



บทที่ 2

การศึกษาที่เคยมีมา

โดยทั่วไป การหาค่าปริมาณน้ำท่า (Runoff) เพื่อประเมินผลหรือออกแบบระบบระบายน้ำในเมืองนั้น มีหลักการใหญ่ ๆ 2 ประการ คือ

- 1) Macroapproach ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำ (Basin) ที่มีผลต่อการแปลงปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำท่า (Runoff) เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดของดิน ลักษณะของการระบายน้ำ พื้นที่เก็บกักน้ำ ฯลฯ จะถูกกำหนดด้วยค่าตัวแปรค่าหนึ่ง ซึ่งใช้เป็นตัวแปรในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่า วิธีการที่ใช้หลักการนี้ได้แก่ Rational Method Unit Hydrograph Method และ Envelope Curve Method เป็นต้น
- 2) Microapproach จะวิเคราะห์ถึง ขั้นตอนทางอุทกวิทยาทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนพื้นที่รับน้ำ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่ตกบนพื้นที่รับน้ำ ปริมาณน้ำฝนที่ก่อให้เกิดน้ำท่า ปริมาณการไหลของน้ำผิวดิน (Overland flow) การเก็บกักน้ำ (Detention Storage) การไหลของน้ำในทางน้ำเปิด (Open channel) หรือในท่อระบายน้ำ เป็นต้น วิธีการที่ใช้หลักการนี้โดยมากได้แก่ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เช่น แบบจำลองสวิม (SWMM) แบบจำลองวิธีการของ อาร์ อาร์ แอล (RRL Method) และแบบจำลองอิลลูคัส (ILLUDAS) เป็นต้น

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการหาค่าปริมาณน้ำท่าเพื่อประเมินผล และออกแบบระบบระบายน้ำในเขตกรุงเทพมหานครที่เคยมีมา และจะกล่าวถึงการใชแบบจำลองอิลลูคัสวิเคราะห์หาค่าปริมาณน้ำท่า เพื่อประเมินผลระบบระบายน้ำในเมืองที่ เคยมีมาทั้ง ในต่างประเทศและในประเทศไทยด้วย

2.1 การศึกษาประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเขตกรุงเทพมหานคร

2.1.1 แผนหลัก CDM

บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาประเทศสหรัฐอเมริกา Camp, Dresser & McKee ได้ศึกษาประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเขตพระนครและธนบุรี ซึ่งได้เสนอไว้ในแผนหลักการระบายน้ำโสโครก การระบายน้ำฝน และการป้องกันน้ำท่วมในเขตพระนครและธนบุรี (แผนหลัก CDM) เมื่อ พ.ศ. 2511 โดยแนะนำให้ใช้หลักการของพื้นที่ปolder (Polder) ในการป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำฝนออกจากพื้นที่ (รูปที่ 2-1)

บริษัท ฯ ได้ศึกษาปริมาณน้ำฝนในเขตพระนครและธนบุรี จากสถานีวัดน้ำฝนที่มีอยู่ในขณะนั้นประมาณ 20 กว่าสถานี (รูปที่ 2-2) และได้จัดทำกราฟความเข้ม-ระยะเวลาฝนตก-ความถี่ของน้ำฝน (Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve) เพื่อใช้ประกอบการประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเขตพระนครและธนบุรี (รูปที่ 2-3)

การกำหนดรอบปีของพายุฝนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการ ได้พิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นสำคัญ ซึ่งมีหลักการดังนี้

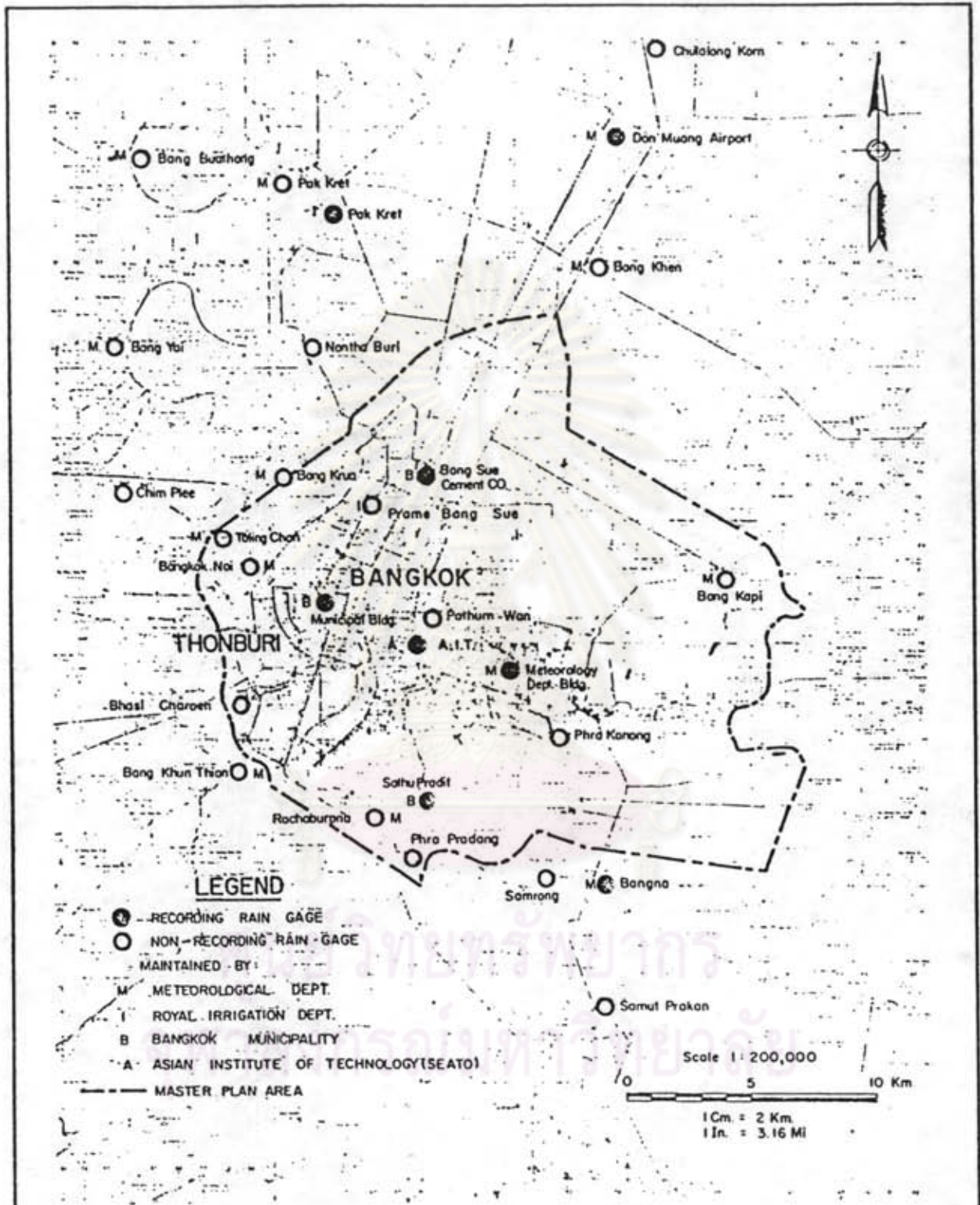
- พายุฝนในรอบ 5 ปี (5-Year Frequency Storm) ใช้สำหรับพื้นที่ย่านการพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรม
- พายุฝนในรอบ 2 ปี (2-Year Frequency Storm) ใช้สำหรับพื้นที่ย่านบ้านพักอาศัย
- พายุฝนในรอบ 1 ปี (1-Year Frequency Storm) ใช้สำหรับพื้นที่ที่เป็นสวนสาธารณะ หรือท้องทุ่งที่ยังไม่พัฒนา (Green Areas)

การหาค่าปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนที่ตกบนพื้นที่โครงการ ได้ใช้วิธีการของ Rational Method ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

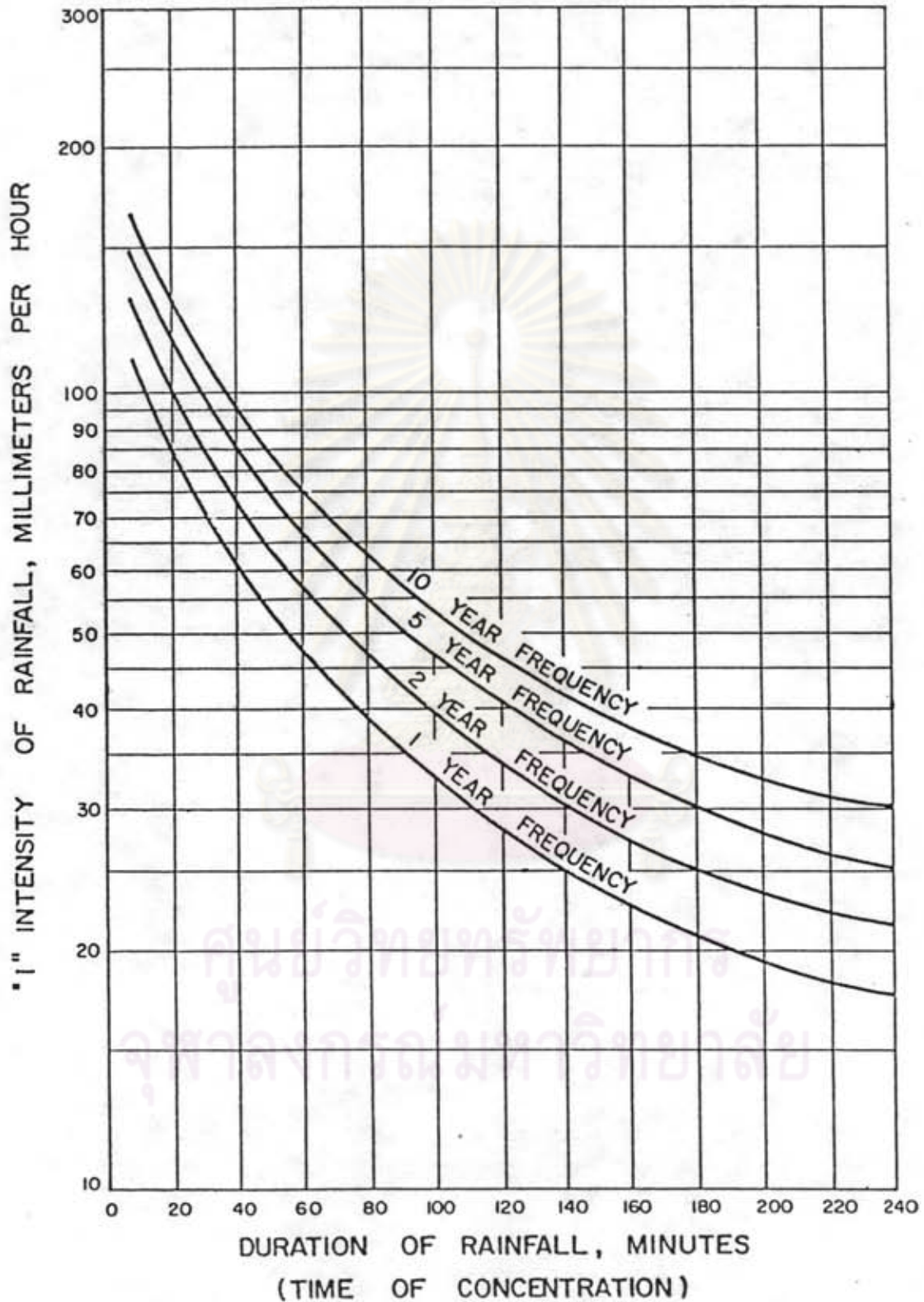
$$Q = CIA/3.6 \dots\dots\dots (2.1)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำท่า, ลบ.เมตรต่อวินาที

C = สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (Runoff Coefficient) ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและขนาดของพื้นที่รับน้ำ (ตารางที่ 2-1)



รูปที่ 2-2 แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนในเขตพระนครและธนบุรีตามแผนหลัก CDM.
 (CDM, 1968)



รูปที่ 2-3 แสดงกราฟความเข้ม-ระยะเวลาฝนตก-ความถี่ของน้ำฝนตามแผนหลัก CDM.
(CDM, 1968)

ตารางที่ 2-1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าตามแผนที่ CDM.
(CDM, 1968)

Land Use Designation of Area	Average Runoff Coefficients "C" for Varying Drainage Areas, in square kilometers				
	0 to 0.2	0.2 to 0.5	0.5 to 1.0	1.0 to 5.0	5.0 to 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

I = ความเข้มของน้ำฝน (Intensity Rainfall), มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของเวลาที่น้ำไหลจากจุดไกลที่สุดของพื้นที่รับน้ำมาสู่จุดระบายน้ำออกจากพื้นที่รับน้ำ (Time of Concentration, T_c) ซึ่งสำหรับพื้นที่รับน้ำในเมือง จะเป็นค่าเวลาที่น้ำไหลบนผิวคิณจากจุดไกลที่สุดสู่รางระบายน้ำ หรือท่อระบายน้ำที่ไกลที่สุด (Inlet Time แผนหลัก CDM แนะนำไว้ประมาณ 10-15 นาที สำหรับพื้นที่โครงการ) รวมกับค่าของเวลาที่น้ำไหลจากรางระบายน้ำหรือท่อระบายน้ำสู่จุดที่ออกจากพื้นที่รับน้ำ (ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำ) และค่าความเข้มของน้ำฝนยังขึ้นอยู่กับค่ารอบปีของน้ำฝนที่ใช้ในการประเมินผลและออกแบบด้วย

A = พื้นที่รับน้ำ, ตารางกิโลเมตร

ปริมาณน้ำที่คำนวณได้นี้ จะระบายลงสู่คลองหลักในพื้นที่ปิดล้อม และจากคลองหลักจะระบายออกจากพื้นที่ปิดล้อมโดยการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Drainage) หรือ โดยการสูบน้ำออกในกรณีที่ระดับน้ำภายนอกพื้นที่ปิดล้อมสูงกว่าระดับน้ำภายใน

การหาค่าปริมาณการไหลของน้ำภายในคลองหลักในพื้นที่ปิดล้อม ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Model) เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ปัญหา

2.1.2 การศึกษาของ JICA

เมื่อปี พ.ศ. 2524 Japan International Cooperation Agency, JICA ได้ศึกษาปัญหาน้ำท่วมพื้นที่คันตะวันตกของกรุงเทพมหานคร ในเขตบางเขน เขตบางกะปิ เขตลาดกระบัง เขตห้วยขวาง และเขตพระโขนง รวม 500 ตารางกิโลเมตร และได้เสนอให้แบ่งพื้นที่ดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วนคือ พื้นที่ที่ใช้มาตรการในการสร้างสิ่งก่อสร้างแก้อุทหรณ์น้ำท่วม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญและอัตราการพัฒนาสูง มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 260 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ชะลอน้ำ (Retension Area) เป็นพื้นที่ที่มีความเจริญและอัตราการพัฒนาค่อนข้างต่ำ ซึ่งเสนอให้ใช้มาตรการควบคุมคันฝั่งเมือง และให้เป็นพื้นที่ที่ยินยอมให้น้ำท่วมได้ มีพื้นที่รวมประมาณ 240 ตารางกิโลเมตร



JICA ได้ศึกษาความเป็นไปไคของโครงการป้องกันน้ำท่วม บนพื้นที่ที่เสนอให้ใช้
มาตรการในการสร้างสิ่งก่อสร้างในการป้องกันน้ำท่วม รวม 260 ตารางกิโลเมตร และไคเสนอ
ให้ป้องกันน้ำท่วมโดยไคหลักการของพื้นที่ป้คล้อม โดยไคแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ (รูปที่ 2-4) ภาย
ในพื้นที่ป้คล้อมไคศึกษาประเมินผลและออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำ คู คลอง ประคูระบายน้ำ
สถานีสูบน้ำ เพื่อใช้ในการป้องกันน้ำท่วม

สำหรับการหา ค่าน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำสู่ระบบคูลองภายในพื้นที่ป้คล้อมนั้น ไคใช้วิธีการ
ของ Rational Method ($Q = CIA/3.6$) เช่นเดียวกับแผนหลัก CDM (รูปที่ 2-5) แต่จะ
แตกต่างกันบ้างในการพิจารณาใช้ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (ค่า C) ค่า
ความเข้มของน้ำฝน (I) เป็นต้น

JICA ได้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) โดยพิจารณาจาก
ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่รับน้ำเป็นหลัก (ตารางที่ 2-2)

สำหรับค่าความเข้มของน้ำฝน (Rainfall Intensity) JICA ไคใช้ข้อมูลน้ำฝน
ในเขตกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ. 2480 ถึง พ.ศ. 2526 (ค.ศ. 1937 ถึง ค.ศ. 1982)
สร้างกราฟความเข้ม-ระยะเวลาฝนตก-ความถี่ของน้ำฝน (Rainfall Intensity-Duration
-Frequency Curve) ดังแสดงในรูปที่ 2-6 และเขียนเป็นรูปสมการไคดังนี้

$$I = a/(t+b) \dots\dots\dots(2.2)$$

เมื่อ I = ความเข้มของน้ำฝน (Rainfall Intensity), มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

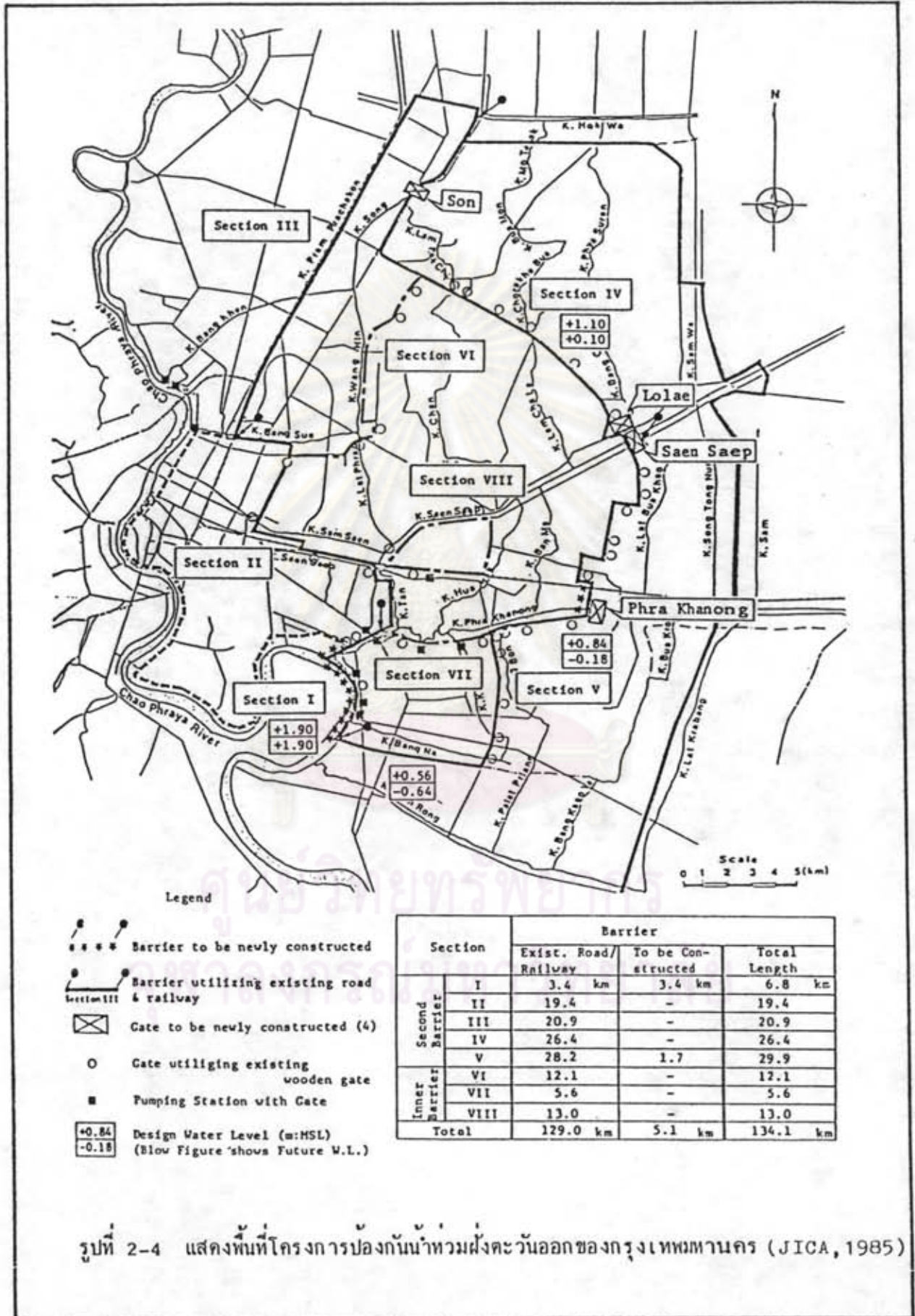
t = ระยะเวลาที่ฝนตก (Duration), นาที

a, b = ค่าคงที่

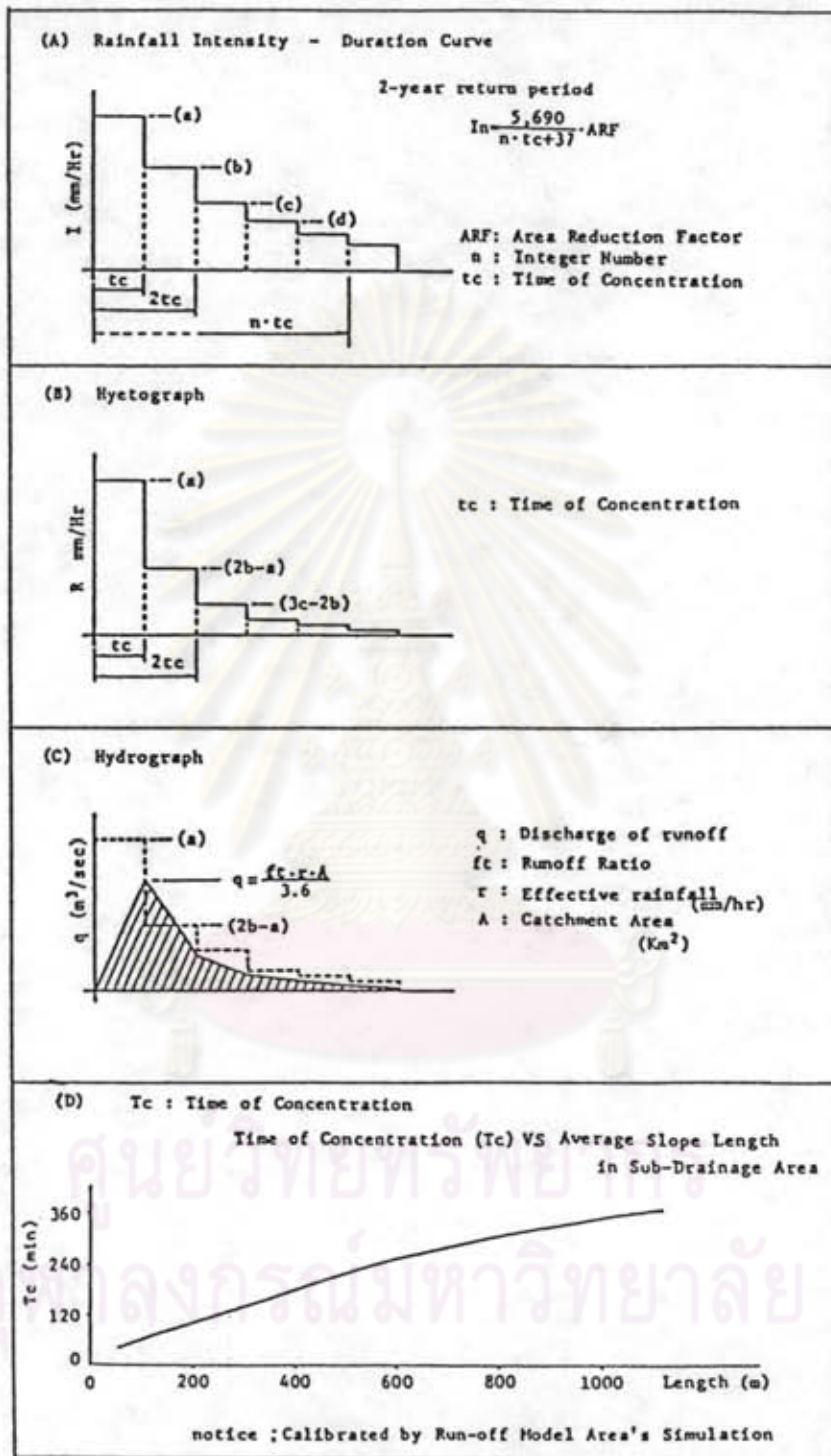
การหา ค่าเวลาการไหลของน้ำ จากจุดไกลที่สุดสู่จุดออกจากพื้นที่รับน้ำ (Time of
Concentration, t_c) JICA ไคใช้สมการดังนี้

$$t_c = t_o + L/V \dots\dots\dots(2.3)$$

เมื่อ t_o = ค่าเวลาที่น้ำไหลบนผิวดินจากจุดไหลที่สุคสู่รางระบายน้ำที่ไกลที่สุด (Inlet
Time) สำหรับการศึกษานี้ของโครงการนี้ JICA ไคกำหนดให้เท่ากับ 10
นาที



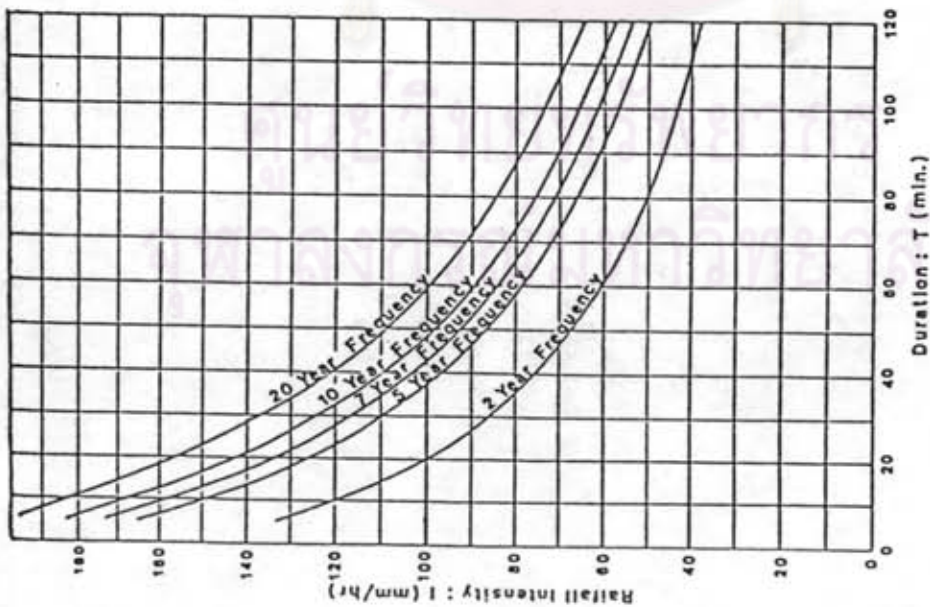
รูปที่ 2-4 แสดงพื้นที่โครงการป้องกันน้ำท่วมฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร (JICA, 1985)



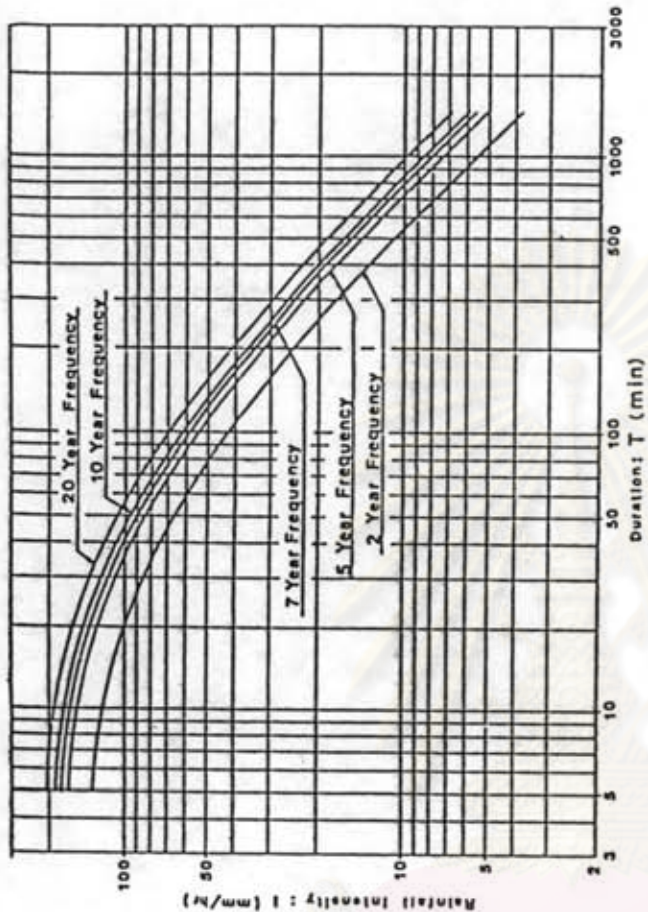
รูปที่ 2-5 แสดงขั้นตอนการคำนวณปริมาณน้ำท่าของพื้นที่รับน้ำ (JICA, 1985)

ตารางที่ 2-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าตามการศึกษาของ JICA, 1985

Land Use Type	Run-off Ratio (ft)
1. Commercial/Residential (High Density)	0.75
2. Residential (Medium Density)	0.70
3. Residential (Low Density)	0.60
4. Institutional	0.60
5. Parks/Agriculture	0.50
6. Industrial	0.70
7. Railroad Yard	0.50



Case A'



Case B'

Rainfall Intensity-Duration Formula

2 Year Probability	$i = \frac{3,690}{c + 37}$
5 "	$i = \frac{2,600}{c + 40}$
7 "	$i = \frac{2,220}{c + 41}$
10 "	$i = \frac{1,850}{c + 42}$
20 "	$i = \frac{10,040}{c + 44}$

Note 1. Case A' is used for the case when the time of concentration is within 2 hours.

2. For case B', the time of concentration is between 2 hours and 24 hours

รูปที่ 2-6 แสดงกราฟความเข้ม-ระยะเวลาฝนตก-ความถี่ของน้ำฝนตามการศึกษาของ JICA (JICA, 1985)

- L = ความยาวของรางระบายน้ำจากจุดไกลที่สุดถึงจุดออกจากพื้นที่รับน้ำ
 V = ความเร็วเฉลี่ยในรางระบายน้ำ ซึ่งใช้เท่ากับ 0.35 เมตรต่อวินาที

2.1.3 การศึกษาของ BFCD

เมื่อปี พ.ศ. 2526 รัฐบาลได้อนุมัติให้ว่าจ้างบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ คือ บริษัท NEDECO ร่วมกับ บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาของประเทศไทย คือ บริษัท NECCO บริษัท LAND MARINE และบริษัท SPAN ทำการศึกษาโครงการป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำในเขตชั้นในของกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้ร่วมกันศึกษาในนามของบริษัทร่วม BFCD (BFCD Joint Venture)

บริษัทร่วม BFCD ได้ทำการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมและระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการ 86 ตารางกิโลเมตร เสร็จสมบูรณ์แล้วในปี พ.ศ. 2528 โดยได้เสนอให้ใช้หลักการของพื้นที่ปิดล้อมในการป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำ (รูปที่ 2-7)

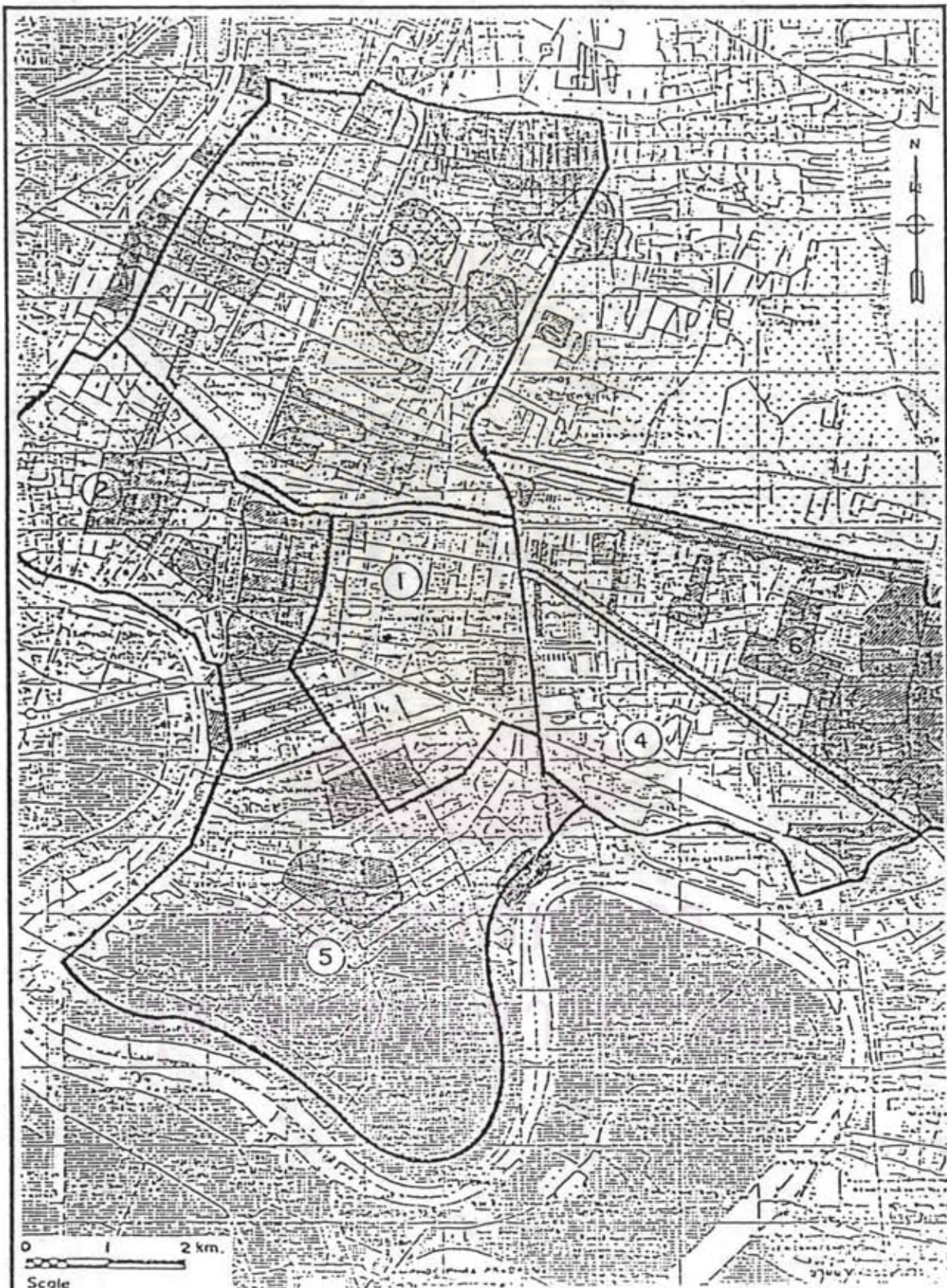
การจัดทำกราฟความเข้ม-ระยะเวลาฝนตก-ความถี่ของน้ำฝน ได้ใช้ข้อมูลน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี พ.ศ. 2480-พ.ศ. 2526 เป็นข้อมูลในการจัดทำ (รูปที่ 2-8) ซึ่งเขียนเป็นรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$i_a = a/(b + t_d)^c \dots\dots\dots(2.4)$$

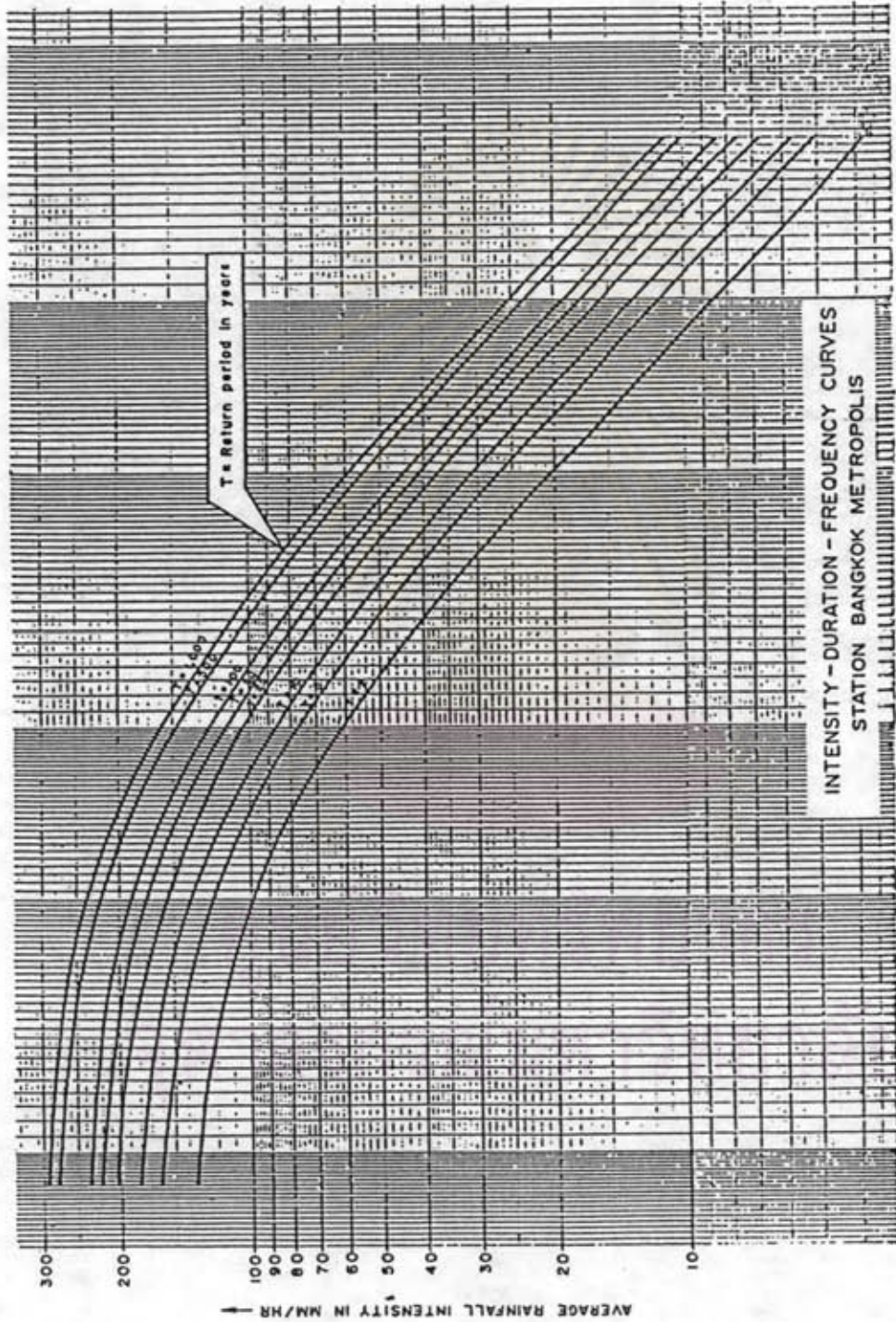
และสำหรับค่าความเข้มของน้ำฝนที่ขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Rainfall Intensity) หาได้จากสมการ

$$i = dx/dt = a[(i-c) + b]/(t+b)^{c+1} \dots\dots\dots(2.5)$$

- เมื่อ i_a = ความเข้มของน้ำฝนเฉลี่ย
 i = ความเข้มของน้ำฝนที่ขณะใดขณะหนึ่ง
 x = ค่าความลึกของน้ำฝน (Rain-Depth)
 t_d = ระยะเวลาที่ฝนตก
 t = เวลา



รูปที่ 2-7 แสดงพื้นที่โครงการป้องกันน้ำท่วมเขตชั้นในของกรุงเทพมหานคร (BPCD, 1984)



รูปที่ 2-8 แสดงกราฟความเข้ม-ระยะเวลาฝน-ความถี่ของฝนตามการศึกษาของ BFCO (BFCO, 1984)

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

การหาค่าปริมาณน้ำท่าของพื้นที่รับน้ำเพื่อระบายลงสู่คูคลองหลัก ได้ใช้วิธีการของ Rational Method เช่นเดียวกับแผนหลัก CDM และการศึกษาของ JICA ค่าเวลาการไหลของน้ำจากจุดไกลที่สุดสู่จุดออกของพื้นที่รับน้ำ (Time of Concentration, t_c) หาได้จากสมการ

$$t_c = 10 + L_s/45 \dots\dots\dots (2.6)$$

โดย L_s เป็นความยาวของรางระบายน้ำในพื้นที่รับน้ำ และการหาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient, C) ได้พิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นสำคัญ (ตารางที่ 2-3)

2.2 การศึกษาประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเมือง โดยใช้แบบจำลองฮิดรอลิกส์

การหาค่าปริมาณน้ำท่าเพื่อประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเขตกรุงเทพมหานครที่กล่าวมาแล้วนั้น ได้ใช้วิธีการของ Rational Method ซึ่งการแปลงปริมาณน้ำฝนให้เป็นปริมาณน้ำท่าจะขึ้นอยู่กับค่าของสัมประสิทธิ์น้ำท่า และขนาดพื้นที่รับน้ำเป็นสำคัญ โดยค่าสัมประสิทธิ์น้ำท้านี้จะพิจารณาจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่รับน้ำ ซึ่งเป็นหลักการของ Macroapproach นั้นเอง

ในการศึกษาจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ได้ใช้แบบจำลองฮิดรอลิกส์เป็นเครื่องมือช่วยในการหาค่าปริมาณน้ำท่าของพื้นที่รับน้ำ ซึ่งขั้นตอนทางอุทกศาสตร์ที่เกิดขึ้นบนพื้นที่รับน้ำทั้งหมดจะถูกนำมาพิจารณา ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่รับน้ำที่มีอิทธิพลต่อการแปลงปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำท่า เช่น พื้นที่หิบน้ำและไม่หิบน้ำ (Impervious or Pervious Area) ความชื้นของดิน ชนิดของดิน พื้นที่เก็บกักน้ำ ลักษณะของระบบระบายน้ำ สัมประสิทธิ์ความขรุขระ ความลาดชัน ความยาวของรางระบายน้ำหรือท่อระบายน้ำ เวลาที่น้ำใช้เดินทางจากจุดไกลที่สุดถึงราง ระบายน้ำที่ไกลที่สุด (Inlet Time) ฯลฯ จะถูกบันทึกเป็นข้อมูลสำหรับแบบจำลอง เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า ซึ่งจะเป็นหลักการของ Microapproach

ฉะนั้นในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงการใช้แบบจำลองฮิดรอลิกส์เป็นเครื่องมือหาค่าปริมาณน้ำท่าเพื่อประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำในเมืองที่เคยมีมา ทั้งในต่างประเทศและภายในประเทศ

ตารางที่ 2-3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักตามการศึกษาของ 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

2.2.1 การศึกษาในต่างประเทศ

Michael L. Terstriep และ John B. Stall ได้คัดเลือกพื้นที่ 23 แห่งในประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 2-9) มีขนาดตั้งแต่ 0.39 เอเคอร์ ถึง 8.3 ตารางไมล์ และเป็นพื้นที่ที่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในอดีต เพื่อให้ทดสอบการประเมินผลระบบระบายน้ำโดยใช้แบบจำลองฮิลลูคัส ซึ่งการทดสอบได้เปรียบเทียบ

- ก) ค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (Peak Runoff)
- ข) ปริมาณน้ำท่า (Runoff Volume)
- ค) ค่าชลภาพของน้ำท่า (Hydrograph)

ที่คำนวณได้จากแบบจำลองฮิลลูคัสกับค่าที่สำรวจได้ในสนาม ผลการศึกษาปรากฏว่าได้ผลดี 14 แห่ง ได้ผลพอใช้ 3 แห่ง ไม่สามารถสรุปผลได้ 3 แห่ง และไม่ไคผล 3 แห่ง (ตารางที่ 2-4) ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญคือ ความถูกต้องและความพร้อมของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งหากข้อมูลมีความพร้อมและถูกต้องแล้ว การศึกษาประเมินผลโดยแบบจำลองฮิลลูคัส มักจะไคผลดีเสมอ

2.2.2 การศึกษาในประเทศไทย

Bandu Sunil Liyanagama ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้แบบจำลองฮิลลูคัสและแบบจำลองสวิม (SWMM) ในการหาค่าปริมาณน้ำท่าโดยทดสอบบนพื้นที่รับน้ำ 4 แห่ง คือ

- 1) Oakdale, Chicago, Illinois
- 2) Gray Haven, Baltimore, Maryland
- 3) Northwood, Baltimore
- 4) สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) กรุงเทพมหานคร

พื้นที่ทดสอบ 3 แห่งแรก มีขนาดตั้งแต่ 13-47 เอเคอร์ มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่รับน้ำ (Impervious Area) ตั้งแต่ 45%-68% และข้อมูลของพื้นที่รับน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า ได้จากการศึกษารวบรวมของ L.S. Tucker ระหว่างปี พ.ศ. 2511 และ พ.ศ. 2512 (ค.ศ. 1968 และ ค.ศ. 1969) สำหรับพื้นที่ทดสอบที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย มีขนาดพื้นที่



- | | |
|--|--|
| 1 Woodoak Drive Basin, Westbury, Long Island, New York | 13 Montebello No. 4 Basin, Baltimore, Maryland |
| 2 Sewer District No. 8 Basin, Bucyrus, Ohio | 14 Northwood Basin, Baltimore, Maryland |
| 3 Echo Park Avenue Basin, Los Angeles, California | 15 Gray Haven Basin, Baltimore, Maryland |
| 4 Crane Creek Basin, Jackson, Mississippi | 16 South Parking Lot No. 1 Basin, Baltimore, Maryland |
| 5 Trippi Run Tributary Basin, Falls Church, Virginia | 17 Mt. Washington Basin, Cincinnati, Ohio |
| 6 Tar Branch Basin, Winston-Salem, North Carolina | 18 Turtle Creek Basin, Dallas, Texas |
| 7 Third Fork Basin, Durham, North Carolina | 19 Hunting Bayou Basin at Cavalcade Street, Houston, Texas |
| 8 Dry Creek Basin, Wichita, Kansas | 20 Hunting Bayou Basin at Falls Street, Houston, Texas |
| 9 Winochoking Basin, Philadelphia, Pennsylvania | 21 Boneyard Creek Basin, Champaign-Urbana, Illinois |
| 10 First Street Basin, Louisville, Kentucky | 22 Watershed No. 4, Moorefield, West Virginia |
| 11 Seventeenth Street Basin, Louisville, Kentucky | 23 Watershed W-1, Stillwater, Oklahoma |
| 12 Northwestern Basin, Louisville, Kentucky | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-9 แสดงตำแหน่งพื้นที่คัดเลือกที่ใช้แบบจำลองอิลลูคัสหาค่าปริมาณน้ำท่า (Terstriep, 1974)

ตารางที่ 2-4 สรุปผลการศึกษาโดยใช้แบบจำลองอินตรูคัสกับพื้นที่เลือก 23 พื้นที่ (Terstriep, 1974)

Basin	Basin area (acres)	Total paved area (acres) (percent)	Directly connected paved area (acres) (percent)	Hydro-logic soil group	Basin slope	Computed runoff			Computed peaks			Fit*	
						No. high	No. low	Mean absolute error (percent)	No. high	No. low	Mean absolute error (percent)		
Woodoak Drive	14.7	4.9	33.9	2.8	19.4	B	5	5	17.5	5	5	27.0	A
Sewer District No. 8	206.0	43.0	21.0	37.5	18.2	C-D	10	0	60.6	9	1	55.3	NA
Echo Park Avenue	252.0	136.0	53.8	97.7	38.8	B-C	6	12	31.3	2	16	36.1	NA
Crane Creek	273.0	65.5	23.9	39.7	14.5	C-D	3	14	33.8	6	11	34.4	A
Tripps Run Tributary	322.0	100.0	31.0	56.9	17.7	B-C	4	6	41.2	4	6	40.1	I
Tur Branch	384.0	227.0	59.0	195.0	51.0	B	12	5	50.7	10	7	33.1	M
Third Fork	1075.0	397.0	37.0	293.0	27.0	B-D	1	14	32.8	6	9	22.0	A
Dry Creek	1882.0	583.0	31.0	365.0	19.0	C	4	4	51.6	3	5	49.1	I
Wingohocking	5326.0	3246.0	61.0	3246.0	61.0	B-D	13	3	72.5	14	2	50.0	NA
First Street	61.2	49.3	80.5	39.6	64.7	B-C	0	2	7.5	0	2	15.9	I
Seventeenth Street	141.0	118.3	83.7	58.4	41.4	B	7	3	26.9	7	3	11.4	A
Northwestern	1213.0	498.0	41.0	353.0	29.0	C	1	10	23.3	4	7	19.6	A
Montebello No. 4	0.54	0.39	72.2	0.34	63.0	C	2	1	1.9	1	2	14.4	A
Northwood	47.4	32.5	68.6	22.7	47.9	B	3	0	30.2	2	1	11.1	A
Gray Haven	23.3	12.1	52.0	10.3	44.0	B	7	2	13.2	2	7	14.7	A
South Parking Lot No. 1	0.39	0.39	100	0.39	100	B	5	3	14.9	5	3	12.8	A
Mt. Washington	30.7	16.2	52.8	14.0	45.6	C-D	3	9	20.5	2	10	23.2	A
Turtle Creek	5107	1857	36.4	1077	21.1	C	8	9	23.4	5	12	25.1	A
Hunting Bayou - Cavalcade	659	204	31.0	174	26.4	D	5	6	38.6	6	5	22.1	M
Hunting Bayou - Falls Street	2189	640	29.2	539	24.6	D	7	4	39.8	5	6	21.5	M
Booneyard Creek	2290	1010	44.1	534	23.3	B	15	13	11.0	17	11	15.8	A
Stillwater W-1	16.7	0	0	0	0	C	2	5	30.1	0	7	32.1	A
Moorefield No. 4	6.32	0	0	0	0	C	0	5	5.4	0	5	42.2	A

*The fit of ILLUDAS is designated as follows:

- A = Acceptable
- NA = Not acceptable
- I = Indeterminate
- M = Marginal

ประมาณ 4.5 เอเคอร์ มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่ทับน้ำ 90% และข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบได้จากสถาบันฯ และการสำรวจในสนาม

การศึกษาได้เปรียบเทียบค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า (Peak Flow Rate) เวลาที่น้ำมีอัตราการไหลสูงสุด (Time of Peak) ปริมาณน้ำท่า (Runoff Volume) และค่าชลาภาพ (Hydrograph) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสองกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ และได้ใช้วิธีทางสถิติมาวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องของค่าที่ได้ นอกจากนั้นยังได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานของแบบจำลองทั้งสองด้วย

ผลการศึกษาปรากฏว่า แบบจำลองทั้งสองใช้ได้ผลดีในพื้นที่ Oakdale และ Gray Haven ส่วน Northwood การเปรียบเทียบค่าชลาภาพที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ มีความแตกต่างกันมาก (ตารางที่ 2-5) และการทดสอบที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปรากฏว่ามีข้อผิดพลาดมาก (รูปที่ 2-10) ซึ่ง Liyanagama ได้ให้ข้อสังเกตว่าอาจเนื่องมาจากข้อมูลที่ใช้ไม่สมบูรณ์และการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ทดสอบไม่ชัดเจน

สำหรับการเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานของแบบจำลองทั้งสอง ปรากฏว่ามีความสามารถในการใช้งานได้ทัดเทียมกัน (ตารางที่ 2-6) แต่แบบจำลองสามารถวิเคราะห์ปริมาณน้ำเสียได้ ขณะที่แบบจำลองอิลลูคัสสามารถใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำในเมืองได้

B.S. Liyanagama ได้สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบและการใช้งานของแบบจำลองทั้งสองไว้ดังนี้

- 1) การใช้แบบจำลองทั้งสอง ต้องคำนึงถึงผลของการไหลย้อนกลับของน้ำ (Back-water Effect)
- 2) แบบจำลองทั้งสองควรใช้ในพื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก โดยเฉพาะแบบจำลองอิลลูคัส จะใช้ไม่ค่อยได้ผลในพื้นที่ที่มีระบบระบายน้ำขนาดใหญ่ หรือมีท่อระบายน้ำที่มีขนาด 30 นิ้วขึ้นไป
- 3) ศักยภาพอุทกศาสตร์และชลศาสตร์ที่บันทึกเป็นข้อมูลสำเร็จ (Build-in) ไว้ในแบบจำลองทั้งสองนั้น เพียงพอที่จะใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาได้
- 4) การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อย (Sub-Basin) จะมีผลต่อการคำนวณหาค่าชลาภาพของแต่ละแบบจำลอง

ตารางที่ 2-5 สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบเชิงสถิติของแบบจำลองอิลลูดัสและสวีม
(Leyanagama, 1981)

a) Oakdale Test Basin

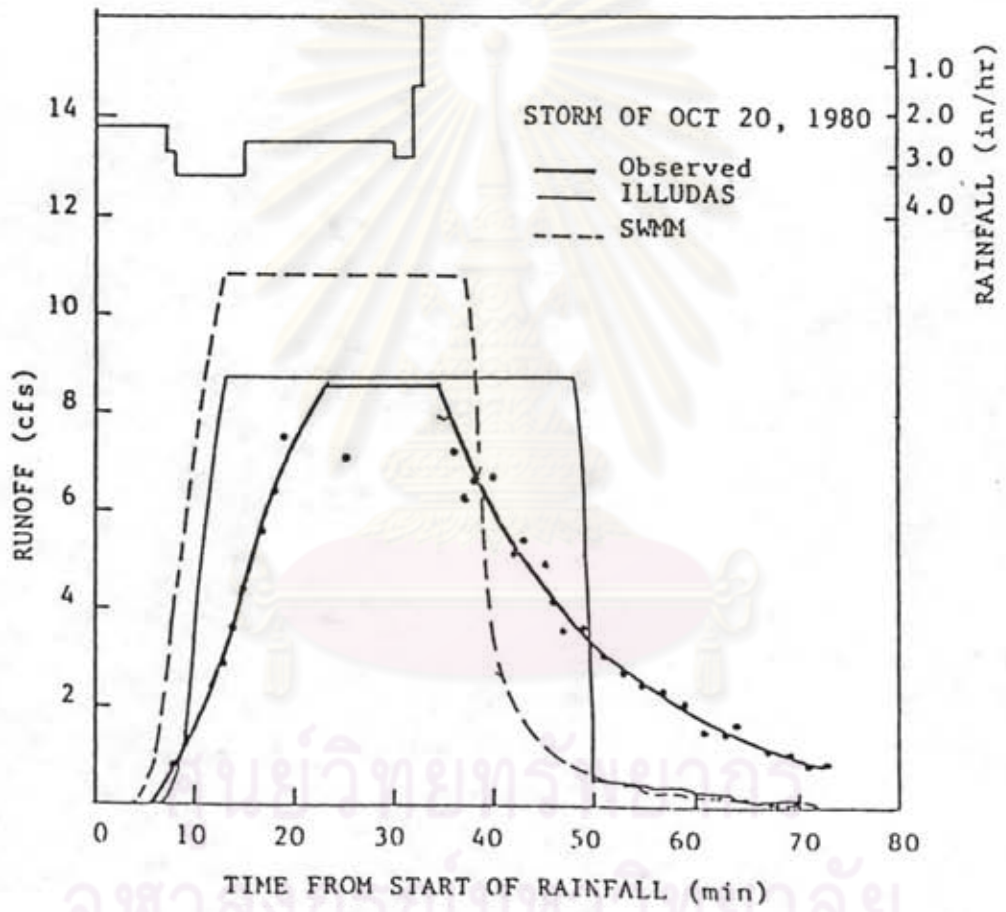
Number of Events		Model	
		ILLUDAS	SWM
12	R RS ISE	Very good - fair	Very good - fair
12	Mean $\frac{Q_p \text{ Calc.}}{Q_p \text{ Meas.}}$	1.02	1.01
	Standard Deviation of Q_p Ratios	0.253	0.194
12	Mean $\frac{T_p \text{ Calc.}}{T_p \text{ Meas.}}$	0.97	0.94
	Standard Deviation of T_p Ratios	0.054	0.071
12	Mean $\frac{V \text{ Calc.}}{V \text{ Meas.}}$	0.87	0.97
	Standard Deviation of V Ratios	0.133	0.143

b) Gray Baven Test Basin

Number of Events		Model	
		ILLUDAS	SWM
10	R RS ISE	Very good	Very good
10	Mean $\frac{Q_p \text{ Calc.}}{Q_p \text{ Meas.}}$	0.96	0.90
	Standard Deviation of Q_p Ratios	0.126	0.144
10	Mean $\frac{T_p \text{ Calc.}}{T_p \text{ Meas.}}$	0.99	0.98
	Standard Deviation of T_p Ratios	0.044	0.45
10	Mean $\frac{V \text{ Calc.}}{V \text{ Meas.}}$	1.01	0.99
	Standard Deviation of V Ratios	0.10	0.124

c) Northwood Test Basin

Number of Events		Model	
		ILLUDAS	SWM
10	R RS ISE	fair - Poor	Fair - Poor
10	Mean $\frac{Q_p \text{ Calc.}}{Q_p \text{ Meas.}}$	0.98	0.73
	Standard Deviation of Q_p Ratios	0.221	0.150
10	Mean $\frac{T_p \text{ Calc.}}{T_p \text{ Meas.}}$	1.10	1.15
	Standard Deviation of T_p Ratios	0.13	0.168
10	Mean $\frac{V \text{ Calc.}}{V \text{ Meas.}}$	1.11	1.03
	Standard Deviation of V Ratios	0.180	0.202



รูปที่ 2-10 แสดงกราฟการเปรียบเทียบค่าชลภาพที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการสำรวจ (Leyanagama, 1981)

ตารางที่ 2-6 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานของแบบจำลองอิสระและส่วน
(Leyanagama, 1981)

	MODEL	
	ILLUDAS	SMM
Effort for input data preparation	low	medium
Flexibility of schematization	good	good
Accuracy of routing method used	good	good
Model & computer program availability	excellent	excellent
Facility for flood retention basin	yes	yes
Facility for runoff quality submodel	no	yes
Continuous refinements by the corresponding agency or various bodies	yes	yes
Computer time required	low	moderate
(a) compilation (sec)	11	86
(b) execution (sec) (IBM 3031 system)	7	18
Facility for design	yes	no

- 5) ค่าตัวแปรในสมการของ Horton จะมีผลต่อการหาค่าปริมาณน้ำฝนที่จะเปลี่ยนเป็นน้ำท่า
- 6) ความถูกต้องของ ข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็นในการประเมินผลระบบระบายน้ำโดยใช้แบบจำลองทั้งสอง
- 7) แบบจำลองทั้งสองมีความสามารถในการใช้งานใกล้เคียงกัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย