หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การศึกษาวิเคราะห์

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการศึกษาวิเคราะห์และผลของการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำ พื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนพญาไทในเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อันประกอบไปด้วยการศึกษาทางด้านชลศาสตร์และอุทกวิทยา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การศึกษาวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยา

การศึกษาวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยานี้ กระทำเพื่อวัตถุประสงค์ที่จะกำหนดปริมาณฝนในการนำไปศึกษาวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้คาบอบปีการเกิดของฝนเท่ากับ 5 ปี ซึ่งเสนอไว้โดย Civil Aeronautics Administration [12] เนื่องจากเป็นคาบอบปีที่มีความเหมาะสมในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับระบบระบายน้ำในเมือง

4.1.1 การศึกษาวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา การศึกษาทางด้านอุทกวิทยาดังทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เกี่ยวกับการแจกแจงแบบต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ ซึ่งได้แก่ การแจกแจงแบบลอกนอร์มอลชนิด 2 พารามิเตอร์ การแจกแจงแบบลอกเพียร์สันชนิดที่ 3 และการแจกแจงแบบกัมเบล โดยอาศัยข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีที่ช่วงเวลาต่าง ๆ (ตารางที่ 3-1) ของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้ผลลัพธ์ปริมาณฝนที่ช่วงเวลาและคาบอบปีต่าง ๆ ของแต่ละทฤษฎีการแจกแจง เป็นไปตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-1 ถึง 4-3 ตามลำดับ และผลของการทดสอบความเหมาะสมด้วยวิธี Chi-square ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-4 ปรากฏว่าการแจกแจงแบบกัมเบลให้ค่า χ^2 ที่ต่ำกว่าการแจกแจงแบบอื่น ๆ แสดงว่ามีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงแบบกัมเบล และสามารถจัดรูปผลลัพธ์ให้อยู่ในรูปของปริมาณความเข้มของฝนที่ช่วงเวลาและคาบอบปีต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-5 และรูปที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ปริมาณฝนที่ช่วงเวลาและค่ารอบปีต่าง ๆ
(การแจกแจงแบบลอกนอร์มอลชนิด 2 พารามิเตอร์)

Duration	Mean	S.D.	Rainfall depth (mm) for each return period (yrs)					
			2	5	10	25	50	100
15 mins	31.44	6.88	30.70	36.90	40.50	44.90	47.90	50.80
Skew= 0.46 :Standard error =			0.97	1.13	1.31	1.55	1.71	1.87
30 mins	47.04	12.00	45.60	56.30	62.90	70.70	76.30	81.70
Skew= 0.68 :Standard error =			1.69	1.96	2.28	2.69	2.98	3.25
1 hour	64.94	16.58	62.90	77.70	86.80	97.70	105.40	112.90
Skew= 0.57 :Standard error =			2.33	2.71	3.15	3.71	4.11	4.49
2 hours	78.53	24.15	75.10	96.70	110.30	127.10	139.20	151.10
Skew= 0.75 :Standard error =			3.37	3.92	4.55	5.37	5.95	6.49
3 hours	83.15	25.72	79.40	102.40	117.00	134.90	147.80	160.50
Skew= 0.71 :Standard error =			3.59	4.18	4.85	5.72	6.33	6.91
6 hours	91.27	34.58	85.40	116.20	136.50	162.10	181.10	200.10
Skew= 1.69 :Standard error =			4.78	5.56	6.44	7.60	8.42	9.19
12 hours	97.38	43.16	89.00	127.10	153.20	186.90	212.50	238.50
Skew= 3.12 :Standard error =			5.89	6.86	7.95	9.38	10.39	11.34
24 hours	108.22	49.69	98.40	142.10	172.30	211.50	241.50	272.10
Skew= 3.53 :Standard error =			6.76	7.87	9.13	10.76	11.92	13.02

Remark : Station Bangkok Metropolis

ตารางที่ 4-2 ปริมาณฝนที่ช่วงเวลาและค่ารอบปีต่าง ๆ
(การแจกแจงแบบลอกเพียร์สันชนิดที่ 3)

Duration	Mean	S.D.	Rainfall depth (mm) for each return period (yrs)					
			2	5	10	25	50	100
15 mins	31.44	6.88	30.78	36.95	40.62	44.89	47.87	50.69
Skew= 0.46 :Standard error =			1.04	1.33	1.72	2.49	3.25	4.13
30 mins	47.04	12.00	45.45	56.24	63.00	71.21	77.14	82.95
Skew= 0.68 :Standard error =			1.76	2.42	3.19	4.72	6.24	8.04
1 hour	64.94	16.58	62.93	77.89	87.09	98.08	105.91	113.48
Skew= 0.57 :Standard error =			2.46	3.30	4.34	6.40	8.44	10.85
2 hours	78.53	24.15	75.42	97.15	110.62	126.80	138.33	149.49
Skew= 0.75 :Standard error =			3.55	4.81	6.43	9.71	12.98	16.85
3 hours	83.15	25.72	80.08	103.21	117.31	134.01	145.75	156.99
Skew= 0.71 :Standard error =			3.82	5.07	6.76	10.24	13.69	17.74
6 hours	91.27	34.58	84.26	113.64	134.42	162.22	184.07	206.92
Skew= 1.69 :Standard error =			7.88	10.41	12.30	16.14	20.72	27.05
12 hours	97.38	43.16	86.54	119.54	145.84	184.68	218.11	255.77
Skew= 3.12 :Standard error =			8.58	11.61	13.84	19.45	27.55	40.05
24 hours	108.22	49.69	95.45	132.47	162.57	207.79	247.34	292.48
Skew= 3.53 :Standard error =			9.61	13.07	15.59	22.19	32.10	47.72

Remark : Station Bangkok Metropolis

I 10299040

ตารางที่ 4-3 ปริมาณฝนที่ช่วงเวลาและค่ารอบปีต่าง ๆ
(การแจกแจงแบบกัมเบล)

Duration	Mean	S.D.	Rainfall depth (mm) for each return period (yrs)					
			2	5	10	25	50	100
15 mins	31.44	6.88	30.40	37.10	41.60	47.20	51.40	55.50
Skew= 0.46 :Standard error =			0.91	1.61	2.21	3.01	3.61	4.22
30 mins	47.04	12.00	45.20	56.90	64.70	74.50	81.80	89.00
Skew= 0.68 :Standard error =			1.58	2.80	3.85	5.24	6.30	7.36
1 hour	64.94	16.58	62.30	78.50	89.30	102.80	112.90	122.90
Skew= 0.57 :Standard error =			2.18	3.87	5.32	7.24	8.70	10.17
2 hours	78.53	24.15	74.70	98.40	114.00	133.70	148.40	162.90
Skew= 0.75 :Standard error =			3.18	5.64	7.75	10.55	12.68	14.81
3 hours	83.15	25.72	79.10	104.30	120.90	142.00	157.60	173.10
Skew= 0.71 :Standard error =			3.38	6.01	8.25	11.24	13.51	15.77
6 hours	91.27	34.58	85.90	119.70	142.10	170.30	191.30	212.20
Skew= 1.69 :Standard error =			4.55	8.08	11.10	15.11	18.16	21.21
12 hours	97.38	43.16	90.60	132.80	160.80	196.10	222.30	248.30
Skew= 3.12 :Standard error =			5.68	10.09	13.85	18.86	22.66	26.47
24 hours	108.22	49.69	100.40	149.00	181.20	221.80	252.00	281.90
Skew= 3.53 :Standard error =			6.54	11.61	15.94	21.71	26.09	30.47

Remark : Station Bangkok Metropolis

ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบความเหมาะสม
(Chi-Square Test)

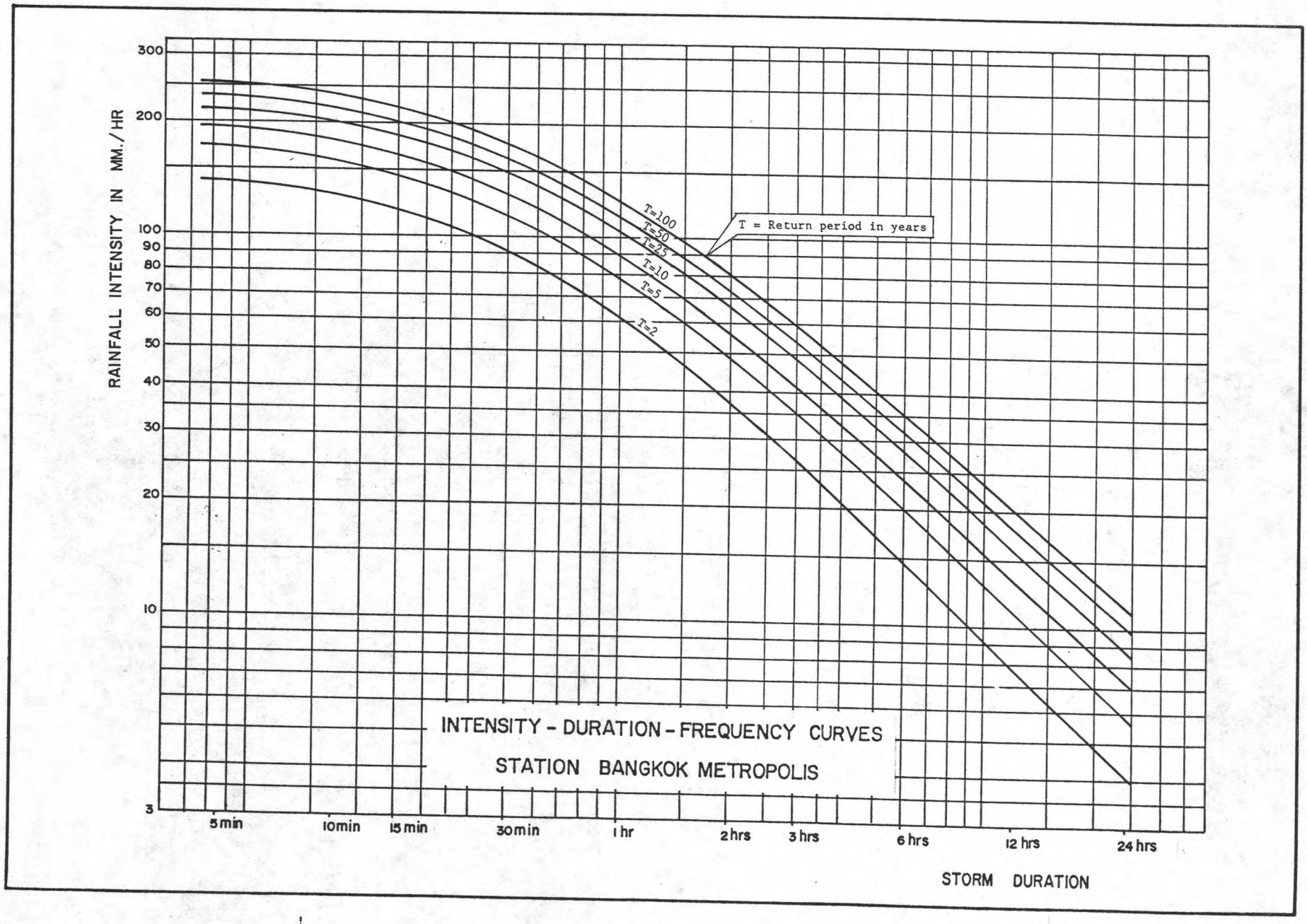
Duration	2-Parameter Lognormal	Log-Pearson Type III	Gumbel	Sample Size (n)
15 mins	5.082	4.673 *	12.020	49
30 mins	21.000	17.327 *	17.735	49
1 hour	6.306	6.306	5.490 *	49
2 hours	3.857	4.265	3.449 *	49
3 hours	4.265	4.673	3.857 *	49
6 hours	1.816 *	2.224	5.898	49
12 hours	5.082 *	5.895	16.918	49
24 hours	9.163 *	12.020	25.082	49

Remarks : Station Bangkok Metropolis
* minimum value

ตารางที่ 4-5 ปริมาณความเข้มของฝนที่ช่วงเวลาและค่ารอบปีต่าง ๆ
(การแจกแจงแบบกัมเบล)

Duration	Rainfall intensity (mm/hr) for each return period (yrs)					
	2	5	10	25	50	100
15 mins	121.6	148.4	166.4	188.8	205.6	222.0
30 mins	90.4	113.8	129.4	149.0	163.6	178.0
1 hour	62.3	78.5	89.3	102.8	112.9	122.9
2 hours	37.4	49.2	57.0	66.9	74.2	81.5
3 hours	26.4	34.8	40.3	47.3	52.5	57.7
6 hours	14.3	20.0	23.7	28.4	31.9	35.4
12 hours	7.6	11.1	13.4	16.3	18.5	20.7
24 hours	4.2	6.2	7.6	9.2	10.5	11.7

Remark : Station Bangkok Metropolis



รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน (ผลการศึกษาวิเคราะห์)

4.1.2 การกำหนดปริมาณฝนที่ใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงการกำหนดค่าปริมาณฝนกรณีการเกิดของฝนในรอบ 5 ปี ที่จะนำไปใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ขั้นต่อไป โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน ของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา ทั้งที่เคยทำมาในอดีตและที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ที่จัดทำโดยบริษัทที่ปรึกษา NEDECO

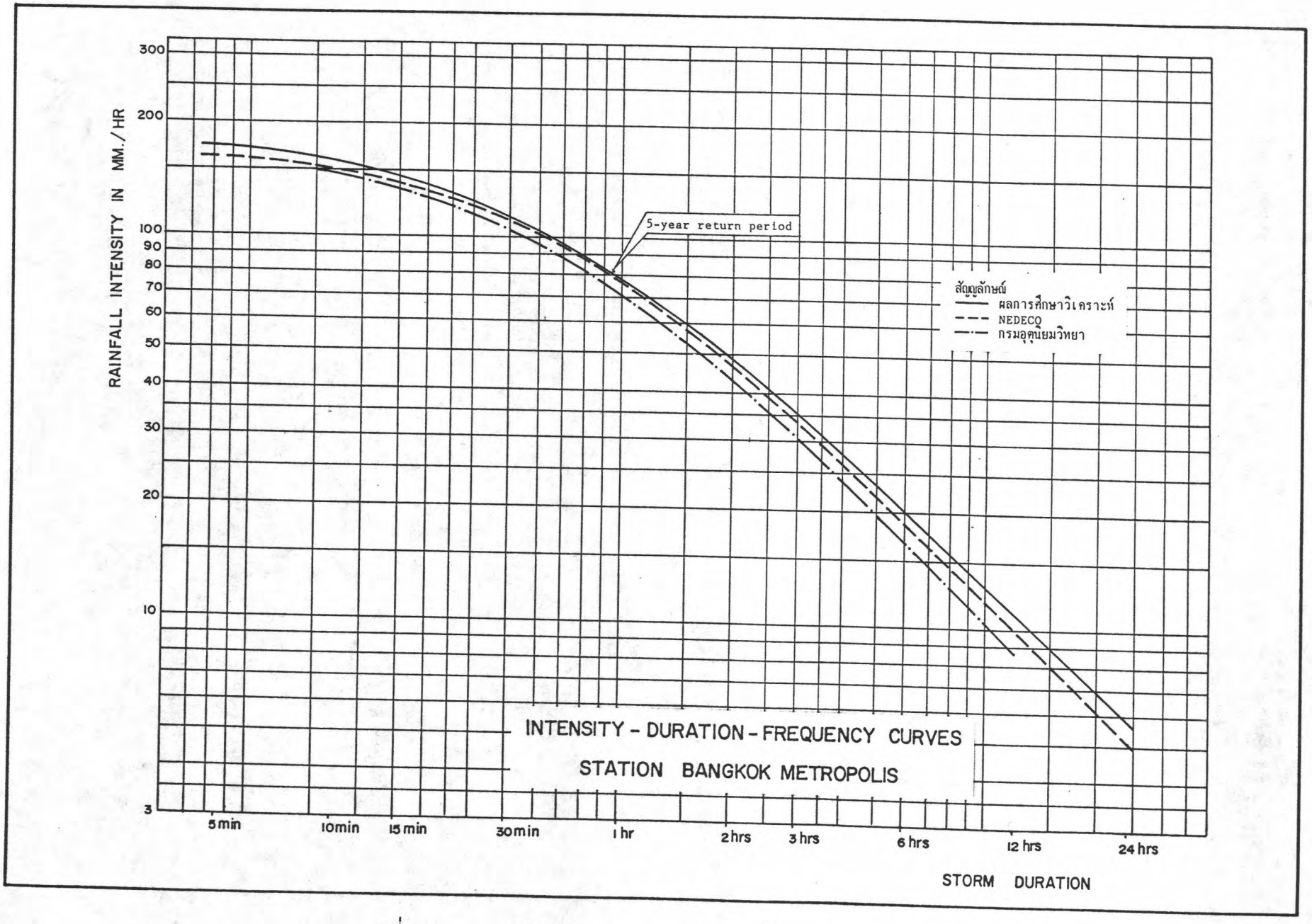
2) ความสัมพันธ์ที่จัดทำโดยกองภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา

3) ผลจากการศึกษาวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา

และจากรูปที่ 4-2 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มของฝนที่ช่วงเวลาใด ๆ ที่ค่ารอบปีเท่ากับ 5 ปีของความสัมพันธ์ต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ที่จัดทำโดยกองภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาให้ค่าที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ทั้งสองที่เหลือให้ค่าที่ใกล้เคียงกันโดยที่ความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์มีค่าสูงกว่าของบริษัทที่ปรึกษา NEDECO เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากได้ทำการเพิ่มเติมข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายปีมาจนถึงปี พ.ศ. 2529 ดังนั้นในการศึกษาวิเคราะห์ขั้นต่อไปจึงกำหนดให้ใช้ความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีทางด้านอุทกวิทยา ซึ่งมีค่าปริมาณความเข้มของฝนที่ช่วงเวลาใด ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-6

4.2 การศึกษาวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์

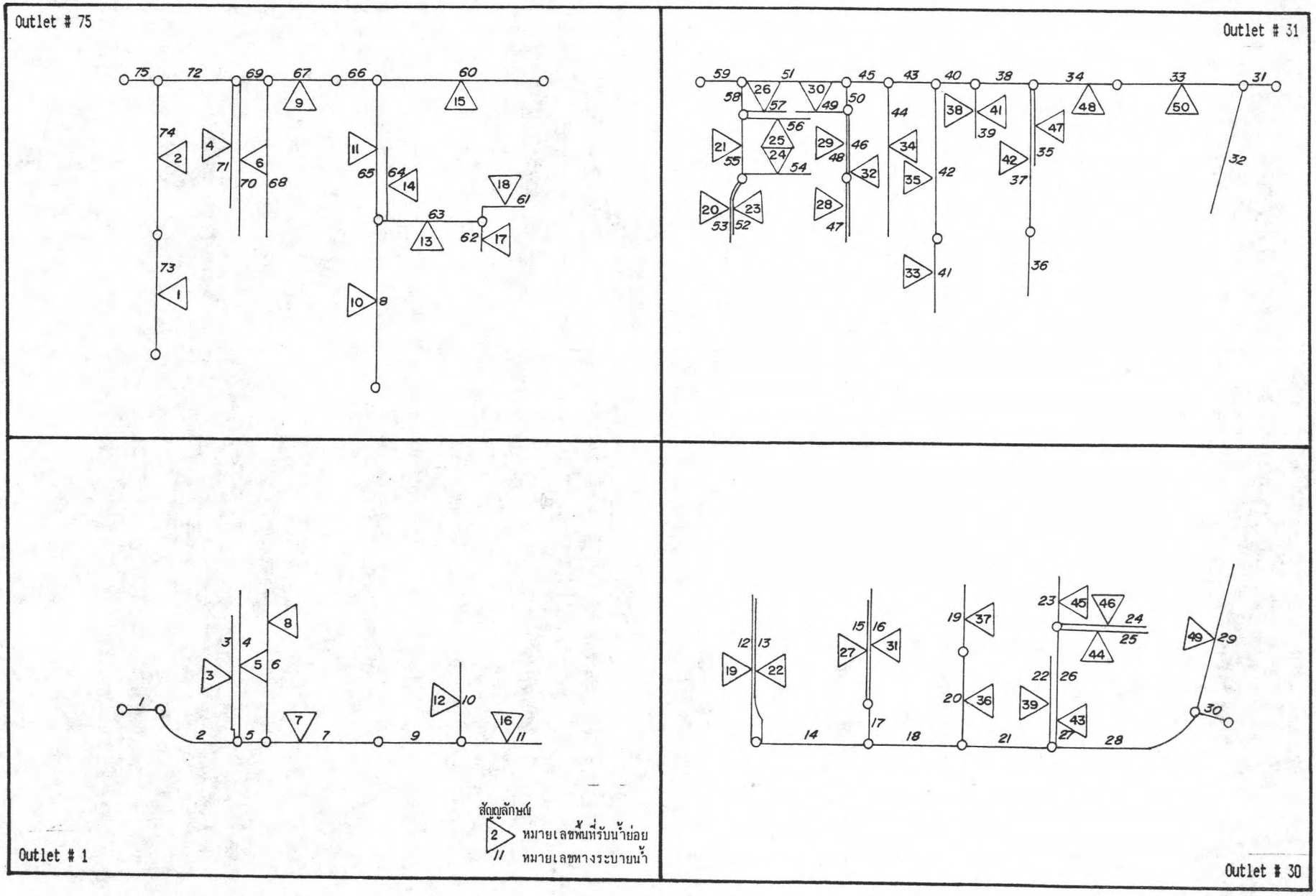
ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงการศึกษาวิเคราะห์ระบบระบายน้ำ พื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนพญาไทในเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อทำการตรวจสอบและหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำ ซึ่งจากข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบระบายน้ำและทิศทางการไหลของน้ำ ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ทำให้สามารถแบ่งการพิจารณาระบบระบายน้ำของพื้นที่ทำการศึกษาออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน ตามจุดที่ใช้ในการระบายน้ำออกไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอก ซึ่งในแต่ละส่วนมีพื้นที่รับน้ำย่อย ระบบระบายน้ำ และการเชื่อมต่อกันของทางระบายน้ำที่เกี่ยวข้องดังแสดงไว้ในรูปที่ 4-3 สำหรับขั้นตอนของการศึกษาวิเคราะห์ มีดังนี้



รูปที่ 4-2 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ค่าคาบปีเท่ากับ 5 ปี

ตารางที่ 4-6 ปริมาณความเข้มของฝนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ในรอบ 5 ปี

Duration min	I mm/hr	Duration min	I mm/hr	Duration min	I mm/hr	Duration min	I mm/hr	Duration hr	I mm/hr
2	176.0	42	97.0	82	64.1	130	45.9	6	20.0
4	173.0	44	94.5	84	63.2	140	43.5	7	17.5
6	168.0	46	92.0	86	62.2	150	41.0	8	15.5
8	162.0	48	90.0	88	61.2	160	39.0	9	14.0
10	157.0	50	88.0	90	60.2	170	37.0	10	13.0
12	152.0	52	86.0	92	59.4	180	35.5	11	12.0
14	147.0	54	84.0	94	58.6	190	33.5	12	11.5
16	142.0	56	82.0	96	57.9	200	32.0		
18	137.0	58	80.0	98	57.0	210	31.0	15	8.9
20	133.0	60	78.0	100	56.1	220	30.0	18	7.5
22	129.0	62	76.5	102	55.2	230	28.8	21	6.5
24	125.0	64	75.2	104	54.4	240	27.7	24	5.8
26	121.0	66	74.0	106	53.7	250	27.0		
28	117.0	68	72.5	108	53.0	260	26.1		
30	114.0	70	71.2	110	52.3	270	25.2		
32	111.0	72	70.0	112	51.6	280	24.5		
34	108.0	74	68.5	114	51.0	290	23.8		
36	105.0	76	67.2	116	50.3	300	23.2		
38	102.0	78	66.0	118	49.6				
40	99.5	80	65.0	120	49.0				



รูปที่ 4-3 ลำดับการเชื่อมต่อของพื้นที่รับน้ำย่อยและระบบระบายน้ำ

4.2.1 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์และข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา มีดังต่อไปนี้

1) การศึกษาวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ค่าคาบอบปีการเกิดของฝนเท่ากับ 5 ปี (5-year return period) ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมสำหรับระบบระบายน้ำในเมือง (urban drainage system)

2) การคำนวณปริมาณน้ำผิวดินอันเกิดจากน้ำฝนนั้น กำหนดให้ใช้วิธีเรชันแนล ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2

3) ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล (C) และความเร็วในการไหลของน้ำบนพื้นผิวดิน (V_o) มีค่าขึ้นอยู่กับสภาพการปกคลุมพื้นผิวดิน ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 สำหรับการศึกษาวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ค่าเฉลี่ย ดังนี้

พื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ยาก $C = 0.80$, $V_o = 10$ เมตร/นาที

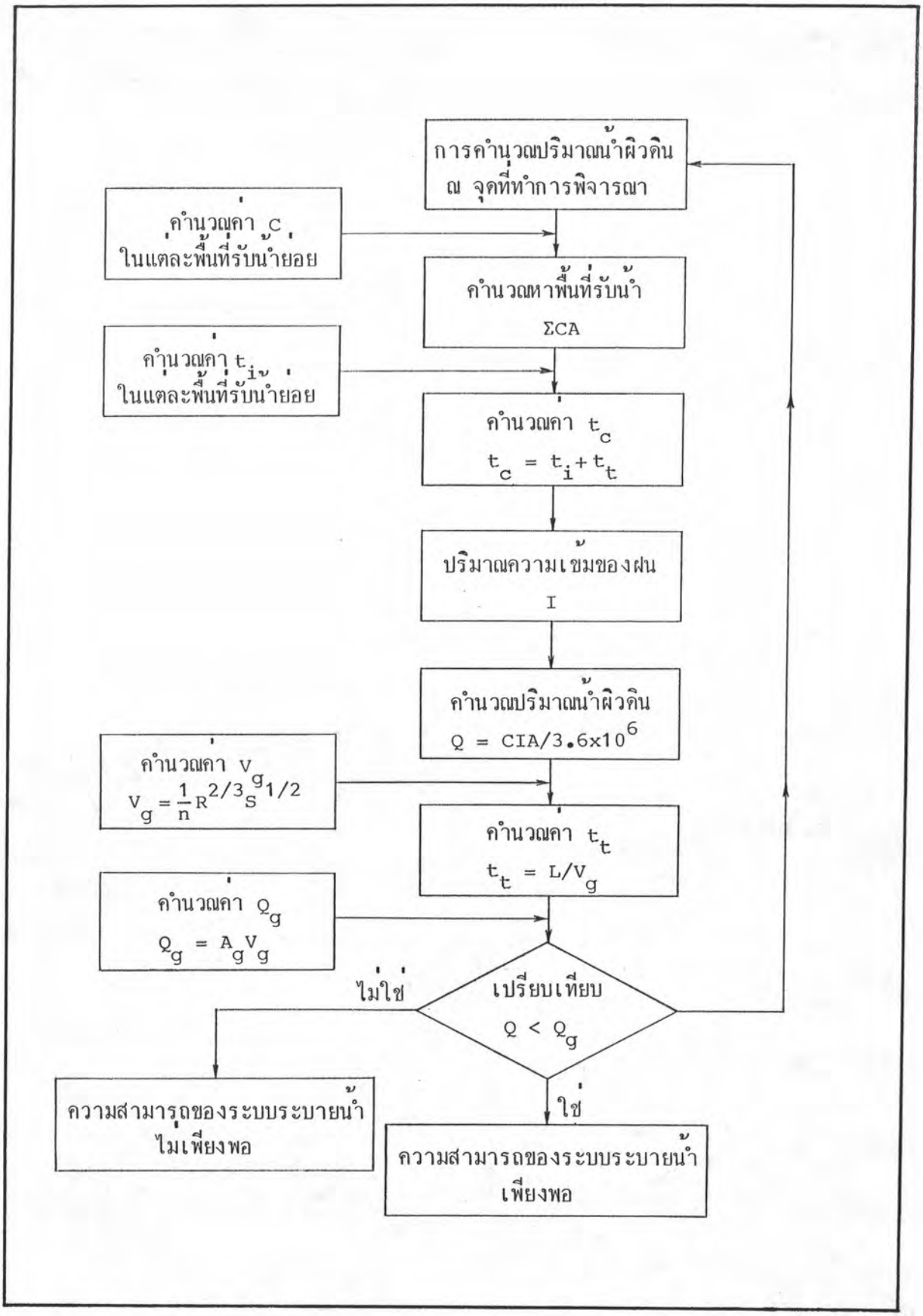
พื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ $C = 0.30$, $V_o = 3$ เมตร/นาที

4) ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (n) กำหนดให้ใช้ $n = 0.014$ สำหรับพื้นผิวที่เป็นคอนกรีต (ตารางที่ 2-2)

5) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ทำการศึกษา เป็นไปตามที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3

4.2.2 การคำนวณปริมาณน้ำผิวดินสูงสุด การคำนวณหาปริมาณการเกิดของน้ำผิวดินสูงสุด ณ จุดพิจารณาใด ๆ ของระบบระบายน้ำนี้ กระทำเพื่อวัตถุประสงค์ที่จะทำการตรวจสอบสภาพของระบบระบายน้ำในปัจจุบัน ถึงการรองรับกรณีการเกิดของฝนในรอบ 5 ปี ซึ่งจะได้นำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณไปใช้ในการกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำต่อไป ทั้งนี้ภายใต้สมมติฐานที่ว่า การไหลของน้ำในระบบระบายน้ำเป็นการไหลแบบอิสระ (free flow) ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และยังไม่ได้พิจารณาการเก็บกักน้ำตามแหล่งรับน้ำบนผิวดิน รายละเอียดขั้นตอนการคำนวณ มีดังต่อไปนี้ (รูปที่ 4-4)

1) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล (C) และระยะเวลาที่น้ำไหลจากจุดไกลสุดมายังทางระบายน้ำ (t_i) ของแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อย สามารถหาค่าได้ด้วยการเฉลี่ยตามลักษณะการปกคลุมพื้นผิวดิน ที่เป็นพื้นที่น้ำซึมผ่านได้ยาก และพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ โดยอาศัยสมการ



รูปที่ 4-4 ขั้นตอนการคำนวณปริมาณน้ำผิวดิน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$C = \frac{(0.80\ A_{imp} + 0.30\ A_{per})}{A}$$

$$t_i = \frac{AL}{(10\ A_{imp} + 3\ A_{per})}$$

ในเมื่อ A, A_{imp} และ A_{per} = ขนาดของพื้นที่รับน้ำย่อย พื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ยาก และพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้, ตารางเมตร

L = A/W = ความยาวของพื้นที่รับน้ำย่อย, เมตร

W = ความกว้างของพื้นที่รับน้ำย่อย, เมตร

ได้ผลลัพธ์เป็นไปตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-7

2) การคำนวณค่าความจุของทางระบายน้ำ (Q_g) และความเร็วในการไหลของน้ำ (V_g) ในแต่ละทางระบายน้ำสามารถหาค่าได้ด้วยสมการ 2-14 และ 2-15 ตามลำดับ ดังผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-8

3) การคำนวณหาพื้นที่รับน้ำของจุดพิจารณาใดๆ ได้จากการรวมกันของพื้นที่รับน้ำย่อยที่เชื่อมต่อมายังจุดที่ทำการพิจารณา

4) การคำนวณหาระยะเวลาในการไหลของน้ำ จากจุดไกลสุดมายังจุดที่ทำการพิจารณาใด ๆ (t_c) สามารถกระทำได้โดยอาศัยลำดับการเชื่อมต่อของทางระบายน้ำ (รูปที่ 4-3) เพื่อนำมาคำนวณหาค่า t_c ด้วยสมการ 2-13 และเลือกใช้แนวที่ให้ค่า t_c สูงสุด เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่น้ำไหลจากจุดต่าง ๆ มาถึงจุดที่ทำการพิจารณาแล้วทั้งหมด

5) การคำนวณหาปริมาณน้ำผิวดินสูงสุด (Q) ณ จุดพิจารณาใด ๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานานเท่ากับระยะเวลาในการไหลของน้ำจากจุดไกลสุดมายังจุดที่ทำการพิจารณา(t_c)ได้จากการนำค่าปริมาณความเข้มของฝน (I) ที่ช่วงเวลาเท่ากับ t_c (ตารางที่ 4-6) มาคำนวณหาปริมาณน้ำผิวดินด้วยสมการ 2-12 อันเป็นค่าปริมาณน้ำผิวดินสูงสุด ณ จุดที่ทำการพิจารณานั้น ๆ แต่เนื่องจากเป็นการศึกษาระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิมแล้ว ดังนั้นปริมาณน้ำผิวดินสูงสุด ณ จุดพิจารณาใด ๆ จะมีค่าเท่ากับผลลัพธ์จากการคำนวณในขั้นตอนนี้ ก็ต่อเมื่อการไหลของน้ำมายังจุดที่ทำการพิจารณาจะต้องเป็นไปโดยสมบูรณ์ ซึ่งจากสภาพการ

ตารางที่ 4-7 การคำนวณสัมประสิทธิ์ของการไหลและระยะเวลาที่น้ำไหลจากจุดไกลสุดมายังทางระบายน้ำ

Subarea number	Area sq.m	Width m	Aimp %	Ground slope	Storage		C	ti min	Subarea number	Area sq.m	Width m	Aimp %	Ground slope	Storage		C	ti min
					Area, sq.m	Depth, m								Area, sq.m	Depth, m		
1	20232	281	100	0.0004			0.800	7.2	26	5273	82	87	0.0085			0.735	7.1
2	20232	281	100	0.0004			0.800	7.2	27	24714	260	26	0.0018	2160	3.00	0.430	19.7
3	20232	281	100	0.0004			0.800	7.2	28	11472	119	36	0.0039	200	1.20	0.480	17.5
4	20232	281	100	0.0004			0.800	7.2	29	6898	106	57	0.0007			0.585	9.3
5	17422	281	100	0.0056			0.800	6.2	30	6457	100	85	0.0072			0.725	7.2
6	17422	281	100	0.0056			0.800	6.2	31	23544	286	77	0.0014	544	1.00	0.685	9.8
7	19352	118	74	0.0010			0.670	20.0	32	19694	275	67	0.0026			0.635	9.3
8	17571	152	10	0.0010			0.350	31.2	33	23408	286	98	0.0014	456	1.00	0.790	8.3
9	27238	112	90	0.0010			0.750	26.2	34	11875	275	96	0.0065			0.780	4.4
10	22831	315	58	0.0010	945	1.50	0.590	10.3	35	13294	275	92	0.0065			0.760	5.1
11	17900	243	90	0.0010	972	1.80	0.750	7.9	36	14210	177	69	0.0012	644	1.00	0.645	10.3
12	35260	164	60	0.0010			0.600	29.9	37	8465	123	56	0.0110	784	1.00	0.580	9.9
13	15120	164	80	0.0010			0.700	10.7	38	11431	263	97	0.0016			0.785	4.4
14	25814	157	17	0.0011			0.385	39.2	39	14792	177	73	0.0019	644	1.00	0.665	10.3
15	26496	288	100	0.0010			0.800	9.2	40	11649	123	77	0.0146			0.685	11.3
16	25490	118	55	0.0010	2652	1.50	0.575	31.5	41	17216	263	79	0.0042	1440	1.10	0.695	7.7
17	10215	91	90	0.0021			0.750	12.1	42	11518	263	64	0.0032			0.620	5.9
18	19600	123	96	0.0028			0.780	16.4	43	16748	106	33	0.0025			0.465	29.8
19	15438	260	100	0.0006			0.800	5.9	44	19005	179	54	0.0017			0.570	15.7
20	6520	119	90	0.0057			0.750	5.9	45	5660	113	100	0.0105			0.800	5.0
21	12920	170	96	0.0006			0.780	7.8	46	13447	119	61	0.0012			0.605	15.5
22	28189	260	24	0.0032	2550	3.00	0.420	23.2	47	10526	229	79	0.0053			0.695	5.4
23	12744	119	92	0.0039	990	1.50	0.760	11.3	48	22458	117	80	0.0010			0.700	22.3
24	5986	116	78	0.0012			0.690	6.1	49	41802	338	100	0.0006			0.800	12.4
25	6264	116	79	0.0023			0.695	6.3	50	50516	232	60	0.0010	1440	1.60	0.600	30.2
									Total	882792				16421		0.669	

ตารางที่ 4-8 การคำนวณความจุของระบบระบายน้ำ

Gutter number	Type	Size		Length m	Gutter slope	Vg mps	Qg cms	Gutter number	Type	Size		Length m	Gutter slope	Vg mps	Qg cms	Gutter number	Type	Size		Length m	Gutter slope	Vg mps	Qg cms
		Ø,B,m	D,m							Ø,B,m	D,m							Ø,B,m	D,m				
1	P	1.00		20	0.0013	1.02	0.803	26	P	0.60		106	0.0015	0.78	0.221	51	G	2.00	2.00	183	0.0010	1.72	6.895
2	P	1.00		140	0.0013	1.02	0.803	27	P	0.60		102	0.0015	0.78	0.221	52	G	0.45	0.45	120	0.0026	1.03	0.208
3	P	0.50		220	0.0017	0.74	0.145	28	P	1.00		264	0.0008	0.80	0.630	53	G	0.45	0.45	126	0.0026	1.03	0.208
4	P	0.50		265	0.0019	0.78	0.153	29	P	0.60		275	0.0045	1.35	0.382	54	G	0.45	0.45	120	0.0049	1.41	0.286
5	P	1.00		50	0.0013	1.02	0.803	30	P	1.00		38	0.0008	0.80	0.630	55	P	0.40		108	0.0026	0.78	0.099
6	P	0.50		265	0.0033	1.03	0.201	31	G	2.00	2.00	38	0.0010	1.72	6.895	56	P	0.40		120	0.0065	1.24	0.156
7	P	1.00		194	0.0013	1.02	0.803	32	P	0.60		220	0.0040	1.28	0.361	57	P	0.40		80	0.0064	1.23	0.155
8	P	0.60		288	0.0010	0.64	0.180	33	G	2.00	2.00	214	0.0010	1.72	6.895	58	P	0.40		46	0.0026	0.78	0.099
9	P	1.00		143	0.0013	1.02	0.803	34	G	2.00	2.00	148	0.0010	1.72	6.895	59	G	2.00	2.00	72	0.0010	1.72	6.895
10	P	0.60		160	0.0010	0.64	0.180	35	P	0.60		144	0.0001	0.20	0.057	60	G	2.00	2.00	290	0.0010	1.72	6.895
11	P	1.00		200	0.0013	1.02	0.803	36	P	0.40		110	0.0001	0.15	0.019	61	P	0.50		103	0.0041	1.14	0.225
12	G	0.45	0.45	256	0.0007	0.53	0.108	37	P	0.60		254	0.0001	0.20	0.057	62	P	0.50		50	0.0011	0.59	0.116
13	G	0.45	0.45	250	0.0014	0.75	0.153	38	G	2.00	2.00	100	0.0010	1.72	6.895	63	P	0.50		180	0.0009	0.54	0.105
14	P	1.00		205	0.0008	0.80	0.630	39	P	0.30		90	0.0043	0.83	0.059	64	P	0.30		160	0.0020	0.57	0.040
15	G	0.45	0.45	188	0.0012	0.70	0.141	40	G	2.00	2.00	70	0.0010	1.72	6.895	65	P	0.60		160	0.0010	0.64	0.180
16	G	0.45	0.45	212	0.0019	0.88	0.178	41	P	0.60		130	0.0043	1.32	0.374	66	G	2.00	2.00	72	0.0010	1.72	6.895
17	G	0.45	0.45	62	0.0019	0.88	0.178	42	P	0.60		256	0.0043	1.32	0.374	67	G	2.00	2.00	118	0.0010	1.72	6.895
18	P	1.00		166	0.0008	0.80	0.630	43	G	2.00	2.00	86	0.0010	1.72	6.895	68	P	0.50		265	0.0031	0.99	0.195
19	P	0.60		116	0.0014	0.75	0.213	44	P	0.40		254	0.0011	0.51	0.064	69	G	2.00	2.00	54	0.0010	1.72	6.895
20	P	0.60		162	0.0014	0.75	0.213	45	G	2.00	2.00	74	0.0010	1.72	6.895	70	P	0.50		265	0.0019	0.78	0.153
21	P	1.00		160	0.0008	0.80	0.630	46	G	0.45	0.45	210	0.0017	0.83	0.168	71	P	0.50		220	0.0034	1.04	0.204
22	P	0.60		162	0.0044	1.34	0.378	47	G	0.45	0.45	116	0.0025	1.01	0.204	72	G	2.00	2.00	134	0.0010	1.72	6.895
23	P	0.60		78	0.0015	0.78	0.221	48	G	0.45	0.45	108	0.0025	1.01	0.204	73	P	0.60		265	0.0012	0.70	0.198
24	P	0.30		160	0.0015	0.49	0.035	49	P	0.40		92	0.0037	0.94	0.118	74	P	0.60		265	0.0012	0.70	0.198
25	P	0.30		160	0.0015	0.49	0.035	50	G	0.45	0.45	46	0.0025	1.01	0.204	75	G	2.00	2.00	40	0.0010	1.72	6.895

Remark : P = Pipe , G = Gutter , Ø = Diameter , D = Depth , n = 0.014

เชื่อมต่อของระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิมมายังจุดที่ทำการพิจารณา ถ้าระบบระบายน้ำที่อยู่เหนือจุดที่ทำการพิจารณาไม่สามารถจะระบายน้ำมาได้ทั้งหมด และเกิดภาวะน้ำท่วมอยู่เหนือจุดที่ทำการพิจารณา จะทำให้ปริมาณน้ำผิวดิน ณ จุดที่ทำการพิจารณามีค่าน้อยกว่าที่คำนวณได้ในขั้นตอนนี้

6) การตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน ได้จากการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำผิวดินสูงสุดกับค่าความจุของทางระบายน้ำ ณ จุดที่ทำการพิจารณาซึ่งจะทำให้ทราบว่าความสามารถในการระบายน้ำ ณ จุดพิจารณาใด ๆ เพียงพอหรือไม่ รายละเอียดผลลัพธ์ของการคำนวณในขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 เป็นไปตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-9

สรุปผลการศึกษาวิเคราะห์ เพื่อทำการตรวจสอบสภาพของระบบระบายน้ำในปัจจุบัน (ตารางที่ 4-9) ที่ค่าคาบปีการเกิดของฝนเท่ากับ 5 ปี ปรากฏว่าระบบระบายน้ำภายในพื้นที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่ ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณการเกิดของน้ำผิวดินสูงสุดได้ อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วม และความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำของทางกรุงเทพมหานครที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ ท่อระบายน้ำถนนพญาไท ก็ไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำที่ระบายออกมาจากพื้นที่ทำการศึกษาได้ ส่วนอุโมงค์ระบายน้ำถนนอังรีดูนังต์ถึงแม้ว่าจะมีความสามารถในการระบายน้ำมากกว่าปริมาณน้ำที่ระบายออกมาจากพื้นที่ทำการศึกษาก็ตาม แต่เนื่องจากอุโมงค์ดังกล่าวยังรับน้ำที่ระบายมาจากพื้นที่ข้างเคียงด้วย ซึ่งอาจจะทำให้ความสามารถในการระบายน้ำของอุโมงค์ดังกล่าวไม่เพียงพอ สำหรับปริมาณน้ำผิวดินสูงสุด ณ จุดที่ใช้ในการระบายน้ำออกไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอก (Outlet) ทั้ง 4 แห่ง มีค่าดังนี้

- ท่อระบายน้ำถนนพญาไทหมายเลข 1 และ 30 ปริมาณน้ำผิวดินสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.348 และ 3.873 ลูกบาศก์เมตร/วินาที
- อุโมงค์ระบายน้ำถนนอังรีดูนังต์หมายเลข 31 และ 75 ปริมาณน้ำผิวดินสูงสุดมีค่าเท่ากับ 6.354 และ 4.178 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

4.2.3 การคำนวณปริมาณน้ำผิวดินเมื่อช่วงเวลามีค่าต่าง ๆ กัน การคำนวณปริมาณน้ำผิวดิน ณ จุดพิจารณาใด ๆ ของระบบระบายน้ำ กรณีที่ฝนตกเป็นระยะเวลานานกว่าเวลาที่น้ำไหลจากจุดไกลสุดมายังจุดที่ทำการพิจารณานั้น กระทำเพื่อวัตถุประสงค์ในการนำมาประกอบการ

ตารางที่ 4-9 การคำนวณปริมาณน้ำผิวดินสูงสุด ณ จุดพิจารณาใด ๆ

Gutter number	Tributary gutter	Tributary subarea	Increment of area sq.m	C	Equivalent area CA sq.m	Total area ΣCA sq.m	tc min	I mm/hr	Runoff Q,cms	Gutter/Pipe ø,B,m	Gutter/Pipe D,m	Gutter slope	Velocity mps	Effective length m	Travel time t_t,min	Capacity Qg,cms	Gross surcharge cms
Outlet # 1																	
11	-	16	25490	0.575	14657	14657	31.5	111.7	0.455	1.00		0.0013	1.02	200	3.3	0.803	-0.348
10	-	12	35260	0.600	21156	21156	29.9	114.0	0.670	0.60		0.0010	0.64	160	4.2	0.180	0.490
9	10,11	-	-	-	-	35813	31.5	111.7	1.111	1.00		0.0013	1.02	143	2.3	0.803	0.308
7	9	7	19352	0.670	12966	35813	33.9	108.0	1.074	1.00		0.0013	1.02	194	3.2	0.863	0.211
6	-	8	17571	0.350	6150	6150	31.2	112.2	0.192	0.50		0.0033	1.03	265	4.3	0.201	-0.010
5	6,7	-	-	-	-	54928	37.0	103.5	1.579	1.00		0.0013	1.02	50	0.8	0.803	0.776
4	-	5	17422	0.800	13938	13938	6.2	167.4	0.648	0.50		0.0019	0.78	265	5.7	0.153	0.495
3	-	3	20232	0.800	16186	16186	7.2	164.4	0.739	0.50		0.0017	0.74	220	5.0	0.145	0.595
2	3,4,5	-	-	-	-	85052	37.8	102.3	2.417	1.00		0.0013	1.02	140	2.3	0.803	1.614
1	2	-	-	-	-	85052	40.1	99.4	2.348	1.00		0.0013	1.02	20	0.3	0.803	1.546
Total			135327	0.628	85052												
Outlet # 30																	
12	-	19	15438	0.800	12350	12350	5.9	168.2	0.577	0.45	0.45	0.0007	0.53	256	8.0	0.108	0.469
13	-	22	28189	0.420	11839	11839	23.2	126.6	0.416	0.45	0.45	0.0014	0.75	250	5.5	0.153	0.264
14	12,13	-	-	-	-	24190	23.2	126.6	0.851	1.00		0.0008	0.80	205	4.3	0.630	0.221
15	-	27	24714	0.430	10627	10627	19.7	133.6	0.394	0.45	0.45	0.0012	0.70	188	4.5	0.141	0.253
16	-	31	23544	0.685	16128	16128	9.8	157.5	0.706	0.45	0.45	0.0019	0.88	212	4.0	0.178	0.528
17	15,16	-	-	-	-	26755	19.7	133.6	0.993	0.45	0.45	0.0019	0.88	62	1.2	0.178	0.815
18	14,17	-	-	-	-	50944	27.4	118.2	1.673	1.00		0.0008	0.80	166	3.5	0.630	1.043
19	-	37	8465	0.580	4910	4910	9.9	157.2	0.214	0.60		0.0014	0.75	116	2.6	0.213	0.001
20	19	36	14210	0.645	9165	4910	9.9	157.2	0.214	0.60		0.0014	0.75	162	3.6	0.213	0.001
21	18,20	-	-	-	-	65020	30.9	112.6	2.034	1.00		0.0008	0.80	160	3.3	0.630	1.404
22	-	39	14792	0.665	9837	9837	10.3	156.2	0.427	0.60		0.0044	1.34	162	2.0	0.378	0.049
23	-	45	5660	0.800	4528	4528	5.0	170.5	0.214	0.60		0.0015	0.78	78	1.7	0.221	-0.006
24	-	46	13447	0.605	8135	8135	15.5	143.2	0.324	0.30		0.0015	0.49	160	5.4	0.035	0.289
25	-	44	19005	0.570	10833	10833	15.7	142.7	0.429	0.30		0.0015	0.49	160	5.4	0.035	0.395
26	23,24,25	-	-	-	-	23496	15.5	143.2	0.935	0.60		0.0015	0.78	106	2.3	0.221	0.714
27	26	43	16748	0.465	7788	23496	17.8	137.5	0.897	0.60		0.0015	0.78	102	2.2	0.221	0.677
28	21,22,27	-	-	-	-	106140	34.2	107.7	3.175	1.00		0.0008	0.80	264	5.5	0.630	2.546
29	-	49	41802	0.800	33442	33442	12.4	151.0	1.403	0.60		0.0045	1.35	275	3.4	0.382	1.020
30	28,29	-	-	-	-	139582	39.7	99.9	3.873	1.00		0.0008	0.80	38	0.8	0.630	3.244
Total			226014	0.618	139582												

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

Gutter number	Tributary gutter	Tributary subarea	Increment of area sq.m	C	Equivalent area CA sq.m	Total area ΣCA sq.m	tc min	I mm/hr	Runoff Q,cms	Gutter/Pipe Ø,B,m	Gutter/Pipe D,m	Gutter slope	Velocity mps	Effective length m	Travel time t_t,min	Capacity Qg,cms	Gross surcharge cms
Outlet # 31																	
54	-	24	5986	0.690	4130	4130	6.1	167.7	0.192	0.45	0.45	0.0049	1.41	120	1.4	0.286	-0.093
53	-	20	6520	0.750	4890	4890	5.9	168.2	0.228	0.45	0.45	0.0026	1.03	126	2.0	0.208	0.020
52	-	23	12744	0.760	9685	9685	11.3	153.7	0.414	0.45	0.45	0.0026	1.03	120	1.9	0.208	0.205
55	52,53,54	21	12920	0.780	10078	18706	11.3	153.7	0.799	0.40		0.0026	0.78	108	2.3	0.099	0.700
56	-	25	6264	0.695	4353	4353	6.3	167.1	0.202	0.40		0.0065	1.24	120	1.6	0.156	0.046
57	-	26	5273	0.735	3876	3876	7.1	164.7	0.177	0.40		0.0064	1.23	80	1.1	0.155	0.023
58	55,56,57	-	-	-	-	37013	13.6	148.0	1.522	0.40		0.0026	0.78	46	1.0	0.099	1.423
51	58	-	-	-	-	37013	14.6	145.5	1.496	2.00	2.00	0.0010	1.72	183	1.8	6.895	-5.399
47	-	28	11472	0.480	5507	5507	17.5	138.2	0.211	0.45	0.45	0.0025	1.01	116	1.9	0.204	0.007
46	-	32	19694	0.635	12506	12506	9.3	158.7	0.551	0.45	0.45	0.0017	0.83	210	4.2	0.168	0.383
48	47	29	6898	0.585	4035	5507	17.5	138.2	0.211	0.45	0.45	0.0025	1.01	108	1.8	0.204	0.007
49	-	30	6457	0.725	4681	4681	7.2	164.4	0.214	0.40		0.0037	0.94	92	1.6	0.118	0.096
50	46,48,49	-	-	-	-	26729	19.2	134.6	0.999	0.45	0.45	0.0025	1.01	46	0.8	0.204	0.795
45	50,51	-	-	-	-	63741	20.0	133.0	2.355	2.00	2.00	0.0010	1.72	74	0.7	6.895	-4.540
44	-	34	11875	0.780	9263	9263	4.4	172.0	0.443	0.40		0.0011	0.51	254	8.3	0.064	0.378
43	44,45	-	-	-	-	73004	20.7	131.6	2.669	2.00	2.00	0.0010	1.72	86	0.8	6.895	-4.226
41	-	33	23408	0.790	18492	18492	8.3	161.2	0.828	0.60		0.0043	1.32	130	1.6	0.374	0.454
42	41	35	13294	0.760	10103	18492	8.3	161.2	0.828	0.60		0.0043	1.32	256	3.2	0.374	0.454
40	42,43	-	-	-	-	101600	21.6	129.8	3.663	2.00	2.00	0.0010	1.72	70	0.7	6.895	-3.232
39	-	38,41	28647	0.740	21199	21199	6.1	167.7	0.988	0.30		0.0043	0.83	90	1.8	0.059	0.929
38	39,40	-	-	-	-	122798	22.2	128.6	4.387	2.00	2.00	0.0010	1.72	100	1.0	6.895	-2.508
36	-	40	11649	0.685	7980	7980	11.3	153.7	0.341	0.40		0.0001	0.15	110	11.9	0.019	0.321
37	36	42	11518	0.620	7141	7980	11.3	153.7	0.341	0.60		0.0001	0.20	254	21.0	0.057	0.284
35	-	47	10526	0.695	7316	7316	5.4	169.5	0.344	0.60		0.0001	0.20	144	11.9	0.057	0.287
34	35,37,38	48	22458	0.700	15721	145235	23.2	126.6	5.107	2.00	2.00	0.0010	1.72	148	1.4	6.895	-1.788
33	34	50	50516	0.600	30310	160955	24.6	123.8	5.535	2.00	2.00	0.0010	1.72	214	2.1	6.895	-1.360
31	33	-	-	-	-	191265	26.7	119.6	6.354	2.00	2.00	0.0010	1.72	38	0.4	6.895	-0.541
Total			278119	0.688	191265												

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

Gutter number	Tributary gutter	Tributary subarea	Increment of area sq.m	C	Equivalent area CA sq.m	Total area ΣCA sq.m	tc min	I mm/hr	Runoff Q,cms	Gutter/Pipe ø,B,m	Gutter/Pipe D,m	Gutter slope	Velocity mps	Effective length m	Travel time t ,min	Capacity Qg,cms	Gross surcharge cms
Outlet # 75																	
61	-	18	19600	0.780	15288	15288	16.4	141.0	0.599	0.50		0.0041	1.14	103	1.5	0.225	0.374
62	-	17	10215	0.750	7661	7661	12.1	151.7	0.323	0.50		0.0011	0.59	50	1.4	0.116	0.207
63	61,62	13	15120	0.700	10584	22949	16.4	141.0	0.899	0.50		0.0009	0.54	180	5.6	0.105	0.794
64	-	14	25814	0.385	9938	9938	39.2	100.5	0.277	0.30		0.0020	0.57	160	4.7	0.040	0.237
8	-	10	22831	0.590	13470	13470	10.3	156.2	0.584	0.60		0.0010	0.64	288	7.5	0.180	0.404
65	8,63,64	11	17900	0.750	13425	56942	43.9	94.6	1.496	0.60		0.0010	0.64	160	4.2	0.180	1.316
60	-	15	26496	0.800	21197	21197	9.2	159.0	0.936	2.00	2.00	0.0010	1.72	290	2.8	6.895	-5.959
66	60,65	-	-	-	-	91564	48.1	89.9	2.287	2.00	2.00	0.0010	1.72	72	0.7	6.895	-4.609
67	66	9	27238	0.750	20429	91564	48.8	89.2	2.269	2.00	2.00	0.0010	1.72	118	1.1	6.895	-4.626
69	67	-	-	-	-	111992	50.0	88.0	2.738	2.00	2.00	0.0010	1.72	54	0.5	6.895	-4.157
70	-	6	17422	0.800	13938	13938	6.2	167.4	0.648	0.50		0.0019	0.78	265	5.7	0.153	0.495
71	-	4	20232	0.800	16186	16186	7.2	164.4	0.739	0.50		0.0034	1.04	220	3.5	0.204	0.535
72	69,70,71	-	-	-	-	142115	50.5	87.5	3.454	2.00	2.00	0.0010	1.72	134	1.3	6.895	-3.441
73	-	1	20232	0.800	16186	16186	7.2	164.4	0.739	0.60		0.0012	0.70	265	6.3	0.198	0.542
74	73	2	20232	0.800	16186	16186	7.2	164.4	0.739	0.60		0.0012	0.70	265	6.3	0.198	0.542
75	72,74	-	-	-	-	174487	51.8	86.2	4.178	2.00	2.00	0.0010	1.72	40	0.4	6.895	-2.717
Total			243332	0.717	174487												

Remark : negative value (-) means gutter capacity greater than the expected runoff

Outlet # 1	: Storage area	=	2652	sq.m	: Gutter volume	=	779 cum
Outlet # 30	:	=	7326	sq.m	:	=	1156 cum
Outlet # 31	:	=	4526	sq.m	:	=	501 cum
Outlet # 75	:	=	1917	sq.m	:	=	448 cum
Total storage area		=	16421	sq.m	:	=	2885 cum

พิจารณาหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำ โดยอาศัยอัตราการไหลของน้ำผิวดิน และปริมาตรของน้ำผิวดิน

การคำนวณปริมาณน้ำผิวดินเมื่อช่วงเวลามีค่าต่าง ๆ กัน ณ จุดพิจารณาใด ๆ สามารถคำนวณหาได้ด้วยสมการ 2-12 ซึ่งจากค่าปริมาณความเข้มของฝนในตารางที่ 4-6 จะเห็นได้ว่าปริมาณความเข้มของฝนจะมีค่าสูงที่ช่วงเวลาสั้น ๆ และจะมีค่าลดต่ำลงเมื่อช่วงเวลานานขึ้น ดังนั้นจะได้ว่าอัตราการไหลของน้ำผิวดินจะมีค่าสูงที่ช่วงเวลาสั้น ๆ ด้วย และจากค่าอัตราการไหลดังกล่าวจะสามารถคำนวณหาปริมาตรของน้ำผิวดินได้ ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-10

4.2.4 การคำนวณปริมาณน้ำผิวดิน ณ จุดที่ทำการพิจารณา การคำนวณในส่วนนี้กระทำเพื่อวัตถุประสงค์ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ปริมาตรน้ำผิวดิน ปริมาณการสะสมของน้ำผิวดินและปริมาณน้ำท่วม (flood) ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ (hydrograph) สำหรับพื้นที่ทำการศึกษานี้ได้เลือกทำการพิจารณา ณ จุดที่ใช้ในการระบายน้ำออกไปจากพื้นที่ทำการศึกษาสู่แหล่งรับน้ำภายนอก (Outlet) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แห่ง เนื่องจากเป็นบริเวณที่จะนำไปใช้ในการพิจารณาติดตั้งเครื่องสูบน้ำ และพิจารณาพื้นที่ทำการศึกษาทั้งหมด โดยมีขั้นตอนการคำนวณในแต่ละจุดที่ทำการพิจารณา ดังนี้

1) กำหนดให้ช่วงเวลามีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับระยะเวลาในการไหลของน้ำจากจุดไกลสุดมายังจุดที่ทำการพิจารณา (t_c)
2) อ่านค่าปริมาณความเข้มของฝนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ (ตารางที่ 4-6) และคำนวณหาปริมาณความเข้มของฝนที่เพิ่มขึ้นเมื่อช่วงเวลามีค่าต่าง ๆ กัน
3) คำนวณหาค่าอัตราการไหล (Q) ได้ด้วยสมการ 2-12
4) คำนวณหาปริมาตรน้ำผิวดิน (V) ในแต่ละช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้นและคำนวณหาปริมาณการสะสมของน้ำผิวดิน (ΣV) เมื่อช่วงเวลามีค่าต่าง ๆ กัน
5) คำนวณหาปริมาณน้ำท่วม (flood depth) จากการพิจารณาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ทำการศึกษา จึงได้กำหนดให้พื้นที่ที่จะเกิดภาวะน้ำท่วม อันได้แก่ พื้นที่ที่มีระดับต่ำและพื้นที่ระหว่างอาคารสูง เป็นต้น มีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่รับน้ำ

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามตารางที่ 4-11 และรูปที่ 4-5

ตารางที่ 4-10 การคำนวณปริมาณน้ำผิวดินเมื่อช่วงเวลามีค่าต่าง ๆ กัน

Gutter number	Total area ΣCA sq.m	Storage area sq.m	Runoff (Q,cms,cum) for each duration											
				15 min	30 min	45 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	4 hrs	6 hrs	9 hrs	12 hrs	24 hrs
Outlet # 1														
11	14657	2652			0.455 *	0.380	0.318	0.199	0.145	0.113	0.081	0.057	0.047	0.024
						1026	1143	1436	1561	1624	1759	1847	2023	2040
10	21156			0.670 *	0.670	0.548	0.458	0.288	0.209	0.163	0.118	0.082	0.068	0.034
					1206	1480	1650	2073	2253	2344	2539	2666	2920	2945
9	35813				1.111 *	0.928	0.776	0.487	0.353	0.276	0.199	0.139	0.114	0.058
						2506	2793	3510	3814	3968	4298	4512	4942	4985
7	35813				1.074 *	0.928	0.776	0.487	0.353	0.276	0.199	0.139	0.114	0.058
						2506	2793	3510	3814	3968	4298	4512	4942	4985
6	6150				0.192 *	0.159	0.133	0.084	0.061	0.047	0.034	0.024	0.020	0.010
						430	480	603	655	681	738	775	849	856
5	54928				1.579 *	1.424	1.190	0.748	0.542	0.423	0.305	0.214	0.175	0.088
						3844	4284	5383	5850	6086	6591	6921	7580	7646
4	13938		0.648 *	0.559	0.441	0.361	0.302	0.190	0.137	0.107	0.077	0.054	0.045	0.022
				503	794	975	1087	1366	1484	1544	1673	1756	1923	1940
3	16186		0.739 *	0.650	0.513	0.419	0.351	0.220	0.160	0.125	0.090	0.063	0.052	0.026
				585	923	1133	1262	1586	1724	1793	1942	2039	2234	2253
2	85052				2.417 *	2.204	1.843	1.158	0.839	0.654	0.473	0.331	0.272	0.137
						5951	6634	8335	9058	9424	10206	10717	11737	11839
1	85052	2652			2.348 *	2.204	1.843	1.158	0.839	0.654	0.473	0.331	0.272	0.137
						5951	6634	8335	9058	9424	10206	10717	11737	11839
Outlet # 30														
12	12350		0.577 *	0.496	0.391	0.320	0.268	0.168	0.122	0.095	0.069	0.048	0.039	0.020
				446	704	864	963	1210	1315	1368	1482	1556	1704	1719
13	11839	2550		0.416 *	0.375	0.307	0.257	0.161	0.117	0.091	0.066	0.046	0.038	0.019
					675	828	923	1160	1261	1312	1421	1492	1634	1648
14	24190			0.851 *	0.766	0.627	0.524	0.329	0.239	0.186	0.134	0.094	0.077	0.039
					1379	1693	1887	2371	2576	2680	2903	3048	3338	3367
15	10627	2160		0.394 *	0.337	0.275	0.230	0.145	0.105	0.082	0.059	0.041	0.034	0.017
					606	744	829	1041	1132	1177	1275	1339	1467	1479
16	16128	544	0.706 *	0.647	0.511	0.418	0.349	0.220	0.159	0.124	0.090	0.063	0.052	0.026
				583	919	1129	1258	1581	1718	1787	1935	2032	2226	2245
17	26755			0.993 *	0.847	0.693	0.580	0.364	0.264	0.206	0.149	0.104	0.085	0.043
					1525	1872	2087	2622	2849	2964	3211	3371	3692	3724
18	50944			1.673 *	1.613	1.320	1.104	0.693	0.502	0.392	0.283	0.198	0.163	0.082
					2904	3565	3974	4993	5426	5645	6113	6419	7030	7091
19	4910	784	0.214 *	0.197	0.155	0.127	0.106	0.067	0.048	0.038	0.027	0.019	0.016	0.008
				177	280	344	383	481	523	544	589	619	678	683
20	4910	644	0.214 *	0.197	0.155	0.127	0.106	0.067	0.048	0.038	0.027	0.019	0.016	0.008
				177	280	344	383	481	523	544	589	619	678	683
21	65020				2.034 *	1.685	1.409	0.885	0.641	0.500	0.361	0.253	0.208	0.105
						4550	5072	6372	6925	7204	7802	8192	8973	9051
22	9837	644	0.427 *	0.395	0.311	0.255	0.213	0.134	0.097	0.076	0.055	0.038	0.031	0.016
				355	561	688	767	964	1048	1090	1180	1239	1357	1369
23	4528		0.214 *	0.182	0.143	0.117	0.098	0.062	0.045	0.035	0.025	0.018	0.014	0.007
				164	258	317	353	444	482	502	543	571	625	630
24	8135			0.324 *	0.258	0.211	0.176	0.111	0.080	0.063	0.045	0.032	0.026	0.013
					464	569	635	797	866	901	976	1025	1123	1132
25	10833			0.429 *	0.343	0.281	0.235	0.147	0.107	0.083	0.060	0.042	0.035	0.017
					617	758	845	1062	1154	1200	1300	1365	1495	1508
26	23496			0.935 *	0.744	0.609	0.509	0.320	0.232	0.181	0.131	0.091	0.075	0.038
					1339	1644	1833	2303	2502	2603	2820	2961	3242	3271
27	23496			0.897 *	0.744	0.609	0.509	0.320	0.232	0.181	0.131	0.091	0.075	0.038
					1339	1644	1833	2303	2502	2603	2820	2961	3242	3271
28	106140				3.175 *	2.751	2.300	1.445	1.047	0.817	0.590	0.413	0.339	0.171
						7427	8279	10402	11304	11760	12737	13374	14647	14775
29	33442		1.403 *	1.342	1.059	0.867	0.725	0.455	0.330	0.257	0.186	0.130	0.107	0.054
				1208	1906	2340	2608	3277	3562	3705	4013	4214	4615	4655
30	139582	7326			3.873 *	3.617	3.024	1.900	1.376	1.074	0.775	0.543	0.446	0.225
						9767	10887	13679	14865	15466	16750	17587	19262	19430

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

Gutter number	Total area ΣCA sq.m	Storage area sq.m	Runoff (Q,cms,cum) for each duration										
				15 min	30 min	45 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	4 hrs	6 hrs	9 hrs	12 hrs	24 hrs
Outlet # 31														
54	4130		0.192 *	0.166	0.131	0.107	0.089	0.056	0.041	0.032	0.023	0.016	0.013	0.007
				149	235	289	322	405	440	458	496	520	570	575
53	4890		0.228 *	0.196	0.155	0.127	0.106	0.067	0.048	0.038	0.027	0.019	0.016	0.008
				177	279	342	381	479	521	542	587	616	675	681
52	9685	990	0.414 *	0.389	0.307	0.251	0.210	0.132	0.096	0.075	0.054	0.038	0.031	0.016
				350	552	678	755	949	1031	1073	1162	1220	1337	1348
55	18706		0.799 *	0.751	0.592	0.485	0.405	0.255	0.184	0.144	0.104	0.073	0.060	0.030
				676	1066	1309	1459	1833	1992	2073	2245	2357	2581	2604
56	4353		0.202 *	0.175	0.138	0.113	0.094	0.059	0.043	0.033	0.024	0.017	0.014	0.007
				157	248	305	340	427	464	482	522	549	601	606
57	3876		0.177 *	0.156	0.123	0.100	0.084	0.053	0.038	0.030	0.022	0.015	0.012	0.006
				140	221	271	302	380	413	429	465	488	535	539
58	37013		1.522 *	1.486	1.172	0.959	0.802	0.504	0.365	0.285	0.206	0.144	0.118	0.060
				1337	2110	2590	2887	3627	3942	4101	4442	4664	5108	5152
51	37013		1.496 *	1.486	1.172	0.959	0.802	0.504	0.365	0.285	0.206	0.144	0.118	0.060
				1337	2110	2590	2887	3627	3942	4101	4442	4664	5108	5152
47	5507	200		0.211 *	0.174	0.143	0.119	0.075	0.054	0.042	0.031	0.021	0.018	0.009
					314	385	430	540	586	610	661	694	760	767
46	12506		0.551 *	0.502	0.396	0.324	0.271	0.170	0.123	0.096	0.069	0.049	0.040	0.020
				452	713	875	975	1226	1332	1386	1501	1576	1726	1741
48	5507			0.211 *	0.174	0.143	0.119	0.075	0.054	0.042	0.031	0.021	0.018	0.009
					314	385	430	540	586	610	661	694	760	767
49	4681		0.214 *	0.188	0.148	0.121	0.101	0.064	0.046	0.036	0.026	0.018	0.015	0.008
				169	267	328	365	459	499	519	562	590	646	652
50	26729			0.999 *	0.846	0.693	0.579	0.364	0.264	0.206	0.148	0.104	0.085	0.043
					1524	1870	2085	2619	2847	2962	3207	3368	3689	3721
45	63741			2.355 *	2.018	1.652	1.381	0.868	0.629	0.490	0.354	0.248	0.204	0.103
					3633	4460	4972	6247	6788	7063	7649	8031	8796	8873
44	9263		0.443 *	0.372	0.293	0.240	0.201	0.126	0.091	0.071	0.051	0.036	0.030	0.015
				335	528	648	722	908	986	1026	1112	1167	1278	1289
43	73004			2.669 *	2.312	1.892	1.582	0.994	0.720	0.562	0.406	0.284	0.233	0.118
					4161	5108	5694	7154	7775	8089	8760	9198	10075	10162
41	18492	456	0.828 *	0.742	0.586	0.479	0.401	0.252	0.182	0.142	0.103	0.072	0.059	0.030
				668	1054	1294	1442	1812	1969	2049	2219	2330	2552	2574
42	18492		0.828 *	0.742	0.586	0.479	0.401	0.252	0.182	0.142	0.103	0.072	0.059	0.030
				668	1054	1294	1442	1812	1969	2049	2219	2330	2552	2574
40	101600			3.663 *	3.217	2.633	2.201	1.383	1.002	0.782	0.564	0.395	0.325	0.164
					5791	7109	7925	9957	10820	11257	12192	12802	14021	14143
39	21199	1440	0.988 *	0.851	0.671	0.549	0.459	0.289	0.209	0.163	0.118	0.082	0.068	0.034
				766	1208	1483	1654	2077	2258	2349	2544	2671	2925	2951
38	122798			4.387 *	3.889	3.183	2.661	1.671	1.211	0.945	0.682	0.478	0.392	0.198
					7000	8593	9578	12034	13078	13606	14736	15473	16946	17094
36	7980		0.341 *	0.320	0.253	0.207	0.173	0.109	0.079	0.061	0.044	0.031	0.025	0.013
				288	455	558	622	782	850	884	958	1005	1101	1111
37	7980		0.341 *	0.320	0.253	0.207	0.173	0.109	0.079	0.061	0.044	0.031	0.025	0.013
				288	455	558	622	782	850	884	958	1005	1101	1111
35	7316		0.344 *	0.294	0.232	0.190	0.159	0.100	0.072	0.056	0.041	0.028	0.023	0.012
				264	417	512	571	717	779	811	878	922	1010	1018
34	145235			5.107 *	4.599	3.764	3.147	1.977	1.432	1.118	0.807	0.565	0.464	0.234
					8278	10163	11328	14233	15468	16092	17428	18300	20042	20217
33	160955	1440		5.535 *	5.097	4.171	3.487	2.191	1.587	1.238	0.894	0.626	0.514	0.259
					9174	11263	12555	15774	17142	17834	19315	20280	22212	22405
31	191265	4526		6.354 *	6.057	4.957	4.144	2.603	1.886	1.472	1.063	0.744	0.611	0.308
					10902	13384	14919	18744	20370	21192	22952	24099	26395	26624

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

Gutter number	Total area ΣCA sq.m	Storage area sq.m	Runoff (Q,cms,cum) for each duration											
				15 min	30 min	45 min	1 hr	2 hrs	3 hrs	4 hrs	6 hrs	9 hrs	12 hrs	24 hrs
Outlet # 75														
61	15288			0.599 *	0.484	0.396	0.331	0.208	0.151	0.118	0.085	0.059	0.049	0.025
					871	1070	1192	1498	1628	1694	1835	1926	2110	2128
62	7661		0.323 *	0.308	0.243	0.199	0.166	0.104	0.076	0.059	0.043	0.030	0.024	0.012
				277	437	536	598	751	816	849	919	965	1057	1066
63	22949			0.899 *	0.727	0.595	0.497	0.312	0.226	0.177	0.127	0.089	0.073	0.037
					1308	1606	1790	2249	2444	2543	2754	2892	3167	3195
64	9938				0.277 *	0.258	0.215	0.135	0.098	0.076	0.055	0.039	0.032	0.016
						695	775	974	1058	1101	1193	1252	1371	1383
8	13470	945	0.584 *	0.541	0.427	0.349	0.292	0.183	0.133	0.104	0.075	0.052	0.043	0.022
				487	768	943	1051	1320	1435	1493	1616	1697	1859	1875
65	56942	972			1.496 *	1.476	1.234	0.775	0.562	0.438	0.316	0.221	0.182	0.092
						3985	4441	5580	6064	6309	6833	7175	7858	7926
60	21197		0.936 *	0.851	0.671	0.549	0.459	0.289	0.209	0.163	0.118	0.082	0.068	0.034
				766	1208	1483	1653	2077	2257	2349	2544	2671	2925	2951
66	91564					2.287 *	1.984	1.246	0.903	0.705	0.509	0.356	0.292	0.148
							7142	8973	9752	10145	10988	11537	12636	12746
67	91564					2.269 *	1.984	1.246	0.903	0.705	0.509	0.356	0.292	0.148
							7142	8973	9752	10145	10988	11537	12636	12746
69	111992					2.738 *	2.426	1.524	1.104	0.862	0.622	0.436	0.358	0.180
							8735	10975	11927	12409	13439	14111	15455	15589
70	13938		0.648 *	0.559	0.441	0.361	0.302	0.190	0.137	0.107	0.077	0.054	0.045	0.022
				503	794	975	1087	1366	1484	1544	1673	1756	1923	1940
72	142115					3.454 *	3.079	1.934	1.401	1.093	0.790	0.553	0.454	0.229
							11085	13927	15135	15746	17054	17907	19612	19782
73	16186		0.739 *	0.650	0.513	0.419	0.351	0.220	0.160	0.125	0.090	0.063	0.052	0.026
				585	923	1133	1262	1586	1724	1793	1942	2039	2234	2253
74	16186		0.739 *	0.650	0.513	0.419	0.351	0.220	0.160	0.125	0.090	0.063	0.052	0.026
				585	923	1133	1262	1586	1724	1793	1942	2039	2234	2253
75	174487	1917				4.178 *	3.781	2.375	1.721	1.343	0.969	0.679	0.557	0.281
							13610	17100	18583	19333	20938	21985	24079	24289

Remark : Rainfall intensity from Table 4-6

* maximum runoff (t=tc)

ตารางที่ 4-11 การคำนวณกราฟน้ำผิวดิน (hydrograph) ณ จุดที่ทำการพิจารณา

Outlet # 1

Duration min	I,mm/hr		Runoff			Flood depth cm
	I	Increment	Q,cms	V,cum	V,cum	
0	0.0	0.0	0.000	0	0	0.0
40	99.5	99.5	2.351	2821	2821	4.2
80	65.0	30.5	0.721	3686	6506	9.6
120	49.0	17.0	0.402	1347	7853	11.6
160	39.0	9.0	0.213	737	8590	12.7
200	32.0	4.0	0.095	369	8959	13.2
240	27.7	6.2	0.146	289	9248	13.7
280	23.8	0.4	0.009	187	9435	13.9
320				11	9446	14.0

Outlet # 30

Duration min	I,mm/hr		Runoff			Flood depth cm
	I	Increment	Q,cms	V,cum	V,cum	
0	0.0	0.0	0.000	0	0	0.0
40	99.5	99.5	3.858	4629	4629	4.1
80	65.0	30.5	1.183	6049	10678	9.4
120	49.0	17.0	0.659	2210	12888	11.4
160	39.0	9.0	0.349	1210	14098	12.5
200	32.0	4.0	0.155	605	14703	13.0
240	27.7	6.2	0.240	475	15177	13.4
280	23.8	0.4	0.016	307	15484	13.7
320				19	15503	13.7

Total

Duration min	I,mm/hr		Runoff			Flood depth cm
	I	Increment	Q,cms	V,cum	V,cum	
0	0.0	0.0	0.000	0	0	0.0
50	88.0	88.0	14.432	21647	21647	4.9
100	56.1	24.2	3.969	27601	49248	11.2
150	41.0	10.8	1.771	8610	57858	13.1
200	32.0	5.0	0.820	3887	61744	14.0
250	27.0	7.0	1.148	2952	64696	14.7
300	23.2	4.2	0.689	2755	67452	15.3
350				1033	68485	15.5

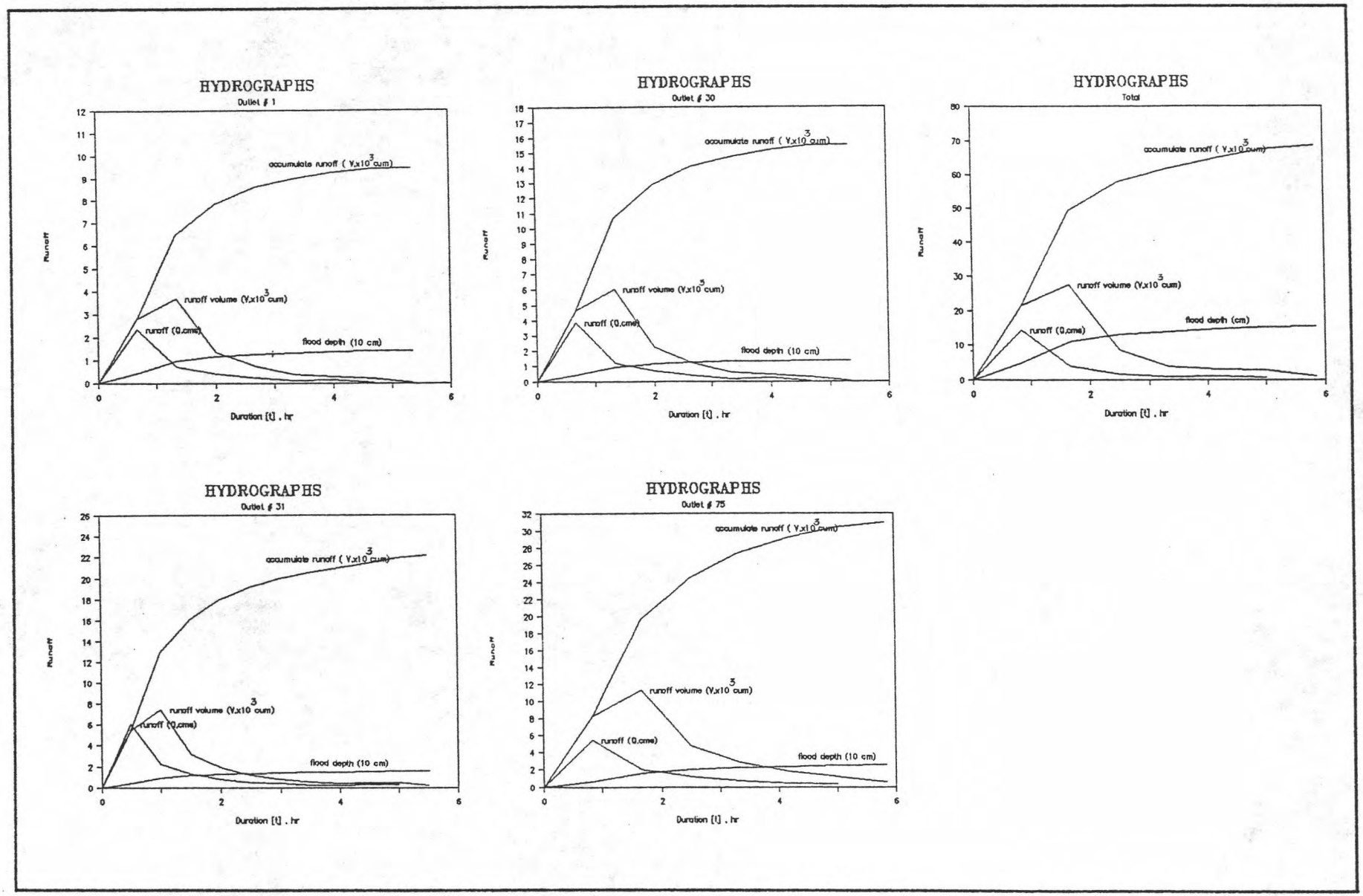
Outlet # 31

Duration min	I,mm/hr		Runoff			Flood depth cm
	I	Increment	Q,cms	V,cum	V,cum	
0	0.0	0.0	0.000	0	0	0.0
30	114.0	114.0	6.057	5451	5451	3.9
60	78.0	42.0	2.231	7459	12910	9.3
90	60.2	24.6	1.307	3185	16095	11.6
120	49.0	15.4	0.818	1913	18008	12.9
150	41.0	9.0	0.478	1167	19174	13.8
180	35.5	8.0	0.425	813	19987	14.4
210	31.0	4.0	0.213	574	20561	14.8
240	27.7	4.6	0.244	411	20972	15.1
270	25.2	5.2	0.276	469	21441	15.4
300	23.2	5.2	0.276	497	21938	15.8
330				249	22187	16.0

Outlet # 75

Duration min	I,mm/hr		Runoff			Flood depth cm
	I	Increment	Q,cms	V,cum	V,cum	
0	0.0	0.0	0.000	0	0	0.0
50	88.0	88.0	5.525	8288	8288	6.8
100	56.1	24.2	2.036	11342	19630	16.1
150	41.0	10.8	1.192	4842	24472	20.1
200	32.0	5.0	0.746	2908	27380	22.5
250	27.0	7.0	0.436	1774	29154	24.0
300	23.2	4.2	0.388	1236	30390	25.0
350				582	30971	25.5

Remark : Outlet # 1 , Area = 135327 sq.m
Cave = 0.628
Outlet # 30 , Area = 226014 sq.m
Cave = 0.618
Outlet # 31 , Area = 278119 sq.m
Cave = 0.688
Outlet # 75 , Area = 243332 sq.m
Cave = 0.717
Total , Area = 882792 sq.m
Cave = 0.669



รูปที่ 4-5 กราฟน้ำผิวดิน (hydrograph) ณ จุดที่ทำการพิจารณา

สรุปภาวะน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา กรณีที่ไม่สามารถระบายน้ำออกไปภายนอกได้ ภาวะน้ำท่วมอันเกิดจากการสะสมของน้ำผิวดิน ซึ่งได้กำหนดให้เท่ากับ 1/2 เท่าของพื้นที่รับน้ำ กรณีฝนตกต่อเนื่องกันนาน 6 ชั่วโมง โดยแยกออกตามจุดที่ใช้ในการระบายน้ำออกไปภายนอก (Outlet) มีดังนี้ (รูปที่ 4-5)

Outlet # 1	น้ำท่วมลึกประมาณ	14	เซนติเมตร
Outlet # 30	"	14	"
Outlet # 31	"	16	"
Outlet # 75	"	25	"

และน้ำท่วมในพื้นที่ทั้งหมดโดยเฉลี่ยประมาณ 15 เซนติเมตร สำหรับระยะเวลาที่เกิดภาวะน้ำท่วมนั้น มีค่าขึ้นอยู่กับความสามารถในการระบายน้ำของแหล่งรับน้ำ ว่าสามารถระบายน้ำได้รวดเร็วมากน้อยเพียงไร

4.3 การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำ

การศึกษาวิเคราะห์ดังได้กล่าวมาแล้ว เป็นการศึกษาเพื่อทำการตรวจสอบสภาพระบบระบายน้ำในปัจจุบัน กรณีการเกิดของฝนที่คาบอบปีเท่ากับ 5 ปี ซึ่งปรากฏว่าความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำส่วนใหญ่ไม่เพียงพอ อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วม ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงการศึกษาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำ เพื่อขจัดปัญหาน้ำท่วม และเพื่อให้เป็นไปโดยถูกต้องและมีความเหมาะสมมากที่สุด จำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1) ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ทำการศึกษา อันได้แก่
   - ระดับของพื้นที่ ความลาดเทของผิวดิน และระดับน้ำของแหล่งรับน้ำภายนอก ซึ่งจะจำกัดความลาดเทของท่อระบายน้ำว่ามีค่าสูงสุดได้เท่าใด
   - สภาพของแหล่งกักเก็บน้ำเช่นสระน้ำ และคูน้ำ เป็นต้น เกี่ยวกับตำแหน่งและขนาดความจุ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดปริมาณน้ำผิวดิน ที่ไหลลงสู่ระบบระบายน้ำหรือประยุกต์ใช้เป็นบ่อสูบน้ำ (sump)
2) ปริมาณน้ำผิวดิน ณ จุดพิจารณาใด ๆ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากในการกำหนด

แนวทางการแก้ไข ทั้งในการกำหนดขนาดความจุของทางระบายน้ำ ตำแหน่ง และขนาดของเครื่องสูบน้ำ นอกจากนั้นถ้าความสามารถในการระบายน้ำไม่เพียงพอก็จะบอกให้ทราบถึงปริมาณและระยะเวลาที่เกิดภาวะน้ำท่วม

3) สภาพของแหล่งรับน้ำภายนอกที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการกำหนดวิธีการระบายน้ำออกไปจากพื้นที่ทำการศึกษาสู่แหล่งรับน้ำภายนอก อันได้แก่ การไหลด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และการจัดทำประตูระบายน้ำปิดกั้นการไหลย้อนกลับ แล้วทำการระบายน้ำออกไปด้วยการสูบน้ำ เป็นต้น

4) นโยบายและแผนแม่บทของระบบระบายน้ำ ที่กำหนดไว้โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อให้การกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุง สอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

สำหรับแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำ มีดังนี้

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อระบายน้ำ ผลของการศึกษาวิเคราะห์ระบบระบายน้ำได้ว่า ท่อระบายน้ำที่มีอยู่เดิมของพื้นที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ความสามารถในการระบายน้ำไม่เพียงพอ ซึ่งแนวทางการแก้ไขก็คือ การเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อระบายน้ำให้สามารถรับปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลมายังท่อระบายน้ำนั้น ๆ ได้ หลักการในการกำหนดขนาดและความลาดเทของท่อระบายน้ำ มีดังนี้คือ ความเร็วของน้ำในท่อต่ำสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดการตกตะกอนของท่อระบายน้ำฝนที่ค่าประมาณ 0.90 เมตร/วินาที และความลาดเทมีค่าขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ เกี่ยวกับความแตกต่างของค่าระดับพื้นที่ทำการศึกษา/ระดับของแหล่งรับน้ำภายนอก ค่าความจุของท่อระบายน้ำที่มีขนาดและความลาดเทต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ด้วยสมการ 2-14 มีค่าเป็นไปตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-12

สำหรับพื้นที่ทำการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาสภาพภูมิประเทศเกี่ยวกับค่าระดับของพื้นดิน และระดับของระบบระบายน้ำตามแนวถนนพญาไทและอังรีดูนังต์ ทำให้สามารถกำหนดค่าความลาดเทของท่อระบายน้ำภายในพื้นที่ทำการศึกษาได้ประมาณ 1:200 (0.005 เมตร/เมตร) แต่สำหรับท่อระบายน้ำตามแนวถนนพญาไท และถนนอังรีดูนังต์ จะกำหนดให้มีค่าความลาดเทไม่เกิน 1:200 ทั้งนี้เนื่องจากแนวท่อมีระยะทางยาว ประกอบกับระดับของพื้นดิน และระดับน้ำของแหล่งรับน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน ถ้ากำหนดค่าความเทสูง จะทำให้ไม่สามารถระบายน้ำ

ตารางที่ 4-12 ความจุของท่อระบายน้ำที่มีขนาดและความลาดเทต่าง ๆ กัน

Diameter m	Capacity of drainage pipe (Qg,cms) for each slope (S=0.001-0.020)																			
	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020
0.30	0.028	0.040	0.049	0.057	0.063	0.070	0.075	0.080	0.085	0.090	0.094	0.098	0.102	0.106	0.110	0.114	0.117	0.120	0.124	0.127
0.40	0.061	0.086	0.106	0.122	0.137	0.150	0.162	0.173	0.183	0.193	0.203	0.212	0.220	0.229	0.237	0.245	0.252	0.259	0.267	0.273
0.50	0.111	0.157	0.192	0.222	0.248	0.272	0.293	0.314	0.333	0.351	0.368	0.384	0.400	0.415	0.429	0.444	0.457	0.470	0.483	0.496
0.60	0.180	0.255	0.312	0.361	0.403	0.442	0.477	0.510	0.541	0.570	0.598	0.625	0.650	0.675	0.698	0.721	0.743	0.765	0.786	0.806
0.70	0.272	0.385	0.471	0.544	0.608	0.666	0.720	0.769	0.816	0.860	0.902	0.942	0.981	1.018	1.053	1.088	1.121	1.154	1.185	1.216
0.80	0.388	0.549	0.673	0.777	0.868	0.951	1.027	1.098	1.165	1.228	1.288	1.345	1.400	1.453	1.504	1.553	1.601	1.647	1.693	1.737
0.90	0.532	0.752	0.921	1.063	1.189	1.302	1.406	1.504	1.595	1.681	1.763	1.841	1.917	1.989	2.059	2.126	2.192	2.255	2.317	2.377
1.00	0.704	0.996	1.219	1.408	1.574	1.725	1.863	1.991	2.112	2.226	2.335	2.439	2.538	2.634	2.727	2.816	2.903	2.987	3.069	3.148
1.10	0.908	1.284	1.572	1.816	2.030	2.224	2.402	2.568	2.723	2.871	3.011	3.145	3.273	3.397	3.516	3.631	3.743	3.851	3.957	4.060
1.20	1.145	1.619	1.983	2.290	2.560	2.804	3.029	3.238	3.434	3.620	3.797	3.966	4.128	4.284	4.434	4.579	4.720	4.857	4.990	5.120
1.30	1.417	2.004	2.455	2.834	3.169	3.471	3.750	4.009	4.252	4.482	4.700	4.909	5.110	5.303	5.489	5.669	5.843	6.013	6.178	6.338
1.40	1.727	2.442	2.991	3.454	3.861	4.230	4.569	4.884	5.181	5.461	5.727	5.982	6.226	6.461	6.688	6.908	7.120	7.327	7.527	7.723
1.50	2.076	2.935	3.595	4.151	4.641	5.084	5.492	5.871	6.227	6.564	6.884	7.190	7.484	7.767	8.039	8.303	8.558	8.806	9.048	9.283
1.60	2.466	3.487	4.270	4.931	5.513	6.039	6.523	6.974	7.397	7.797	8.177	8.541	8.890	9.225	9.549	9.862	10.166	10.460	10.747	11.026
1.70	2.898	4.099	5.020	5.796	6.480	7.099	7.668	8.197	8.694	9.165	9.612	10.039	10.449	10.844	11.224	11.593	11.949	12.296	12.633	12.961
1.80	3.375	4.773	5.846	6.751	7.547	8.268	8.930	9.547	10.126	10.674	11.195	11.692	12.170	12.629	13.073	13.501	13.917	14.320	14.713	15.095
1.90	3.899	5.514	6.753	7.798	8.718	9.550	10.315	11.027	11.696	12.329	12.931	13.506	14.057	14.588	15.100	15.595	16.075	16.541	16.994	17.436
2.00	4.470	6.322	7.743	8.941	9.996	10.950	11.827	12.644	13.411	14.136	14.826	15.486	16.118	16.726	17.313	17.881	18.431	18.966	19.486	19.992

Remark : Capacity flowing full , n = 0.014

ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ซึ่งมีรายละเอียดของการคำนวณเพื่อทำการออกแบบท่อระบายน้ำให้สามารถรองรับปริมาณการเกิดของน้ำผิวดินสูงสุด เมื่อคาบอุบัติการเกิดของฝนเท่ากับ 5 ปี ณ จุดที่ระบบระบายน้ำเดิมไม่เพียงพอ โดยมีขั้นตอนการคำนวณเช่นเดียวกันกับหัวข้อ 4.2.2 ดังผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-13 และจากผลของการตรวจสอบสภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบัน ในหัวข้อ 4.2.2 กับระบบระบายน้ำที่ทำการออกแบบในขั้นตอนนี้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-14 และในรูปที่ 4-6 กับรูปที่ 4-7 ซึ่งแสดงรูปแบบของระบบระบายน้ำปัจจุบันและรูปแบบของระบบระบายน้ำที่ผู้วิจัยเสนอปรับปรุง

4.3.2 การกำหนดขนาดและที่ตั้งของเครื่องสูบน้ำ การศึกษาวิเคราะห์ปริมาณน้ำผิวดิน ณ จุดพิจารณาใด ๆ ดังได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ตั้งอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าการไหลของน้ำเป็นแบบอิสระด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก สามารถที่จะระบายน้ำออกไปจากพื้นที่ทำการศึกษาสู่แหล่งรับน้ำภายนอกได้โดยตรง แต่เนื่องจากพื้นที่ทำการศึกษาตั้งอยู่ในเขตเมือง ระดับพื้นที่โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบมีระดับที่ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก และระบบระบายน้ำของพื้นที่ทำการศึกษามีระดับที่ใกล้เคียงกับระดับน้ำของแหล่งรับน้ำภายนอก จึงมักจะเกิดปัญหาระดับน้ำของแหล่งรับน้ำภายนอกอยู่สูงกว่า ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำออกไปได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องอาศัยการสูบน้ำ (pump) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว พร้อมทั้งทำการป้องกันมิให้น้ำไหลย้อนกลับเข้ามายังพื้นที่ทำการศึกษา หลักเกณฑ์ในการกำหนดขนาดและที่ตั้งของเครื่องสูบน้ำนั้น ได้จากการพิจารณาปริมาณน้ำผิวดิน ณ จุดที่จะทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ระยะเวลาที่จะใช้ในการสูบน้ำ/ระยะเวลาที่ยอมให้มีน้ำท่วมได้ ความสามารถของระบบระบายน้ำในการนำน้ำมายังจุดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำ และความสามารถในการรองรับน้ำของแหล่งรับน้ำภายนอก

สำหรับพื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนพญาไทในเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้น ผู้วิจัยเสนอให้มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ณ จุดที่ใช้ในการระบายน้ำออกไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอก (Outlet) หรือบริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมทางด้านพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ปริมาณน้ำผิวดิน และการปรับปรุงทางระบายน้ำเพื่อนำน้ำมายังโรงสูบน้ำ/ระบายน้ำไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอก ซึ่งจากการพิจารณาตรวจตราสถานที่ เห็นสมควรให้ทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำจำนวน 4 แห่ง ดังนี้ (รูปที่ 4-8)

P1 - บริเวณทางเท้าสี่แยกปทุมวัน

ตารางที่ 4-13 การออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อรองรับการเกิดของฝนในรอบ 5 ปี

Gutter number	Total area ΣCA sq.m	tc min	I mm/hr	Runoff Q,cms	Gutter/Pipe ø,B,m	Gutter/Pipe D,m	Gutter slope	Velocity mps	Effective length m	Travel time t_t,min	Capacity Qg,cms	Gross surcharge cms
Outlet # 1												
11	14657	31.5	111.7	0.455	1.00		0.0013	1.02	200	3.3	0.803	-0.348
10	21156	29.9	114.0	0.670	0.80		0.0050	1.73	160	1.5	0.868	-0.198
9	35813	31.5	111.7	1.111	1.00		0.0030	1.55	143	1.5	1.219	-0.108
7	35813	33.1	109.4	1.088	1.00		0.0030	1.55	194	2.1	1.312	-0.223
6	6150	31.2	112.2	0.192	0.50		0.0033	1.03	265	4.3	0.201	-0.010
5	54928	35.2	106.1	1.619	1.20		0.0020	1.43	50	0.6	1.619	0.000
4	13938	6.2	167.4	0.648	0.80		0.0050	1.73	265	2.6	0.868	-0.220
3	16186	7.2	164.4	0.739	0.80		0.0050	1.73	220	2.1	0.868	-0.129
2	85052	35.7	105.5	2.492	1.20		0.0050	2.26	140	1.0	2.560	-0.067
1	85052	36.8	103.8	2.452	1.20		0.0050	2.26	20	0.1	2.560	-0.108
Outlet # 30												
12	12350	5.9	168.2	0.577	0.80		0.0050	1.73	256	2.5	0.868	-0.291
13	11839	23.2	126.6	0.416	0.80		0.0050	1.73	250	2.4	0.868	-0.452
14	24190	23.2	126.6	0.851	1.00		0.0020	1.27	205	2.7	0.996	-0.145
15	10627	19.7	133.6	0.394	0.60		0.0050	1.43	188	2.2	0.403	-0.009
16	16128	9.8	157.5	0.706	0.80		0.0050	1.73	212	2.0	0.868	-0.163
17	26755	19.7	133.6	0.993	1.00		0.0050	2.00	62	0.5	1.574	-0.581
18	50944	25.9	121.2	1.715	1.20		0.0030	1.75	166	1.6	1.983	-0.268
19	4910	9.9	157.2	0.214	0.60		0.0014	0.75	116	2.6	0.213	0.001
20	4910	9.9	157.2	0.214	0.60		0.0014	0.75	162	3.6	0.213	0.001
21	65020	27.4	118.2	2.135	1.20		0.0040	2.02	160	1.3	2.290	-0.155
22	9837	10.3	156.2	0.427	0.80		0.0050	1.73	162	1.6	0.868	-0.441
23	4528	5.0	170.5	0.214	0.60		0.0015	0.78	78	1.7	0.221	-0.006
24	8135	15.5	143.2	0.324	0.60		0.0050	1.43	160	1.9	0.403	-0.080
25	10833	15.7	142.7	0.429	0.80		0.0050	1.73	160	1.5	0.868	-0.439
26	23496	15.5	143.2	0.935	1.00		0.0050	2.00	106	0.9	1.574	-0.640
27	23496	16.4	141.0	0.920	1.00		0.0050	2.00	102	0.8	1.574	-0.654
28	106140	28.8	115.5	3.405	1.50		0.0030	2.03	264	2.2	3.595	-0.190
29	33442	12.4	151.0	1.403	1.00		0.0050	2.00	275	2.3	1.574	-0.172
30	139582	30.9	112.4	4.358	1.50		0.0050	2.63	38	0.2	4.641	-0.283

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

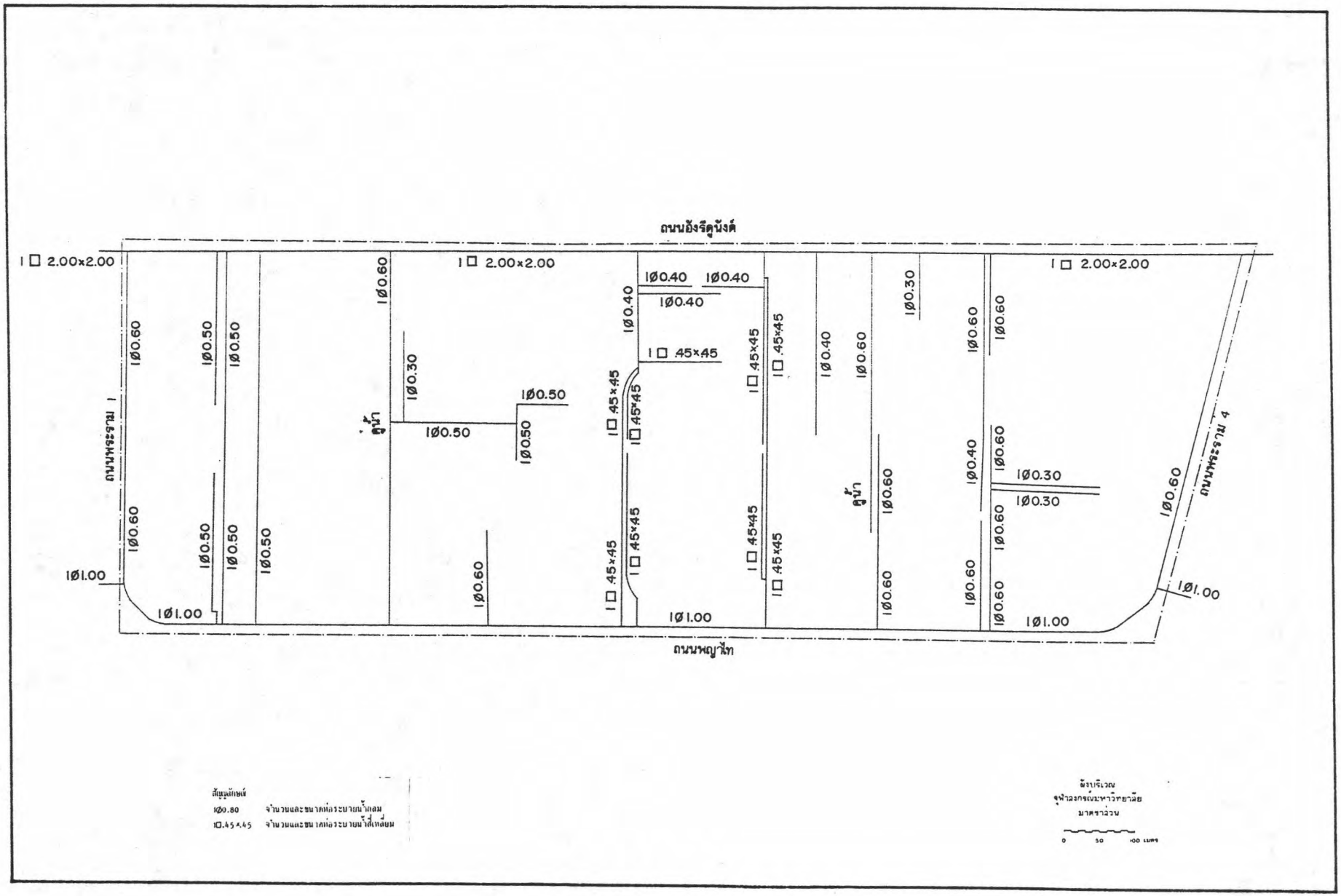
Gutter number	Total area ΣCA sq.m	tc min	I mm/hr	Runoff Q,cms	Gutter/Pipe ø,B,m	Gutter/Pipe D,m	Gutter slope	Velocity mps	Effective length m	Travel time t_t,min	Capacity Qg,cms	Gross surcharge cms
Outlet # 31												
54	4130	6.1	167.7	0.192	0.50		0.0050	1.26	120	1.6	0.248	-0.056
53	4890	5.9	168.2	0.228	0.50		0.0050	1.26	126	1.7	0.248	-0.019
52	9685	11.3	153.7	0.414	0.60		0.0050	1.43	120	1.4	0.403	0.010
55	18706	11.3	153.7	0.799	0.80		0.0050	1.73	108	1.0	0.868	-0.070
56	4353	6.3	167.1	0.202	0.50		0.0050	1.26	120	1.6	0.248	-0.046
57	3876	7.1	164.7	0.177	0.50		0.0050	1.26	80	1.1	0.248	-0.071
58	37013	12.4	151.0	1.552	1.00		0.0050	2.00	46	0.4	1.574	-0.022
51	37013	12.8	150.0	1.542	2.00	2.00	0.0010	1.72	183	1.8	6.895	-5.353
47	5507	17.5	138.2	0.211	0.50		0.0050	1.26	116	1.5	0.248	-0.037
46	12506	9.3	158.7	0.551	0.80		0.0050	1.73	210	2.0	0.868	-0.317
48	5507	17.5	138.2	0.211	0.50		0.0050	1.26	108	1.4	0.248	-0.037
49	4681	7.2	164.4	0.214	0.50		0.0050	1.26	92	1.2	0.248	-0.034
50	26729	18.9	135.2	1.004	1.00		0.0050	2.00	46	0.4	1.574	-0.570
45	63741	19.3	134.4	2.380	2.00	2.00	0.0010	1.72	74	0.7	6.895	-4.515
44	9263	4.4	172.0	0.443	0.80		0.0050	1.73	254	2.5	0.868	-0.426
43	73004	20.0	133.0	2.697	2.00	2.00	0.0010	1.72	86	0.8	6.895	-4.198
41	18492	8.3	161.2	0.828	0.80		0.0050	1.73	130	1.3	0.868	-0.040
42	18492	8.3	161.2	0.828	0.80		0.0050	1.73	256	2.5	0.868	-0.040
40	101600	20.8	131.4	3.708	2.00	2.00	0.0010	1.72	70	0.7	6.895	-3.187
39	21199	6.1	167.7	0.988	1.00		0.0050	2.00	90	0.7	1.574	-0.587
38	122798	21.5	130.0	4.434	2.00	2.00	0.0010	1.72	100	1.0	6.895	-2.461
36	7980	11.3	153.7	0.341	0.60		0.0050	1.43	110	1.3	0.403	-0.062
37	7980	11.3	153.7	0.341	0.60		0.0050	1.43	254	3.0	0.403	-0.062
35	7316	5.4	169.5	0.344	0.60		0.0050	1.43	144	1.7	0.403	-0.059
34	145235	22.5	128.0	5.164	2.00	2.00	0.0010	1.72	148	1.4	6.895	-1.731
33	160955	23.9	125.2	5.598	2.00	2.00	0.0010	1.72	214	2.1	6.895	-1.297
31	191265	26.0	121.0	6.429	2.00	2.00	0.0010	1.72	38	0.4	6.895	-0.466
Outlet # 75												
61	15288	16.4	141.0	0.599	0.80		0.0050	1.73	103	1.0	0.868	-0.269
62	7661	12.1	151.7	0.323	0.60		0.0050	1.43	50	0.6	0.403	-0.080
63	22949	16.4	141.0	0.899	1.00		0.0050	2.00	180	1.5	1.574	-0.675
64	9938	39.2	100.5	0.277	0.60		0.0050	1.43	160	1.9	0.403	-0.126
8	13470	10.3	156.2	0.584	0.80		0.0050	1.73	288	2.8	0.868	-0.284
65	56942	41.1	98.1	1.552	1.00		0.0050	2.00	160	1.3	1.574	-0.023
60	21197	9.2	159.0	0.936	2.00	2.00	0.0010	1.72	290	2.8	6.895	-5.959
66	91564	42.4	96.5	2.454	2.00	2.00	0.0010	1.72	72	0.7	6.895	-4.441
67	91564	43.1	95.6	2.432	2.00	2.00	0.0010	1.72	118	1.1	6.895	-4.464
69	111992	44.3	94.1	2.927	2.00	2.00	0.0010	1.72	54	0.5	6.895	-3.968
70	13938	6.2	167.4	0.648	0.80		0.0050	1.73	265	2.6	0.868	-0.220
71	16186	7.2	164.4	0.739	0.80		0.0050	1.73	220	2.1	0.868	-0.129
72	142115	44.8	93.5	3.691	2.00	2.00	0.0010	1.72	134	1.3	6.895	-3.204
73	16186	7.2	164.4	0.739	0.80		0.0050	1.73	265	2.6	0.868	-0.129
74	16186	7.2	164.4	0.739	0.80		0.0050	1.73	265	2.6	0.868	-0.129
75	174487	46.1	91.9	4.454	2.00	2.00	0.0010	1.72	40	0.4	6.895	-2.441

Remark : negative value (-) means gutter capacity greater than the expected runoff

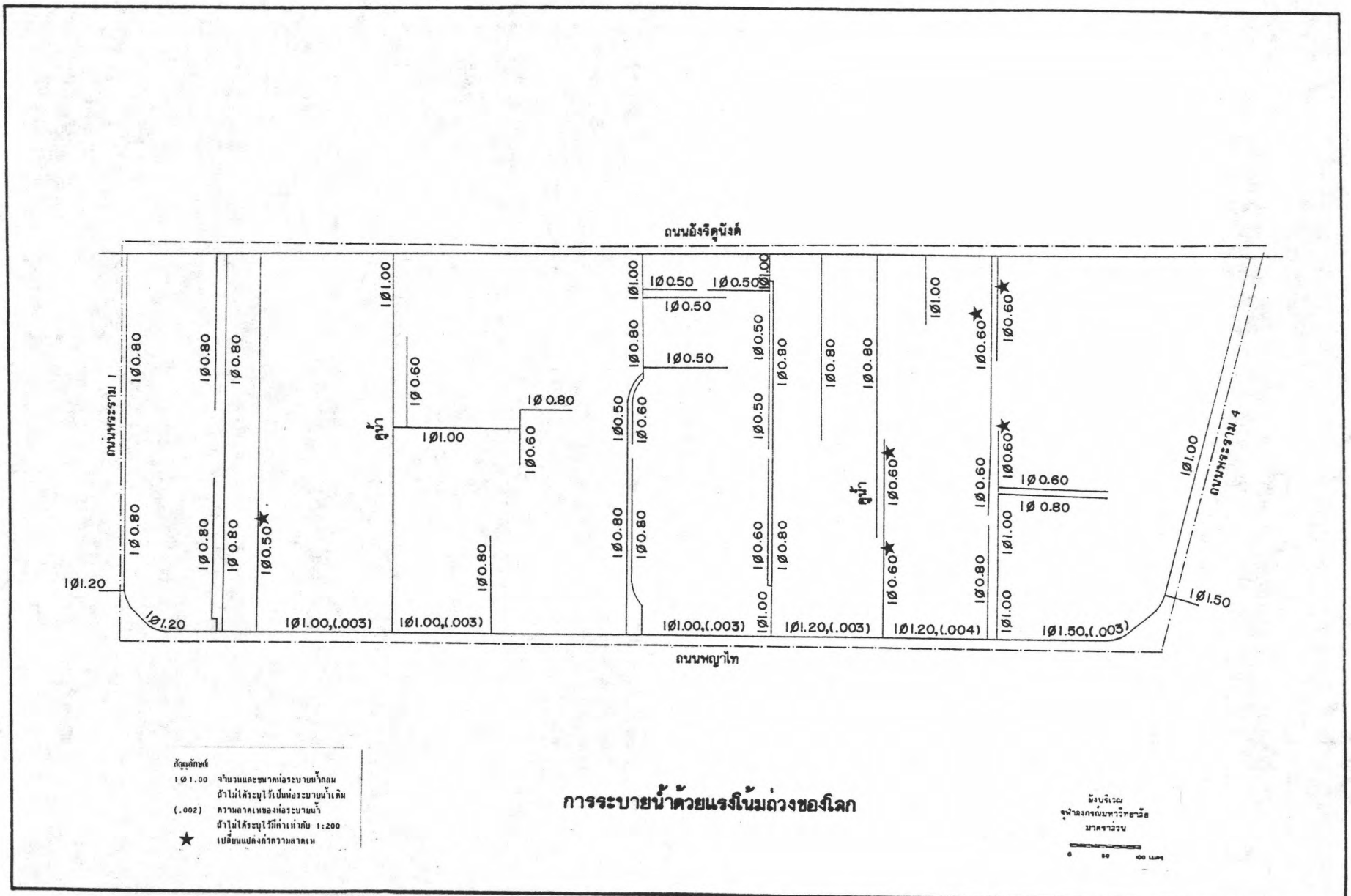
ตารางที่ 4-14 สรุประบบระบายน้ำปัจจุบันและระบบระบายน้ำที่ทำการออกแบบ

Gutter number	Size		Status	Design pipe		Gutter number	Size		Status	Design pipe		Gutter number	Size		Status	Design pipe	
	ø,B,m	D,m		ø,m	slope		ø,B,m	D,m		ø,m	slope		ø,B,m	D,m		ø,m	slope
1	1.00		X	1.20	0.0050	26	0.60		X	1.00	0.0050	51	2.00	2.00			
2	1.00		X	1.20	0.0050	27	0.60		X	1.00	0.0050	52	0.45	0.45	X	0.60	0.0050
3	0.50		X	0.80	0.0050	28	1.00		X	1.50	0.0030	53	0.45	0.45	X	0.50	0.0050
4	0.50		X	0.80	0.0050	29	0.60		X	1.00	0.0050	54	0.45	0.45	X	0.50	0.0050
5	1.00		X	1.20	0.0020	30	1.00		X	1.50	0.0050	55	0.40		X	0.80	0.0050
6	0.50					31	2.00	2.00				56	0.40		X	0.50	0.0050
7	1.00		X	1.00	0.0030	32	0.60					57	0.40		X	0.50	0.0050
8	0.60		X	0.80	0.0050	33	2.00	2.00				58	0.40		X	1.00	0.0050
9	1.00		X	1.00	0.0030	34	2.00	2.00				59	2.00	2.00			
10	0.60		X	0.80	0.0050	35	0.60		X	0.60	0.0050	60	2.00	2.00			
11	1.00					36	0.40		X	0.60	0.0050	61	0.50		X	0.80	0.0050
12	0.45	0.45	X	0.80	0.0050	37	0.60		X	0.60	0.0050	62	0.50		X	0.60	0.0050
13	0.45	0.45	X	0.80	0.0050	38	2.00	2.00				63	0.50		X	1.00	0.0050
14	1.00		X	1.00	0.0030	39	0.30		X	1.00	0.0050	64	0.30		X	0.60	0.0050
15	0.45	0.45	X	0.60	0.0050	40	2.00	2.00				65	0.60		X	1.00	0.0050
16	0.45	0.45	X	0.80	0.0050	41	0.60		X	0.80	0.0050	66	2.00	2.00			
17	0.45	0.45	X	1.00	0.0050	42	0.60		X	0.80	0.0050	67	2.00	2.00			
18	1.00		X	1.20	0.0030	43	2.00	2.00				68	0.50				
19	0.60					44	0.40		X	0.80	0.0050	69	2.00	2.00			
20	0.60					45	2.00	2.00				70	0.50		X	0.80	0.0050
21	1.00		X	1.20	0.0040	46	0.45	0.45	X	0.80	0.0050	71	0.50		X	0.80	0.0050
22	0.60		X	0.80	0.0050	47	0.45	0.45	X	0.50	0.0050	72	2.00	2.00			
23	0.60					48	0.45	0.45	X	0.50	0.0050	73	0.60		X	0.80	0.0050
24	0.30		X	0.60	0.0050	49	0.40		X	0.50	0.0050	74	0.60		X	0.80	0.0050
25	0.30		X	0.80	0.0050	50	0.45	0.45	X	1.00	0.0050	75	2.00	2.00			

Remark : X sign means insufficient capacity



รูปที่ 4-6 ระบบระบายน้ำปัจจุบัน



รูปที่ 4-7 ระบบระบายน้ำที่เสนอปรับปรุงด้วยการขยายขนาดท่อ

P2 - บริเวณทางเท้าสามย่าน

P3 - บริเวณคณะรัฐศาสตร์ ใกล้กับประตูทางเข้า-ออก

P4 - บริเวณคณะทันตแพทยศาสตร์ ด้านติดกับสยามสแควร์

โรงสูบน้ำ P1 และ P2 ทำหน้าที่รับน้ำที่ระบายมาทางด้านถนนพญาไท ซึ่งมีปริมาณไม่มากนัก และเพื่อความประหยัดในการปรับปรุงทางระบายน้ำ จึงได้กำหนดให้ติดตั้ง ณ จุดที่ใช้ในการระบายน้ำออกไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอก

โรงสูบน้ำ P3 และ P4 ทำหน้าที่รับน้ำที่ระบายมาทางด้านถนนอังรีดูนังต์ ซึ่งมีอุโมงค์ระบายน้ำรองรับอยู่ แต่เนื่องจากอุโมงค์ดังกล่าวเป็นระบบระบายน้ำหลักของกรุงเทพมหานคร มิได้รับน้ำเฉพาะที่ระบายออกมาจากพื้นที่ทำการศึกษา ดังนั้นในการติดตั้งโรงสูบน้ำทั้งสองนี้ จึงจำเป็นต้องวางท่อระบายน้ำเพื่อรับน้ำที่ระบายมาทางด้านนี้ทั้งหมด มายังโรงสูบน้ำก่อนที่จะระบายลงสู่อุโมงค์ระบายน้ำถนนอังรีดูนังต์ โรงสูบน้ำที่ได้เสนอมานี้ จึงกำหนดให้ติดตั้งอยู่ระหว่างกลาง เพื่อให้การวางท่อดังกล่าวเป็นไปโดยประหยัดและมีความเหมาะสม

อัตราการสูบน้ำ ณ จุดต่าง ๆ ดังกล่าว สามารถคำนวณหาได้โดยอาศัยผลลัพธ์ปริมาณการสะสมของน้ำผิวดิน ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2.4 (ตารางที่ 4-11) พร้อมทั้งทำการพิจารณาความสามารถในการกักเก็บน้ำตามท่อระบายน้ำ (gutter storage) และแหล่งกักเก็บน้ำบนผิวดิน ในเมื่อค่าความลึกของการกักเก็บน้ำ (storage depth) มีค่าเท่ากับ 0.50 และ 1.00 เมตร ดังผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-15

ปริมาณน้ำผิวดิน ณ จุดที่ใช้ในการระบายน้ำออกไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอก ดังได้กล่าวมานี้ จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อการไหลของน้ำเป็นไปอย่างสมบูรณ์ แต่จากสภาพของระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิมไม่สามารถจะระบายน้ำจำนวนดังกล่าวมาได้ทั้งหมด และเกิดภาวะน้ำท่วมในบางบริเวณของพื้นที่ทำการศึกษา ดังนั้นในการกำหนดขนาดของเครื่องสูบน้ำ จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดด้วย

การคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบน้ำ (pump capacity) กับปริมาณน้ำท่วม (flood) สามารถทำได้โดยอาศัยปริมาณการการสะสมของน้ำผิวดิน ความสามารถในการกักเก็บน้ำตามท่อระบายน้ำและแหล่งกักเก็บน้ำ ซึ่งกำหนดให้ความลึกในการกักเก็บน้ำมีค่าเท่ากับ 1.00 เมตร ประกอบกับการติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่มีอัตราการสูบน้ำต่าง ๆ ดังผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-16 จะได้ว่า อัตราการสูบน้ำตามโรงสูบน้ำ ที่สามารถป้องกันภาวะน้ำท่วมบริเวณ

ตารางที่ 4-15 การคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำ

Pump capacity (cms) for Outlet # 1 [P1]

Duration min	Runoff ΣV cum	Storage depth (m) 0.00	0.50	1.00
0	0	0.000	0.000	0.000
40	2821	0.851	0.298	-0.254
80	6506	1.193 *	0.917 *	0.641 *
120	7853	0.983	0.798	0.614
160	8590	0.814	0.676	0.537
200	8959	0.682	0.571	0.461
240	9248	0.588	0.496	0.404
280	9435	0.515	0.436	0.357
320	9446	0.451	0.382	0.313

Pump capacity (cms) for Outlet # 30 [P2]

Duration min	Runoff ΣV cum	Storage depth (m) 0.00	0.50	1.00
0	0	0.000	0.000	0.000
40	4629	1.447	-0.079	-1.605
80	10678	1.984 *	1.221 *	0.458
120	12888	1.629	1.121	0.612 *
160	14098	1.348	0.967	0.585
200	14703	1.129	0.824	0.518
240	15177	0.974	0.719	0.465
280	15484	0.853	0.635	0.417
320	15503	0.747	0.556	0.366

Pump capacity (cms) for total area

Duration min	Runoff ΣV cum	Storage depth (m) 0.00	0.50	1.00
0	0	0.000	0.000	0.000
50	21647	6.254	3.518	0.781
100	49248	7.727 *	6.359 *	4.990 *
150	57858	6.108	5.196	4.284
200	61744	4.905	4.221	3.537
250	64696	4.121	3.573	3.026
300	67452	3.587	3.131	2.675
350	68485	3.124	2.733	2.342

Pump capacity (cms) for Outlet # 31 [P3]

Duration min	Runoff ΣV cum	Storage depth (m) 0.00	0.50	1.00
0	0	0.000	0.000	0.000
30	5451	2.750	1.493	0.236
60	12910	3.447 *	2.818 *	2.190 *
90	16095	2.888	2.469	2.050
120	18008	2.431	2.117	1.803
150	19174	2.075	1.823	1.572
180	19987	1.804	1.595	1.385
210	20561	1.592	1.412	1.233
240	20972	1.422	1.264	1.107
270	21441	1.293	1.153	1.013
300	21938	1.191	1.065	0.940
330	22187	1.095	0.981	0.867

Pump capacity (cms) for Outlet # 75 [P4]

Duration min	Runoff ΣV cum	Storage depth (m) 0.00	0.50	1.00
0	0	0.000	0.000	0.000
50	8288	2.613	2.294	1.974
100	19630	3.197 *	3.037 *	2.877 *
150	24472	2.669	2.563	2.456
200	27380	2.244	2.164	2.085
250	29154	1.914	1.850	1.786
300	30390	1.663	1.610	1.557
350	30971	1.453	1.408	1.362

Remark :

Outlet #	Storage area sq.m	Gutter volume cum
1	2652	779
30	7326	1156
31	4526	501
75	1917	448
Total	16421	2884

* Pump capacity requirement

ตารางที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบน้ำกับปริมาณน้ำท่วม

Flood depth (cm) for Outlet # 1

Duration min	Runoff ΣV cum	Pump capacity [P1] (cms) 1.00	0.75	0.50	0.25
0	0	-5.1	-5.1	-5.1	-5.1
40	2821	-4.4	-3.6	-2.7	-1.8
80	6506	-2.5	-0.8	1.0	2.8
120	7853	-4.1	-1.4	1.2 *	3.9
160	8590	-6.6	-3.0	0.5	4.1 *
200	8959	-9.6	-5.1	-0.7	3.7
240	9248	-12.7	-7.4	-2.0	3.3
280	9435	-16.0	-9.7	-3.5	2.7
320	9446	-19.5	-12.4	-5.3	1.8

Flood depth (cm) for Outlet # 30

Duration min	Runoff ΣV cum	Pump capacity [P2] (cms) 0.75	0.50	0.25	0.00
0	0	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5
40	4629	-5.0	-4.5	-3.9	-3.4
80	10678	-1.2	-0.2	0.9	1.9
120	12888	-0.9	0.7	2.3	3.9
160	14098	-1.4	0.7 *	2.8 *	5.0
200	14703	-2.5	0.2	2.8	5.5
240	15177	-3.6	-0.4	2.7	5.9
280	15484	-5.0	-1.2	2.5	6.2
320	15503	-6.5	-2.3	2.0	6.2 *

Flood depth (cm) for total area

Duration min	Runoff ΣV cum	Pump capacity (cms) 6.00	4.00	2.00	0.00
0	0	-4.4	-4.4	-4.4	-4.4
50	21647	-3.5	-2.2	-0.8	0.5
100	49248	-1.4	1.3 *	4.1	6.8
150	57858	-3.5	0.6	4.7 *	8.7
200	61744	-6.7	-1.3	4.2	9.6
250	64696	-10.1	-3.3	3.5	10.3
300	67452	-13.6	-5.4	2.8	10.9
350	68485	-17.4	-7.9	1.6	11.1 *

Flood depth (cm) for Outlet # 31

Duration min	Runoff ΣV cum	Pump capacity [P3] (cms) 2.25	2.00	1.75	1.50
0	0	-3.6	-3.6	-3.6	-3.6
30	5451	-2.6	-2.3	-2.0	-1.6
60	12910	-0.2	0.5 *	1.1	1.8
90	16095	-0.8	0.2	1.2 *	2.1 *
120	18008	-2.3	-1.0	0.3	1.6
150	19174	-4.4	-2.8	-1.2	0.5
180	19987	-6.7	-4.8	-2.8	-0.9
210	20561	-9.2	-7.0	-4.7	-2.4
240	20972	-11.8	-9.2	-6.7	-4.1
270	21441	-14.4	-11.5	-8.6	-5.7
300	21938	-17.0	-13.7	-10.5	-7.3
330	22187	-19.7	-16.1	-12.6	-9.0

Flood depth (cm) for Outlet # 75

Duration min	Runoff ΣV cum	Pump capacity [P4] (cms) 3.00	2.75	2.50	2.25
0	0	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9
50	8288	-2.5	-1.9	-1.3	-0.7
100	19630	-0.6	0.6 *	1.9 *	3.1 *
150	24472	-4.0	-2.2	-0.3	1.5
200	27380	-9.0	-6.6	-4.1	-1.6
250	29154	-15.0	-11.9	-8.8	-5.7
300	30390	-21.3	-17.7	-14.0	-10.3
350	30971	-28.3	-24.0	-19.6	-15.3

Remark :

Outlet #	Storage volume cum	Gutter volume cum	Area sq.m
1	2652	779	135327
30	7326	1156	226014
31	4526	501	278119
75	1917	448	243332
Total	16421	2884	882792

Storage depth = 1.00 m
* maximum flood depth
(-) means unflooded

พื้นที่ทำการศึกษาได้ มีดังนี้ P1 = 0.75 ลบ.ม/วินาที P2 = 0.50 ลบ.ม/วินาที P3 = 2.00 ลบ.ม/วินาที และ P4 = 2.75 ลบ.ม/วินาที

การคำนวณขนาดของท่อระบายน้ำเพื่อนำน้ำมายังโรงสูบน้ำ โรงสูบน้ำที่จำเป็นต้องวางแนวท่อเพิ่มเติมคือ P3 และ P4 ซึ่งอยู่ทางด้านถนนอังรีดูนังต์ โดยการวางท่อขนานแนวรั้วภายในพื้นที่ทำการศึกษาดังนี้ (รูปที่ 4-8)

Pump	Runoff Q,cms	Gutter number	Total area ΣCA sq.m	Q cms	Design pipe	
					Ø,m	Slope
P3	2.000	40	122798	1.284	1.20	0.0020
		34	68467	0.716	1.00	0.0020
P4	2.750	67	111992	1.765	1.20	0.0030
		69	62495	0.985	1.00	0.0020

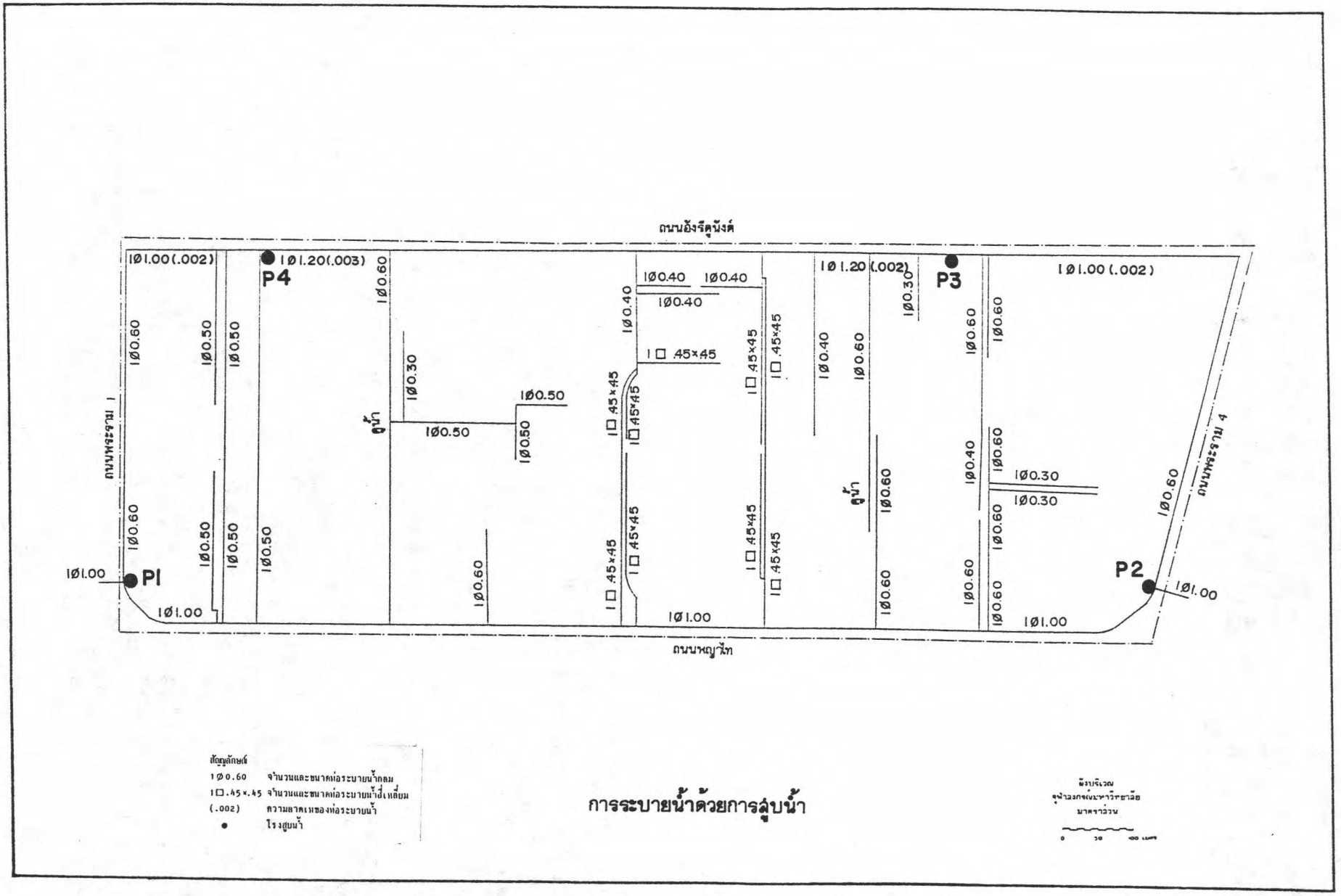
การปรับปรุงระบบระบายน้ำด้วยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ พร้อมทั้งทำการปรับปรุงเฉพาะท่อระบายน้ำ ที่จะนำน้ำมายังโรงสูบน้ำ และระบบระบายน้ำที่ทำการปรับปรุงทั้งการขยายขนาดของท่อระบายน้ำ และติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4-8 และ 4-9 ตามลำดับ ตัวอย่างรูปแบบของโรงสูบน้ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4-10

4.3.3 การพิจารณาพื้นที่ทำการศึกษาโดยแบ่งออกเป็นส่วน ๆ การศึกษาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงตามที่ได้เสนอมาแล้วนั้น เป็นการพิจารณาพื้นที่ทำการศึกษาทั้งหมดรวมกันไป แต่เนื่องจากพื้นที่ทำการศึกษาทั้งหมดมิได้อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของหน่วยงานเพียงหน่วยงานเดียว /กรณีที่ไม่สามารถจะทำการแก้ไขปรับปรุงไปในคราวเดียวกันได้ จึงได้ทำการแบ่งพื้นที่ทำการศึกษาออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้ (รูปที่ 4-11)

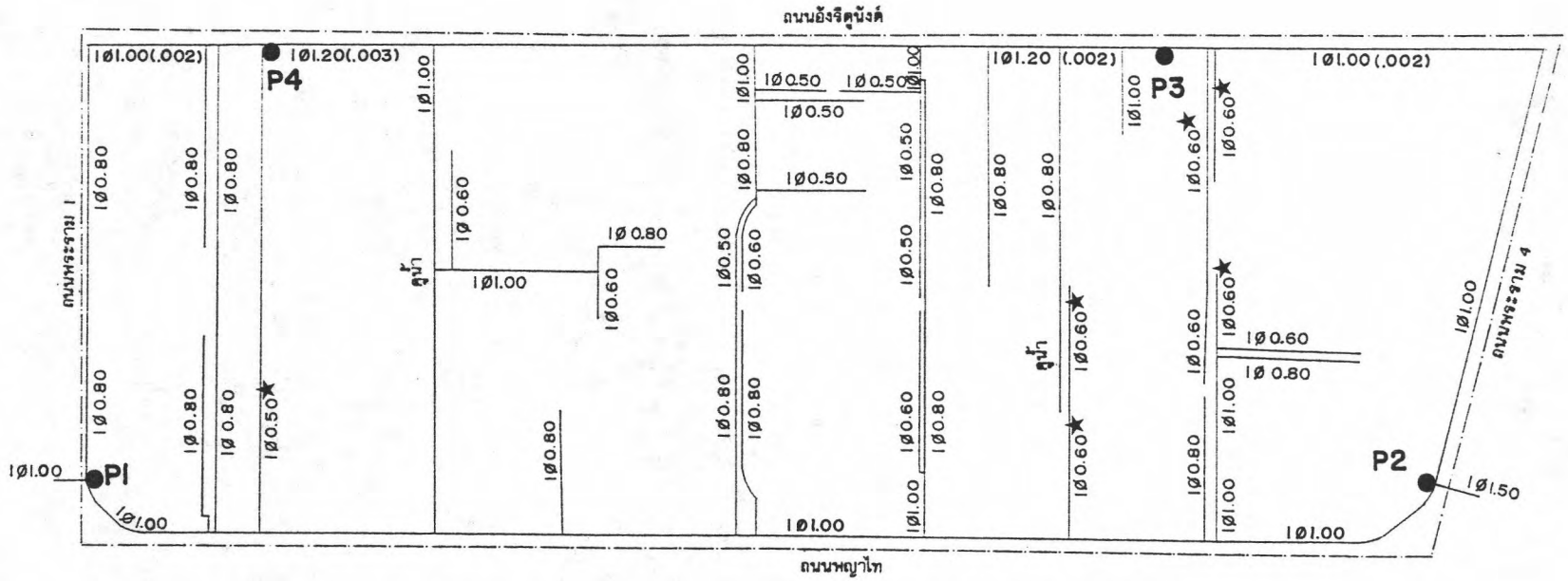
ส่วนที่ 1 บริเวณสยามสแควร์

ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยคณะเภสัชศาสตร์ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม คณะทันตแพทยศาสตร์ และคณะสัตวแพทยศาสตร์

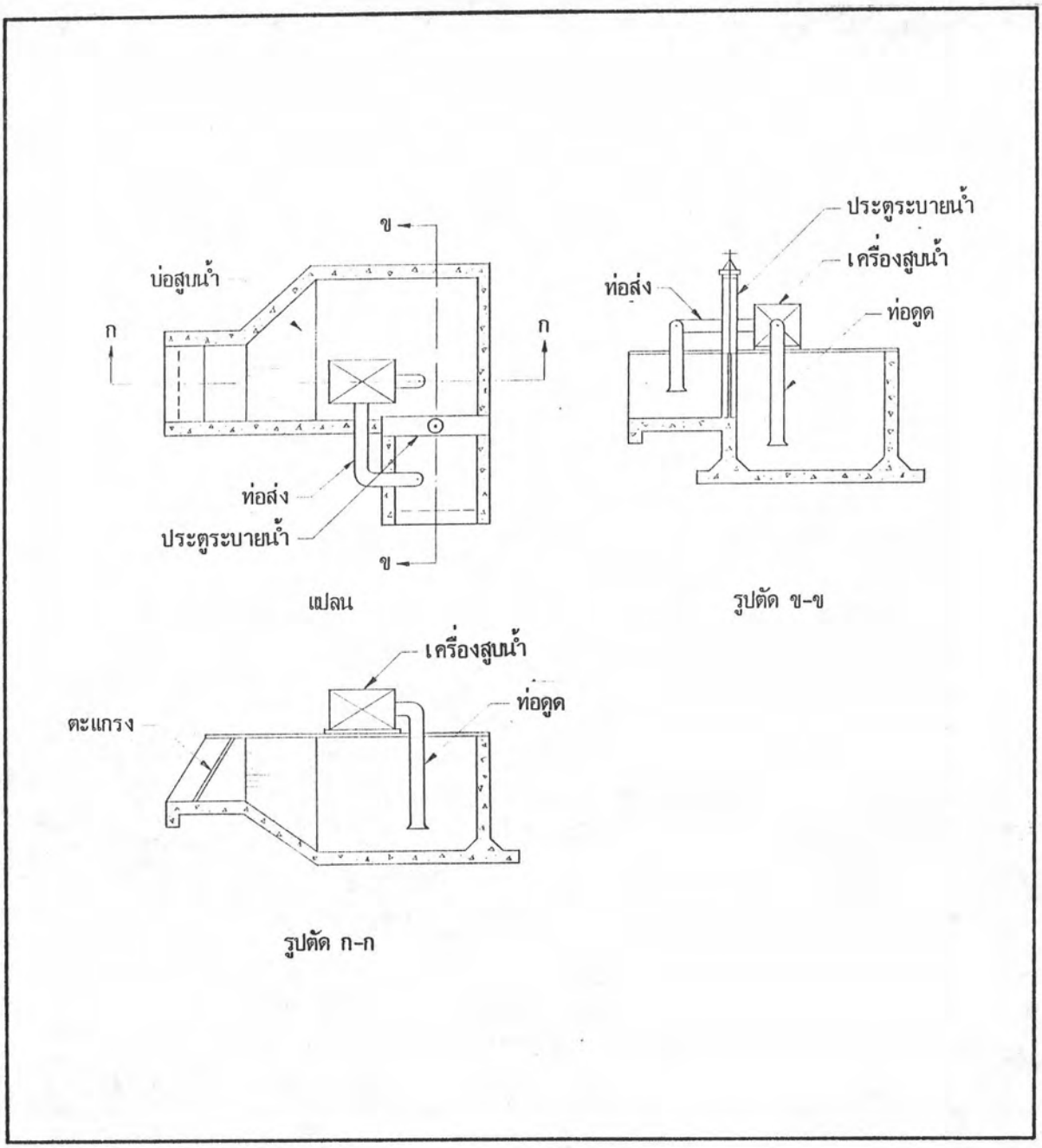
ส่วนที่ 3 ประกอบด้วยวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาวิทยาเขตอุเทนถวาย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ปทุมวัน) และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์บางส่วน



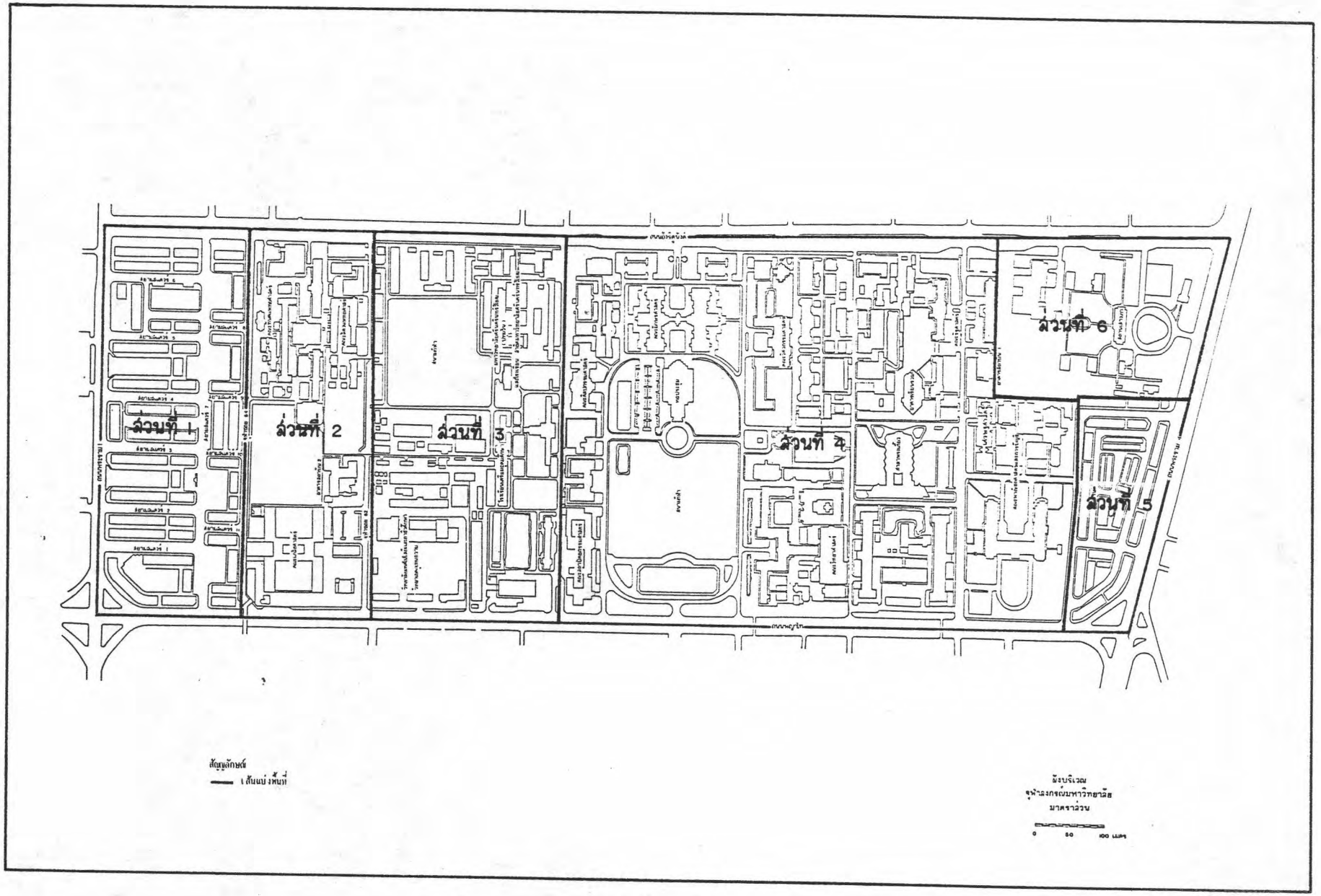
รูปที่ 4-8 ระบบระบายน้ำที่เสนอปรับปรุงด้วยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ 4-9 ระบบระบายน้ำที่เสนอปรับปรุงด้วยการขยายขนาดท่อและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ 4-10 ตัวอย่างรูปแบบของโรงสูบน้ำ



รูปที่ 4-11 การแบ่งพื้นที่ทำการศึกษาออกเป็นส่วน ๆ

ส่วนที่ 4 ประกอบด้วยคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ หอประชุม คณะวิทยาศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศาลาพระเกี้ยว คณะรัฐศาสตร์ และคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

ส่วนที่ 5 บริเวณสามย่าน

ส่วนที่ 6 บริเวณสถานเสาวภา สภากาชาดไทย

แนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำ สำหรับพื้นที่ในแต่ละส่วน มีดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อระบายน้ำ

2) การป้องกันมิให้น้ำจากภายนอกไหลเข้ามายังพื้นที่ส่วนที่จะทำการป้องกัน ซึ่งประกอบไปด้วยการปิดกั้นน้ำผิวดินมิให้ไหลล้นข้ามแนวขอบเขต ได้แก่ การจัดทำแนวป้องกันน้ำล้อมรอบพื้นที่ โดยอาศัยแนวรั้วทึบน้ำ การยกระดับพื้นถนน (ram) บริเวณทางเข้า-ออก เป็นต้น และการปิดกั้นมิให้น้ำไหลย้อนกลับเข้าพื้นที่ตามจุดเชื่อมต่อของทางระบายน้ำภายในกับภายนอกพื้นที่ โดยใช้ประตูระบายน้ำ หรือวาวล์ปิด-เปิดน้ำอัตโนมัติ (flap valve) เป็นต้น

3) การจัดเตรียมเครื่องสูบน้ำ ไว้ใช้ในกรณีที่ระดับน้ำภายนอกอยู่สูงกว่าระดับน้ำในระบบระบายน้ำภายในพื้นที่ รวมทั้งทำการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่จะนำน้ำมายังจุดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำให้เพียงพอ และปรับปรุงทางระบายน้ำเพื่อรองรับน้ำที่ระบายออกมาจากพื้นที่ ไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอกด้วย

4) กรณีที่จุดเชื่อมต่อระหว่างระบบระบายน้ำภายในกับภายนอกพื้นที่ มีเป็นจำนวนมาก ควรจัดทำทางระบายน้ำ เพื่อรวมน้ำที่ระบายมาก่อนที่จะไหลไปสู่แหล่งรับน้ำภายนอก ซึ่งจะทำให้มีจุดที่ต้องทำการปิดกั้นมิให้น้ำไหลย้อนกลับ และติดตั้งเครื่องสูบน้ำลดน้อยลงไป

5) การบำรุงรักษาระบบระบายน้ำ ให้มีความพร้อมในการรองรับปริมาณน้ำผิวดินเมื่อมีฝนตกหนัก โดยทำความสะอาดระบบระบายน้ำ เพื่อขจัดตะกอนที่ตกค้าง

6) ทำการปรับปรุงแหล่งกักเก็บน้ำตามผิวดินที่มีอยู่เดิม ด้วยการขุดลอก/เพิ่มเนื้อที่เก็บกักโดยทำแนวคันขอบสระน้ำหรือคูน้ำ เพื่อเพิ่มความสามารถในการเก็บกักน้ำ พร้อมทั้งทำการรักษาระดับน้ำในแหล่งเก็บกักน้ำ เพื่อรองรับปริมาณน้ำผิวดินเมื่อมีฝนตกหนัก