโค้งการลดลงของชลภาพน้ำท่า (recession limb) ให้ปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับปริมาตรน้ำท่าผิวดินจริง
3. ส่วนวิธี ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark และชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าแบบไร้หน่วยไม่มีการปรับแก้

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงกับชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณโดยวิธีต่างๆ ได้แบ่งการเปรียบเทียบเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. อัตราการไหลสูงสุดเป็นการเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงกับอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณโดยวิธีต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.15 พบว่าวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย ให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพน้ำท่าผิวดินใกล้เคียงกับอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5.15 โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ 14 เปอร์เซ็นต์ และวิธีเรชันแนลให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของชลภาพน้ำท่า ใกล้เคียงกับอัตราการไหลสูงสุดจริงของชลภาพน้ำท่าผิวดินในลำดับต่อมา โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ 17 เปอร์เซ็นต์

2. ชลภาพน้ำท่าผิวดิน เป็นการเปรียบเทียบความสอดคล้องรูปร่างของชลภาพน้ำท่าผิวดินจริงกับรูปร่างของชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยวิธีต่างๆ โดยทำการจัดลำดับความสอดคล้องของรูปร่างชลภาพน้ำท่าผิวดิน โดยพิจารณาค่า Relative Standard Error ดังแสดงในตารางที่ 5.16 พบว่าวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินใกล้เคียงกับชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้จริงมากที่สุด และวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้หน่วย และวิธี Rational ให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินใกล้เคียงชลภาพน้ำท่าผิวดินในลำดับต่อมา

6.4 ข้อเสนอแนะ

6.4.1 การวัด และการทบทวนข้อมูลทางอุทกวิทยา

6.4.1.1 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวัด

เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบถังกระดก

1. ในการบันทึกข้อมูลบนกระดาษกราฟควรมีการบันทึกข้อมูลอย่างละเอียดเพราะจะช่วยให้การแปรข้อมูลได้ในภายหลัง

2. ควรเติมหมึกปากกาอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 3 วันเพราะถ้าหมึกปากกาแห้งมันจะแก้ไขได้ยากมากในการที่จะให้น้ำหมึกไหลได้เหมือนเดิม

3. ก้านเสียบปากกาค่อนข้างจะอ่อนไหวมากดังนั้นเวลาจับควรระวัง เพราะอาจจะทำให้การบันทึกข้อมูลมีการผิดพลาดได้

เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติ

1. ในการบันทึกข้อมูลบนกระดาษกราฟควรมีการบันทึกข้อมูลอย่างละเอียดเพราะจะช่วยให้การแปรข้อมูลได้ในภายหลัง

2. ควรเติมหมึกปากกาอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 3 วันเพราะถ้าหมึกปากกาแห้งมันจะแก้ไขได้ยากมากในการที่จะให้น้ำหมึกไหลได้เหมือนเดิม

3. ปากกาค่อนข้างจะอ่อนไหวมาก ดังนั้นเวลาเติมน้ำหมึกควรระวัง เพราะอาจจะทำให้การบันทึกข้อมูลมีการผิดพลาดได้

4. วัสดุที่ใช้ในการอุดรอยรั่วของฝายวัดระดับน้ำควรจะใช้ดินเหนียวเพราะสามารถอุดรอยรั่วได้ดีมาก และไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาดินเหนียว

6.4.1.2 ข้อเสนอแนะของการประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดที่ทำการทบทวน

1. เนื่องจากเครื่องมือชุดดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดในการใช้งาน ดังนั้นจึงควรมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือนี้ให้เหมาะสมกับข้อจำกัดเหล่านั้นดังต่อไปนี้

1.1 ควรใช้ชุดเครื่องมือนี้กับท่อหรือคลองที่มีหน้าตัดการไหลขนาดเล็ก เพราะสามารถจะให้ค่าความเร็วการไหลที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับความเร็วการไหลเฉลี่ยทั้งพื้นที่หน้าตัดการไหล

1.2 ในกรณีที่จะติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำและความเร็วการไหลในคลองที่มีความ

กว้างมากกว่าขอบเขตในการส่งคลื่นเหนือเสียงของ Transducer Head ควรติดตั้ง Transducer Head ในตำแหน่งที่จะให้ค่าความเร็วการไหลที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าความเร็วเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัดการไหลให้มากที่สุด คือ ตำแหน่งในแนวราบให้ติดตั้งที่ตำแหน่งประมาณ 1/3 ของความกว้างของคลองดังแสดงในรูปที่ 4.8 ส่วนค่าในแนวตั้งถ้าคลองมีความลึกมากกว่า 1 เมตรให้ทำการติดตั้งต่ำจากระดับผิวน้ำประมาณ 0.8 เท่าของความลึก

1.3 จำเป็นต้องมีการทำ Spot Checks เพื่อวัดค่าความเร็วการไหลในหลายจุดทั่วทั้งหน้าตัดการไหล เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความเร็วการไหลที่วัดได้โดยเครื่องมือวัดให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัด

1.4 ควรเลือกทางน้ำที่มีหน้าตัดการไหลสม่ำเสมอ ไม่มีสิ่งกีดขวางก่อกำเนิดการไหลปั่นป่วน และมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและความเร็วการไหลในช่วงเวลาฝนตกอย่างชัดเจน โดยที่ความเร็วการไหลควรอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 4 เมตร/วินาที

2. ควรจัดสร้างโค้งความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหล ระดับน้ำและความลาดผิวน้ำ (Flow rate Water Level and Water Surface Slope) โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ในการหาค่าอัตราการไหลจะต้องทราบ ความเร็วการไหลเฉลี่ยทั่วทั้งหน้าตัดการไหลที่แท้จริง และพื้นที่หน้าตัดการไหลที่ถูกต้อง โดยจำเป็นต้องมีการทำ Spot Check หลายครั้ง ทั้งในช่วงที่มีอัตราการไหลน้อยจนถึงช่วงที่มีอัตราการไหลมาก

2.2 ทำการวัดและบันทึกค่าระดับน้ำที่สอดคล้องกับค่าอัตราการไหลในข้อแรก 2 ตำแหน่ง คือ สถานีหลัก (Primary Station) ที่วัดระดับน้ำและความเร็วการไหล และสถานีรอง (Auxiliary Station) ที่อยู่ห่างจากสถานีหลักออกไปทางด้านเหนือน้ำพอสมควรเพื่อวัดค่าระดับน้ำ ดังนั้นจะได้ค่าผลต่างระดับน้ำของทั้ง 2 สถานี

2.3 หาค่าความลาดของระดับผิวน้ำ โดยหาจากผลต่างระดับน้ำแล้วหารด้วยระยะห่างของสถานีหลักและสถานีรอง โค้งความสัมพันธ์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยเมื่อทราบข้อมูลระดับน้ำทั้ง 2 สถานี จะสามารถหาอัตราการไหลที่มีความถูกต้องได้จากโค้งความสัมพันธ์

6.4.2 ข้อมูลฝน

1. การคำนวณค่า r ควรใช้วิธีคำนวณจากชลภาพน้ำฝนโดยตรง เพราะจากผลการศึกษาให้ค่าชลภาพน้ำฝนออกแบบใกล้เคียงกับชลภาพน้ำฝนจริง

2. ในการคำนวณความเข้มฝนสูงสุดที่ถูกต้องมากที่สุด ขึ้นอยู่กับ IDF Curve ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่ ตามทฤษฎีของการเกิดฝนลักษณะ Convective Storm ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นในพื้นที่เขตเมือง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาของเมืองใหญ่ทำให้มี

ความร้อนและฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุง IDF Curve โดยใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันอย่างต่อเนื่อง

3. วิธีการออกแบบชลภาพน้ำฝนที่ถูกต้องมากที่สุด ขึ้นอยู่กับค่า r ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะแต่ละพื้นที่ ดังนั้นในการออกแบบชลภาพน้ำฝนในพื้นที่หนึ่งๆ ควรมีการวัดข้อมูลน้ำฝนในพื้นที่นั้นๆ อย่างต่อเนื่อง

4. ข้อมูลฝนที่ได้จากการศึกษานี้เป็นข้อมูลที่วัดได้ในช่วงเวลา 2 เดือนเท่านั้น ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สั้นดังนั้นหากต้องการความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน จำเป็นต้องมีการวัดข้อมูลอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งมีการรวบรวมข้อมูลที่มีการวัดในอดีตเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

6.4.3 ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า

1. วิธีการคำนวณ t_c ที่ถูกต้องที่สุดขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของแต่ละพื้นที่ระบายน้ำ ซึ่งในพื้นที่เขตเมืองมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ระบายน้ำมีเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้ค่า t_c เปลี่ยนแปลงด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องมีการวัดข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าอย่างต่อเนื่อง

2. จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าค่า C ที่คำนวณได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเมื่อพิจารณาค่าของ C โดยกลุ่มที่ 1 คือ C_p และ C_c มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่สอง คือ C_L และ C_u เนื่องจากความเข้มฝนที่วัดได้มีค่าต่ำ ดังนั้นเพื่อจะศึกษาหาค่า C ที่สามารถนำมาใช้ในงานออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครจำเป็นต้องมีการวัดข้อมูลความสัมพันธ์ของน้ำฝน และน้ำท่าในระยะยาวให้มีข้อมูลความเข้มฝนในช่วงความเข้มฝนสูงๆ แล้วนำมาศึกษาหาค่า C เพื่อนำมาใช้เป็นค่า C มาตรฐานของกรุงเทพมหานครต่อไป

3. ในการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดออกจากพื้นที่ระบายน้ำ จากการศึกษาพบว่าวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดใกล้เคียงกับอัตราการไหลสูงสุดจริงมากที่สุด แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกับค่าอัตราการไหลสูงสุดจริงไม่มากนัก เมื่อเทียบกับการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดโดยวิธีหลักการและเหตุผล ดังนั้นอาจคำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุดจากค่าวิธีหลักการและเหตุผลเพราะสามารถคำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุดได้สะดวกกว่า และจากการศึกษาพบว่าอัตราการไหลสูงสุดในแต่ละวิธีมีขอบเขต และข้อจำกัด ดังนั้นจึงขอเสนอข้อจำกัดในการประยุกต์วิธีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในแต่ละวิธีดังนี้

3.1 วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดได้ดีกับทุกพื้นที่ระบายน้ำ แต่ต้องมีการวัดข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า

3.2 วิธี SBUH ให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดได้ดีในพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก แต่ในพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่จะให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดสูงกว่าข้อมูลจริง

3.3 วิธีเรชันแนล ให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดได้ดี แต่ต้องใช้ค่า C ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าที่วัดในพื้นที่ระบายน้ำ

3.4 วิธี ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark ให้ผลการคำนวณเช่นเดียวกับ SBUH

3.5 วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้หน่วยให้ผลการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงในบางพื้นที่ระบายน้ำ จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมมากกว่านี้เพื่อใช้ในการปรับปรุงสมการ

4. การคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำ จากการศึกษาพบว่า การคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยจะให้ผลการคำนวณได้ใกล้เคียงกับชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้จริงมากที่สุด และการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้หน่วยให้ผลการคำนวณได้ใกล้เคียงกับชลภาพน้ำท่าผิวดินที่วัดได้จริงในลำดับต่อมา ดังนั้นอาจคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกจากพื้นที่ระบายน้ำโดยวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้หน่วย เพราะไม่ต้องมีการวัดข้อมูลน้ำท่าทำให้ประหยัด และสามารถคำนวณได้สะดวกกว่าวิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ย และจากการศึกษาพบว่า การคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินในแต่ละวิธีมีขอบเขต และข้อจำกัด ดังนั้นจึงขอเสนอข้อจำกัดในการประยุกต์วิธีการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดในแต่ละวิธีดังนี้

4.1 วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินสอดคล้องได้ดีกับข้อมูลจริงในทุกพื้นที่ระบายน้ำ แต่ต้องมีการวัดข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า

4.2 วิธี SBUH จำเป็นต้องมีการปรับปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรน้ำท่าผิวดินจริงดังได้กล่าวไว้ในข้างต้น ซึ่งจะให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินได้ดีในพื้นที่ระบายน้ำขนาดเล็ก แต่ในพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่จะให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดสูงกว่าข้อมูลจริง

4.3 วิธีเรชันแนล จำเป็นต้องมีการปรับปริมาตรน้ำท่าของชลภาพน้ำท่าผิวดินที่คำนวณได้ให้มีค่าเท่ากับปริมาตรน้ำท่าผิวดินจริงดังได้กล่าวไว้ในข้างต้น จะให้ผลการคำนวณอัตราชลภาพน้ำท่าผิวดินได้ดีในทุกพื้นที่ระบายน้ำ แต่ต้องใช้ค่า C ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่าที่วัดในพื้นที่ระบายน้ำนั้น

4.4 วิธี ชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าของ Clark ให้ผลการคำนวณเช่นเดียวกับ SBUH แต่ไม่ต้องมีการปรับปริมาตรน้ำท่า

4.5 วิธีชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าไร้หน่วยให้ผลการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงในบางพื้นที่ระบายน้ำ จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมมากกว่านี้เพื่อใช้ในการปรับปรุงสมการ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กัญญา โปธิพิขุ. การศึกษาฝนในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล เวอร์ชัน 7 – 10 . ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และไตรรัตน์ศรีวัฒนา. การป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร , 2529.
- ทวนทัน กิจไพศาลสกุล และพัชรศักดิ์ อาลัย. เทคโนโลยีของเครื่องมือวัดข้อมูลอุทกวิทยา. วารสารวิศวกรรมสารฉบับวสท.เทคโนโลยี (พฤษภาคม 2544).
- พิสิฐ ศรีวรานันท์. การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการปรับปรุงระบบระบายน้ำในเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
- วีระพล แต่สมบัติ. หลักอุทกวิทยา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์ , 2538.
- วีระพล แต่สมบัติ. อุทกวิทยาประยุกต์. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซนเตอร์การพิมพ์ , 2531.
- สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. รายงานผลการตรวจวัดปริมาณน้ำ และปริมาณฝนในพื้นที่เขตบางกะปิ. จัดทำโดย บริษัท วอร์เตอร์ ดีเวลล์ฟเมนท์ คอนซัลแต้นส์ จำกัด, 2543.
- สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. รายงานผลการตรวจวัดปริมาณน้ำท่า และน้ำฝนในพื้นที่เขตบึงกุ่ม. จัดทำโดย บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2543.
- สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. รายงานผลการตรวจวัดน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่เขตหนองแขม บางขุนเทียน และจอมทอง. จัดทำโดย บริษัท ทีมคอนซัลติง เอนจิเนียริง แอนด์เมเนจเมนท์ 2543.
- สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. การศึกษาสำรวจ จัดทำแผนหลักระบบรองรับพื้นฐานและการออกแบบเบื้องต้นระบบระบายน้ำในพื้นที่ขานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร. จัดทำโดย เนเธอร์แลนด์ เอ็นจิเนียริง คอนซัลแต้นท์, บริษัท สเปน จำกัด และบริษัทวอเตอร์ดีเวลล์ฟเมนท์ คอนซัลแต้นส์ จำกัด, 2539.

สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. รายงานการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่
เขตหนองแขม เขตบางขุนเทียน และจอมทอง. ศึกษาโดยบริษัท ทิม คอนซัลติงเอนจิเนียริง
แอนด์เมเนจเม้นท์ จำกัด, 2544.

สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. รายงานการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่
บางกะปิ. ศึกษาโดยบริษัทเทอร์เตอร์ดีเวลล์ฟเม้นท์ คอนซัลเท็นส์ จำกัด ,2543.

สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. รายงานการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่
บึงกุ่ม. ศึกษาโดยบริษัทแอสตีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด ,2543.

อุบลวรรณ เจนพานิชทรัพย์. การปรับปรุงการวิเคราะห์ฝนออกแบบสำหรับกรุงเทพมหานคร. วิทยา
นิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2542.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

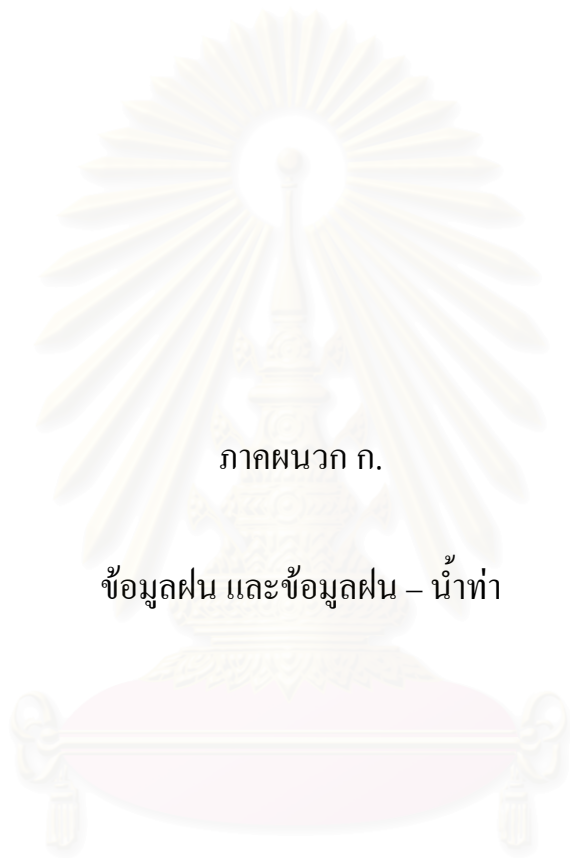
ภาษาอังกฤษ

- Bedient, Philip B. and Huber, Wayne. Hydrology and Floodplain Analysis. United State of America : Addison – Wisley Publishing company, 1989.
- BFGD. Joint Venture. Bangkok Flood Control and Drainage Project (City Core). General Study Report and Feasibility Study Report. Bangkok : DDS Publication, 1984.
- Buhler Montec Group Limited. Harzadous Area Open Channel Flow Logger Technical manual. (np), (1998).
- Chow, Ven Te. Handbook of Applied Hydrology. (np) : McGraw – Hill Book Company, 1964.
- Chow, Ven Te., D.R. Maidment, and L.W. May. Applied Hydrology. (np) : McGraw – Hill Book Company, 1988.
- EGS.(Asia) Ltd. Flow Survey Data Report Vol.I, II and III. (2000).
- Linsley, Ray K. , Kohler, JR. Max and Paulhus, Joseph L.H.. Hydrology for Engineers. Singapore : McGraw – Hill Book Company, 1988.
- Martin Wanielista, Robert Kersten and Ron Eaglin. Hydrology : Water Quantity and Quality Control. (np) : John Wiley and Sons. , 1997.
- McCuen, Richard H., Wong, Stanley L. and Raw, Walter J.. Estimating Urban Time of Concentration. Journal of Hydraulic Engineering , Vol.110 , No.7 , July 1984.
- Namtip Rattapan. Bangkok Runoff Hydrograph. M.Eng Thesis. Asian Institute of Technology. Bangkok, 1968.
- Pilgrim, D.H., and I. Cordery. Rainfall Temporal Pattern for Design Floods. Journal of Hydraulics Engineering, ASCE. January , 1975.
- Singh, Vijay P. . Elementary Hydrology. New Jersey : Prentice Hall , 1992.
- Robert M. Regan and John F. Miller. Dimensionless Inlet Hydrograph Model. J. of Hydraulics Engineering, ASCE., 1976.
- Yen, B.C. and Chow, V.T.. Design Hyetographs for Small Drainage Structures. Journal of Hydraulics Engineering, ASCE., June , 1980.
- White, W.R., Perkins, J.A. and Harrison, J.M.. Weirs and Flumes for flow measurement. (np) : John Wiley and Son, 1978.
- Wong, S. Tommy. Time of Concentration and Peak Discharge Formulas for Planes in Series. Journal of Irrigation and Drainage Engineering , ASCE., July/August, 1996.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลสน และข้อมูลสน – น้ำท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บางกะปิ

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 1 | 8/18/1943 | 1940 | 105.0 | 3.5 | 1928 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1942 | 90.0 | 3.0 | 1930 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1944 | 90.0 | 3.0 | 1932 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1946 | 105.0 | 3.5 | 1934 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1948 | 90.0 | 3.0 | 1936 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1950 | 120.0 | 4.0 | 1938 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1952 | 90.0 | 3.0 | 1940 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1954 | 75.0 | 2.5 | 1942 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1956 | 105.0 | 3.5 | 1944 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1958 | 105.0 | 3.5 | 1946 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 2000 | 120.0 | 4.0 | 1948 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2002 | 135.0 | 4.5 | 1950 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2004 | 105.0 | 3.5 | 1952 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2006 | 105.0 | 3.5 | 1954 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 2008 | 120.0 | 4.0 | 1956 | 105.0 | 3.5 | |
| | | | | | | 1958 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2000 | 120.0 | 4.0 |
| | | | | | | 2002 | 135.0 | 4.5 |
| | | | | | | 2004 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2006 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2008 | 120.0 | 4.0 |
| | | | | | | 2010 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 2012 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 2014 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | 2016 | 75.0 | 2.5 | | |
| | | | | 2018 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2020 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2022 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2024 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2026 | 45.0 | 1.5 | | |

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 2 | 8/18/1943 | 1942 | 105.0 | 3.5 | 1928 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1944 | 75.0 | 2.5 | 1930 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1946 | 90.0 | 3.0 | 1932 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1948 | 120.0 | 4.0 | 1934 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1950 | 90.0 | 3.0 | 1936 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 1952 | 90.0 | 3.0 | 1938 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1954 | 90.0 | 3.0 | 1940 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1956 | 105.0 | 3.5 | 1942 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1958 | 105.0 | 3.5 | 1944 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 2000 | 135.0 | 4.5 | 1946 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2002 | 150.0 | 5.0 | 1948 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2004 | 105.0 | 3.5 | 1950 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2006 | 90.0 | 3.0 | 1952 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2008 | 90.0 | 3.0 | 1954 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2010 | 105.0 | 3.5 | 1956 | 105.0 | 3.5 | |
| | | | | | | 1958 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2000 | 135.0 | 4.5 |
| | | | | | | 2002 | 150.0 | 5.0 |
| | | | | | | 2004 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2006 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 2008 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 2010 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2012 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2014 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | 2016 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2018 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2020 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 2022 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 2024 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2026 | 45.0 | 1.5 | | |

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|------|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 3 | 8/14/1943 | 1624 | 60.0 | 2.0 | 1602 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1626 | 90.0 | 3.0 | 1604 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1628 | 105.0 | 3.5 | 1606 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1630 | 135.0 | 4.5 | 1608 | 30.0 | 1.0 | |
| | | 1632 | 105.0 | 3.5 | 1610 | 30.0 | 1.0 | |
| | | 1634 | 90.0 | 3.0 | 1612 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1636 | 75.0 | 2.5 | 1614 | 15.0 | 0.5 | |
| | | 1638 | 180.0 | 6.0 | 1616 | 15.0 | 0.5 | |
| | | 1640 | 255.0 | 8.5 | 1618 | 7.5 | 0.3 | |
| | | 1642 | 330.0 | 11.0 | 1620 | 7.5 | 0.3 | |
| | | 1644 | 285.0 | 9.5 | 1622 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1646 | 180.0 | 6.0 | 1624 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1648 | 90.0 | 3.0 | 1626 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1650 | 60.0 | 2.0 | 1628 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1652 | 60.0 | 2.0 | 1630 | 135.0 | 4.5 | |
| | | | | | | 1632 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 1634 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 1636 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 1638 | 180.0 | 6.0 |
| | | | | | | 1640 | 255.0 | 8.5 |
| | | | | | | 1642 | 330.0 | 11.0 |
| | | | | | | 1644 | 285.0 | 9.5 |
| | | | | | | 1646 | 180.0 | 6.0 |
| | | | | 1648 | 90.0 | 3.0 | | |
| | | | | 1650 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 1652 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 1654 | 30.0 | 1.0 | | |
| | | | | 1656 | 30.0 | 1.0 | | |
| | | | | 1658 | 15.0 | 0.5 | | |
| | | | | 1700 | 30.0 | 1.0 | | |

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 4 | 8/18/1943 | 1946 | 105.0 | 3.5 | 1938 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1948 | 105.0 | 3.5 | 1940 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1950 | 105.0 | 3.5 | 1942 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1952 | 120.0 | 4.0 | 1944 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1954 | 120.0 | 4.0 | 1946 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1956 | 135.0 | 4.5 | 1948 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1958 | 150.0 | 5.0 | 1950 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 2000 | 180.0 | 6.0 | 1952 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2002 | 150.0 | 5.0 | 1954 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2004 | 135.0 | 4.5 | 1956 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 2006 | 150.0 | 5.0 | 1958 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 2008 | 120.0 | 4.0 | 2000 | 180.0 | 6.0 | |
| | | 2010 | 120.0 | 4.0 | 2002 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 2012 | 105.0 | 3.5 | 2004 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 2014 | 90.0 | 3.0 | 2006 | 150.0 | 5.0 | |
| | | | | | | 2008 | 120.0 | 4.0 |
| | | | | | | 2010 | 120.0 | 4.0 |
| | | | | | | 2012 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2014 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 2016 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 2018 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 2020 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 2022 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 2024 | 60.0 | 2.0 |
| | | | | | | 2026 | 60.0 | 2.0 |
| | | | | | | 2028 | 60.0 | 2.0 |
| | | | | 2030 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2032 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 2034 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2036 | 45.0 | 1.5 | | |

ตาราง ก-1 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 5 | 8/18/1943 | 1948 | 90.0 | 3.0 | 1936 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1950 | 120.0 | 4.0 | 1938 | 30.0 | 1.0 | |
| | | 1952 | 120.0 | 4.0 | 1940 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1954 | 135.0 | 4.5 | 1942 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1956 | 150.0 | 5.0 | 1944 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1958 | 135.0 | 4.5 | 1946 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2000 | 120.0 | 4.0 | 1948 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 2002 | 120.0 | 4.0 | 1950 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2004 | 120.0 | 4.0 | 1952 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2006 | 135.0 | 4.5 | 1954 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 2008 | 105.0 | 3.5 | 1956 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 2010 | 120.0 | 4.0 | 1958 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 2012 | 150.0 | 5.0 | 2000 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2014 | 120.0 | 4.0 | 2002 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2016 | 120.0 | 4.0 | 2004 | 120.0 | 4.0 | |
| | | | | | | 2006 | 135.0 | 4.5 |
| | | | | | | 2008 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 2010 | 120.0 | 4.0 |
| | | | | | | 2012 | 150.0 | 5.0 |
| | | | | | | 2014 | 120.0 | 4.0 |
| | | | | | | 2016 | 120.0 | 4.0 |
| | | | | | | 2018 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 2020 | 60.0 | 2.0 |
| | | | | 2022 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2024 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 2026 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 2028 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 2030 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 2032 | 30.0 | 1.0 | | |
| | | | | 2034 | 30.0 | 1.0 | | |

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บึงกุ่ม

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 1 | 8/14/1943 | 1608 | 135.0 | 4.5 | 1608 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 1610 | 165.0 | 5.5 | 1610 | 165.0 | 5.5 | |
| | | 1612 | 165.0 | 5.5 | 1612 | 165.0 | 5.5 | |
| | | 1614 | 165.0 | 5.5 | 1614 | 165.0 | 5.5 | |
| | | 1616 | 165.0 | 5.5 | 1616 | 165.0 | 5.5 | |
| | | 1618 | 150.0 | 5.0 | 1618 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 1620 | 105.0 | 3.5 | 1620 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1622 | 120.0 | 4.0 | 1622 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 1624 | 90.0 | 3.0 | 1624 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1626 | 105.0 | 3.5 | 1626 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1628 | 165.0 | 5.5 | 1628 | 165.0 | 5.5 | |
| | | 1630 | 105.0 | 3.5 | 1630 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1632 | 90.0 | 3.0 | 1632 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1634 | 75.0 | 2.5 | 1634 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1636 | 45.0 | 1.5 | 1636 | 45.0 | 1.5 | |
| | | | | | | 1638 | 45.0 | 1.5 |
| | | | | | | 1640 | 150.0 | 5.0 |
| | | | | | | 1642 | 180.0 | 6.0 |
| | | | | | | 1644 | 210.0 | 7.0 |
| | | | | | | 1646 | 135.0 | 4.5 |
| | | | | | | 1648 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 1650 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 1652 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | 1654 | 75.0 | 2.5 | | |
| | | | | 1656 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1658 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 1700 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1702 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 1704 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1706 | 30.0 | 1.0 | | |

ตาราง ก-2 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บึงกุ่ม(ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 2 | 8/14/1943 | 1610 | 135.0 | 4.5 | 1610 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 1612 | 135.0 | 4.5 | 1612 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 1614 | 150.0 | 5.0 | 1614 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 1616 | 135.0 | 4.5 | 1616 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 1618 | 150.0 | 5.0 | 1618 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 1620 | 90.0 | 3.0 | 1620 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1622 | 30.0 | 1.0 | 1622 | 30.0 | 1.0 | |
| | | 1624 | 45.0 | 1.5 | 1624 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1626 | 75.0 | 2.5 | 1626 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1628 | 105.0 | 3.5 | 1628 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1630 | 90.0 | 3.0 | 1630 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1632 | 60.0 | 2.0 | 1632 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1634 | 75.0 | 2.5 | 1634 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1636 | 45.0 | 1.5 | 1636 | 45.0 | 1.5 | |
| | | 1638 | 45.0 | 1.5 | 1638 | 45.0 | 1.5 | |
| | | | | | | 1640 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 1642 | 150.0 | 5.0 |
| | | | | | | 1644 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 1646 | 150.0 | 5.0 |
| | | | | | | 1648 | 105.0 | 3.5 |
| | | | | | | 1650 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 1652 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 1654 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | 1656 | 60.0 | 2.0 | | |
| | | | | 1658 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1700 | 75.0 | 2.5 | | |
| | | | | 1702 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1704 | 30.0 | 1.0 | | |
| | | | | 1706 | 15.0 | 0.5 | | |
| | | | | 1708 | 15.0 | 0.5 | | |

ตาราง ก-2 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บึงกุ่ม(ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 3 | 9/3/1943 | 1434 | 120.0 | 4.0 | 1430 | 3.8 | 0.1 | |
| | | 1436 | 180.0 | 6.0 | 1432 | 3.8 | 0.1 | |
| | | 1438 | 150.0 | 5.0 | 1434 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 1440 | 165.0 | 5.5 | 1436 | 180.0 | 6.0 | |
| | | 1442 | 150.0 | 5.0 | 1438 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 1444 | 105.0 | 3.5 | 1440 | 165.0 | 5.5 | |
| | | 1446 | 120.0 | 4.0 | 1442 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 1448 | 120.0 | 4.0 | 1444 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1450 | 75.0 | 2.5 | 1446 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 1452 | 60.0 | 2.0 | 1448 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 1454 | 90.0 | 3.0 | 1450 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1456 | 105.0 | 3.5 | 1452 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1458 | 60.0 | 2.0 | 1454 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1500 | 30.0 | 1.0 | 1456 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 1502 | 30.0 | 1.0 | 1458 | 60.0 | 2.0 | |
| | | | | | | 1500 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 1502 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 1504 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 1506 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | | | 1508 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | | | 1510 | 7.5 | 0.3 |
| | | | | | | 1512 | 7.5 | 0.3 |
| | | | | | | 1514 | 7.5 | 0.3 |
| | | | | 1516 | 7.5 | 0.3 | | |
| | | | | 1518 | 3.8 | 0.1 | | |
| | | | | 1520 | 3.8 | 0.1 | | |
| | | | | 1522 | 3.8 | 0.1 | | |
| | | | | 1524 | 3.8 | 0.1 | | |
| | | | | 1526 | 5.0 | 0.2 | | |
| | | | | 1528 | 5.0 | 0.2 | | |

ตาราง ก-2 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บึงกุ่ม(ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 4 | 8/14/1943 | 1620 | 48.0 | 1.6 | 1600 | 48.0 | 1.6 | |
| | | 1622 | 42.0 | 1.4 | 1602 | 36.0 | 1.2 | |
| | | 1624 | 60.0 | 2.0 | 1604 | 24.0 | 0.8 | |
| | | 1626 | 42.0 | 1.4 | 1606 | 24.0 | 0.8 | |
| | | 1628 | 54.0 | 1.8 | 1608 | 36.0 | 1.2 | |
| | | 1630 | 60.0 | 2.0 | 1610 | 36.0 | 1.2 | |
| | | 1632 | 36.0 | 1.2 | 1612 | 42.0 | 1.4 | |
| | | 1634 | 30.0 | 1.0 | 1614 | 54.0 | 1.8 | |
| | | 1636 | 24.0 | 0.8 | 1616 | 48.0 | 1.6 | |
| | | 1638 | 30.0 | 1.0 | 1618 | 54.0 | 1.8 | |
| | | 1640 | 66.0 | 2.2 | 1620 | 48.0 | 1.6 | |
| | | 1642 | 96.0 | 3.2 | 1622 | 42.0 | 1.4 | |
| | | 1644 | 90.0 | 3.0 | 1624 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1646 | 102.0 | 3.4 | 1626 | 42.0 | 1.4 | |
| | | 1648 | 66.0 | 2.2 | 1628 | 54.0 | 1.8 | |
| | | | | | | 1630 | 60.0 | 2.0 |
| | | | | | | 1632 | 36.0 | 1.2 |
| | | | | | | 1634 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 1636 | 24.0 | 0.8 |
| | | | | | | 1638 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 1640 | 66.0 | 2.2 |
| | | | | | | 1642 | 96.0 | 3.2 |
| | | | | | | 1644 | 90.0 | 3.0 |
| | | | | | | 1646 | 102.0 | 3.4 |
| | | | | | | 1648 | 66.0 | 2.2 |
| | | | | | | 1650 | 42.0 | 1.4 |
| | | | | 1652 | 24.0 | 0.8 | | |
| | | | | 1654 | 30.0 | 1.0 | | |
| | | | | 1656 | 36.0 | 1.2 | | |
| | | | | 1658 | 30.0 | 1.0 | | |

ตาราง ก-2 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่บึงกุ่ม(ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 5 | 8/14/1943 | 1628 | 90.0 | 3.0 | 1608 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1630 | 90.0 | 3.0 | 1610 | 150.0 | 5.0 | |
| | | 1632 | 120.0 | 4.0 | 1612 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 1634 | 135.0 | 4.5 | 1614 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1636 | 120.0 | 4.0 | 1616 | 30.0 | 1.0 | |
| | | 1638 | 150.0 | 5.0 | 1618 | 15.0 | 0.5 | |
| | | 1640 | 255.0 | 8.5 | 1620 | 15.0 | 0.5 | |
| | | 1642 | 225.0 | 7.5 | 1622 | 30.0 | 1.0 | |
| | | 1644 | 285.0 | 9.5 | 1624 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 1646 | 255.0 | 8.5 | 1626 | 75.0 | 2.5 | |
| | | 1648 | 150.0 | 5.0 | 1628 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1650 | 75.0 | 2.5 | 1630 | 90.0 | 3.0 | |
| | | 1652 | 60.0 | 2.0 | 1632 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 1654 | 90.0 | 3.0 | 1634 | 135.0 | 4.5 | |
| | | 1656 | 75.0 | 2.5 | 1636 | 120.0 | 4.0 | |
| | | | | | | 1638 | 150.0 | 5.0 |
| | | | | | | 1640 | 255.0 | 8.5 |
| | | | | | | 1642 | 225.0 | 7.5 |
| | | | | | | 1644 | 285.0 | 9.5 |
| | | | | | | 1646 | 255.0 | 8.5 |
| | | | | | | 1648 | 150.0 | 5.0 |
| | | | | | | 1650 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 1652 | 60.0 | 2.0 |
| | | | | 1654 | 90.0 | 3.0 | | |
| | | | | 1656 | 75.0 | 2.5 | | |
| | | | | 1658 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1700 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1702 | 45.0 | 1.5 | | |
| | | | | 1704 | 30.0 | 1.0 | | |
| | | | | 1706 | 30.0 | 1.0 | | |

ตาราง ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแวม

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) |
| 1 | 9/20/1943 | 1444 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1446 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1448 | 120.0 | 4.0 | | | |
| | | 1450 | 135.0 | 4.5 | | | |
| | | 1452 | 135.0 | 4.5 | | | |
| | | 1454 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1456 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1458 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1500 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1502 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1504 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1506 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1508 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1510 | 30.0 | 1.0 | | | |
| | | 1512 | 7.5 | 0.3 | | | |

ตาราง ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) |
| 2 | 10/1/1943 | 1308 | 30.0 | 1.0 | | | |
| | | 1310 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1312 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1314 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1316 | 135.0 | 4.5 | | | |
| | | 1318 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1320 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1322 | 165.0 | 5.5 | | | |
| | | 1324 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1326 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1328 | 135.0 | 4.5 | | | |
| | | 1330 | 135.0 | 4.5 | | | |
| | | 1332 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1334 | 15.0 | 0.5 | | | |
| | | 1336 | 7.5 | 0.3 | | | |

ตาราง ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) |
| 3 | 9/28/1943 | 1046 | 75.0 | 2.5 | | | |
| | | 1048 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1050 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1052 | 120.0 | 4.0 | | | |
| | | 1054 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1056 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1058 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1100 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1102 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1104 | 120.0 | 4.0 | | | |
| | | 1106 | 135.0 | 4.5 | | | |
| | | 1108 | 135.0 | 4.5 | | | |
| | | 1110 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1112 | 120.0 | 4.0 | | | |
| | | 1114 | 120.0 | 4.0 | | | |

ตาราง ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) |
| 4 | 9/21/1943 | 1704 | 120.0 | 4.0 | | | |
| | | 1706 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 1708 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1710 | 150.0 | 5.0 | | | |
| | | 1712 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 1714 | 75.0 | 2.5 | | | |
| | | 1716 | 15.0 | 0.5 | | | |
| | | 1718 | 15.0 | 0.5 | | | |
| | | 1720 | 5.0 | 0.2 | | | |
| | | 1722 | 5.0 | 0.2 | | | |
| | | 1724 | 5.0 | 0.2 | | | |
| | | 1726 | 7.5 | 0.3 | | | |
| | | 1728 | 7.5 | 0.3 | | | |
| | | 1730 | 7.5 | 0.3 | | | |
| | | 1732 | 7.5 | 0.3 | | | |

ตาราง ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|-----|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | |
| 5 | 9/28/1943 | 2052 | 60.0 | 2.0 | 2042 | 3.0 | 0.1 | |
| | | 2054 | 30.0 | 1.0 | 2044 | 3.0 | 0.1 | |
| | | 2056 | 15.0 | 0.5 | 2046 | 5.0 | 0.2 | |
| | | 2058 | 60.0 | 2.0 | 2048 | 5.0 | 0.2 | |
| | | 2100 | 120.0 | 4.0 | 2050 | 5.0 | 0.2 | |
| | | 2102 | 105.0 | 3.5 | 2052 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 2104 | 165.0 | 5.5 | 2054 | 30.0 | 1.0 | |
| | | 2106 | 120.0 | 4.0 | 2056 | 15.0 | 0.5 | |
| | | 2108 | 120.0 | 4.0 | 2058 | 60.0 | 2.0 | |
| | | 2110 | 60.0 | 2.0 | 2100 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2112 | 75.0 | 2.5 | 2102 | 105.0 | 3.5 | |
| | | 2114 | 30.0 | 1.0 | 2104 | 165.0 | 5.5 | |
| | | 2116 | 30.0 | 1.0 | 2106 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2118 | 30.0 | 1.0 | 2108 | 120.0 | 4.0 | |
| | | 2120 | 30.0 | 1.0 | 2110 | 60.0 | 2.0 | |
| | | | | | | 2112 | 75.0 | 2.5 |
| | | | | | | 2114 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 2116 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 2118 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 2120 | 30.0 | 1.0 |
| | | | | | | 2122 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | | | 2124 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | | | 2126 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | | | 2128 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | | | 2130 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | | | 2132 | 15.0 | 0.5 |
| | | | | 2134 | 15.0 | 0.5 | | |
| | | | | 2136 | 15.0 | 0.5 | | |
| | | | | 2138 | 3.0 | 0.1 | | |
| | | | | 2140 | 3.0 | 0.1 | | |

ตาราง ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) |
| 6 | 9/15/1943 | 1642 | 15.0 | 0.5 | | | |
| | | 1644 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1646 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1648 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1650 | 75.0 | 2.5 | | | |
| | | 1652 | 75.0 | 2.5 | | | |
| | | 1654 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1656 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1658 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 1700 | 45.0 | 1.5 | | | |
| | | 1702 | 30.0 | 1.0 | | | |
| | | 1704 | 30.0 | 1.0 | | | |
| | | 1706 | 7.5 | 0.3 | | | |
| | | 1708 | 7.5 | 0.3 | | | |
| | | 1710 | 5.0 | 0.2 | | | |

ตาราง ก-3 ข้อมูลฝนในเหตุการณ์ที่มีความลึกฝนสูงสุดของแต่ละสถานีในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| สถานี | เหตุการณ์ | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 30 นาที | | เวลา | ช่วงเวลาฝนตก 60 นาที | |
|-------|-----------|------|-------------------------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) | | ความเข้มฝน (มม./ชม.) | ความลึกฝน (ม.ม.) |
| 7 | 9/29/1943 | 2354 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 2356 | 75.0 | 2.5 | | | |
| | | 2358 | 15.0 | 0.5 | | | |
| | | 0000 | 15.0 | 0.5 | | | |
| | | 0002 | 30.0 | 1.0 | | | |
| | | 0004 | 60.0 | 2.0 | | | |
| | | 0006 | 75.0 | 2.5 | | | |
| | | 0008 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 0010 | 120.0 | 4.0 | | | |
| | | 0012 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 0014 | 105.0 | 3.5 | | | |
| | | 0016 | 75.0 | 2.5 | | | |
| | | 0018 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 0020 | 90.0 | 3.0 | | | |
| | | 0022 | 75.0 | 2.5 | | | |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ

ความลึกฝนสะสม(P) 57.51 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 14.04 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.24

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1550 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1552 | 2 | 0.00 | 0 | 7 | |
| 1554 | 4 | 0.00 | 0 | 21 | |
| 1556 | 6 | 0.00 | 0 | 27 | |
| 1558 | 8 | 0.00 | 0 | 13 | |
| 1600 | 10 | 0.10 | 3 | 13 | |
| 1602 | 12 | 0.10 | 3 | 49 | |
| 1604 | 14 | 0.10 | 3 | 18 | |
| 1606 | 16 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 1608 | 18 | 0.10 | 3 | 6 | |
| 1610 | 20 | 0.00 | 0 | 32 | |
| 1612 | 22 | 0.00 | 0 | 25 | |
| 1614 | 24 | 0.00 | 0 | 74 | |
| 1616 | 26 | 0.00 | 0 | 105 | |
| 1618 | 28 | 0.10 | 3 | 143 | 0 |
| 1620 | 30 | 0.10 | 3 | 185 | 42 |
| 1622 | 32 | 0.10 | 3 | 213 | 70 |
| 1624 | 34 | 0.10 | 3 | 254 | 111 |
| 1626 | 36 | 0.10 | 3 | 294 | 151 |
| 1628 | 38 | 0.50 | 15 | 342 | 199 |
| 1630 | 40 | 3.00 | 90 | 410 | 267 |
| 1632 | 42 | 3.00 | 90 | 556 | 413 |
| 1634 | 44 | 4.00 | 120 | 720 | 577 |
| 1636 | 46 | 4.50 | 135 | 795 | 652 |
| 1638 | 48 | 5.50 | 165 | 795 | 652 |
| 1640 | 50 | 4.00 | 120 | 848 | 705 |
| 1642 | 52 | 3.00 | 90 | 848 | 705 |
| 1644 | 54 | 4.50 | 135 | 691 | 548 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1646 | 56 | 4.50 | 135 | 764 | 621 |
| 1648 | 58 | 3.50 | 105 | 722 | 579 |
| 1650 | 60 | 2.50 | 75 | 785 | 642 |
| 1652 | 62 | 3.00 | 90 | 743 | 600 |
| 1654 | 64 | 2.50 | 75 | 712 | 569 |
| 1656 | 66 | 1.50 | 45 | 722 | 579 |
| 1658 | 68 | 0.50 | 15 | 712 | 569 |
| 1700 | 70 | 0.50 | 15 | 753 | 610 |
| 1702 | 72 | 0.50 | 15 | 743 | 600 |
| 1704 | 74 | 0.50 | 15 | 722 | 579 |
| 1706 | 76 | 1.00 | 30 | 659 | 516 |
| 1708 | 78 | 0.50 | 15 | 617 | 474 |
| 1710 | 80 | 0.50 | 15 | 680 | 537 |
| 1712 | 82 | 0.50 | 15 | 596 | 453 |
| 1714 | 84 | 0.50 | 15 | 617 | 474 |
| 1716 | 86 | 0.50 | 15 | 638 | 495 |
| 1718 | 88 | 0.25 | 7.5 | 617 | 474 |
| 1720 | 90 | 0.25 | 7.5 | 586 | 443 |
| 1722 | 92 | 0.25 | 7.5 | 523 | 380 |
| 1724 | 94 | 0.25 | 7.5 | 565 | 422 |
| 1726 | 96 | 0.13 | 3.8 | 523 | 380 |
| 1728 | 98 | 0.13 | 3.8 | 607 | 464 |
| 1730 | 100 | 0.13 | 3.8 | 544 | 401 |
| 1732 | 102 | 0.13 | 3.8 | 513 | 370 |
| 1734 | 104 | 0.00 | 0 | 523 | 380 |
| 1736 | 106 | | | 523 | 380 |
| 1738 | 108 | | | 534 | 391 |
| 1740 | 110 | | | 523 | 380 |
| 1742 | 112 | | | 439 | 296 |
| 1744 | 114 | | | 439 | 296 |
| 1746 | 116 | | | 460 | 317 |
| 1748 | 118 | | | 513 | 370 |
| 1750 | 120 | | | 450 | 307 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1752 | 122 | | | 502 | 359 |
| 1754 | 124 | | | 471 | 328 |
| 1756 | 126 | | | 492 | 349 |
| 1758 | 128 | | | 492 | 349 |
| 1800 | 130 | | | 460 | 317 |
| 1802 | 132 | | | 471 | 328 |
| 1804 | 134 | | | 502 | 359 |
| 1806 | 136 | | | 460 | 317 |
| 1808 | 138 | | | 398 | 255 |
| 1810 | 140 | | | 450 | 307 |
| 1812 | 142 | | | 450 | 307 |
| 1814 | 144 | | | 481 | 338 |
| 1816 | 146 | | | 460 | 317 |
| 1818 | 148 | | | 398 | 255 |
| 1820 | 150 | | | 460 | 317 |
| 1822 | 152 | | | 492 | 349 |
| 1824 | 154 | | | 450 | 307 |
| 1826 | 156 | | | 439 | 296 |
| 1828 | 158 | | | 366 | 223 |
| 1830 | 160 | | | 398 | 255 |
| 1832 | 162 | | | 481 | 338 |
| 1834 | 164 | | | 471 | 328 |
| 1836 | 166 | | | 429 | 286 |
| 1838 | 168 | | | 450 | 307 |
| 1840 | 170 | | | 460 | 317 |
| 1842 | 172 | | | 408 | 265 |
| 1844 | 174 | | | 408 | 265 |
| 1846 | 176 | | | 377 | 234 |
| 1848 | 178 | | | 366 | 223 |
| 1850 | 180 | | | 408 | 265 |
| 1852 | 182 | | | 324 | 181 |
| 1854 | 184 | | | 366 | 223 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 . สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1856 | 186 | | | 356 | 213 |
| 1858 | 188 | | | 335 | 192 |
| 1900 | 190 | | | 314 | 171 |
| 1902 | 192 | | | 262 | 119 |
| 1904 | 194 | | | 283 | 140 |
| 1906 | 196 | | | 262 | 119 |
| 1908 | 198 | | | 283 | 140 |
| 1910 | 200 | | | 293 | 150 |
| 1912 | 202 | | | 303 | 160 |
| 1914 | 204 | | | 283 | 140 |
| 1916 | 206 | | | 283 | 140 |
| 1918 | 208 | | | 209 | 66 |
| 1920 | 210 | | | 230 | 87 |
| 1922 | 212 | | | 324 | 181 |
| 1924 | 214 | | | 272 | 129 |
| 1926 | 216 | | | 303 | 160 |
| 1928 | 218 | | | 366 | 223 |
| 1930 | 220 | | | 345 | 202 |
| 1932 | 222 | | | 366 | 223 |
| 1934 | 224 | | | 335 | 192 |
| 1936 | 226 | | | 377 | 234 |
| 1938 | 228 | | | 241 | 98 |
| 1940 | 230 | | | 272 | 129 |
| 1942 | 232 | | | 429 | 286 |
| 1944 | 234 | | | 429 | 286 |
| 1946 | 236 | | | 366 | 223 |
| 1948 | 238 | | | 303 | 160 |
| 1950 | 240 | | | 366 | 223 |
| 1952 | 242 | | | 356 | 213 |
| 1954 | 244 | | | 398 | 255 |
| 1956 | 246 | | | 356 | 213 |
| 1958 | 248 | | | 345 | 202 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2000 | 250 | | | 335 | 192 |
| 2002 | 252 | | | 377 | 234 |
| 2004 | 254 | | | 356 | 213 |
| 2006 | 256 | | | 377 | 234 |
| 2008 | 258 | | | 335 | 192 |
| 2010 | 260 | | | 398 | 255 |
| 2012 | 262 | | | 429 | 286 |
| 2014 | 264 | | | 335 | 192 |
| 2016 | 266 | | | 220 | 77 |
| 2018 | 268 | | | 251 | 108 |
| 2020 | 270 | | | 272 | 129 |
| 2022 | 272 | | | 220 | 77 |
| 2024 | 274 | | | 251 | 108 |
| 2026 | 276 | | | 262 | 119 |
| 2028 | 278 | | | 230 | 87 |
| 2030 | 280 | | | 230 | 87 |
| 2032 | 282 | | | 283 | 140 |
| 2034 | 284 | | | 471 | 328 |
| 2036 | 286 | | | 492 | 349 |
| 2038 | 288 | | | 460 | 317 |
| 2040 | 290 | | | 471 | 328 |
| 2042 | 292 | | | 460 | 317 |
| 2044 | 294 | | | 492 | 349 |
| 2046 | 296 | | | 481 | 338 |
| 2048 | 298 | | | 450 | 307 |
| 2050 | 300 | | | 460 | 317 |
| 2052 | 302 | | | 439 | 296 |
| 2054 | 304 | | | 481 | 338 |
| 2056 | 306 | | | 419 | 276 |
| 2058 | 308 | | | 460 | 317 |
| 2100 | 310 | | | 439 | 296 |
| 2102 | 312 | | | 419 | 276 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2104 | 314 | | | 419 | 276 |
| 2106 | 316 | | | 460 | 317 |
| 2108 | 318 | | | 398 | 255 |
| 2110 | 320 | | | 471 | 328 |
| 2112 | 322 | | | 419 | 276 |
| 2114 | 324 | | | 419 | 276 |
| 2116 | 326 | | | 408 | 265 |
| 2118 | 328 | | | 460 | 317 |
| 2120 | 330 | | | 439 | 296 |
| 2122 | 332 | | | 450 | 307 |
| 2124 | 334 | | | 429 | 286 |
| 2126 | 336 | | | 429 | 286 |
| 2128 | 338 | | | 429 | 286 |
| 2130 | 340 | | | 398 | 255 |
| 2132 | 342 | | | 471 | 328 |
| 2134 | 344 | | | 429 | 286 |
| 2136 | 346 | | | 429 | 286 |
| 2138 | 348 | | | 387 | 244 |
| 2140 | 350 | | | 408 | 265 |
| 2142 | 352 | | | 429 | 286 |
| 2144 | 354 | | | 439 | 296 |
| 2146 | 356 | | | 398 | 255 |
| 2148 | 358 | | | 398 | 255 |
| 2150 | 360 | | | 419 | 276 |
| 2152 | 362 | | | 387 | 244 |
| 2154 | 364 | | | 439 | 296 |
| 2156 | 366 | | | 419 | 276 |
| 2158 | 368 | | | 429 | 286 |
| 2200 | 370 | | | 366 | 223 |
| 2202 | 372 | | | 450 | 307 |
| 2204 | 374 | | | 408 | 265 |
| 2206 | 376 | | | 366 | 223 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2208 | 378 | | | 398 | 255 |
| 2210 | 380 | | | 408 | 265 |
| 2212 | 382 | | | 419 | 276 |
| 2214 | 384 | | | 429 | 286 |
| 2216 | 386 | | | 439 | 296 |
| 2218 | 388 | | | 408 | 265 |
| 2220 | 390 | | | 439 | 296 |
| 2222 | 392 | | | 356 | 213 |
| 2224 | 394 | | | 366 | 223 |
| 2226 | 396 | | | 398 | 255 |
| 2228 | 398 | | | 439 | 296 |
| 2230 | 400 | | | 450 | 307 |
| 2232 | 402 | | | 398 | 255 |
| 2234 | 404 | | | 408 | 265 |
| 2236 | 406 | | | 429 | 286 |
| 2238 | 408 | | | 398 | 255 |
| 2240 | 410 | | | 450 | 307 |
| 2242 | 412 | | | 439 | 296 |
| 2244 | 414 | | | 460 | 317 |
| 2246 | 416 | | | 450 | 307 |
| 2248 | 418 | | | 460 | 317 |
| 2250 | 420 | | | 450 | 307 |
| 2252 | 422 | | | 429 | 286 |
| 2254 | 424 | | | 429 | 286 |
| 2256 | 426 | | | 345 | 202 |
| 2258 | 428 | | | 429 | 286 |
| 2300 | 430 | | | 419 | 276 |
| 2302 | 432 | | | 419 | 276 |
| 2304 | 434 | | | 429 | 286 |
| 2306 | 436 | | | 356 | 213 |
| 2308 | 438 | | | 439 | 296 |
| 2310 | 440 | | | 419 | 276 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2312 | 442 | | | 387 | 244 |
| 2314 | 444 | | | 398 | 255 |
| 2316 | 446 | | | 377 | 234 |
| 2318 | 448 | | | 439 | 296 |
| 2320 | 450 | | | 398 | 255 |
| 2322 | 452 | | | 377 | 234 |
| 2324 | 454 | | | 387 | 244 |
| 2326 | 456 | | | 419 | 276 |
| 2328 | 458 | | | 408 | 265 |
| 2330 | 460 | | | 419 | 276 |
| 2332 | 462 | | | 387 | 244 |
| 2334 | 464 | | | 387 | 244 |
| 2336 | 466 | | | 366 | 223 |
| 2338 | 468 | | | 398 | 255 |
| 2340 | 470 | | | 419 | 276 |
| 2342 | 472 | | | 387 | 244 |
| 2344 | 474 | | | 419 | 276 |
| 2346 | 476 | | | 377 | 234 |
| 2348 | 478 | | | 419 | 276 |
| 2350 | 480 | | | 377 | 234 |
| 2352 | 482 | | | 408 | 265 |
| 2354 | 484 | | | 398 | 255 |
| 2356 | 486 | | | 419 | 276 |
| 2358 | 488 | | | 366 | 223 |
| 2400 | 490 | | | 419 | 276 |
| 2402 | 492 | | | 398 | 255 |
| 2404 | 494 | | | 387 | 244 |
| 2406 | 496 | | | 429 | 286 |
| 2408 | 498 | | | 460 | 317 |
| 2410 | 500 | | | 439 | 296 |
| 2412 | 502 | | | 377 | 234 |
| 2414 | 504 | | | 429 | 286 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2416 | 506 | | | 439 | 296 |
| 2418 | 508 | | | 419 | 276 |
| 2420 | 510 | | | 456 | 313 |
| 2422 | 512 | | | 490 | 347 |
| 2424 | 514 | | | 433 | 290 |
| 2426 | 516 | | | 455 | 312 |
| 2428 | 518 | | | 432 | 289 |
| 2430 | 520 | | | 443 | 300 |
| 2432 | 522 | | | 430 | 287 |
| 2434 | 524 | | | 396 | 253 |
| 2436 | 526 | | | 429 | 286 |
| 2438 | 528 | | | 441 | 298 |
| 2440 | 530 | | | 474 | 331 |
| 2442 | 532 | | | 461 | 318 |
| 2444 | 534 | | | 428 | 285 |
| 2446 | 536 | | | 450 | 307 |
| 2448 | 538 | | | 448 | 305 |
| 2450 | 540 | | | 459 | 316 |
| 2452 | 542 | | | 413 | 270 |
| 2454 | 544 | | | 458 | 315 |
| 2456 | 546 | | | 423 | 280 |
| 2458 | 548 | | | 433 | 290 |
| 0000 | 550 | | | 410 | 267 |
| 0002 | 552 | | | 443 | 300 |
| 0004 | 554 | | | 453 | 310 |
| 0006 | 556 | | | 408 | 265 |
| 0008 | 558 | | | 440 | 297 |
| 0010 | 560 | | | 439 | 296 |
| 0012 | 562 | | | 406 | 263 |
| 0014 | 564 | | | 449 | 306 |
| 0016 | 566 | | | 426 | 283 |
| 0018 | 568 | | | 436 | 293 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 1สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 0020 | 570 | | | 424 | 281 |
| 0022 | 572 | | | 413 | 270 |
| 0024 | 574 | | | 423 | 280 |
| 0026 | 576 | | | 432 | 289 |
| 0028 | 578 | | | 496 | 353 |
| 0030 | 580 | | | 387 | 244 |
| 0032 | 582 | | | 430 | 287 |
| 0034 | 584 | | | 504 | 361 |
| 0036 | 586 | | | 449 | 306 |
| 0038 | 588 | | | 448 | 305 |
| 0040 | 590 | | | 457 | 314 |
| 0042 | 592 | | | 455 | 312 |
| 0044 | 594 | | | 412 | 269 |
| 0046 | 596 | | | 433 | 290 |
| 0048 | 598 | | | 431 | 288 |
| 0050 | 600 | | | 461 | 318 |
| 0052 | 602 | | | 408 | 265 |
| 0054 | 604 | | | 428 | 285 |
| 0056 | 606 | | | 436 | 293 |
| 0058 | 608 | | | 404 | 261 |
| 0100 | 610 | | | 352 | 209 |
| 0102 | 612 | | | 433 | 290 |
| 0104 | 614 | | | 390 | 247 |
| 0106 | 616 | | | 470 | 327 |
| 0108 | 618 | | | 418 | 275 |
| 0110 | 620 | | | 407 | 264 |
| 0112 | 622 | | | 426 | 283 |
| 0114 | 624 | | | 463 | 320 |
| 0116 | 626 | | | 451 | 308 |
| 0118 | 628 | | | 451 | 308 |
| 0120 | 630 | | | 429 | 286 |
| 0122 | 632 | | | 396 | 253 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 0124 | 634 | | | 445 | 302 |
| 0126 | 636 | | | 413 | 270 |
| 0128 | 638 | | | 413 | 270 |
| 0130 | 640 | | | 400 | 257 |
| 0132 | 642 | | | 458 | 315 |
| 0134 | 644 | | | 385 | 242 |
| 0136 | 646 | | | 424 | 281 |
| 0138 | 648 | | | 414 | 271 |
| 0140 | 650 | | | 355 | 212 |
| 0142 | 652 | | | 416 | 273 |
| 0144 | 654 | | | 387 | 244 |
| 0146 | 656 | | | 388 | 245 |
| 0148 | 658 | | | 379 | 236 |
| 0150 | 660 | | | 390 | 247 |
| 0152 | 662 | | | 411 | 268 |
| 0154 | 664 | | | 352 | 209 |
| 0156 | 666 | | | 362 | 219 |
| 0158 | 668 | | | 363 | 220 |
| 0200 | 670 | | | 334 | 191 |
| 0202 | 672 | | | 386 | 243 |
| 0204 | 674 | | | 326 | 183 |
| 0206 | 676 | | | 347 | 204 |
| 0208 | 678 | | | 429 | 286 |
| 0210 | 680 | | | 328 | 185 |
| 0212 | 682 | | | 349 | 206 |
| 0214 | 684 | | | 349 | 206 |
| 0216 | 686 | | | 340 | 197 |
| 0218 | 688 | | | 331 | 188 |
| 0220 | 690 | | | 362 | 219 |
| 0222 | 692 | | | 332 | 189 |
| 0224 | 694 | | | 332 | 189 |
| 0226 | 696 | | | 344 | 201 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 0228 | 698 | | | 344 | 201 |
| 0230 | 700 | | | 324 | 181 |
| 0232 | 702 | | | 324 | 181 |
| 0234 | 704 | | | 335 | 192 |
| 0236 | 706 | | | 326 | 183 |
| 0238 | 708 | | | 347 | 204 |
| 0240 | 710 | | | 326 | 183 |
| 0242 | 712 | | | 295 | 152 |
| 0244 | 714 | | | 327 | 184 |
| 0246 | 716 | | | 370 | 227 |
| 0248 | 718 | | | 317 | 174 |
| 0250 | 720 | | | 318 | 175 |
| 0252 | 722 | | | 391 | 248 |
| 0254 | 724 | | | 318 | 175 |
| 0256 | 726 | | | 340 | 197 |
| 0258 | 728 | | | 308 | 165 |
| 0300 | 730 | | | 298 | 155 |
| 0302 | 732 | | | 330 | 187 |
| 0304 | 734 | | | 298 | 155 |
| 0306 | 736 | | | 288 | 145 |
| 0308 | 738 | | | 278 | 135 |
| 0310 | 740 | | | 257 | 114 |
| 0312 | 742 | | | 267 | 124 |
| 0314 | 744 | | | 299 | 156 |
| 0316 | 746 | | | 267 | 124 |
| 0318 | 748 | | | 300 | 157 |
| 0320 | 750 | | | 268 | 125 |
| 0322 | 752 | | | 236 | 93 |
| 0324 | 754 | | | 289 | 146 |
| 0326 | 756 | | | 247 | 104 |
| 0328 | 758 | | | 236 | 93 |
| 0330 | 760 | | | 247 | 104 |

ตารางที่ ก-4 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 0332 | 762 | | | 226 | 83 |
| 0334 | 764 | | | 247 | 104 |
| 0336 | 766 | | | 268 | 125 |
| 0338 | 768 | | | 247 | 104 |
| 0340 | 770 | | | 248 | 105 |
| 0342 | 772 | | | 216 | 73 |
| 0344 | 774 | | | 226 | 83 |
| 0346 | 776 | | | 259 | 116 |
| 0348 | 778 | | | 205 | 62 |
| 0350 | 780 | | | 205 | 62 |
| 0352 | 782 | | | 227 | 84 |
| 0354 | 784 | | | 140 | |
| 0356 | 786 | | | 194 | 51 |
| 0358 | 788 | | | 162 | 19 |
| 0400 | 790 | | | 162 | 19 |
| 0402 | 792 | | | 162 | 19 |
| 0404 | 794 | | | 151 | 8 |
| 0406 | 796 | | | 162 | 19 |
| 0408 | 798 | | | 183 | 40 |
| 0410 | 800 | | | 184 | 41 |
| 0412 | 802 | | | 183 | 40 |
| 0414 | 804 | | | 151 | 8 |
| 0416 | 806 | | | 151 | 8 |
| 0418 | 808 | | | 205 | 62 |
| 0420 | 810 | | | 140 | 0 |
| 0422 | 812 | | | 162 | 19 |
| 0424 | 814 | | | 162 | 19 |
| 0426 | 816 | | | 140 | 0 |
| 0428 | 818 | | | 151 | 8 |
| 0430 | 820 | | | 183 | 40 |
| 0432 | 822 | | | 151 | 8 |
| 0434 | 824 | | | 227 | 84 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ

ความลึกฝนสะสม(P) 238.76 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 47.35 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.20

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1926 | 0 | 0.00 | 0 | 39 | 0 |
| 1928 | 2 | 0.10 | 3 | 38 | 0 |
| 1930 | 4 | 0.10 | 3 | 39 | 0 |
| 1932 | 6 | 0.10 | 3 | 39 | 0 |
| 1934 | 8 | 0.10 | 3 | 41 | 2 |
| 1936 | 10 | 0.10 | 3 | 44 | 5 |
| 1938 | 12 | 1.50 | 45 | 50 | 11 |
| 1940 | 14 | 1.50 | 45 | 60 | 21 |
| 1942 | 16 | 2.00 | 60 | 80 | 41 |
| 1944 | 18 | 2.50 | 75 | 134 | 95 |
| 1946 | 20 | 3.50 | 105 | 191 | 152 |
| 1948 | 22 | 3.50 | 105 | 230 | 191 |
| 1950 | 24 | 3.50 | 105 | 254 | 215 |
| 1952 | 26 | 4.00 | 120 | 286 | 247 |
| 1954 | 28 | 4.00 | 120 | 281 | 242 |
| 1956 | 30 | 4.50 | 135 | 267 | 228 |
| 1958 | 32 | 5.00 | 150 | 266 | 227 |
| 2000 | 34 | 6.00 | 180 | 298 | 259 |
| 2002 | 36 | 5.00 | 150 | 301 | 262 |
| 2004 | 38 | 4.50 | 135 | 313 | 274 |
| 2006 | 40 | 5.00 | 150 | 303 | 264 |
| 2008 | 42 | 4.00 | 120 | 373 | 334 |
| 2010 | 44 | 4.00 | 120 | 353 | 314 |
| 2012 | 46 | 3.50 | 105 | 385 | 346 |
| 2014 | 48 | 3.00 | 90 | 361 | 322 |
| 2016 | 50 | 3.00 | 90 | 363 | 324 |
| 2018 | 52 | 2.50 | 75 | 257 | 218 |
| 2020 | 54 | 2.50 | 75 | 99 | 60 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 2022 | 56 | 2.50 | 75 | 361 | 322 |
| 2024 | 58 | 2.00 | 60 | 282 | 243 |
| 2026 | 60 | 2.00 | 60 | 299 | 260 |
| 2028 | 62 | 2.00 | 60 | 307 | 268 |
| 2030 | 64 | 2.00 | 60 | 257 | 218 |
| 2032 | 66 | 1.50 | 45 | 285 | 246 |
| 2034 | 68 | 2.00 | 60 | 257 | 218 |
| 2036 | 70 | 1.50 | 45 | 307 | 268 |
| 2038 | 72 | 1.00 | 30 | 158 | 119 |
| 2040 | 74 | 1.00 | 30 | 133 | 94 |
| 2042 | 76 | 0.50 | 15 | 147 | 108 |
| 2044 | 78 | 0.50 | 15 | 113 | 74 |
| 2046 | 80 | 0.25 | 7.5 | 124 | 85 |
| 2048 | 82 | 0.25 | 7.5 | 133 | 92 |
| 2050 | 84 | 0.00 | 0 | 144 | 105 |
| 2052 | 86 | 0.00 | 0 | 135 | 94 |
| 2054 | 88 | 0.00 | 0 | 127 | 82 |
| 2056 | 90 | 0.00 | 0 | 133 | 90 |
| 2058 | 92 | 0.00 | 0 | 144 | 99 |
| 2100 | 94 | 0.00 | 0 | 161 | 118 |
| 2102 | 96 | 0.00 | 0 | 147 | 108 |
| 2104 | 98 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 2106 | 100 | 0.00 | 0 | 158 | 119 |
| 2108 | 102 | 0.00 | 0 | 175 | 134 |
| 2110 | 104 | 0.00 | 0 | 161 | 122 |
| 2112 | 106 | 0.00 | 0 | 110 | 69 |
| 2114 | 108 | 0.00 | 0 | 130 | 87 |
| 2116 | 110 | 0.10 | 3 | 166 | 125 |
| 2118 | 112 | 0.10 | 3 | 135 | 94 |
| 2120 | 114 | 0.10 | 3 | 127 | 88 |
| 2122 | 116 | 0.10 | 3 | 254 | 215 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 2124 | 118 | 0.10 | 3 | 273 | 234 |
| 2126 | 120 | 0.00 | 0 | 279 | 240 |
| 2128 | 122 | 0.00 | 0 | 293 | 254 |
| 2130 | 124 | 0.00 | 0 | 296 | 257 |
| 2132 | 126 | 0.00 | 0 | 299 | 260 |
| 2134 | 128 | 0.00 | 0 | 273 | 234 |
| 2136 | 130 | 0.00 | 0 | 296 | 257 |
| 2138 | 132 | 0.00 | 0 | 268 | 229 |
| 2140 | 134 | 0.00 | 0 | 276 | 237 |
| 2142 | 136 | 0.00 | 0 | 271 | 232 |
| 2144 | 138 | 0.00 | 0 | 257 | 218 |
| 2146 | 140 | 0.00 | 0 | 265 | 226 |
| 2148 | 142 | 0.00 | 0 | 259 | 220 |
| 2150 | 144 | 0.00 | 0 | 234 | 195 |
| 2152 | 146 | 0.00 | 0 | 265 | 220 |
| 2154 | 148 | 0.00 | 0 | 203 | 162 |
| 2156 | 150 | 0.00 | 0 | 206 | 167 |
| 2158 | 152 | 0.00 | 0 | 203 | 162 |
| 2200 | 154 | 0.00 | 0 | 214 | 173 |
| 2202 | 156 | 0.00 | 0 | 223 | 182 |
| 2204 | 158 | 0.00 | 0 | 209 | 168 |
| 2206 | 160 | 0.00 | 0 | 206 | 163 |
| 2208 | 162 | 0.00 | 0 | 197 | 154 |
| 2210 | 164 | 0.00 | 0 | 195 | 152 |
| 2212 | 166 | 0.00 | 0 | 195 | 154 |
| 2214 | 168 | 0.00 | 0 | 186 | 145 |
| 2216 | 170 | 0.00 | 0 | 197 | 154 |
| 2218 | 172 | 0.00 | 0 | 161 | 122 |
| 2220 | 174 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 2222 | 176 | 0.00 | 0 | 144 | 103 |
| 2224 | 178 | 0.00 | 0 | 144 | 105 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2226 | 180 | 0.00 | 0 | 127 | 88 |
| 2228 | 182 | 0.00 | 0 | 203 | 162 |
| 2230 | 184 | 0.00 | 0 | 175 | 134 |
| 2232 | 186 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 2234 | 188 | 0.00 | 0 | 172 | 133 |
| 2236 | 190 | 0.00 | 0 | 220 | 181 |
| 2238 | 192 | 0.00 | 0 | 242 | 203 |
| 2240 | 194 | 0.00 | 0 | 214 | 175 |
| 2242 | 196 | 0.00 | 0 | 251 | 212 |
| 2244 | 198 | 0.00 | 0 | 242 | 203 |
| 2246 | 200 | 0.00 | 0 | 251 | 212 |
| 2248 | 202 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |
| 2250 | 204 | 0.00 | 0 | 237 | 198 |
| 2252 | 206 | 0.00 | 0 | 223 | 184 |
| 2254 | 208 | 0.00 | 0 | 257 | 218 |
| 2256 | 210 | 0.00 | 0 | 242 | 203 |
| 2258 | 212 | 0.00 | 0 | 251 | 212 |
| 2300 | 214 | 0.00 | 0 | 228 | 189 |
| 2302 | 216 | 0.00 | 0 | 257 | 218 |
| 2304 | 218 | 0.00 | 0 | 231 | 192 |
| 2306 | 220 | 0.00 | 0 | 245 | 206 |
| 2308 | 222 | 0.00 | 0 | 240 | 201 |
| 2310 | 224 | 0.00 | 0 | 254 | 215 |
| 2312 | 226 | 0.00 | 0 | 223 | 184 |
| 2314 | 228 | 0.00 | 0 | 254 | 215 |
| 2316 | 230 | 0.00 | 0 | 245 | 206 |
| 2318 | 232 | 0.00 | 0 | 223 | 184 |
| 2320 | 234 | 0.00 | 0 | 245 | 206 |
| 2322 | 236 | 0.00 | 0 | 231 | 192 |
| 2324 | 238 | 0.00 | 0 | 217 | 178 |
| 2326 | 240 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2328 | 242 | 0.00 | 0 | 135 | 96 |
| 2330 | 244 | 0.00 | 0 | 158 | 119 |
| 2332 | 246 | 0.00 | 0 | 144 | 105 |
| 2334 | 248 | 0.00 | 0 | 155 | 116 |
| 2336 | 250 | 0.00 | 0 | 121 | 82 |
| 2338 | 252 | 0.00 | 0 | 242 | 203 |
| 2340 | 254 | 0.00 | 0 | 245 | 206 |
| 2342 | 256 | 0.00 | 0 | 234 | 195 |
| 2344 | 258 | 0.00 | 0 | 242 | 203 |
| 2346 | 260 | 0.00 | 0 | 242 | 203 |
| 2348 | 262 | 0.00 | 0 | 273 | 234 |
| 2350 | 264 | 0.00 | 0 | 223 | 184 |
| 2352 | 266 | 0.00 | 0 | 245 | 206 |
| 2354 | 268 | 0.00 | 0 | 265 | 226 |
| 2356 | 270 | 0.00 | 0 | 265 | 226 |
| 2358 | 272 | 0.00 | 0 | 251 | 212 |
| 0000 | 274 | 0.00 | 0 | 251 | 212 |
| 0002 | 276 | 0.00 | 0 | 273 | 234 |
| 0004 | 278 | 0.00 | 0 | 248 | 209 |
| 0006 | 280 | 0.00 | 0 | 251 | 212 |
| 0008 | 282 | 0.00 | 0 | 248 | 209 |
| 0010 | 284 | 0.00 | 0 | 223 | 184 |
| 0012 | 286 | 0.00 | 0 | 220 | 181 |
| 0014 | 288 | 0.00 | 0 | 217 | 178 |
| 0016 | 290 | 0.00 | 0 | 240 | 201 |
| 0018 | 292 | 0.00 | 0 | 203 | 164 |
| 0020 | 294 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |
| 0022 | 296 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |
| 0024 | 298 | 0.00 | 0 | 206 | 167 |
| 0026 | 300 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |
| 0028 | 302 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 0030 | 304 | 0.00 | 0 | 240 | 201 |
| 0032 | 306 | 0.00 | 0 | 237 | 198 |
| 0034 | 308 | 0.00 | 0 | 211 | 172 |
| 0036 | 310 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 0038 | 312 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 0040 | 314 | 0.00 | 0 | 206 | 167 |
| 0042 | 316 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0044 | 318 | 0.00 | 0 | 231 | 192 |
| 0046 | 320 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |
| 0048 | 322 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |
| 0050 | 324 | 0.00 | 0 | 214 | 175 |
| 0052 | 326 | 0.00 | 0 | 228 | 189 |
| 0054 | 328 | 0.00 | 0 | 214 | 173 |
| 0056 | 330 | 0.00 | 0 | 214 | 175 |
| 0058 | 332 | 0.00 | 0 | 217 | 178 |
| 0100 | 334 | 0.00 | 0 | 206 | 167 |
| 0102 | 336 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |
| 0104 | 338 | 0.00 | 0 | 223 | 182 |
| 0106 | 340 | 0.00 | 0 | 214 | 175 |
| 0108 | 342 | 0.00 | 0 | 228 | 189 |
| 0110 | 344 | 0.00 | 0 | 195 | 154 |
| 0112 | 346 | 0.00 | 0 | 234 | 195 |
| 0114 | 348 | 0.00 | 0 | 203 | 162 |
| 0116 | 350 | 0.00 | 0 | 220 | 181 |
| 0118 | 352 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0120 | 354 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 0122 | 356 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0124 | 358 | 0.00 | 0 | 186 | 145 |
| 0126 | 360 | 0.00 | 0 | 197 | 156 |
| 0128 | 362 | 0.00 | 0 | 206 | 165 |
| 0130 | 364 | 0.00 | 0 | 195 | 154 |
| 0132 | 366 | 0.00 | 0 | 200 | 159 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 0134 | 368 | 0.00 | 0 | 121 | 80 |
| 0136 | 370 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0138 | 372 | 0.00 | 0 | 178 | 137 |
| 0140 | 374 | 0.00 | 0 | 195 | 154 |
| 0142 | 376 | 0.00 | 0 | 189 | 148 |
| 0144 | 378 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0146 | 380 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0148 | 382 | 0.00 | 0 | 186 | 145 |
| 0150 | 384 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0152 | 386 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 0154 | 388 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0156 | 390 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 0158 | 392 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 0200 | 394 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 0202 | 396 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 0204 | 398 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 0206 | 400 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 0208 | 402 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 0210 | 404 | 0.00 | 0 | 172 | 133 |
| 0212 | 406 | 0.00 | 0 | 164 | 125 |
| 0214 | 408 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 0216 | 410 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 0218 | 412 | 0.00 | 0 | 144 | 103 |
| 0220 | 414 | 0.00 | 0 | 172 | 133 |
| 0222 | 416 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 0224 | 418 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 0226 | 420 | 0.00 | 0 | 161 | 120 |
| 0228 | 422 | 0.00 | 0 | 147 | 108 |
| 0230 | 424 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 0232 | 426 | 0.00 | 0 | 155 | 116 |
| 0234 | 428 | 0.00 | 0 | 164 | 123 |
| 0236 | 430 | 0.00 | 0 | 172 | 131 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 0238 | 432 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 0240 | 434 | 0.00 | 0 | 155 | 116 |
| 0242 | 436 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0244 | 438 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 0246 | 440 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 0248 | 442 | 0.00 | 0 | 164 | 125 |
| 0250 | 444 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 0252 | 446 | 0.00 | 0 | 155 | 116 |
| 0254 | 448 | 0.00 | 0 | 161 | 122 |
| 0256 | 450 | 0.00 | 0 | 158 | 119 |
| 0258 | 452 | 0.00 | 0 | 158 | 119 |
| 0300 | 454 | 0.00 | 0 | 138 | 99 |
| 0302 | 456 | 0.00 | 0 | 141 | 102 |
| 0304 | 458 | 0.00 | 0 | 141 | 102 |
| 0306 | 460 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 0308 | 462 | 0.00 | 0 | 152 | 113 |
| 0310 | 464 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 0312 | 466 | 0.00 | 0 | 164 | 125 |
| 0314 | 468 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 0316 | 470 | 0.00 | 0 | 161 | 122 |
| 0318 | 472 | 0.00 | 0 | 164 | 125 |
| 0320 | 474 | 0.00 | 0 | 161 | 122 |
| 0322 | 476 | 0.00 | 0 | 164 | 125 |
| 0324 | 478 | 0.00 | 0 | 158 | 119 |
| 0326 | 480 | 0.00 | 0 | 158 | 119 |
| 0328 | 482 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 0330 | 484 | 0.00 | 0 | 147 | 108 |
| 0332 | 486 | 0.00 | 0 | 158 | 119 |
| 0334 | 488 | 0.00 | 0 | 152 | 113 |
| 0336 | 490 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0338 | 492 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0340 | 494 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 0342 | 496 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0344 | 498 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0346 | 500 | 0.00 | 0 | 203 | 164 |
| 0348 | 502 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0350 | 504 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0352 | 506 | 0.00 | 0 | 203 | 164 |
| 0354 | 508 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0356 | 510 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0358 | 512 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0400 | 514 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 0402 | 516 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0404 | 518 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0406 | 520 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0408 | 522 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0410 | 524 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0412 | 526 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0414 | 528 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0416 | 530 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0418 | 532 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0420 | 534 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0422 | 536 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0424 | 538 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0426 | 540 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0428 | 542 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0430 | 544 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0432 | 546 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0434 | 548 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 0436 | 550 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0438 | 552 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0440 | 554 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0442 | 556 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0444 | 558 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 0446 | 560 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0448 | 562 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0450 | 564 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0452 | 566 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0454 | 568 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0456 | 570 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0458 | 572 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0500 | 574 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0502 | 576 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0504 | 578 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0506 | 580 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0508 | 582 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0510 | 584 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0512 | 586 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0514 | 588 | 0.00 | 0 | 203 | 164 |
| 0516 | 590 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0518 | 592 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0520 | 594 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0522 | 596 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0524 | 598 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 0526 | 600 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0528 | 602 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0530 | 604 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0532 | 606 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0534 | 608 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0536 | 610 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0538 | 612 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |
| 0540 | 614 | 0.00 | 0 | 203 | 164 |
| 0542 | 616 | 0.00 | 0 | 203 | 164 |
| 0544 | 618 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0546 | 620 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0548 | 622 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 0550 | 624 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |
| 0552 | 626 | 0.00 | 0 | 211 | 172 |
| 0554 | 628 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0556 | 630 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |
| 0558 | 632 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0600 | 634 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0602 | 636 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0604 | 638 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0606 | 640 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0608 | 642 | 0.00 | 0 | 214 | 175 |
| 0610 | 644 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 0612 | 646 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0614 | 648 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0616 | 650 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0618 | 652 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0620 | 654 | 0.00 | 0 | 206 | 167 |
| 0622 | 656 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0624 | 658 | 0.00 | 0 | 197 | 158 |
| 0626 | 660 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0628 | 662 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0630 | 664 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0632 | 666 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 0634 | 668 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0636 | 670 | 0.00 | 0 | 203 | 164 |
| 0638 | 672 | 0.00 | 0 | 195 | 156 |
| 0640 | 674 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 0642 | 676 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 0644 | 678 | 0.00 | 0 | 200 | 161 |
| 0646 | 680 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |
| 0648 | 682 | 0.00 | 0 | 209 | 170 |
| 0650 | 684 | 0.00 | 0 | 211 | 172 |
| 0652 | 686 | 0.00 | 0 | 236 | 197 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 0654 | 688 | 0.00 | 0 | 223 | 184 |
| 0656 | 690 | 0.00 | 0 | 233 | 194 |
| 0658 | 692 | 0.00 | 0 | 250 | 211 |
| 0700 | 694 | 0.00 | 0 | 255 | 216 |
| 0702 | 696 | 0.00 | 0 | 255 | 210 |
| 0704 | 698 | 0.00 | 0 | 263 | 218 |
| 0706 | 700 | 0.00 | 0 | 250 | 203 |
| 0708 | 702 | 0.00 | 0 | 269 | 222 |
| 0710 | 704 | 0.00 | 0 | 270 | 221 |
| 0712 | 706 | 0.00 | 0 | 267 | 216 |
| 0714 | 708 | 0.00 | 0 | 261 | 203 |
| 0716 | 710 | 0.00 | 0 | 254 | 196 |
| 0718 | 712 | 0.00 | 0 | 263 | 199 |
| 0720 | 714 | 0.00 | 0 | 269 | 207 |
| 0722 | 716 | 0.00 | 0 | 261 | 191 |
| 0724 | 718 | 0.00 | 0 | 268 | 194 |
| 0726 | 720 | 0.00 | 0 | 259 | 176 |
| 0728 | 722 | 0.00 | 0 | 267 | 195 |
| 0730 | 724 | 0.00 | 0 | 257 | 172 |
| 0732 | 726 | 0.00 | 0 | 260 | 182 |
| 0734 | 728 | 0.00 | 0 | 261 | 193 |
| 0736 | 730 | 0.00 | 0 | 259 | 185 |
| 0738 | 732 | 0.00 | 0 | 269 | 207 |
| 0740 | 734 | 0.00 | 0 | 262 | 196 |
| 0742 | 736 | 0.00 | 0 | 260 | 206 |
| 0744 | 738 | 0.00 | 0 | 264 | 210 |
| 0746 | 740 | 0.00 | 0 | 267 | 209 |
| 0748 | 742 | 0.00 | 0 | 254 | 203 |
| 0750 | 744 | 0.00 | 0 | 258 | 215 |
| 0752 | 746 | 0.00 | 0 | 267 | 226 |
| 0754 | 748 | 0.00 | 0 | 250 | 209 |
| 0756 | 750 | 0.00 | 0 | 245 | 202 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 0758 | 752 | 0.00 | 0 | 263 | 220 |
| 0800 | 754 | 0.00 | 0 | 246 | 203 |
| 0802 | 756 | 0.00 | 0 | 258 | 215 |
| 0804 | 758 | 0.00 | 0 | 248 | 205 |
| 0806 | 760 | 0.00 | 0 | 264 | 221 |
| 0808 | 762 | 0.00 | 0 | 249 | 208 |
| 0810 | 764 | 0.00 | 0 | 247 | 206 |
| 0812 | 766 | 0.00 | 0 | 253 | 212 |
| 0814 | 768 | 0.00 | 0 | 256 | 217 |
| 0816 | 770 | 0.00 | 0 | 251 | 212 |
| 0818 | 772 | 0.00 | 0 | 256 | 215 |
| 0820 | 774 | 0.00 | 0 | 227 | 186 |
| 0822 | 776 | 0.00 | 0 | 240 | 195 |
| 0824 | 778 | 0.00 | 0 | 229 | 186 |
| 0826 | 780 | 0.00 | 0 | 236 | 193 |
| 0828 | 782 | 0.00 | 0 | 235 | 194 |
| 0830 | 784 | 0.00 | 0 | 233 | 192 |
| 0832 | 786 | 0.00 | 0 | 221 | 180 |
| 0834 | 788 | 0.00 | 0 | 209 | 168 |
| 0836 | 790 | 0.00 | 0 | 195 | 152 |
| 0838 | 792 | 0.00 | 0 | 192 | 149 |
| 0840 | 794 | 0.00 | 0 | 197 | 156 |
| 0842 | 796 | 0.00 | 0 | 211 | 170 |
| 0844 | 798 | 0.00 | 0 | 239 | 198 |
| 0846 | 800 | 0.00 | 0 | 243 | 202 |
| 0848 | 802 | 0.00 | 0 | 242 | 203 |
| 0850 | 804 | 0.00 | 0 | 246 | 205 |
| 0852 | 806 | 0.00 | 0 | 246 | 207 |
| 0854 | 808 | 0.00 | 0 | 250 | 211 |
| 0856 | 810 | 0.00 | 0 | 244 | 205 |
| 0858 | 812 | 0.00 | 0 | 256 | 217 |
| 0900 | 814 | 0.00 | 0 | 245 | 206 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 0902 | 816 | 0.00 | 0 | 262 | 223 |
| 0904 | 818 | 0.00 | 0 | 255 | 216 |
| 0906 | 820 | 0.00 | 0 | 255 | 216 |
| 0908 | 822 | 0.00 | 0 | 248 | 209 |
| 0910 | 824 | 0.00 | 0 | 257 | 218 |
| 0912 | 826 | 0.00 | 0 | 250 | 211 |
| 0914 | 828 | 0.00 | 0 | 267 | 228 |
| 0916 | 830 | 0.00 | 0 | 257 | 214 |
| 0918 | 832 | 0.00 | 0 | 262 | 221 |
| 0920 | 834 | 0.00 | 0 | 252 | 211 |
| 0922 | 836 | 0.00 | 0 | 248 | 205 |
| 0924 | 838 | 0.00 | 0 | 263 | 222 |
| 0926 | 840 | 0.00 | 0 | 261 | 222 |
| 0928 | 842 | 0.00 | 0 | 260 | 219 |
| 0930 | 844 | 0.00 | 0 | 257 | 216 |
| 0932 | 846 | 0.00 | 0 | 250 | 209 |
| 0934 | 848 | 0.00 | 0 | 257 | 216 |
| 0936 | 850 | 0.00 | 0 | 255 | 212 |
| 0938 | 852 | 0.00 | 0 | 249 | 208 |
| 0940 | 854 | 0.00 | 0 | 268 | 227 |
| 0942 | 856 | 0.00 | 0 | 264 | 223 |
| 0944 | 858 | 0.00 | 0 | 243 | 202 |
| 0946 | 860 | 0.00 | 0 | 233 | 188 |
| 0948 | 862 | 0.00 | 0 | 250 | 209 |
| 0950 | 864 | 0.00 | 0 | 244 | 197 |
| 0952 | 866 | 0.00 | 0 | 245 | 204 |
| 0954 | 868 | 0.00 | 0 | 246 | 201 |
| 0956 | 870 | 0.00 | 0 | 244 | 205 |
| 0958 | 872 | 0.00 | 0 | 238 | 199 |
| 1000 | 874 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |
| 1002 | 876 | 0.00 | 0 | 247 | 208 |
| 1004 | 878 | 0.00 | 0 | 226 | 187 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที่ | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|-------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1006 | 880 | 0.00 | 0 | 249 | 208 |
| 1008 | 882 | 0.00 | 0 | 235 | 192 |
| 1010 | 884 | 0.00 | 0 | 229 | 182 |
| 1012 | 886 | 0.00 | 0 | 254 | 196 |
| 1014 | 888 | 0.00 | 0 | 251 | 197 |
| 1016 | 890 | 0.00 | 0 | 247 | 193 |
| 1018 | 892 | 0.00 | 0 | 252 | 203 |
| 1020 | 894 | 0.00 | 0 | 259 | 214 |
| 1022 | 896 | 0.00 | 0 | 257 | 212 |
| 1024 | 898 | 0.00 | 0 | 245 | 204 |
| 1026 | 900 | 0.00 | 0 | 262 | 223 |
| 1028 | 902 | 0.00 | 0 | 255 | 216 |
| 1030 | 904 | 0.00 | 0 | 257 | 218 |
| 1032 | 906 | 0.00 | 0 | 261 | 222 |
| 1034 | 908 | 0.00 | 0 | 244 | 205 |
| 1036 | 910 | 0.00 | 0 | 249 | 210 |
| 1038 | 912 | 0.00 | 0 | 262 | 223 |
| 1040 | 914 | 0.00 | 0 | 244 | 205 |
| 1042 | 916 | 0.00 | 0 | 245 | 206 |
| 1044 | 918 | 0.00 | 0 | 249 | 210 |
| 1046 | 920 | 0.00 | 0 | 248 | 209 |
| 1048 | 922 | 0.00 | 0 | 237 | 198 |
| 1050 | 924 | 0.00 | 0 | 223 | 184 |
| 1052 | 926 | 0.00 | 0 | 221 | 182 |
| 1054 | 928 | 0.00 | 0 | 176 | 137 |
| 1056 | 930 | 0.00 | 0 | 179 | 140 |
| 1058 | 932 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 1100 | 934 | 0.00 | 0 | 194 | 155 |
| 1102 | 936 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 1104 | 938 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 1106 | 940 | 0.00 | 0 | 177 | 138 |
| 1108 | 942 | 0.00 | 0 | 174 | 135 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาทึ่ | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|-------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1110 | 944 | 0.00 | 0 | 172 | 133 |
| 1112 | 946 | 0.00 | 0 | 176 | 137 |
| 1114 | 948 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 1116 | 950 | 0.00 | 0 | 171 | 132 |
| 1118 | 952 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 1120 | 954 | 0.00 | 0 | 174 | 135 |
| 1122 | 956 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 1124 | 958 | 0.00 | 0 | 162 | 123 |
| 1126 | 960 | 0.00 | 0 | 156 | 117 |
| 1128 | 962 | 0.00 | 0 | 163 | 124 |
| 1130 | 964 | 0.00 | 0 | 165 | 126 |
| 1132 | 966 | 0.00 | 0 | 184 | 145 |
| 1134 | 968 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1136 | 970 | 0.00 | 0 | 168 | 129 |
| 1138 | 972 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 1140 | 974 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1142 | 976 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 1144 | 978 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 1146 | 980 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 1148 | 982 | 0.00 | 0 | 168 | 129 |
| 1150 | 984 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 1152 | 986 | 0.00 | 0 | 194 | 155 |
| 1154 | 988 | 0.00 | 0 | 177 | 138 |
| 1156 | 990 | 0.00 | 0 | 191 | 152 |
| 1158 | 992 | 0.00 | 0 | 187 | 148 |
| 1200 | 994 | 0.00 | 0 | 199 | 160 |
| 1202 | 996 | 0.00 | 0 | 199 | 160 |
| 1204 | 998 | 0.00 | 0 | 191 | 152 |
| 1206 | 1000 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 1208 | 1002 | 0.00 | 0 | 188 | 149 |
| 1210 | 1004 | 0.00 | 0 | 187 | 148 |
| 1212 | 1006 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1214 | 1008 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 1216 | 1010 | 0.00 | 0 | 185 | 146 |
| 1218 | 1012 | 0.00 | 0 | 185 | 146 |
| 1220 | 1014 | 0.00 | 0 | 196 | 157 |
| 1222 | 1016 | 0.00 | 0 | 193 | 154 |
| 1224 | 1018 | 0.00 | 0 | 189 | 150 |
| 1226 | 1020 | 0.00 | 0 | 193 | 154 |
| 1228 | 1022 | 0.00 | 0 | 188 | 149 |
| 1230 | 1024 | 0.00 | 0 | 192 | 153 |
| 1232 | 1026 | 0.00 | 0 | 184 | 145 |
| 1234 | 1028 | 0.00 | 0 | 185 | 146 |
| 1236 | 1030 | 0.00 | 0 | 184 | 145 |
| 1238 | 1032 | 0.00 | 0 | 190 | 151 |
| 1240 | 1034 | 0.00 | 0 | 187 | 148 |
| 1242 | 1036 | 0.00 | 0 | 179 | 140 |
| 1244 | 1038 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 1246 | 1040 | 0.00 | 0 | 181 | 142 |
| 1248 | 1042 | 0.00 | 0 | 191 | 152 |
| 1250 | 1044 | 0.00 | 0 | 191 | 152 |
| 1252 | 1046 | 0.00 | 0 | 189 | 148 |
| 1254 | 1048 | 0.00 | 0 | 182 | 139 |
| 1256 | 1050 | 0.00 | 0 | 184 | 139 |
| 1258 | 1052 | 0.00 | 0 | 179 | 136 |
| 1300 | 1054 | 0.00 | 0 | 179 | 136 |
| 1302 | 1056 | 0.00 | 0 | 182 | 133 |
| 1304 | 1058 | 0.00 | 0 | 185 | 142 |
| 1306 | 1060 | 0.00 | 0 | 182 | 135 |
| 1308 | 1062 | 0.00 | 0 | 182 | 135 |
| 1310 | 1064 | 0.00 | 0 | 182 | 141 |
| 1312 | 1066 | 0.00 | 0 | 181 | 136 |
| 1314 | 1068 | 0.00 | 0 | 186 | 145 |
| 1316 | 1070 | 0.00 | 0 | 185 | 144 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1318 | 1072 | 0.00 | 0 | 185 | 144 |
| 1320 | 1074 | 0.00 | 0 | 186 | 145 |
| 1322 | 1076 | 0.00 | 0 | 187 | 148 |
| 1324 | 1078 | 0.00 | 0 | 187 | 148 |
| 1326 | 1080 | 0.00 | 0 | 179 | 140 |
| 1328 | 1082 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 1330 | 1084 | 0.00 | 0 | 186 | 147 |
| 1332 | 1086 | 0.00 | 0 | 185 | 146 |
| 1334 | 1088 | 0.00 | 0 | 185 | 146 |
| 1336 | 1090 | 0.00 | 0 | 184 | 145 |
| 1338 | 1092 | 0.00 | 0 | 185 | 146 |
| 1340 | 1094 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 1342 | 1096 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 1344 | 1098 | 0.00 | 0 | 183 | 144 |
| 1346 | 1100 | 0.00 | 0 | 188 | 149 |
| 1348 | 1102 | 0.00 | 0 | 176 | 137 |
| 1350 | 1104 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 1352 | 1106 | 0.00 | 0 | 184 | 145 |
| 1354 | 1108 | 0.00 | 0 | 177 | 138 |
| 1356 | 1110 | 0.00 | 0 | 178 | 137 |
| 1358 | 1112 | 0.00 | 0 | 173 | 134 |
| 1400 | 1114 | 0.00 | 0 | 181 | 140 |
| 1402 | 1116 | 0.00 | 0 | 174 | 129 |
| 1404 | 1118 | 0.00 | 0 | 174 | 127 |
| 1406 | 1120 | 0.00 | 0 | 175 | 130 |
| 1408 | 1122 | 0.00 | 0 | 176 | 129 |
| 1410 | 1124 | 0.00 | 0 | 179 | 136 |
| 1412 | 1126 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 1414 | 1128 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 1416 | 1130 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 1418 | 1132 | 0.00 | 0 | 176 | 135 |
| 1420 | 1134 | 0.00 | 0 | 172 | 131 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1422 | 1136 | 0.00 | 0 | 176 | 137 |
| 1424 | 1138 | 0.00 | 0 | 177 | 138 |
| 1426 | 1140 | 0.00 | 0 | 177 | 138 |
| 1428 | 1142 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1430 | 1144 | 0.00 | 0 | 179 | 140 |
| 1432 | 1146 | 0.00 | 0 | 176 | 137 |
| 1434 | 1148 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |
| 1436 | 1150 | 0.00 | 0 | 177 | 138 |
| 1438 | 1152 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1440 | 1154 | 0.00 | 0 | 177 | 138 |
| 1442 | 1156 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1444 | 1158 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 1446 | 1160 | 0.00 | 0 | 173 | 134 |
| 1448 | 1162 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1450 | 1164 | 0.00 | 0 | 171 | 132 |
| 1452 | 1166 | 0.00 | 0 | 174 | 135 |
| 1454 | 1168 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 1456 | 1170 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1458 | 1172 | 0.00 | 0 | 169 | 130 |
| 1500 | 1174 | 0.00 | 0 | 165 | 126 |
| 1502 | 1176 | 0.00 | 0 | 174 | 135 |
| 1504 | 1178 | 0.00 | 0 | 168 | 129 |
| 1506 | 1180 | 0.00 | 0 | 173 | 134 |
| 1508 | 1182 | 0.00 | 0 | 174 | 135 |
| 1510 | 1184 | 0.00 | 0 | 180 | 141 |
| 1512 | 1186 | 0.00 | 0 | 174 | 133 |
| 1514 | 1188 | 0.00 | 0 | 175 | 134 |
| 1516 | 1190 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 1518 | 1192 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1520 | 1194 | 0.00 | 0 | 171 | 132 |
| 1522 | 1196 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 1524 | 1198 | 0.00 | 0 | 175 | 136 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1526 | 1200 | 0.00 | 0 | 171 | 132 |
| 1528 | 1202 | 0.00 | 0 | 172 | 133 |
| 1530 | 1204 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1532 | 1206 | 0.00 | 0 | 170 | 131 |
| 1534 | 1208 | 0.00 | 0 | 173 | 134 |
| 1536 | 1210 | 0.00 | 0 | 172 | 133 |
| 1538 | 1212 | 0.00 | 0 | 174 | 135 |
| 1540 | 1214 | 0.00 | 0 | 178 | 139 |
| 1542 | 1216 | 0.00 | 0 | 171 | 132 |
| 1544 | 1218 | 0.00 | 0 | 166 | 127 |
| 1546 | 1220 | 0.00 | 0 | 168 | 129 |
| 1548 | 1222 | 0.00 | 0 | 159 | 120 |
| 1550 | 1224 | 0.00 | 0 | 159 | 120 |
| 1552 | 1226 | 0.00 | 0 | 162 | 123 |
| 1554 | 1228 | 0.00 | 0 | 162 | 123 |
| 1556 | 1230 | 0.00 | 0 | 157 | 118 |
| 1558 | 1232 | 0.00 | 0 | 161 | 122 |
| 1600 | 1234 | 0.00 | 0 | 159 | 120 |
| 1602 | 1236 | 0.00 | 0 | 160 | 121 |
| 1604 | 1238 | 0.00 | 0 | 161 | 122 |
| 1606 | 1240 | 0.00 | 0 | 156 | 117 |
| 1608 | 1242 | 0.00 | 0 | 154 | 115 |
| 1610 | 1244 | 0.00 | 0 | 157 | 118 |
| 1612 | 1246 | 0.00 | 0 | 157 | 118 |
| 1614 | 1248 | 0.00 | 0 | 150 | 111 |
| 1616 | 1250 | 0.00 | 0 | 155 | 116 |
| 1618 | 1252 | 0.00 | 0 | 153 | 114 |
| 1620 | 1254 | 0.00 | 0 | 154 | 115 |
| 1622 | 1256 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 1624 | 1258 | 0.00 | 0 | 155 | 116 |
| 1626 | 1260 | 0.00 | 0 | 153 | 114 |
| 1628 | 1262 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |

ตารางที่ ก-5 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 7-8 พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1630 | 1264 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 1632 | 1266 | 0.00 | 0 | 153 | 114 |
| 1634 | 1268 | 0.00 | 0 | 153 | 114 |
| 1636 | 1270 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 1638 | 1272 | 0.00 | 0 | 150 | 111 |
| 1640 | 1274 | 0.00 | 0 | 150 | 111 |
| 1642 | 1276 | 0.00 | 0 | 152 | 113 |
| 1644 | 1278 | 0.00 | 0 | 148 | 109 |
| 1646 | 1280 | 0.00 | 0 | 144 | 105 |
| 1648 | 1282 | 0.00 | 0 | 150 | 111 |
| 1650 | 1284 | 0.00 | 0 | 148 | 109 |
| 1652 | 1286 | 0.00 | 0 | 142 | 103 |
| 1654 | 1288 | 0.00 | 0 | 148 | 109 |
| 1656 | 1290 | 0.00 | 0 | 148 | 109 |
| 1658 | 1292 | 0.00 | 0 | 146 | 107 |
| 1700 | 1294 | 0.00 | 0 | 147 | 108 |
| 1702 | 1296 | 0.00 | 0 | 145 | 106 |
| 1704 | 1298 | 0.00 | 0 | 144 | 105 |
| 1706 | 1300 | 0.00 | 0 | 149 | 110 |
| 1708 | 1302 | 0.00 | 0 | 144 | 105 |
| 1710 | 1304 | 0.00 | 0 | 145 | 106 |
| 1712 | 1306 | 0.00 | 0 | 141 | 102 |
| 1714 | 1308 | 0.00 | 0 | 140 | 101 |
| 1716 | 1310 | 0.00 | 0 | 143 | 104 |
| 1718 | 1312 | 0.00 | 0 | 142 | 103 |
| 1720 | 1314 | 0.00 | 0 | 144 | 105 |
| 1722 | 1316 | 0.00 | 0 | 146 | 107 |
| 1724 | 1318 | 0.00 | 0 | 139 | 100 |
| 1726 | 1320 | 0.00 | 0 | 136 | 97 |
| 1728 | 1322 | 0.00 | 0 | 139 | 100 |
| 1730 | 1324 | 0.00 | 0 | 138 | 99 |
| 1732 | 1326 | 0.00 | 0 | 137 | 98 |

ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม

ความลึกฝนสะสม(P) 98.51 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 28.96 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.29

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1440 | 2 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1442 | 4 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1444 | 6 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 1446 | 8 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 1448 | 10 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 1450 | 12 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 1452 | 14 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 1454 | 16 | 0.50 | 15 | 0 | |
| 1456 | 18 | 0.50 | 15 | 0 | |
| 1458 | 20 | 0.50 | 15 | 0 | |
| 1500 | 22 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1502 | 24 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1504 | 26 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1506 | 28 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1508 | 30 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1510 | 32 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1512 | 34 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1514 | 36 | 0.00 | 0 | 0 | |
| 1516 | 38 | 0.00 | 0 | 2 | |
| 1518 | 40 | 0.00 | 0 | 2 | |
| 1520 | 42 | 0.10 | 3 | 2 | |
| 1522 | 44 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 1524 | 46 | 0.10 | 3 | 2 | |
| 1526 | 48 | 0.10 | 3 | 2 | |
| 1528 | 50 | 0.10 | 3 | 5 | |
| 1530 | 52 | 2.00 | 60 | 2 | |
| 1532 | 54 | 2.00 | 60 | 2 | |
| 1534 | 56 | 1.00 | 30 | 3 | |

ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1536 | 58 | 0.50 | 15 | 9 | |
| 1538 | 60 | 0.00 | 0 | 34 | |
| 1540 | 62 | 0.10 | 3 | 23 | |
| 1542 | 64 | 0.10 | 3 | 38 | |
| 1544 | 66 | 0.10 | 3 | 33 | |
| 1546 | 68 | 0.10 | 3 | 24 | |
| 1548 | 70 | 0.10 | 3 | 42 | |
| 1550 | 72 | 1.50 | 45 | 33 | |
| 1552 | 74 | 0.50 | 15 | 14 | |
| 1554 | 76 | 0.50 | 15 | 5 | |
| 1556 | 78 | 0.50 | 15 | 29 | |
| 1558 | 80 | 0.17 | 5 | 15 | |
| 1600 | 82 | 0.17 | 5 | 36 | |
| 1602 | 84 | 0.17 | 5 | 52 | |
| 1604 | 86 | 0.25 | 7.5 | 90 | |
| 1606 | 88 | 0.25 | 7.5 | 90 | |
| 1608 | 90 | 0.50 | 15 | 80 | |
| 1610 | 92 | 4.50 | 135 | 86 | |
| 1612 | 94 | 4.50 | 135 | 81 | |
| 1614 | 96 | 5.00 | 150 | 98 | |
| 1616 | 98 | 4.50 | 135 | 90 | |
| 1618 | 100 | 5.00 | 150 | 70 | |
| 1620 | 102 | 3.00 | 90 | 80 | |
| 1622 | 104 | 1.00 | 30 | 85 | |
| 1624 | 106 | 1.50 | 45 | 90 | |
| 1626 | 108 | 2.50 | 75 | 95 | |
| 1628 | 110 | 3.50 | 105 | 80 | |
| 1630 | 112 | 3.00 | 90 | 80 | |
| 1632 | 114 | 2.00 | 60 | 95 | |
| 1634 | 116 | 2.50 | 75 | 90 | |
| 1636 | 118 | 1.50 | 45 | 95 | |

ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1638 | 120 | 1.50 | 45 | 95 | |
| 1640 | 122 | 2.50 | 75 | 95 | |
| 1642 | 124 | 5.00 | 150 | 90 | |
| 1644 | 126 | 3.50 | 105 | 70 | |
| 1646 | 128 | 5.00 | 150 | 5 | |
| 1648 | 130 | 3.50 | 105 | 10 | |
| 1650 | 132 | 2.50 | 75 | 10 | |
| 1652 | 134 | 2.50 | 75 | 10 | |
| 1654 | 136 | 2.50 | 75 | 20 | |
| 1656 | 138 | 2.00 | 60 | 10 | |
| 1658 | 140 | 1.50 | 45 | 10 | |
| 1700 | 142 | 2.50 | 75 | 25 | |
| 1702 | 144 | 1.50 | 45 | 0 | |
| 1704 | 146 | 1.00 | 30 | 0 | |
| 1706 | 148 | 0.50 | 15 | 0 | |
| 1708 | 150 | 0.50 | 15 | 35 | |
| 1710 | 152 | 1.00 | 30 | 25 | |
| 1712 | 154 | 0.50 | 15 | 95 | |
| 1714 | 156 | 0.50 | 15 | 80 | |
| 1716 | 158 | 0.50 | 15 | 80 | |
| 1718 | 160 | 0.25 | 7.5 | 85 | |
| 1720 | 162 | 0.25 | 7.5 | 50 | |
| 1722 | 164 | 0.13 | 3.8 | 20 | |
| 1724 | 166 | 0.13 | 3.8 | 15 | |
| 1726 | 168 | 0.13 | 3.8 | 30 | |
| 1728 | 170 | 0.13 | 3.8 | 115 | |
| 1730 | 172 | 0.00 | 0 | 105 | |
| 1732 | 174 | 0.00 | 0 | 105 | |
| 1734 | 176 | 0.00 | 0 | 95 | |
| 1736 | 178 | 0.00 | 0 | 105 | |
| 1738 | 180 | 0.00 | 0 | 95 | |

ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาทีก | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1740 | 182 | 0.00 | 0 | 95 | |
| 1742 | 184 | 0.00 | 0 | 105 | |
| 1744 | 186 | 0.00 | 0 | 100 | |
| 1746 | 188 | 0.00 | 0 | 115 | |
| 1748 | 190 | 0.00 | 0 | 105 | |
| 1750 | 192 | 0.00 | 0 | 105 | |
| 1752 | 194 | 0.00 | 0 | 95 | |
| 1754 | 196 | 0.00 | 0 | 70 | |
| 1756 | 198 | 0.00 | 0 | 45 | |
| 1758 | 200 | 0.00 | 0 | 125 | |
| 1800 | 202 | 0.00 | 0 | 246 | |
| 1802 | 204 | 0.00 | 0 | 125 | |
| 1804 | 206 | 0.00 | 0 | 60 | |
| 1806 | 208 | | | 75 | |
| 1808 | 210 | | | 0 | |
| 1810 | 212 | | | 0 | |
| 1812 | 214 | | | 35 | |
| 1814 | 216 | | | 105 | |
| 1816 | 218 | | | 130 | |
| 1818 | 220 | | | 70 | |
| 1820 | 222 | | | 50 | |
| 1822 | 224 | | | 40 | |
| 1824 | 226 | | | 50 | |
| 1826 | 228 | | | 125 | |
| 1828 | 230 | | | 206 | |
| 1830 | 232 | | | 211 | |
| 1832 | 234 | | | 186 | |
| 1834 | 236 | | | 196 | |
| 1836 | 238 | | | 85 | |
| 1838 | 240 | | | 105 | |
| 1840 | 242 | | | 65 | |

ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ศ.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาทีก | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1842 | 244 | | | 105 | |
| 1844 | 246 | | | 25 | |
| 1846 | 248 | | | 115 | |
| 1848 | 250 | | | 65 | |
| 1850 | 252 | | | 35 | |
| 1852 | 254 | | | 105 | |
| 1854 | 256 | | | 90 | |
| 1856 | 258 | | | 35 | |
| 1858 | 260 | | | 90 | |
| 1900 | 262 | | | 35 | |
| 1902 | 264 | | | 30 | |
| 1904 | 266 | | | 50 | |
| 1906 | 268 | | | 35 | |
| 1908 | 270 | | | 30 | |
| 1910 | 272 | | | 45 | |
| 1912 | 274 | | | 50 | |
| 1914 | 276 | | | 35 | |
| 1916 | 278 | | | 50 | |
| 1918 | 280 | | | 50 | |
| 1920 | 282 | | | 55 | |
| 1922 | 284 | | | 85 | |
| 1924 | 286 | | | 70 | |
| 1926 | 288 | | | 130 | |
| 1928 | 290 | | | 45 | |
| 1930 | 292 | | | 115 | |
| 1932 | 294 | | | 110 | |
| 1934 | 296 | | | 105 | |
| 1936 | 298 | | | 70 | |
| 1938 | 300 | | | 70 | |
| 1940 | 302 | | | 90 | |
| 1942 | 304 | | | 105 | |

ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกุ่ม (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที่ | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1944 | 306 | | | 85 | |
| 1946 | 308 | | | 115 | |
| 1948 | 310 | | | 90 | |
| 1950 | 312 | | | 15 | |
| 1952 | 314 | | | 45 | |
| 1954 | 316 | | | 30 | |
| 1956 | 318 | | | 25 | |
| 1958 | 320 | | | 20 | |
| 2000 | 322 | | | 20 | |
| 2002 | 324 | | | 35 | |
| 2004 | 326 | | | 65 | |
| 2006 | 328 | | | 85 | |
| 2008 | 330 | | | 25 | |
| 2010 | 332 | | | 65 | |
| 2012 | 334 | | | 30 | |
| 2014 | 336 | | | 100 | |
| 2016 | 338 | | | 80 | |
| 2018 | 340 | | | 25 | |
| 2020 | 342 | | | 25 | |
| 2022 | 344 | | | 25 | |
| 2024 | 346 | | | 35 | |
| 2026 | 348 | | | 20 | |
| 2028 | 350 | | | 70 | |
| 2030 | 352 | | | 80 | |
| 2032 | 354 | | | 80 | |
| 2034 | 356 | | | 15 | |
| 2036 | 358 | | | 65 | |
| 2038 | 360 | | | 20 | |
| 2040 | 362 | | | 40 | |
| 2042 | 364 | | | 25 | |
| 2044 | 366 | | | 55 | |

ตารางที่ ก-6 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 14 ส.ค. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 5 พื้นที่บึงกลุ่ม (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาทีก | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 2046 | 368 | | | 20 | |
| 2048 | 370 | | | 25 | |
| 2050 | 372 | | | 30 | |
| 2052 | 374 | | | 30 | |
| 2054 | 376 | | | 10 | |
| 2056 | 378 | | | 25 | |
| 2058 | 380 | | | 20 | |
| 2100 | 382 | | | 20 | |
| 2102 | 384 | | | 40 | |
| 2104 | 386 | | | 50 | |
| 2106 | 388 | | | 45 | |
| 2108 | 390 | | | 90 | |
| 2110 | 392 | | | 20 | |
| 2112 | 394 | | | 16 | |
| 2114 | 396 | | | 33 | |
| 2116 | 398 | | | 32 | |
| 2118 | 400 | | | 37 | |
| 2120 | 402 | | | 11 | |
| 2122 | 404 | | | 5 | |
| 2124 | 406 | | | 16 | |
| 2126 | 408 | | | 5 | |
| 2128 | 410 | | | 5 | |
| 2130 | 412 | | | 21 | |
| 2132 | 414 | | | 5 | |
| 2134 | 416 | | | 0 | |
| 2136 | 418 | | | 36 | |
| 2138 | 420 | | | 47 | |
| 2140 | 422 | | | 0 | |
| 2142 | 424 | | | 0 | |
| 2144 | 426 | | | 10 | |
| 2146 | 428 | | | 0 | |

ตารางที่ ก-7 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 1 พื้นที่หนองแวง

ความลึกฝนสะสม(P) 36.75 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 13.89 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.38

| เวลา | เวลาสะสม นาที่ | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|-------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1440 | 2 | 0.13 | 3.8 | 2 | |
| 1442 | 4 | 0.13 | 3.8 | 11 | |
| 1444 | 6 | 2.00 | 60 | 10 | |
| 1446 | 8 | 3.00 | 90 | 10 | |
| 1448 | 10 | 4.00 | 120 | 18 | |
| 1450 | 12 | 4.50 | 135 | 32 | |
| 1452 | 14 | 4.50 | 135 | 36 | |
| 1454 | 16 | 3.50 | 105 | 64 | |
| 1456 | 18 | 2.00 | 60 | 70 | |
| 1458 | 20 | 1.50 | 45 | 73 | |
| 1500 | 22 | 1.50 | 45 | 80 | |
| 1502 | 24 | 1.50 | 45 | 95 | |
| 1504 | 26 | 1.50 | 45 | 102 | |
| 1506 | 28 | 1.50 | 45 | 102 | |
| 1508 | 30 | 1.50 | 45 | 102 | |
| 1510 | 32 | 1.00 | 30 | 109 | |
| 1512 | 34 | 0.25 | 7.5 | 131 | |
| 1514 | 36 | 0.25 | 7.5 | 109 | |
| 1516 | 38 | 0.50 | 15 | 124 | |
| 1518 | 40 | 0.50 | 15 | 117 | |
| 1520 | 42 | 0.50 | 15 | 102 | |
| 1522 | 44 | 0.25 | 7.5 | 102 | |
| 1524 | 46 | 0.25 | 7.5 | 95 | |
| 1526 | 48 | 0.25 | 7.5 | 102 | |
| 1528 | 50 | 0.25 | 7.5 | 109 | |
| 1530 | 52 | 0.00 | | 102 | |
| 1532 | 54 | 0.00 | | 88 | |
| 1534 | 56 | 0.00 | | 109 | |

ตารางที่ ก-7 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 1 พื้นที่หนองแขม(ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1536 | 58 | 0.00 | | 102 | |
| 1538 | 60 | 0.00 | | 95 | |
| 1540 | 62 | 0.00 | | 117 | |
| 1542 | 64 | 0.00 | | 102 | |
| 1544 | 66 | 0.00 | | 109 | |
| 1546 | 68 | 0.00 | | 117 | |
| 1548 | 70 | 0.00 | | 102 | |
| 1550 | 72 | 0.00 | | 117 | |
| 1552 | 74 | 0.00 | | 131 | |
| 1554 | 76 | 0.00 | | 117 | |
| 1556 | 78 | 0.00 | | 117 | |
| 1558 | 80 | 0.00 | | 131 | |
| 1600 | 82 | 0.00 | | 117 | |
| 1602 | 84 | 0.00 | | 117 | |
| 1604 | 86 | 0.00 | | 124 | |
| 1606 | 88 | 0.00 | | 124 | |
| 1608 | 90 | 0.00 | | 124 | |
| 1610 | 92 | 0.00 | | 131 | |
| 1612 | 94 | 0.00 | | 124 | |
| 1614 | 96 | 0.00 | | 124 | |
| 1616 | 98 | 0.00 | | 119 | |
| 1618 | 100 | 0.00 | | 150 | |
| 1620 | 102 | 0.00 | | 134 | |
| 1622 | 104 | 0.00 | | 133 | |
| 1624 | 106 | 0.00 | | 117 | |
| 1626 | 108 | 0.00 | | 123 | |
| 1628 | 110 | 0.00 | | 137 | |
| 1630 | 112 | 0.00 | | 128 | |
| 1632 | 114 | 0.00 | | 141 | |
| 1634 | 116 | 0.00 | | 132 | |
| 1636 | 118 | 0.00 | | 123 | |

ตารางที่ ก-7 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 1 พื้นที่หนองแขม(ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1638 | 120 | 0.00 | | 114 | |
| 1640 | 122 | 0.00 | | 111 | |
| 1642 | 124 | 0.00 | | 115 | |
| 1644 | 126 | 0.00 | | 119 | |
| 1646 | 128 | 0.00 | | 115 | |
| 1648 | 130 | 0.00 | | 129 | |
| 1650 | 132 | 0.00 | | 129 | |
| 1652 | 134 | 0.00 | | 115 | |
| 1654 | 136 | 0.00 | | 111 | |
| 1656 | 138 | 0.00 | | 85 | |
| 1658 | 140 | 0.00 | | 78 | |
| 1700 | 142 | | | 89 | |
| 1702 | 144 | | | 78 | |
| 1704 | 146 | | | 72 | |
| 1706 | 148 | | | 70 | |
| 1708 | 150 | | | 68 | |
| 1710 | 152 | | | 67 | |
| 1712 | 154 | | | 41 | |
| 1714 | 156 | | | 49 | |
| 1716 | 158 | | | 53 | |
| 1718 | 160 | | | 47 | |
| 1720 | 162 | | | 46 | |
| 1722 | 164 | | | 44 | |
| 1724 | 166 | | | 39 | |
| 1726 | 168 | | | 47 | |
| 1728 | 170 | | | 41 | |
| 1730 | 172 | | | 37 | |
| 1732 | 174 | | | 45 | |
| 1734 | 176 | | | 34 | |
| 1736 | 178 | | | 31 | |
| 1738 | 180 | | | 21 | |
| 1740 | 182 | | | 11 | |

ตารางที่ ก-7 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 1 พื้นที่หนองแขม(ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที่ | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1742 | 184 | | | 13 | |
| 1744 | 186 | | | 67 | |
| 1746 | 188 | | | 35 | |
| 1748 | 190 | | | 31 | |
| 1750 | 192 | | | 27 | |
| 1752 | 194 | | | 24 | |
| 1754 | 196 | | | 24 | |
| 1756 | 198 | | | 11 | |
| 1758 | 200 | | | 0 | |
| 1800 | 202 | | | 25 | |
| 1802 | 204 | | | 35 | |
| 1804 | 206 | | | 15 | |
| 1806 | 208 | | | 25 | |
| 1808 | 210 | | | 20 | |
| 1810 | 212 | | | 17 | |
| 1812 | 214 | | | 12 | |
| 1814 | 216 | | | 15 | |
| 1816 | 218 | | | 22 | |
| 1818 | 220 | | | 27 | |
| 1820 | 222 | | | 3 | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก- 8 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 2 พื้นที่หนองแขม

ความลึกฝนสะสม(P) 36.50 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 11.70 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.32

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1440 | 2 | 0.13 | 3.8 | 4 | |
| 1442 | 4 | 0.13 | 3.8 | 0 | |
| 1444 | 6 | 2.00 | 60 | 0 | |
| 1446 | 8 | 3.00 | 90 | 0 | |
| 1448 | 10 | 4.00 | 120 | 16 | |
| 1450 | 12 | 4.50 | 135 | 80 | |
| 1452 | 14 | 4.50 | 135 | 203 | |
| 1454 | 16 | 3.50 | 105 | 0 | |
| 1456 | 18 | 2.00 | 60 | 0 | |
| 1458 | 20 | 1.50 | 45 | 62 | |
| 1500 | 22 | 1.50 | 45 | 137 | |
| 1502 | 24 | 1.50 | 45 | 133 | |
| 1504 | 26 | 1.50 | 45 | 148 | |
| 1506 | 28 | 1.50 | 45 | 216 | |
| 1508 | 30 | 1.50 | 45 | 216 | |
| 1510 | 32 | 1.00 | 30 | 231 | |
| 1512 | 34 | 0.25 | 7.5 | 186 | |
| 1514 | 36 | 0.25 | 7.5 | 128 | |
| 1516 | 38 | 0.50 | 15 | 135 | |
| 1518 | 40 | 0.50 | 15 | 154 | |
| 1520 | 42 | 0.50 | 15 | 134 | |
| 1522 | 44 | 0.25 | 7.5 | 134 | |
| 1524 | 46 | 0.25 | 7.5 | 130 | |
| 1526 | 48 | 0.25 | 7.5 | 111 | |
| 1528 | 50 | | 7.5 | 81 | |
| 1530 | 52 | | | 144 | |
| 1532 | 54 | | | 156 | |
| 1534 | 56 | | | 81 | |
| 1536 | 58 | | | 108 | |

ตารางที่ ก- 8 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 2 พื้นที่หนองแวง (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 1538 | 60 | | | 126 | |
| 1540 | 62 | | | 69 | |
| 1542 | 64 | | | 103 | |
| 1544 | 66 | | | 105 | |
| 1546 | 68 | | | 65 | |
| 1548 | 70 | | | 111 | |
| 1550 | 72 | | | 0 | |
| 1552 | 74 | | | 115 | |
| 1554 | 76 | | | 93 | |
| 1556 | 78 | | | 101 | |
| 1558 | 80 | | | 75 | |
| 1600 | 82 | | | 106 | |
| 1602 | 84 | | | 53 | |
| 1604 | 86 | | | 0 | |
| 1606 | 88 | | | 63 | |
| 1608 | 90 | | | 108 | |
| 1610 | 92 | | | 22 | |
| 1612 | 94 | | | 0 | |
| 1614 | 96 | | | 0 | |
| 1616 | 98 | | | 48 | |
| 1618 | 100 | | | 0 | |
| 1620 | 102 | | | 28 | |
| 1622 | 104 | | | 44 | |
| 1624 | 106 | | | 22 | |
| 1626 | 108 | | | 40 | |
| 1628 | 110 | | | 40 | |
| 1630 | 112 | | | 20 | |
| 1632 | 114 | | | 22 | |
| 1634 | 116 | | | 10 | |
| 1636 | 118 | | | 32 | |
| 1638 | 120 | | | 68 | |
| 1640 | 122 | | | 44 | |

ตารางที่ ก- 8 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 20 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 2 พื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที่ | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 1642 | 124 | | | 42 | |
| 1644 | 126 | | | 46 | |
| 1646 | 128 | | | 51 | |
| 1648 | 130 | | | 0 | |
| 1650 | 132 | | | 51 | |
| 1652 | 134 | | | 53 | |
| 1654 | 136 | | | 0 | |
| 1656 | 138 | | | 0 | |
| 1658 | 140 | | | 10 | |
| 1700 | 142 | | | 0 | |
| 1702 | 144 | | | 0 | |
| 1704 | 146 | | | 0 | |
| 1706 | 148 | | | 0 | |
| 1708 | 150 | | | 0 | |
| 1710 | 152 | | | 0 | |
| 1712 | 154 | | | 0 | |
| 1714 | 156 | | | 22 | |
| 1716 | 158 | | | 3 | |
| 1718 | 160 | | | 3 | |
| 1720 | 162 | | | 0 | |
| 1722 | 164 | | | 4 | |
| 1724 | 166 | | | 0 | |
| 1726 | 168 | | | 0 | |
| 1728 | 170 | | | 0 | |
| 1730 | 172 | | | 0 | |
| 1732 | 174 | | | 0 | |
| 1734 | 176 | | | 0 | |
| 1736 | 178 | | | 0 | |
| 1738 | 180 | | | 16 | |
| 1740 | 182 | | | 17 | |
| 1742 | 184 | | | 3 | |
| 1744 | 186 | | | 0 | |

ตารางที่ ก-9 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 28 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 3 พื้นที่หนองแขม

ความลึกฝนสะสม(P) 155.88 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 9.01 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.06

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2102 | 2 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 2104 | 4 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 2106 | 6 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 2108 | 8 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 2110 | 10 | 0.10 | 3 | 0 | |
| 2112 | 12 | 0.50 | 15 | 0 | |
| 2114 | 14 | 1.00 | 30 | 1 | |
| 2116 | 16 | 2.50 | 75 | 1 | |
| 2118 | 18 | 1.50 | 45 | 20 | |
| 2120 | 20 | 1.00 | 30 | 38 | |
| 2122 | 22 | 3.00 | 90 | 59 | |
| 2124 | 24 | 3.00 | 90 | 100 | |
| 2126 | 26 | 2.00 | 60 | 130 | |
| 2128 | 28 | 1.00 | 30 | 155 | |
| 2130 | 30 | 2.00 | 60 | 178 | |
| 2132 | 32 | 3.00 | 90 | 161 | |
| 2134 | 34 | 1.50 | 45 | 178 | |
| 2136 | 36 | 2.00 | 60 | 196 | |
| 2138 | 38 | 1.00 | 30 | 215 | |
| 2140 | 40 | 2.50 | 75 | 215 | |
| 2142 | 42 | 0.50 | 15 | 175 | |
| 2144 | 44 | 1.50 | 45 | 196 | |
| 2146 | 46 | 1.50 | 45 | 193 | |
| 2148 | 48 | 0.50 | 15 | 194 | |
| 2150 | 50 | 1.00 | 30 | 166 | |
| 2152 | 52 | 0.50 | 15 | 198 | |
| 2154 | 54 | 1.00 | 30 | 147 | |
| 2156 | 56 | 0.50 | 15 | 158 | |
| 2158 | 58 | 0.00 | 0 | 151 | |

ตารางที่ ก-9 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 28 ก.ย. 2543 สถานีวัดน้ำท่าที่ 3 พื้นที่หนองแขม(ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 2200 | 60 | 0.00 | 0 | 157 | |
| 2202 | 62 | 0.00 | 0 | 114 | |
| 2204 | 64 | 0.10 | 3 | 131 | |
| 2206 | 66 | 0.10 | 3 | 108 | |
| 2208 | 68 | 0.10 | 3 | 101 | |
| 2210 | 70 | 0.10 | 3 | 101 | |
| 2212 | 72 | 0.10 | 3 | 73 | |
| 2214 | 74 | 0.25 | 7.5 | 41 | |
| 2216 | 76 | 0.25 | 7.5 | 33 | |
| 2218 | 78 | 0.50 | 15 | 14 | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-10 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความลึกฝนสะสม(P) 25.00 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 10.17 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.41

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|-------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 19.40 | 0 | 0 | 0 | | |
| 19.45 | 5 | 1 | 12 | 2.15 | 1.36 |
| 19.50 | 10 | 2 | 24 | 5.98 | 5.19 |
| 19.55 | 15 | 1 | 12 | 13.83 | 13.04 |
| 20.00 | 20 | 2 | 24 | 39.89 | 39.10 |
| 20.05 | 25 | 3 | 36 | 59.00 | 58.21 |
| 20.10 | 30 | 1 | 12 | 64.22 | 63.43 |
| 20.15 | 35 | 2 | 24 | 69.61 | 68.82 |
| 20.20 | 40 | 2 | 24 | 80.91 | 80.12 |
| 20.25 | 45 | 1 | 12 | 90.42 | 89.63 |
| 20.30 | 50 | 2 | 24 | 92.86 | 92.07 |
| 20.35 | 55 | 1 | 12 | 86.80 | 86.01 |
| 20.40 | 60 | 1 | 12 | 80.91 | 80.12 |
| 20.45 | 65 | 0.5 | 6 | 75.18 | 74.39 |
| 20.50 | 70 | 0.5 | 6 | 69.61 | 68.82 |
| 20.55 | 75 | 0.5 | 6 | 66.90 | 66.11 |
| 21.00 | 80 | 0.5 | 6 | 64.22 | 63.43 |
| 21.05 | 85 | 1 | 12 | 61.59 | 60.80 |
| 21.10 | 90 | 0.5 | 6 | 59.00 | 58.21 |
| 21.15 | 95 | 0 | 0 | 56.45 | 55.66 |
| 21.20 | 100 | 0.5 | 6 | 49.08 | 48.29 |
| 21.25 | 105 | 0 | 0 | 46.71 | 45.92 |
| 21.30 | 110 | 0 | 0 | 39.89 | 39.10 |
| 21.35 | 115 | 0 | 0 | 37.70 | 36.91 |
| 21.40 | 120 | 0 | 0 | 35.57 | 34.78 |
| 21.45 | 125 | 0.5 | 6 | 29.45 | 28.66 |
| 21.50 | 130 | 0 | 0 | 23.77 | 22.98 |
| 21.55 | 135 | 0 | 0 | 21.98 | 21.19 |
| 22.00 | 140 | 0 | 0 | 20.24 | 19.45 |

ตารางที่ ก-10 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 18 ส.ค. 2543 พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|-------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 22.05 | 145 | 0.5 | 6 | 16.93 | 16.14 |
| 22.10 | 150 | 0 | 0 | 15.66 | 14.87 |
| 22.15 | 155 | 0 | 0 | 14.43 | 13.64 |
| 22.20 | 160 | 0 | 0 | 13.24 | 12.45 |
| 22.25 | 165 | 0.5 | 6 | 12.08 | 11.29 |
| 22.30 | 170 | 0 | 0 | 10.97 | 10.18 |
| 22.35 | 175 | 0 | 0 | 10.97 | 10.18 |
| 22.40 | 180 | 0 | 0 | 10.97 | 10.18 |
| 22.45 | 185 | 0 | 0 | 10.97 | 10.18 |
| 22.50 | 190 | 0 | 0 | 10.97 | 10.18 |
| 22.55 | 195 | 0 | 0 | 10.97 | 10.18 |
| 23.00 | 200 | 0 | 0 | 9.89 | 9.10 |
| 23.05 | 205 | 0 | 0 | 8.85 | 8.06 |
| 23.10 | 210 | 0 | 0 | 8.34 | 7.55 |
| 23.15 | 215 | 0 | 0 | 6.89 | 6.10 |
| 23.20 | 220 | 0 | 0 | 5.98 | 5.19 |
| 23.25 | 225 | 0 | 0 | 5.98 | 5.19 |
| 23.30 | 230 | 0 | 0 | 5.98 | 5.19 |
| 23.35 | 235 | 0 | 0 | 5.98 | 5.19 |
| 23.40 | 240 | 0.5 | 6 | 5.54 | 4.75 |
| 23.45 | 245 | | | 5.12 | 4.33 |
| 23.50 | 250 | | | 4.30 | 3.51 |
| 23.55 | 255 | | | 3.91 | 3.12 |
| 24.00 | 260 | | | 2.15 | 1.36 |
| 24.05 | 265 | | | 2.15 | 1.36 |
| 24.10 | 270 | | | 2.15 | 1.36 |
| 24.15 | 275 | | | 1.56 | 0.77 |

ตารางที่ ก-11 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 15 ต.ค. 2543 พื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5

ความลึกฝนสะสม(P) 27.20 มม.

ความลึกของน้ำท่าผิวดิน(r_d) 8.01 มม.

สปส.น้ำท่า($C_r = r_d/P$) 0.29

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า ลิตร/วินาที | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ลิตร/วินาที |
|-------|------------------|----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | | |
| 19.30 | 5 | 0 | 0 | 10.0 | 0.0 |
| 19.35 | 10 | 12 | 144 | 35.3 | 25.3 |
| 19.40 | 15 | 5 | 60 | 81.2 | 71.2 |
| 19.45 | 20 | 3 | 36 | 77.4 | 67.4 |
| 19.50 | 25 | 1 | 12 | 75.0 | 65.0 |
| 19.55 | 30 | 0.8 | 9.6 | 65.5 | 55.5 |
| 20.00 | 35 | 1 | 12 | 59.9 | 49.9 |
| 20.05 | 40 | 0.5 | 6 | 54.5 | 44.5 |
| 20.10 | 45 | 0 | 0 | 52.4 | 42.4 |
| 20.15 | 50 | 0 | 0 | 49.3 | 39.3 |
| 20.20 | 55 | 0.8 | 9.6 | 47.3 | 37.3 |
| 20.25 | 60 | 0 | 0 | 44.4 | 34.4 |
| 20.30 | 65 | 0 | 0 | 42.5 | 32.5 |
| 20.35 | 70 | 0.5 | 6 | 40.6 | 30.6 |
| 20.40 | 75 | 0 | 0 | 38.8 | 28.8 |
| 20.45 | 80 | 0.5 | 6 | 37.0 | 27.0 |
| 20.50 | 85 | 0.8 | 9.6 | 36.2 | 26.2 |
| 20.55 | 90 | 0 | 0 | 35.3 | 25.3 |
| 21.00 | 95 | 0 | 0 | 34.5 | 24.5 |
| 21.05 | 100 | 0.5 | 6 | 32.8 | 22.8 |
| 21.10 | 105 | 0 | 0 | 32.0 | 22.0 |
| 21.15 | 110 | 0 | 0 | 31.2 | 21.2 |
| 21.20 | 115 | 0 | 0 | 29.6 | 19.6 |
| 21.25 | 120 | 0.8 | 9.6 | 28.8 | 18.8 |
| 21.30 | 125 | | | 28.0 | 18.0 |
| 21.35 | 130 | | | 27.3 | 17.3 |
| 21.40 | 135 | | | 26.5 | 16.5 |
| 21.45 | 140 | | | 25.8 | 15.8 |
| 21.50 | 145 | | | 25.1 | 15.1 |

ตารางที่ ก-11 เหตุการณ์น้ำฝน - น้ำท่า 15 ต.ค. 2543 พื้นที่หมู่บ้านชั้นกมตนิเวศน์ 5

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ปริมาณฝน | | ปริมาณน้ำท่า | ปริมาณน้ำท่าผิวดิน |
|-------|------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| | | มม. | มม./ชั่วโมง | ลิตร/วินาที | ลิตร/วินาที |
| 21.55 | 150 | | | 24.4 | 14.4 |
| 22.00 | 155 | | | 23.7 | 13.7 |
| 22.05 | 160 | | | 23.0 | 13.0 |
| 22.10 | 165 | | | 22.4 | 12.4 |
| 22.15 | 170 | | | 21.7 | 11.7 |
| 22.20 | 175 | | | 21.1 | 11.1 |
| 22.25 | 180 | | | 21.1 | 11.1 |
| 22.30 | 185 | | | 21.1 | 11.1 |
| 22.35 | 190 | | | 20.4 | 10.4 |
| 22.40 | 195 | | | 20.4 | 10.4 |
| 22.45 | | | | 20.4 | 10.4 |
| 22.50 | | | | 19.8 | 9.8 |
| 22.55 | | | | 19.2 | 9.2 |
| 23.00 | | | | 19.2 | 9.2 |
| 23.05 | | | | 18.6 | 8.6 |
| 23.10 | | | | 18.0 | 8.0 |
| 23.15 | | | | 18.0 | 8.0 |
| 23.20 | | | | 17.5 | 7.5 |
| 23.25 | | | | 17.5 | 7.5 |
| 23.30 | | | | 17.5 | 7.5 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ข้อมูลสน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 การวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่บางกะปิ

| สถานีน้ำฝน | เหตุการณ์ฝน | r วิธีที่ 1 | | r วิธีที่ 2 | |
|-----------------|-------------|-------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | 30 นาที | 60 นาที | ช่วงเวลาความถี่ฝนสูงสุด 30 นาที | ช่วงเวลาความถี่ฝนสูงสุด 60 นาที |
| 1 | 8/8/1943 | 0.20 | 0.10 | 1 | 1 |
| | 8/14/1943 | 0.53 | 0.27 | 2 | 2 |
| | 8/18/1943 | 0.80 | 0.60 | 3 | 4 |
| | 8/19/1943 | 0.33 | | 1 | |
| | 9/1/1943 | 0.33 | 0.50 | 2 | 4 |
| | 9/22/1943 | 0.67 | | 2 | |
| | 9/26/1943 | 0.33 | 0.63 | 1 | 4 |
| 2 | 8/8/1943 | 0.13 | | 1 | |
| | 8/13/1943 | | 0.63 | | 4 |
| | 8/14/1943 | 0.40 | 0.20 | 2 | 2 |
| | 8/18/1943 | 0.73 | 0.60 | 3 | 4 |
| | 9/1/1943 | 0.60 | 0.47 | 2 | 3 |
| | 9/26/1943 | 0.20 | 0.27 | 1 | 2 |
| | 3 | 8/8/1943 | 0.80 | 0.43 | 3 |
| 8/14/1943 | | 0.40 | 0.70 | 2 | 5 |
| 8/18/1943 | | 0.93 | 0.77 | 3 | 5 |
| 8/29/1943 | | 0.07 | | 1 | |
| 9/1/1943 | | 0.47 | | 2 | |
| 9/3/1943 | | 0.07 | 0.30 | 2 | 2 |
| 9/7/1943 | | | 0.27 | | 2 |
| 9/26/1943 | 0.27 | 0.30 | 3 | 4 | |
| 4 | 8/13/1943 | 0.73 | 0.77 | 3 | 5 |
| | 8/14/1943 | 0.60 | 0.43 | 2 | 3 |
| | 8/18/1943 | 0.53 | 0.40 | 2 | 3 |
| | 9/3/1943 | 0.47 | 0.23 | 2 | 2 |
| | 9/26/1943 | 0.20 | 0.27 | 1 | 2 |
| 5 | 8/3/1943 | 0.33 | | 2 | |
| | 8/8/1943 | 0.87 | 0.57 | 3 | 4 |
| | 8/13/1943 | | 0.03 | | 1 |
| | 8/14/1943 | 0.47 | 0.63 | 2 | 4 |
| | 8/18/1943 | 0.33 | 0.37 | 2 | 3 |
| | 8/29/1943 | 0.27 | | 1 | |
| | 9/1/1943 | 0.40 | | 2 | |
| | 9/3/1943 | | 0.23 | | 2 |
| | 9/7/1943 | | 0.20 | | 2 |
| 9/26/1943 | 0.20 | 0.27 | 1 | 2 | |
| ค่าเฉลี่ย | | 0.44 | 0.41 | 1.94 | 3.00 |
| ค่าเฉลี่ย - 0.5 | | | | 1.44 | 2.50 |
| อัตราส่วน r | | | | 0.48 | 0.42 |

ตารางที่ ข-2 การวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่บึงกุ่ม

| สถานีน้ำฝน | เหตุการณ์ฝน | r วิธีที่ 1 | | r วิธีที่ 2 | |
|-----------------|-------------|-------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | 30 นาที | 60 นาที | ช่วงเวลาความลึกฝนสูงสุด 30 นาที | ช่วงเวลาความลึกฝนสูงสุด 60 นาที |
| 1 | 8/8/1943 | 0.20 | 0.10 | 1 | 1 |
| | 8/14/1943 | 0.13 | 0.63 | 1 | 1 |
| | 8/19/1943 | 0.67 | 0.37 | 2 | 3 |
| | 8/29/1943 | 0.13 | 0.20 | 1 | 2 |
| | 9/1/1943 | 0.13 | 0.33 | 2 | 3 |
| | 9/3/1943 | 0.33 | 0.20 | 2 | 2 |
| | 9/26/1943 | 0.20 | 0.13 | 2 | 1 |
| 2 | 8/13/1943 | 0.33 | 0.73 | 1 | 5 |
| | 8/14/1943 | 0.20 | 0.10 | 1 | 1 |
| | 8/19/1943 | 0.47 | 0.23 | 3 | 3 |
| | 8/29/1943 | 0.13 | 0.23 | 1 | 2 |
| | 9/1/1943 | 0.13 | 0.40 | 1 | 3 |
| | 9/3/1943 | 0.33 | 0.23 | 2 | 2 |
| | 9/10/1943 | 0.20 | 0.27 | 1 | 2 |
| 9/26/1943 | 0.27 | 0.13 | 1 | 1 | |
| 3 | 8/2/1943 | 0.27 | | 2 | |
| | 8/14/1943 | 0.53 | 0.77 | 2 | 5 |
| | 9/1/1943 | 0.40 | 0.20 | 2 | 3 |
| | 9/3/1943 | 0.13 | 0.13 | 1 | 2 |
| | 9/26/1943 | | 0.03 | | 1 |
| 4 | 8/2/1943 | 0.13 | | 2 | |
| | 8/14/1943 | 0.93 | 0.80 | 3 | 5 |
| | 8/29/1943 | 0.20 | | 1 | |
| | 9/1/1943 | 0.33 | 0.50 | 2 | 4 |
| | 9/3/1943 | 0.07 | 0.17 | 1 | 2 |
| | 9/26/1943 | 0.60 | 0.30 | 2 | 2 |
| 5 | 8/8/1943 | 0.13 | 0.07 | 1 | 1 |
| | 8/14/1943 | 0.60 | 0.63 | 2 | 4 |
| | 8/18/1943 | 0.13 | 0.13 | 1 | 2 |
| | 8/29/1943 | 0.13 | | 1 | |
| | 9/1/1943 | 0.47 | 0.67 | 2 | 4 |
| | 9/3/1943 | 0.27 | 0.30 | 1 | 2 |
| | 9/26/1943 | 0.20 | 0.73 | 2 | 5 |
| ค่าเฉลี่ย | | 0.29 | 0.33 | 1.56 | 2.55 |
| ค่าเฉลี่ย - 0.5 | | | | 1.06 | 2.05 |
| อัตราส่วน r | | | | 0.35 | 0.34 |

ตารางที่ ข-3 การวิเคราะห์ค่า r ในพื้นที่หนองแขม

| สถานีน้ำฝน | เหตุการณ์ฝน | r วิธีที่ 1 | | r วิธีที่ 2 | |
|-----------------|-------------|-------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | 30 นาที | 60 นาที | ช่วงเวลาความถี่ฝนสูงสุด 30 นาที | ช่วงเวลาความถี่ฝนสูงสุด 60 นาที |
| 1 | 9/15/1943 | 0.67 | | 3 | |
| | 9/20/1943 | 0.27 | | 1 | |
| | 9/22/1943 | 0.53 | | 2 | |
| | 9/29/1943 | 0.33 | | 2 | |
| 2 | 8/29/1943 | 0.07 | | 1 | |
| | 10/1/1943 | 0.53 | | 2 | |
| 3 | 8/14/1943 | 0.20 | | 1 | |
| | 9/28/1943 | 0.73 | | 3 | |
| | 10/1/1943 | | 0.30 | | 2 |
| 4 | 9/21/1943 | 0.27 | | 1 | |
| 5 | 8/14/1943 | 0.60 | | 2 | |
| | 8/29/1943 | 0.07 | 0.37 | 1 | 3 |
| | 9/15/1943 | 0.40 | | 2 | |
| | 9/28/1943 | 0.27 | | 1 | |
| | 9/28/1943 | 0.47 | 0.40 | 2 | 3 |
| 6 | 8/29/1943 | 0.80 | | | |
| | 9/15/1943 | 0.33 | | | |
| 7 | 8/7/1943 | 0.13 | | 1 | |
| | 8/27/1943 | 0.40 | | 1 | |
| | 9/3/1943 | 0.53 | | 2 | |
| | 9/4/1943 | 0.67 | | 2 | |
| | 9/29/1943 | 0.60 | 0.17 | 2 | 2 |
| | 9/29/1943 | 0.27 | | 1 | |
| 8 | 9/3/1943 | 0.20 | | 1 | |
| | 9/22/1943 | 0.53 | | 2 | |
| | 9/28/1943 | 0.60 | 0.13 | 2 | 1 |
| ค่าเฉลี่ย | | 0.42 | 0.27 | 1.65 | 2.20 |
| ค่าเฉลี่ย - 0.5 | | | | 1.15 | 1.70 |
| อัตราส่วน r | | | | 0.38 | 0.28 |

ตารางที่ ข-4 การวิเคราะห์ร้อยละของความลึกฝนช่วงเวลา 30 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บางกะปิ

| สถานี น้ำฝน | เหตุการณ์ ฝน | ความลึกฝน ทั้งหมด | ความลึกฝนทุก 10 นาที (มม.) | | | ร้อยละความลึกฝนแต่ละช่วงเวลา | | | ลำดับความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลา | | |
|----------------|-----------------|----------------------|----------------------------|------|------|------------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| 1 | 8/8/1943 | 22.0 | 12.5 | 4.0 | 5.5 | 0.57 | 0.18 | 0.25 | 1 | 3 | 2 |
| | 8/14/1943 | 42.0 | 15.0 | 19.0 | 8.0 | 0.36 | 0.45 | 0.19 | 2 | 1 | 3 |
| | 8/18/1943 | 52.0 | 16.0 | 16.5 | 19.5 | 0.31 | 0.32 | 0.38 | 3 | 2 | 1 |
| | 8/19/1943 | 24.6 | 12.6 | 10.0 | 2.0 | 0.51 | 0.41 | 0.08 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 27.0 | 10.0 | 11.0 | 6.0 | 0.37 | 0.41 | 0.22 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/22/1943 | 23.0 | 1.0 | 16.5 | 5.5 | 0.04 | 0.72 | 0.24 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/26/1943 | 54.0 | 23.5 | 23.5 | 7.0 | 0.44 | 0.44 | 0.13 | 2 | 2 | 3 |
| 2 | 8/8/1943 | 24.0 | 9.5 | 6.0 | 8.5 | 0.40 | 0.25 | 0.35 | 1 | 3 | 2 |
| | 8/14/1943 | 49.5 | 15.0 | 21.5 | 13.0 | 0.30 | 0.43 | 0.26 | 2 | 1 | 3 |
| | 8/18/1943 | 51.5 | 16.0 | 17.5 | 18.0 | 0.31 | 0.34 | 0.35 | 3 | 2 | 1 |
| | 9/1/1943 | 21.0 | 4.5 | 10.5 | 6.0 | 0.21 | 0.50 | 0.29 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/26/1943 | 44.5 | 24.5 | 13.5 | 6.5 | 0.55 | 0.30 | 0.15 | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 8/8/1943 | 48.0 | 15.0 | 12.0 | 21.0 | 0.31 | 0.25 | 0.44 | 2 | 3 | 1 |
| | 8/14/1943 | 70.0 | 16.5 | 31.0 | 22.5 | 0.24 | 0.44 | 0.32 | 3 | 1 | 2 |
| | 8/18/1943 | 43.5 | 13.5 | 13.5 | 16.5 | 0.31 | 0.31 | 0.38 | 3 | 3 | 1 |
| | 8/29/1943 | 20.0 | 11.5 | 5.5 | 3.0 | 0.58 | 0.28 | 0.15 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 21.0 | 6.0 | 10.5 | 4.5 | 0.29 | 0.50 | 0.21 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/3/1943 | 22.0 | 9.0 | 9.5 | 3.5 | 0.41 | 0.43 | 0.16 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/26/1943 | 31.5 | 10.5 | 9.5 | 11.5 | 0.33 | 0.30 | 0.37 | 2 | 3 | 1 |
| 4 | 8/13/1943 | 29.0 | 8.0 | 6.5 | 14.5 | 0.28 | 0.22 | 0.50 | 2 | 3 | 1 |
| | 8/14/1943 | 37.3 | 14.5 | 16.0 | 6.8 | 0.39 | 0.43 | 0.18 | 2 | 1 | 3 |
| | 8/18/1943 | 63.0 | 18.5 | 25.0 | 19.5 | 0.29 | 0.40 | 0.31 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/3/1943 | 20.5 | 3.5 | 11.0 | 6.0 | 0.17 | 0.54 | 0.29 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/26/1943 | 37.0 | 20.0 | 11.0 | 6.0 | 0.54 | 0.30 | 0.16 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 8/3/1943 | 20.0 | 4.0 | 10.5 | 5.5 | 0.20 | 0.52 | 0.27 | 3 | 1 | 2 |
| | 8/8/1943 | 39.5 | 11.5 | 11.5 | 16.5 | 0.29 | 0.29 | 0.42 | 3 | 3 | 1 |
| | 8/14/1943 | 46.0 | 5.5 | 31.5 | 9.0 | 0.12 | 0.68 | 0.20 | 3 | 1 | 2 |
| | 8/18/1943 | 62.0 | 20.5 | 21.0 | 20.5 | 0.33 | 0.34 | 0.33 | 3 | 1 | 3 |
| | 8/29/1943 | 22.0 | 12.0 | 5.5 | 4.5 | 0.55 | 0.25 | 0.20 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 23.8 | 8.5 | 11.5 | 3.8 | 0.36 | 0.48 | 0.16 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/26/1943 | 32.5 | 14.5 | 10.0 | 8.0 | 0.45 | 0.31 | 0.25 | 1 | 2 | 3 |
| | ค่าเฉลี่ย | | | | | 0.35 | 0.39 | 0.26 | 2.13 | 1.74 | 2.26 |
| | การจัดลำดับ | | | | | 2 | 1 | 3 | | | |

ตารางที่ ข-5 การวิเคราะห์ร้อยละของความลึกฝนช่วงเวลา 30 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บึงกุ่ม

| สถานี น้ำฝน | เหตุการณ์ ฝน | ความลึกฝน ทั้งหมด | ความลึกฝนทุก 10 นาที (มม.) | | | ร้อยละความลึกฝนแต่ละช่วงเวลา | | | ลำดับความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลา | | |
|--------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|------|------|------------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| 1 | 8/8/1943 | 26.5 | 11.5 | 10.5 | 4.5 | 0.43 | 0.40 | 0.17 | 1 | 2 | 3 |
| | 8/14/1943 | 61.5 | 26.5 | 19.0 | 16.0 | 0.43 | 0.31 | 0.26 | 1 | 2 | 3 |
| | 8/19/1943 | 38.0 | 12.0 | 14.5 | 11.5 | 0.32 | 0.38 | 0.30 | 2 | 1 | 3 |
| | 8/29/1943 | 22.2 | 12.0 | 7.5 | 2.7 | 0.54 | 0.34 | 0.12 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 26.0 | 9.0 | 11.5 | 5.5 | 0.35 | 0.44 | 0.21 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/3/1943 | 36.0 | 15.5 | 16.0 | 4.5 | 0.43 | 0.44 | 0.13 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/26/1943 | 38.0 | 16.5 | 17.5 | 4.0 | 0.43 | 0.46 | 0.11 | 2 | 1 | 3 |
| 2 | 8/13/1943 | 19.5 | 10.0 | 6.0 | 3.5 | 0.51 | 0.31 | 0.18 | 1 | 2 | 3 |
| | 8/14/1943 | 45.5 | 23.5 | 11.5 | 10.5 | 0.52 | 0.25 | 0.23 | 1 | 2 | 3 |
| | 8/19/1943 | 33.0 | 9.5 | 9.5 | 14.0 | 0.29 | 0.29 | 0.42 | 3 | 3 | 1 |
| | 8/29/1943 | 27.0 | 16.5 | 7.0 | 3.5 | 0.61 | 0.26 | 0.13 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 28.5 | 13.0 | 10.5 | 5.0 | 0.46 | 0.37 | 0.18 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/3/1943 | 37.0 | 15.5 | 16.0 | 5.5 | 0.42 | 0.43 | 0.15 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/10/1943 | 20.0 | 11.0 | 5.5 | 3.5 | 0.55 | 0.28 | 0.18 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/26/1943 | 28.5 | 16.5 | 8.0 | 4.0 | 0.58 | 0.28 | 0.14 | 1 | 2 | 3 |
| 3 | 8/2/1943 | 24.0 | 9.0 | 9.0 | 6.0 | 0.38 | 0.38 | 0.25 | 2 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 24.0 | 9.0 | 9.0 | 6.0 | 0.38 | 0.38 | 0.25 | 2 | 2 | 3 |
| | 9/3/1943 | 52.0 | 25.5 | 16.0 | 10.5 | 0.49 | 0.31 | 0.20 | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 8/2/1943 | 32.0 | 11.5 | 12.0 | 8.5 | 0.36 | 0.38 | 0.27 | 2 | 1 | 3 |
| | 8/14/1943 | 28.2 | 8.2 | 6.0 | 14.0 | 0.29 | 0.21 | 0.50 | 2 | 3 | 1 |
| | 8/29/1943 | 24.9 | 13.5 | 9.0 | 2.4 | 0.54 | 0.36 | 0.10 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 28.5 | 10.0 | 12.0 | 6.5 | 0.35 | 0.42 | 0.23 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/3/1943 | 40.0 | 21.0 | 12.5 | 6.5 | 0.53 | 0.31 | 0.16 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/26/1943 | 21.5 | 8.5 | 9.0 | 4.0 | 0.40 | 0.42 | 0.19 | 2 | 1 | 3 |
| 5 | 8/8/1943 | 28.5 | 11.0 | 8.5 | 9.0 | 0.39 | 0.30 | 0.32 | 1 | 3 | 2 |
| | 8/14/1943 | 72.5 | 18.5 | 39.0 | 15.0 | 0.26 | 0.54 | 0.21 | 2 | 1 | 3 |
| | 8/18/1943 | 24.5 | 9.5 | 7.5 | 7.5 | 0.39 | 0.31 | 0.31 | 1 | 3 | 3 |
| | 8/29/1943 | 26.0 | 17.5 | 7.0 | 1.5 | 0.67 | 0.27 | 0.06 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/1/1943 | 38.5 | 12.0 | 15.5 | 11.0 | 0.31 | 0.40 | 0.29 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/3/1943 | 36.0 | 18.5 | 6.0 | 11.5 | 0.51 | 0.17 | 0.32 | 1 | 3 | 2 |
| | 9/26/1943 | 33.0 | 13.0 | 13.5 | 6.5 | 0.39 | 0.41 | 0.20 | 2 | 1 | 3 |
| ค่าเฉลี่ย การจัดลำดับ | | | | | | 0.43 | 0.35 | 0.22 | 1.52 | 1.81 | 2.81 |
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | | | |

ตารางที่ ข-6 การวิเคราะห์ร้อยละของความลึกฝนช่วงเวลา 30 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่หนองแขม

| สถานี น้ำฝน | เหตุการณ์ ฝน | ความลึกฝน ทั้งหมด | ความลึกฝนทุก 10 นาที (มม.) | | | ร้อยละความลึกฝนแต่ละช่วงเวลา | | | ลำดับความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลา | | |
|----------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|------|------|------------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| 1 | 9/15/1943 | 20.0 | 2.3 | 4.8 | 13.0 | 0.11 | 0.24 | 0.65 | 3 | 2 | 1 |
| | 9/20/1943 | 33.8 | 18.0 | 10.0 | 5.8 | 0.53 | 0.30 | 0.17 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/22/1943 | 25.4 | 2.4 | 16.0 | 7.0 | 0.09 | 0.63 | 0.28 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/29/1943 | 31.3 | 11.3 | 17.0 | 3.0 | 0.36 | 0.54 | 0.10 | 2 | 1 | 3 |
| 2 | 8/29/1943 | 23.0 | 9.5 | 8.5 | 5.0 | 0.41 | 0.37 | 0.22 | 1 | 2 | 3 |
| | 10/1/1943 | 43.8 | 14.0 | 18.0 | 11.8 | 0.32 | 0.41 | 0.27 | 2 | 1 | 3 |
| 3 | 8/14/1943 | 23.8 | 14.0 | 7.0 | 2.8 | 0.59 | 0.29 | 0.12 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/28/1943 | 53.5 | 16.0 | 17.0 | 20.5 | 0.30 | 0.32 | 0.38 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 9/21/1943 | 23.5 | 18.5 | 3.8 | 1.2 | 0.79 | 0.16 | 0.05 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 8/14/1943 | 21.8 | 0.7 | 15.1 | 6.0 | 0.03 | 0.69 | 0.28 | 3 | 1 | 2 |
| | 8/29/1943 | 22.1 | 12.5 | 7.5 | 2.1 | 0.56 | 0.34 | 0.10 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/15/1943 | 20.2 | 8.0 | 11.0 | 1.2 | 0.40 | 0.55 | 0.06 | 2 | 1 | 3 |
| | 9/28/1943 | 25.5 | 15.5 | 5.0 | 5.0 | 0.61 | 0.20 | 0.20 | 1 | 3 | 3 |
| | 9/28/1943 | 35.0 | 9.5 | 19.0 | 6.5 | 0.27 | 0.54 | 0.19 | 2 | 1 | 3 |
| 6 | 8/29/1943 | 20.0 | 5.5 | 6.0 | 8.5 | 0.28 | 0.30 | 0.43 | 3 | 2 | 1 |
| | 9/15/1943 | 20.7 | 8.0 | 10.0 | 2.7 | 0.39 | 0.48 | 0.13 | 2 | 1 | 3 |
| 7 | 8/7/1943 | 32.3 | 16.0 | 13.0 | 3.3 | 0.50 | 0.40 | 0.10 | 1 | 2 | 3 |
| | 8/27/1943 | 21.8 | 8.5 | 8.5 | 4.8 | 0.39 | 0.39 | 0.22 | 2 | 2 | 3 |
| | 9/3/1943 | 22.5 | 3.0 | 12.0 | 7.5 | 0.13 | 0.53 | 0.33 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/4/1943 | 21.0 | 0.5 | 13.5 | 7.0 | 0.02 | 0.64 | 0.33 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/29/1943 | 36.0 | 6.5 | 15.0 | 14.5 | 0.18 | 0.42 | 0.40 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/29/1943 | 20.0 | 13.0 | 5.0 | 2.0 | 0.65 | 0.25 | 0.10 | 1 | 2 | 3 |
| 8 | 9/3/1943 | 23.0 | 8.5 | 6.0 | 8.5 | 0.37 | 0.26 | 0.37 | 2 | 3 | 2 |
| | 9/22/1943 | 31.0 | 2.0 | 20.5 | 8.5 | 0.06 | 0.66 | 0.27 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/28/1943 | 31.0 | 4.0 | 19.5 | 7.5 | 0.13 | 0.63 | 0.24 | 3 | 1 | 2 |
| | ค่าเฉลี่ย การจัดลำดับ | | | | | 0.34 | 0.42 | 0.24 | 2.08 | 1.60 | 2.44 |
| | | | | | | 2 | 1 | 3 | | | |

ตารางที่ ข-7 การวิเคราะห์ร้อยละของความลึกฝนช่วงเวลา 60 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บางกะปิ

| สถานี น้ำฝน | เหตุการณ์ ฝน | ความลึกฝน ทั้งหมด | ความลึกฝนทุกช่วงเวลา10นาที(มม.) | | | | | | ร้อยละความลึกฝนแต่ละช่วง | | | | | | ลำดับความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลา | | | | | |
|----------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------|------|------|------|-----|--------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 1 | 8/14/1943 | 49.5 | 15.0 | 19.0 | 8.0 | 4.0 | 2.5 | 1.0 | 0.30 | 0.38 | 0.16 | 0.08 | 0.05 | 0.02 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | 8/18/1943 | 89.5 | 13.5 | 16.5 | 16.0 | 19.0 | 15.0 | 9.5 | 0.15 | 0.18 | 0.18 | 0.21 | 0.17 | 0.11 | 5 | 2 | 2 | 1 | 4 | 6 |
| | 9/1/1943 | 33.5 | 2.8 | 2.0 | 10.0 | 11.0 | 6.0 | 1.8 | 0.08 | 0.06 | 0.30 | 0.33 | 0.18 | 0.05 | 4 | 5 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| | 9/26/1943 | 60.5 | 2.8 | 1.1 | 3.2 | 28.0 | 19.5 | 6.0 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.46 | 0.32 | 0.10 | 4 | 6 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 8/14/1943 | 56.1 | 15.0 | 21.5 | 13.0 | 3.0 | 2.5 | 1.1 | 0.27 | 0.38 | 0.23 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | 8/18/1943 | 87.5 | 14.0 | 14.5 | 16.5 | 19.5 | 14.5 | 8.5 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.22 | 0.17 | 0.10 | 5 | 3 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| | 9/1/1943 | 24.5 | 1.0 | 4.5 | 10.5 | 6.0 | 2.0 | 0.5 | 0.04 | 0.18 | 0.43 | 0.24 | 0.08 | 0.02 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| | 9/26/1943 | 49.3 | 1.3 | 24.5 | 13.5 | 6.5 | 2.5 | 1.0 | 0.03 | 0.50 | 0.27 | 0.13 | 0.05 | 0.02 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| 3 | 8/8/1943 | 55.7 | 15.0 | 12.0 | 21.0 | 5.5 | 1.3 | 0.9 | 0.27 | 0.22 | 0.38 | 0.10 | 0.02 | 0.02 | 2 | 3 | 1 | 4 | 5 | 5 |
| | 8/14/1943 | 89.0 | 10.0 | 4.0 | 14.5 | 23.5 | 31.5 | 5.5 | 0.11 | 0.04 | 0.16 | 0.26 | 0.35 | 0.06 | 4 | 6 | 3 | 2 | 1 | 5 |
| | 8/18/1943 | 68.5 | 6.0 | 11.0 | 13.5 | 14.5 | 15.5 | 8.0 | 0.09 | 0.16 | 0.20 | 0.21 | 0.23 | 0.12 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 5 |
| | 9/26/1943 | 37.5 | 1.0 | 10.5 | 9.5 | 11.5 | 3.5 | 1.5 | 0.03 | 0.28 | 0.25 | 0.31 | 0.09 | 0.04 | 6 | 2 | 3 | 1 | 4 | 5 |
| 4 | 8/13/1943 | 46.5 | 10.5 | 3.0 | 7.0 | 6.5 | 13.5 | 6.0 | 0.23 | 0.06 | 0.15 | 0.14 | 0.29 | 0.13 | 2 | 6 | 3 | 4 | 1 | 5 |
| | 8/14/1943 | 43.0 | 3.0 | 14.5 | 15.5 | 5.0 | 3.5 | 1.5 | 0.07 | 0.34 | 0.36 | 0.12 | 0.08 | 0.03 | 5 | 2 | 1 | 3 | 4 | 6 |
| | 8/18/1943 | 94.0 | 11.0 | 19.5 | 25.5 | 17.5 | 11.5 | 9.0 | 0.12 | 0.21 | 0.27 | 0.19 | 0.12 | 0.10 | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 | 6 |
| | 9/26/1943 | 41.4 | 0.9 | 20.0 | 11.0 | 6.0 | 2.5 | 1.0 | 0.02 | 0.48 | 0.27 | 0.14 | 0.06 | 0.02 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | 8/8/1943 | 46.5 | 2.5 | 11.5 | 12.0 | 15.5 | 4.0 | 1.0 | 0.05 | 0.25 | 0.26 | 0.33 | 0.09 | 0.02 | 5 | 3 | 2 | 1 | 4 | 6 |
| | 8/14/1943 | 64.5 | 13.5 | 2.3 | 3.9 | 20.8 | 19.5 | 4.5 | 0.21 | 0.04 | 0.06 | 0.32 | 0.30 | 0.07 | 3 | 6 | 5 | 1 | 2 | 4 |
| | 8/18/1943 | 90.0 | 10.0 | 18.5 | 21.5 | 21.0 | 12.0 | 7.0 | 0.11 | 0.21 | 0.24 | 0.23 | 0.13 | 0.08 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| | 9/26/1943 | 38.3 | 2.0 | 14.5 | 10.0 | 8.0 | 3.0 | 0.8 | 0.05 | 0.38 | 0.26 | 0.21 | 0.08 | 0.02 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| | ค่าเฉลี่ย | | | | | | | | 0.14 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.13 | 0.06 | 4.20 | 3.05 | 2.30 | 2.30 | 3.40 | 5.45 |
| | การจัดลำดับ | | | | | | | | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | | | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 การวิเคราะห์ร้อยละของความลึกฝนช่วงเวลา 60 นาทีในแต่ละช่วงเวลาย่อยของพื้นที่บึงกุ่ม

| สถานี น้ำฝน | เหตุการณ์ ฝน | ความลึกฝน ทั้งหมด | ความลึกฝนทุกช่วงเวลา10นาที(มม.) | | | | | | ร้อยละความลึกฝนแต่ละช่วง | | | | | | ลำดับความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลา | | | | | |
|----------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 1 | 8/8/1943 | 39.0 | 11.5 | 10.5 | 4.5 | 3.5 | 4.0 | 5.0 | 0.29 | 0.27 | 0.12 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 1 | 2 | 4 | 6 | 5 | 3 |
| | 8/14/1943 | 106.5 | 26.5 | 19.0 | 16.0 | 24.0 | 13.0 | 8.0 | 0.25 | 0.18 | 0.15 | 0.23 | 0.12 | 0.08 | 1 | 3 | 4 | 2 | 5 | 6 |
| | 8/19/1943 | 47.5 | 10.5 | 12.0 | 15.0 | 6.8 | 0.8 | 2.5 | 0.22 | 0.25 | 0.32 | 0.14 | 0.02 | 0.05 | 3 | 2 | 1 | 4 | 6 | 5 |
| | 8/29/1943 | 24.8 | 3.0 | 10.5 | 7.5 | 1.8 | 1.2 | 0.8 | 0.12 | 0.42 | 0.30 | 0.07 | 0.05 | 0.03 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| | 9/1/1943 | 33.5 | 3.5 | 4.5 | 10.5 | 10.0 | 3.5 | 1.5 | 0.10 | 0.13 | 0.31 | 0.30 | 0.10 | 0.04 | 5 | 3 | 1 | 2 | 5 | 6 |
| | 9/3/1943 | 37.6 | 3.8 | 21.5 | 6.5 | 3.5 | 1.3 | 1.1 | 0.10 | 0.57 | 0.17 | 0.09 | 0.03 | 0.03 | 3 | 1 | 2 | 4 | 6 | 6 |
| | 9/26/1943 | 50.0 | 19.0 | 15.0 | 3.5 | 1.8 | 2.3 | 8.5 | 0.38 | 0.30 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.17 | 1 | 2 | 4 | 6 | 5 | 3 |
| 2 | 8/13/1943 | 23.5 | 2.0 | 1.8 | 0.5 | 3.7 | 11.0 | 4.5 | 0.09 | 0.08 | 0.02 | 0.16 | 0.47 | 0.19 | 4 | 5 | 6 | 3 | 1 | 2 |
| | 8/14/1943 | 82.0 | 23.5 | 11.5 | 10.5 | 19.5 | 11.0 | 6.0 | 0.29 | 0.14 | 0.13 | 0.24 | 0.13 | 0.07 | 1 | 3 | 5 | 2 | 5 | 6 |
| | 8/19/1943 | 41.0 | 9.5 | 9.5 | 14.0 | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 0.23 | 0.23 | 0.34 | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 3 | 3 | 1 | 6 | 5 | 5 |
| | 8/29/1943 | 29.7 | 0.5 | 16.5 | 7.0 | 3.5 | 1.5 | 0.7 | 0.02 | 0.56 | 0.24 | 0.12 | 0.05 | 0.02 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| | 9/1/1943 | 36.8 | 2.3 | 3.5 | 13.0 | 10.5 | 5.0 | 2.5 | 0.06 | 0.10 | 0.35 | 0.29 | 0.14 | 0.07 | 6 | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| | 9/3/1943 | 41.8 | 7.3 | 20.0 | 8.5 | 3.5 | 1.3 | 1.3 | 0.17 | 0.48 | 0.20 | 0.08 | 0.03 | 0.03 | 3 | 1 | 2 | 4 | 6 | 6 |
| | 9/10/1943 | 25.0 | 0.5 | 11.0 | 5.5 | 3.5 | 3.5 | 1.0 | 0.02 | 0.44 | 0.22 | 0.14 | 0.14 | 0.04 | 6 | 1 | 2 | 4 | 4 | 5 |
| 9/26/1943 | 36.0 | 16.5 | 8.0 | 4.0 | 1.3 | 1.2 | 5.0 | 0.46 | 0.22 | 0.11 | 0.04 | 0.03 | 0.14 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 3 | |
| 3 | 8/14/1943 | 27.4 | 4.2 | 4.0 | 2.4 | 4.8 | 6.2 | 5.8 | 0.15 | 0.15 | 0.09 | 0.18 | 0.23 | 0.21 | 5 | 5 | 6 | 3 | 1 | 2 |
| | 9/1/1943 | 33.2 | 4.8 | 4.8 | 10.5 | 7.5 | 3.5 | 2.2 | 0.14 | 0.14 | 0.32 | 0.23 | 0.11 | 0.07 | 4 | 4 | 1 | 2 | 5 | 6 |
| | 9/3/1943 | 56.1 | 15.3 | 22.0 | 13.0 | 4.0 | 1.1 | 0.7 | 0.27 | 0.39 | 0.23 | 0.07 | 0.02 | 0.01 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 9/26/1943 | 23.0 | 7.0 | 6.5 | 2.0 | 1.1 | 0.9 | 5.5 | 0.30 | 0.28 | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.24 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 3 |
| | 8/14/1943 | 47.0 | 5.6 | 7.8 | 8.2 | 6.0 | 14.0 | 5.4 | 0.12 | 0.17 | 0.17 | 0.13 | 0.30 | 0.11 | 5 | 3 | 3 | 4 | 1 | 6 |
| | 9/1/1943 | 38.7 | 3.2 | 4.0 | 10.0 | 12.0 | 6.5 | 3.0 | 0.08 | 0.10 | 0.26 | 0.31 | 0.17 | 0.08 | 6 | 4 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| | 9/3/1943 | 43.1 | 5.5 | 19.0 | 11.5 | 5.0 | 1.5 | 0.6 | 0.13 | 0.44 | 0.27 | 0.12 | 0.03 | 0.01 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| | 9/26/1943 | 33.0 | 8.5 | 9.0 | 4.0 | 1.7 | 1.8 | 8.0 | 0.26 | 0.27 | 0.12 | 0.05 | 0.06 | 0.24 | 2 | 1 | 4 | 6 | 5 | 3 |
| 5 | 8/8/1943 | 38.0 | 11.0 | 8.5 | 9.0 | 5.0 | 1.0 | 3.5 | 0.29 | 0.22 | 0.24 | 0.13 | 0.03 | 0.09 | 1 | 3 | 2 | 4 | 6 | 5 |
| | 8/14/1943 | 100.5 | 15.0 | 6.5 | 18.5 | 39.0 | 15.0 | 6.5 | 0.15 | 0.06 | 0.18 | 0.39 | 0.15 | 0.06 | 4 | 6 | 2 | 1 | 4 | 6 |
| | 8/18/1943 | 32.7 | 6.2 | 9.5 | 4.0 | 8.0 | 3.0 | 2.0 | 0.19 | 0.29 | 0.12 | 0.24 | 0.09 | 0.06 | 3 | 1 | 4 | 2 | 5 | 6 |
| | 9/1/1943 | 49.5 | 0.5 | 7.0 | 5.5 | 14.5 | 14.0 | 8.0 | 0.01 | 0.14 | 0.11 | 0.29 | 0.28 | 0.16 | 6 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 |
| | 9/3/1943 | 41.0 | 0.5 | 18.5 | 6.0 | 11.5 | 3.5 | 1.0 | 0.01 | 0.45 | 0.15 | 0.28 | 0.09 | 0.02 | 6 | 1 | 3 | 2 | 4 | 5 |
| | 9/26/1943 | 54.5 | 9.0 | 10.0 | 4.0 | 4.0 | 14.5 | 13.0 | 0.17 | 0.18 | 0.07 | 0.07 | 0.27 | 0.24 | 4 | 3 | 6 | 6 | 1 | 2 |
| ค่าเฉลี่ย | | | | | | | | | 0.18 | 0.26 | 0.19 | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 3.41 | 2.52 | 3.03 | 3.52 | 4.28 | 4.76 |
| การจัดลำดับ | | | | | | | | | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | | | | | | |

| สถานี น้ำฝน | เหตุการณ์ ฝน | ความลึกฝน ทั้งหมด | ความลึกฝนทุกช่วงเวลา10นาที(มม.) | | | | | | ร้อยละความลึกฝนแต่ละช่วง | | | | | | ลำดับความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลา | | | | | |
|----------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------|------|-----|------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 3 | 10/1/1943 | 30.5 | 4 | 9 | 5 | 3.5 | 5.5 | 3.5 | 0.13 | 0.30 | 0.16 | 0.11 | 0.18 | 0.11 | 4 | 1 | 3 | 6 | 2 | 6 |
| 5 | 8/29/1943 | 34.22 | 1.51 | 10 | 12.5 | 7.5 | 2.13 | 0.58 | 0.04 | 0.29 | 0.37 | 0.22 | 0.06 | 0.02 | 5 | 2 | 1 | 3 | 4 | 6 |
| | 9/28/1943 | 39.9 | 0.7 | 9.5 | 19 | 6.5 | 2.5 | 1.7 | 0.02 | 0.24 | 0.48 | 0.16 | 0.06 | 0.04 | 6 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | 9/29/1943 | 54.5 | 12.5 | 15.5 | 6.5 | 6.5 | 6 | 7.5 | 0.23 | 0.28 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.14 | 2 | 1 | 5 | 5 | 6 | 3 |
| 8 | 9/28/1943 | 46.5 | 21.5 | 5.5 | 3.5 | 4.5 | 2.5 | 9 | 0.46 | 0.12 | 0.08 | 0.10 | 0.05 | 0.19 | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 2 |
| | ค่าเฉลี่ย | | | | | | | | 0.18 | 0.25 | 0.24 | 0.14 | 0.09 | 0.10 | 3.60 | 1.80 | 3.00 | 4.20 | 4.40 | 4.40 |
| | การจัดลำดับ | | | | | | | | 3 | 1 | 2 | 4 | 6 | 5 | | | | | | |

ตารางที่ ข - 10 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 30 นาทีโดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่บางกะปิ

เหตุการณ์ 18/8/43 สถานีวัดน้ำฝนที่ 1

ความลึกฝน 52 มม. ความเข้มฝนสูงสุด 208 มม./ชม.
 $a(r=0.44)$ 13.2 นาที $a(r=0.48)$ 14.4 นาที

| เวลา (นาที) | ความเข้มฝน(มม./ชม.) | |
|----------------|------------------------|------------------------|
| | $r = 0.44$ (วิธีที่ 1) | $r = 0.48$ (วิธีที่ 2) |
| 0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 31.5 | 28.9 |
| 4 | 63.0 | 57.8 |
| 6 | 94.5 | 86.7 |
| 8 | 126.1 | 115.6 |
| 10 | 157.6 | 144.4 |
| 12 | 189.1 | 173.3 |
| 13.2 | 208 | 190.64 |
| 14 | 198.1 | 202.2 |
| 14.4 | 193.1 | 208 |
| 16 | 173.3 | 186.7 |
| 18 | 148.6 | 160.0 |
| 20 | 123.8 | 133.3 |
| 22 | 99.0 | 106.7 |
| 24 | 74.3 | 80.0 |
| 26 | 49.5 | 53.3 |
| 28 | 24.8 | 26.7 |
| 30 | 0.0 | 0.0 |

ตารางที่ ข - 11 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 30 นาทีโดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่บึงกุ่ม

เหตุการณ์ 14/8/43 สถานีวัดน้ำฝนที่ 1

ความลึกฝน 61.5 มม. ความเข้มฝนสูงสุด 246 มม./ชม.
 $a(r=0.29)$ 8.7 นาที $a(r=0.35)$ 10.5 นาที

| เวลา (นาที) | ความเข้มฝน(มม./ชม.) | |
|----------------|------------------------|------------------------|
| | $r = 0.29$ (วิธีที่ 1) | $r = 0.35$ (วิธีที่ 2) |
| 0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 56.6 | 46.9 |
| 4 | 113.1 | 93.7 |
| 6 | 169.7 | 140.6 |
| 8 | 226.2 | 187.4 |
| 8.7 | 246.0 | 203.8 |
| 10 | 231.0 | 234.3 |
| 10.5 | 225.2 | 246.0 |
| 12 | 207.9 | 227.1 |
| 14 | 184.8 | 201.8 |
| 16 | 161.7 | 176.6 |
| 18 | 138.6 | 151.4 |
| 20 | 115.5 | 126.2 |
| 22 | 92.4 | 100.9 |
| 24 | 69.3 | 75.7 |
| 26 | 46.2 | 50.5 |
| 28 | 23.1 | 25.2 |
| 30 | 0.0 | 0.0 |

ตารางที่ ข - 12 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 30 นาทีโดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่หนองแขม

เหตุการณ์ 28/9/43 สถานีวัดน้ำฝนที่3

ความลึกฝน 53.5 มม. ความเข้มฝนสูงสุด 214 มม./ชม.
 $a(r=0.42)$ 12.6 นาที $a(r=0.41)$ 12.3 นาที

| เวลา (นาที) | ความเข้มฝน(มม./ชม.) | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| | $r = 0.42$ (วิธีที่1) | $r = 0.41$ (วิธีที่2) |
| 0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 34.0 | 34.8 |
| 4 | 67.9 | 69.6 |
| 6 | 101.9 | 104.4 |
| 8 | 135.9 | 139.2 |
| 10 | 169.8 | 174.0 |
| 12 | 203.8 | 208.8 |
| 12.3 | 208.9 | 214.0 |
| 12.6 | 214.0 | 210.4 |
| 14 | 196.8 | 193.4 |
| 16 | 172.2 | 169.3 |
| 18 | 147.6 | 145.1 |
| 20 | 123.0 | 120.9 |
| 22 | 98.4 | 96.7 |
| 24 | 73.8 | 72.5 |
| 26 | 49.2 | 48.4 |
| 28 | 24.6 | 24.2 |
| 30 | 0.0 | 0.0 |

ตารางที่ ข -13 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพนช่วงเวลา 60 นาทีโดยวิธี Yen and Chow พื้นที่บางกะปิ
เหตุการณ์ 14/8/43 สถานีวัดน้ำฝนที่2

ความลึกฝน 56.1 มม. ความเข้มฝนสูงสุด 112.3 มม./ชม.
a(r=0.41) 24.6 นาที a(r=0.42) 25.2 นาที

| เวลา (นาที) | ความเข้มฝน(มม./ชม.) | |
|----------------|---------------------|--------------------|
| | r = 0.41 (วิธีที่1) | r = 0.42(วิธีที่2) |
| 0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 9.1 | 8.9 |
| 4 | 18.3 | 17.8 |
| 6 | 27.4 | 26.7 |
| 8 | 36.5 | 35.6 |
| 10 | 45.6 | 44.5 |
| 12 | 54.8 | 53.5 |
| 14 | 63.9 | 62.4 |
| 16 | 73.0 | 71.3 |
| 18 | 82.1 | 80.2 |
| 20 | 91.3 | 89.1 |
| 22 | 100.4 | 98.0 |
| 24 | 109.5 | 106.9 |
| 24.6 | 112.3 | 109.6 |
| 25.2 | 110.4 | 112.3 |
| 26 | 107.8 | 109.7 |
| 28 | 101.5 | 103.2 |
| 30 | 95.1 | 96.8 |
| 32 | 88.8 | 90.3 |
| 34 | 82.5 | 83.9 |
| 36 | 76.1 | 77.4 |
| 38 | 69.8 | 71.0 |
| 40 | 63.4 | 64.5 |
| 42 | 57.1 | 58.1 |
| 44 | 50.7 | 51.6 |
| 46 | 44.4 | 45.2 |
| 48 | 38.1 | 38.7 |
| 50 | 31.7 | 32.3 |
| 52 | 25.4 | 25.8 |
| 54 | 19.0 | 19.4 |
| 56 | 12.7 | 12.9 |
| 58 | 6.3 | 6.5 |
| 60 | 0.0 | 0.0 |

ตารางที่ ข - 14 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 60 นาทีโดยวิธี Yen and Chow ในพื้นที่บึงกุ่ม
เหตุการณ์ 14/8/43 สถานีวัดน้ำฝนที่ 5

| | | | | | |
|-----------|-------|------|------------------|------|---------|
| ความลึกฝน | 100.5 | มม. | ความเข้มฝนสูงสุด | 201 | มม./ชม. |
| a(r=0.33) | 19.8 | นาที | a(r=0.34) | 20.4 | นาที |

| เวลา (นาที) | ความเข้มฝน(มม./ชม.) | |
|----------------|---------------------|--------------------|
| | r = 0.33 (วิธีที่1) | r = 0.34(วิธีที่2) |
| 0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 20.3 | 19.7 |
| 4 | 40.6 | 39.4 |
| 6 | 60.9 | 59.1 |
| 8 | 81.2 | 78.8 |
| 10 | 101.5 | 98.5 |
| 12 | 121.8 | 118.2 |
| 14 | 142.1 | 137.9 |
| 16 | 162.4 | 157.6 |
| 18 | 182.7 | 177.4 |
| 19.8 | 201.0 | 195.1 |
| 20 | 200.0 | 197.1 |
| 20.4 | 198.0 | 201.0 |
| 22 | 190.0 | 192.9 |
| 24 | 180.0 | 182.7 |
| 26 | 170.0 | 172.6 |
| 28 | 160.0 | 162.4 |
| 30 | 150.0 | 152.3 |
| 32 | 140.0 | 142.1 |
| 34 | 130.0 | 132.0 |
| 36 | 120.0 | 121.8 |
| 38 | 110.0 | 111.7 |
| 40 | 100.0 | 101.5 |
| 42 | 90.0 | 91.4 |
| 44 | 80.0 | 81.2 |
| 46 | 70.0 | 71.1 |
| 48 | 60.0 | 60.9 |
| 50 | 50.0 | 50.8 |
| 52 | 40.0 | 40.6 |
| 54 | 30.0 | 30.5 |
| 56 | 20.0 | 20.3 |
| 58 | 10.0 | 10.2 |
| 60 | 0.0 | 0.0 |

ตารางที่ ข - 15 ตัวอย่างการออกแบบชลภาพฝนช่วงเวลา 60 นาทีโดยวิธี Yen and Chow พื้นที่หนองแขม
เหตุการณ์ 28/9/43 สถานีวัดน้ำฝนที่ 8

ความลึกฝน 46.5 มม. ความเข้มฝนสูงสุด 93 มม./ชม.
a(r=0.27) 16.2 นาที a(r=0.28) 16.8 นาที

| เวลา (นาที) | ความเข้มฝน(มม./ชม.) | |
|----------------|---------------------|--------------------|
| | r = 0.27 (วิธีที่1) | r = 0.28(วิธีที่2) |
| 0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 11.5 | 11.1 |
| 4 | 23.0 | 22.1 |
| 6 | 34.4 | 33.2 |
| 8 | 45.9 | 44.3 |
| 10 | 57.4 | 55.4 |
| 12 | 68.9 | 66.4 |
| 14 | 80.4 | 77.5 |
| 16 | 91.9 | 88.6 |
| 16.2 | 93.0 | 89.7 |
| 16.8 | 91.7 | 93.0 |
| 18 | 89.2 | 90.4 |
| 20 | 84.9 | 86.1 |
| 22 | 80.7 | 81.8 |
| 24 | 76.4 | 77.5 |
| 26 | 72.2 | 73.2 |
| 28 | 67.9 | 68.9 |
| 30 | 63.7 | 64.6 |
| 32 | 59.5 | 60.3 |
| 34 | 55.2 | 56.0 |
| 36 | 51.0 | 51.7 |
| 38 | 46.7 | 47.4 |
| 40 | 42.5 | 43.1 |
| 42 | 38.2 | 38.8 |
| 44 | 34.0 | 34.4 |
| 46 | 29.7 | 30.1 |
| 48 | 25.5 | 25.8 |
| 50 | 21.2 | 21.5 |
| 52 | 17.0 | 17.2 |
| 54 | 12.7 | 12.9 |
| 56 | 8.5 | 8.6 |
| 58 | 4.2 | 4.3 |
| 60 | 0.0 | 0.0 |

ตารางที่ ข-16 ค่า a,b และ c ของพื้นที่บางกะปิ บึงกุ่ม และหนองแขม คาบการเกิด 2 ปี และ 5 ปี

| พื้นที่ | คาบการเกิด 2 ปี | | | คาบการเกิด 5 ปี | | |
|---------|-----------------|----|--------|-----------------|----|--------|
| | a | b | c | a | b | c |
| บางกะปิ | 5690 | 37 | 0.9960 | 7600 | 40 | 0.9958 |
| บึงกุ่ม | 4215 | 29 | 0.9818 | 4258 | 28 | 0.9354 |
| หนองแขม | 4794 | 32 | 0.9981 | 7090 | 37 | 1.0135 |



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-17 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่บางกะปิ

ช่วงเวลาการเกิดฝน 30 นาที คาบการเกิด 2 ปี

$$r = 0.44$$

$$a = 5690 \quad b = 37 \quad c = 0.9960$$

เวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

13.2 นาที

เวลาหลังการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

16.8 นาที

| เวลา (นาที) | เวลาก่อนและหลังค่าสูงสุด (นาที) | ความเข้มฝน มม./ชม. |
|----------------|------------------------------------|-----------------------|
| 0 | 13.2 | 47.8 |
| 2 | 11.2 | 55.0 |
| 4 | 9.2 | 63.9 |
| 6 | 7.2 | 75.2 |
| 8 | 5.2 | 89.8 |
| 10 | 3.2 | 109.1 |
| 12 | 1.2 | 135.4 |
| 13.2 | 0 | 156.0 |
| 14 | 0.8 | 144.7 |
| 16 | 2.8 | 121.2 |
| 18 | 4.8 | 103.0 |
| 20 | 6.8 | 88.6 |
| 22 | 8.8 | 77.1 |
| 24 | 10.8 | 67.7 |
| 26 | 12.8 | 59.9 |
| 28 | 14.8 | 53.3 |
| 30 | 16.8 | 47.8 |

ตารางที่ ข-17 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

ช่วงเวลาการเกิดฝน 60 นาที คาบการเกิด 2 ปี

r = 0.41

a = 5690

b = 37

c = 0.9960

เวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

24.6 นาที

เวลาหลังการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

35.4 นาที

| เวลา (นาที) | เวลาก่อนและหลังค่าสูงสุด (นาที) | ความเข้มฝน มม./ชม. |
|----------------|------------------------------------|-----------------------|
| 0 | 24.6 | 22.9 |
| 2 | 22.6 | 25.4 |
| 4 | 20.6 | 28.3 |
| 6 | 18.6 | 31.7 |
| 8 | 16.6 | 35.8 |
| 10 | 14.6 | 40.8 |
| 12 | 12.6 | 46.8 |
| 14 | 10.6 | 54.3 |
| 16 | 8.6 | 63.8 |
| 18 | 6.6 | 76.0 |
| 20 | 4.6 | 92.1 |
| 22 | 2.6 | 113.8 |
| 24 | 0.6 | 144.4 |
| 24.6 | 0 | 156.0 |
| 26 | 1.4 | 137.8 |
| 28 | 3.4 | 116.9 |
| 30 | 5.4 | 100.4 |
| 32 | 7.4 | 87.2 |
| 34 | 9.4 | 76.5 |
| 36 | 11.4 | 67.6 |
| 38 | 13.4 | 60.2 |
| 40 | 15.4 | 53.9 |
| 42 | 17.4 | 48.6 |
| 44 | 19.4 | 44.0 |
| 46 | 21.4 | 40.0 |
| 48 | 23.4 | 36.6 |
| 50 | 25.4 | 33.6 |
| 52 | 27.4 | 30.9 |
| 54 | 29.4 | 28.6 |
| 56 | 31.4 | 26.5 |
| 58 | 33.4 | 24.6 |
| 60 | 35.4 | 22.9 |

ตารางที่ ข-18 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่บึงกุ่ม

ช่วงเวลาก่อเกิดฝน 30 นาที คาบการเกิด 2 ปี

$$r = 0.29$$

$$a = 4215 \quad b = 29 \quad c = 0.9818$$

เวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

8.7 นาที

เวลาหลังการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

21.3 นาที

| เวลา (นาที) | เวลาก่อนและหลังค่าสูงสุด (นาที) | ความเข้มฝน มม./ชม. |
|----------------|------------------------------------|-----------------------|
| 0 | 8.7 | 38.5 |
| 2 | 6.7 | 49.1 |
| 4 | 4.7 | 64.8 |
| 6 | 2.7 | 89.5 |
| 8 | 0.7 | 132.1 |
| 8.7 | 0 | 154.5 |
| 10 | 1.3 | 137.0 |
| 12 | 3.3 | 115.4 |
| 14 | 5.3 | 98.6 |
| 16 | 7.3 | 85.2 |
| 18 | 9.3 | 74.4 |
| 20 | 11.3 | 65.6 |
| 22 | 13.3 | 58.2 |
| 24 | 15.3 | 52.1 |
| 26 | 17.3 | 46.8 |
| 28 | 19.3 | 42.4 |
| 30 | 21.3 | 38.5 |

ตารางที่ ข-18 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่บึงกุ่ม (ต่อ)

ช่วงเวลาการเกิดฝน 60 นาที คาบการเกิด 2 ปี

$$r = 0.33$$

$$a = 4215$$

$$b = 29$$

$$c = 0.9818$$

เวลาก่อนการเกิดความชื้นฝนสูงสุด 17.4

นาที

เวลาหลังการเกิดความชื้นฝนสูงสุด 42.6

นาที

| เวลา (นาที) | เวลาก่อนและหลังค่าสูงสุด (นาที) | ความชื้นฝน มม./ชม. |
|----------------|------------------------------------|-----------------------|
| 0 | 19.8 | 17.4 |
| 2 | 17.8 | 19.9 |
| 4 | 15.8 | 23.1 |
| 6 | 13.8 | 27.0 |
| 8 | 11.8 | 32.2 |
| 10 | 9.8 | 38.9 |
| 12 | 7.8 | 48.1 |
| 14 | 5.8 | 61.1 |
| 16 | 3.8 | 80.2 |
| 18 | 1.8 | 110.2 |
| 19.8 | 0.0 | 154.5 |
| 20 | 0.2 | 151.5 |
| 22 | 2.2 | 125.2 |
| 24 | 4.2 | 105.3 |
| 26 | 6.2 | 89.8 |
| 28 | 8.2 | 77.5 |
| 30 | 10.2 | 67.6 |
| 32 | 12.2 | 59.5 |
| 34 | 14.2 | 52.8 |
| 36 | 16.2 | 47.2 |
| 38 | 18.2 | 42.4 |
| 40 | 20.2 | 38.3 |
| 42 | 22.2 | 34.8 |
| 44 | 24.2 | 31.8 |
| 46 | 26.2 | 29.2 |
| 48 | 28.2 | 26.8 |
| 50 | 30.2 | 24.8 |
| 52 | 32.2 | 23.0 |
| 54 | 34.2 | 21.3 |
| 56 | 36.2 | 19.9 |
| 58 | 38.2 | 18.6 |
| 60 | 40.2 | 17.4 |

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่หนองแขม

ช่วงเวลาการเกิดฝน 30 นาที คาบการเกิด 2 ปี

$r = 0.42$

$a = 4794$ $b = 32$ $c = 0.99809$

เวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนสูงสุด 12.6 นาที

เวลาหลังการเกิดความเข้มฝนสูงสุด 17.4 นาที

| เวลา (นาที) | เวลาก่อนและหลังค่าสูงสุด (นาที) | ความเข้มฝน มม./ชม. |
|----------------|------------------------------------|-----------------------|
| 0 | 12.6 | 40.3 |
| 2 | 10.6 | 47.3 |
| 4 | 8.6 | 56.2 |
| 6 | 6.6 | 67.9 |
| 8 | 4.6 | 83.8 |
| 10 | 2.6 | 106.0 |
| 12 | 0.6 | 138.2 |
| 12.6 | 0 | 150.8 |
| 14 | 1.4 | 130.4 |
| 16 | 3.4 | 107.8 |
| 18 | 5.4 | 90.6 |
| 20 | 7.4 | 77.2 |
| 22 | 9.4 | 66.6 |
| 24 | 11.4 | 58.0 |
| 26 | 13.4 | 51.0 |
| 28 | 15.4 | 45.2 |
| 30 | 17.4 | 40.3 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-19 ตัวอย่างการคำนวณฝนออกแบบวิธี Kiefer and Chu พื้นที่หนองแขม (ต่อ)

ช่วงเวลาการเกิดฝน 60 นาที คาบการเกิด 2 ปี

$$r = 0.27$$

$$a = 4794$$

$$b = 32$$

$$c = 0.99809$$

เวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

16.2

นาที

เวลาหลังการเกิดความเข้มฝนสูงสุด

43.8

นาที

| เวลา (นาที) | เวลาก่อนและหลังค่าสูงสุด (นาที) | ความเข้มฝน มม./ชม. |
|----------------|------------------------------------|-----------------------|
| 0 | 16.2 | 18.3 |
| 2 | 14.2 | 21.7 |
| 4 | 12.2 | 26.0 |
| 6 | 10.2 | 31.8 |
| 8 | 8.2 | 39.8 |
| 10 | 6.2 | 51.2 |
| 12 | 4.2 | 68.4 |
| 14 | 2.2 | 95.9 |
| 16 | 0.2 | 144.1 |
| 16.2 | 0 | 150.8 |
| 18 | 1.8 | 130.0 |
| 20 | 3.8 | 111.6 |
| 22 | 5.8 | 96.9 |
| 24 | 7.8 | 84.9 |
| 26 | 9.8 | 75.0 |
| 28 | 11.8 | 66.7 |
| 30 | 13.8 | 59.7 |
| 32 | 15.8 | 53.8 |
| 34 | 17.8 | 48.7 |
| 36 | 19.8 | 44.3 |
| 38 | 21.8 | 40.5 |
| 40 | 23.8 | 37.1 |
| 42 | 25.8 | 34.2 |
| 44 | 27.8 | 31.6 |
| 46 | 29.8 | 29.2 |
| 48 | 31.8 | 27.2 |
| 50 | 33.8 | 25.3 |
| 52 | 35.8 | 23.6 |
| 54 | 37.8 | 22.1 |
| 56 | 39.8 | 20.7 |
| 58 | 41.8 | 19.5 |
| 60 | 43.8 | 18.3 |



ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน - น้ำท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค - 1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ระบายน้ำ

| พื้นที่ | ตำแหน่ง | tc(วัดได้) นาที | A ตารางเมตร | Lm เมตร | Sm | LI เมตร | SI | Esp factor | % of Imp |
|----------|---------|--------------------|----------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| บางกะปิ | 5 | 44.7 | 870000 | 1600 | 0.0004 | 1600 | 0.0004 | 1.23 | 41 |
| | 7-8 | 50.3 | 270000 | 530 | 0.001091 | 970 | 0.000629 | 1.23 | 42 |
| บึงกุ่ม | 5 | 65.4 | 40440 | 518 | 0.000204 | 518 | 0.000204 | 1.21 | 50 |
| หนองแขม | 1 | 49.1 | 74,420 | 520 | 5.19E-05 | 520 | 5.19E-05 | 1.24 | 35.1 |
| | 2 | 18.0 | 51,065 | 424 | 0.001099 | 544 | 0.001596 | 1.25 | 28.9 |
| | 3 | 22.2 | 54,556 | 570 | 0.001382 | 570 | 0.001382 | 1.24 | 51.9 |
| จุฬา | | 33.4 | 47,875 | 363 | 0.003 | 363 | 0.003 | 1.18 | 65 |
| ม.ชินกมล | | 22.0 | 38,720 | 506 | 0.000949 | 616 | 0.001363 | 1.21 | 52 |
| นิเวศน์5 | | | | | | | | | |

หมายเหตุ tc : เวลาในการรวมตัวของน้ำฝนที่จุดออก

A : พื้นที่ระบายน้ำ

Lm : ความยาวของทางน้ำหลัก

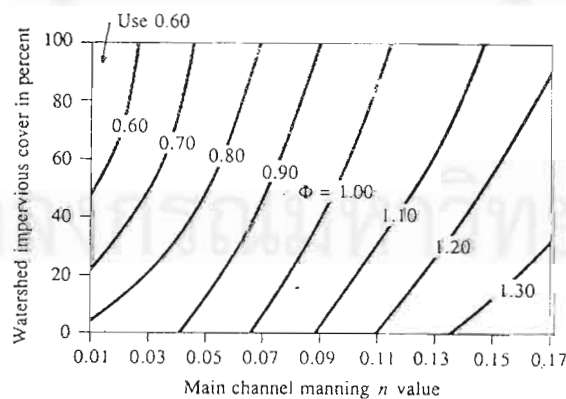
Sm : ความลาดชันของน้ำหลัก

LI : ความยาวของทางน้ำที่ยาวที่สุด

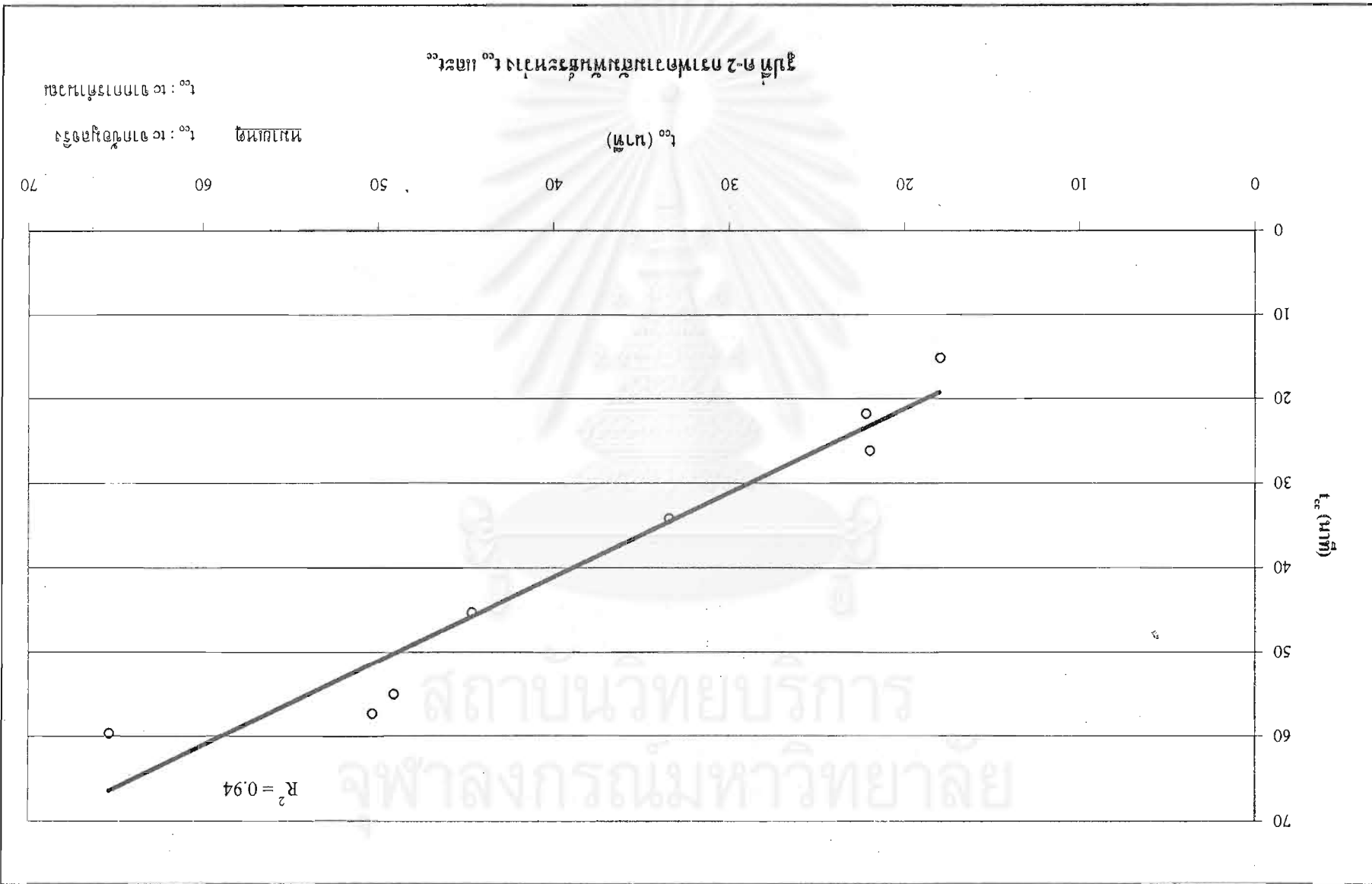
SI : ความลาดชันของน้ำที่ยาวที่สุด

Esp factor : แฟกเตอร์ของ Espey

% Imp : เปอร์เซนต์พื้นที่ที่ขังน้ำ



รูปที่ ค - 1 กราฟแฟกเตอร์ของ Espey



ตารางที่ ค - 2 การคำนวณค่า C ของพื้นที่บางกะปิ

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | ขนาดพื้นที่ ตารางเมตร | Tp นาที | Tc นาที | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tp) | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tc) | ความเข้มฝน (Tp)เมตร/วินาที | ความเข้มฝน (Tc)เมตร/วินาที | อัตราการไหลสูงสุด ลูกบาศก์เมตร/วินาที | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มิลลิเมตร | C _{tp} | C _{tc} | C _r |
|---------|-----------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 5 | 8/14/1943 | 870,000 | 10 | 64 | 25.5 | 57.5 | 0.00004 | 0.00001 | 0.732 | 15.54 | 0.02 | 0.06 | 0.27 |
| | 9/3/1943 | 870,000 | 22 | 30 | 12.0 | 20.0 | 0.00001 | 0.00001 | 0.595 | 9.18 | 0.08 | 0.06 | 0.46 |
| | 9/26/1943 | 870,000 | 6 | 50 | 26.0 | 49.5 | 0.00007 | 0.00002 | 0.758 | 6.20 | 0.01 | 0.05 | 0.13 |
| | 8/7/1943 | 870,000 | 24 | 40 | 22.0 | 31.0 | 0.00002 | 0.00001 | 0.727 | 9.46 | 0.05 | 0.06 | 0.31 |
| | 8/13/1943 | 870,000 | 38 | 48 | 19.0 | 29.5 | 0.00001 | 0.00001 | 0.732 | 9.45 | 0.10 | 0.08 | 0.32 |
| | 9/1/1943 | 870,000 | 12 | 36 | 16.0 | 26.0 | 0.00002 | 0.00001 | 0.571 | 11.90 | 0.03 | 0.05 | 0.46 |
| | | average | | 45 | | | | | | Max | 0.10 | 0.08 | 0.46 |
| | | | | | | | | | | Min | 0.01 | 0.05 | 0.13 |
| | | | | | | | | | | Average | 0.05 | 0.06 | 0.32 |
| 7และ8 | 14/8/43 | 270,000 | 22 | 40 | 20.5 | 20.5 | 0.00002 | 0.00001 | 0.263 | 13.43 | 0.06 | 0.11 | 0.65 |
| | 9/3/1943 | 270,000 | 26 | 36 | 20.0 | 20.0 | 0.00001 | 0.00001 | 0.184 | 10.48 | 0.05 | 0.07 | 0.52 |
| | 8/8/1943 | 270,000 | 32 | 56 | 21.0 | 32.0 | 0.00001 | 0.00001 | 0.188 | 9.78 | 0.06 | 0.07 | 0.31 |
| | 8/13/1943 | 270,000 | 76 | 78 | 48.5 | 50.0 | 0.00001 | 0.00001 | 0.243 | 18.22 | 0.08 | 0.08 | 0.36 |
| | 8/18/1943 | 270,000 | 30 | 32 | 68.0 | 98.5 | 0.00004 | 0.00005 | 0.346 | 47.35 | 0.03 | 0.02 | 0.48 |
| | 9/26/1943 | 270,000 | 30 | 60 | 38.5 | 43.0 | 0.00002 | 0.00001 | 0.237 | 19.77 | 0.04 | 0.07 | 0.46 |
| | | average tc | | 50 | | | | | | Max | 0.08 | 0.11 | 0.65 |
| | | | | | | | | | | Min | 0.03 | 0.02 | 0.31 |
| | | | | | | | | | | Average | 0.06 | 0.07 | 0.46 |

หมายเหตุ C_{tp} : ค่า C ที่คำนวณจาก Q = CiA โดยกำหนดค่า i = ความเข้มฝนเฉลี่ยในช่วง tp

C_{tc} : ค่า C ที่คำนวณจาก Q = CiA โดยกำหนดค่า i = ความเข้มฝนเฉลี่ยในช่วง tc

C_r : ค่า C ที่คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างความลึกน้ำท่าต่อความลึกน้ำฝน

ตารางที่ ค-3 การคำนวณค่า C ของพื้นที่บึงกุ่ม

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | ขนาดพื้นที่ ตารางเมตร | Tp นาที | Tc นาที | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tp) | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tc) | ความเข้มฝน เมตร/วินาที(Tp) | ความเข้มฝน เมตร/วินาที(Tc) | อัตราการไหลสูงสุด ลูกบาศก์เมตร/วินาที | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มิลลิเมตร | C _{tp} | C _{tc} | C _r |
|---------|-----------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 5 | 8/14/1943 | 40,440 | 150 | 69 | 98.51 | 98.51 | 0.00001 | 0.00002 | 0.246 | 29.54 | 0.56 | 0.26 | 0.30 |
| | 9/3/1943 | 40,440 | 36 | 80 | 40.01 | 42.11 | 0.00002 | 0.00001 | 0.11 | 19.36 | 0.15 | 0.31 | 0.46 |
| | 8/8/1943 | 40,440 | 100 | 84 | 33.21 | 40.55 | 0.00001 | 0.00001 | 0.125 | 31.34 | 0.56 | 0.38 | 0.77 |
| | 8/13/1943 | 40,440 | 58 | 44 | 25.00 | 26.00 | 0.00001 | 0.00001 | 0.151 | 12.55 | 0.52 | 0.38 | 0.48 |
| | 8/19/1943 | 40,440 | 38 | 50 | 35.67 | 46.00 | 0.00002 | 0.00002 | 0.146 | 24.80 | 0.23 | 0.24 | 0.54 |
| | | average tc | | 65 | | | | | | Max | 0.56 | 0.38 | 0.77 |
| | | | | | | | | | | Min | 0.15 | 0.24 | 0.30 |
| | | | | | | | | | | Average | 0.40 | 0.31 | 0.51 |

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | ขนาดพื้นที่ ตารางเมตร | Tp นาที | Tc นาที | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tp) | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tc) | ความเข้มฝน เมตร/วินาที(Tp) | ความเข้มฝน เมตร/วินาที(Tc) | อัตราการไหลสูงสุด ลบ.ม./วินาที | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มิลลิเมตร | C _{tp} | C _{tc} | C _r |
|---------|-----------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1 | 8/5/1943 | 74,420 | 24 | 44 | 15.51 | 17.52 | 0.000011 | 0.000007 | 0.141 | 6.06 | 0.18 | 0.29 | 0.35 |
| | 8/27/1943 | 74,420 | 24 | 24 | 16.01 | 16.51 | 0.000011 | 0.000011 | 0.165 | 4.37 | 0.20 | 0.19 | 0.26 |
| | 8/29/1943 | 74,420 | 36 | 53 | 18.50 | 18.50 | 0.000009 | 0.000006 | 0.161 | 5.73 | 0.25 | 0.37 | 0.31 |
| | 9/3/1943 | 74,420 | 64 | 34 | 14.00 | 14.00 | 0.000004 | 0.000007 | 0.113 | 4.49 | 0.42 | 0.22 | 0.32 |
| | 9/15/1943 | 74,420 | 58 | 50 | 25.50 | 25.50 | 0.000007 | 0.000009 | 0.159 | 8.50 | 0.29 | 0.25 | 0.33 |
| | 9/20/2543 | 74,420 | 88 | 76 | 36.75 | 36.75 | 0.000007 | 0.000008 | 0.150 | 13.89 | 0.29 | 0.25 | 0.38 |
| | 9/22/1943 | 74,420 | 72 | 76 | 25.50 | 25.50 | 0.000006 | 0.000006 | 0.153 | 10.65 | 0.35 | 0.37 | 0.42 |
| | 9/28/1943 | 74,420 | 32 | 34 | 15.01 | 15.01 | 0.000008 | 0.000007 | 0.131 | 5.44 | 0.23 | 0.24 | 0.36 |
| | | average tc | | 49 | | | | | | MAX | 0.42 | 0.37 | 0.42 |
| | | | | | | | | | | MIN | 0.18 | 0.19 | 0.26 |
| | | | | | | | | | | AVERAGE | 0.27 | 0.27 | 0.34 |
| 2 | 8/5/1943 | 51,065 | 16 | 28 | 16.01 | 17.52 | 0.000017 | 0.000010 | 0.102 | 3.70 | 0.12 | 0.19 | 0.21 |
| | 8/27/1943 | 51,065 | 12 | 12 | 14.51 | 16.51 | 0.000020 | 0.000023 | 0.101 | 2.16 | 0.10 | 0.09 | 0.13 |
| | 9/20/1943 | 51,065 | 26 | 26 | 33.75 | 36.50 | 0.000022 | 0.000023 | 0.230 | 11.70 | 0.21 | 0.19 | 0.32 |
| | 9/22/1943 | 51,065 | 16 | 14 | 24.50 | 25.50 | 0.000026 | 0.000030 | 0.316 | 9.85 | 0.24 | 0.20 | 0.39 |
| | 9/28/1943 | 51,065 | 20 | 10 | 14.76 | 15.01 | 0.000012 | 0.000025 | 0.188 | 3.25 | 0.30 | 0.15 | 0.22 |
| | | average tc | | 18 | | | | | | MAX | 0.30 | 0.20 | 0.39 |
| | | | | | | | | | | MIN | 0.10 | 0.09 | 0.13 |
| | | | | | | | | | | AVERAGE | 0.19 | 0.16 | 0.25 |

ตารางที่ ค-4 การคำนวณค่า C ของพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | ขนาดพื้นที่ ตารางเมตร | Tp นาที | Tc นาที | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tp) | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tc) | ความเข้มข้น เมตร/วินาที(Tp) | ความเข้มข้น เมตร/วินาที(Tc) | อัตราการไหลสูงสุด ลบ.ม./วินาที | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มิลลิเมตร | C _{tp} | C _{tc} | C _r |
|---------|-----------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 3 | 8/15/1943 | 54,556 | 20 | 20 | 16.26 | 17.01 | 0.000014 | 0.000014 | 0.173 | 7.16 | 0.23 | 0.22 | 0.42 |
| | 9/1/1943 | 54,556 | 22 | 26 | 16.5 | 16.5 | 0.000013 | 0.000011 | 0.142 | 7.64 | 0.21 | 0.25 | 0.46 |
| | 9/28/1943 | 54,556 | 22 | 20 | 25.5 | 36.5 | 0.000019 | 0.000030 | 0.215 | 9.01 | 0.20 | 0.13 | 0.25 |
| | 9/29/1943 | 54,556 | 22 | 18 | 12.68 | 15.01 | 0.000010 | 0.000014 | 0.128 | 5.41 | 0.24 | 0.17 | 0.36 |
| | 10/1/1943 | 54,556 | 24 | 27 | 50.52 | 51.02 | 0.000035 | 0.000031 | 0.354 | 21.2 | 0.18 | 0.21 | 0.42 |
| | | average tc | | 22 | | | | | | MAX | 0.24 | 0.25 | 0.46 |
| | | | | | | | | | | MIN | 0.18 | 0.13 | 0.25 |
| | | | | | | | | | | AVERAGE | 0.22 | 0.19 | 0.38 |

ตารางที่ ค- 5 การคำนวณค่า C ของพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | ขนาดพื้นที่ ตารางเมตร | Tp นาที | Tc นาที | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tp) | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tc) | ความเข้มข้น (Tp)เมตร/วินาที | ความเข้มข้น (Tc)เมตร/วินาที | อัตราการไหลสูงสุด ลูกบาศก์เมตร/วินาที | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มิลลิเมตร | C _{tp} | C _{tc} | C _r |
|---------|-----------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1 | 8/18/1943 | 47,875 | 45 | 40 | 17 | 25 | 0.00001 | 0.00001 | 0.0921 | 10.17 | 0.31 | 0.18 | 0.41 |
| | 9/1/1943 | 47,875 | 20 | 28 | 13.50 | 14.50 | 0.00001 | 0.00001 | 0.169 | 11.57 | 0.31 | 0.41 | 0.80 |
| | 9/3/1943 | 47,875 | 25 | 20 | 11.00 | 12.00 | 0.00001 | 0.00001 | 0.081 | 5.43 | 0.23 | 0.17 | 0.45 |
| | 10/7/1943 | 47,875 | 30 | 55 | 9.50 | 11.00 | 0.00001 | 0.000003 | 0.069 | 5.10 | 0.27 | 0.43 | 0.46 |
| | 10/5/1943 | 47,875 | 20 | 29 | 3.50 | 9.00 | 0.000003 | 0.000005 | 0.057 | 5.15 | 0.41 | 0.23 | 0.57 |
| | 9/25/1943 | 47,875 | 20 | 35 | 8.00 | 8.00 | 0.00001 | 0.000004 | 0.105 | 5.97 | 0.33 | 0.58 | 0.75 |
| | | average tc | | 33.4 | | | | | | Max | 0.41 | 0.58 | 0.80 |
| | | | | | | | | | | Min | 0.23 | 0.17 | 0.45 |
| | | | | | | | | | | Average | 0.31 | 0.33 | 0.61 |

ตารางที่ ค-6 การคำนวณค่า C ของพื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | ขนาดพื้นที่ ตารางเมตร | Tp นาที | Tc นาที | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tp) | ความลึกฝน มิลลิเมตร(tc) | ความเข้มฝน (Tp)เมตร/วินาที | ความเข้มฝน (Tc)เมตร/วินาที | อัตราการไหลสูงสุด ลูกบาศก์เมตร/วินาที | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มิลลิเมตร | C _{tp} | C _{tc} | C _r |
|---------|------------|--------------------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1 | 8/2/1943 | 38,720 | 10 | 15 | 11.00 | 17.50 | 0.00002 | 0.00002 | 0.074 | 7.87 | 0.10 | 0.10 | 0.45 |
| | 8/3/1943 | 38,720 | 35 | 45 | 13.50 | 16.00 | 0.00001 | 0.00001 | 0.037 | 3.93 | 0.15 | 0.16 | 0.25 |
| | 8/29/1943 | 38,720 | 15 | 15 | 6.10 | 12.10 | 0.00001 | 0.00001 | 0.034 | 4.91 | 0.13 | 0.07 | 0.41 |
| | 10/8/1943 | 38,720 | 10 | 10 | 10.60 | 12.60 | 0.00002 | 0.00002 | 0.047 | 4.82 | 0.07 | 0.06 | 0.38 |
| | 10/15/1943 | 38,720 | 5 | 25 | 17.00 | 27.20 | 0.00006 | 0.00002 | 0.071 | 8.01 | 0.03 | 0.10 | 0.29 |
| | | average | | 22 | | | | | | Max | 0.15 | 0.16 | 0.45 |
| | | | | | | | | | | Min | 0.03 | 0.06 | 0.25 |
| | | | | | | | | | | Average | 0.10 | 0.10 | 0.36 |

ตารางที่ ค-7 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆ ในพื้นที่บางกะปิ

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการไหลสูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_p = 0.05$ | | $C_{ic} = 0.06$ | | $C_r = 0.32$ | | $C_L = 0.45$ | | $C_d = 0.45$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|-----------------|------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | | $C_p = 0.05$ | $C_{ic} = 0.06$ | $C_r = 0.32$ | $C_L = 0.45$ | $C_d = 0.45$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 5 | 8/14/1943 | 0.732 | 1.849 | 0.782 | 4.169 | 5.863 | 5.863 | 1.12 | 1.25 | 0.05 | 0.00 | 3.44 | 11.82 | 5.13 | 26.33 | 5.13 | 26.33 |
| | 9/3/1943 | 0.595 | 0.395 | 0.580 | 3.093 | 4.350 | 4.350 | -0.20 | 0.04 | -0.01 | 0.00 | 2.50 | 6.24 | 3.76 | 14.10 | 3.76 | 14.10 |
| | 9/26/1943 | 0.758 | 3.142 | 0.861 | 4.594 | 6.460 | 6.460 | 2.38 | 5.68 | 0.10 | 0.01 | 3.84 | 14.71 | 5.70 | 32.51 | 5.70 | 32.51 |
| | 8/7/1943 | 0.727 | 0.665 | 0.674 | 3.597 | 5.059 | 5.059 | -0.06 | 0.00 | -0.05 | 0.00 | 2.87 | 8.24 | 4.33 | 18.76 | 4.33 | 18.76 |
| | 8/13/1943 | 0.732 | 0.363 | 0.535 | 2.853 | 4.012 | 4.012 | -0.37 | 0.14 | -0.20 | 0.04 | 2.12 | 4.50 | 3.28 | 10.76 | 3.28 | 10.76 |
| | 9/1/1943 | 0.571 | 0.967 | 0.629 | 3.352 | 4.714 | 4.714 | 0.40 | 0.16 | 0.06 | 0.00 | 2.78 | 7.74 | 4.14 | 17.17 | 4.14 | 17.17 |
| | | | | | | | ค่าเฉลี่ย | 0.54 | 1.10 | -0.01 | 0.10 | 2.92 | 2.98 | 4.39 | 4.47 | 4.39 | 4.47 |

ตารางที่ ค-7 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆ ในพื้นที่บางกะปิ (ต่อ)

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการไหลสูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_p = 0.06$ | | $C_{ic} = 0.07$ | | $C_r = 0.46$ | | $C_L = 0.45$ | | $C_d = 0.45$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|-----------------|------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | | $C_p = 0.06$ | $C_{ic} = 0.07$ | $C_r = 0.46$ | $C_L = 0.45$ | $C_d = 0.45$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 7และ8 | 14/8/43 | 0.263 | 0.252 | 0.162 | 1.061 | 1.038 | 1.038 | -0.01 | 0.00 | -0.10 | 0.01 | 0.80 | 0.64 | 0.78 | 0.60 | 0.78 | 0.60 |
| | 15952 | 0.184 | 0.208 | 0.175 | 1.150 | 1.125 | 1.125 | 0.02 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 0.97 | 0.93 | 0.94 | 0.89 | 0.94 | 0.89 |
| | 15926 | 0.188 | 0.177 | 0.180 | 1.184 | 1.158 | 1.158 | -0.01 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.94 | 0.97 | 0.94 |
| | 15931 | 0.243 | 0.172 | 0.202 | 1.327 | 1.298 | 1.298 | -0.07 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | 1.08 | 1.17 | 1.06 | 1.11 | 1.06 | 1.11 |
| | 15936 | 0.346 | 0.612 | 0.970 | 6.372 | 6.233 | 6.233 | 0.27 | 0.07 | 0.62 | 0.39 | 6.03 | 36.31 | 5.89 | 34.66 | 5.89 | 34.66 |
| | 15975 | 0.237 | 0.347 | 0.226 | 1.484 | 1.451 | 1.451 | 0.11 | 0.01 | -0.01 | 0.00 | 1.25 | 1.55 | 1.21 | 1.47 | 1.21 | 1.47 |
| | | | | | | | ค่าเฉลี่ย | 0.05 | 0.12 | 0.08 | 0.26 | 1.85 | 2.63 | 1.81 | 2.57 | 1.81 | 2.57 |

ตารางที่ ๘ - 8 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆ ในพื้นที่บึงกุ่ม

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการไหลสูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_{tp} = 0.40$ | | $C_{tc} = 0.31$ | | $C_r = 0.51$ | | $C_L = 0.42$ | | $C_d = 0.53$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | | $C_{tp} = 0.40$ | $C_{tc} = 0.31$ | $C_r = 0.51$ | $C_L = 0.42$ | $C_d = 0.53$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 5 | 8/14/1943 | 0.246 | 0.177 | 0.298 | 0.491 | 0.404 | 0.510 | -0.069 | 0.005 | 0.052 | 0.003 | 0.245 | 0.060 | 0.158 | 0.025 | 0.264 | 0.070 |
| | 9/3/1943 | 0.11 | 0.300 | 0.110 | 0.181 | 0.149 | 0.188 | 0.190 | 0.036 | 0.000 | 0.000 | 0.071 | 0.005 | 0.039 | 0.002 | 0.078 | 0.006 |
| | 8/8/1943 | 0.125 | 0.090 | 0.101 | 0.166 | 0.137 | 0.172 | -0.035 | 0.001 | -0.024 | 0.001 | 0.041 | 0.002 | 0.012 | 0.000 | 0.047 | 0.002 |
| | 8/13/1943 | 0.151 | 0.116 | 0.123 | 0.203 | 0.167 | 0.211 | -0.035 | 0.001 | -0.028 | 0.001 | 0.052 | 0.003 | 0.016 | 0.000 | 0.060 | 0.004 |
| | 8/19/1943 | 0.146 | 0.253 | 0.192 | 0.316 | 0.260 | 0.329 | 0.107 | 0.011 | 0.046 | 0.002 | 0.170 | 0.029 | 0.114 | 0.013 | 0.183 | 0.033 |
| | | | | | | | ค่าเฉลี่ย | 0.03 | 0.10 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.14 | 0.07 | 0.09 | 0.13 | 0.15 |

ตารางที่ ค - 9 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆในพื้นที่หนองแขม

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการไหลสูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_p = 0.27$ | | $C_{ic} = 0.27$ | | $C_r = 0.34$ | | $C_L = 0.33$ | | $C_d = 0.375$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| | | | $C_p = 0.27$ | $C_{ic} = 0.27$ | $C_r = 0.34$ | $C_L = 0.33$ | $C_d = 0.38$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 1 | 8/5/1943 | 0.141 | 0.216 | 0.133 | 0.168 | 0.163 | 0.185 | 0.075 | 0.006 | -0.008 | 0.000 | 0.027 | 0.001 | 0.022 | 0.000 | 0.044 | 0.002 |
| | 8/27/1943 | 0.165 | 0.223 | 0.230 | 0.290 | 0.282 | 0.320 | 0.058 | 0.003 | 0.065 | 0.004 | 0.125 | 0.016 | 0.117 | 0.014 | 0.155 | 0.024 |
| | 8/29/1943 | 0.161 | 0.172 | 0.117 | 0.147 | 0.143 | 0.162 | 0.011 | 0.000 | -0.044 | 0.002 | -0.014 | 0.000 | -0.018 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| | 9/3/1943 | 0.113 | 0.073 | 0.138 | 0.174 | 0.169 | 0.192 | -0.040 | 0.002 | 0.025 | 0.001 | 0.061 | 0.004 | 0.056 | 0.003 | 0.079 | 0.006 |
| | 9/15/1943 | 0.140 | 0.171 | 0.164 | 0.207 | 0.201 | 0.228 | 0.031 | 0.001 | 0.024 | 0.001 | 0.067 | 0.004 | 0.061 | 0.004 | 0.088 | 0.008 |
| | 9/20/2543 | 0.150 | 0.140 | 0.162 | 0.204 | 0.198 | 0.225 | -0.010 | 0.000 | 0.012 | 0.000 | 0.054 | 0.003 | 0.048 | 0.002 | 0.075 | 0.006 |
| | 9/22/1943 | 0.153 | 0.119 | 0.112 | 0.141 | 0.137 | 0.156 | -0.034 | 0.001 | -0.041 | 0.002 | -0.012 | 0.000 | -0.016 | 0.000 | 0.003 | 0.000 |
| | 9/28/1943 | 0.131 | 0.157 | 0.148 | 0.186 | 0.181 | 0.205 | 0.026 | 0.001 | 0.017 | 0.000 | 0.055 | 0.003 | 0.050 | 0.002 | 0.074 | 0.006 |
| | | | | | | ค่าเฉลี่ย | 0.015 | 0.041 | 0.006 | 0.035 | 0.045 | 0.062 | 0.040 | 0.057 | 0.065 | 0.080 | |

ตารางที่ ค - 9 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการไหลสูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_p = 0.19$ | | $C_{ic} = 0.16$ | | $C_r = 0.25$ | | $C_L = 0.30$ | | $C_d = 0.45$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | | $C_p = 0.19$ | $C_{ic} = 0.16$ | $C_r = 0.25$ | $C_L = 0.30$ | $C_d = 0.45$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 2 | 8/5/1943 | 0.102 | 0.162 | 0.085 | 0.133 | 0.160 | 0.200 | 0.060 | 0.004 | -0.017 | 0.000 | 0.031 | 0.001 | 0.058 | 0.003 | 0.098 | 0.010 |
| | 8/27/1943 | 0.101 | 0.196 | 0.187 | 0.293 | 0.351 | 0.439 | 0.095 | 0.009 | 0.086 | 0.007 | 0.192 | 0.037 | 0.250 | 0.063 | 0.338 | 0.114 |
| | 9/20/1943 | 0.230 | 0.210 | 0.191 | 0.299 | 0.358 | 0.448 | -0.020 | 0.000 | -0.039 | 0.002 | 0.069 | 0.005 | 0.128 | 0.016 | 0.218 | 0.048 |
| | 9/22/1943 | 0.316 | 0.248 | 0.248 | 0.388 | 0.465 | 0.581 | -0.068 | 0.005 | -0.068 | 0.005 | 0.072 | 0.005 | 0.149 | 0.022 | 0.265 | 0.070 |
| | 9/28/1943 | 0.188 | 0.119 | 0.204 | 0.319 | 0.383 | 0.479 | -0.069 | 0.005 | 0.016 | 0.000 | 0.131 | 0.017 | 0.195 | 0.038 | 0.291 | 0.085 |
| | | | | | | ค่าเฉลี่ย | -0.001 | 0.067 | -0.004 | 0.053 | 0.099 | 0.114 | 0.156 | 0.169 | 0.242 | 0.256 | |

ตารางที่ ๓ - 9 การเปรียบเทียบค่า C โดยวิธีการต่างๆในพื้นที่หนองแขม (ต่อ)

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการไหลสูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_{tp} = 0.22$ | | $C_{ic} = 0.20$ | | $C_r = 0.38$ | | $C_L = 0.44$ | | $C_d = 0.53$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | | $C_{tp} = 0.22$ | $C_{ic} = 0.20$ | $C_r = 0.38$ | $C_L = 0.44$ | $C_d = 0.53$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 3 | 8/15/1943 | 0.173 | 0.163 | 0.155 | 0.294 | 0.340 | 0.410 | -0.010 | 0.000 | -0.018 | 0.000 | 0.121 | 0.015 | 0.167 | 0.028 | 0.237 | 0.056 |
| | 9/1/1943 | 0.142 | 0.150 | 0.115 | 0.219 | 0.254 | 0.306 | 0.008 | 0.000 | -0.027 | 0.001 | 0.077 | 0.006 | 0.112 | 0.013 | 0.164 | 0.027 |
| | 9/28/1943 | 0.215 | 0.232 | 0.332 | 0.631 | 0.730 | 0.879 | 0.017 | 0.000 | 0.117 | 0.014 | 0.416 | 0.173 | 0.515 | 0.265 | 0.664 | 0.442 |
| | 9/29/1943 | 0.128 | 0.115 | 0.136 | 0.259 | 0.300 | 0.362 | -0.013 | 0.000 | 0.008 | 0.000 | 0.131 | 0.017 | 0.172 | 0.030 | 0.234 | 0.055 |
| | 10/1/1943 | 0.354 | 0.421 | 0.344 | 0.653 | 0.756 | 0.911 | 0.067 | 0.004 | -0.010 | 0.000 | 0.299 | 0.089 | 0.402 | 0.162 | 0.557 | 0.310 |
| | | | | | | | ค่าเฉลี่ย | 0.014 | 0.032 | 0.014 | 0.055 | 0.209 | 0.245 | 0.274 | 0.315 | 0.371 | 0.422 |

ตารางที่ ก-10 การเปรียบเทียบค่า C ด้วยวิธีการต่างๆ ในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการใช้สูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการใช้สูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_{up} = 0.30$ | | $C_{ic} = 0.32$ | | $C_r = 0.60$ | | $C_L = 0.33$ | | $C_d = 0.375$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
| | | | $C_{up} = 0.31$ | $C_{ic} = 0.33$ | $C_r = 0.60$ | $C_L = 0.33$ | $C_d = 0.38$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 1 | 8/18/1943 | 0.092 | 0.093 | 0.165 | 0.299 | 0.165 | 0.187 | 0.001 | 0.000 | 0.072 | 0.619 | 0.207 | 5.057 | 0.072 | 0.619 | 0.095 | 1.062 |
| | 9/1/1943 | 0.169 | 0.167 | 0.136 | 0.248 | 0.136 | 0.155 | -0.002 | 0.000 | -0.033 | 0.037 | 0.079 | 0.219 | -0.033 | 0.037 | -0.014 | 0.007 |
| | 9/3/1943 | 0.081 | 0.109 | 0.158 | 0.287 | 0.158 | 0.180 | 0.028 | 0.118 | 0.077 | 0.903 | 0.206 | 6.484 | 0.077 | 0.903 | 0.099 | 1.480 |
| | 10/7/1943 | 0.069 | 0.078 | 0.053 | 0.096 | 0.053 | 0.060 | 0.009 | 0.018 | -0.016 | 0.056 | 0.027 | 0.150 | -0.016 | 0.056 | -0.009 | 0.018 |
| | 10/5/1943 | 0.057 | 0.043 | 0.082 | 0.149 | 0.082 | 0.093 | -0.014 | 0.058 | 0.025 | 0.188 | 0.092 | 2.581 | 0.025 | 0.188 | 0.036 | 0.396 |
| | 9/25/1943 | 0.105 | 0.099 | 0.060 | 0.109 | 0.060 | 0.068 | -0.006 | 0.003 | -0.045 | 0.182 | 0.004 | 0.002 | -0.045 | 0.182 | -0.037 | 0.122 |
| | | | | | | | ค่าเฉลี่ย | 0.003 | 0.199 | 0.016 | 0.630 | 0.123 | 1.703 | 0.016 | 0.630 | 0.034 | 0.785 |

ตารางที่ ก-10 การเปรียบเทียบค่า C ด้วยวิธีการต่างๆ ในพื้นที่หมู่บ้านชั้นกมลนิเวศน์ 5

| ตำแหน่ง | เหตุการณ์ | อัตราการไหลสูงสุดจริง ลบ.ม./วินาที | อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม./วินาที) | | | | | $C_{tp} = 0.10$ | | $C_{ic} = 0.10$ | | $C_r = 0.36$ | | $C_L = 0.4$ | | $C_d = 0.38$ | |
|---------|-----------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|------|-----------------|------|--------------|-------|-------------|-------|--------------|-------|
| | | | $C_{tp} = 0.10$ | $C_{ic} = 0.10$ | $C_r = 0.36$ | $C_L = 0.4$ | $C_d = 0.38$ | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE | Bias | SDE |
| 1 | 15920 | 0.074 | 0.071 | 0.075 | 0.271 | 0.301 | 0.282 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 7.16 | 0.23 | 9.51 | 0.21 | 8.00 |
| | 15921 | 0.037 | 0.025 | 0.023 | 0.083 | 0.092 | 0.086 | -0.01 | 0.11 | -0.01 | 0.14 | 0.05 | 1.52 | 0.05 | 2.19 | 0.05 | 1.76 |
| | 15947 | 0.034 | 0.026 | 0.052 | 0.187 | 0.208 | 0.195 | -0.01 | 0.06 | 0.02 | 0.26 | 0.15 | 19.81 | 0.17 | 25.57 | 0.16 | 21.88 |
| | 15987 | 0.047 | 0.068 | 0.081 | 0.293 | 0.325 | 0.305 | 0.02 | 0.22 | 0.03 | 0.56 | 0.25 | 27.91 | 0.28 | 35.77 | 0.26 | 30.74 |
| | 15994 | 0.071 | 0.219 | 0.070 | 0.253 | 0.281 | 0.263 | 0.15 | 4.33 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 6.50 | 0.21 | 8.67 | 0.19 | 7.28 |
| | | | | | | | ค่าเฉลี่ย | 0.03 | 0.97 | 0.01 | 0.44 | 0.16 | 3.55 | 0.19 | 4.04 | 0.17 | 3.73 |

ตารางที่ ค-11 ซลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ (ความลึกของซลภาพน้ำท่าผิวดิน = 1 มม. และช่วงเวลา 2 นาที)

| พื้นที่บางกะปิ | | | | พื้นที่บึงกุ่ม | | พื้นที่หนองแขม | | | | | | พื้นที่จตุพา | | พื้นที่ม.ชั้นกมลฯ | |
|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|-------------|
| สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่7 | | สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่1 | | สถานีวัดน้ำท่าที่2 | | สถานีวัดน้ำท่าที่3 | | | | | |
| เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา |
| (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) |
| 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 2 | 9.0 | 2 | 0.8 | 2 | 1.1 | 2 | 7.4 | 2 | 4.9 | 2 | 3.7 | 5 | 3.6 | 5 | 3.0 |
| 4 | 18.0 | 4 | 1.5 | 4 | 2.2 | 4 | 8.8 | 4 | 10.8 | 4 | 7.7 | 10 | 4.4 | 10 | 11.1 |
| 6 | 27.0 | 6 | 2.3 | 6 | 3.4 | 6 | 9.3 | 6 | 16.7 | 6 | 11.6 | 15 | 4.9 | 15 | 9.0 |
| 8 | 36.0 | 8 | 3.0 | 8 | 4.3 | 8 | 10.2 | 8 | 22.7 | 8 | 15.5 | 20 | 8.3 | 20 | 7.6 |
| 10 | 45.0 | 10 | 3.8 | 10 | 4.9 | 10 | 11.2 | 10 | 28.6 | 10 | 18.9 | 25 | 11.4 | 25 | 7.3 |
| 12 | 50.4 | 12 | 4.8 | 12 | 5.1 | 12 | 13.8 | 12 | 28.2 | 12 | 19.7 | 30 | 14.1 | 30 | 7.4 |
| 14 | 55.8 | 14 | 5.7 | 14 | 5.2 | 14 | 14.3 | 14 | 27.2 | 14 | 20.4 | 35 | 13.7 | 35 | 6.7 |
| 16 | 61.2 | 16 | 6.7 | 16 | 5.3 | 16 | 14.8 | 16 | 25.8 | 16 | 21.2 | 40 | 11.1 | 40 | 6.1 |
| 18 | 66.6 | 18 | 7.6 | 18 | 5.4 | 18 | 15.3 | 18 | 24.3 | 18 | 19.4 | 45 | 10.3 | 45 | 5.5 |
| 20 | 72.0 | 20 | 8.6 | 20 | 5.4 | 20 | 15.9 | 20 | 21.4 | 20 | 19.0 | 50 | 8.8 | 50 | 4.6 |
| 22 | 71.6 | 22 | 8.9 | 22 | 5.5 | 22 | 16.4 | 22 | 18.4 | 22 | 18.3 | 55 | 8.2 | 55 | 4.1 |
| 24 | 71.2 | 24 | 9.3 | 24 | 5.7 | 24 | 16.9 | 24 | 15.5 | 24 | 17.3 | 60 | 6.7 | 60 | 3.7 |
| 26 | 70.8 | 26 | 9.6 | 26 | 5.8 | 26 | 17.4 | 26 | 12.6 | 26 | 16.2 | 65 | 5.5 | 65 | 3.4 |
| 28 | 70.4 | 28 | 10.0 | 28 | 5.9 | 28 | 17.9 | 28 | 9.7 | 28 | 15.1 | 70 | 4.6 | 70 | 3.4 |
| 30 | 70.0 | 30 | 10.4 | 30 | 6.0 | 30 | 18.5 | 30 | 8.1 | 30 | 14.1 | 75 | 3.9 | 75 | 3.2 |

ตารางที่ ค-11 ซลภาพหนึ่งหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ (ต่อ)

| พื้นที่บางกะปิ | | | | พื้นที่บึงกุ่ม | | พื้นที่หนองแขม | | | | | | พื้นที่จตุพา | | พื้นที่ม.ชั้นกมลฯ | |
|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|-------------|
| สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่7 | | สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่1 | | สถานีวัดน้ำท่าที่2 | | สถานีวัดน้ำท่าที่3 | | | | | |
| เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา | เวลา | อัตรา |
| (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) | (นาท) | (ล./วินาที) |
| 32 | 66.0 | 32 | 10.8 | 32 | 5.9 | 32 | 19.0 | 32 | 7.4 | 32 | 13.2 | 80 | 3.6 | 80 | 3.1 |
| 34 | 61.9 | 34 | 11.3 | 34 | 5.8 | 34 | 19.5 | 34 | 6.9 | 34 | 12.2 | 85 | 3.5 | 85 | 3.0 |
| 36 | 57.9 | 36 | 11.7 | 36 | 5.7 | 36 | 17.6 | 36 | 6.5 | 36 | 11.3 | 90 | 3.3 | 90 | 2.8 |
| 38 | 53.9 | 38 | 12.2 | 38 | 5.6 | 38 | 17.4 | 38 | 6.2 | 38 | 10.3 | 95 | 3.0 | 95 | 2.7 |
| 40 | 49.8 | 40 | 12.6 | 40 | 5.5 | 40 | 16.0 | 40 | 6.2 | 40 | 9.3 | 100 | 2.1 | 100 | 2.5 |
| 42 | 49.3 | 42 | 13.1 | 42 | 5.4 | 42 | 15.8 | 42 | 6.0 | 42 | 8.3 | 105 | 2.0 | 105 | 2.5 |
| 44 | 48.2 | 44 | 13.5 | 44 | 5.2 | 44 | 15.4 | 44 | 5.8 | 44 | 7.3 | 110 | 1.9 | 110 | 2.3 |
| 46 | 47.0 | 46 | 13.3 | 46 | 5.1 | 46 | 14.6 | 46 | 5.6 | 46 | 6.2 | 115 | 1.9 | 115 | 2.3 |
| 48 | 45.8 | 48 | 13.1 | 48 | 5.0 | 48 | 13.8 | 48 | 5.4 | 48 | 5.2 | 120 | 1.8 | 120 | 2.1 |
| 50 | 43.8 | 50 | 12.9 | 50 | 4.9 | 50 | 13.5 | 50 | 5.2 | 50 | 5.2 | 125 | 1.8 | 125 | 1.9 |
| 52 | 41.6 | 52 | 12.7 | 52 | 4.8 | 52 | 13.6 | 52 | 5.0 | 52 | 5.1 | 130 | 1.8 | 130 | 1.9 |
| 54 | 39.4 | 54 | 12.4 | 54 | 4.7 | 54 | 12.1 | 54 | 4.8 | 54 | 5.1 | 135 | 1.5 | 135 | 1.8 |
| 56 | 38.4 | 56 | 12.2 | 56 | 4.6 | 56 | 11.2 | 56 | 4.6 | 56 | 5.1 | 140 | 1.5 | 140 | 1.8 |
| 58 | 37.4 | 58 | 12.0 | 58 | 4.5 | 58 | 10.6 | 58 | 4.4 | 58 | 5.1 | 145 | 1.4 | 145 | 1.7 |
| 60 | 36.4 | 60 | 11.8 | 60 | 4.3 | 60 | 10.2 | 60 | 4.3 | 60 | 5.0 | 150 | 1.4 | 150 | 1.7 |
| 62 | 36.1 | 62 | 11.6 | 62 | 4.2 | 62 | 9.9 | 62 | 4.1 | 62 | 5.0 | 155 | 1.3 | 155 | 1.7 |

ตารางที่ ค-11 ซลภาพหนึ่งหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ (ต่อ)

| พื้นที่บางกะปิ | | | | พื้นที่บึงกุ่ม | | พื้นที่หนองแขม | | | | | | พื้นที่จตุพา | | พื้นที่ม.ชั้นกมลฯ | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่7 | | สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่1 | | สถานีวัดน้ำท่าที่2 | | สถานีวัดน้ำท่าที่3 | | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) |
| เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | | | | |
| 64 | 35.7 | 64 | 11.5 | 64 | 4.1 | 64 | 9.6 | 64 | 3.9 | 64 | 5.0 | 160 | 1.2 | 160 | 1.3 |
| 66 | 35.4 | 66 | 11.4 | 66 | 4.0 | 66 | 9.2 | 66 | 3.7 | 66 | 4.8 | 165 | 1.0 | 165 | 1.3 |
| 68 | 35.0 | 68 | 11.3 | 68 | 3.9 | 68 | 8.3 | 68 | 3.6 | 68 | 4.5 | 170 | 1.0 | 170 | 1.2 |
| 70 | 34.7 | 70 | 11.3 | 70 | 3.8 | 70 | 7.7 | 70 | 3.6 | 70 | 4.3 | 175 | 0.6 | 175 | 1.2 |
| 72 | 34.3 | 72 | 11.2 | 72 | 3.7 | 72 | 7.3 | 72 | 3.5 | 72 | 4.2 | 180 | 0.5 | 180 | 1.2 |
| 74 | 34.0 | 74 | 11.1 | 74 | 3.6 | 74 | 7.1 | 74 | 3.5 | 74 | 4.0 | 185 | 0.4 | 185 | 1.1 |
| 76 | 33.7 | 76 | 11.1 | 76 | 3.6 | 76 | 7.0 | 76 | 3.4 | 76 | 3.9 | 190 | 0.4 | 190 | 0.0 |
| 78 | 33.3 | 78 | 11.0 | 78 | 3.5 | 78 | 6.8 | 78 | 3.4 | 78 | 3.7 | 195 | 0.3 | | |
| 80 | 33.0 | 80 | 10.9 | 80 | 3.4 | 80 | 6.7 | 80 | 3.3 | 80 | 3.6 | 200 | 0.3 | | |
| 82 | 32.6 | 82 | 10.9 | 82 | 3.4 | 82 | 6.4 | 82 | 3.3 | 82 | 3.4 | 205 | 0.3 | | |
| 84 | 32.3 | 84 | 10.8 | 84 | 3.3 | 84 | 5.8 | 84 | 3.2 | 84 | 3.2 | 210 | 0.3 | | |
| 86 | 31.9 | 86 | 10.7 | 86 | 3.2 | 86 | 5.2 | 86 | 3.2 | 86 | 3.1 | | | | |
| 88 | 31.6 | 88 | 10.7 | 88 | 3.2 | 88 | 5.2 | 88 | 3.1 | 88 | 2.9 | | | | |
| 90 | 31.3 | 90 | 10.6 | 90 | 3.1 | 90 | 5.0 | 90 | 3.1 | 90 | 2.7 | | | | |
| 92 | 31.1 | 92 | 10.5 | 92 | 3.1 | 92 | 4.4 | 92 | 3.0 | 92 | 2.6 | | | | |
| 94 | 30.9 | 94 | 10.4 | 94 | 3.0 | 94 | 4.3 | 94 | 2.9 | 94 | 2.6 | | | | |

ตารางที่ ค-11 ซลภาพหนึ่งหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆ (ต่อ)

| พื้นที่บางกะปิ | | | | พื้นที่บึงกุ่ม | | พื้นที่หนองแขม | | | | | | พื้นที่จตุพาฯ | | พื้นที่ม.ชั้นกมลฯ | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่7 | | สถานีวัดน้ำท่าที่5 | | สถานีวัดน้ำท่าที่1 | | สถานีวัดน้ำท่าที่2 | | สถานีวัดน้ำท่าที่3 | | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) |
| เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | เวลา (นาท) | อัตรา การไหล (ล./วินาที) | | | | |
| 96 | 30.7 | 96 | 10.4 | 96 | 3.0 | 96 | 4.2 | 96 | 2.8 | 96 | 2.5 | | | | |
| 98 | 30.5 | 98 | 10.3 | 98 | 3.0 | 98 | 4.1 | 98 | 2.8 | 98 | 2.4 | | | | |
| 100 | 30.3 | 100 | 10.2 | 100 | 3.0 | 100 | 3.5 | 100 | 2.7 | 100 | 2.3 | | | | |
| 102 | 30.1 | 102 | 10.1 | 102 | 2.9 | 102 | 3.4 | 102 | 2.6 | 102 | 2.3 | | | | |
| 104 | 29.9 | 104 | 10.1 | 104 | 2.9 | 104 | 3.3 | 104 | 2.5 | 104 | 2.2 | | | | |
| 106 | 29.7 | 106 | 10.0 | 106 | 2.9 | 106 | 3.3 | 106 | 2.4 | 106 | 2.1 | | | | |
| 108 | 29.4 | 108 | 9.9 | 108 | 2.8 | 108 | 3.2 | 108 | 2.3 | 108 | 2.1 | | | | |
| 110 | 29.2 | 110 | 9.8 | 110 | 2.8 | 110 | 3.1 | 110 | 2.2 | 110 | 2.0 | | | | |
| 112 | 29.1 | 112 | 9.8 | 112 | 2.8 | 112 | 2.9 | 112 | 2.1 | 112 | 2.0 | | | | |
| 114 | 29.0 | 114 | 9.7 | 114 | 2.7 | 114 | 2.8 | 114 | 2.0 | 114 | 1.9 | | | | |
| 116 | 28.8 | 116 | 9.6 | 116 | 2.7 | 116 | 2.7 | 116 | 1.9 | 116 | 1.9 | | | | |
| 118 | 28.7 | 118 | 9.6 | 118 | 2.7 | 118 | 2.7 | 118 | 1.8 | 118 | 1.8 | | | | |
| 120 | 28.5 | 120 | 9.5 | 120 | 2.7 | 120 | 2.6 | 120 | 1.7 | 120 | 1.8 | | | | |
| 122 | 28.4 | 122 | 9.4 | 122 | 2.6 | 122 | 2.5 | 122 | 1.6 | 122 | 1.8 | | | | |
| 124 | 28.2 | 124 | 9.4 | 124 | 2.6 | 124 | 2.4 | 124 | 1.5 | 124 | 1.8 | | | | |
| 126 | 28.1 | 126 | 9.3 | 126 | 2.6 | 126 | 2.3 | 126 | 1.4 | 126 | 1.7 | | | | |

ตารางที่ ค-12 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph 1/9/43 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ความลึกฝน มม. | ความลึกฝนสะสม มม. | ความลึกลงน้ำท่าผิวดินสะสม มม. | ความลึกลงน้ำท่าผิวดิน มม. | I ลบ.ม./วินาที | Q ลบ.ม./วินาที |
|-------|------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
| 12.50 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | | |
| 12.55 | 5 | 0.50 | 0.50 | 1.09 | 1.09 | 0.17 | 0.0144 |
| 13.00 | 10 | 4.00 | 4.50 | 2.90 | 1.81 | 0.29 | 0.0505 |
| 13.05 | 15 | 3.00 | 7.50 | 4.52 | 1.62 | 0.26 | 0.0876 |
| 13.10 | 20 | 3.00 | 10.50 | 6.32 | 1.80 | 0.29 | 0.1185 |
| 13.15 | 25 | 3.00 | 13.50 | 8.27 | 1.95 | 0.31 | 0.1485 |
| 13.20 | 30 | 0.50 | 14.00 | 8.60 | 0.34 | 0.05 | 0.1541 |
| 13.25 | 35 | 0.00 | 14.00 | 8.60 | 0.00 | 0.00 | 0.1329 |
| 13.30 | 40 | 0.00 | 14.00 | 8.60 | 0.00 | 0.00 | 0.1108 |
| 13.35 | 45 | 0.50 | 14.50 | 8.94 | 0.34 | 0.05 | 0.0969 |
| 13.40 | 50 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0853 |
| 13.45 | 55 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0711 |
| 13.50 | 60 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0593 |
| 13.55 | 65 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0494 |
| 14.00 | 70 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0412 |
| 14.05 | 75 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0344 |
| 14.10 | 80 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0286 |
| 14.15 | 85 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0239 |
| 14.20 | 90 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0199 |

ตารางที่ ค-12 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph 1/9/43 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ความลึกฝน มม. | ความลึกฝนสะสม มม. | ความลึกน้ำท่าผิวดินสะสม มม. | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มม. | I ลบ.ม./วินาที | Q ลบ.ม./วินาที |
|-------|------------------|------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| 14.25 | 95 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0166 |
| 14.30 | 100 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0138 |
| 14.35 | 105 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0115 |
| 14.40 | 110 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0096 |
| 14.45 | 115 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0080 |
| 14.50 | 120 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0067 |
| 14.55 | 125 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0056 |
| 15.00 | 130 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0046 |
| 15.05 | 135 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0039 |
| 15.10 | 140 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0032 |
| 15.15 | 145 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0027 |
| 15.20 | 150 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0022 |
| 15.25 | 155 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0019 |
| 15.30 | 160 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0016 |
| 15.35 | 165 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0013 |
| 15.40 | 170 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0011 |
| 15.45 | 175 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0009 |
| 15.50 | 180 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0008 |
| 15.55 | 185 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0006 |

ตารางที่ ค-12 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพน้ำท่าผิวดินโดยวิธี Santa Barbara Urban Hydrograph 1/9/43 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(ต่อ)

| เวลา | เวลาสะสม นาที | ความลึกฝน มม. | ความลึกฝนสะสม มม. | ความลึกน้ำท่าผิวดินสะสม มม. | ความลึกน้ำท่าผิวดิน มม. | I ลบ.ม./วินาที | Q ลบ.ม./วินาที |
|-------|------------------|------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| 16.00 | 190 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0005 |
| 16.05 | 195 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0004 |
| 16.10 | 200 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0004 |
| 16.15 | 205 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0003 |
| 16.20 | 210 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0003 |
| 16.25 | 215 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0002 |
| 16.30 | 220 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0002 |
| 16.35 | 225 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0001 |
| 16.40 | 230 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0001 |
| 16.45 | 235 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0001 |
| 16.50 | 240 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0001 |
| 16.55 | 245 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0001 |
| 17.00 | 250 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0001 |
| 17.05 | 255 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 |
| 17.10 | 260 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 |
| 17.15 | 265 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 |
| 17.20 | 270 | | 14.50 | 8.94 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 |

ตารางที่ ค-13 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี Clark พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Development of a TA Curve.

| TIME STEP | TIME (t_i , min) | t_i/t_c | CUMULATIVE TA | INCREMENTAL TA |
|-----------|---------------------|-----------|---------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 5.000 | 0.143 | 0.076 | 0.076 |
| 2 | 10.000 | 0.286 | 0.216 | 0.140 |
| 3 | 15.000 | 0.429 | 0.397 | 0.181 |
| 4 | 20.000 | 0.571 | 0.603 | 0.207 |
| 5 | 25.000 | 0.714 | 0.784 | 0.181 |
| 6 | 30.000 | 0.857 | 0.924 | 0.140 |
| 7 | 35.000 | 1.000 | 1.000 | 0.076 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-13 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี Clark พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(ต่อ)

The generation of a Unit Hydrograph by the Clark Method.

| TIME STEP | INCREMENTAL TA | IUH | OFFSET IUH | FINAL UH m ³ /s. | ADJUSTED UH l/s. |
|-----------|----------------|------|------------|--------------------------------|---------------------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.41 |
| 2 | 0.08 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 1.92 |
| 3 | 0.14 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 4.53 |
| 4 | 0.18 | 0.04 | 0.06 | 0.05 | 7.71 |
| 5 | 0.21 | 0.06 | 0.08 | 0.07 | 10.82 |
| 6 | 0.18 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 13.16 |
| 7 | 0.14 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 14.27 |
| 8 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 13.93 |
| 9 | 0.00 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 12.48 |
| 10 | 0.00 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 10.82 |
| 11 | 0.00 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 9.38 |
| 12 | | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 8.13 |
| 13 | | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 7.04 |
| 14 | | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 6.10 |
| 15 | | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 5.29 |
| 16 | | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 4.58 |
| 17 | | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 3.97 |
| 18 | | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 3.44 |

ตารางที่ ค-13 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี Clark พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(ต่อ)

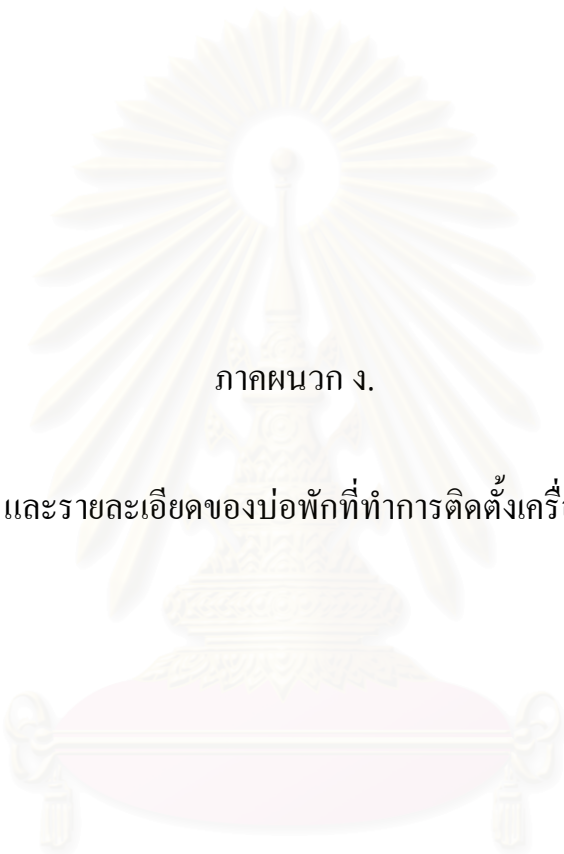
The generation of a Unit Hydrograph by the Clark Method.

| TIME STEP | INCREMENTAL TA | IUH | OFFSET IUH | FINAL UH m ³ /s. | ADJUSTED UH l/s. |
|-----------|----------------|------|------------|--------------------------------|---------------------|
| 19 | | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 2.98 |
| 20 | | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 2.59 |
| 21 | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 2.24 |
| 22 | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 1.94 |
| 23 | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 1.68 |
| 24 | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 1.46 |
| 25 | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 1.26 |
| 26 | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 1.10 |
| 27 | | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.95 |
| 28 | | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.82 |
| 29 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.71 |
| 30 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.62 |
| 31 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.54 |
| 32 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.46 |
| 33 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 |
| 34 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 |
| 35 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 |
| 36 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.26 |

ตารางที่ ค-13 ตัวอย่างการคำนวณชลภาพหนึ่งหน่วยน้ำท่าโดยวิธี Clark พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(ต่อ)

The generation of a Unit Hydrograph by the Clark Method.

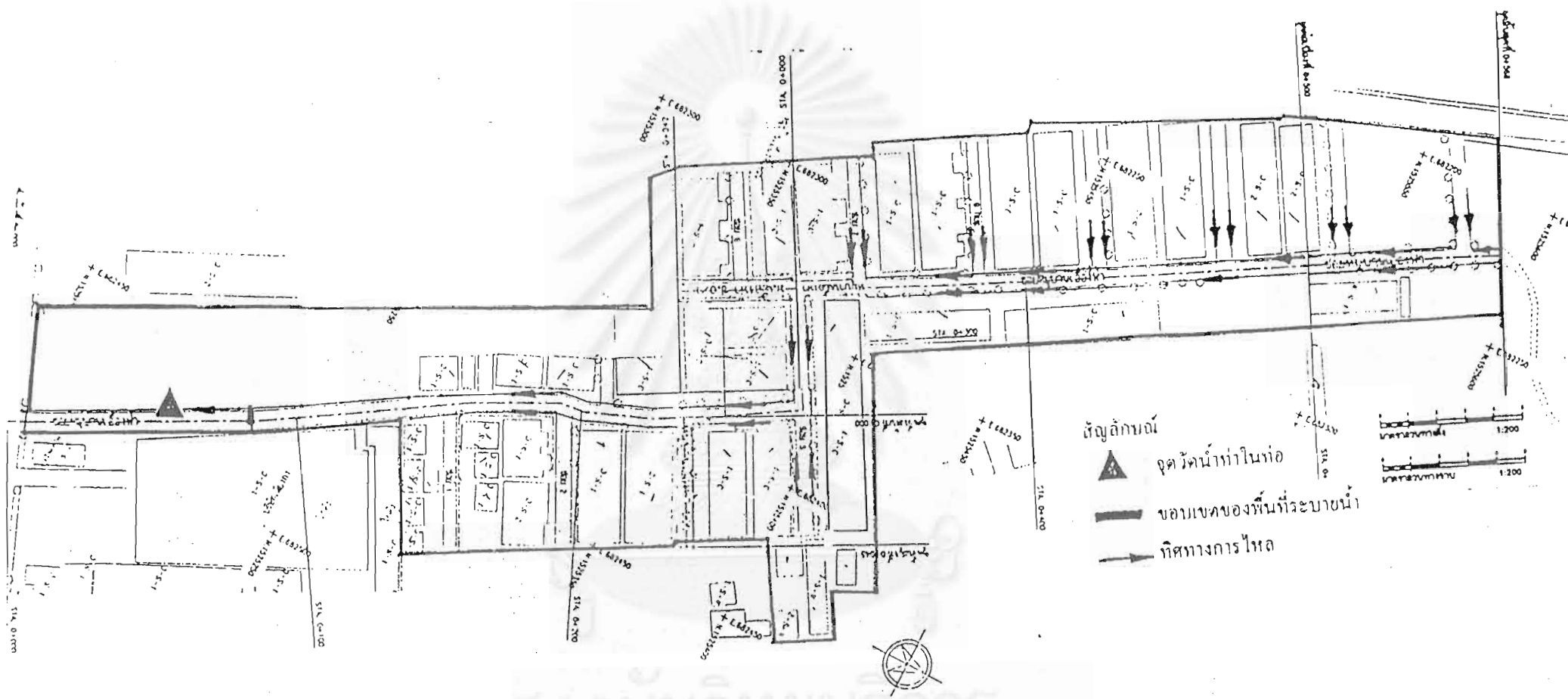
| TIME STEP | INCREMENTAL TA | IUH | OFFSET IUH | FINAL UH m ³ /s. | ADJUSTED UH l/s. |
|-----------|----------------|------|------------|--------------------------------|---------------------|
| 37 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.23 |
| 38 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| 39 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17 |
| 40 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15 |
| 41 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.13 |
| 42 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 |



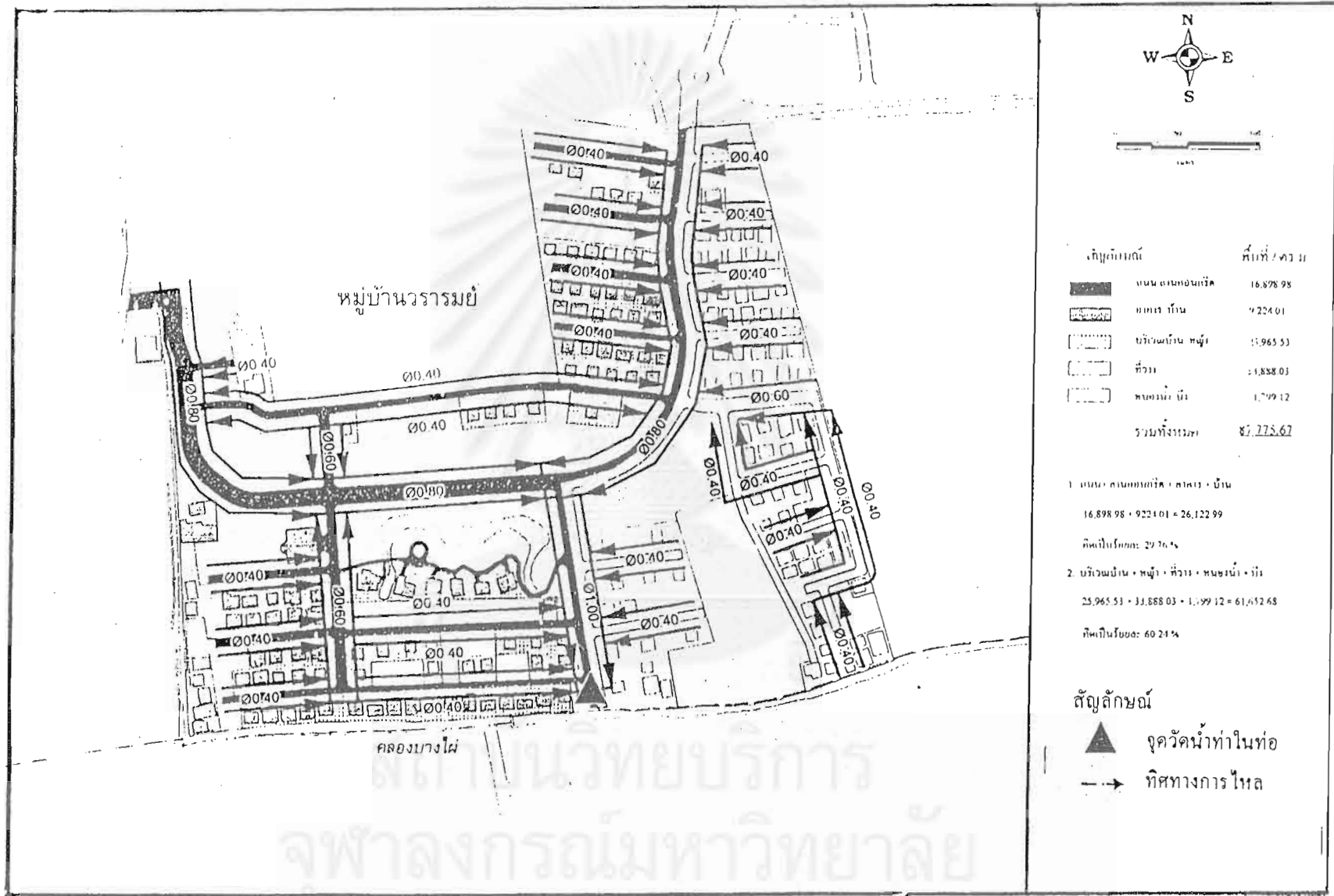
ภาคผนวก ง.

พื้นที่ระบายนํ้า และรายละเอียดของบ่อพักที่ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับนํ้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-1 พื้นที่ระบายน้ำหมู่บ้านเอื้องฟ้าธานี (สถานีวัดน้ำท่าที่ 5) พื้นที่บึงกุ่ม

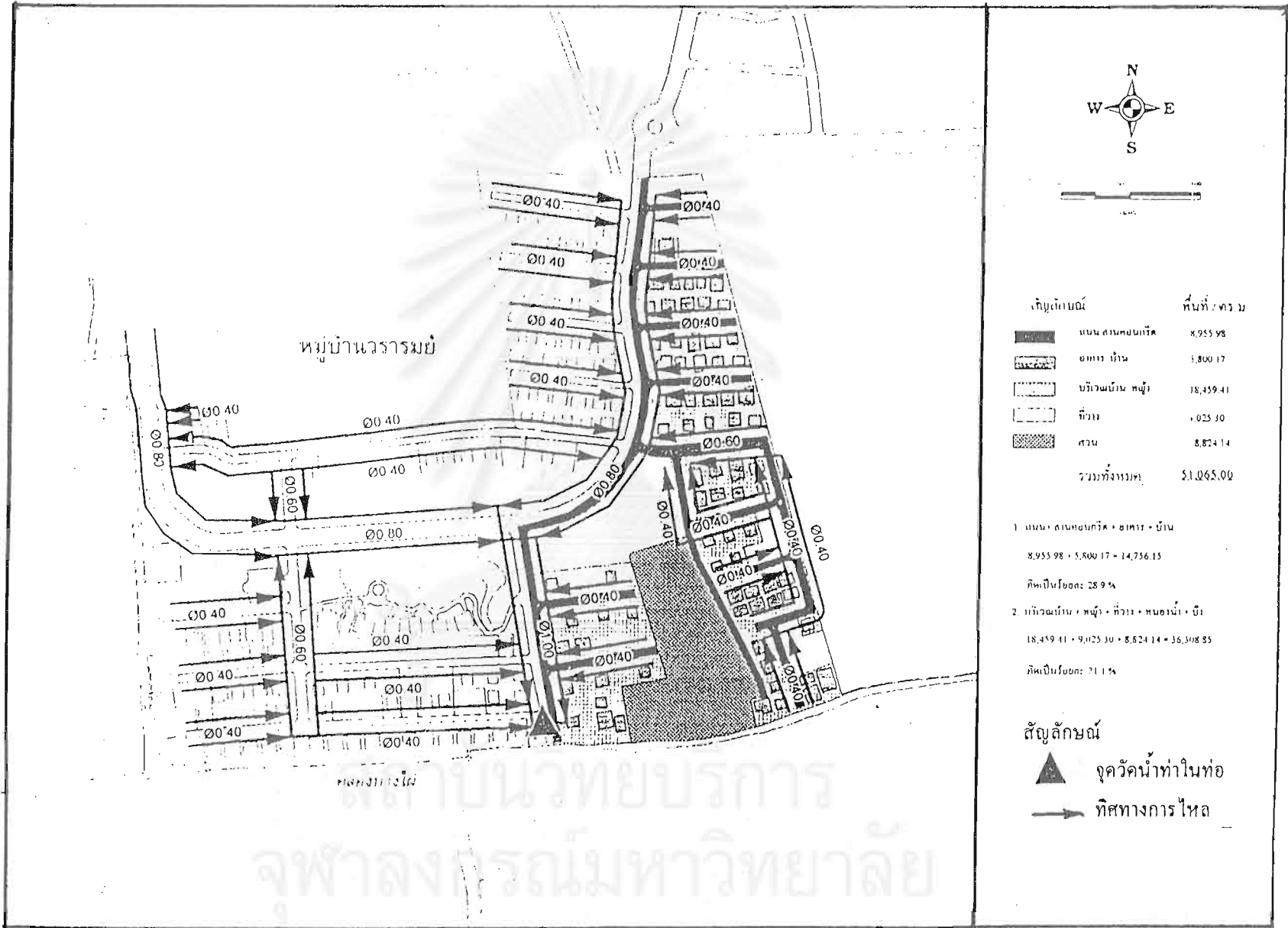


| สัญลักษณ์ | พื้นที่ / ตร.ม. |
|-----------|---------------------------------|
| | ถนน ถนนคอนกรีต 16,898.98 |
| | อาคาร บ้าน 9,224.01 |
| | บริเวณบ้าน หมู่ 11,965.53 |
| | ที่ว่าง 1,888.03 |
| | หนองน้ำ บึง 1,799.12 |
| | รวมทั้งโครงการ 32,775.67 |

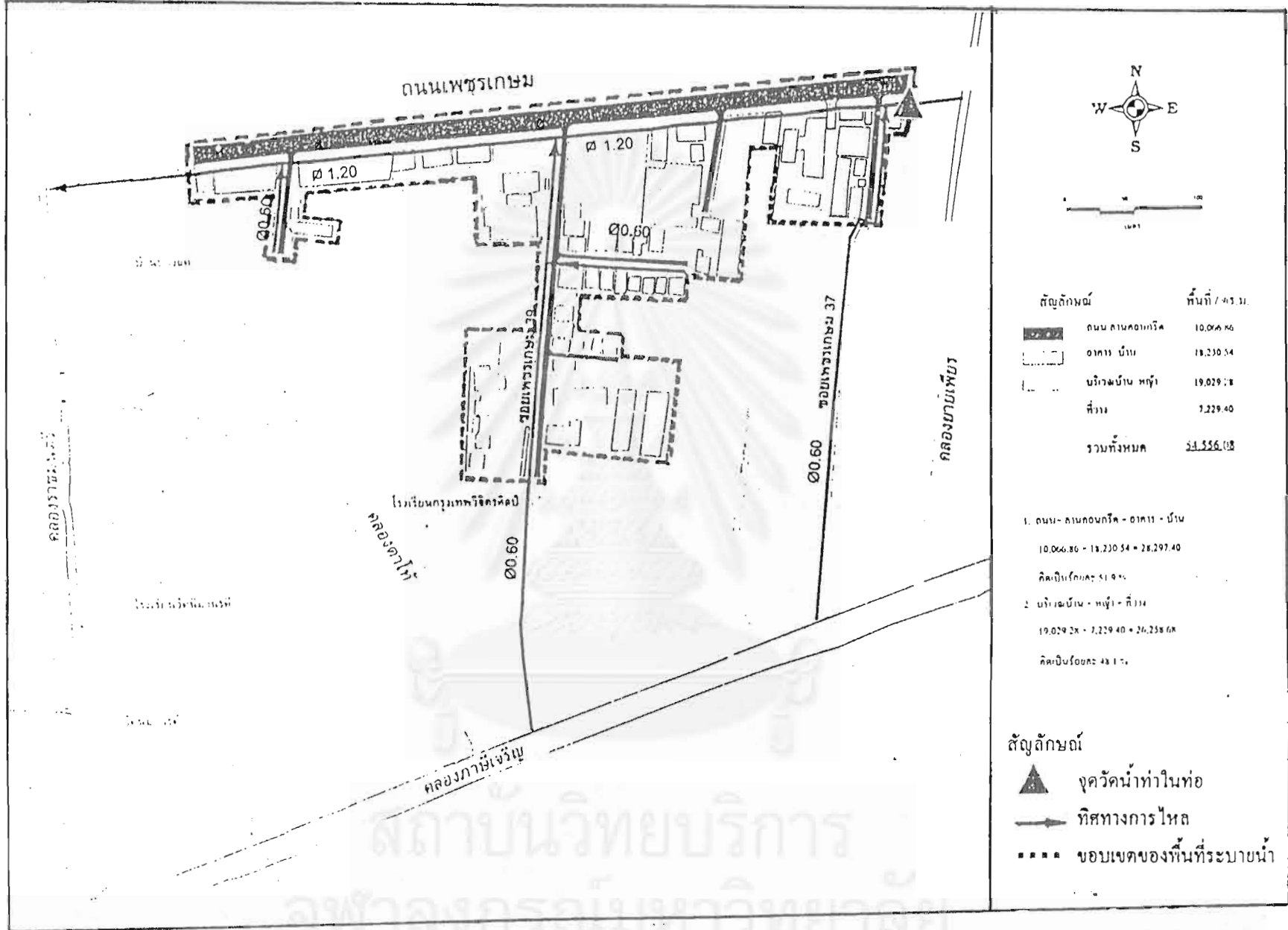
- 1 ถนน คอนกรีต / อาคาร + บ้าน
 $16,898.98 + 9,224.01 = 26,122.99$
 คิดเป็นร้อยละ 29.76%
- 2 บริเวณบ้าน + หมู่บ้าน + ที่ว่าง + หนองน้ำ + บึง
 $11,965.53 + 1,888.03 + 1,799.12 = 15,652.68$
 คิดเป็นร้อยละ 60.24%

- สัญลักษณ์**
- จุดวัดน้ำท่าในท่อ
 - ทิศทางการไหล

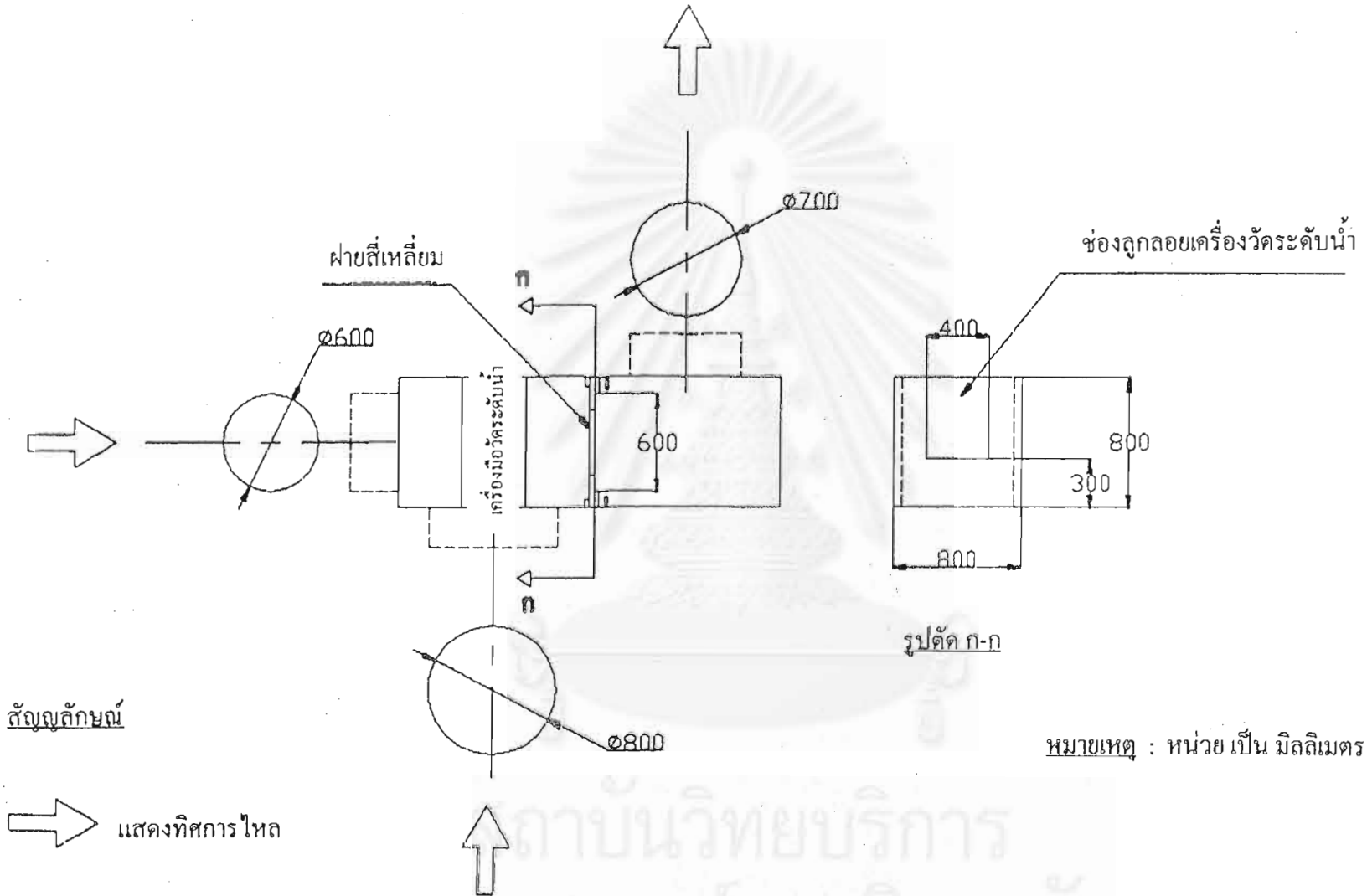
รูปที่ ง-2 พื้นที่ระบายน้ำหมู่บ้านวราภรณ์ฝั่งซ้าย (สถานีวัดน้ำท่าที่ 1) พื้นที่หนองแขม



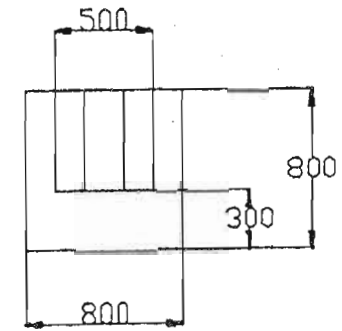
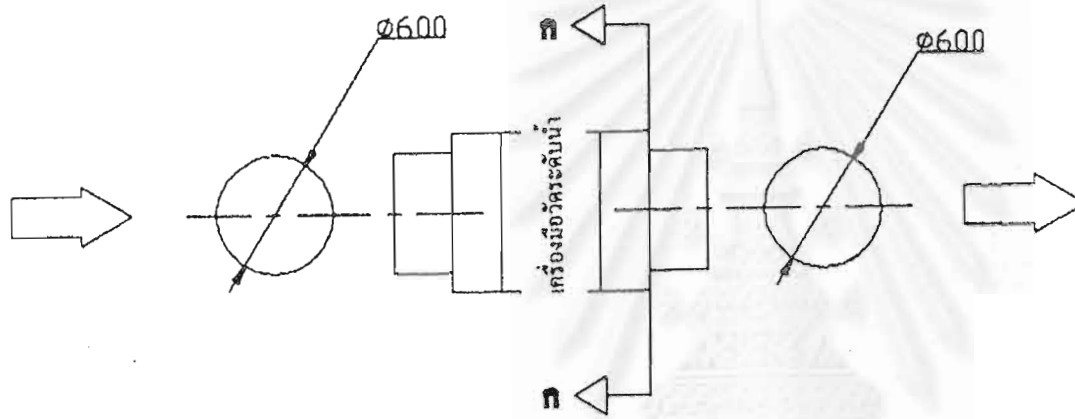
รูปที่ ๒-2 พื้นที่ระบายน้ำหมู่บ้านวรรมณ์ฝั่งขวา (สถานีวัดน้ำทำที่ 2) พื้นที่หนองแถม



รูปที่ ง-3 พื้นที่ระบายน้ำถนนเพชรเกษม ซ.37 (สถานีวัดน้ำทำที่ 3) พื้นที่หนองแขม



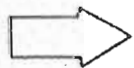
รูปที่ ง - 5 รูปแปลนบ่อพักที่ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปตัด ก-ก

หมายเหตุ : หน่วย เป็น มิลลิเมตร

สัญลักษณ์



แสดงทิศทางไหล

รูปที่ ๖ - 6 รูปแปลนบ่อพักที่ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำที่หมู่บ้านชื่นกมลนิเวศน์ 5

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพัชรศักดิ์ อาลัย เกิดวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดเพชรบุรี สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์
มหาบัณฑิต วศ.ม. (วิศวกรรมแหล่งน้ำ) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี
พ.ศ.2541 ระหว่างศึกษาได้ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรม
แหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และวิศวกรผู้ตรวจสอบงานวัดข้อมูลอุทกวิทยาภาคสนามในพื้นที่
ที่กรุงเทพมหานคร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย