บทที่ 2

การศึกษาที่ผ่านมา

โดยทั่วไป การคำนวณปริมาณน้ำท่า (runoff) เพื่อประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเขตเมืองนั้น มีหลักการใหญ่ ๆ 2 ประการ คือ Macroscopic approach และ Microscopic approach ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Macroscopic approach หลักการนี้ จะกำหนดตัวแปรในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าโดยใช้ค่าตัวแปรรวม (lumped parameter) ซึ่งสามารถหาค่าได้โดยอาศัยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดของดิน ลักษณะของการระบายน้ำ พื้นที่เก็บกักน้ำต่าง ๆ ฯลฯ แล้วจึงนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำท่าผิวดิน ณ จุดพิจารณาใด ๆ ของระบบระบายน้ำ วิธีการที่ใช้หลักการนี้ ได้แก่ Rational method, Unit hydrograph method และ Envelope curve method เป็นต้น

Microscopic approach หลักการนี้ จะพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ อันได้แก่ การกระจายของฝน การซึมผ่านลงไปในดิน การเก็บกักตามแหล่งน้ำบนผิวดิน และการไหลของน้ำในทางระบายน้ำ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่อระบบทางอุทกวิทยา โดยให้ผลลัพธ์ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่เวลาและจุดพิจารณาใด ๆ ของระบบระบายน้ำ วิธีนี้มีขั้นตอนในการคำนวณที่ค่อนข้างจะยุ่งยากและใช้เวลานาน เนื่องจากความซับซ้อนของระบบ แต่ในปัจจุบันได้มีคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณ ดังนั้นจึงมีการนำหลักการนี้มาใช้มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เกิดขึ้นมากมาย ได้แก่ แบบจำลอง RRL แบบจำลอง SWMM แบบจำลอง ILLUDUS และวิธีการวอลลิงฟอร์ด เป็นต้น

สำหรับบทนี้ จะกล่าวถึงวิธีคำนวณปริมาณน้ำท่าเพื่อการออกแบบและวิเคราะห์ระบบระบายน้ำในเขตเมือง โดยวิธีการต่าง ๆ พร้อมทั้งกล่าวถึงการศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำในเขตกรุงเทพมหานครที่ผ่านมา ซึ่งผลการศึกษาดังจะได้กล่าวต่อไปนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้สนับสนุนการศึกษาวิทยานิพนธ์

2.1 วิธีหลักเหตุผล (Rational method)

ในปี ค.ศ. 1851 Mulvaney วิศวกรชาวไอริช ได้เสนอวิธีหลักเหตุผล ซึ่งต่อมาวิธีนี้ได้ถูกนำมาเผยแพร่ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย Kuichling ในปี ค.ศ. 1889 และในประเทศอังกฤษ โดย D.E. Lloyd - Davies ในปี ค.ศ. 1905 ซึ่งวิธีการนี้ยังคงเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในประเทศอังกฤษในนามของวิธี Lloyd - Davies วิธีหลักเหตุผลตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าฝนตกกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ และกรณีที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดคือ กรณีที่ฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานานเท่ากับเวลาของการรวมตัว (time of concentration) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของเวลาที่น้ำไหลจากจุดไกลสุดจนถึงจุดทางเข้าระบบระบายน้ำ (time of entry) กับเวลาของการไหลในท่อ (time of flow) ที่คำนวณมาจากการคิดความเร็วการไหลแบบเต็มท่อ สำหรับฝนที่ใช้ออกแบบนั้น สมมติให้มีช่วงระยะเวลาฝนตกเท่ากับเวลาของการรวมตัว ค่าปริมาณน้ำท่าคำนวณได้จากค่าความเข้มฝนและพื้นที่รับน้ำ ตามสมการ

$$Q = 2.78\ ciA \qquad \ldots\ldots(2.1)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำท่า, ลิตร/วินาที

c = สัมประสิทธิ์น้ำท่า (runoff coefficient)

i = ความเข้มฝน (rainfall intensity), มิลลิเมตร/ชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำ, เฮกแตร์

การแปลงปริมาณน้ำฝนให้เป็นปริมาณน้ำท่าตามวิธีหลักเหตุผล ขึ้นอยู่กับค่าของสัมประสิทธิ์น้ำท่าและขนาดพื้นที่รับน้ำเป็นสำคัญ โดยค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่านี้จะพิจารณาจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำ ซึ่งเป็นหลักการของ Macroscopic approach นั่นเอง

2.2 แบบจำลอง RRL

ในปี ค.ศ. 1962 Road Research Laboratory โดย Watkins ได้เสนอวิธีคำนวณชลภาพน้ำท่าของ RRL ซึ่งเป็นวิธีที่รู้จักกันแพร่หลายในเวลาต่อมาทั้งในประเทศอังกฤษและในต่างประเทศ ผลการคำนวณขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำและข้อมูลปริมาณน้ำฝน ชลภาพน้ำท่าคำนวณได้จากสมมติฐานของวิธีเส้นชั้นเวลาที่ใช้ในการเดินทางเท่ากัน (Isochrone method) โดยใช้คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของพื้นที่รับน้ำ เช่น ความยาวของรางระบายหรือท่อระบายน้ำ ความลาดชัน (Slope) และสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (roughness coefficient) เป็นต้น ทำการคำนวณเส้นชั้นเวลาที่ใช้ในการเดินทางเท่ากัน (Isochrone) และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางกับพื้นที่ (Time Area Curve)

แบบจำลอง RRL ที่ใช้ในประเทศอังกฤษ เป็นการคำนวณชลภาพโดยคิดปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่ทึบน้ำที่เชื่อมต่อกับทางระบายน้ำโดยตรงเท่านั้น และไม่คิดปริมาณการสูญเสียต่าง ๆ อันได้แก่ การสูญเสียเนื่องจากการดัก การกักเก็บตามหลุมบ่อและการระเหย นอกจากนี้แบบจำลองไม่สามารถคำนวณกรณีเกิดการไหลภายใต้ความดัน (Surcharge flow) และไม่พิจารณาเรื่องคุณภาพน้ำ

แบบจำลอง RRL ได้เผยแพร่ในรูปโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ เพื่อการค้า ซึ่งนับเป็นครั้งแรกที่มีการออกแบบและประเมินระบบระบายน้ำในเขตเมือง โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

2.3 แบบจำลอง ILLUDAS

Illinois State Water Survey ได้นำเอาแบบจำลอง RRL มาทดลองใช้ในสหรัฐอเมริกา และสรุปผลว่า แบบจำลองนี้ใช้ได้ผลในบางพื้นที่ เนื่องจากการคำนวณปริมาณน้ำท่า ได้พิจารณาเฉพาะพื้นที่ทึบน้ำ (Paved Area) ไม่ได้พิจารณารวมถึงพื้นที่มีหญ้า (Grassed Area) บนพื้นที่รับน้ำด้วย ทำให้ผลการคำนวณค่าอัตราการไหลสูงสุด (Peak Runoff) และปริมาณน้ำท่า (Runoff Volume) ที่ได้คลาดเคลื่อนจากความจริง ฉะนั้น จึงได้พัฒนาแบบจำลอง RRL ขึ้นเป็น Illinois Urban Drainage Area Simulator หรือแบบจำลอง ILLUDAS ซึ่งได้บรรจุโปรแกรมการคำนวณน้ำท่าจากพื้นที่มีหญ้าไว้ด้วย

หลักการคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่รับน้ำย่อย ยังคงใช้วิธีความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางกับพื้นที่ โดยเวลาของการเดินทาง (time travel) บนพื้นที่รับน้ำอาจหาได้จากการคำนวณหรือสำรวจเวลาการเดินทางในสนาม หรืออาจกำหนดให้แบบจำลองหาค่าการเดินทางโดยใช้คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของพื้นที่และสมการการไหลของ Manning ทำการคำนวณเส้นชั้นเวลาที่ใช้ในการเดินทางเท่ากัน สำหรับพื้นที่ทึบน้ำ และคำนวณโดยใช้สมการของ Izzard สำหรับพื้นที่มีหญ้า ปริมาณน้ำท่าคำนวณได้จาก ปริมาณน้ำฝนที่หักออกจากค่าการสูญเสียน้ำเริ่มแรก (initial losses) และกราฟความสัมพันธ์ของเวลาเดินทางกับพื้นที่

แบบจำลอง ILLUDUS ได้คำนวณค่าปริมาณน้ำที่ซึมลงสู่ดิน (Infiltration) โดยใช้ทฤษฎีของ Horton ซึ่งพบว่า ความสามารถซึมผ่านผิวดิน (f_p) จะเปลี่ยนแปลงกับเวลานับจากเริ่มมีฝนตก ดังรูปสมการต่อไปนี้

$$f_p = f_c + (f_o - f_c)\, e^{-kt} \qquad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ f_p = ความสามารถในการซึมผ่านผิวดินที่เวลาใด ๆ, มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

f_c = อัตราการซึมผ่านผิวดินคงที่, มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

f_o = อัตราการซึมผ่านผิวดินสูงสุด, มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

e = Natural log

k = Shape factor

t = เวลานับตั้งแต่ฝนเริ่มตก, ชั่วโมง

หลังจากปริมาณน้ำบนพื้นที่ทึบน้ำและบนพื้นที่มีหญ้ารวมกันเป็นปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่รับน้ำย่อยลงสู่ระบบระบายน้ำของพื้นที่รับน้ำแล้ว ปริมาณน้ำดังกล่าวจะไหลไปตามระบบระบายน้ำสู่จุดออกของพื้นที่รับน้ำต่อไป

แบบจำลอง ILLUDUS สามารถใช้ได้ทั้งประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำ และสามารถคำนวณกรณีเกิดการไหลภายใต้ความดัน (surcharge flow) ได้ แต่ไม่ศึกษาเรื่องผลกระทบของคุณภาพน้ำในแหล่งรับน้ำ

2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ SWMM (Storm Water Management Model)

ในปี ค.ศ. 1971 Metcalf & Eddy, Inc., University of Florida และ Water Resources Engineers, Inc. ได้ร่วมมือกันพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ SWMM ขึ้นเป็นครั้งแรก ภายใต้การสนับสนุนขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) ซึ่งปรากฏว่าเป็นแบบจำลองที่ทำงานได้อย่างกว้างขวางและมีผู้นิยมใช้มาก ดังนั้น SWMM จึงได้รับการพัฒนาและปรับปรุงมาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถใช้กับงานที่มีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

จุดมุ่งหมายหลักของ SWMM คือใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองปรากฏการณ์ที่เกี่ยวเนื่องกับพายุฝน น้ำท่า และน้ำเสียจากบ้านเรือนและ/หรือโรงงานอุตสาหกรรม ในระบบระบายน้ำที่มีอยู่ โดยแบบจำลองจะใช้สำหรับเหตุการณ์ฝนตกครั้งหนึ่ง ๆ ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ออกมาทั้งในส่วนของปริมาณและคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาของพื้นที่ระบายน้ำในเมือง (Urban Drainage Area)

ลักษณะโปรแกรมของแบบจำลอง SWMM ประกอบด้วยโปรแกรมหลัก 6 บล็อค ดังนี้

1) EXECUTIVE BLOCK เป็นบล็อคจัดการ สำหรับการทำงานของบล็อคคำนวณทั้ง 5 บล็อค ทำหน้าที่กำหนด ควบคุม และเรียกใช้บล็อคต่าง ๆ เรียงตามลำดับ

2) RUNOFF BLOCK มีหน้าที่คำนวณหาปริมาณและคุณภาพของน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน โดยอาศัยวิธีการประมาณค่าคลื่นจลนศาสตร์เชิงเส้น (linear kinematic wave approximation) และคำนวณการไหลบ่าตามผิวดินและการหลากของน้ำโดยสมการความต่อเนื่องและสมการของแมนนิ่ง แล้ววิเคราะห์หาผลลัพธ์ด้วยวิธีเชิงตัวเลข โดยไม่พิจารณาผลกระทบจากน้ำเอ่อ (backwater) และอุปกรณ์ควบคุมการไหล

3) TRANSPORT BLOCK เป็นบล็อคที่คำนวณหาการหลากของน้ำในทางระบายน้ำหลัก โดยใช้วิธีการประมาณค่าคลื่นจลนศาสตร์แบบไม่เชิงเส้น คือ ใช้สมการความต่อเนื่อง และสมการโมเมนตัมร่วมกับสมการแมนนิ่ง ซึ่งพิจารณาผลกระทบจากน้ำเอ่อ และอุปกรณ์ควบคุมการไหล แล้ววิเคราะห์หาผลลัพธ์ด้วยวิธีเชิงตัวเลข และแสดงผลในรูปของชลภาพ ระดับน้ำและคุณภาพน้ำ ที่เวลาใด ๆ ณ จุดพิจารณา

4) EXTRAN BLOCK เป็นบล็อคที่คำนวณการหลากของน้ำ ในทางน้ำหลักที่มีโครงข่ายของระบบเป็นรูปบ่วง (looped network) โดยอาศัยสมการการไหลแบบไม่คงที่เปลี่ยนแปลงน้อย (The gradually varied unsteady flow equation) เต็มรูปแบบ แล้วหาคำตอบโดยวิธี explicit finite-difference โดยพิจารณาผลกระทบจากน้ำเอ่อ และอุปกรณ์ควบคุมการไหล และแสดงผลในรูปของปริมาณและระดับน้ำ ที่เวลาใด ๆ

5) STORAGE/TREATMENT BLOCK มีหน้าที่คำนวณหาการหลากผ่านหน่วยเก็บกักน้ำ พร้อมทั้งการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยใช้สมการความต่อเนื่องเป็นสมการพื้นฐาน และพิจารณาอุปกรณ์ควบคุมการไหล พร้อมทั้งคำนวณค่าลงทุนสำหรับวิธีการนั้นด้วย

6) RECEIVING WATER BLOCK เป็นบล็อคที่พิจารณาถึงผลกระทบอันเกิดจากการระบายน้ำลงสู่แหล่งรับน้ำ โดยจำลองแหล่งรับน้ำเป็นโครงข่ายหนึ่งมิติ ซึ่งจะคำนวณการแพร่กระจายของมลสาร และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแหล่งรับน้ำในช่วงเวลาใด ๆ โดยอาศัยสมการโมเมนตัม และสมการความต่อเนื่อง

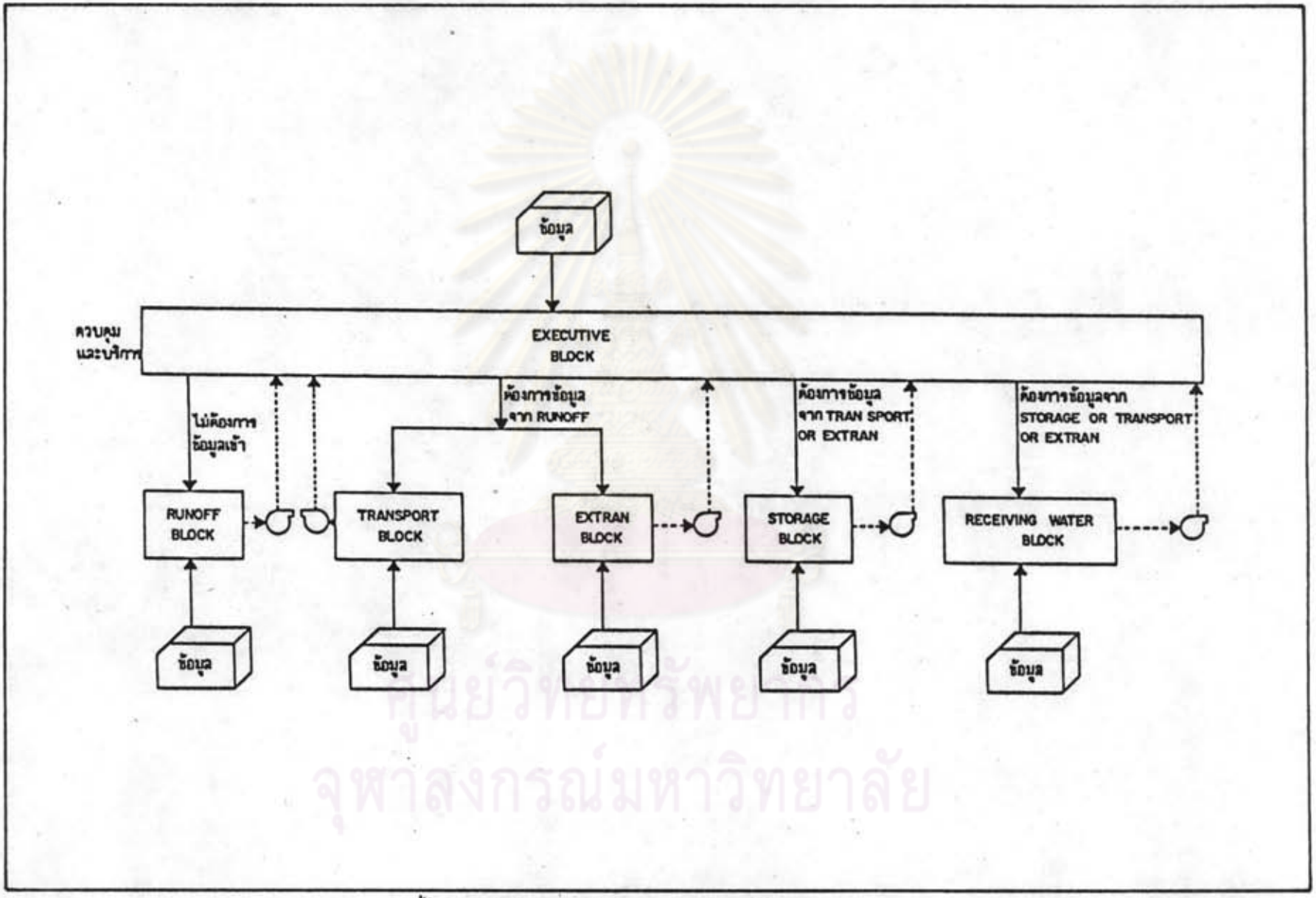
ในการใช้แบบจำลอง SWMM นี้ อาจจะใช้เฉพาะบล็อคที่ต้องการก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของโครงการนั้น ๆ และขีดความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่จำเป็นต้องมี EXECUTIVE BLOCK อยู่เสมอ และต้องเรียงลำดับการใช้แต่ละบล็อคให้ถูกต้อง ความสัมพันธ์ของบล็อคต่าง ๆ ของแบบจำลอง SWMM แสดงอยู่ในรูปที่ 2-1

2.5 วิธีการวอลลิงฟอร์ด (The Wallingford Procedure)

ในปี ค.ศ.1983 Hydraulics Research Limited แห่งประเทศอังกฤษ ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชุดแรกคือ Wallingford Storm Sewer Package (WASSP) เพื่อใช้ในการออกแบบและประเมินระบบระบายน้ำในเขตเมืองสำหรับประเทศอังกฤษ ซึ่งโปรแกรมชุดนี้สามารถใช้งานได้ดีและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากวิศวกรการระบายน้ำและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ต่อมาในปี ค.ศ. 1985 Hydraulics Research Limited ได้ปรับปรุงโปรแกรม WASSP ขึ้นใหม่เพื่อให้สามารถใช้กับปัญหาระบบระบายน้ำในเขตเมืองในประเทศอื่น ๆ และได้มีการนำไปใช้ในหลาย ๆ ประเทศ เช่น มาเลเซีย สเปน ฮ่องกง ซาอุดิอาระเบีย ฯลฯ และในปี ค.ศ. 1987 กรุงเทพมหานครได้รับความร่วมมือจากรัฐบาลอังกฤษตามโครงการถ่ายโอนเทคโนโลยีการระบายน้ำในเขตเมือง โดยจัดหาซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ให้และจัดฝึกอบรมเทคนิคการใช้วิธีการวอลลิงฟอร์ดให้แก่เจ้าหน้าที่ของกรุงเทพมหานคร ซอฟแวร์ใหม่ล่าสุดที่นำมาใช้สำหรับกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยโปรแกรม 2 ชุด คือ WALLRUS และ SPIDA

ความแตกต่างที่เด่นชัดที่สุดของ 2 โปรแกรมนี้ คือ WALLRUS สามารถใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบการไหลในทางน้ำเปิดและระบบท่อที่มีการไหลในทิศทางเดียว (dendritic or

15547



รูปที่ 2-1 โปรแกรมหลักต่าง ๆ ของแบบจำลอง SWMM

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

treelike system) ในขณะที่ SPIDA สามารถใช้วิเคราะห์ระบบการไหลในทางน้ำเปิดและระบบท่อที่มีการไหลแยกได้หลายทิศทาง หรือเป็นการไหลแบบรูปบ่วง (looped network system) และระบบที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น

ปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่รับน้ำย่อย คำนวณโดยอาศัยการพิจารณาเวลาของการไหลเข้าระบบระบายน้ำ (time of entry) และค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ตามหลักการของวิธีหลักเหตุผล ซึ่งวิธีนี้ได้บรรจุเป็นโปรแกรมการคำนวณในแบบจำลองของวิธีการวอลลิงฟอร์ดด้วย หรือเลือกวิธีวิเคราะห์ชลภาพ ตามหลักการของ linear reservoir model

วิธีการวอลลิงฟอร์ด ไม่รวมถึงการศึกษาวิเคราะห์เรื่องผลกระทบของคุณภาพน้ำในแหล่งรับน้ำ ซึ่งขณะนี้อยู่ในระหว่างการศึกษา และคาดว่าจะเผยแพร่ได้ในปี ค.ศ. 1989

2.6 การศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำในเขตกรุงเทพมหานคร

การศึกษาเกี่ยวกับระบบระบายน้ำในเขตกรุงเทพมหานครที่ผ่านมา ได้แก่

JICA (2519) ได้ศึกษาปัญหาน้ำท่วมพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ในเขตบางเขน เขตบางกะปิ เขตลาดกระบัง เขตห้วยขวางและเขตพระโขนง รวมพื้นที่ประมาณ 500 ตารางกิโลเมตร และได้เสนอให้แบ่งพื้นที่ดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งพื้นที่ประมาณ 260 ตารางกิโลเมตรซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญและอัตราการพัฒนาสูงแล้ว ให้ใช้มาตรการในการก่อสร้าง ส่วนที่สองพื้นที่ประมาณ 240 ตารางกิโลเมตรซึ่งยังคงเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญและอัตราการพัฒนาค่อนข้างต่ำ ให้ใช้มาตรการไม่ใช้การก่อสร้าง

นิวัตต์ ดารานันท์ และคณะ (2528) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการศึกษาวิจัยชีดความสามารถของการระบายน้ำให้บริเวณพื้นที่กองทัพอากาศดอนเมือง พร้อมจัดทำแผนผังแม่บทระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วมบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศดอนเมือง เสนอต่อโครงการย้ายที่ตั้งกองทัพอากาศ สำนักงานคณะกรรมการดำเนินงาน เพื่อที่จะได้ปรับปรุงพื้นที่ดังกล่าวให้ปราศจากภัยน้ำท่วม

วัลลภ เมฆพฤกษาวงศ์ (2530) ได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบระบบระบายน้ำในปัจจุบันของพื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนพญาไทในเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพในการรองรับภาวะน้ำท่วมอันเกิดจากน้ำฝนในรอบ 5 ปี โดยเน้นการศึกษาเฉพาะทางด้านชลศาสตร์ และใช้ทฤษฎีหลักเหตุผลในการคำนวณปริมาณน้ำผิวดิน ข้อเสนอแนะดังกล่าว ได้แก่ การกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำขึ้นใหม่ และอาศัยการระบายน้ำออกจากพื้นที่ด้วยวิธีการสูบน้ำควบคู่ไปกับการปิดกั้นน้ำภายนอกมิให้ไหลย้อนกลับเข้ามาในพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งทำการปรับปรุงสระน้ำและคูน้ำ ให้สามารถกักเก็บน้ำได้สูงสุดเพื่อความเหมาะสมกับเครื่องสูบน้ำที่จะได้ติดตั้งต่อไป

สุรพงษ์ ธรรมพิทักษ์ (2530) ได้ศึกษาการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมิน

และปรับปรุงระบบคลองระบายน้ำ บริเวณหัวหมาก โดยแบบจำลองที่ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบจำลองสำหรับหาปริมาณน้ำที่ไหลลงคลอง ซึ่งอาศัยวิธีหลักเหตุผลในการคำนวณชลภาพน้ำท่า ส่วนที่สองเป็นแบบจำลองอธิบายการไหลของน้ำในคลอง ซึ่งอาศัยสมการโมเมนตั้มและสมการความต่อเนื่อง ในการจำลองสมมติให้การไหลของน้ำในคลอง เป็นการไหลไม่คงที่แบบเปลี่ยนแปลงน้อยในสภาวะใต้วิกฤติ (gradually varied unsteady free surface flow in the sub critical range) ผลการประเมินพบว่า ระบบคลองในพื้นที่ศึกษามีขีดความสามารถค่อนข้างต่ำ จึงเสนอแนะให้ปรับปรุงโดยการขยายและขุดลอกคลองกระจะ คลองจิก และคลองจิต ให้สามารถระบายน้ำจากด้านต้นคลองมายังจุดที่ตั้งสถานีสูบน้ำได้ทัน ตลอดจนทำการเพิ่มขนาดสถานีสูบน้ำที่ปากคลองดังกล่าว

การศึกษาที่ผ่านมาดังได้กล่าวข้างต้น เป็นการศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำนอกเขตพื้นที่ทำการศึกษาของวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ในหัวข้อต่อไป จะกล่าวถึงการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ทำการศึกษา ซึ่งผลการศึกษาดังจะได้กล่าวต่อไปนี้ เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาวิทยานิพนธ์

2.6.1 <u>แผนหลัก CDM</u>

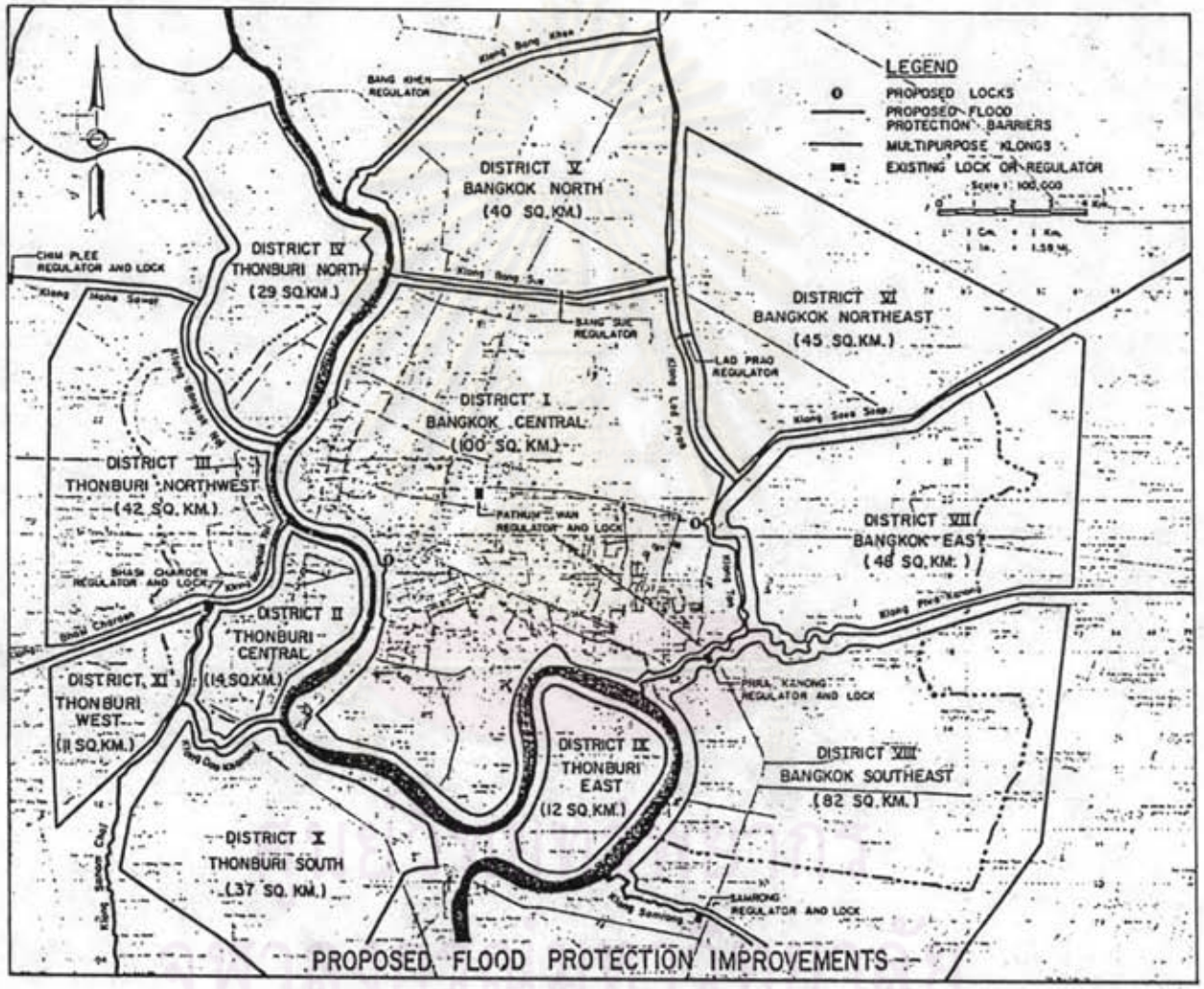
บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาประเทศสหรัฐอเมริกา Camp Dresser & Mckee ได้ศึกษาประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเขตพระนครและธนบุรี ซึ่งได้เสนอไว้ในแผนหลักการระบายน้ำโสโครก การระบายน้ำฝนและการป้องกันน้ำท่วมในเขตพระนครและธนบุรี (แผนหลักCDM) เมื่อ พ.ศ. 2511 โดยแนะนำให้ใช้หลักการของพื้นที่ปิดล้อม ในการป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำฝนออกจากพื้นที่ (รูปที่ 2-2)

บริษัทฯ ได้ศึกษาปริมาณน้ำฝนในเขตพระนครและธนบุรี จากสถานีวัดน้ำฝนที่มีอยู่ในขณะนั้นประมาณ 20 กว่าสถานี และได้จัดทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้ม-ช่วงเวลา ความถี่ของฝน (รูปที่ 2-3) เพื่อใช้ประกอบการประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเขตพระนครและธนบุรี

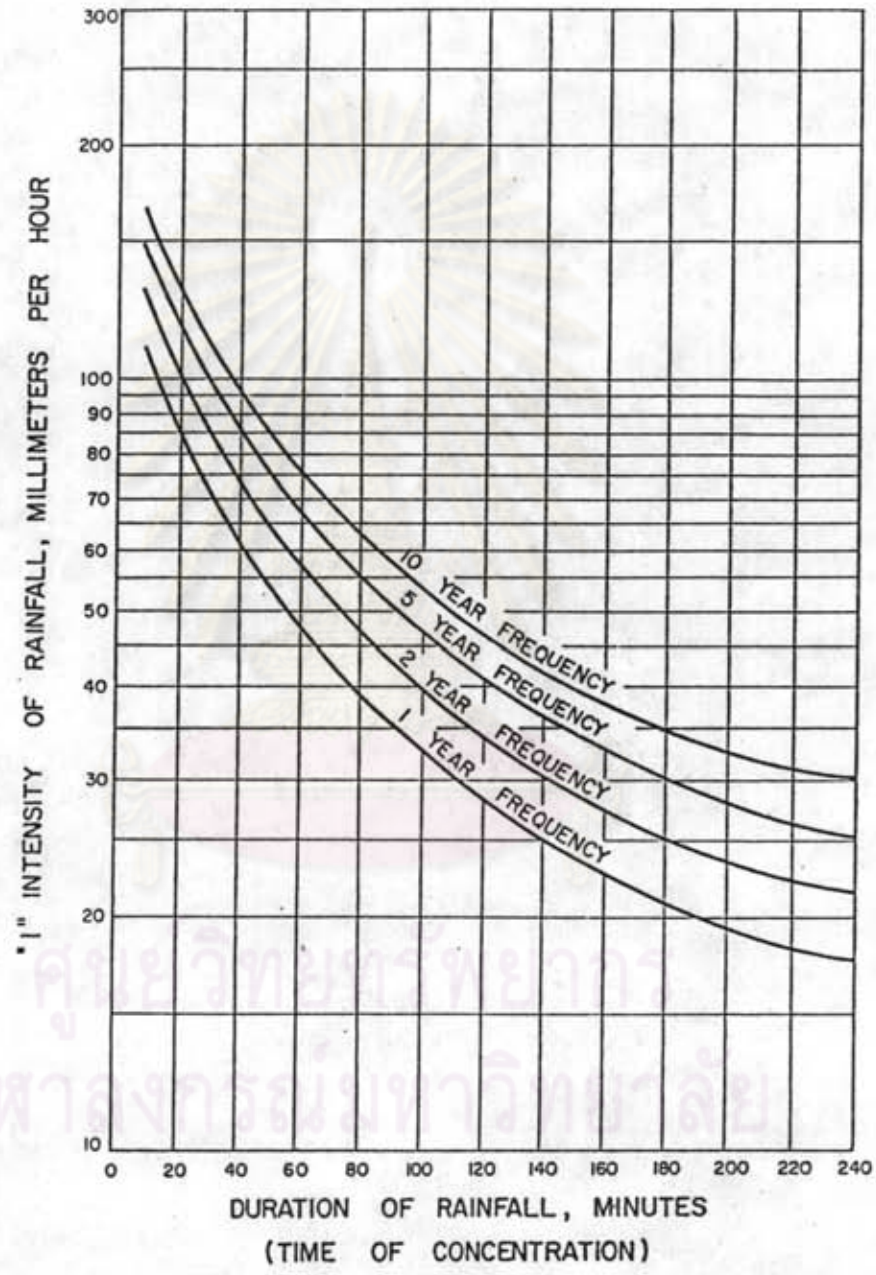
การหาค่าปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนที่ตกบนพื้นที่โครงการได้ใช้วิธีหลักเหตุผล โดยเสนอแนะให้ใช้ค่าเวลาทางเข้า (time of entry) เท่ากับ 10 นาที และสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ใช้ในการคำนวณมีค่าเปลี่ยนแปลงตามประเภทของการใช้ที่ดินดังแสดงในตารางที่ 2-1

สำหรับการศึกษาเรื่องผลกระทบของฝนเฉพาะจุดต่ออาณาบริเวณรอบ ๆ ได้ปรับแก้โดยใช้ค่าตัวคูณส่วนลดตามพื้นที่ (Areal reduction factor, ARF)

ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้นี้ จะระบายลงสู่คลองหลักในพื้นที่ปิดล้อม และจากคลองหลักจะระบายออกจากพื้นที่ปิดล้อมโดยการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วง (Gravity drainage) หรือโดยการสูบออกในกรณีที่ระดับน้ำภายนอกพื้นที่ปิดล้อมสูงกว่าระดับน้ำภายใน



รูปที่ 2-2 พื้นที่โครงการตามแผนหลัก CDM (CDM, 1968)



รูปที่ 2-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน ตามแผนหลัก CDM (CDM, 1968)

ตารางที่ 2-1 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามแผนหลัก CDM (CDM, 1968)

Land Use Designation of Area	Average Runoff Coefficients "C" for Varying Drainage Areas, in square kilometers				
	0.0 -0.2	0.2 -0.5	0.5 -1.0	1.0 -5.0	5.0 -20.0
Commercial	0.60	0.50	0.40	0.30	0.25
Residential, high density	0.55	0.45	0.35	0.30	0.25
Residential, medium density	0.50	0.40	0.35	0.30	0.25
Residential, low density	0.45	0.35	0.30	0.25	0.20
Institutional, Manufacturing and Utilities	0.40	0.35	0.25	0.20	0.20
Parks and Agricultural	0.30	0.25	0.20	0.15	0.15

ตารางที่ 2-2 สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามการศึกษาของ BFCD (BFCD, 1984)

Land - use type	Runoff coefficient, C
Commercial/Residential high density	0.75
Residential medium density	0.50
Residential low density	0.40
Institutional	0.40
Parks/Agricultural	0.15
Industrial	0.70
Railroad Yard	0.35

2.6.2 การศึกษาของ BFCD

เมื่อปี พ.ศ. 2526 รัฐบาลได้อนุมัติให้ว่าจ้างบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ คือบริษัท NEDECO ร่วมกับบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาของประเทศไทย คือบริษัท NECCO บริษัท LAND MARINE และบริษัท SPAN ทำการศึกษาโครงการป้องกันน้ำท่วม และการระบายน้ำในเขตชั้นในของกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้ร่วมกันศึกษาในนามของบริษัท BFCD (BFCD Joint Venture)

บริษัท BFCD ได้ทำการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการ 86 ตารางกิโลเมตร เสร็จสมบูรณ์แล้วในปี พ.ศ. 2528 โดยได้เสนอให้ใช้หลักการของพื้นที่ปิดล้อมในการป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำ (รูปที่ 2-4)

การจัดทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน (รูปที่ 2-5) ได้ใช้ข้อมูลน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2480 - พ.ศ. 2526 เป็นข้อมูลในการจัดทำ ซึ่งเขียนเป็นรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$i_d = a / (b + t_d)^c$$

เมื่อ i_d = ความเข้มของน้ำฝนเฉลี่ย

t_d = ระยะเวลาที่ฝนตก

a,b,c = ค่าคงที่ ซึ่งค่า a = 3,561 ,b = 30 และ c = 0.893

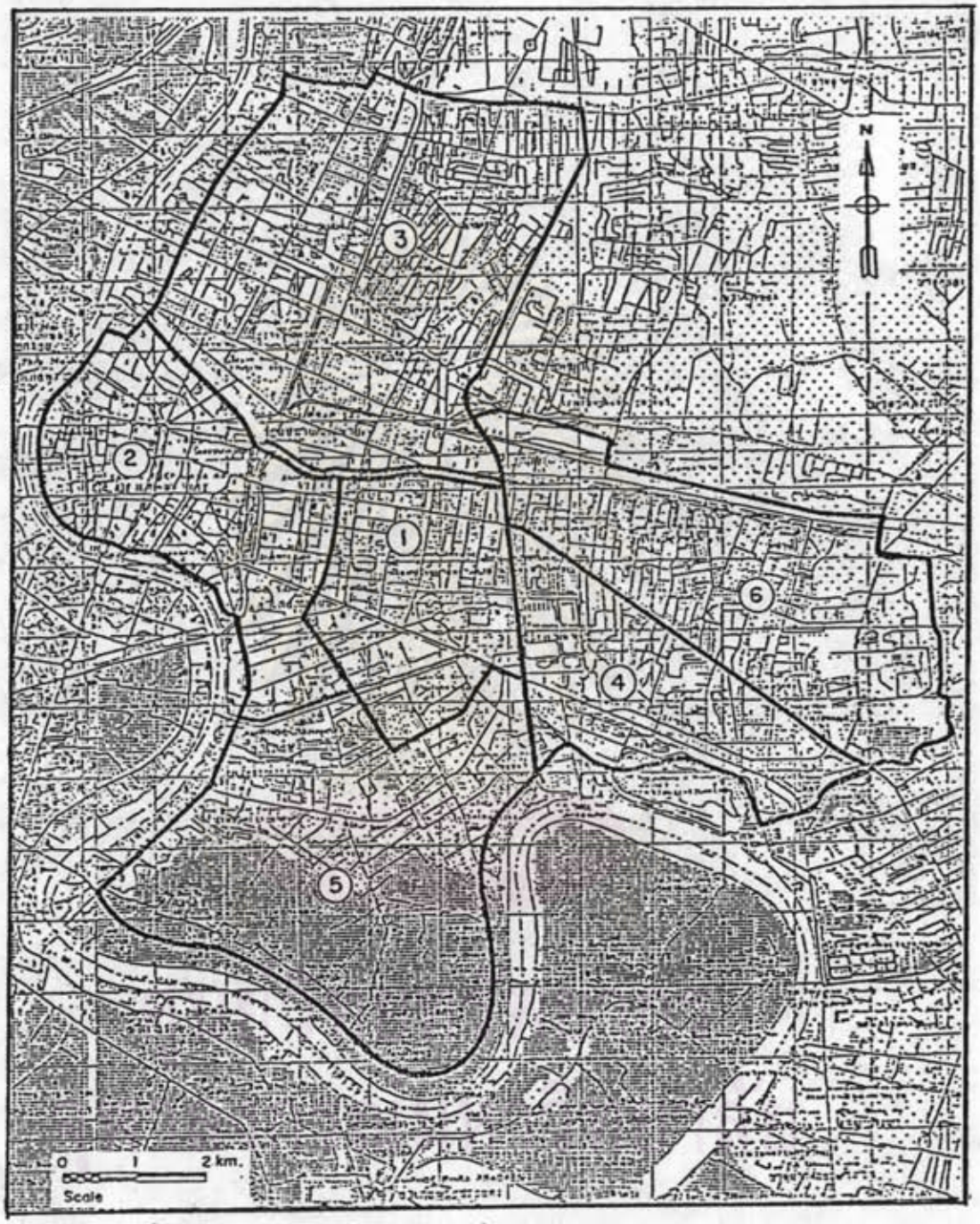
การหาค่าปริมาณน้ำท่าของพื้นที่รับน้ำเพื่อระบายลงสู่คูคลองหลัก ได้ใช้วิธีการหลักเหตุผล เช่นเดียวกับแผนหลัก CDM ค่าเวลาการไหลของน้ำจากจุดไกลสุดสู่จุดออกของพื้นที่รับน้ำ (time of concentration, t_c) คิดเป็นนาที หาได้จากสมการ

$$t_c = 10 + L_m / 45$$

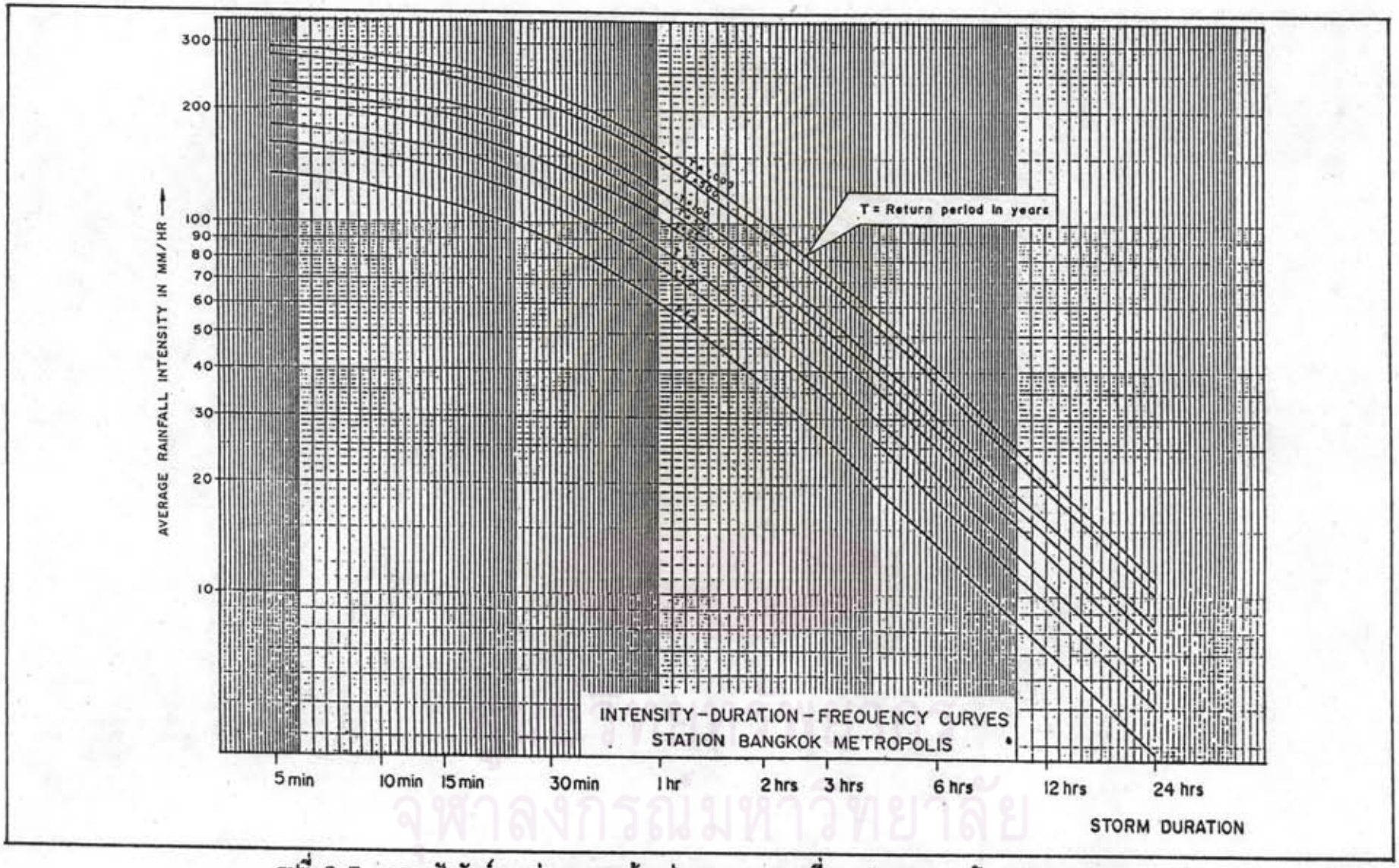
โดย L_m เป็นความยาวของรางระบายน้ำในพื้นที่รับน้ำ (เมตร) และการหาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ได้พิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นสำคัญ (ตารางที่ 2-2)

สำหรับการศึกษาเรื่องผลกระทบของฝนเฉพาะจุดต่ออาณาบริเวณรอบ ๆ ได้เสนอแนะให้ใช้ค่าตัวคูณส่วนลดเชิงพื้นที่(ARF) ของกรุงจาการ์ตา ทั้งนี้เพราะจาการ์ตาและกรุงเทพมหานครตั้งอยู่ในเขตศูนย์สูตรเหมือนกัน มีฤดูกาลและภูมิอากาศประจำถิ่นที่ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ความลึกฝนที่ช่วงเวลาฝนตกต่าง ๆ ของจาการ์ตา จะมีค่าสูงกว่าของกรุงเทพมหานครเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-4 พื้นที่โครงการป้องกันน้ำท่วมเขตชั้นในของกรุงเทพมหานคร (BFCD, 1984)



รูปที่ 2-5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน ตามการศึกษาของ BFCD (BFCD, 1984)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6.3 การศึกษาโดยใช้แบบจำลองอิลลูดัส

ทวีศักดิ์ เทียนตระกูล (2530) ได้ศึกษาการใช้แบบจำลอง ILLUDAS ในการประเมินและปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ทำการศึกษาเขตพญาไท บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ โดยเลือกใช้ข้อมูลสภาพน้ำท่วมประกอบกับข้อมูลน้ำฝนปี พ.ศ. 2527 - พ.ศ. 2529 จำนวน 5 ลูก มาทำการปรับเตรียมแบบจำลองเพื่อหาค่าตัวแปรกำหนด อันเป็นการประเมินสภาพระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ทำการศึกษา

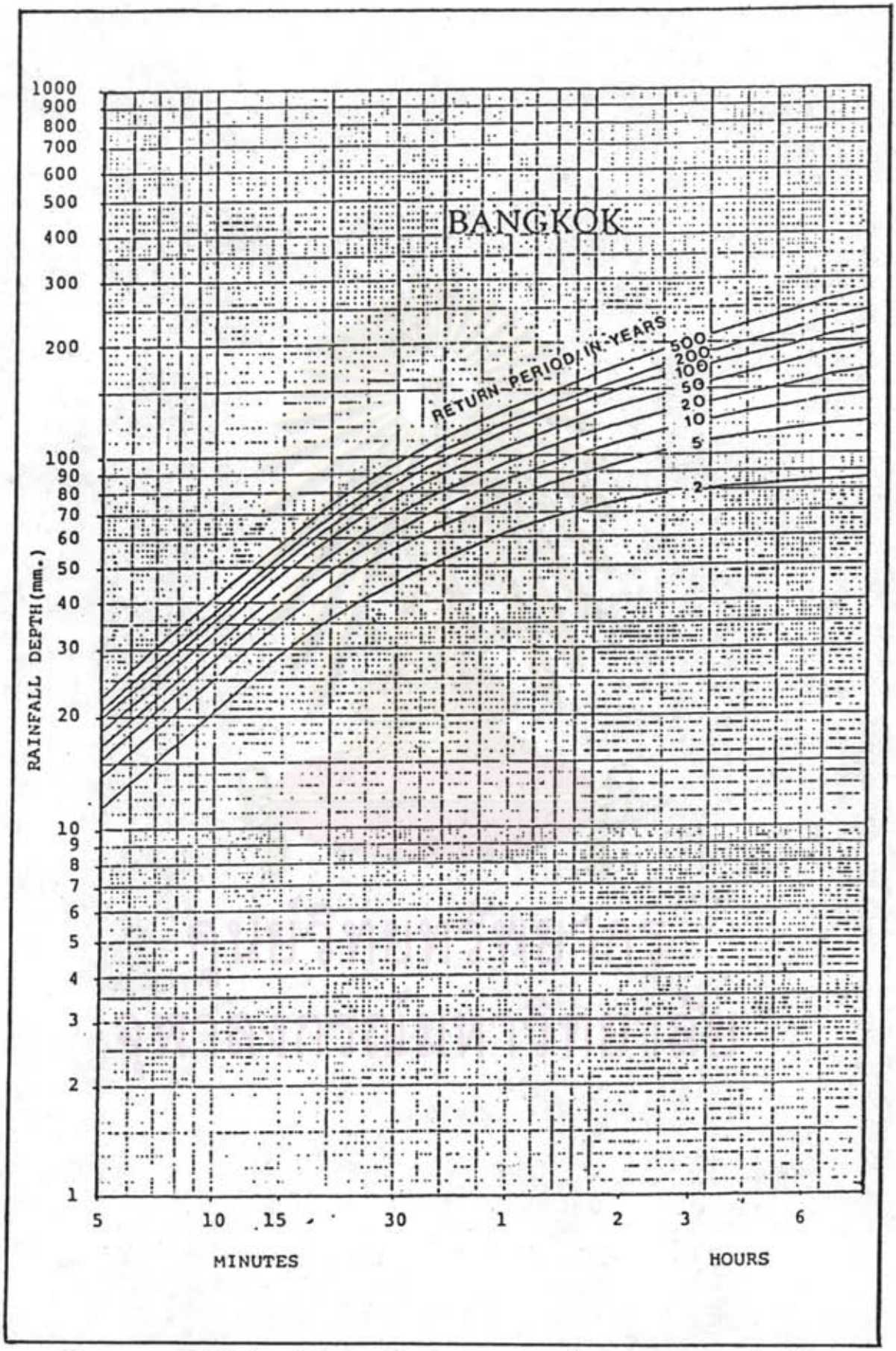
ในการศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำ เลือกใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน ของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้แก้ไขปรับปรุงและจัดทำขึ้นเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ 2526 (รูปที่ 2-6) และได้แบ่งพื้นที่ทำการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะความสัมพันธ์ของการระบายน้ำ โดยมีถนนพญาไทเป็นเส้นแบ่งเขต คือ พื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนพญาไท ขนาด 0.64 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่โครงการที่ 1 พื้นที่ฝั่งตะวันตกของถนนพญาไทขนาด 1.64 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่โครงการที่ 2

ผลการศึกษาได้สรุปว่า ระบบระบายน้ำในพื้นที่ทำการศึกษามีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ การปรับปรุงระบบระบายน้ำได้จัดทำเป็นโครงการเพื่อเลือก โดยใช้คาบการกลับของฝน 2 ปี และ 5 ปี เป็นเกณฑ์ และกำหนดให้ระบายน้ำฝนออกจากพื้นที่ลงสู่บึงมักกะสัน และคลองริมทางรถไฟ เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะระบายลงสู่คลองสามเสน สำหรับท่อระบายน้ำบนถนนสายต่าง ๆ ที่ไม่สามารถรับปริมาณน้ำฝนออกแบบได้ จะออกแบบท่อระบายน้ำใหม่เสริมคู่กับท่อระบายน้ำเดิม

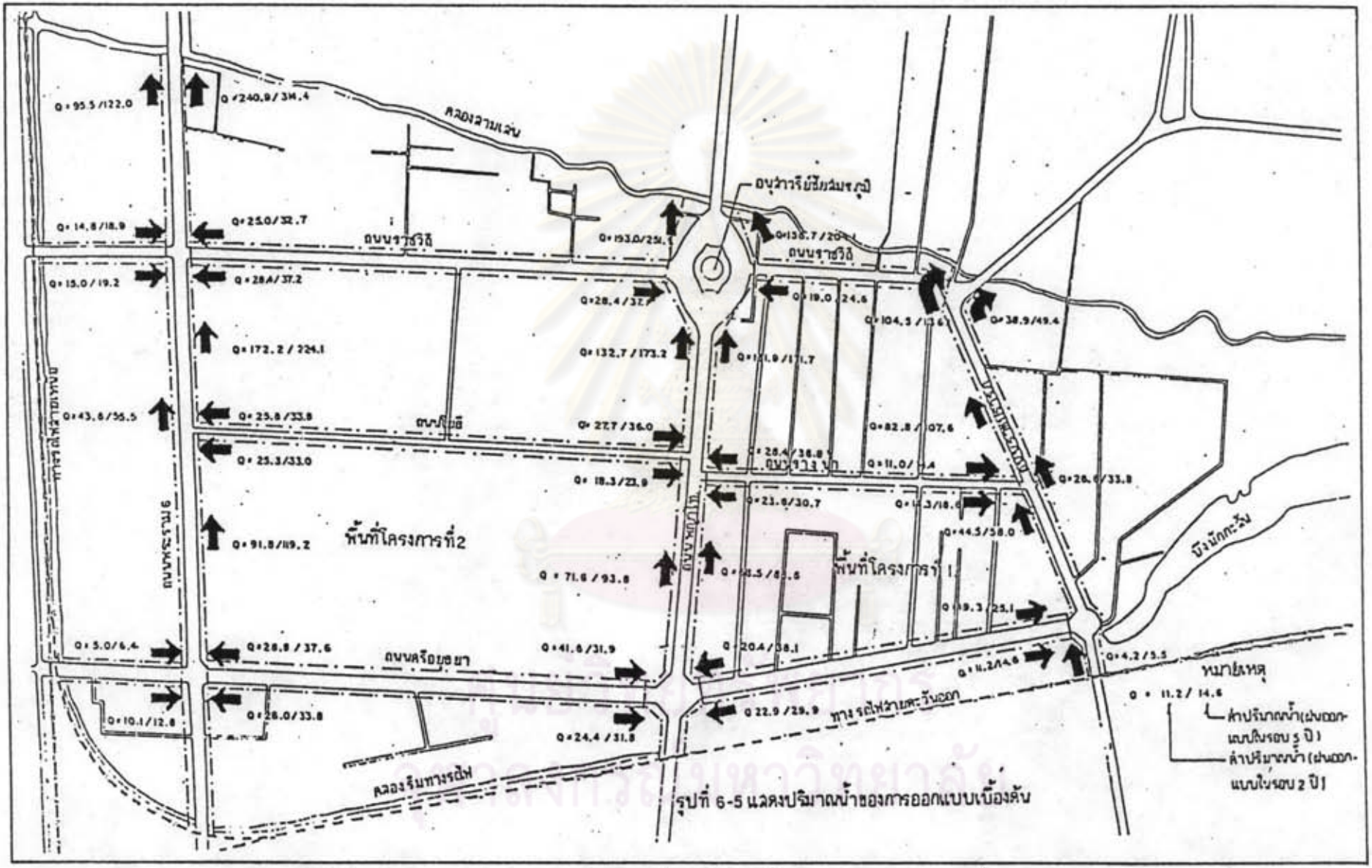
ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำ แสดงอยู่ในรูปที่ 2-7, 2-8, และ 2-9

การศึกษาครั้งนี้ เสนอให้ใช้โครงการปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ทำการศึกษาเพื่อให้สามารถรับปริมาณน้ำฝนในรอบ 5 ปีได้ เนื่องจากพื้นที่ทำการศึกษา เป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่มีความสำคัญ และงบประมาณในการก่อสร้างโครงการโดยใช้ปริมาณฝน 2 ปี และ 5 ปี ไม่แตกต่างกันมากนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

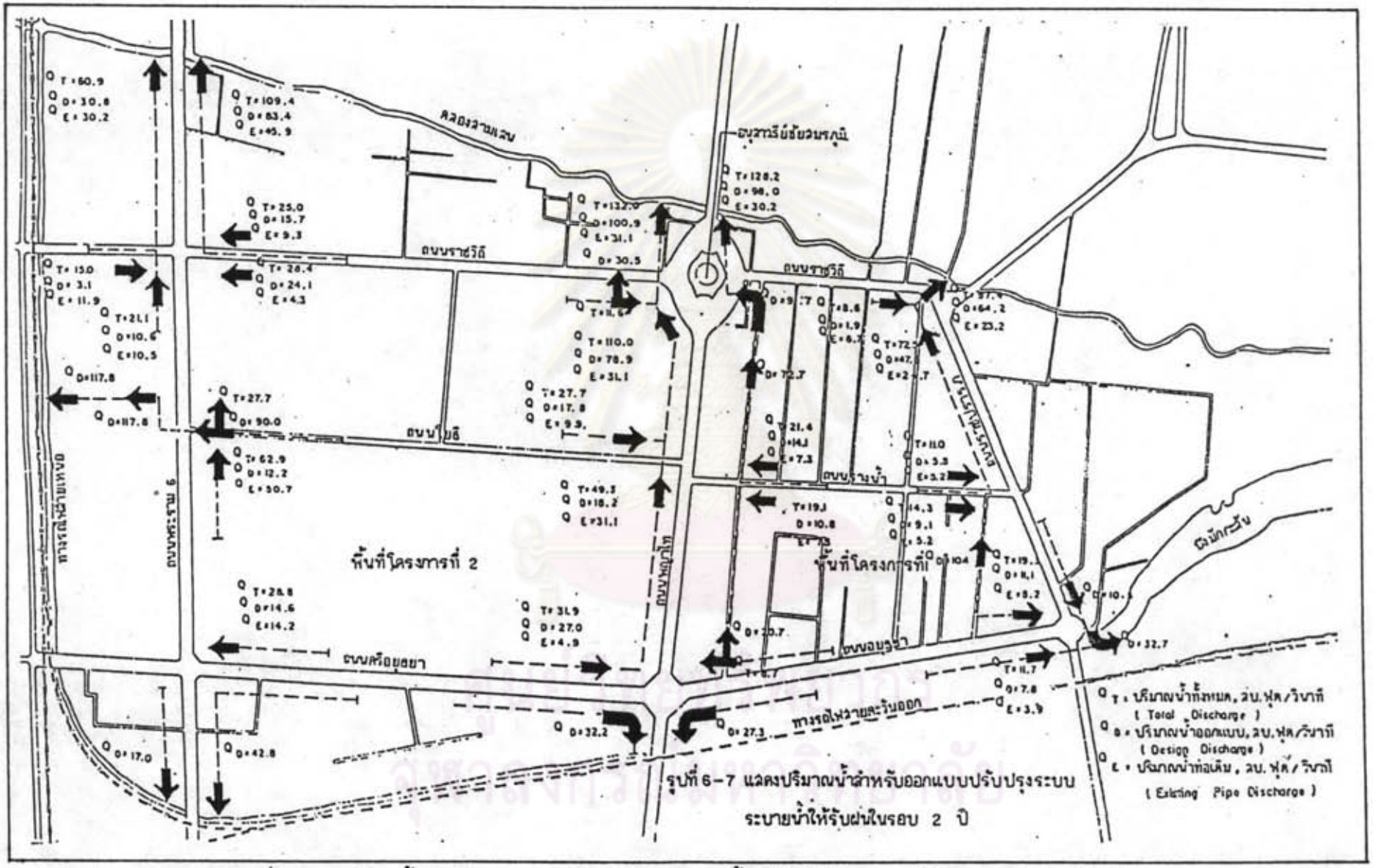


รูปที่ 2-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน ของกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2529)



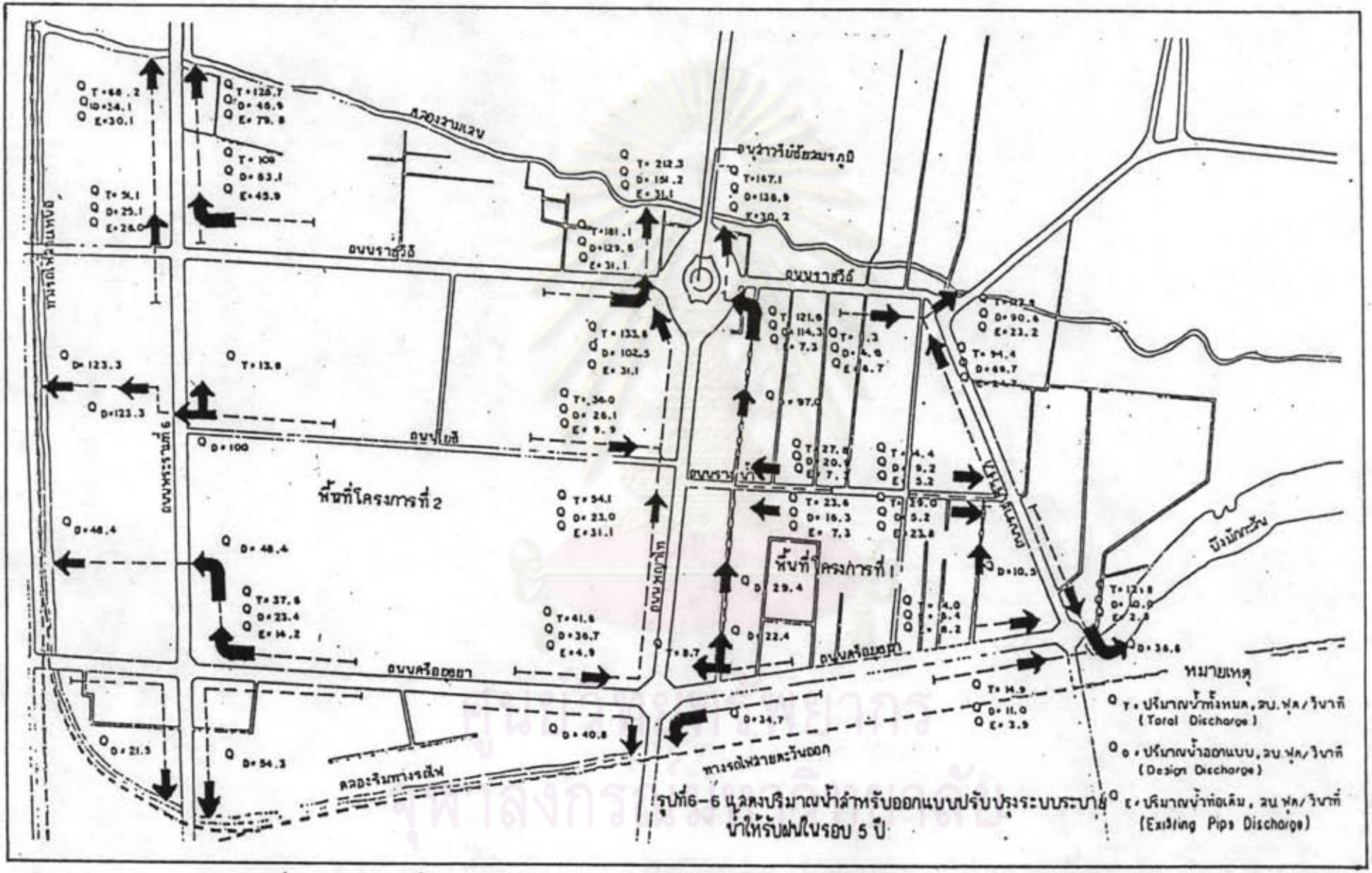
รูปที่ 6-5 แสดงปริมาณน้ำของการออกแบบเบื้องต้น

รูปที่ 2-7 ปริมาณน้ำของการออกแบบเบื้องต้นโดยแบบจำลองอิลลูดัส (ทวีศักดิ์, 2529)



รูปที่ 6-7 แสดงปริมาณน้ำสำหรับออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำให้รับฝนในรอบ 2 ปี

รูปที่ 2-8 ปริมาณน้ำสำหรับออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำให้รับฝนในรอบ 2 ปี โดยแบบจำลองอิลลูดัส (ทวีศักดิ์, 2529)



รูปที่6-6 แสดงปริมาณน้ำสำหรับออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำให้รับฝนในรอบ 5 ปี

รูปที่ 2-9 ปริมาณน้ำสำหรับออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำให้รับฝนในรอบ 5 ปี โดยแบบจำลองอิลลูดัส (ทวีศักดิ์, 2529)