

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

้วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่เขตพญาไท โดยใช้แบบจำลอง InfoWorks CS

> A Study on Improvement of the Existing Drainage System of Phaya Thai Area by InfoWorks CS

นามผู้วิจัย นางสาวภัทรสุดา โพธิ์ศรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ			
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D.)
กรรมการ			
	(รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล, M.Eng.)
กรรมการ			
	(รองศาสตราจารย์ฉัตรคนัย จิระเคชะ, D.Eng.)
หัวหน้าภาศ	จวิชา		
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรชัย ถิปิวัฒนาการ, M.Asc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(______รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr._____) คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย วัน _____ เดือน _____พ.ศ _____

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่เขตพญาไท โดยใช้แบบจำลอง InfoWorks CS

A Study on Improvement of the Existing Drainage System of Phaya Thai Area by InfoWorks CS

โดย

นางสาวภัทรสุดา โพธิ์ศรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) พ.ศ. 2552 ภัทรสุดา โพธิ์ศรี 2552: การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่เขตพญาไท โดยใช้แบบจำลอง InfoWorks CS ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D. 169 หน้า

การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันใช้พื้นที่เขตพญาไทของกรุงเทพมหานครเป็น พื้นที่ศึกษา พื้นที่เขตพญาไทอยู่ในเขตกรุงเทพชั้นใน ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ชุมชนหนาแน่นมากที่นับว่ามี ศักยภาพภาพในการพัฒนาสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ระบบระบายน้ำปัจจุบันไม่เพียงพอ ส่งผลให้เกิดปัญหา น้ำท่วมขังตามมา ดังนั้นหากมีการศึกษาและปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันให้มีความสอดคล้องกับการ พัฒนาการใช้ที่ดินปัจจุบันและอนาคตก็จะสามารถแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังเนื่องจากฝนที่ตกในพื้นที่ศึกษาให้มี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การศึกษาได้นำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ InfoWorks CS มาใช้ประเมินระบบระบายน้ำของพื้นที่ ศึกษา ขอบเขตการศึกษาทางด้านทิศเหนือ จรคกลองบางชื่อ ด้านทิศใต้จรคกลองสามเสน ด้านทิศตะวันตก จรด ทางรถไฟสายเหนือ และด้านทิศตะวันออกจรค ถนนวิภาวดี- รังสิต โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลทางกายภาพ ระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลฝนตก และทิศทางการระบายน้ำ เพื่อนำมาใช้ในการ จำลองสภาพของระบบระบายน้ำ จากนั้นได้ทำการปรับเทียบหาก่าพารามิเตอร์เฉพาะถิ่นของแบบจำลอง และ ประเมินทางเลือกต่างๆที่จะนำมาใช้ปรับปรุงระบบระบายน้ำในพื้นที่

การศึกษาพบว่า ระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่เขตพญาไทสามารถรองรับพายุฝนที่ตกกรอบกลุม พื้นที่ได้ไม่เกินกาบอุบัติ 2 ปี ที่เวลา 3 ชั่วโมงได้ โดยถ้าพายุฝนที่ตกมีก่ามากกว่าพายุฝนที่กาบอุบัติ 2 ปี จะทำ ให้เกิดสภาพน้ำท่วมขังบริเวณ ถนนประดิพัทธ์ ซอยเสนาร่วม ถนนหลโยธิน ถนนสุทธิสารวินิฉัย และซอยลัด ต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา จึงต้องมีการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันโดยออกแบบให้สามารถรองรับพายุฝนที่กาบ อุบัติ 2 ปี (กวามถึกฝนสะสมประมาณ 60 มม.) ที่สภาพการใช้ที่ดินอนาตก ซึ่งจะเป็นการปรับปรุงท่อระบายน้ำ เดิม เสนอแนะแนวท่อระบายน้ำใหม่ จัดสร้างพื้นที่พักน้ำชั่วกราว พร้อมทั้งปรับปรุงสถานีสูบน้ำ/สถานีปลายท่อ ผลการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำที่เสนอแนะแบ่งออกได้เป็น 3 ทางเลือก โดยจากผล การศึกษาพบว่า ทางเลือกที่ 1 ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 1,195.90 ลูกบาศก์เมตรและระยะเวลาน้ำท่วมขัง 0-15 นาที ทางเลือกที่ 2 ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 1,687.80 ลูกบาศก์เมตร มีระยะเวลาน้ำท่วมขัง 0-20 นาที และทางเลือกที่ 3 ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 2,137.40 ลูกบาศก์เมตร มีระยะเวลาน้ำท่วมขัง 0-15 นาที Phuttarasuda Phosri 2009: A Study on Improvement of the Existing Drainage System of Phaya Thai Area by InfoWorks CS. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Napaporn Piamsa-nga, M.Eng. 169 pages.

The study of Improvement of the Existing Drainage System was performed in Phaya Thai district located in the middle of Bangkok. Phaya Thai has high residential density and is counted as a high potential of developments. Consider from these factors, the area has not enough efficiency drainage systems. Consequently, the repeated periodic flooding is usually occurs after intermediate to heavy raining. Therefore, necessary to study performance of a existing drainage system to find the suitable solution responsive to the present and future landuse development so that effectiveness of drainage capacity in the integrated system can be achieved

The research use Mathematical model named InfoWorks CS for apply to evaluate a performance of drainage system in study area. Boundary of study is the north of Phaya Thai district to Bang Sue cannel, the south of Phaya Thai district to Samsen cannel, the west of Phaya Thai district to the north train route and the east of the district to Vibhavadi Rangsit Road. Procedure is commencing by studying existing drainage system, landuse pattern and rainfall to simulate the hydraulic characteristic of drainage system. The calibration of local parameter which effect on simulation model were adopted. Various alternative improvement of drainage capacity of the study area were also evaluated.

Regarding to the study, it is found the existing drainage system can handle the design rainfall lower 2 years return period with 3 hours duration. In case of the design rainfall higher than 2 years return period, there will be flood in Pradiphat road, Soi Sena Ruam, Phahon Yothin road, Sutthisan Winit Chai road and some areas. To according the results, improvement the existing drainage system of the study area to meet with design rainfall 2 years return period (accumulative depth of 60 millimeters) on future landuse. To increase the drainage capacity, provided detension area and adopted pumping stations. The simulation hydraulic behaviour of recommend drainage system can distribute to is 3 the cause. In case of 1, the maximum flood volume will be reduced 1,195.90 cubicmetres/sec and period of flood time will be reduced 0-20 minutes. In case of 3, maximum flood volume will be reduced 2,137.40 cubicmetres/sec and period of flood time will be reduced 0-15 minutes.

/ /

Student's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ กณะกรรมการอันประกอบไปด้วยรองศาสตราจารย์ ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล กรรมการวิชาเอก รอง ศาสตราจารย์ ฉัตรดนัย จิระเดชะ กรรมการวิชารอง และรองศาสตราจารย์ ดีบุญ เมธากุลชาติ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำชี้แนะ ปรึกษา ตลอดจนแก้ไขปรับปรุงรูปเล่มวิทยานิพนธ์ให้ สำเร็จ ลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภาพร เปี่ยมสง่า และรองศาสตราจารย์ ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล ที่กรุณาให้ความกระจ่างและชี้ให้เห็นถึงประเด็นสำคัญ และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล ที่อนุญาตให้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป InfoWorks CS ซึ่งเป็น ลิขสิทธิ์เฉพาะบุคคล มาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชา วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ แนะนำ สั่งสอน ขอขอบคุณบริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลแท็นส์ กรุ๊ป จำกัด ที่ได้เอื้อเฝื้อข้อมูลในการ ศึกษาวิจัย และขอขอบคุณ คุณสมปอง มังคละวิรัช คุณวิโรจน์ เปี่ยมสัมฤทธิ์ คุณปียะพงษ์ รอดรัตน์ ที่ได้ให้กำแนะนำในส่วนของการใช้งานโปรแกรม InfoWorks CS ตลอดจนพี่ๆ และเพื่อนๆ ร่วมงานทุกทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้

กุณความคีของวิทยานิพนธ์ฉบับบนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแค่ นายทรงฤทธิ์ โพธิ์ศรี บิคา และนาง วิภาคา โพธิ์ศรี มารคา ผู้ให้กำเนิค ให้สติปัญญา ความรู้ความสามารถ กำลังใจ และทุนในการ ศึกษาวิจัย คณาอาจารย์ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ติคต่อประสานงาน ช่วยเหลือจน วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงอย่างสมบูรณ์

> ภัทรสุดา โพธิ์ศรี พฤษภาคม 2552

สารบัญ

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	84
อุปกรณ์	84
ີ ວ ີ ຄຳາະ	85
ผลและวิจารณ์	103
ผลการศึกษา	103
วิจารณ์	128
สรุปและข้อเสนอแนะ	129
สรุป	129
ข้อเสนอแนะ	133
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	135
ภาคผนวก	138
ประวัติการศึกษา	169

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ของความลึกฝน 1 วัน 2 วัน และ 3 วันของฝนตกที่คาบอุบัติ	
	ต่างๆ	14
2	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาสภาพปัจจุบัน (พ.ศ. 2549)	23
3	การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (พ.ศ. 2569)	23
4	รายละเอียดการท่วมขังในพื้นที่ศึกษา	29
5	ค่า a b และ c ของพายุฝนออกแบบของกรุงเทพมหานครที่คาบอุบัติต่างๆ	40
6	สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับการใช้พื้นที่ต่าง ๆ กัน	46
7	สัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่กรุงเทพมหานครเขตชั้นใน	46
8	ค่า CN สำหรับพื้นที่ใช้ประ โยชน์ต่าง ๆ กัน	52
9	ฝนออกแบบที่คาบย้อนกลับ 1.1 ปี 2 ปี และ 5 ปี ในเวลา 3 ชั่วโมง	82
10	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่นำมาใช้ในแบบจำลอง	95
11	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียคทานของแมนนิ่ง (Manning's n)	95
12	รายละเอียคของน้ำท่วมขัง ณ วันที่ 26 กันยายน 2549	105
13	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าจากการปรับเทียบแบบจำลองแบบจำลอง	108
14	ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่วม จากแบบจำลองทางชลศาสตร์ของระบบ	
	ระบายน้ำเดิมที่กาบอุบัติ 2 ปี	109
15	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่นำมาใช้ในแบบจำลอง	130

ตารางผนวกที่

1	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Database	141
2	คำสั่งที่ใช้ในเมนู File	150
3	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Edit	151
4	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Network	152
5	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Selection	153
6	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Geo	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

7	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Result	155
8	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Tools	155
9	คำสั่งที่ใช้ในเมนู Window	156
10	เมนูการจัดการข้อมูลขั้นพื้นฐาน File Toolbar	158
11	ปุ่มการแก้ไขจัดการขั้นพื้นฐาน Edit Toolbar	158
12	การใช้งาน Window Toolbar	159
13	การใช้งาน Tools Toolbar	160
14	การใช้งาน Replay Control Toolbar	163
15	การใช้งาน Operations Toolbar	163
16	การใช้งาน 3d View Toolbar	164
17	การใช้งาน Model Group Window	165

หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา	5
2	ที่ตั้งของจังหวัดกรุงเทพมหานคร	7
3	เขตปกครองของจังหวัดกรุงเทพมหานคร	8
4	ค่าระดับในพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกและในพื้นที่ศึกษา	9
5	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	11
6	ทางเดินพายุและมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย	13
7	การแปรผันของสภาพภูมิอากาศในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครใน	
	คาบ 30 ปี (พ.ศ. 2513-2543)	15
8	ความสัมพันธ์ของความลึกฝน 1 วัน 2 วัน และ 3 วันของฝนตกที่คาบ	
	อุบัติต่างๆ	16
9	การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก	17
10	การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก	18
11	โครงข่ายคมนาคมขนส่งหลักในพื้นที่ศึกษา	19
12	แผนที่การใช้ประ โยชน์ที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา	21
13	แผนที่การใช้ประ โยชน์ที่ดินในอนาคตของพื้นที่ศึกษา	22
14	การแบ่งพื้นที่ปิดล้อมย่อยเพื่อการบริหารการระบายน้ำ	25
15	ภาพรวมระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา	26
16	ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา	27
17	ตำแหน่งจุดอ่อนน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา	30
18	การกระจายตัวของฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร	36
19	ความเข้มฝน-ความลึกน้ำฝน-ช่วงเวลา ที่คาบอุบัติ 2 และ 5 ปี	38
20	การกระจายตัวของฝนออกแบบที่เวลาต่างๆ	39
21	แนวความคิดของวิธีหลักเหตุผล	45
22	แนวความคิดของวิธี Time-Area	48
23	แนวความคิดของวิธี SCS	50
24	แนวความคิดของวิธีหนึ่งหน่วยน้ำท่า	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	กระบวนการของการเปลี่ยนนาฝนเป็นนาทา	56
26	แนวความคิดของการจำลองแบบพินผีวเดียวกัน	58
27	แนวความคิดของการจำลองแบบแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยตามลักษณะการ *	
	ใช้พื้นที่ต่าง ๆ กัน	59
28	ส่วนประกอบของแบบจำลอง Hydroworks	70
29	ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของแบบจำลอง InfoWorks CS	76
30	รูปแปลนแสดง node และ link จากแบบจำลอง InfoWorks CS	87
31	ตัวอย่างตารางการใส่ค่าของจุครับน้ำ (Node) ในแบบจำลอง InfoWorks CS	88
32	ตัวอย่างตารางการใส่ค่าเชื่อมต่อระหว่างจุครับน้ำ (links) ในแบบจำลอง	
	InfoWorks CS	90
33	รูปตัดตามยาวของการต่อเชื่อม node และ link ของแบบจำลอง InfoWorks CS	91
34	(ก) รูปแสดง Subcatchment ในแผนที่กายภาพของพื้นที่ศึกษา	92
	(ข) รูปแปลนแสดง subcatchment ของแบบจำลอง InfoWorks CS	93
35	ตัวอย่างข้อมูลฝนที่นำเข้าในแบบจำลอง InfoWorks CS	94
36	ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา	97
37	การกระจายตัวของฝน วันที่ 26 กันยายน 2549	98
38	ตำแหน่งพื้นที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษา	99
39	ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา	104
40	ตำแหน่งพื้นที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษา	106
41	ตำแหน่งน้ำท่วมขังจากการปรับเทียบแบบจำลอง	107
42	(ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน	
	(กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง	111
	(ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน	
	(กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)	112
43	(ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน	
	(กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
	(ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน	
	(กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)	114
44	(ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต	
	(กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง	115
	(ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต	
	(กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)	116
45	(ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต	
	(กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง	117
	(ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต	
	(กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)	118
46	ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 1	120
47	แนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 1	121
48	ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 2	124
49	แนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 2	125
50	ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 3	126
51	แนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 3	127

ภาพผนวกที่

1	หน้าจอหลักของการใช้งานโปรแกรม InfoWorks CS Administration	140
2	หน้าจอแสดงการใช้งานเมนู User Defined Flags	144
3	หน้าจอแสดงการใช้งานเมนู View	144
4	หน้าจอแสดงเมนู Help Topics	145
5	หน้าจอแสดงเมนู About InfoWorks CS	146
6	หน้าจอหลักแสดงการใช้คำสั่ง Edit บนเมนู InfoWorks Explorer	147
7	หน้าจอหลักของการใช้งานโปรแกรม InfoWorks CS	149

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนา	วกที่	หน้า
8	หน้าจอแสดงการทำงานบนพื้นที่ใช้งาน (Working Space) ของ แบบจำลอง	
	InfoWorks CS	168

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

I=ค่าความเข้มฝน (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)a=ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับคาบอุบัติที่กำหนดb,c=ค่าคงที่ (ไม่ขึ้นอยู่กับค่าคาบอุบัติ) t_d =ช่วงเวลาฝนตก (นาที)P=ความลึกฝนรวม t_b =ช่วงเวลาฝนก่อนเกิดความเข้มฝนสูงสุด t_a =ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุด t_a =อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)C=สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
a=ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับคาบอุบัติที่กำหนดb,c=ค่าคงที่ (ไม่ขึ้นอยู่กับค่าคาบอุบัติ) t_d =ช่วงเวลาฝนตก (นาที)P=ความลึกฝนรวม t_b =ช่วงเวลาฝนก่อนเกิดความเข้มฝนสูงสุด t_a =ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุดQ=อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)C=สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
b,c = ค่าคงที่ (ไม่ขึ้นอยู่กับค่าคาบอุบัติ) t _d = ช่วงเวลาฝนตก (นาที) P = ความลึกฝนรวม t _b = ช่วงเวลาฝนก่อนเกิดความเข้มฝนสูงสุด t _a = ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุด t _a = ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุด Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
t _d = ช่วงเวลาฝนตก (นาที) P = ความลึกฝนรวม t _b = ช่วงเวลาฝนก่อนเกิดความเข้มฝนสูงสุด t _a = ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุด Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
P = ความถึกฝนรวม tb = ช่วงเวลาฝนก่อนเกิดความเข้มฝนสูงสุด ta = ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุด Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
t _b = ช่วงเวลาฝนก่อนเกิดความเข้มฝนสูงสุด t _a = ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุด Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
t _a = ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มฝนสูงสุด Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
Q = อัตราการใหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
i = ความเข้มฝน (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)	
A = พื้นที่ระบายน้ำ (ตารางกิโลเมตร)	
V = พื้นที่ใต้รูปสามเหลี่ยม	
Q_ = อัตราการใหลสูงสุด	
C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า	
t _p = ระยะเวลาน้ำเข้มข้น	
D = ระยะเวลาฝนตก	
A = พื้นที่ระบายน้ำ	
k = หมายเลขพื้นที่ย่อย	
i = ความเข้มฝนตก	
n = จำนวนพื้นที่ที่ถูกแบ่ง	
F _a = ความลึกของน้ำที่หลงเหลืออยู่ในพื้นที่ระบา	ยน้ำ
S = ความสามารถในการเก็บกักน้ำของพื้นที่	
f = ความสามารถในการซึมผ่านผิวดินที่เวลาใค	ๆ
f _. = อัตราการซึมผ่านผิวดินคงที่	
f = อัตราการซึมผ่านผิวดินสูงสุด	
e = Natural log	
k = Shape factor	
t = เวลานับตั้งแต่ฝนเริ่มตก	

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ (ต่อ)

\mathbf{S}_{f}	=	Friction Slope					
CN	=	Curve number					
Ι	=	ข้อมูลด้านเข้าที่เวลาใด ๆ					
Q	=	ข้อมูลด้านออกที่เวลาใด ๆ					
S	=	ปริมาตรกักเก็บที่เวลาใด ๆ					
F	=	ฟังก์ชั่น					
Н	=	ระดับความลึกของการไหล					
V	=	ความเร็วของน้ำ					
F	=	นิพจน์ Colebrook- White					
	{-(32	$(gR)^{0.5} Log[\frac{K_s}{14800R} + \frac{1.255U}{R(32gRS_o)^{0.5}}]$					
t	=	เวลา					
x	=	ระยะทาง					
So	=	ความลาดชันทางน้ำ					
R	=	รัศมีชลศาสตร์					
Ks	=	ความขรุขระทางน้ำประสิทธิผล					
υ	=	ความหนืดจลศาสตร์					
$\frac{\partial z}{\partial x}$	=	ความลาคชันของทางน้ำ					
Y	=	ความลึกของการไหล					
St	=	ความลาคชั้นเสียคทาน					
g	=	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก					
$(\frac{\partial H}{\partial t})$	t =	อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่บัพ					
Ql	=	อัตราการใหลเข้าออกสุทธิที่บัพ					
Ast	=	พื้นที่หน้าตัดของบัพ					
θ	=	มุมความลาคชั่นของท้องคลอง (องศา)					
K	=	ครรชนีความจุของหน้าตัด					

การศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่เขตพญาไท โดยใช้แบบจำลอง InfoWorks CS

A Study on Improvement of the Existing Drainage System of Phaya Thai Area by InfoWorks CS

คำนำ

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่ตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากมีความเหมาะสมในด้าน ต่างๆ จึงทำให้กรุงเทพมหานครกลายเป็นศูนย์กลางการพัฒนาที่มีการขยายตัวอย่างรวคเร็ว แต่ เนื่องจากยังขาดการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างจริงจังรวมทั้งการพัฒนาระบบ สาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานโดยเฉพาะระบบระบายน้ำที่ยังไม่สอดคล้องกัน จึงส่งผลทำให้ระบบ ระบายน้ำที่มีอยู่เดิมนั้นไม่เพียงพอสำหรับการระบายน้ำในปัจจุบันและก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง ในพื้นที่กรุงเทพมหานครบางส่วนขึ้นได้ ปัจจุบันพื้นที่ที่กันไว้เป็นพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ เกษตรกรรม ได้มีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้นหลายประเภท เช่น ที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และธุรกิจ เป็นต้น รวมทั้งไม่สามารถจัดหาพื้นที่มาจัดทำที่กักเก็บน้ำชั่วกราว (แก้มลิง) และยังมีการรุกล้ำพื้นที่กลอง ระบายน้ำเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังประสบปัญหาเกี่ยวกับการทรุดตัวของแผ่นดินอันเนื่องมาจาก การสูบน้ำบาคาลขึ้นมาใช้ในพื้นที่บางส่วนของกรุงเทพมหานครอีกด้วย จากข้อจำกัดคังกล่าวของ กรุงเทพมหานครจึงทำให้พื้นที่บางแห่งเกิดน้ำท่วมขังเป็นประจำเมื่อเกิดฝนตกหนักถึงหนักมาก ในช่วงฤดูฝน และการที่จะป้องกันไม่ให้เกิคภาวะน้ำท่วมขังในพื้นที่กรุงเทพมหานครจะต้องลงทุน ้มหาศาล ซึ่งจะไม่สอดกล้องกับภาวะเศรษฐกิจ สังกม และยังต้องการเวลาที่จะทำให้เกิดการยอมรับ ้งองประชากมที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาแนว ทางการปรับปรุงที่เหมาะสมเพื่อจะเป็นการแก้ใขภาวะน้ำท่วมที่กาคว่าจะเกิดขึ้นต่อชุมชนและ สังคมในอนาคต

ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นการวิจัยเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการ ระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบันให้มีความสมบูรณ์และสามารถรองรับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในอนาคต โดยจะใช้พื้นที่พื้นที่ศึกษาในเขตพญาไท ซึ่งมีอาณาเขต ด้านทิศเหนือจรดกับคลองบาง ซื่อ ทิศใต้จรดกับคลองสามเสน ทิศตะวันออกจรดกับถนนวิภาวดีรังสิตและทิศตะวันตกจรดทาง รถไฟสายเหนือเป็นพื้นที่ศึกษา และจะใช้แบบจำลอง InfoWorks CS ซึ่งเป็นแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่สามารถจำลองพฤติกรรมการไหลได้เหมือนสภาพจริง (Hydrodynamic Flow Simulation) ที่พัฒนาขึ้นโดย Wallingford Software Hydraulics Research แห่งประเทศอังกฤษ เป็น เครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบัน และระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ พร้อมทั้งจะนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่เขตพญาไทอย่างเป็นระบบ

วัตถุประสงค์

 เพื่อศึกษาสถานะภาพปัจจุบันของสภาพภูมิประเทศ ปฐพีกลศาสตร์ ลักษณะการใช้ ประโยชน์ที่ดินระบบระบายน้ำ สภาพการระบายน้ำและปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่เขตพญาไท (พื้นที่ ศึกษา)

 เพื่อจำลองระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ InfoWorks CS

เพื่อศึกษาขีดความสามารถการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษาให้สามารถรองรับ
ฝนออกแบบที่คาบอุบัติไม่น้อยกว่า 2 ปี ที่สภาพการใช้ที่ดินอนาคต

ขอบเขตการศึกษา

 พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาคือพื้นที่เขตพญาไท ซึ่งจะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 9.595 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมีขอบเขต ดังนี้

ทิศเหนือ	ารค	คลองบางซื่อ
ทิศใต้	ารค	คลองสามเสน
ทิศตะวันออก	ารค	ถนนวิภาวดี-รังสิต
ทิศตะวันตก	ารค	ทางรถไฟสายเหนือ

 รวบรวมข้อมูลทางกายภาพและระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาจากฐานข้อมูล ของสำนักการระบายน้ำและจากการไปสำรวจภาคสนาม พร้อมทั้งจำลองระบบระบายน้ำปัจจุบัน และสภาพการระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง InfoWorks CS

 ตรวจสอบการเป็นตัวแทนได้ของโครงข่ายระบบระบายน้ำที่จำลองขึ้นด้วยแบบจำลอง InfoWorks CS โดยปรับเทียบกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในอดีต ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ เหตุการณ์ฝนตก สภาพการระบายน้ำ และน้ำท่วมขัง วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2549

วิเคราะห์สภาพการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบันด้วยฝนออกแบบที่คาบอุบัติ
1.1ปี และ2 ปี

5. กำหนดแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาให้สามารถรองรับพายุฝน ออกแบบที่คาบอุบัติไม่น้อยกว่า 2 ปี ในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2569

 เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาให้สามารถรองรับพายุ ฝนออกแบบที่คาบอุบัติไม่น้อยกว่า 2 ปี ที่สภาพการใช้ที่ดินที่กำหนดในปี พ.ศ. 2569



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2538)

การตรวจเอกสาร

สภาพภูมิประเทศ

1. สภาพภูมิประเทศของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยตั้งอยู่ที่ละติจูด 13 องศา 44 ลิปดา เหนือ และลองจิจูด 100 องศา 30 ลิปดาเหนือ ดังภาพที่ 2 ซึ่งอยู่ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมของ แม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ห่างจากอ่าวไทยมาทางเหนือประมาณ 50 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งหมด 1,565 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย พื้นที่กรุงเทพมหานครและธนบุรีแบ่งออกเป็น 50 เขต (สำนัก นโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร, 2530) ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งมีระดับพื้นดินตามริมฝั่งแม่น้ำ ประมาณ +1.5 ม.รทก. และระดับพื้นดินในที่ลุ่มห่างจากแม่น้ำมีระดับประมาณ +1.0 ม.รทก. เนื่องจากมีการสูบน้ำบาดาลไปใช้กันมาก จึงทำให้ระดับพื้นดินของกรุงเทพมหานครลดต่ำลงจนใน บางพื้นที่ระดับพื้นดินเกือบเท่าหรือต่ำกว่า 0.0 ม.รทก. ซึ่งหมายความว่าการระบายน้ำตาม ธรรมชาติในพื้นที่เหล่านี้แทบจะเป็นไปไม่ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพื้นที่เหล่านี้อยู่ไกลจากแม่น้ำ

โดยทั่วไปแล้วพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกจะมีสภาพพื้นดินเอียงลาดจากเหนือลงสู่ ใต้ ระดับพื้นดินทางตอนเหนือมีค่าระหว่าง +1.5 ถึง +2.0 ม.รทก. และประมาณ +0.5 ถึง +1.0 ม.รทก. ในตอนกลางและตอนใต้ของพื้นที่ตามลำดับ โดยที่บางพื้นที่มีค่าระดับประมาณ 0.0 ม. รทก. หรือสูงกว่าเล็กน้อย ตามริมแม่น้ำระดับพื้นดินค่อนข้างสูงกว่าภายใน ทั้งนี้เนื่องจากดินข้างใต้ มีความแข็งแรงกว่า ระดับทั่วไปของตลิ่งแม่น้ำมีค่าประมาณ +1.5 ม.รทก. และมีระบบป้องกันน้ำ ท่วมสูงประมาณ +2.5 ถึง +3.0 ม.รทก.ดังแสดงในภาพที่ 4

2. สภาพภูมิประเทศและสภาพกายภาพของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ต่อเนื่อง

2.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้พื้นที่ในเขตพญาไท ซึ่งตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพชั้นในฝั่งตะวันออก ของแม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษาจะเป็นพื้นที่ราบเรียบ ความสูงเฉลี่ยของพื้นที่อยู่ ระหว่างประมาณ +0.30 ถึง +1.6 จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยภาพรวมแล้วลักษณะพื้นที่จะลาด



ภาพที่ 2 ที่ตั้งของจังหวัดกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 3 เขตปกครองของจังหวัดกรุงเทพมหานคร

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2543)



ภาพที่ 4 ค่าระดับในพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกและในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2538)

เอียงจากเหนือลงใต้ โดยมีคลองระบายน้ำที่สำคัญใหลงนานกับขอบของพื้นที่ศึกษา คือ คลองบาง ซื่อ คลอสามเสน ดูน้ำข้างถนนวิภาวดี ดังแสดงในภาพที่ 5 พื้นที่เขตพญาไทเป็นพื้นที่อยู่อาศัย หนาแน่นปานกลางถึงหนาแน่นมากลักษณะทางเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ธุรกิจ การค้า และบริการต่าง ๆ ดังจะเห็นได้จากการที่มีสถานประกอบการอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งที่เกาะ กลุ่มกันในบริเวณย่านธุรกิจสำคัญ ตลอดจนสถานประกอบการที่กระจายตัวตามถนนสายสำคัญ ต่างๆ เป็นต้น จากลักษณะทางกายภาพที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาเนื่องจากเป็นพื้นที่ชั้นในของ กรุงเทพมหานคร จึงมีการเปลี่ยนแปลงทางค้นเศรษฐกิจ สังคมอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเพิ่มขึ้น ของประชากร และมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเพื่อรองรับการเติบโตขึ้นของเมืองอย่างต่อเนื่อง เช่นกัน

2.2 ประชากร

จำนวนประชากรในพื้นที่เขตพญาไทเพิ่มขึ้นจาก 121,382 คนในปี พ.ศ.2548 เป็น 127,453 คนในปี พ.ศ.2559 และเพิ่มเป็น 130,613 คนในปี พ.ศ.2569 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี ในช่วงการประมาณการร้อยละ 0.35 (จำนวนประชากรรวมประชากรแฝง) จำนวนบ้านเพิ่มจาก 30,272 หลังใน พ.ศ. 2548 เป็น 33,393 หลัง ในปี พ.ศ.2559 และ 36,101 หลังในปี พ.ศ.2569

2.3 ระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน

ระบบคมนาคมและขนส่ง จะส่งผลต่อการพิจารณาทิศทางและภาพรวมของโครงสร้าง ของระบบระบายน้ำโดยเครือข่ายถนนบริเวณพื้นที่ศึกษา เช่น โครงข่ายระบบรถไฟฟ้ายกระดับ BTS รถไฟฟ้าใต้ดิน BMTR และทางรถไฟสายเหนือ เป็นต้น

ระดับถนน พื้นที่ลาดเอียงจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้จากลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ ค่า ระดับพื้นดินทางตอนเหนือ มีค่าประมาณ +1.30 ตอนกลางและตอนใต้มีค่าประมาณ + 0.30 ถึง +1.00 ม.รทก. ในตอนกลางและตอนใต้ของพื้นที่ ความสูงเฉลี่ยของพื้นที่อยู่ระหว่างประมาณ +0.30 ถึง +1.30 จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ค่าระดับถนนปัจจุบันมีค่าอยู่ระหว่าง +0.83 ถึง +2.40 จาก ระดับน้ำทะเลปานกลาง และค่าระดับท้องคลองปัจจุบันอยู่ระหว่าง -1.40 ถึง -2.10 จากระดับน้ำทะเล ปานกลาง



ภาพที่ 5 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)

3. ลักษณะภูมิอากาศและปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นประเทศไทยจึงมีลมมรสุมและพายุ ฝนซึ่งนำความชื้นที่ก่อตัวให้เกิดฝนพัดผ่านมาอย่างสม่ำเสมอ ลมที่นำฝนมาตกในประเทศไทยจะอยู่ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม (ชูเกียรติและไตรรัตน์, 2529) ดังนั้นกรุงเทพมหานครก็จะได้รับ ผลกระทบจากสภาพอากาศในลักษณะนี้เช่นกัน โดยลมที่นำฝนมาตกในประเทศไทยและ กรุงเทพมหานครได้แสดงไว้ในภาพที่ 6 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ถมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นถมประจำฤดูกาลพัดมาจากมหาสมุทรอินเดีย พาฝนมา ตกระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ทำให้เกิดฝนตกปานกลางในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ กรุงเทพมหานคร

(2) ถมได้ฝุ่น เป็นถมจรซึ่งพัดมาจากทะเถจินใต้เข้าฝั่งเวียดนามทางตะวันออกเฉียงเหนือ และมักอ่อนกำลังลงเป็นดีเปรสชั่น ทำให้เกิดฝนตกเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งจะพัดผ่านประเทศไทยราว เดือนมิถุนายนถึงกันยายน ทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมากในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ กรุงเทพมหานคร เป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วมขังในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานคร

(3) ลมไซโคลนจากอ่าวเบงกอล เป็นลมจรเกิดอยู่ในตอนใต้ของเบงกอลผ่านเข้ามาทาง ตะวันตกของภาคกลาง ทำให้เกิดฝนตกหนักในเดือนพฤษภาคม ผลกระทบจากลมไซโคลนต่อพื้นที่ ศึกษาและกรุงเทพมหานครไม่มากนัก

(4) ลมว่าวจากอ่าวไทย เกิดขึ้นในอ่าวไทยเป็นครั้งคราว กระแสลมพัดเข้ามาทำให้เกิดพายุ ฝนฟ้าคะนอง ฝนเหล่านี้จะเกิดในภาคกลางทั้งหมดประมาณเดือนพฤษภาคม ผลกระทบจากลมว่าว ที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานครมีไม่มากนัก



ภาพที่ 6 ทางเดินพายุและมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา: กรมชลประทาน (2535)

อย่างไรก็ตามฝนที่ตกในกรุงเทพมหานครเกิดจากลมหลัก 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตก เฉียงใต้และลมได้ฝุ่น ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ทั้งนี้ปริมาณฝนเฉลี่ย ที่สถานีกรุงเทพฯ (48455) รายปีประมาณ 1,490 มิลลิเมตร และ 87 เปอร์เซ็นต์ของฝนที่ตกนี้จะตก ในช่วงฤดูฝน โดยมีจำนวนวันฝนตกในแต่ละปีเฉลี่ยประมาณ 120 วัน ในช่วงเดือนกันยายนและ ตุลาคมจะมีฝนตกหนักที่สุด (38 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฝนรายปี) รายละเอียดการผันแปรของสภาพ ภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ได้แสดงในภาพที่ 7 ส่วนรายละเอียดกวามสัมพันธ์ของความลึกฝน 1 วัน 2 วัน และ 3 วันของฝนตกที่กาบอุบัติต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 1 และ ภาพที่ 8

ฝนสูงสุด	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR
(ວັນ)	(2 ปี)	(5 ปี)	(10 ปี)	(25 ปี)	(50 ปี)	(100 ปี)	(1000 ปี)
1 วัน	90.84	120.29	139.78	164.41	182.69	200.83	260.76
2 วัน	116.20	151.00	174.05	203.17	224.77	246.21	317.06
3 วัน	135.56	172.67	197.24	228.29	251.32	274.18	349.71

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของความลึกฝน 1 วัน 2 วัน และ 3 วันของฝนตกที่คาบอุบัติต่างๆ

4. การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันและการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนากต

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก ประกอบด้วย ย่าน ที่อยู่อาศัยที่มีความหลากหลาย ทั้งบ้านเดี่ยว บ้านแถว อาคารชุด และอาคารสงเคราะห์ สถาบัน ราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ รวมทั้งโครงข่ายคมนาคมขนส่ง ดังแสดงในภาพที่ 9 ซึ่งมีการใช้ประโยชน์พื้นที่จนเกือบเต็มพื้นที่ ทั้งนี้สำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานครได้เสนอให้มี การใช้ที่ดินอนาคต (ปี พ.ศ. 2559) ดังแสดงในภาพที่ 10 ด้วยข้อกำหนดการบังคับใช้ผังเมืองรวม กรุงเทพมหานคร เมื่อพิจารณาพื้นที่ศึกษาซึ่งตั้งอยู่ในเขตพญาไทจะเห็นว่าในปัจจุบันพื้นที่เขตพญา ไทใด้มีการพัฒนาเป็นพื้นที่ชุมชนเกือบเต็มพื้นที่แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความเจริญมี ศักยภาพในการพัฒนา และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูงเนื่องจากอยู่บนแนวโครงข่ายการคมนาคม ขนส่งหลักดังแสดงในภาพที่ 11





<mark>ที่มา</mark>: กรมอุตุนิยมวิทยา (2543)





<mark>ส่</mark>หมา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2543)



ภาพที่ 9 การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2538)



ภาพที่ 10 การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2538)



ภาพที่ 11 โครงข่ายคมนาคมขนส่งหลักในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)

ดังนั้นลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงมีการเปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดินจากบ้านพักอาศัยไปเป็น อาการสูงมากยิ่งขึ้น และบริเวณพื้นที่ริมสองฝั่งถนนสายหลักได้ถูกพัฒนาให้เป็นย่านพาณิชยกรรม เป็นแนวยาวต่อเนื่อง สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาได้แสดงไว้ในภาพที่ 12 โดยมีรายละเอียดการใช้ที่ดินสรุปได้ดังตารางที่ 2 จากตารางข้างต้น พบว่าในพื้นที่ศึกษามีการใช้ ประโยชน์ที่ดินเพื่อที่อยู่อาศัยมากที่สุด(ประมาณร้อยละ 49.51) รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินในส่วน ของหน่วยงานราชการ และเพื่อการสาธารณูปโภค (ประมาณร้อยละ 19.17) ซึ่งจะทำให้เกิด สัมประสิทธิ์น้ำท่าเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษาประมาณ 0.361 อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าถึงแม้พื้นที่ ศึกษาจะมีความพร้อมด้านโครงข่ายคมนาคมขนส่ง และมีความสะดวกในการเข้าถึง แต่เนื่องจาก พื้นที่ศึกษาถูกพัฒนาให้เป็นที่อยู่อาศัยมาก่อนที่จะมีการพัฒนาโครงข่ายการคมนาคมขนส่ง ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันในพื้นที่ศึกษาจึงมีการเปลี่ยนแปลงให้เป็นที่พักอาศัยที่มีความ หลากหลาย เช่น บ้านเดี่ยว คอนโด อาการพาณิชย์ มากยิ่งขึ้น

ส่วนแผนการใช้ที่ดินในอนากตภายใต้ข้อกำหนดการบังกับใช้ผังเมืองรวม กรุงเทพมหานกร พ.ศ. 2549 ได้กำหนดให้พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก โดยมีผังการ ใช้ที่ดินในอนากต (ปี พ.ศ. 2569) ดังได้แสดงไว้ในภาพที่ 13 โดยมีรายละเอียดการใช้ที่ดินสรุปได้ ดังตารางที่ 2 ซึ่งจะทำให้เกิดสัมประสิทธิ์น้ำท่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นดังเป็น 0.45 แสดงไว้ในตารางที่ 3



ภาพที่ 12 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่คินในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานคร (2549)



ภาพที่ 13 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานคร (2549)
ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	สัมประสิทธิ์น้ำท่า "C"
ที่อยู่อาศัย	4.615	0.45
พาณิชยกรรม	0.868	0.55
อุตสาหกรรม	0.054	0.60
ราชการ/สาธารณูปโภค	1.787	0.31
สถาบันการศึกษา	0.140	0.31
สถาบันศาสนา	0.023	0.31
นันทนาการ	0.031	0.25
ที่ว่าง	0.295	0.20
อื่นๆ	1.782	0.20
	รวม 9.595	เฉลี่ย = 0.361

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาสภาพปัจจุบัน (พ.ศ. 2549)

ที่มา: สำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานคร (2549)

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (พ.ศ. 2569)

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	สัมประสิทธิ์น้ำท่า "C"
ที่อยู่อาศัย	4.861	0.50
พาณิชยกรรม	0.914	0.60
อุตสาหกรรม	0.057	0.65
อื่นๆ	3.763	0.35
	5 ວນ 9.595	เฉลี่ย = 0.45

หมายเหตุ: พื้นที่อื่นๆ หมายถึง การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นนอกจากพื้นที่อยู่อาศัย ที่พาณิชยกรรม และที่อุตสาหกรรม

ที่มา: คำนวณจากผลการประมาณการความต้องการพื้นที่ปลูกสร้าง พ.ศ. 2549-2569

5. ภาพรวมระบบระบายน้ำปัจจุบันและสภาพน้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษา

5.1. ภาพรวมของการระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ต่อเนื่อง

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครแบ่งการบริหารการระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่ง ตะวันออกในคันกั้นน้ำพระราชคำริ (พื้นที่ 650 ตารางกิโลเมตร)ออกเป็น 10 พื้นที่ปิคล้อมหลักดัง แสดงในภาพที่ 14 ประกอบด้วยพื้นที่ปิคล้อมบางเขน พื้นที่ปิคล้อมสามเสน พื้นที่ปิคล้อมกรุงเกษม พื้นที่ปิคล้อมพระรามที่ 4 พื้นที่ปิคล้อมยานนาวา พื้นที่ปิคล้อมสุขุมวิท พื้นที่ปิคล้อมบางนา พื้นที่ ปิคล้อมห้วยขวาง พื้นที่ปิคล้อมหัวหมาก และพื้นที่ปิคล้อมตะวันออก รวมทั้งสิ้น 278 ตาราง กิโลเมตรโดยพื้นที่ศึกษาจะเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของพื้นที่ปิคล้อมสามเสน การระบายน้ำออกจาก พื้นที่ปิคล้อมสามเสนจะใช้การสูบน้ำออกสู่คลองบางชื่อ คลองสามเสนเป็นหลัก เนื่องจากเมื่อเกิค เหตุการณ์ฝนตกหนัก ระคับน้ำสูงสุคในคลองคังกล่าว จะมีค่าใกล้เกียงกับระคับพื้นดินเฉลี่ยของ พื้นที่ปิคล้อมสามเสน

ในปัจจุบันภาพรวมสภาพการระบายน้ำออกจากพื้นที่สึกษาจะแบ่งออกเป็นพื้นที่ ทางด้านทิศเหนือ ระบายน้ำโดยการติดตั้งสถานีสูบน้ำบริเวณปลายท่อ/ปลายคลองระบายน้ำลง กลองบางซื่อ ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศใต้จะระบายน้ำโดยการติดตั้งสถานีสูบน้ำลงสู่คลองสามเสน ส่วนทางด้านทิศตะวันตกซึ่งติดกับทางรถไฟสายเหนือจะระบายน้ำโดยการติดตั้งสถานีสูบน้ำลงสู่ กลองบางซื่อและคลองสามเสน และด้านทิศตะวันออกซึ่งติดกับถนนวิภาวดี-รังสิตจะระบายน้ำลงคู น้ำข้างถนนวิภาวดี-รังสิต จากนั้นจะระบายลงสู่คลองสามเสนและคลองบางซื่อด้วยสถานีสูบน้ำ ต่อไป ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 15

5.2. ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา

การระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษาจะเริ่มจากการระบายน้ำจากบ้านเรือน/ที่พักอาศัย/ แหล่งพาณิชยกรรม ระบายลงสู่ท่อ/รางระบายน้ำข้างถนน ก่อนระบายลงสู่คลองสายรองและสาย หลัก สำหรับในเขตพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่พักอาศัย ย่านธุรกิจ ตลอดจนส่วนราชการ ซึ่งจะมีการ จัดทำระบบท่อระบายน้ำครอบคลุมในทุกถนนและซอยแล้วดังรายละเอียดแสดงไว้ในภาพที่ 16 โดยพบว่าพื้นที่ศึกษามีท่อระบายน้ำขนาดเล็ก และมีความลาดชันน้อย ซึ่งสามารถรองรับพายุฝนที่ คาบอุบัติได้เพียง 1 ปี ช่วงเวลาฝนตก 1 ชั่วโมง (ฝนตกประมาณ 40 มม.) เท่านั้น หากฝนตกมากกว่า 40 มม. ในเวลา 1ชม. จะเกิดน้ำท่วมขังเป็นหย่อมๆในบางพื้นที่



ภาพที่ 14 การแบ่งพื้นที่ปิดล้อมย่อยเพื่อการบริหารการระบายน้ำ

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2538)



ภาพที่ 15 ภาพรวมระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)



ภาพที่ 16 ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)

เนื่องจากความสามารถการระบายน้ำของท่อระบายน้ำและคลองระบายน้ำไม่เพียงพอ และในบาง กรณีเมื่อระดับน้ำในคลองสายหลักของพื้นที่ศึกษา(คลองสามเสนและคลองบางซื่อ)มีระดับสูง ประกอบกับมีฝนตกปานกลางถึงตกหนักในพื้นที่ศึกษา (40 มม. ใน 1 ชั่วโมง ขึ้นไป) จะทำให้การ ระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษาด้วยระบบแรงโน้มถ่วง (Gravity) มีความยากลำบากมากเป็นผลให้เกิด น้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษายาวนานยิ่งขึ้น ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว สำนักการระบายน้ำจึงได้ทำ การติดตั้งเครื่องสูบน้ำชั่วคราวเพื่อช่วยในการระบายน้ำก่อระบายองสู่คลองสายหลักของพื้นที่ศึกษา

5.3 ตำแหน่งจุดอ่อนน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา

ในกรณีที่ฝนตกหนักในพื้นที่ศึกษามากกว่า 40 มม. ในเวลา 1 ชั่วโมงจะเกิดน้ำท่วมขัง เป็นหย่อมๆในถนนพหลโยธิน (บริเวณโรงพยาบาลพญาไทถึงซอยพหลโยธิน 7) มีความลึกน้ำท่วม ขังโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.20 เมตร ถึง 0.30 เมตร เนื่องจากท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดเล็ก และบางช่วง ถนนมีระดับต่ำถนนประดิพัทธ์ (ซ.ประดิพัทธ์ 7-21) มีความลึกน้ำท่วมขังโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.15 เมตร ถึง 0.20 เมตร เนื่องจากท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดเล็ก และระดับถนนต่ำ ส่วนถนนอื่นๆเช่น ถนนสุทธิสารวินิจฉัย ถนน(ซอย)เสนาร่วม ซอยศาสนา และซอยอารีย์สัมพันธ์ เป็นต้น จะเกิดน้ำ ท่วมขังมีความลึกน้ำท่วมขังมีก่าประมาณ 0.10 เมตร ถึง 0.50 เมตร และมีระยะเวลาท่วมขังนาน 3 ชั่วโมง ส่วน สาเหตุของน้ำท่วมขังในพื้นที่ดังกล่าวเกิดจากท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดเล็ก จำนวนท่อ ระบายน้ำไม่เพียงพอ และระดับถนนต่ำ ซึ่งตำแหน่งจุดอ่อนน้ำท่วมขังและรายละเอียดการเกิดน้ำ ท่วมขังในพื้นที่ศึกษาได้ แสดงดังในตารางที่ 4 และภาพที่ 17

ຄຳດັບກິ່	บริเวณจุดอ่อนน้ำท่วม	สาเหตุของการเกิด น้ำท่วมขัง	ความลึก น้ำท่วมขัง (เซนติเมตร)
1	ถ.พหลโยธิน บริเวณ โรงพยาบาลพญาไท ถึง ซ.พหลโยธิน 7	ท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดเล็ก บางช่วงถนนมีระดับต่ำ	20-30
2	ถ.พระราม 6 ซ.อารีย์สัมพันธ์ ซ.5 – ซ.12	ท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดไม่ เพียงพอ ระดับถนนต่ำ	15-20
3	ถ.พระราม 6 ซ.เสนาร่วม	ท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดเล็ก พื้นที่ต่ำ	15-20
4	ถ.พหลโยธิน ซ.พหลโยธิน 2 (ซ.สายลม)	ท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดเล็ก ระดับถนนต่ำ	20-30
5	ถ.ประคิพัทธ์ ซ.ประคิพัทธ์ 7 –21	ท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดเล็ก พื้นที่ต่ำ	15-20
6	ถ.สุทธิสารวินิจฉัย บริเวณ ซ. 12 ถึง ซ. 22	ท่อระบายน้ำเดิมมีขนาดไม่ เพียงพอ พื้นที่ต่ำ	15-20
7	ถ.สุทธิสารวินิจฉัย บริเวณ ซ.อินทามระ 3 ถึง ซ.อินทามระ 31	น้ำล้นคลองบางซื่อเป็นบางช่วง แต่ยังไม่ท่วมเข้ามาในซอย	10-15

ตารางที่ 4 รายละเอียดการท่วมขังในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)



ภาพที่ 17 ตำแหน่งจุดอ่อนน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)

6. สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่กรุงเทพมหานครและพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ภายในอาณาเขตของพื้นที่ป้องกันน้ำท่วมฝังตะวันออกของ กรุงเทพมหานคร ดังนั้นปัจจัยการเกิดน้ำท่วมของพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกจึงมี ผลกระทบต่อสภาพการระบายน้ำและน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิด น้ำท่วมขังในกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกและในเขตปริมณฑล (จ.นนทบุรี จ.ปทุมธานี และ จ.สมุทรปราการ) สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 ปริมาณฝนที่ตก

ฝนที่ตกในสำหรับกรุงเทพมหานครนั้นส่วนใหญ่จะตกในช่วงกลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นฝนที่เกิดจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใด้และนอกจากนี้อาจจะมีพายุโซน ร้อน และดีเปรสชั่นที่เกิดในช่วงเวลาเดียวนี้ ทำให้ปริมาณความรุนแรงของฝนที่ตกในช่วงเวลา ดังกล่าวนี้มากยิ่งขึ้น เป็นผลให้เกิดน้ำท่วมขังในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในช่วงเวลานี้

6.2 น้ำที่ไหลเข้ามาจากพื้นที่โดยรอบ

เนื่องจากกรุงเทพมหานครอยู่ในที่ราบลุ่มกว่าพื้นที่โดยรอบ ซึ่งได้แก่ทุ่งรังสิต ทุ่ง หนองจอก ทุ่งมีนบุรี ทำให้น้ำท่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากฝนที่ตกจากพื้นที่โดยรอบไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ในบริเวณย่านลาดพร้าว ย่านรามกำแหง เป็นต้น

6.3 น้ำเหนือไหลบ่าเข้าสู่บริเวณที่ราบภาคกลาง

ในช่วงประมาณเดือนตุลาคมถึงค้นเดือน พฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนในบริเวณ ทะเลจีนใต้มักเกิดพายุโซนร้อน และลดกำลังลงเป็นดีเปรสชั่น ซึ่งมักจะพัดผ่านเข้าสู่ตอนบนของ ประเทศไทยจึงทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีปริมาณมากและเอ่อเข้าในที่ราบลุ่มภาคกลาง เป็นบางส่วน สำหรับปริมาณน้ำที่เงื่อนเก็บกักทางตอนบน ไม่สามารถเก็บกักได้ก็จะระบายลงมา โดยปริมาณน้ำที่ไหลผ่านกรุงเทพมหานครจะมีประมาณ 1,000-2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปี น้ำน้อย และจะมีปริมาณน้ำประมาณ 4,000-5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปี น้ำน้อย และจะมีปริมาณน้ำประมาณ 4,000-5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปีน้ำมากซึ่ง น้ำได้ประมาณ 2,000-3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีในช่วงน้ำทะเลหนุนสูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ โดยน้ำจะไม่มีการล้นตลิ่ง ดังนั้นถ้าหากปีไหนที่น้ำจากทางเหนือไหลมาในปริมาณที่มากกว่านี้จะ ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่กรุงเทพมหานกร

6.4 น้ำทะเลหนุน

กรุงเทพมหานครจะมีช่วงที่น้ำทะเลหนุนสูงสุดอยู่ในช่วงประมาณเดือนตุลาคมถึง พฤศจิกายน ซึ่งถ้าหากเกิดน้ำเหนือหลากพร้อมทั้งมีฝนตกในขณะที่น้ำทะเลหนุนสูงแล้วจะทำให้ ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาสูงกว่าปกติมาก และส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร เนื่องจากระบบระบายน้ำไม่สามารถที่จะระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้ทัน

6.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ที่ดิน

จากการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ที่ดินจากในอดีตที่ผ่านมา เนื่องจากความ เจริญเติบโตทางด้านเสรษฐกิจและการขยายตัวของกรุงเทพมหานคร จึงทำให้พื้นที่ ดู คลอง หนอง น้ำ หรือพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสามารถที่จะช่วยพักน้ำท่าส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นจากฝนตกได้ถูก เปลี่ยนแปลงไปทำให้ความสามารถที่จะช่วยพักน้ำไว้ลดลง และเกิดน้ำท่ามากยิ่งขึ้น ถึงแม้ปริมาณ ฝนจะตกในปริมาณเท่าเดิม

6.6 การทรุคตัวของแผ่นดิน

ชั้นดินในกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่เป็นชั้นดินที่มีตะกอนสะสม โดยชั้นดินทรายจะมี น้ำสะสมอยู่ปะปนกับชั้นดินเหนียวที่มีการซึมได้น้อยสลับกันไปประกอบกับมีการสูบน้ำบาดาล ขึ้นมาใช้อย่างไม่มีการกวบคุม จึงเป็นสาเหตุที่กรุงเทพมหานกรเกิดปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดิน ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้กวามสามารถของระบบระบายน้ำเช่นกลอง ในระบบรับน้ำมีประสิทธิภาพลดลง โดยเกิดขึ้นมาจากระดับน้ำของระบบดูกลองต่างๆ ที่อยู่ โดยรอบพื้นที่ของกรุงเทพมหานกรสูงกว่าระดับดินของกรุงเทพมหานกร จึงทำให้การระบายน้ำ ออกจากพื้นที่เป็นไปได้ยาก 6.7 ประสิทธิภาพการระบายน้ำเดิมมีอยู่จำกัด

เนื่องจากประชากรของกรุงเทพมหานครได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวคเร็ว ทำให้เกิด ปัญหาที่อยู่ไม่เพียงพอ จึงมีการลุกล้ำเข้าไปอาศัยบริเวณคูกลองต่างๆ เป็นผลทำให้การขยาย และ การขุดลอกคูกลองนั้นทำได้ก่อนข้างยาก

ทั้งนี้สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษาจะสรุปได้ดังนี้

(1) การพัฒนาที่อย่างต่อเนื่องดินทำให้ขนาดของอัตราการไหลสูงสุดจากพื้นที่ระบายน้ำมี ก่าเพิ่มขึ้นและเกิดขึ้นเร็วแม้ว่าปริมาณฝนจะมีก่าเท่าเดิม แสดงให้เห็นว่า จึงทำให้ระบบระบายน้ำ ปัจจุบันมีขีดกวามสามารถในการระบายน้ำลดลงและเกิดน้ำท่วมขังมากยิ่งขึ้น

(2) ในอดีตเมื่อฝนตกจะมีน้ำบางส่วนค้างอยู่ตามพื้นที่รกร้างหรือพื้นที่ลุ่มต่ำแต่ในปัจจุบัน มีการพัฒนาพื้นที่รกร้างและพื้นที่ลุ่มต่ำมาเป็นชุมชน ส่งผลให้ที่เก็บกักน้ำชั่วคราวลดลง และทำให้ น้ำท่วมขังในพื้นที่มากยิ่งขึ้น

(3) ระดับน้ำในคลองสายหลักเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการพัฒนาการใช้ที่ดินเต็มพื้นที่ ส่งผลให้ น้ำฝนไม่สามารถไหลซึมลงสู่พื้นดินได้ ทำให้การระบายน้ำจากพื้นที่ลงสู่คลองสายหลักมีมากขึ้น เกินค่าที่กำหนดออกแบบ เป็นผลให้ระดับน้ำในคลองสายหลักเพิ่มขึ้นและเป็นอุปสรรคต่อการ ระบายน้ำ

(4) แม้ปัจจุบันจะมีการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่การควบคุมให้มีผลในทางปฏิบัติ นั้นทำได้ยาก และมักมีการใช้ที่ดินหนาแน่นกว่าที่กำหนด ดังนั้นเมื่อมีการออกแบบระบบระบายน้ำ ตามแผนการใช้ที่ดินที่กำหนดไว้ จึงไม่สามารถระบายน้ำท่าที่เกิดขึ้นได้ทังหมดและก่อให้เกิด ปัญหาน้ำท่วมขังได้

(5) มีการบุกรุกคลองและพื้นที่เก็บกักน้ำชั่วคราว (แก้มลิงสาธารณะ) จึงทำให้ขีด ความสามารถในการระบายน้ำลดลงน้ำไหลบ่าออกมามาก และทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังได้ง่าย (6) ปัจจุบันในบางพื้นที่มีการพัฒนาการใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้นแต่ไม่มีการปรับปรุงระบบ ระบายน้ำทุติยภูมิให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างเพียงพอ จึงทำให้เกิดน้ำท่วมขังบนพื้นที่ได้ง่าย

(7) ปัจจุบันการก่อสร้าง/ปรับปรุงถนนและการควบคุมระดับดินถมของสิ่งปลูกสร้างยังไม่เป็นไป ตามระดับที่สำนักการโยธากำหนดไว้ ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของระดับผิวดิน เป็นผลให้เกิด น้ำท่วมขังในพื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าได้ง่ายและยาวนานยิ่งขึ้น

พายุฝนที่ใช้ในการศึกษา

1. พายุฝนออกแบบ

ปัจจุบันการรายงานจำนวนฝนที่ตกรวมในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พิจารณาตามลักษณะของ ฝนที่ตกในประเทศไทยที่อยู่ในโซนร้อนย่านมรสุม (คณะกรรมการภูมิศาสตร์แห่งชาติ, 2527) ดังนี้

1.1 ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (Trace) ปริมาณฝนตกไม่ถึง 0.1 มิลลิเมตร
 1.2 ฝนเล็กน้อย (Slight rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 0.1 - 10.0 มิลลิเมตร
 1.3 ฝนปานกลาง (Moderate rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 10.1 - 35.0 มิลลิเมตร
 1.4 ฝนหนัก (Heavy rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 35.1 - 90.0 มิลลิเมตร
 1.5 ฝนหนักมาก (Very heavy rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

โดยส่วนใหญ่พายุฝนจะมีช่วงเวลาฝนตกประมาณ 3 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 18 แต่ฝนซึ่ง ใช้ในการออกแบบ (Design rainfall) ระบบระบายน้ำในเขตเมือง จะหมายถึง ปรากฏการณ์ฝนตก ครั้งหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำ โดยปรากฏการณ์ฝนตกนี้อาจนำมาจาก ข้อมูลที่บันทึกไว้ หรือการสร้างขึ้นโดยมีสมมติฐานในการเลือกฝนที่ใช้ในการออกแบบ คือ วัตถุประสงค์ของการออกแบบ

ฝนซึ่งใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำในเขตเมืองแบ่งเป็น 2 ประเภท (Kibler, 1982) ดังนี้

แบบที่ 1 เป็น "พายุฝนออกแบบ" (Design Storm) สร้างขึ้นโดยการวิเคราะห์กวามสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณฝนและช่วงเวลาฝนตกที่กาบอุบัติต่างๆ จากข้อมูลที่บันทึกไว้ในอดีตเหมาะสำหรับ การใช้ในงานออกแบบระบบระบายน้ำ หรืองานอื่นๆที่พิจารณาใช้อัตราการไหลมากสุด (Peak Flow) เป็นหลัก

แบบที่ 2 ใช้ข้อมูลฝนที่จดบันทึกไว้โดยตรงเหมาะสำหรับการใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับ ปริมาณน้ำท่า (Runoff Volume) มักจะเป็นปรากฏการณ์ฝนกลุ่ม



ภาพที่ 18 การกระจายตัวของฝนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ที่มา: กัญญา โพธิพิขุ (2536)

2. งานศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบพายุฝน

ชูเกียรติและ ไตรรัตน์ (2529) ได้ทำการศึกษาออกแบบพายุฝนเพื่อการศึกษาและวิเคราะห์ ระบบระบายน้ำภายในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร สรุปได้ดังนี้

ฝนที่ตกในพื้นที่กรุงเทพมหานครจะมีการกระจายตัวไม่เท่ากัน โดยฝนจะตกหนักหลังจาก ฝนตกไม่นานและจะมีช่วงเวลาประมาณ 15 นาทีถึง 30 นาที หลังจากนั้นปริมาณฝนจะลดลงกระทั่ง หยุดตก รวมระยะเวลาที่ฝนตกจะไม่เกิน 3 ชั่วโมง แต่ส่วนใหญ่ฝนจะตกหนักในช่วงเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง โดยการใช้ข้อมูลฝนของสถานึกรมอุตุนิยมวิทยา ได้จัดสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความ เข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ ที่คาบย้อนพินิจต่าง ๆรวมทั้งได้จัดสร้างไฮเอ็ทโตกราฟของการกระจาย ฝนที่เวลาต่าง ๆ ด้วยวิธีการของคีฟเฟอร์และชูกับ วิธีไฮเอ็ทโตกราฟประกอบแต่ง และได้วิเคราะห์ หา ดังแสดงในภาพที่ 19 และ ภาพที่ 20

สมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แทนความสัมพันธ์ของกราฟความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถึ่ ที่คาบอุบัติต่าง ๆ คือ

โดยที่	Ι	คือ	ค่าความเข้มฝน (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)
	а	คือ	ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับคาบอุบัติที่กำหนด
	b,c	คือ	ค่าคงที่ (ไม่ขึ้นอยู่กับค่าคาบอุบัติ)
	t _d	คือ	ช่วงเวลาฝนตก (นาที)





ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2541)





ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2541)

40

ค่าคงที่ a b และ c ของพายุฝนออกแบบในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โครงการ ESUB ซึ่งมีค่า ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า a b และ c ของพายุฝนออกแบบของกรุงเทพมหานครที่คาบอุบัติต่างๆ

คาบอุบัติ (ปี)	a	b	с
2	5690	37	1
5	7600	40	1

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2538)

และค่าความลึกฝนรวม (P) ของพายุฝนที่ช่วงเวลา t_d คือ

และความเข้มฝนชั่วขณะ (i,) ที่เวลา t คือ

สมการที่ (3) เป็นสมการไฮเอ็ทโตกราฟ ซึ่งมีความเข้มเฉลี่ยเท่ากับความเข้มที่หาได้จากกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มและช่วงเวลาฝนตกของพายุฝน และมีความเข้มฝนสูงสุดเมื่อฝนเริ่ม ตก ดังนั้นจึงปรับสมการ (3) ให้มีความเข้มฝนสูงสุดเกิดขึ้นภายหลังฝนเริ่มตกไปแล้วเท่ากับ rt เมื่อ r เป็นสัดส่วนซึ่งมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง จะได้

แทนค่าสมการที่ (4) ลงในสมการที่ (3) จะได้สองสมการ คือ

$$i_{b} = \frac{a\{(1-c)(t_{b}/r) + b\}}{\{(t_{b}/r) + b\}^{c+1}}$$
.....(5)

ແລະ

$$i_{a} = \frac{a\{(1-c)(t_{a}/(1-r)) + b\}}{\{(t_{a}/(1-r)) + b\}^{c+1}}$$
.....(6)

สมการ(5) และ (6) จะนำไปใช้ในการสร้างไฮเอ็ทโตกราฟของฝนออกแบบที่คาบย้อนพินิจต่างๆ โดยมีช่วงเวลา (t_d) ตั้งแต่ 0 จนถึง 180 นาที และใช้ก่า r = 0.15 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าไฮเอ็ทโต กราฟของฝนออกแบบด้วยวิธีของกีฟเฟอร์และชูที่จัดสร้างขึ้น จะให้กวามลึกฝนรวมใกล้เกียงกับ เหตุการณ์ฝนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

กระบวนการและแนวคิดการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า

1. แนวความคิดของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า

B.C. Yen (1986) ได้ให้แนวความกิดของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าไว้ดังต่อไปนี้

1.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำท่า

พฤติกรรมการเกิดน้ำท่าของพื้นที่ใดๆจะอยู่ในรูปของอนุกรมต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแยก ออกได้เป็น 3 ขบวนการ ดังนี้

1.1.1 การตกของน้ำฝนในพื้นที่ น้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลา การกระจายตัว และความถิ่ของการเกิดซึ่งในการบรรยายถึงลักษณะของฝนที่ตกลงมาสามารถแปลง เป็นสูตรได้หลายสูตร โดยขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของฝนที่ตกลงมา ไปเป็นน้ำท่าว่าจะใช้ในการออกแบบหรือใช้ในการจำลองสภาพเหตุการณ์

1.1.2 การเกิดน้ำท่าผิวดิน ในพื้นที่ชุมชนเมืองโดยส่วนใหญ่น้ำท่าผิวดินจะมาจาก ปริมาณฝนส่วนเกิน(Rainfall Excess) โดยไม่คิดน้ำใต้ดินที่ไหลกลับ ดังนั้นน้ำท่าผิวดินจะมีค่า เท่ากับปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่หักออกด้วยค่าการสูญเสีย(Losses) โดยการสูญเสียที่สำคัญและมี ผลกระทบต่อปริมาณน้ำส่วนเกินเป็นอย่างมากคือการสูญเสียเนื่องจากการไหลซึม(Infiltration) ในขณะที่การสูญเสียเนื่องจากการระเหยจะไม่คำนึงถึงในกรณีของการเกิดพายุฝน นอกจากการ สูญเสียเนื่องจากการไหลซึมแล้วยังมีการสูญเสียเริ่มด้น(Initial Losses) ที่มีผลกระทบต่อฝน ส่วนเกินโดยจะเกิดจากปริมาตรกักเก็บ(Depression Storage) บนพื้นผิวหรือพื้นที่

 1.1.3 การใหลในโครงข่ายของท่อระบายน้ำ การใหลในโครงข่ายของท่อระบายน้ำ จะเป็นลักษณะของการใหลทางชลศาสตร์

1.2 อุทกวิทยาของน้ำท่าบนผิวดิน

ถึงแม้ว่าลักษณะทางธรรมชาติของพื้นที่ระบายน้ำของพื้นที่ชุมชนเมืองจะแตกต่างกัน แต่หลักสำคัญของการเกิดน้ำท่าบนผิวดินจะเกิดจากปริมาณฝนส่วนเกินบนความลาดเทและสภาพ ของพื้นผิว ในทางอุทกวิทยาของการเกิดน้ำท่าจะเริ่มจากการสูญเสียเริ่มต้น แล้วตามด้วยการสะสม ของน้ำฝนที่ตกลงมาเกิดเป็นแอ่งน้ำ แล้วจึงเกิดเป็นน้ำท่าที่ใหลออกจากพื้นที่ ระยะเวลาที่น้ำใช้ใน การเดินทางจากตำแหน่งไกลสุดในพื้นที่มายังจุดออกเรียกว่า Time of Concentration (t_c) โดยค่านี้ จะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการวิเคราะห์

1.3 การไหลบ่าของน้ำท่าในพื้นที่ชุมชนเมือง

ชลศาสตร์ของการใหลบนผิวคินจะเป็นแบบ Non-uniform Unsteady Open Channel Flow ในการวิเกราะห์ทางกณิตศาสตร์การใหลแบบ Unsteady สามารถบรรยายโดยใช้อนุพันธ์ บางส่วนหรือเป็นกู่ (Partial or Pair Differential Equation) ของรูปแบบไฮเปอร์โบลิก(Hyperbolic) โดยใช้สมการของ St. Venant ในการกำนวณซึ่งมีรูปแบบสมการดังต่อนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta Q^2}{A}\right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} - gAS_f = 0 \dots (7)$$

$$u \vec{3} \vec{0} \qquad S_{f} = \frac{Q|Q|}{K^{2}} = Friction Slope$$

และ K เรียกว่า Channel Conveyance โดยคำนวณจาก

ในปัจจุบันจะใช้สมการ Kinematic Wave ในการคำนวณ เนื่องจากความง่ายในการ แก้สมการและจำนวนของเงื่อนไขขอบ ซึ่งสมการ Kinematic ต้องการเงื่อนไขขอบเพียง 1 เงื่อนไข ในขณะที่สมการในระคับสูงต้องการเงื่อนไขขอบถึง 2 เงื่อนไข สมการ Kinematic Wave เป็นการ แปลงสมการจากสมการของ Saint Venant โดยการตัด Local Acceleration Term, Convective Acceleration Term และ Pressure Term รวมทั้งกำหนด S₀ = S_r โดยจะมีรูปสมการดังต่อไปนี้

$$g(S_0 - S_f) = 0$$
(9)

ทั้งนี้ในการคำนวณจะใช้สมการต่อเนื่อง(Continuity Equation) ประกอบการคำนวณ ซึ่งมีรูปสมการคังนี้

2. การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า

โดยทั่วไปการจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าจะมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี ดังนี้

2.1 Empirical equations เป็นการใช้ข้อมูลจากการสำรวจอัตราการไหล เพื่อหาค่าคงที่จาก สมการ ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปของค่าตัวแปรเหมา (Lumped parameter) มีหลายวิธี เช่น

2.1.1 วิธีหลักเหตุผล (Rational Method)

เมื่อ Q = อัตราการใหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า I = ความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) A = พื้นที่ระบายน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า โดยวิธีหลักเหตุผลดังแสดงในภาพที่ 21 ผู้วิเคราะห์จะต้อง กำหนด สัมประสิทธิ์น้ำท่า(runoff coefficient) ของพื้นที่ระบายน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 6 และตาราง ที่ 7 ประมาณระยะเวลาน้ำเข้มข้น(Time of concentration: t_c) ซึ่งอาจจะประมาณจากสมการเชิง ประสบการณ์หรือใช้กราฟ จากการประมาณระยะเวลาน้ำเข้มข้นจะทำให้ทราบค่าความเข้มฝน ออกแบบ(intensity) และตำแหน่งหรือระยะเวลาของการเกิดอัตราการใหลสูงสุด(peak flow) โดย ใฮโครกราฟที่ได้จากวิธีหลักเหตุผลจะเป็นรูปสามเหลี่ยมมียอดเป็นอัตราการใหลสูงสุด และมีพื้นที่ ใต้รูปกราฟเป็นปริมาตรน้ำท่า ซึ่งจะต้องเท่ากับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาหักออกด้วยการสูญเสียที่ เกิดขึ้นในพื้นที่



ภาพที่ 21 แนวความคิดของวิธีหลักเหตุผล

ที่มา: Hydrology in Practice, Shaw, E.M. (1994)

ชนิดของการใช้ที่ดิน	สัมประสิทธิ์น้ำท่า "C"
1. ย่านธุรกิง(Business)	
กลางเมือง(Downtown)	0.70 - 0.95
รอบนอก(Neighborhood)	0.50 - 0.70
2. ย่านที่อยู่อาศัย	
บ้านเดี่ยว(Single-family)	0.30 - 0.50
อพาร์ทเมนต์แยกเป็นหลัง(Multi-units, Detached)	0.40 - 0.60
อพาร์ทเมนต์รวมเป็นกลุ่ม(Multi-units, Attached)	0.60 - 0.75
3. ที่อยู่อาศัยชานเมือง(Residential, Suburban)	0.25 - 0.40
4. ย่านอุตสาหกรรม(Industrial)	0.50 - 0.90
5. สวนสาธารณะ(Parks)	0.10 - 0.25
6. สนามเด็กเล่น(Playground)	0.20 - 0.35
7. ย่านสถานีรถไฟ(Railroad yard)	0.20 - 0.35
8. ที่รกร้าง(Unimproved)	0.10 - 0.30

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับการใช้พื้นที่ต่าง ๆ กัน

ที่มา: การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำของมหานคร ชูเกียรติและไตรรัตน์ (2529)

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่กรุงเทพมหานครเขตชั้นใน

ชนิดของการใช้ที่ดิน	สัมประสิทธิ์น้ำท่า "C"
 ย่านธุรกิจและหรือที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก 	0.75
2. ย่านที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.50
 ย่านที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย 	0.40
4. ย่านสถานที่ราชการ	0.40
5. สวนสาธารณะและหรือพื้นที่เกษตรกรรม	0.15
6. ย่านอุตสาหกรรม	0.70
7. ย่านสถานีรถไฟ	0.35

ที่มา: การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำของมหานคร ชูเกียรติและไตรรัตน์ (2529)

ดังนั้นปริมาตรน้ำท่า: $V = Q_p t_C = CIDA$ (12)

เมื่อ	V	=	พื้นที่ใต้รูปสามเหลี่ยม
	Q _p	=	อัตราการใหลสูงสุด
	С	=	สัมประสิทธิ์น้ำท่า
	t _c	=	ระยะเวลาน้ำเข้มข้น
	D	=	ระยะเวลาฝนตก
	А	=	พื้นที่ระบายน้ำ
	Ι	=	ความเข้มฝนตก

2.1.2 วิธี Time-Area Method

วิธี Time-Area จะเป็นการหาไฮโดรกราฟของน้ำท่าโดยการปรับปรุง วิธี หลักเหตุผล (Rational Method) ซึ่งอัตราการใหลสูงสุด (Q_p) คือ ผลรวมของอัตราการใหลจากพื้นที่ ระบายน้ำย่อยภายในพื้นที่ โดยพื้นที่ระบายน้ำรวมจะถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ระบายน้ำย่อยด้วยเส้น ระยะเวลาการใหลเทียบเท่า (Isochrones) ที่มีผลต่างของระยะเวลาการใหลเท่ากับ(ΔT) ดังภาพที่ 22

ซึ่งจะทำให้ได้สูตรที่ใช้กำนวณไฮโครกราฟ ดังนี้

เมื่อ	n	=	จำนวนพื้นที่ที่ถูกแบ่ง
	k	=	หมายเลขพื้นที่ย่อย
	С	=	สัมประสิทธิ์น้ำท่า



ภาพที่ 22 แนวความคิดของวิธี Time-Area

ที่มา: Martin W., Robert K., Ron E. (1997)

เป็นวิธีของการจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่พัฒนาโดย Soil Conservation Service(1972) ซึ่งมีข้อสมมุติฐานดังนี้(แนวกวามกิดของวิธี SCS แสดงดังภาพที่ 23)

ก. ความลึกของน้ำฝนที่เปลี่ยนเป็นน้ำท่าหรือน้ำฝนส่วนเกิน(P) จะมีค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับความลึกน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ (P)

ข. ความลึกของน้ำที่หลงเหลืออยู่ในพื้นที่ระบายน้ำ(F₁) จะมีค่าน้อยกว่า
 หรือเท่ากับความสามารถในการเก็บกักน้ำของพื้นที่(S)

ค. จะมีปริมาณฝนส่วนหนึ่งที่ไม่ทำให้เกิดน้ำท่า(IA)

จากข้อสมมุติฐานคังกล่าวข้างต้นทำให้ไค้ สูตรคำนวณคังนี้

 $\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - IA}$ (14)

จากสมการ(14) และ (15) จะทำให้ได้สมการหาค่าน้ำฝนส่วนเกิน(P_)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง IA กับ S ของ Soil Conservation Service ในพื้นที่ลุ่ม น้ำเล็ก ๆ จะพบว่า

IA = 0.2S(17)



ภาพที่ 23 แนวความคิดของวิธี SCS

ที่มา: Introduction to Stormwater, Bruce K. Ferguson (1998)

สำหรับการบ่งบอกลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำจะบอกในค่าของ Curve number(CN) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่แต่ละชนิด ดังตารางที่ 8 ค่า CN ตามตาราง จะเป็นค่าที่ใช้กับ พื้นที่ชื้น(AMC II) สำหรับพื้นที่แห้งและพื้นที่เปียก จะใช้ค่าของ AMCI และ AMCIII ตามลำดับ ซึ่ง มีสูตรการคำนวณดังนี้

CN(I) =
$$\frac{4.2 \text{ CN(II)}}{10 - 0.058 \text{ CN(II)}}$$
(18)
CN(III) = $\frac{23 \text{ CN(II)}}{10 - 0.13 \text{ CN(II)}}$ (19)

2.1.4 การคำนวณโดยใช้ทฤษฎีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph)

กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเป็นฟังก์ชั่นเส้นตรงของระบบอุทกวิทยา ซึ่งถูก กิดก้นโดย Sherman (1932) โดยใช้แนวกวามกิดว่า กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าเป็นไฮโดรกราฟของ ปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากฝนส่วนเกินที่มีกวามลึกหนึ่งหน่วยที่ตกสม่ำเสมอกระจายทั่วทั้งพื้นที่ระบาย น้ำ ในอัตรากงที่และมีช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม ดังภาพที่ 24

```
การใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่เป็นแบบจำลองเส้นตรงอย่างง่ายๆ
ซึ่งสามารถแสดงผลของไฮโครกราฟที่เกิดจากน้ำฝนส่วนเกิน จะมีข้อสมมุติฐานดังนี้
```

ก. ปริมาณฝนส่วนเกินจะตกลงสู่พื้นที่ในช่วงเวลาที่เหมาะสมและมีความ

เข้มฝนคงที่

ข. ปริมาณฝนส่วนเกินจะตกสม่ำเสมอกระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่ระบายน้ำ
ค. ฐานเวลาของการเกิดน้ำท่าจะหาจาก ระยะเวลาที่คงที่ของปริมาณฝน

ส่วนเกิน

ง. อัตราการใหลบนเส้นกราฟจะเป็นสัคส่วน โดยตรงกับปริมาณฝน ส่วนเกินในแต่ละไฮโดรกราฟ

ง. ไฮโครกราฟที่เกิดจากปริมาณฝนส่วนเกินจะเกิดจากลักษณะลุ่มน้ำที่ไม่
 เปลี่ยนแปลง

		กลุ่มดินทางอุทกวิทยา			
	A	В	С	D	
1. พื้นที่เพาะปลูก					
อนุรักษ์	72	81	88	91	
ไม่อนุรักษ์	62	71	78	81	
2. ทุ่งเลี้ยงสัตว์หรือทิวเขา					
สภาพดี	68	79	86	89	
สภาพไม่ดี	39	61	74	80	
3. Meadow, สภาพดี	30	58	71	78	
4. ที่ดินที่เป็นป่าไม้					
ไม่หนาแน่น	45	66	77	83	
หนาแน่นดี	25	55	70	77	
5. ที่โล่ง, สนามหญ้า, สวนสาธารณะ, สนามกอล์ฟ, สุสาน					
สภาพดี(มีหญ้าคลุมเท่ากับหรือมากกว่า 75% ของพื้้นที่)	39	61	74	80	
สภาพปานกลาง(มีหญ้ากลุม 50% - 75% ของพื้นที่)	49	69	79	84	
6. พื้นที่ธุรกิจและพาณิชยกรรม(พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 85%)	89	92	94	95	
7. เขตอุตสาหกรรม(พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 72%)	81	88	91	93	
8. ย่านที่อยู่อาศัย					
พื้นที่ประมาณ 1/8 เอเคอร์หรือน้อยกว่า, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 65%	77	85	90	92	
พื้นที่ประมาณ 1/4 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 38%	61	75	83	87	
พื้นที่ประมาณ 1/3 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 30%	57	72	81	86	
พื้นที่ประมาณ 1/2 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 25%	54	70	80	85	
พื้นที่ประมาณ 1 เอเคอร์, พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 20%	51	68	79	84	
9. ลานจอครถ, หลังกา, ถนนสายเล็ก ๆ	98	98	98	98	
10. ถนนหลัก					
ไหล่ทางและท่อระบายน้ำ	98	98	98	98	
ถนนลูกรัง	76	85	89	91	
ถนนที่สภาพไม่ดี	72	82	87	89	

ตารางที่ 8 ค่า CN สำหรับพื้นที่ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ กัน

ที่มา: Urban Hydrology for small Watersheds, Soi Conservation Service (1975)



ภาพที่ 24 แนวความคิดของวิธีหนึ่งหน่วยน้ำท่า

ที่มา: Hydrology Water Quantity and Quality Control, Martin W., Robert K., Ron E. (1997)

ในเงื่อนไขของสภาพตามธรรมชาติ ข้อสมมุติฐานดังกล่าวข้างต้นไม่สามารถที่จะทดแทน การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าได้ทั้งหมด แต่ถ้าผู้วิเกราะห์มีการเลือกข้อมูลทางอุทกวิทยาอย่างละเอียด ในการวิเกราะห์จะเป็นผลให้ผลของไฮโดรกราฟที่ได้ใกล้เกียงกวามจริงที่เกิดขึ้น และเป็นที่ยอมรับ ได้ในทางปฏิบัติ การจำลองโดยการใช้กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าจะเหมาะสมสำหรับพื้นที่น้อยกว่า 0.5 เฮกแตร์ (0.005 ตารางกิโลเมตร) ถึง 2,500 เฮกแตร์ (25 ตารางกิโลเมตร)

2.2 Probabilistic Methods เป็นการวิเคราะห์หาก่ากงที่ในสูตรที่กำหนดโดยวิธีทางสถิติ โดยพิจารณาในแง่ของการกระจายตัวของตัวแปร หรือก่ากงที่ต่างๆ และนำมาวิเคราะห์เป็นสมการ ด้วแทน ซึ่งเป็นการใช้พื้นฐานในการกระจายตัวทางสถิติเพื่อหาก่าตัวแปรสุ่ม(Sampling Variable) ที่สนใจ เช่น ปริมาณน้ำท่า, ช่วงเวลาฝนตก และหากวามน่าจะเป็นของการกระจายตัวสำหรับตัว แปรเกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น ก่าปริมาตรเก็บกักของการใหลลง โดยการกระจายตัวจะถูกใช้ในการ ประมาณก่าของตัวแปรเกี่ยวเนื่อง (Dependent Variable) เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์ทางสถิติมีความ ถูกต้องสูงจึงจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลที่มีระยะเวลายาวนาน และเรียงลำคับหรือต่อเนื่อง เมื่อ พิจารณาถึงลักษณะและวิธีการของ Probabilistic method จะพบว่าวิธีดังกล่าวยังไม่เหมาะสมที่จะใช้ ในการศึกษาเทกนิกการจัดการพายุฝน เนื่องจากความต้องการของวิธีนี้ยังไม่สามารถทำได้จากการ เก็บข้อมูลในสนาม

2.3 Deterministic Models เป็นการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการแสดงกรรมวิธีทาง กายภาพที่สำคัญที่เกิดในพื้นที่ระบายน้ำ ซึ่งเป็นการใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ในการแสดงลักษณะทาง กายภาพและวิธีการต่างๆ ที่สำคัญที่เกิดขึ้นในพื้นที่ระบายน้ำ โดยเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะถูก จำลองโดยสมการต่างๆ ซึ่งแต่ละสมการจะแทนในแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อพิจารณาจาก กรรมวิธีของ Deterministic models จะพบว่าเป็นวิธีที่จะต้องใช้เกรื่องมือในการคำนวณโดย เครื่องมือนั้นจะต้องมีความสามารถในการคำนวณได้รวดเร็วและแม่นยำเมื่อคอมพิวเตอร์ถูกพัฒนา ให้มีศักยภาพในการคำนวณและทำซ้ำสูงขึ้น จึงทำให้การจำลองพฤติกรรมของการเปลี่ยนน้ำฝน เป็นน้ำท่าโดยวิธี Deterministic Models เป็นที่นิยมมากขึ้น จึงเป็นผลให้การคำนวณหรือการทำ แบบจำลองของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่ามีความซับซ้อนและละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยจะพิจารณาลง ใปถึงการสูญเสียเริ่มต้น (Initial Losses) เนื่องจากสภาพผิวของพื้นที่, การใหลซึมลงดิน (Infiltration Flow), ปริมาตรน้ำท่าที่ใหลออกจากพื้นที่ (Runoff Volume) และระยะเวลาของการ เคลื่อนด้วของน้ำท่าบนพื้นผิว(Runoff Rate) จากกรรมวิธีต่าง ๆ ของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าจะพบว่าก่ากงที่ที่ใช้ในกรรมวิธี ต่าง ๆ จะเป็นก่าที่ได้จากการทดลองในห้องทดลอง หรือเป็นก่าที่ได้จากการทดลองในพื้นที่ ประเทศทางยุโรปและอเมริกาเท่านั้น

2. แนวความคิดของแบบจำลองการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า

2.1 แนวความกิดของการเก็บกักของแบบจำลอง

กระบวนการของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า ดังแสดงในภาพที่ 25 และแนวความคิด ของแบบจำลองประกอบด้วยสมการ 2 สมการ คือ สมการต่อเนื่องและสมการปริมาตรเก็บกัก

2.1.1 สมการต่อเนื่อง มีรูปสมการ คือ

2.1.2 สมการปริมาตรเก็บกัก มีรูปสมการ คือ

 $\mathbf{S} = \mathbf{F}(\mathbf{I}, \mathbf{Q}) \tag{21}$

เมื่อ I = ข้อมูลด้านเข้าที่เวลาใด ๆ Q = ข้อมูลด้านออกที่เวลาใด ๆ S = ปริมาตรกักเกีบที่เวลาใด ๆ F = ฟังก์ชั่น



ภาพที่ 25 กระบวนการของการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า

ที่มา: Halcrow/HR Wallingford, User Manual Infoworks Version 7.0 (2001)

การกำหนดรูปแบบของฟังก์ชั่น "F" จะเป็นการแบ่งชั้นของแนวความคิดของ แบบจำลอง โดยรูปทั่วไปของสมการปริมาตรเก็บกัก คือ

เมื่อ a และ b เป็นสัมประสิทธิ์ของ I และ Q

2.2 การประยุกต์แนวความคิดของแบบจำลอง

ในการประยุกต์ใช้แนวความคิดของแบบจำลองสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.2.1 แนวความคิดว่าพื้นผิวในพื้นที่ระบายน้ำมีลักษณะเป็นพื้นผิวเดียวกัน โดยไม่ มีการแบ่งย่อยออกไปอีกแล้ว ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า การจำลองแบบตัวแปรเหมา (Lumped Modeling) ดัง แสดงในภาพที่ 26

2.2.2 แนวความคิดแบ่งพื้นที่ระบายน้ำออกเป็นพื้นที่ระบายน้ำย่อยตามลักษณะ การใช้พื้นที่ต่างๆกัน แล้วจึงประยุกต์ระบบสมมติของพื้นที่ย่อย ๆ เหล่านั้นเข้าด้วยกัน โดยวิธีนี้ เรียกว่า การจำลองแบบตัวแปรกระจาย (Distributed Modeling) ดังแสดงในภาพที่ 27

2.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการสร้างน้ำท่าที่จุดออกของพื้นที่ระบายน้ำ

การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อสร้างน้ำท่าที่จุดออกของพื้นที่ระบายน้ำจากข้อมูลฝน ที่ตกลงมาสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.3.1 ปรับเทียบแบบจำลอง (Calibrate) โดยการการปรับเทียบค่าคงที่ หรือค่า สัมประสิทธิ์ต่างๆในแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ของพื้นที่เดียวกัน

2.3.2 ในกรณีที่ไม่มีข้อมูล ควรจะประมาณก่ากงที่ หรือก่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ จาก ฟังก์ชั่นของลักษณะพื้นที่รับน้ำ



ภาพที่ 26 แนวความคิดของการจำลองแบบพื้นผิวเดียวกัน

ที่มา: Halcrow/HR Wallingford, User Manual Infoworks Version 7.0 (2001)


ภาพที่ 27 แนวความคิดของการจำลองแบบแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยตามการใช้พื้นที่ต่าง ๆ กัน

ที่มา: Halcrow/HR Wallingford, User Manual Infoworks Version 7.0 (2001)

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาออกแบบระบบระบายน้ำ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพระบบระบายน้ำ ที่มีการนำมาใช้ใน การศึกษา ที่ผ่านมา ประกอบด้วย

1. แบบจำลอง ILLUDAS

เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนามาจากแบบจำลอง RRL (Road Research Laboratory) โดยได้มี การเพิ่มโปรแกรมการคำนวณหาปริมาณน้ำที่เกิดจากพื้นที่ที่มีหญ้าปกคลุมเข้าไว้ด้วย หลักการ คำนวณปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากพื้นที่รับน้ำย่อยนั้นใช้วีความสัมพันธ์ระหว่างเวลา-พื้นที่ โดย เวลาการเดินทางบนพื้นที่รับน้ำอาจหาได้จากการคำนวณ หรือจากกการสำรวจในสนาม ปริมาณ น้ำท่าคำนวณได้จากปริมาณฝนหลังจากที่หักความสูญเสียเริ่มต้น (Initial Losses) และโค้ง ความสัมพันธ์ของเวลา-พื้นที่แบบจำลอง ILLUDAS คำนวณค่าปริมาณน้ำที่ซึมลงสู่ดิน (Infiltration) โดยใช้ทฤษฎีของ Hortan ซึ่งพบว่าความสามารถซึมผ่านผิวดิน (f_p) จะเปลี่ยนแปลงกับ เวลานับจากเริ่มมีฝนตก ดังสมการต่อไปนี้

$$f_{p} = f_{c} + (f_{o} + f_{c})e^{-kt}$$
(23)

เมื่อ	f_p	คือ	ความสามารถในการซึมผ่านผิวดินที่เวลาใดๆ(มิลลิเมตร/ชั่วโมง)
	f_c	คือ	อัตราการซึมผ่านผิวดินคงที่ (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)
	f_o	คือ	อัตราการซึมผ่านผิวดินสูงสุด (มิถลิเมตร/ชั่วโมง)
	e	คือ	Natural log
	k	คือ	Shape factor
	t	คือ	เวลานับตั้งแต่ฝนเริ่มตก(ชั่วโมง)

หลังจากที่ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่ทึบน้ำรวมกับปริมาณท่าจากพื้นที่หญ้าเป็นปริมาณน้ำท่าที่ ใหลออกจากพื้นที่รับน้ำย่อยลงสู่ระบบระบายน้ำของพื้นที่รับน้ำแล้ว ปริมาณน้ำดังกล่าวจะใหลไป ตามระบบระบายน้ำสู่จุดทิ้งน้ำต่อไป แบบจำลอง ILLUDAS สามารถใช้ได้ทั้งการประเมินผลและออกแบบระบบระบายน้ำและ สามารถกำนวณในกรณีที่การไหลเป็นการไหลแบบเต็มท่อได้แต่จะไม่สามารถศึกษาถึงผลกระทบ จากกุณภาพน้ำในแหล่งรับน้ำ

2. แบบจำลอง WALLRUS

แบบจำลองระบบระบายน้ำ WALLRUS พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Hydraulic Research Limited ประเทศอังกฤษ แบบจำลอง WALLRUS ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบ ระบายน้ำแบบก้างปลา (Dendritic System) ที่มีทิศทางการไหลทางเดียวไม่มีการไหลย้อยกลับ (Reverse Flow) แบบจำลอง WALLRUS ประกอบด้วยโปรแกรมการคำนวณหลายวิธีที่สามารถ เลือกใช้ตามสภาพปัญหาของระบบระบายน้ำที่ต่างกัน ดังนี้

- 2.1 โปรแกรมออกแบบ มี 2 วิธี ได้แก่ วิธีหลักเหตุผล (Rational Method) และ วิธีชลภาพ (Hydrograph Method)
- 2.2 โปรแกรมการวิเคราะห์ ได้แก่ วิธีการจำลองสภาพ (Simulation Method)
- 2.3 โปรแกรมอื่นๆ ได้แก่ โปรแกรมป้อนและแก้ไขข้อมูล โปรแกรมคำนวณราคา และ
 โปรแกรมแสดงผลในรูปกราฟ เป็นต้น

สมมติฐาน และข้อจำกัดของแบบจำลอง WALLRUS ได้แก่

- เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับระบบระบายน้ำที่มีการไหลทิศทางเดียว
- การคำนวณอิทธิพลจากน้ำที่ไหลเอ่อ มีเฉพาะ โปรแกรมการวิเคราะห์
- ความลาคชั้นของท่อที่ติคลบ โปรแกรมจะปรับให้มีความลาคเอียงเป็นบวกที่มีความลาค
 ชั้นน้อยมาก
- ไม่กิดการเกลื่อนตัวของตะกอน การเปลี่ยนแปลงกวามคันและกวามหนาแน่นของน้ำ

3. แบบจำลอง SPIDA

แบบจำลองระบบระบายน้ำ SPIDA เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการ Wallingford พัฒนาขึ้นโดย บริษัท Hydraulic Research Limited ประเทศอังกฤษ แบบจำลอง SPIDA ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการ ออกแบบและวิเคราะห์ระบบระบายน้ำที่มีการใหลแบบบ่วง (Loop System) แบบจำลอง SPIDA ประกอบด้วยแบบจำลองอุทกศาสตร์และชลศาสตร์ คือ สามารถเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าและ วิเคราะห์พฤติกรรมการใหลของระบบระบายน้ำแบบบ่วงได้

สมการพลวัตรของแบบจำลอง SPIDA คือ

$$(\frac{1}{gA})(\frac{\partial Q}{\partial t}) + [\frac{\partial (\frac{Q^2}{A})}{\partial x}] - (\frac{\partial h}{\partial x}) - S_o + Q|Q|(\frac{A^2}{F^2}) = 0$$
.....(24)

และสมการทรงมวล คือ

$$\left(\frac{\partial A}{\partial t}\right) + \left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) = 0$$
.....(25)

ซึ่งแบบจำลอง SPIDA มีคุณสมบัติเฉพาะ คังนี้

- 1. สามารถกำหนดฝนได้หลายขนาดในพื้นที่ศึกษา
- 2. สามารถวิเคราะห์ระบบที่มีระบายน้ำแบบรูปบ่วงทั้งแบบที่เป็นคลอง หรือท่อระบายน้ำ
- 3. ใช้สมการการ ใหลเต็มรูปแบบ (Fully Saint Venant Equation)
- 4. สามารถวิเคราะห์การไหลภายใต้ความคันในท่อ และท่อลอด
- 5. จุดทิ้งน้ำ(Outfall) จะเป็นเงื่อนใบและขอบเขต(Boundary Condition)ที่ใช้ในการ คำนวณด้วย
- 6. สามารถคำนวณฝนหลายลูกได้อย่างต่อเนื่อง
- 7. การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่ามีหลายวิธี
- 8. สามารถวิเคราะห์การใหลผ่านอาการทางชลศาสตร์ได้

แบบจำลอง SPIDA ประกอบด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ส่วนกือ

- 1. แบบจำลองปริมาตรน้ำท่า (Runoff Volume Model)
 - แบบจำลองปริมาตรน้ำท่าที่ใช้กับสหราชอาณาจักร (Modification to the UK Runoff Volume Model)
 - แบบจำลองแบบค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าคงที่ (Fixed Runoff Coefficient)
 - แบบจำลองของ SCS (Soil Conservation Service Model)
- 2. แบบจำลองอัตราการใหลน้ำท่า (Runoff Rate Model)

4. แบบจำลอง RUBICON

แบบจำลอง RUBICON เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้าง และพัฒนาโดย Haskoning BV & Delft Engineering Software บริษัท NEDECO และ SPAN (1987) ได้ใช้ แบบจำลองนี้จำลองสภาพระบบระบายน้ำในเขตธนบุรี และระบบระบายน้ำทางตะวันตกของ จังหวัดสมุทรปราการ แบบจำลอง RUBICON เป็นแบบจำลองที่ใช้สมการพลศาสตร์แบบไม่ทรงตัว มั่น (Unsteady Flow) ซึ่งเป็นแบบจำลองการใหลทางชลศาสตร์ (Hydraulic Routing) เท่านั้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองน้ำท่าเพื่อเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าก่อนจึงจะสามารถใช้แบบจำลอง RUBICON นี้ได้

5. แบบจำลอง EXTRAN

แบบจำลอง EXTRAN เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดย Camp_Dresser & Mckee Inc. เป็นแบบจำลองการไหลทางชลศาสตร์ที่สามารถวิเคราะห์ระบบระบายน้ำที่เป็น โครงข่าย (Network Drainage System) และสามารถที่จะวิเคราะห์การไหลของระบบระบายน้ำแบบ เต็มท่อ รวมทั้งการไหลผ่านอาการทางชลศาสตร์รวมทั้งกำนวณการไหลเมื่อมีอาการควบคุมต่าง ๆ เช่น ฝายออริฟิช(Orifice) เครื่องสูบน้ำ แอ่งสะสมน้ำและประตูกวบคุมน้ำ(Tide Gate) ผลที่ได้จาก การกำนวณ คือ อัตราการไหลและระดับน้ำของระบบระบายน้ำที่เวลาต่าง ๆ สมการคณิตศาสตร์ แทนการไหล ประกอบด้วยสมการ 2 สมการดังนี้

สมการพลวัตแบบไม่ทรงตัวมั่นในช่วงคลอง(Link) คือ

$$(\frac{1}{gA})(\frac{\partial Q}{\partial t}) - (\frac{2V}{gA^2})(\frac{\partial A}{\partial t}) - (\frac{V^2}{gA})(\frac{\partial A}{\partial x}) + (\frac{\partial Y}{\partial x}) + (\frac{\partial Z}{\partial x}) + S_f = 0$$
.....(26)

และมีสมการทรงมวล ที่บัพ(Node) คือ

เมื่อ
$$rac{\dot{C}Z}{\partial x}$$
 = ความลาดชันของทางน้ำ
Y = ความลึกของการไหล
S_i = ความลาดชันเสียดทาน
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

A
 = พื้นทีหน้าตัดการไหล

 t
 = เวลา

 Q
 = อัตราการไหล

 X
 = ระยะทาง

 V
 = ความเร็วของน้ำ

$$(\frac{\partial H}{\partial t})_t =$$
 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่บัพ

 Q₁
 = อัตราการไหลเข้าออกสุทธิที่บัพ

 A₁
 = พื้นที่หน้าตัดของบัพ

แต่ทั้งนี้ในการใช้แบบจำลอง EXTRAN นี้จะต้องหาปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองน้ำท่าก่อนจึงจะ สามารถใช้แบบจำลอง EXTRAN นี้ได้

6. แบบจำลอง MOUSE

เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute เพื่อใช้กับ Micro Computer โดยเฉพาะ แต่สามารถใช้กับเครื่อง Mini Computer และ Maim Frame Computer ได้ด้วย MOUSE เป็นแบบจำลองระบบระบายน้ำที่รวมเอาแบบจำลองอุทกวิทยา ชลศาสตร์ และคุณภาพน้ำ เข้าไว้ด้วยกัน โดยสามารถป้อนข้อมูลระบบระบายน้ำและข้อมูลฝน แบบจำลอง MOUSE จะ คำนวณการไหลบนผิวดิน และคำนวณการไหลในระบบระบายน้ำแล้วแสดงผลลัพธ์เป็นระดับน้ำ และอัตราการไหลที่เวลาต่างๆ

7. แบบจำลอง ISIS

แบบจำลอง ISIS ถูกพัฒนาขึ้นโดย Wallingford เพื่อใช้สำหรับการจำลองสภาพการใหล แบบทรงตัวมั่น (Steady Flow) และการใหลแบบไม่ทรงตัวมั่น (UnSteady Flow) ในโครงข่ายการ ใหลในทางน้ำเปิด การไหลในพื้นที่น้ำท่วมและสภาพการไหลที่มีการควบคุม ซึ่งสามารถใช้สำหรับ ศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ชลศาสตร์ได้หลากหลาย เช่น การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วม ในทางน้ำ แม่น้ำ ที่ราบน้ำท่วมถึง และพื้นที่ชะลอน้ำท่วม การไหลที่มีผลกระทบจากระดับน้ำขึ้น น้ำลงทางท้ายน้ำ ผลกระทบทางชลศาสตร์ของอาการ หรือโกรงสร้างต่อระบบของทางน้ำ และการ ออกแบบปรับปรุงแก้ไขระบบระบายน้ำเดิมให้สอดกล้องกับกวามต้องการ เป็นต้น

พื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณการใหลแบบทรงตัวมั่นจะสามารถทำได้ 2 วิธี คือ Direct method และ Pseudo Time-Stepping method สำหรับพื้นฐานการใหลแบบไม่ทรงตัวมั่นจะอาศัย สมการ Saint Venant Equation แบบเต็มรูปแบบ สำหรับการแก้ไขสมการทางคณิตศาสตร์อาศัยวิธี Preissmann four-point implicit finite difference และวิธีทางเมตริกต์ ในการแก้สมการเพื่อหา ผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละระยะทางตามที่ผู้ใช้กำหนด

8. แบบจำลอง HYDROWORKS

แบบจำลอง Hydroworks นี้เป็นผลิตผลของ Hydraulic Research Ltd. แห่งประเทศ สหราชอาณาจักร โดยแบบจำลองดังกล่าวจะประกอบด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยาและ แบบจำลองทางไฮโดรไดนามิก(Hydrodynamic) แบบจำลอง Hydroworks มีความเหมาะสมที่จะใช้ ในการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำภายใต้เงื่อนไขการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่น (unsteady flow) นั่นหมายความว่าแบบจำลอง Hydroworks สามารถที่จะจำลองพฤติกรรมทางชล ศาสตร์ของระบบระบายน้ำบนสภาพเงื่อนไขต่าง ๆ ได้ นอกจากนั้นแบบจำลอง Hydroworks ยังมี ความสะควกในแง่ของการป้อนข้อมูลและการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

แบบจำลองHydroworks เป็นแบบจำลองทาง ไฮโครไคนามิก (Hydrodynamic) ซึ่งสามารถ ทำงานได้ภายใต้Microsoft windows 98 แสดงผลบนจอภาพด้วย VGA graphic card ซึ่งมี หน่วยความจำใน RAMไม่น้อยกว่า 128 MB และมีเนื้อที่ในฮาร์ดดิสไม่น้อยกว่า 2.0 GB พร้อมกับ Mathematical co-processor รายละเอียดของแบบจำลอง Hydroworks โดยสรุปได้ดังนี้

แบบจำลอง Hydroworks นี้เป็นผลิตผลของ Hydraulic Research Ltd. แห่งประเทศ สหราชอาณาจักร โดยแบบจำลองดังกล่าวจะประกอบด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยาและ แบบจำลองทางไฮโดรไดนามิก(Hydrodynamic) แบบจำลอง Hydroworks มีความเหมาะสมที่จะใช้ ในการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำภายใต้เงื่อนไขการไหลแบบไม่ทรงตัวมั่น (unsteady flow) นั่นหมายความว่าแบบจำลอง Hydroworks สามารถที่จะจำลองพฤติกรรมทาง ชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำบนสภาพเงื่อนไขต่าง ๆ ได้ นอกจากนั้นแบบจำลอง Hydroworks ยัง มีความสะควกในแง่ของการป้อนข้อมูลและการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

แบบจำลองHydroworks เป็นแบบจำลองทาง ไฮโครไคนามิก(Hydrodynamic) ซึ่งสามารถ ทำงานได้ภายใต้Microsoft windows 98 แสดงผลบนจอภาพด้วย VGA graphic card ซึ่งมี หน่วยความจำใน RAMไม่น้อยกว่า 128 MB และมีเนื้อที่ในฮาร์ดดิสไม่น้อยกว่า 2.0 GB พร้อมกับ Mathematical co-processor รายละเอียดของแบบจำลอง Hydroworks โดยสรุปได้ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ประกอบด้วย

 1.1 โครงข่ายของระบบระบายน้ำ ที่มีข้อมูลของ บัพ (node) ท่อ (link) และอาการ ควบคุม(controls)

 1.2 ข้อมูลพื้นที่รับน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลของสภาพภูมิประเทศ สภาพพื้นผิว และ ข้อมูลการใช้ที่ดินของพื้นที่

 1.3 ข้อมูลฝน เป็นข้อมูลการกระจายตัวของความเข้มฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการจำลอง

1.4 ข้อมูลระดับน้ำที่จุดออกของระบบและข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าที่จุดรับน้ำ

2. แบบจำลอง Hydroworks ประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง คือ

2.1 แบบจำลองน้ำท่า_ซึ่งใช้ในการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและ ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ระบายน้ำย่อย

 แบบจำลองชลศาสตร์ เป็นแบบจำลองที่ใช้จำลองสภาพการไหลของน้ำแบบ ไม่ทรงตัวมั่นในระบบระบายน้ำซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบจำลองย่อยตามสภาพการไหลที่ เกิดขึ้น ดังนี้

2.2.1 Conduit model เป็นแบบจำลองสำหรับคำนวณการใหลในทางน้ำ เปิดและท่อที่มีน้ำไหลไม่เต็มท่อ มีสมการการไหล ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\cos \theta \frac{\partial y}{\partial x} - S_{\circ} + \frac{Q|Q|}{K^2} \right) = 0$$
.....(29)

เมื่อ	Q	=	อัตราการ ใหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
	А	=	พื้นที่หน้าตัดการใหล (ตารางเมตร)
	g	=	แรงโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาที²)
	θ	=	มุมความลาดชั้นของท้องกลอง (องศา)
	S	=	ความลาคชั่นของท้องคลอง
	K	=	conveyance

2.2.2 Pressurized pipe model เป็นแบบจำลองสำหรับคำนวณการไหลใน กรณีที่น้ำไหลเต็มท่อ มีสมการการไหล ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA\left(\cos\theta \frac{\partial y}{\partial x} - S_{\circ} + \frac{Q|Q|}{K^{2}}\right) = 0 \qquad (31)$$

3. ส่วนประกอบของชุดแบบจำลอง Hydroworks

แบบจำลอง Hydroworks ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.1 ส่วนจัดการข้อมูล (Project Manager)

3.2 ส่วนจัดการจำลอ (Simulation Manager)

3.3 ส่วนการจำลอง (SIM)

3.4 ส่วนประมวลผลจากการจำลอง (Result Manager)

ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบทั้ง 4 ดังแสดงในภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ส่วนประกอบของแบบจำลอง Hydroworks

ที่มา: Halcrow/HR Wallingford, User Manual Infoworks Version 7.0 (2001)

4. ข้อมูลที่นำมาใช้กับแบบจำลอง

ข้อมูลที่นำมาใช้กับแบบจำลองประกอบด้วย 3 ข้อมูลหลัก ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานทาง กายภาพ ประกอบด้วย

4.1 ข้อมูลของบัพ (Node) ประกอบด้วยระดับผิวดิน ตำแหน่งทางราบ (X, Y) พื้นที่รับ น้ำ ลักษณะพื้นผิว

4.2 ข้อมูลการต่อเชื่อมระหว่างบัพ (Link) ประกอบด้วย

4.2.1 ท่อระบายน้ำ ความยาว ขนาด และรูปแบบ สัมประสิทธิ์การไหล ระดับท้องท่อ
4.2.2 อาการควบกุม การไหลลอด การไหลลัน สถานีสูบน้ำ อาการกันน้ำไหลย้อนกลับ ประตูระบายน้ำ การไหลวน

4.3 ข้อมูลพื้นที่รับน้ำ ประกอบด้วย ลักษณะการใช้ที่ดิน ระดับผิวดิน และขนาดพื้นที่ ระบายน้ำ

แบบจำลองที่นำมาใช้ในการศึกษา

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบจำลอง InfoWorks CS ซึ่ง เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Hydraulic Research Ltd. แห่งประเทศสหราชอาณาจักร โดยแบบจำลอง ดังกล่าวจะประกอบด้วยแบบจำลองอุทกวิทยาและแบบจำลองไฮโดร-ไดนามิก (Hydrodynamic)รวมทั้งแบบจำลองสภาพภูมิประเทศ (GIS) ซึ่งแบบจำลอง InfoWorks CS จะมี ความเหมาะสมที่จะใช้ในการจำลองสภาพชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำภายใต้เงื่อนไขการไหล แบบไม่ทรงตัวมั่น (unsteady flow) นั่นหมายความว่าแบบจำลอง InfoWorks CS สามารถที่จะ จำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำบนสภาพเงื่อนไขจริงได้ นอกจากนั้น แบบจำลอง InfoWorks CS ยังมีความสะดวกในแง่ของการป้อนข้อมูลและการตรวจสอบผลลัพธ์อีก ด้วย

1. รายละเอียดทั่วไปของแบบจำลอง

แบบจำลอง InfoWorks CS เป็นแบบจำลองไฮโคร-ไคนามิก (Hydrodynamic) ซึ่งสามารถ ทำงานได้ภายใต้ Microsoft Windows 95/98/NT/ME หรือสูงกว่า แสดงผลบนจอภาพด้วย VGA graphic card ซึ่งมีหน่วยความจำใน RAM ไม่น้อยกว่า 64 MB และมีเนื้อที่ในฮาร์ดดิสไม่น้อยกว่า 200 MB พร้อมกับ Mathematical co-processor

1.1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองประกอบด้วย

1.1.1 โครงข่ายของระบบระบายน้ำ ที่มีข้อมูลของบัพ (node) ท่อ (link) และอาคาร ควบคุม (controls)

1.1.2 ข้อมูลพื้นที่รับน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลของสภาพภูมิประเทศ สภาพพื้นผิว และข้อมูล การใช้ที่ดินของ พื้นที่

1.1.3 ข้อมูลฝน เป็นข้อมูลการกระจายตัวของความเข้มฝน (มม/ชม.) ของเหตุการณ์ต่าง
ๆ ที่นำมาใช้ใน

1.1.4 การจำลองข้อมูลระดับน้ำที่จุดออกของระบบและข้อมูลปริมาณน้ำใหลเข้าที่จุด รับน้ำ 1.2 แบบจำลอง InfoWorks CS ประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง ดังนี้

 1.2.1 แบบจำลองน้ำท่า ซึ่งใช้ในการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและ ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ระบายน้ำย่อย

1.2.2 แบบจำลองชลศาสตร์ เป็นแบบจำลองที่ใช้จำลองสภาพการไหลของน้ำแบบไม่ ทรงตัวมั่นในระบบระบายน้ำซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบจำลองย่อยตามสภาพการไหลที่เกิดขึ้น ดังนี้

> - Conduit model เป็นแบบจำลองสำหรับคำนวณการไหลในทางน้ำเปิดและท่อที่ มีน้ำไหลไม่เต็มท่อ มีสมการการไหล ดังนี้

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \qquad (32)$$

เมื่อ	Q	=	อัตราการใหล (ลบ.ม/.วินาที)
	А	=	พื้นที่หน้าตัดการใหล (ม.²)
	g	=	แรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที²)
	θ	=	มุมความลาคชั่นของทางน้ำ (⁰)
	S_{o}	=	ความลาดชั้นของทางน้ำ
	К	=	ครรชนีความจุของหน้าตัด

- Pressurised pipe model เป็นแบบจำลองสำหรับคำนวณการไหลในกรณีที่น้ำ ใหลเต็มท่อมีสมการการไหล ดังนี้

2. ส่วนประกอบและโครงสร้างของชุดข้อมูลที่นำมาใช้และการวิเคราะห์ผลของแบบจำลอง

2.1 ส่วนประกอบของแบบจำลอง InfoWorks CS

∂t

แบบจำลอง InfoWorks CS ประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 2ส่วน คือ ส่วนที่เป็น ้ โกรงสร้างในการใช้งานและ โครงสร้างด้านการจัดการข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

2.1.1 โครงสร้างในด้านการใช้งาน

โครงสร้างการใช้งานของ InfoWorks CS แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

- InfoWorks CS Administration (IW CS Admin) : เป็นส่วนในการสร้าง ฐานข้อมูลและจัดหาระบบฐานข้อมูลสำหรับการใช้งานของแบบจำลอง

- InfoWorks CS : เป็นส่วนที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองและองค์ประกอบใน แบบจำลอง

2.1.2 โครงสร้างในด้านการจัดการข้อมูล

โปรแกรม InfoWorks (CS) ใช้ระบบของฐานข้อมูล (JET SQL MSDE และ Oracle) ในการจัดการข้อมูล โดยสามารถแบ่งการจัดการข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

Master Database เป็นระบบของฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นโดย InfoWorks
 CS Administration เพื่อใช้เป็นศูนย์กลางในการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่จัดเก็บจะเรียกว่า Master
 Data ซึ่ง Master Database จะเป็นส่วนหลักในการกำหนดรูปแบบและการทำงานของแบบจำลอง
 Local Root เป็นระบบของการสำเนาข้อมูลเฉพาะในการใช้งาน โดยจะ
 เรียกข้อมูลดังกล่าวว่า ข้อมูลชั่วคราว ซึ่งสามารถทำให้ InfoWorks CSปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็ว
 และมีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น

โดยความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของแบบจำลอง InfoWorks CS ดังแสดงในภาพที่ 29

2.2 ข้อมูลที่นำมาใช้กับแบบจำลอง

้ข้อมูลที่นำมาใช้กับแบบจำลองประกอบด้วย 3 ข้อมูลหลัก ดังนี้

2.2.1 ข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพ ประกอบด้วย

- ข้อมูลของบัพ (Node) ประกอบด้วย ระดับผิวดิน ปริมาตรกักเก็บ ตำแหน่งทาง ราบ (X, Y) พื้นที่รับน้ำ และลักษณะพื้นผิว

- ข้อมูลการต่อเชื่อมระหว่างบัพ (link) ประกอบด้วย

	ท่อระบายน้ำ	ความยาว ขนาด รูปแบบ สัมประสิทธิ์การใหล
		และระคับท้องท่อ
	อาคารควบคุม	การไหลลอด การไหลล้น สถานีสูบน้ำ อาคาร
		กันน้ำไหลย้อนกลับ ประตูระบายน้ำ การ
		ใหลวน
	- ข้อมูลพื้นที่รับน้ำ ประกอบด้ว	ย ถักษณะการใช้ที่ดิน ระดับผิวดินและขนาด
พื้นที่รับน้ำ		
	- ข้อมูลโครงสร้างควบคุม ประเ	กอบด้วย สถานีสูบน้ำ อาคารน้ำไหลล้นและถัง
เก็บกักน้ำ		



ภาพที่ 29 ความสัมพันธัของส่วนประกอบของแบบจำลอง InfoWorks CS

ที่มา: Halcrow/HR Wallingford, User Manual Infoworks Version 7.0 (2001)

2.2.2 ข้อมูลฝนที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม (มม. /ชม.) กับเวลา(วินาที) ของ เหตุการณ์ฝนที่พิจารณา ซึ่งรูปแบบของข้อมูลฝนส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการจำลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

- ข้อมูลฝนที่ได้จากการบันทึก (Recorded rainfall data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการ บันทึกขณะเกิดพายุฝน ซึ่งจะใช้ในกรณีที่ต้องการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibrate Model) โดยดู จากพฤติกรรมของพายุฝนที่เกิดขึ้น

- ข้อมูลฝนที่ได้จากการสังเคราะห์ (Synthetic rainfall data) เป็นข้อมูลฝนที่ผู้ใช้ ทราบระยะเวลาที่ฝนตก และคาบการเกิดพายุฝนนั้นๆ หรือเรียกว่า พายุฝนออกแบบ ซึ่งจะใช้ใน กรณีที่จะแสดงถึงพฤติกรรมทางชลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในกรณีต่างๆ ที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้

2.2.3 ข้อมูลอัตราการไหลเข้าและข้อมูลระคับน้ำ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการ ไหล (ลบ.ม/.วินาที) หรือระคับน้ำ (เมตรเหนือระคับอ้างอิง) กับเวลา (วินาที) ของเหตุการณ์ที่ พิจารณา

2.2.4 ผลจากการจำลองพฤติกรรมการไหล

ซึ่งผลจากการจำลองพฤติกรรมการใหลจะแสดงได้โดย

แปลนแสดงทิศทางการใหลและตำแหน่งน้ำท่วมในแต่ละลำดับของเวลา
 รูปตัดตามยาวแสดงระดับน้ำตามแนวท่อที่ต้องการตรวจสอบตามลำดับของ

เวลา

- ตารางสรุปผลการจำลองหรือกราฟอัตราการไหลหรือระดับน้ำในแต่ละกรณี ของการจำลอง

นอกจากนี้ยังสามารถส่งออกข้อมูล (Export) เพื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ โดยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ แฟ้มข้อมูลด้านเข้า (Input file data) และแฟ้มข้อมูลด้าน ออก (Output file data)

2.3 การวิเคราะห์ผลการคำนวณจากแบบจำลอง

แบบจำลอง InfoWorks CS จะแบ่งการแสดงผลการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ ที่ได้ จากการคำนวนออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.3.1 การแสดงพฤติกรรมที่จุดบัพ (Node) จะแสดงผลในลักษณะของการเปลี่ยนแปลง ระดับน้ำที่เกิด ปริมาตรน้ำท่วม ความลึกน้ำท่วม และระยะเวลาน้ำท่วม ทั้งนี้ในกรณีที่เกิดสภาวะน้ำ ท่วมแบบจำลองจะจำลองสภาพน้ำท่วมที่ยกตัวขึ้นเหนือผิวดินในลักษณะของรูปกรวยโดยใน ขณะที่ปริมาตรน้ำท่วมเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละบัพจะไม่มีการเก็บกักหรือหน่วงเหนี่ยวในพื้นที่ น้ำท่วมของบัพนั้น ๆ นอกจากนี้ขณะที่น้ำท่วมจะไม่มีการส่งผ่านปริมาณน้ำท่วมข้ามพื้นที่รับน้ำ

2.3.2 การแสดงพฤติกรรมที่ช่วงต่อเนื่อง (Link) จะแสดงผลของทิศทางการไหล อัตรา การไหลความเร็วการไหล ความลึกการไหล และ Hydraulic Gradient ที่เกิดขึ้นในท่อและอาคาร ควบคุม โดยค่าที่ได้จะขึ้นอยู่กับสมการและข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง

จากผลของแบบจำลองจะพบว่าการแสดงผลในรูปแบบของระยะเวลาน้ำท่วมที่เกิดขึ้น ในแบบจำลองจะมีระยะเวลาน้อยกว่าในสภาพกวามเป็นจริง เนื่องจากในสภาพกวามเป็นจริงพื้นที่ที่ น้ำท่วมจะมีระดับไม่เท่ากันจึงทำให้เกิดการชะลอและกีดขวางทางไหลของน้ำที่ไหลกลับเข้าสู่จุด รับน้ำเดิมเป็นผลให้มีระยะเวลาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริงนานกว่าระยะเวลาที่ได้จากแบบจำลอง

รายละเอียดคู่มือการใช้งานโปแกรม InfoWorks CS ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

Rattapan (2511) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "Bangkok Runoff Hydrograph" ทำการหารูปแบบ พายุฝน เพื่อนำไปใช้ในการสร้างกราฟน้ำท่าของพื้นที่กรุงเทพมหานคร การหารูปแบบพายุฝนนั้น ได้เถือกใช้วิธีการของคีฟเฟอร์และชูในการวิเคราะห์ และเลือกใช้ฝนที่มีคาบย้อนพินิจ 5 ปี จาก กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ ของกรุงเทพมหานคร ซึ่งสามารถแสดง ความสัมพันธ์ของเส้นกราฟได้เป็น $i_{av} = a / (t_a^b + c)$ ในการหาค่าอัตราส่วน "r" ได้ทำการ รวบรวมข้อมูลกราฟน้ำฝน จากสถานีกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปี ค.ศ.1942 ถึง 1964 และข้อมูล ของสถาบัน เอ.ไอ.ที. ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1962 ถึง 1966 จำนวนพายุฝนที่นำมาทำการวิเคราะห์จำนวน 43 ถูก พิจารณาหาค่าอัตราส่วน "r" โดยอาศัยกุณลักษณะของฝนสองประการคือ Location of Peak และ Antecedent Mass ได้ค่า "r" จากการเฉลี่ยตามน้ำหนักของช่วงเวลาสำหรับฝนที่มี ช่วงเวลาฝนตก 120 นาที คาบย้อนพินิจ 5 ปี เท่ากับ 0.339 และจากการคำนวณหาค่าอัตราส่วน "r" เฉลี่ยของทั้งสองวิธี คือ (0.266+0.339)/2 หรือ 3/10 เพื่อการสังเคราะห์พายุฝนออกแบบที่มี ช่วงเวลาฝนตก 120 นาที และมีคาบย้อนพินิจ 5 ปี สำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานกร ผลของการ สังเคราะห์ได้รูปแบบพายุฝนออกแบบเป็น 3/10 Advanced Synthetic Storm Pattern

Gillani (2523) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "A Mathematical Model for Storm water Management" เพื่อกำหนดปริมาณน้ำท่าของการระบายน้ำของกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งภายในแบบจำลองนี้จะต้องใช้รูปแบบพายุฝนออกแบบ เพื่อนำไปสร้างกราฟ น้ำท่า Gillani ได้เลือกวิธีการของคีฟเฟอร์และชู ในการวิเคราะห์พายุฝนออกแบบ โดยเลือกฝนที่ มีคาบย้อนพินิจ 5 ปีใช้ข้อมูลกราฟน้ำฝนจากรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปี ค. ศ. 1937 ถึง 1978 กัดเลือกพายุฝนตัวแทนได้ 63 ลูก นำมาวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วน "r" โดยพิจารณาเฉพาะ Location of Peak เพียงอย่างเดียว ได้ค่าอัตราส่วน "r" ของแต่ละช่วงเวลาที่พิจารณาแล้วจึงทำการ เฉลี่ยน้ำหนักของช่วงเวลา ได้ค่าอัตราส่วน "r" เท่ากับ 0.309 หรือ 3/10 และได้ใช้ค่าอัตราส่วน "r" นี้ เพื่อสังเคราะห์พายุฝนออกแบบที่มีช่วงเวลาฝนตก 120 นาทีและมีคาบย้อนพินิจ 5 ปี สำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทวิศักดิ์ (2530) ได้ทำการประเมินผลและปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษา ในเขตพญาไทบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิด้วยแบบจำลอง ILLUDAS โดยการเลือกใช้ข้อมูลสภาพ น้ำท่วมประกอบกับข้อมูลน้ำฝนปี พ.ศ.2527 ถึง พ.ศ.2529 จำนวน 5 ลูก มาทำการปรับเทียบ แบบจำลองเพื่อหาก่าตัวแปรกำหนดที่จะนำมาใช้ในการประเมินสภาพการระบายน้ำปัจจุบันของ พื้นที่ศึกษาในการศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำเลือกใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-ช่วงเวลา-ความถี่การเกิดฝน ของกรมอุตุนิยมวิทยา และได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 ส่วนตาม ลักษณะความสัมพันธ์ของการระบายน้ำโดยมีถนนพญาไทเป็นเส้นแบ่งเขตคือ พื้นที่ฝั่งตะวันออก ของถนนพญาไทขนาด 0.64 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่ 1 และพื้นที่ฝั่งตะวันตกของถนนพญาไท ขนาด 1.64 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่ 2

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าระบบระบายน้ำในพื้นที่ดังกล่าวมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ การ ปรับปรุงระบบระบายน้ำได้จัดทำเป็นแนวทางเผื่อเลือก โดยใช้คาบพินิจของฝน 2 ปี และ 5 ปีเป็น เกณฑ์ และกำหนดให้ระบายน้ำฝนออกจากพื้นที่ลงสู่บึงมักกะสัน และคลองริมทางรถไฟ เพื่อลด ปริมาณน้ำที่จะระบายลงสู่คลองสามเสน สำหรับท่อระบายน้ำต่างๆที่ไม่สามารถรับปริมาณน้ำฝน ออกแบบได้ จะออกแบบท่อระบายน้ำใหม่เสริมคู่กับท่อระบายน้ำเดิม การศึกษาครั้งนี้เสนอให้ใช้ โครงการปรับปรุงระบบท่อระบายน้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษาเพื่อให้สามารถรับปริมาณน้ำฝนใน รอบ 5 ปีได้ เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่เสรษฐกิจที่มีความสำคัญ และมีงบประมาณใน การก่อสร้างโดยใช้ฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี และ 5 ปี ไม่แตกต่างกันมากนัก

นิตยา(2532) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบระบายน้ำเพื่อทำการตรวจสอบขีด ความสามารถของระบบระบายน้ำปัจจุบันและเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำของ พื้นที่ศึกษาเขตพญาไทเพื่อให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้ดีขึ้น ซึ่งขั้นตอนการศึกษาปรับปรุง ระบบระบายน้ำมีรายละเอียดดังนี้

 ประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำปัจจุบันโดยใช้แบบจำลอง WALLRUS ในส่วน ของโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์

 พิจารณาวางแผนการระบายน้ำใหม่ที่เหมาะสม และประมวลผลออกแบบ โดยใช้ แบบจำลอง WALLRUS ในส่วนของวิธีหลักเหตุผลเปรียบเทียบกับวิธีชลภาพ แก้ไขผลลัพธ์การออกแบบ เช่น ขนาดท่อ ความลาดชันและระดับการวางท่อระบายน้ำ ให้เหมาะสม รวมทั้งการตรวจสอบผลการออกแบบ โดยวิธีจำลองชลภาพ พร้อมกับประมาณรากาก่า ก่อสร้างเบื้องต้น เพื่อพิจารณาเสนอ โครงการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่เหมาะสม

4. ประเมินผลสภาพการระบายน้ำที่เสนอให้ปรับปรุงโคยใช้แบบจำลอง SPIDA

จากการจำลองระบบระบายน้ำโดยใช้ข้อมูลระบบระบายน้ำเดิมกับปริมาณน้ำฝน ออกแบบในคาบอุบัติ 2 ปี และ 5 ปี จะพบว่าระบบระบายน้ำส่วนใหญ่ไม่สามารถรองรับปริมาณ น้ำฝนออกแบบได้ ซึ่งจะมีระยะเวลาท่วมนาน 6-12 ชั่วโมง บริเวณมักประสบปัญหามากมาก ได้แก่ พื้นที่ 2 ฝั่งของถนนศรีอยุธยา ถนนโยธี และถนนรางน้ำ

ธวัชชัย (2536) ได้ทำการศึกษาระบบระบายน้ำของพื้นที่กรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลอง MOUSE ซึ่งเลือกใช้พื้นที่บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลระบบระบายน้ำ ในปัจจุบัน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลฝนตกในพื้นที่ พบว่า ระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา บริเวณฝั่งด้านตะวันออกของถนนพญาไท สามารถระบายน้ำฝนที่มีขนาดความลึกฝนรวม 40 มิลลิเมตร ในช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมง ได้อย่างปลอดภัย และบริเวณพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านฝั่ง ตะวันตกของถนนพญาไทสามารถระบายน้ำฝนที่มีขนาดความลึกฝนรวม 30 มิลลิเมตร ในช่วงเวลา ฝนตก 2 ชั่วโมง ได้อย่างปลอดภัย แต่ถ้าหากฝนที่ตกมีขนาดความเข้มของฝนสูงกว่าก่านี้จะทำให้ เกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ได้ เช่นบริเวณถนนศรีอยุธยา ถนนราชวิถี ถนนโยธี ถนนพญาไท ถนน พระราม 6 และถนนรางน้ำ ซึ่งหากจะทำให้ระบบระบายน้ำทุติยภูมิของพื้นที่ดังกล่าวสามารถ ระบายน้ำฝนขนาดคาบข้อนพินิจ 2 ปี (ความลึกฝนรวม 60.41 มิลลิเมตร) ที่มีช่วงเวลาฝนตก 1 ชั่วโมง จะต้องมีการปรับปรุงระบบระบายน้ำเดิม

วัชรินทร์ (2548) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าในพื้นที่ชุมชน ของกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา Hydroworks โดยเลือกพื้นที่เขตวังทองหลาง ซึ่ง เป็นพื้นที่ชุมชนอยู่อาศัยหนาแน่นปานกลางเป็นพื้นที่ศึกษา มีตัวแปรหลักที่ใช้ควบคุมการเปลี่ยน ปริมาณน้ำฝนเป็นน้ำท่า คือ สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff volume C) และค่าการเคลื่อนตัวของน้ำท่า (Runoff rate R) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ศึกษามีการใช้ที่ดินแบบพื้นที่ทึบน้ำต่อพื้นที่ซึมน้ำ ในสัดส่วน 70% ต่อ 30% มี C ประมาณ 0.35 และ R ประมาณ 2 แต่ถ้าแยกรายละเอียดโดยการแบ่ง พื้นผิวทึบน้ำกับพื้นผิวซึมน้ำ จะมีค่า C ประมาณ 0.4 และ 0.10 และมีค่า R ประมาณ 2.5 และ4.0 ตามลำดับ

สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2543) ได้ทำการสำรวจและออกแบบระบบระบาย น้ำในพื้นที่บางกะปี พื้นที่ประมาณ 45.4 ตารางกิโลเมตร เพื่อหามาตรการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมงัง และการระบายน้ำในพื้นที่โครงการพร้อมทั้งออกแบบระบบระบายน้ำ เนื่องจากระบบระบายน้ำ ทุติยภูมิมีขนาดเล็ก กระจายไม่ทั่วถึงทั้งพื้นที่โครงการ รวมทั้งคลองสาธารณะบางสายถูกรุกล้ำ มี ข้อจำกัดในการขุดลอก ตลอดจนคลองระบายน้ำสายหลักทั้งในและนอกพื้นที่โครงการ มีระดับน้ำ สูงตลอดเวลาเพื่อรองรับการสัญจรทางเรือ

ผลการออกแบบและป้องกัน ได้แบ่งพื้นที่โครงการออกเป็น 3 พื้นที่ปิดล้อมที่เป็นอิสระต่อ กัน และภายในแต่ละพื้นที่ได้ทำการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำประจำถิ่นด้วยแบบจำลองทาง กณิตศาสตร์ HydroWorks โดยใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

1. ใช้ฝนที่คาบย้อนกลับ 1.1 ปี 2 ปี และ 5 ปี ช่วงเวลาฝนตก 3 ชั่วโมง โดยสังเคราะห์พายุ ฝนออกแบบ ด้วยวิธี Keifer and Chu ดังแสดงในตารางที่ 9

คาบย้อนกลับ	ความเข้มฝนสูงสุด	ความเข้มฝนเฉลี่ย	ความลึกฝนสะสม
(ປີ)	(มม./ชม.)	(มม./ชม.)	(มม.)
1.1	99.00	17.00	52.00
2	154.00	26.00	81.00
5	190.00	35.00	106.00

ตารางที่ 9 ฝนออกแบบที่คาบย้อนกลับ 1.1 ปี 2 ปี และ 5 ปี ในเวลา 3 ชั่วโมง

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2543)

2.ใช้แบบจำลองน้ำท่า แบบวิธีกำหนดก่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ซึ่งก่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของแต่ ละพื้นผิวที่นำมาใช้ ดังแสดงในตารางที่ 10

ลักษณะการใช้ประ โยชน์ที่ดิน	ค่าสัมประสิ	ทธิ์น้ำท่า (C)
	ปัจจุบัน (พ.ศ. 2549)	อนาคต (พ.ศ. 2569)
1. ที่พักอาศัยหนาแน่นน้อย	0.35	0.40
2. ที่พักอาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.45	0.50
3. ที่พักอาศัยหนาแน่นมาก และพาณิชยกรรม	0.55	0.60
4. อุตสาหกรรม และคลังสินค้ำ	0.60	-
5. ศาสนสถาน สถาบันการศึกษา สถาบันราชการ	0.31	-
6. พื้นที่โล่ง พื้นที่เกษตรกรรม	0.20	-

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2549)

 3. ใช้แบบจำลองชลศาสตร์ แบบที่จะเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วง และ การไหลภายใต้แรงคัน โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง (Manning's n) สำหรับการคำนวณทางชล ศาสตร์ ดังนี้

- ท่อระบายน้ำ/รางระบายน้ำ	n = 0.016
- คลองดาดคอนกรีต	n = 0.020
- คลองที่มีเฉพาะเชื่อนกันตลิ่ง	n = 0.022
- คลองธรรมชาติ	n = 0.040

4. ใช้ระดับน้ำในคลองระบายน้ำหลักเป็นเงื่อนไขขอบแบบจำลอง

ผลจากการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำประจำถิ่นเดิม ในสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบัน พบว่า มี ประสิทธิภาพสูงสุดสามารถรองรับพายุฝนที่มีความลึกสะสมไม่มากกว่า 40 มม. ในช่วงฝนตก 3 ชม. และในกรณีพายุฝนที่คาบย้อนกลับ 2 ปี จะเกิดน้ำท่วมขังในถนนสายต่างๆ และจะยิ่งเกิด สภาวะน้ำท่วมรุนแรงเพิ่มขึ้นในสภาพการใช้ที่ดินในอนาคต ดังนั้นได้กำหนดแนวทางแก้ไขระบบ ระบายน้ำประจำถิ่น โดยปรับปรุงระบบท่อระบายน้ำ และระบบคลองระบายน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ท่อระบายน้ำ ท่อขนส่งน้ำ คลองระบายน้ำ บ่อสูบน้ำ สถานีสูบน้ำ และอาการประตูน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

 เครื่องคอมพิวเตอร์ Microsoft Windows 98/NT/ME หรือสูงกว่า 200 MHz แสคงผลบน จอภาพด้วย VGA graphic card 1024x768 resolution, หน่วยความจำใน RAM ไม่น้อยกว่า 64 MB และเนื้อที่ในฮาร์ดดิสไม่น้อยกว่า 200 MB

เครื่องพิมพ์ Ink jet HP Photosmart C6280 All-in-One

3. สแกนเนอร์ HP Photosmart C6280 All-in-One

 แบบจำลอง InfoWorks CS ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Hydraulic Research Ltd. แห่งประเทศ สหราชอาณาจักร พร้อม Dongle และคู่มือการใช้งาน

5. โปรแกรมสำเร็จรูป AutoCad 2006 และ Microsoft office 2003

6. แผนที่ภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา

7. แผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศแสดงลักษณะการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

8. แบบรูปตัดตามยาว (Profile) รูปตัดขวาง (cross-section) ของท่อระบายน้ำและคลองใน พื้นที่ศึกษา

9. ข้อมูลฝนของสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร

7. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล เช่น แผ่น CD-R และ Flash Drive

8. อุปกรณ์สำนักงานต่าง ๆ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการคำเนินการศึกษาเพื่อเพื่อให้เกิดความเข้าใจลักษณะทางกายภาพ ระบบระบายน้ำ สภาพการระบายน้ำและปัญหาน้ำท่วมขังของพื้นที่ศึกษา การศึกษาแบบจำลอง InfoWorks CS การจัดทำแบบจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง Infoworks CS การตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ของแบบจำลองระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา การประเมินขีด ความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบันและการปรับปรุงระบบระบายน้ำเพื่อ รองรับการใช้ที่ดินในอนาคต โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การรวบรวมและทวบทวนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การเก็บรวบรวมและการทบทวนข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการศึกษาครั้งนี้จะประกอบด้วย รายงานการศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลระบบระบายน้ำ และข้อมูลการตรวจวัดปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ศึกษาและ ทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลแผนที่แสดงลักษณะทิศทางการไหลของน้ำในท่อระบายน้ำ ข้อมูลทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ที่ได้มีการตรวจวัดและจัดเก็บไว้ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ซึ่งได้แก่ ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลระดับน้ำ และข้อมูลอัตราการไหลรวบรวมข้อมูลรูปตัดตามยาว(Profile) รูป ตัดขวาง (cross-section) ของท่อระบายน้ำและกลองในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ข้อมูลลักษณะของ อาการชลศาสตร์ พร้อมกับหลักในการบริหาร/กวบคุมอาการ (เช่น ประตูระบายน้ำ สถานีสูบน้ำ ฯลฯ) ข้อมูลแผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศแสดงลักษณะการใช้ที่ดิน/ข้อมูลผังเมืองรวม กรุงเทพมหานกร ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศและปฐพึกลศาสตร์ ระบบสาธารณูปโภคโดยเฉพาะ ระดับถนน ระบบขนส่งมวลชน คู่มือแบบจำลองกณิตศาสตร์ของโปรแกรม InfoWorks CS

2. การศึกษาลักษณะทางกายภาพและระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการศึกษาภาพรวมของระบบ ระบายน้ำในพื้นที่ โดยการศึกษาลักษณะทางกายภาพจะเป็นการศึกษาทบทวนข้อมูลทุติยภูมิจาก สำนักการระบายน้ำ การสำรวจสภาพสนามในพื้นที่ศึกษา การประเมินจากแผนที่ภาพถ่ายทาง อากาศ ที่มีรายละเอียดของอาการ ถนน/ซอย พื้นที่รกร้างและแหล่งน้ำ และจากผลสำรวจก่าระดับ ผิวดินในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย 2.1 การศึกษาเพื่อหาลักษณะการใช้ที่ดินในแต่ละพื้นที่ในขอบเขตของพื้นที่ศึกษา เพื่อ นำมาใช้ในการกำหนดดัชนี่ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่นำมาใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์

2.2 การศึกษาระบบระบายน้ำ เพื่อนำมาใช้ในการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ระบบ ระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง InfoWorks CS

2.3 การศึกษาตำแหน่งที่เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งสอบถามจากเจ้าหน้าที่ถึง เหตุการณ์น้ำท่วมขังที่เคยปรากฏ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง InfoWorks CS เมื่อใช้เงื่อนไขเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

3. การจัดทำแบบจำลองระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง Infoworks CS

จากผลการศึกษาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องรวมทั้งการสำรวจระบบระบายน้ำและสำรวจสภาพ พื้นที่เพิ่มเติม จะนำมาจัดทำแบบจำลองระบบระบายน้ำสภาพปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาโดยมีวิธีการ ในการจัดทำแบบจำลองระบบระบายน้ำดังต่อไปนี้

3.1 การจัดทำโครงข่ายท่อระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้กำหนดจุดรับน้ำ (Node) แต่ละ จุดห่างกันประมาณ 200 เมตร (ดังแสดงในภาพที่ 30) ในบริเวณที่เป็นจุดตัดของถนน และทุกๆซอย แยกโดยละเอียด จัดทำให้กรอบกลุมทั้งพื้นที่โดยอาศัยข้อมูลผลสำรวจระบบระบายน้ำที่รวบรวมได้ ประกอบกับการคำเนินการสำรวจสนามเพิ่มเติมตามกวามจำเป็น ซึ่งขนาดของท่อระบายน้ำในพื้นที่ ศึกษาจะมีขนาดอยู่ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.30 เมตร ถึง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 เมตร

การกำหนดจุดรับน้ำ (Node) ดังกล่าว มีจำนวนจุดรับน้ำสำหรับระบบระบายน้ำเดิมรวม ทั้งหมด 1,579 จุด (ไม่รวมจุดระบายน้ำออก) ซึ่งของข้อมูลของจุดรับน้ำ ประกอบด้วยระดับผิวดิน ปริมาตรกักเก็บ ตำแหน่งพิกัด ขนาดพื้นที่รับน้ำ และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตัวอย่างการใส่ ก่าของจุดรับน้ำ (Node) แต่ละตำแหน่ง ในแบบจำลอง InfoWorks CS ดังแสดงในภาพที่ 31





de definition Manhole parameter	s Additional	Storage SUDS par-	ameters User	Hyperlir_
Definition				
<u>N</u> ame 1-26-062				
<u>T</u> ype Manhole	-			
Asset ID				
Sustem Tupe storm	-			
option oppo potoni				
1				
Location		_	-	
≚ Position (m) 667474.	4	Y Position (r	n) 1524098.5	-
Ground level (m AD) 1.687		 <u>Flood level (m Al</u> 	1.687	#D 💌
	OK	Cancel	Apply	Help
- 1-26-062				
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General	ditional	Storage SUDS par	ameters User	Hyperlin
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood <u>type</u> Stored	s Additional	Storage SUDS par	ameters User a (ha) <mark>2.699</mark>	Hyperfir_
e definition Manhole parameter General Flood type Stored	IS Additional	Storage SUDS par	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperlir_
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood <u>type</u> Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (n)	T #D T	Storage SUDS par Floodable area	ameters User a (ha) <mark>2.699</mark> section	Hyperir
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood type Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1	to a dditional	Storage SUDS par	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperlir_
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood type Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1 Chamber toor (m AD) -0.193 Chamber floor (m AD) -0.193	T HD T HD T HD T HD T	Storage SUDS par	ameters User a (ha) <mark>2.699</mark> section	Hyperir
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood type Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1 Chamber toor (m AD) 0.193 Chamber floor (m AD) 1.393	TS Additional	Storage SUDS par	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperlir_
r- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood type Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1 Chamber toor (m AD) -0.193 Chamber floor (m AD) -1.393 Cross sectional areas	T T T T T T T T T T T T T T T T T T T	Storage SUDS par Floodable area Manhole vertical	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperfir_
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood type Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1 Chamber toor (m AD) 0.193 Chamber floor (m AD) 1.393 Cross sectional areas Flood 2 (%) 100 Elood 1 (%)	Image: Second state Image: Second state	Storage SUDS par	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperlir_
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood type Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1 Chamber toor (m AD) -0.193 Chamber floor (m AD) -1.393 Cross sectional areas Flood 2 (%) 100 Flood 1 (%) 10	Image: Second state Image: Second state	Storage SUDS par	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperfir
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood Lype Stored Levels Elood 2 (m) 93 Flood 1 (m) 1 Chamber floor (m AD) -0.193 Chamber floor (m AD) -1.393 Cross sectional areas Flood 2 (%) 100 Flood 1 (%) 10 Shaft (m2) 3	Image: Second state Image: Second state	Storage SUDS par Floodable area Manhole vertical a View All View All	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperir
- 1-26-062 de definition Manhole parameter General Flood type Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1 Chamber toor (m AD) -0.193 Chamber floor (m AD) -1.393 Cross sectional areas Flood 2 (%) 100 Flood 1 (%) 10 Shaft (m2) 3 Chamber (m2) 3	************************************	Storage SUDS par Floodable area Manhole vertical a Manhole vertical a View All View to Flood View to Grou	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperir
- 1-26-062 de definition Manhole paramete General Flood Lype Stored Levels Elood 2 (m) 99 Flood 1 (m) 1 Chamber floor (m AD) 0.193 Chamber floor (m AD) 1.393 Cross sectional areas Flood 2 (%) 100 Flood 1 (%) 10 Shaft (m2) 3 Chamber (m2) 3	Image: Second state Image: Second state	Storage SUDS par Floodable area Manhole vertical s	ameters User a (ha) 2.699 section	Hyperlin

ภาพที่ 31 ตัวอย่างตารางการใส่ค่าของจุดรับน้ำ (Node) ในแบบจำลอง InfoWorks CS

การเชื่อมต่อระหว่างจุดรับน้ำ (links) พร้อมทั้งกำหนดทิศทาง ชนิดและขนาดตามข้อมูล การสำรวจสภาพภูมิประเทศ รวมทั้งกำหนดทิศทางต้นน้ำและท้ายน้ำของแนวระบายน้ำแต่ละช่วง จุดรับน้ำ ตามทิศทางกวามลาดของระดับก้นท่อของทางระบายน้ำเดิม โดยจะพิจารณาไม่ให้มีจุดน้ำ รั่วทิ้งออกจากระบบ ไม่มีผลกระทบจากการสะสมตะกอนดินภายในท่อระบายน้ำ ซึ่งตัวอย่างการใส่ ก่าเชื่อมต่อระหว่างจุดรับน้ำ (links) แต่ละเส้นในแบบจำลอง InfoWorks CS ดังแสดงในภาพที่ 32 และตรวจสอบกวามถูกต้องของข้อมูลที่นำเข้า โดยดูได้จากการแสดงผลรูปตัดตามยาวทางหน้าจอ ของการต่อเชื่อมท่อระหว่างจุดรับน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 33

3.2 จัดแบ่งพื้นที่ระบายน้ำ พิจารณาตามสภาพการใช้ที่ดิน และสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 34

3.3 นำเข้าข้อมูลฝนที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน (มม./ชม./ กับเวลา(วินาที)) ของเหตุการณ์ที่พิจารณา ประกอบด้วยเหตุการณ์ของฝนตกจริงของวันที่ 26 กันยายน 2549 เพื่อใช้ ในการปรับเทียบแบบจำลองและฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 1.1 ปี 2 ปี และ 5 ปี ดังตัวอย่างที่แสดงใน ภาพที่ 35 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

	×
User Link Definition Conduit Defi	finition Cross Section data Long Section SUDS
	Long Sector Cope
	Roughness
	▼ #D ▼
, 	
<u>H</u> eight (mm) 1000	0 #D V Bottom 0.016 #D V
	Iop 0.016 #D ▼
	Sediment-
	Depth (mm) 0 #D 💌
	New Shape Type #D -
	<u> </u>
	OK Cancel Apply Help
1	
Conduit - 1-26-100.1	×
Conduit - 1-26-100.1	Hyperlinks Notes
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section
Conduit - 1-26-100.1	Finition Hyperlinks Notes Support Support
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition Conduit Defi Long-Section General Length (m) 146.9	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section SUDS
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition Conduit Defi Conduit Defi General Length (m) 146.9 Gradient (m/m) 0 00139	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section SUDS Inflow (m3/s) #D T Pipe full capacity (m3/s) 0.726
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition Conduit Defi Long-Section General Length (m) 146.9 Gradient (m/m) 0.00139	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section Unit of the section SUDS #D Inflow (m3/s) #D Pipe full capacity (m3/s) 0.726
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition Conduit Defi Conduit Defi Conduit Defi Conduit Defi Conduit Defi Conduit Defi Long-Section General Length (m) 146.9 Gradient (m/m) 0.00139	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section Inflow (m3/s) Inflow (m3/s) Inflow (m3/s) Pipe full capacity (m3/s) 0.726
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition Conduit Defi Long-Section General Length (m) 146.9 Gradient (m/m) 0.00139 Link Ends Upstre Invert level -1.121	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section SUDS Inflow (m3/s) Image: the section of the sectin of the section of the section of the section of the
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition Conduit Defi Long-Section General Length (m) 146.9 Gradient (m/m) 0.00139 Link Ends Upstre Invert level 1.121 Headloss type NDBM	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section #D Inflow (m3/s) 0 #D Inflow (m3/s) 0.726
Conduit - 1-26-100.1	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section Implementation SUDS Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation Implementation <
Conduit - 1-26-100.1 User Link Definition General Length (m) 146.9 Gradient (m/m) 0.00139 Link Ends Upstre Invert level 1.121 Headloss type NORM Headloss <u>c</u> oefficient 1	Hyperlinks Notes Cross Section data Long Section #D Inflow (m3/s) Pipe full capacity (m3/s) 0.726 eam Downstream I.325 I.325 MAL #D #D 1
Conduit - 1-26-100.1	Hyperlinks Notes finition Cross Section data Long Section Umber Support Inflow (m3/s) Umber Support Implementation Inflow (m3/s) Umber Support Pipe full capacity (m3/s) Umber Support Implementation Implementation Implementation Implementation <
Conduit - 1-26-100.1	Hyperlinks Notes Cross Section data Long Section #D Inflow (m3/s) #D Pipe full capacity (m3/s) 0.726 eam Downstream Image: I

ภาพที่ 32 ตัวอย่างตารางการใส่ค่าเชื่อมต่อระหว่างจุดรับน้ำ (links) ในแบบจำลอง InfoWorks CS



ภาพที่ 33 รูปตัดตามยาวของการต่อเชื้อม node และ link ของแบบจำลอง InfoWorks CS



ภาพที่ 34 (ก) รูปแสดง Subcatchment ในแผนที่กายภาพของพื้นที่ศึกษา







ภาพที่ 35 ตัวอย่างข้อมูลฝนที่นำเข้าในแบบจำลอง InfoWorks CS
3.4 นำเข้าข้อมูลสัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่ระบายน้ำ ซึ่งสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่นำมาใช้ใน แบบจำลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 10

Index	รายละเอียด	ปัจจุบัน (พ.ศ.2549)	อนาคต (พ.ศ.2569)
1	ที่พักอาศัย	0.45	0.50
2	พาณิชยกรรม	0.55	0.60
3	อุตสาหกรรม	0.60	0.65
4	คลังสินค้า	0.60	0.65
5	สถาบันราชการ รัฐวิสาหกิจ	0.31	0.35
6	สถาบันการศึกษา	0.31	0.35
7	สถาบันศาสนา	0.31	0.35
8	นันทนาการ	0.25	0.30
9	พื้นที่เกษตรกรรม	0.20	-
10	พื้นที่โล่ง รกร้าง ว่างเปล่า	0.20	-

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ใช้ในแบบจำลอง

ที่มา: สำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานกร (2549)

3.5 นำเข้าข้อมูลสัมประสิทธิ์ความเสียคทานของพื้นที่ระบายน้ำ ซึ่งสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ นำมาใช้ในแบบจำลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่ง (Manning's n)

ชนิดของทางน้ำ	ค่า ท
ท่อระบายน้ำ/รางระบาย	0.016
คลองคาดคอนกรีต	0.020
คลองที่มีเฉพาะเขื่อนกันตลิ่ง	0.022
คลองธรรมชาติ	0.040

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่ง (Manning's n) จะแปรเปลี่ยนตามชนิดวัสดุที่ นำมาใช้ก่อสร้างเป็นทางระบายน้ำ และในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ค่า Manning's n เท่ากับ 0.016 และ 0.020 สำหรับ ท่อระบายน้ำ/รางระบาย และ คลองดาดคอนกรีต ตามลำดับ ส่วนค่าการสูญเสียที่จุด ต่อและบ่อพักจะตั้งอยู่ในสมมติฐานของการสูญเสียปกติซึ่งใช้ตามค่ามาตรฐานของแบบจำลอง

3.6 นำเข้าข้อมูลเงื่อนไขขอบของแบบจำลอง ประกอบด้วย ข้อมูลอัตราการไหล (ลบ.ม./ วินาที) ข้อมูลระดับน้ำ (ม.รทก.) ที่เปลี่ยนแปลงกับเวลาของเหตุกาณ์ที่พิจารณา

4. การตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ของแบบจำลอง InfoWorks CS

ทำการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมขังในพื้นที่สึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ InfoWorks CS โดยใช้โครงข่ายระบบระบายน้ำปัจจุบัน ซึ่งสภาพการระบายน้ำปัจจุบันแสดงดังภาพ ที่ 36 โดยใช้สภาพการใช้ที่ดินปัจจุบัน (พ.ศ. 2549) และใช้เหตุการณ์พายุฝนจริงใน วันที่ 26 กันยายน 2549 ดังแสดงในภาพที่ 37 ผลของการจำลองที่ได้จจะนำมาพิจารณาเปรียบเทียบบริเวณที่ เกิดปัญหาน้ำท่วมขังของเหตุการณ์ที่เกิดจริง ณ วันที่ 26 กันยายน 2549 ดังแสดงในภาพที่ 38 และ เหตุการณ์ที่เกิดจากผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ Infoworks CS

โดยการปรับเทียบแบบจำลองคังกล่าวจะทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า(C) แล้วทำ การเปรียบเทียบบริเวณน้ำท่วม อย่างไรก็ตามการตรวจสอบเป็นเพียงการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ในระคับใช้งานเบื้องต้นเท่านั้น ไม่ได้มุ่งเน้นทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อให้สภาพน้ำท่วมขังของ ทั้ง 2 เหตุการณ์มีความสอดคล้องกันได้ทั้งหมด ซึ่งเงื่อนไขขอบที่ใช้ในแบบจำลองคังแสดงในภาพ ที่ 36



ภาพที่ 36 ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)









<mark>ที่มา</mark>: กองสารสนเทศภูมิศาสตร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร (2549)

5. การประเมินขีดความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน

ทำการประเมินขีดความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน ในกรณีต่างๆ ดังนี้

5.1 กรณีศึกษาที่ 1 การจำลองเพื่อวิเคราะห์หางีดความสามารถของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันปี พ.ศ.2549 และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี (ความลึกฝนสะสมประมาณ 81 มิลลิเมตร) เพื่อพิจารณางีดความสามารถในการระบายน้ำของโครงข่ายระบบระบายน้ำที่มีอยู่ เดิม และมีการพัฒนาพื้นที่ดังเช่นที่ปรากฏในปัจจุบัน โครงข่ายระบบระบายน้ำดังกล่าวจะมี ศักยภาพสอดคล้องกับความสามารถที่ต้องการสำหรับระบบระบายน้ำทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษา หรือไม่ ซึ่งการประเมินแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

(1) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา จะพิจารณากรณีที่ ไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำปลายท่อน้ำทิ้งเพื่อตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำ (Capacity) ของท่อระบายน้ำ ทั้งนี้จะไม่คิดค่าการสูญเสียในท่อระบายน้ำดังกล่าว

(2) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา จะพิจารณากรณีที่ มีผลกระทบจากระดับน้ำปลายท่อน้ำ และดำเนินการตามสภาพปัจจุบันของพื้นที่ ทั้งนี้จะไม่คิดค่า การสูญเสียในท่อระบายน้ำดังกล่าว

โดยมีสมมุติฐานของพื้นที่ คือ กำหนดว่า พื้นที่รกร้าง และพื้นที่ที่ไม่มีระบบระบายน้ำ จะ ไม่ระบายน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำในปัจจุบัน ซึ่งการศึกษาจะพิจารณากรณีที่ไม่มีผลกระทบจาก ระดับน้ำปลายท่อน้ำทิ้ง และกรณีที่พิจารณาระดับน้ำปลายท่อน้ำทิ้ง

5.2 กรณีศึกษาที่ 2 การจำลองเพื่อวิเคราะห์หาขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคตปี พ.ศ.2569 และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี เพื่อพิจารณาขีดความสามารถ ในการระบายน้ำของโครงข่ายระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิม และมีการพัฒนาพื้นที่เพิ่มขึ้นเทียบเท่า แผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินเต็มรูปแบบตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2569 กำหนดไว้ ซึ่ง โครงข่ายระบบระบายน้ำดังกล่าวจะยังคงมีศักยภาพสอดคล้องกับความสามารถที่ต้องการสำหรับ ระบบระบายน้ำทุติยภูมิของพื้นที่ศึกษาหรือไม่ ซึ่งการประเมินแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี ดังนี้ (1) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา จะพิจารณากรณีที่
ไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำปลายท่อน้ำทิ้ง เพื่อตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำ (Capacity)
ของท่อระบายน้ำ ทั้งนี้จะไม่คิดค่าการสูญเสียในท่อระบายน้ำดังกล่าว

(2) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา จะพิจารณากรณีที่ มีผลกระทบจากระดับน้ำปลายท่อน้ำ และดำเนินการตามสภาพปัจจุบันของพื้นที่ ทั้งนี้จะไม่คิดค่า การสูญเสียในท่อระบายน้ำดังกล่าว

โดยมีสมมุติฐานของพื้นที่ คือ กำหนดว่าพื้นที่รกร้าง และพื้นที่ว่างเปล่าที่อยู่ในเขตชุมชน จะมีการพัฒนาเป็นพื้นที่พักอาศัยตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2569 (การใช้ประโยชน์ ที่ดินในอนาคต) และมีการระบายน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำเดิม ซึ่งการศึกษาจะพิจารณากรณีที่ไม่มี ผลกระทบจากระดับน้ำปลายท่อน้ำทิ้ง และกรณีที่พิจารณาระดับน้ำปลายท่อน้ำทิ้ง

6. การประเมินขีดความสามารถของระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ

6.1 ทางเลือกที่ 1 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำเคิมเพื่อรองรับ สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต และพายุฝนที่กาบอุบัติ 2 ปี โดยสมมุติฐานของพื้นที่มีการพัฒนาที่ดิน เต็มพื้นที่ศึกษา ตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2569 (การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต) และ มีการระบายน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำที่ปรับปรุง ทั้งนี้จะไม่พิจารณาผลกระทบจากระดับน้ำในคลอง

6.2 ทางเลือกที่ 2 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำเดิมและจัดสร้าง ท่องนส่งน้ำเสริม เพื่อรองรับสภาพการใช้ที่ดินในอนาคต และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี โดย สมมุติฐานของพื้นที่มีการพัฒนาที่ดินเต็มพื้นที่ศึกษา ตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2569 (การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต) และมีการระบายน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำที่ปรับปรุง ทั้งนี้จะ พิจารณาผลกระทบจากระดับน้ำในคลอง และมีการปรับปรุง สถานีสถานีสูบน้ำ/ประตูน้ำปลายท่อ

6.3 ทางเลือกที่ 3 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำเดิมและจัดสร้าง พื้นที่พักน้ำชั่วคราว (แก้มลิง) ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำท่วมขังสูง เพื่อรองรับสภาพการใช้ที่ดินใน อนาคต และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี โดยสมมุติฐานของพื้นที่มีการพัฒนาที่ดินเต็มพื้นที่สึกษา ตาม ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2569 (การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต) และมีการระบายน้ำลงสู่ ระบบระบายน้ำที่ปรับปรุง ทั้งนี้จะพิจารณาผลกระทบจากระดับน้ำในคลองและมีการปรับปรุง สถานีสถานีสูบน้ำ/ประตูน้ำปลายท่อ

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่า พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มี ชุมชนหนาแน่นมาก มีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจสูง ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันส่วน ใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย ท่อระบายน้ำมีขนาดตั้งแต่ ф0.30 ถึง ф2.40 เมตร ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีขนาด ประมาณ ф0.30 ถึง ф1.20 ม. คลองระบายน้ำสายหลักในพื้นที่ คือคลองสามเสน และคลองบางซื่อ มีระดับเฉลี่ยประมาณ +33.00 ม.รทก.และ+32.50 ม.รทก.ตามลำดับ มีบ่อสูบน้ำในพื้นที่ ได้แก่ บ่อ สูบน้ำอินทามระ ซอย 3 ขนาค 3 ลบ.ม./วินาที บ่อสูบน้ำพหลโยธิน 2 ฝั่ง ขนาค 0.5 ลบ.ม./วินาที บ่อ สูบน้ำอินทามระ ซอย 3 ขนาค 3 ลบ.ม./วินาที บ่อสูบน้ำพหลโยธิน 2 ฝั่ง ขนาค 0.5 ลบ.ม./วินาที บ่อ สูบน้ำอินทามระ ซอย 3 ขนาค 3 ลบ.ม./วินาที พี่งระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา ดังแสดงใน ภาพที่ 39 ส่วนระบบระบายน้ำปัจจุบันสามารถรองรับพายุฝนที่มีความลึกน้ำฝนสะสมประมาณ 40 มม. ที่ช่วงเวลา 3 ชม. ได้ ซึ่งหากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่มากกว่านี้จะเกิดสภาพน้ำท่วมในถนน ประดิพัทธ์ ซอยเสนาร่วม ถนนพหลโยธิน ซอยพหลโยธิน 14 และถนนหรือซอยทางลัดต่าง ๆ ใน พื้นที่ศึกษา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ระบายน้ำที่จะระบายน้ำลงถนนดังกล่าวเป็นผลให้เกิด สภาวะน้ำท่วมขังมากที่สุดในช่วงประมาณ 30 นาทีแรก แต่ในบางพื้นที่จะเกิดน้ำท่วมขังนานกว่า 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 39 ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร (2550)

 ผลการจำลองและการตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ของแบบจำลองระบบระบายน้ำปัจจุบันของ พื้นที่ศึกษา

จากการเปรียบเทียบข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่กับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองพบว่า ตำแหน่งน้ำท่วมขังจากแบบจำลองมีสภาพใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง (วันที่ 26 ก.ย. 2549) ปริมาณและระยะเวลาน้ำท่วมขังที่เกิดขึ้นจริงในสนาม ดังแสดงในตารางที่ 12 ตำแหน่งพื้นที่น้ำ ท่วมดังแสดงในภาพที่ 40 มีระยะเวลาน้ำท่วมขังเฉลี่ยประมาณ 120-180 นาที และความลึกน้ำท่วม ขังเฉลี่ยประมาณ 10-20 เซ็นติเมตร ส่วนผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองดังแสดงในภาพที่ 41

ซึ่งผลจากแบบจำลอง พบว่า มีระยะเวลาน้ำท่วมขังประมาณ 45-90 นาที ความลึกน้ำท่วม ขังเฉลี่ยประมาณ 10-20 เซ็นติเมตร โดยมีสมมติฐานว่าสภาพของน้ำท่วมจะเกิดในลักษณะรูปกรวย และจะไหลออกหรือไหลเข้าจุดรับน้ำ (Node) โดยไม่มีการกักเก็บหรือสูญเสียปริมาณน้ำแต่อย่างไร ดังนั้นในสภาพความเป็นจริงระยะเวลาน้ำท่วมจะยาวนานกว่าที่ได้จากแบบจำลองซึ่งเป็นผลมาจาก สภาพของพื้นผิวและความลาดเอียงของพื้นที่การระบายน้ำ

บริเวณน้ำท่วม	ระยะเวลาน้ำท่วมขังโดยประมาณ	ความลึกน้ำท่วมขัง	
	(นาที)	(เซ็นติเมตร)	
ซอยเสนาร่วม	120	15-20	
ถนนสุทธิสารวินิจฉัย	150	15-20	
ซอยสายลม	150	10-15	
หน้าสนามเป้า	180	15-20	
ถนนประดิพัทธ์	120	15-20	
สะพานควาย	180	10-15	

ตารางที่ 12 รายละเอียดของน้ำท่วมขัง ณ วันที่ 26 กันยายน 2549

ที่มา: กองสารสนเทศภูมิศาสตร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผลกรุงเทพมหานคร (2549)





นี่มา: กองสารสนเทศภูมิศาสตร์ สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กรุงเทพมหานคร (2549)



ภาพที่ 41 ตำแหน่งน้ำท่วมขังจากการปรับเทียบแบบจำลอง

Index	รายละเอียด	ปัจจุบัน (พ.ศ.2549)	
1	ที่พักอาศัย	0.45	
2	พาณิชยกรรม	0.55	
3	อุตสาหกรรม	0.60	
4	คลังสินค้า	0.55	
5	สถาบันราชการ รัฐวิสาหกิจ	0.35	
6	สถาบันการศึกษา	0.35	
7	สถาบันศาสนา	0.35	
8	นั้นทนาการ	0.25	
9	พื้นที่เกษตรกรรม	0.20	
10	พื้นที่โล่ง รกร้าง ว่างเปล่า	0.20	

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าจากการปรับเทียบแบบจำลองแบบจำลอง

สัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 13

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความเสียคทานของแมนนิ่ง (Manning's n) คือ 0.020 และ0.016 สำหรับ ท่อระบายน้ำ/รางระบาย และ คลองคาคคอนกรีต ตามลำคับ

3. ผลการประเมินขีดความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน

การศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลของระบบระบายน้ำในปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดิน สภาพการ ระบายน้ำ และข้อมูลฝน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบัน ในกรณีศึกษาที่ 1 (สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน พ.ศ.2549) และกรณีศึกษาที่ 2 (สภาพการใช้ที่ดิน ในอนาคต พ.ศ.2569) ซึ่งในการจำลองพฤติกรรมจะพิจารณาการไหลในท่อระบายน้ำทั้งที่ไม่มีและ มีผลกระทบเนื่องจากระดับน้ำปลายท่อทิ้งน้ำ โดยจะเป็นการพิจารณาถึงประสิทธิภาพสูงสุดของ ระบบระบายน้ำปัจจุบัน และจากการจำลองในสภาพเงื่อนไขขอบคังกล่าวจะพบว่าระบบระบายน้ำ ในสภาพปัจจุบันสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันไม่สามารถรองรับพายุฝนที่มีความลึกน้ำฝนสะสม มากกว่า 40 มม. ที่ช่วงเวลา 3 ชม. จะเกิดสภาพน้ำท่วมขังถนนหลักและซอยต่าง ๆ เช่น ถนน ประดิพัทธ์ ซอยเสนาร่วม ถนนพหลโยธิน ซอยพหลโยธิน 14 สนามเป้า ซึ่งจะต้องรองรับปริมาณ ้น้ำท่าจากพื้นที่ระบายน้ำที่มากเกินกว่าขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปัจจุบันที่มีอยู่ ซึ่งจะ ้ส่งผลให้เกิดสภาวะน้ำท่วมดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และในอนาคตหากยังไม่มีการพัฒนาระบบ ระบายน้ำให้สอคคล้องกับการพัฒนาการใช้ที่คินก็จะเกิดสภาวะน้ำท่วมขังที่รนแรงมากขึ้น ซึ่ง สภาพน้ำท่วมคังกล่าวจะกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ ทั้งถนนหลัก ซอยทางลัค ซอยย่อย และพื้นที่ หมู่บ้าน เป็นต้น โดยจะมีระยะเวลาน้ำท่วมนานกว่า 3 ชั่วโมง ส่วนผลการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำ ้ ปัจจุบันที่ได้จากแบบจำลองจะแสดงในรูปของปริมาณน้ำท่วม (ลบ.ม.) และระยะเวลาน้ำท่วมเฉลี่ย (นาที) ดังรายละเอียดในตารางที่ 14

กรณีศึกษาที่ 1 สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน			กรณีที่ 2 สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต		
พ.ศ.2549		พ.ศ. 2569			
	ຄບ.ນ.	นาที		ລນ.ນ.	นาที
กรณีไม่มีผลกระทบ	31,031	30-120	กรณีไม่มีผลกระทบ	64,359	60-150
ท้ายน้ำ			ท้ายน้ำ		
กรณีมีผลกระทบ	34,184	50-150	กรณีมีผลกระทบ	71,454	75-180
ท้ายน้ำ			ท้ายน้ำ		

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่วม จากแบบจำลองทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำเคิม ที่กาบอุบัติ 2 ปี ทั้งนี้ระยะเวลาน้ำท่วมดังกล่าวเป็นผลที่ได้จากแบบจำลอง โดยมีสมมุติฐานว่าสภาพของน้ำ ท่วมจะเกิดในลักษณะรูปกรวยและไหลออกจากหรือไหลเข้าจุดบัพ (Node) โดยไม่มีการเก็บกัก หรือสูญเสียปริมาณน้ำแต่อย่างไร ดังนั้นในสภาพความเป็นจริงระยะเวลาน้ำท่วมจะยาวนานกว่าที่ ได้จากแบบจำลอง ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพของพื้นผิวและลาดเอียงของพื้นที่การระบายน้ำ สำหรับ ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลอง ในรูปของแปลนแสดงตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำ ปัจจุบันสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (ปี พ.ศ.2549) กรณีไม่มีผลกระทบระดับน้ำท้ายน้ำ ดังแสดง ในภาพที่ 42 สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (ปี พ.ศ.2549) กรณีมีผลกระทบระดับน้ำท้ายน้ำ ดังแสดง ในภาพที่ 43 สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (ปี พ.ศ.2569) กรณีมีผลกระทบระดับน้ำท้ายน้ำ ดังแสดง ในภาพที่ 44 และสภาพการใช้ที่ดินในอนากต (ปี พ.ศ.2569) กรณีไม่มีผลกระทบระดับน้ำท้ายน้ำ กัง แสดงในภาพที่ 45 ซึ่งผลที่แสดงจากแบบจำลองเป็นการแสดงปริมาณน้ำท่วมที่มากที่สุดที่เกิดขึ้น ในการจำลองสภาพของระบบระบายน้ำ



ภาพที่ 42 (ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง



ภาพที่ 42 (ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)



ภาพที่ 43 (ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง



ภาพที่ 43 (ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่คินในปัจจุบัน (กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)



ภาพที่ 44 (ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต (กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง



ภาพที่ 44 (ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต (กรณีไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)



ภาพที่ 45 (ก) ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต (กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ) จากแบบจำลอง



ภาพที่ 45 (ข) บริเวณน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต (กรณีมีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ)

4. ผลการประเมินขีดความสามารถของระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ

การแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังของระบบระบายน้ำในพื้นที่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การ แก้ไขหรือปรับปรุงระบบท่อระบายน้ำ และการทำบ่อพักน้ำเพื่อเก็บน้ำท่วมบางส่วนก่อนระบายลง สู่ระบบระบายน้ำ โดยในการแก้ไขระบบท่อระบายน้ำจะมีข้อจำกัดทางด้านขนาดของถนนและ การจราจร จึงกวรหลีกเลี่ยงคำเนินการปรับปรุงระบบระบายน้ำในถนนหลักและซอยทางลัด จึง เลือกใช้วิธีการตัดพื้นที่ระบายน้ำที่ระบายน้ำฝนลงสู่ถนนหลักหรือซอยทางลัดให้มากที่สุดและถ้า จำเป็นต้องปรับปรุงท่อระบายน้ำที่ระบายน้ำฝนลงสู่ถนนหลักหรือซอยทางลัดให้มากที่สุดและถ้า จำเป็นต้องปรับปรุงท่อระบายน้ำในถนนหลักและซอยลัดจะเลือกใช้วิธีการก่อสร้างระบบท่อขนส่ง น้ำ เพื่อลดปัญหาในด้านการจราจร แล้วทำการผันน้ำออกจากถนนหรือซอยทางลัดไปสู่คลอง ระบายน้ำรอบพื้นที่หรือคลองระบายน้ำในพื้นที่ที่อยู่ใกล้พื้นที่นั้น ๆ สำหรับถนนสายรองและซอย ย่อยต่าง ๆ จะทำการปรับปรุงระบบระบายน้ำตามความจำเป็นโดยยึดหลักการที่จะให้เกิดผลกระทบ ต่อการสัญจรน้อยที่สุด และภายในระยะเวลาจำกัด สำหรับคลองระบายน้ำต่าง ๆ ในพื้นที่นอกจาก จะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำออกจากพื้นที่แล้วยังจะใช้เป็นแหล่งกักเก็บน้ำชั่วกราวของพื้นที่อีกด้วย ทั้งนี้ จะใช้สถานีสูบน้ำปลายคลองลดระดับน้ำในคลองให้มีระดับต่ำกว่าระดับน้ำในกลองระบายน้ำหลัก และจะพิจารณาทำการปรับปรุงกลองระบายน้ำในพื้นที่ตามดวามจำเป็น

ส่วนผลการวิเกราะห์ระบบระบายน้ำได้จากแบบจำลองจะแสดงในรูปของปริมาณน้ำท่วม แสดงรายละเอียด ดังนี้

4.1 ทางเลือกที่ 1 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบัน ให้ สามารถรองรับสภาพการใช้ที่ดินในอนาคต และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี โดยสมมุติฐานของพื้นที่มี การพัฒนาที่ดินเต็มพื้นที่ศึกษา ตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานกร พ.ศ.2569

สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่ามีน้ำท่วมขังคังแสคงในภาพที่ 46 มีระยะเวลาน้ำท่วม ขังนาน 0-15 นาที ปริมาณน้ำท่วมสูงสุค 1,195.90 ลูกบาศก์เมตร ระบบระบายน้ำที่เสนอแนะแสคง ในภาพที่ 47 โดยเสนอแนะให้ปรับปรุงและขยายท่อระบายน้ำเดิมให้มีทิศทางการไหลตามสภาพ เดิม พร้อมกันนี้ยังเสนอให้มีการก่อสร้างสถานีสูบน้ำ/ท่อระบายน้ำหลัก รวมทั้งเสริมท่อระบายน้ำ ผ่านซอยพหลโยธิน 6 เพื่อระบายน้ำท่วมขังบริเวณถนนพหลโยธินและซอยสายลมเพื่อระบายน้ำ ท่วมขังลงสู่บึงพิบูลวัฒนา ทั้งนี้ให้พิจารณาการปรับปรุงบึงพิบูลวัฒนาให้เต็มประสิทธิภาพ แต่วิธีนี้ จะมีผลกระทบต่อชุมชนมาก



ภาพที่ 46 ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 1



ภาพที่ 47 แนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 1

4.2 ทางเลือกที่ 2 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันและ จัดสร้างท่องนส่งน้ำเสริม เพื่อรองรับสภาพการใช้ที่ดินในอนาคต และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี โดย สมมุติฐานของพื้นที่มีการพัฒนาที่ดินเต็มพื้นที่สึกษา ตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2569

สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่ามีน้ำท่วมขังดังแสดงในภาพที่ 48 มีระยะเวลาน้ำท่วม ขังนาน 0-20 นาที ปริมาณน้ำท่วมสูงสุด 1,687.80 ลูกบาศก์เมตร ระบบระบายน้ำที่เสนอแนะแสดง ในภาพที่ 49 เสนอแนะให้ก่อสร้างท่อขนส่งน้ำตามเพื่อผันน้ำท่าที่ใหลลงสู่ถนนหรือซอยลัดต่างๆ ลงสู่คลองระบายน้ำรอบพื้นที่ศึกษา โดยเสนอแนะให้วางท่อขนส่งน้ำผ่านซอยย่อยต่างๆ ทั้งนี้เพื่อ หลีกเลี่ยงการปรับปรุงท่อระบายน้ำในถนนหลักหรือซอยทางลัด รวมทั้งเสนอให้มีการวางท่อขนส่ง น้ำผ่านถนนพหลโยธินจากปากซอยพหลโยธิน 8 ระบายน้ำลงสู่คลองบางซื่อเพื่อลดปริมาณน้ำท่าวม ขังบริเวณถนนพหลโยธิน พร้อมทั้งเสนอแนะให้มีการก่อสร้างสถานีสูบน้ำ/ท่อระบายน้ำหลักตาม ความจำเป็น วิธีนี้จะมีผลกระทบต่อชุมชนน้อยกว่าทางเลือกที่ 1

4.3 ทางเลือกที่ 3 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันและ จัดสร้างพื้นที่พักน้ำในบริเวณที่มีปริมาณน้ำท่วมขังสูง เพื่อรองรับสภาพการใช้ที่ดินในอนาคต และ พายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี โดยสมมุติฐานของพื้นที่มีการพัฒนาที่ดินเต็มพื้นที่ศึกษา ตามผังเมืองรวม กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2569

สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่ามีน้ำท่วมขังดังแสดงในภาพที่ 50 มีระยะเวลาน้ำท่วม ขังนาน 0-15 นาที ปริมาณน้ำท่วมสูงสุด 2,137.40 ลูกบาศก์เมตร ระบบระบายน้ำที่เสนอแนะแสดง ในภาพที่ 51 โดยเสนอแนะให้ปรับปรุงท่อระบายน้ำเดิม พร้อมกันนี้ยังเสนอให้มีการก่อสร้างสถานี สูบน้ำ/ท่อระบายน้ำหลักตามความจำเป็น และจำลองสภาพการระบายน้ำหากมีการตัดยอดน้ำหลาก ในช่วงเวลาที่มีฝนตกหนักให้ชะลอการไหลเข้าท่วมในพื้นที่โดยการจัดสร้างบึงพักน้ำ (แก้มลิง)ใน บริเวณที่เกิดน้ำท่วมขังหนัก และจะพยายามใช้สภาพท่อระบายน้ำเดิมในระบบให้สามารถรองรับ ปริมาณน้ำท่วมขังที่เหลือจากการชะลอในบึงพักน้ำ(แก้มลิง) เพื่อลดผลกระทบต่อชุมชนจากการที่ ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการจำลองสภาพในแบบจำลองเท่านั้น หากมีการนำมาใช้แก้ไขจริงต้องมีการศึกษาสภาพพื้นที่ว่าจะมีพื้นที่ในการจัดสร้างบึงพักน้ำ (แก้ม ลิง) ดังกล่าวได้หรือไม่ วิธีนี้จะมีผลกระทบต่อชุมชนน้อยกว่าทางเลือกที่ 2 สำหรับผลการจำลอง ขนาดบึงพักน้ำ (แก้มลิง) สามารถสรุปได้ ดังนี้ (1) บริเวณซอยพหลโยธิน 11 มีปริมาณน้ำท่วม (Flood volume) ประมาณ 760 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ขนาดประมาณ 0.2109 ตร.กม.ใช้บึงพักน้ำ (แก้มลิง) ขนาด 450 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งหลังจากปรับปรุงแล้วจะมีปริมาณน้ำท่วม (Flood volume) เหลือประมาณ 28.9 ลูกบาศก์เมตร ระบบระบายน้ำเดิมสามารถรองรับได้

(2) บริเวณซอยพหลโยธิน 14 มีปริมาณน้ำท่วม (Flood volume) ประมาณ 1,436 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ขนาดประมาณ 0.2109 ตร.กม.ใช้บึงพักน้ำ (แก้มลิง) ขนาด 1,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งหลังจากปรับปรุงแล้วจะมีปริมาณน้ำท่วม (Flood volume) เหลือประมาณ 186 ลูกบาศก์เมตร ระบบระบายน้ำเดิมสามารถรองรับได้

(3) บริเวณซอยพหลโยธิน 8 มีปริมาณน้ำท่วม (Flood volume) ประมาณ 3,476 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ขนาดประมาณ 0.4587 ตร.กม.ใช้บึงพักน้ำ (แก้มลิง) ขนาด 2,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งหลังจากปรับปรุงแล้วจะมีปริมาณน้ำท่วม (Flood volume) เหลือประมาณ 573 ลูกบาศก์เมตร ระบบระบายน้ำเดิมสามารถรองรับได้



ภาพที่ 48 ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 2



ภาพที่ 49 แนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 2



ภาพที่ 50 ตำแหน่งน้ำท่วมขังของระบบระบายที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 3



ภาพที่ 51 แนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่เสนอแนะ ทางเลือกที่ 3

วิจารณ์

 ความสามารถของระบบระบายน้ำเดิมทั้งในสภาพปัจจุบันและอนาคต ซี่ให้เห็นว่าระบบ ระบายน้ำปัจจุบันทั้งในถนนหลักและซอยต่าง ๆ มีขนาคไม่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำท่าที่ ระบายออกจากพื้นที่ระบายน้ำ จึงทำให้เกิดน้ำท่วมขังในถนนหลัก ถนนซอย และพื้นที่ในซอยต่าง ๆ เป็นประจำ และนอกจากน้ำท่วมขังจะเกิดจากความไม่พอเพียงของระบบระบายน้ำปัจจุบันแล้ว ยังมีสาเหตุมาจากการเท้อกลับจากระดับน้ำในคลองหลักรอบพื้นที่ที่ยกตัวสูงขึ้นทำให้บางช่วง คลองมีน้ำใหลท่วมพื้นที่ริมตลิ่งในขณะที่เกิดฝนตกหนักอีกด้วย และเมื่อปัจจัยทั้งสองเกิดขึ้นใน เวลาเดียวกัน ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปัจจุบันลดลงยิ่งขึ้น และทำให้ไม่สามารถ ระบายน้ำออกจากพื้นที่สึกษาได้

2. จากผลการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา พบว่าตำแหน่งที่เกิดน้ำท่วม ขังส่วนใหญ่แล้วจะเกิดบริเวณใกล้เคียงกันแต่จะมีขนาดน้ำท่วมขังแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ทำให้ แตกต่างกันเนื่องมาจาก ผลกระทบจากระดับน้ำปลายท่อน้ำทิ้ง ซึ่งจากผลการจำลองสภาพระบบ ระบายน้ำในพื้นที่ พบว่า หากพิจารณาที่สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกัน และที่ปริมาณฝน ออกแบบเท่ากัน จะมีตำแหน่งน้ำท่วมขังใกล้เกียงกันจะแตกต่างกันที่ระยะเวลาที่เกิดน้ำท่วมขัง

 สภาพน้ำท่วมขังในแบบจำลองมีสมมติฐานว่าจะเกิดน้ำท่วมขังในลักษณะรูปกรวยและ จะใหลออกหรือใหลเข้าจุดรับน้ำ (Node) โดยไม่มีการกักเก็บหรือสูญเสียปริมาตรน้ำแต่อย่างไร ดังนั้นในสภาพความเป็นจริงระยะเวลาน้ำท่วมขังอาจจะยาวนานกว่าที่ได้จากแบบจำลองเพราะ สภาพของพื้นผิวและความลาดเอียงของพื้นที่การระบายน้ำ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ลักษณะทางกายภาพและระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา

สภาพพื้นที่ศึกษา มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อที่อยู่อาศัยมากที่สุด(ประมาณร้อยละ 49.51) รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินในส่วนของหน่วยงานราชการ และเพื่อการสาธารณูปโภค (ประมาณร้อย ละ 19.17) ถึงแม้พื้นที่ศึกษาจะมีความพร้อมด้านโครงข่ายคมนาคมขนส่ง และมีความสะดวกในการ เข้าถึง แต่เนื่องจากพื้นที่ถูกพัฒนาให้เป็นที่อยู่อาศัยมาก่อนที่จะมีการพัฒนาโครงข่ายการคมนาคม ขนส่ง การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจึงถูกนำมาพัฒนาให้เป็นที่พักอาศัยที่มีความหลากหลาย เช่น บ้านเดี่ยว คอนโด อาการพาณิชย์ เป็นด้น ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ประกอบด้วย

1.1 ชุมชนหนาแน่นมาก (High Density Area) ประกอบด้วยการใช้ที่ดินประเภทที่พักอาศัย หนาแน่นมาก และแหล่งพาณิชยกรรม กระจายตัวตามถนนสายหลักต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา

1.2 ชุมชนหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Area) ประกอบด้วย การใช้ที่ดินประเภท ที่พักอาศัยหนาแน่นปานกลาง สถานที่ราชการ สถานศึกษา และ โรงแรม เป็นต้น

 1.3 พื้นที่โล่ง หรือพื้นที่สีเขียว (Green Area) ประกอบด้วย สวนหย่อม และที่รกร้าง ต่าง ๆ ซึ่งจะกระจายตัวเป็นหย่อม ๆ ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา สำหรับพื้นที่ประเภทสวนหย่อมจะมีระบบระบาย น้ำที่สมบูรณ์ ในขณะที่พื้นที่รกร้างซึ่งเป็นที่ดินว่างเปล่าบางแห่งมีระดับต่ำจะยังไม่มีระบบระบาย น้ำ

ท่อ/รางระบายน้ำ ขนาดตั้งแต่ ф0.30 ถึง ф2.40 เมตร โดยส่วนใหญ่ท่อระบายน้ำในพื้นที่ โกรงการจะมีขนาด ф0.30 – ф1.20 เมตร การระบายน้ำในสภาพปัจจุบัน จะเริ่มจากการระบายน้ำ จากบ้านเรือน/ที่พักอาศัย/แหล่งพาณิชยกรรม ระบายลงสู่ลู/กลองระบายน้ำสายรองเป็นทางลำเลียง น้ำเพื่อระบายสู่กลองสายหลัก (กลองบางซื่อและสามเสน) และในกรณีที่ระดับน้ำในกลองสายหลัก มีระดับสูงก็จะทำให้การระบายน้ำโดยวิชีแรงโน้มถ่วงหรือด้วยเครื่องสูบน้ำออกสู่กลองสายหลัก เป็นไปด้วยความลำบาก นอกจากนั้นระดับน้ำที่สูงยังเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ ซึ่งท่อระบายน้ำ ส่วนใหญ่ในพื้นที่โครงการจะอยู่ในสภาพชำรุดและมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อการระบายน้ำ จึง ก่อให้เกิดสภาพน้ำท่วมขังในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่โดยรอบ

จุดอ่อนน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่จะเกิดในบริเวณที่มีการใช้ที่ดินหนาแน่น เช่น ถนนดินแดง ถนนพหลโยธิน ถนนประดิพัทธ์ เป็นต้น เนื่องจากมีการพัฒนาเกิดขึ้นมากในขณะที่ ระบบท่อระบายน้ำประจำถิ่นมีขนาดเล็ก

2. การจำลองระบบระบายน้ำด้วยแบบจำลอง InfoWorks CS และความน่าเชื่อถือ

จากการปรับเทียบแบบจำลองจากการปรับเทียบพบว่าตำแหน่งน้ำท่วมขังที่ได้จาก แบบจำลองใกล้เกียงกับสภาพจริงในสนาม จะเกิดน้ำท่วมขังในบริเวณ สนามเป้า ซอยสายลม ประดิพัทธ์ และ ซอยแยกต่างๆในถนนสุทธิสารวินิจฉัย และสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ได้จากการ ปรับเทียบแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 15 ส่วนก่าสัมประสิทธิ์กวามเสียดทานของแมนนิ่ง (Manning's n) คือ 0.020 และ0.016 สำหรับ ท่อระบายน้ำ/รางระบาย และ กลองดาดกอนกรีต ตามลำดับ

Index	รายละเอียด	ปัจจุบัน (พ.ศ . 2549)
1	ที่พักอาศัย	0.45
2	พาณิชยกรรม	0.55
3	อุตสาหกรรม	0.60
4	คลังสินค้า	0.55
5	สถาบันราชการ รัฐวิสาหกิจ	0.35
6	สถาบันการศึกษา	0.35
7	สถาบันศาสนา	0.35
8	นั้นทนาการ	0.25
9	พื้นที่เกษตรกรรม	0.20
10	พื้นที่โล่ง รกร้าง ว่างเปล่า	0.20

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่นำมาใช้ในแบบจำลอง
3. ขีดความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

กรณีศึกษาที่ 1 การจำลองเพื่อวิเคราะห์หาขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันปี พ.ศ.2549 และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี สามารถสรุปผลการจำลอง พฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

- กรณีที่ 1 ไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ พบว่ามีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดประมาณ
 31,031 ลูกบาศก์เมตรระยะเวลาน้ำท่วมเฉลี่ย 30-120 นาที
 - กรณีที่ 2 มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ พบว่ามีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดประมาณ 34,184
 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาน้ำท่วมเฉลี่ย 50-150 นาที

กรณีศึกษาที่ 2 การจำลองเพื่อวิเคราะห์หาขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปัจจุบัน สภาพการใช้ที่ดินในอนาคตปี พ.ศ.2569 และพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี สามารถสรุปผลการจำลอง พฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

- กรณีที่ 1 ไม่มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ พบว่ามีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดประมาณ
64,359 ลูกบาศก์เมตรระยะเวลาน้ำท่วมเฉลี่ย 60-150 นาที
- กรณีที่ 2 มีผลกระทบจากระดับน้ำท้ายน้ำ พบว่ามีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดประมาณ 71,454
ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาน้ำท่วมเฉลี่ย 75-180 นาที

ซึ่งจากผลการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำในกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณี พบว่าระดับน้ำท้ายน้ำเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อสภาพน้ำท่วมขังในพื้นที่ศึกษา

4. ผลการศึกษาระบบระบายน้ำระบบระบายน้ำที่ปรับปรุง

ทางเลือกที่ 1 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันเพื่อรองรับ สภาพการใช้ที่ดินในอนากต และพายุฝนที่กาบอุบัติ 2 ปี จากผลการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำในทางเลือกที่ 1 พบว่า หลังจากมีการปรับปรุงพื้นที่แล้วมีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 1,195.90 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาน้ำท่วมเฉลี่ย 0-15 นาที

ทางเลือกที่ 2 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันและจัดสร้าง ท่อขนส่งน้ำเสริม เพื่อรองรับสภาพการใช้ที่ดินในอนาคต และพายุฝนที่กาบอุบัติ 2 ปี

จากผลการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำในทางเลือกที่ 2 พบว่า หลังจากมีการปรับปรุงพื้นที่แล้วมีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 1,687.80 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาน้ำท่วมเฉลี่ย 0-20 นาที

ทางเลือกที่ 3 การจำลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันและจัดสร้าง พื้นที่พักน้ำชั่วคราว (แก้มลิง) ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำท่วมขังสูง เพื่อรองรับสภาพการใช้ที่ดินใน อนาคต และพายุฝนที่กาบอุบัติ 2 ปี

จากผลการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำในกรณีที่ 3 พบว่าหลังจากมี การปรับปรุงพื้นที่แล้วมีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 2,137.40 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาน้ำท่วม เฉลี่ย 0-15 นาที และบริเวณที่มีการกำหนดไว้เป็นพื้นที่แก้มลิง ได้แก่ บริเวณซอยพหลโยธิน 11 ออกแบบแก้มลิงขนาด 450 ลูกบาศก์เมตร ซอยพหลโยธิน 14 ออกแบบแก้มลิงขนาด 1,000 ลูกบาศก์เมตร และบริเวณซอยพหลโยธิน 8 ออกแบบแก้มลิงขนาด 2,000 ลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้ใน การชะลอการไหลของน้ำในกรณีที่เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาครั้งนี้

1.1. จากการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของแบบจำลอง พบว่าการนำเข้าข้อมูลใน แบบจำลอง จะตั้งสมมติฐานว่าขนาดท่อสามารถรับน้ำได้เต็มความจุ (capacity) แต่ในสภาพความ เป็นจริงแล้วท่อระบายน้ำส่วนใหญ่จะไม่สามารถรับได้เต็มความจุ จึงอาจจะส่งผลให้ผลการศึกษา ในครั้งนี้ยังไม่ใกล้เกียงกับสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่มากนัก ทั้งนี้หากให้ผลที่ได้มีค่า ใกล้เกียงกับสภาพความเป็นจริง อาจจะต้องใช้เวลาในการสำรวจข้อมูลในภาคสนามเพิ่มเติม หรือ ควรศึกษาแบบจำลองเพิ่มเติมในการเพิ่มค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นก่อนการจำลองสภาพดังกล่าว

1.2 จากการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของแบบจำลอง จะพบว่าการแสดงผลใน รูปแบบของระยะเวลาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในแบบจำลองจะมีระยะเวลาน้อยกว่าในสภาพความเป็นจริง เนื่องจากในสภาพความเป็นจริงพื้นที่ที่น้ำท่วมจะมีระดับไม่เท่ากันจึงทำให้เกิดการชะลอและกีด ขวางทางไหลของน้ำที่ไหลกลับเข้าสู่จุดรับน้ำเดิมเป็นผลให้มีระยะเวลาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริงนาน กว่าระยะเวลาที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งอาจจะส่งผลให้ผลการศึกษาในครั้งนี้ยังไม่ไกล้เคียงกับสภาพ ความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่มากนัก ดังนั้นหากต้องการให้การศึกษามีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นจึง กวรมีการเก็บข้อมูลในภาคสนามเพิ่มเติมและนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อนำมาใช้ในการปรับแก้ต่อไป

1.3 การนำแบบจำลอง InfoWorks CS มาใช้ในการจำลองสภาพการระบายน้ำเหมาะสมกับ พื้นที่ที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก เนื่องจากหากเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนจะต้องทำการ ใส่ Node (จุดรับน้ำ) มากขึ้น ในขณะที่แบบจำลองที่ใช้อยู่ในปัจจุบันใช้ได้มากสุด 2,000 Nodes ถ้า หากระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่นำมาศึกษามีขนาดใหญ่จะต้องแบ่งพื้นที่ ซึ่งหมายถึงจะทำให้ระบบ ระบายน้ำดังกล่าวไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดควาดกลาดเกลื่อนในการพิจารณาได้

1.4 จากการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของแบบจำลอง พบว่าการแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อย
 (Subcatchments) ให้ลงจุดรับน้ำ(Node) แต่ละจุดนั้นมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อพฤติกรรม

การระบายน้ำ ดังนั้นจึงควรแบ่งพื้นที่ให้ละเอียดมากที่สุดและยังต้องสำรวจเพิ่มเติมในการกระจาย ลงจุดรับน้ำให้ใกล้เคียงกับสภาพกวามเป็นจริงมากที่สุดเพื่อให้ผลจากการจำลองพฤติกรรมการ ระบายน้ำดังกล่าวใกล้เคียงกับสภาพกวามเป็นจริงมากที่สุด

2. ข้อเสนอแนะหากจะมีการดำเนินการในอนาคต

2.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยในพื้นที่เขตพญาไท ซึ่งอยู่ในเขตกรุงเทพชั้นในที่จัดว่ามี การใช้ที่ดินแบบที่พักอาศัยหนาแน่นมาก และพื้นที่พาณิชยกรรม แต่ในการศึกษาและออกแบบ ระบบระบายน้ำควรจะดำเนินการในทุกพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย ดังนั้นจึงควรมีการ จัดทำพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่กรุงเทพชั้นกลาง (ที่พักอาศัยหนาแน่นปานกลาง – หนาแน่นมาก และพื้นที่พาณิชยกรรม) และพื้นที่กรุงเทพชั้นนอก (ที่พักอาศัยหนาแน่นน้อย และพื้นที่โล่ง) ต่อไป เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

2.2 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องด้นทางค้านวิศวกรรมเท่านั้น หากจะนำไป คำเนินการต่อไปในอนาคตควรจะต้องมีการศึกษารายละเอียคเพิ่มเติมในค้าน เศรษฐศาสตร์-การเงิน เศรษฐกิจ- สังคม เพื่อให้การศึกษาดังกล่าวมีความครอบคลุมในทุกค้าน และเพื่อตรวจสอบ ความเป็นไปได้ของการคำเนินการโครงการอีกด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัญญา โพธิพิขุ. 2536. การศึกษาฝนในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2529. การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำของมหา นคร. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยยุทธ เจียรพินินนันท์. 2536. การประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำทุติยภูมิของพื้นที่ กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บริษัท เนเดโก้ กอนซัลแตนท์ จำกัด บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ กอนซัลเท็นส์ จำกัด และบริษัท แสปน จำกัด. 2538. โครงการ การศึกษา สำรวจ จัดทำแผนหลัก ระบบรองรับพื้นฐานและ ออกแบบเบื้องต้น ระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบระบายน้ำ ในพื้นที่ชานเมืองด้านตะวันออก ของกรุงเทพมหานคร. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร.
- บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลเท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. 2541. โครงการสำรวจและออกแบบ ระบบระบายน้ำในพื้นที่สุขุวิท. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร.
- บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลเท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. 2543. โครงการสำรวจและออกแบบ ระบบระบายน้ำในพื้นที่บางกะปิ. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร.
- บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลเท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. 2547. โครงการสำรวจและออกแบบ ระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตพระนคร ป้อมปราบฯ สัมพันธวงศ์ ปทุมวัน บางรัก สาธร ยาน นาวา และบางส่วนของเขตบางคอแหลม. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร.
- บริษัท วอเตอร์ ดีเว็ลลัฟเม็นท์ คอนซัลเท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. บริษัท ฮาลโครว์ พิดีไอ จำกัด 2550. โครงการสำรวจออกแบบ และจัดทำระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตพญาไท ดินแดงและห้วย ขวาง. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร.

- พรพุฒ นัทธี. 2533. การประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่กรุงเทพเขต ชั้นในด้วยแบบจำลอง SPIDA. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนตรี วิวัฒนวงศ์เจริญ. 2542. การประเมินประสิทธิผล ของระบบระบายน้ำปฐมภูมิ ในพื้นที่ ชุมชนชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลอง Rubicon. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วัชรินทร์ จันทร์โฮม. 2547. การศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าในพื้นที่ชุมชนของ กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สราวุธ ชีวะประเสริฐ. 2535. แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับระบบระบายน้ำปฐมภูมิใน กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมปอง มังกละวิรัช. 2544. การประเมินผลกระทบของการพัฒนาระบบพื้นที่ปิดล้อมย่อยต่อ ประสิทธิผลของระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วย แบบจำลอง ISIS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. 2552. ข้อมูลจาก Website ของสำนักการระบายน้ำ http://www.dds.bma.go.th. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร.
- สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. 2542. แผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม กรุงเทพมหาครเนื่องจากน้ำฝนและน้ำหนุน. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร.

Bruce K. Ferguson. 1998. Introduction to Stormwater.

Gillani, S. N. A. 1980. A Mathematical Model for Stromwater Management. M.Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok. Halcrow/HR Wallingford. 2001. User Manual Infoworks Version 7.0.

Martin W., Robert K., Ron E. 1997. Hydrology Water Quantity and Quality Control.

Keifer, C.J., C.Y. Hung, and K. Wolka 1978. Modified Chicago Hydrograph Method. In B.C. Yen (Ed.), Storm Sewer System Design, Dept. of Civil Eng., Univ. of Illinois Urbana-Champaign, 62-81.

Rattapan, N. 1968. **Bangkok Runoff Hydrograph.** M.Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.

Shaw, E.M. 1994. Hydrology in Practice, 3rd edition, Van Nostrand Reinhold.

Soi Conservation Service 1975. Urban Hydrology for small Watersheds. Tech. Release 55, U.S. Dept.Agr.

ภาคผนวก

ความรู้ทั่วไปในการใช้งานแบบจำลอง InfoWorks CS

การใช้งานแบบจำลอง InfoWorks CS จะเริ่มต้นจากการสร้าง Master Database และ Local Root Directory ในขั้นแรกก่อนเพื่อจัดสร้างระบบของการเก็บรักษาและจัดการข้อมูล โดยในการ จัดสร้างฐานข้อมูลหลักจะใช้แบบจำลอง InfoWorks CS Administration ในการคำเนินการ ส่วนการ จัดสร้างโครงข่ายลักษณะและข้อมูลต่าง ๆ จะใช้แบบจำลอง InfoWorks CS ในการคำเนินการ

1. การใช้งานแบบจำลอง InfoWorks CS Administration (IW CS Admin)

เป็นส่วนของแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการระบบฐานข้อมูล การใช้งานสามารถเลือกใช้ได้ จาก Icon ที่ปรากฏบนหน้าต่าง Desktop ของเครื่องกอมพิวเตอร์ หรือเลือกจากการกลิก Start/program/InfoWorks แล้วเลือก IW CS Admin ซึ่งจะมีการแสดงผลดังภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 หน้าจอหลักของการใช้งานโปรแกรม InfoWorks CS Administration

แถบเมนูหลักที่ปรากฏในหน้าต่างหลักของ IW CS Admin จะมีทั้งหมด 4 เมนู ซึ่งจะ ประกอบด้วย

1.1 เมนู Database เป็นเมนูที่ใช้งานเกี่ยวกับการจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบด้วย เมนูย่อย 6 กลุ่ม ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

กลุ่มที่ 1	New Master Database	ใช้สำหรับการสร้างฐานข้อมูลหลักในการใช้
		งานในรูปแบบของแฟ้มข้อมูล (file) ที่มี
		นามสกุล (extension) คือ .iwm และต้องกำหนด
		ใคเร็กเทอรี่เพื่อเก็บแฟ้มข้อมูลของฐานข้อมูล
		หลัก
	Select Master Database	ใช้สำหรับการเลือกฐานข้อมูลหลักที่เคยได้สร้าง
		ไว้แล้วมาใช้งาน โคยจะต้องเลือก Master
		database path. (.iwm) และ Local root directory
		ที่สอดกล้องกัน
กลุ่มที่ 2	Implement Permissions	ใช้สำหรับการแก้ไขข้อมูลผู้ใช้เครื่องในการ
		ทำงานของแบบจำลอง
	Edit Users	ใช้สำหรับการสร้างชื่อของผู้ใช้งาน (User) ใหม่
		หรือเลือกเปลี่ยนผู้ใช้งานจากกลุ่มผู้ใช้งานอื่นที่
		มือยู่
กลุ่มที่ 3	Update Database	ใช้สำหรับการปรับปรุงฐานข้อมูลของ
		แบบจำลองรุ่นที่ต่ำกว่าเพื่อนำมาใช้กับ
		แบบจำลองในรุ่นปัจจุบันหรือสูงกว่า
	Compress Database	ใช้สำหรับการบีบอัคฐานข้อมูล โคยจะต้องเลือก
		ฐานข้อมูลหลักที่จะทำการบีบอัค ซึ่ง
		ประกอบด้วย

ตารางผนวกที่ 1 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Database

กลุ่มที่ 3	Clean Network Data	จะเป็นการลบข้อมูล โครงข่ายที่ไม่ได้ใช้งานเป็น
(ต่อ)		เวลานาน หรือไม่ได้นำไปใช้งานรวมกับ
		โครงข่ายอื่น ๆ ออก (ใช้ได้กับฐานข้อมูล JET,
		SQL, MSDE และ Oracle)
	Reclaim Disk Space	ใช้สำหรับการลดขนาดของฐานข้อมูลที่ได้สร้าง
	from Database File	จากแบบจำลองฐานข้อมูล "JET" โดยจะทำการ
		ดึงเนื้อที่ว่างในฐานข้อมูล (ที่ไม่ได้ใช้งาน)
		กลับมาสู่เนื้อที่หน่วยความจำของเครื่อง
		คอมพิวเตอร์ (Hard Disk Space)
กลุ่มที่ 4	New Transportable	ใช้สำหรับการสร้างฐานข้อมูลของการส่งผ่าน
	Database	ข้อมูลจากฐานข้อมูลหลักหนึ่งไปยังฐานข้อมูล
		หลักอื่นๆ หรือใช้ในการย้ายข้อมูลระหว่าง
		เครื่องคอมพิวเตอร์ โดย file ของข้อมูลที่สร้าง
		ขึ้นจะมีนามสกุล (Extension) เป็น .iwt
	New Compact	ใช้งานเช่นเดียวกับคำสั่ง New Transportable
	Transportable Database	Database แต่จะมีการบีบอัด file ที่ได้ให้มีขนาด
		เล็กลง โดยจะ ได้ file ที่มีนามสกุล (Extension)
		เป็น .iwc
	Open Transportable	ใช้สำหรับการเปิดใช้งาน File ของฐานข้อมูลใน
	Database or Archive	รูปแบบต่าง ๆ (.iwm, .iwt และ iwc) ที่มีอยู่ใน
		เครื่องทั้งที่กำลังใช้งานอยู่หรือไม่ได้ใช้งานเพื่อ
		ประโยชน์ในการแลกเปลี่ยน คัคลอก (copy)
		หรือส่งถ่ายข้อมูลกับฐานข้อมูลที่เลือกใช้อยู่ใน
		ปัจจุบัน
กลุ่มที่ 5	New Archive for	ใช้สำหรับการสร้างเอกสารอ้างอิงกับฐานข้อมูล
	Current Master Database	ที่ใช้งานอยู่ โคย file จะมีนามสกุล (Extension)
		เป็น .iwt
	New Compact Archive	ใช้สำหรับการสร้างเอกสารอ้างอิงเหมือนกัน
	for Current Master	โดยบีบอัดให้มี file เล็กลง จะมีนามสกุล
	Database	(Extension) เป็น .iwc

กลุ่มที่ 5	Select Archive for	ใช้เลือกตำแหน่งของเอกสารอ้างอิงกับ
(ต่อ)	current Master Database	ฐานข้อมูลที่ได้สร้างไว้ด้วย 2 คำสั่งข้างต้น
	Open Current Archive	ใช้เปิดเอกสารอ้างอิงกับฐานข้อมูลที่เลือกไว้
	for Current Master	แล้วข้างต้นในรูปแบบต่าง ๆ (.iwt และ iwc)
	Database	
กลุ่มที่ 6	Exit	ใช้สำหรับการออกจากแบบจำลอง IW CS
		Admin

1.2 เมนู Tool เป็นเมนูซึ่งช่วยให้การทำงานกับระบบฐานข้อมูลง่ายขึ้น ซึ่งประกอบด้วย

1.2.1 User Defined Flags ใช้สำหรับการกำหนดแถบสีของข้อมูลเพื่อแสดงแหล่งที่มา ของข้อมูลนั้น โดยรูปแบบของตารางแสดงดังภาพผนวกที่ 2

- 1.2.2 Update Directory Structure
- 1.2.3 Clean Working Directory
- 1.2.4 Options

1.3 เมนู View ประกอบด้วย InfoWorks Explorer ใช้สำหรับการแสดงหน้าต่าง แสดง ตำแหน่งของฐานข้อมูลหลักที่กำหนดอยู่ในปัจจุบัน และผังโครงข่ายที่ประกอบอยู่ในฐานข้อมูล หลักนั้น เพื่อใช้ตรวจสอบข้อมูลที่อยู่ภายใน ดังแสดงในภาพผนวกที่ 3

	Name	Display Colou	0bs	olete	Description
	#A		· [Asset Data
	#D		. [default flag
	#G		·		Data from GeoPlan
	#I		·」		Model Import
	#∨		·] [CSV Import
*			l [

ภาพผนวกที่ 2 หน้าจอแสดงการใช้งานเมนู User Defined Flags



ภาพผนวกที่ 3 หน้าจอแสดงการใช้งานเมนู View

1.4 เมนู Help ประกอบด้วย

 1.4.1 Help Topics จะแสดงคู่มือแสดงการใช้งานแบบจำลอง InfoWorks CS ซึ่ง ประกอบด้วยหัวข้อย่อยต่างๆ แสดงรายละเอียดของแบบจำลองและคำสั่งประกอบอื่นๆ ดังแสดงใน ภาพผนวกที่ 4



ภาพผนวกที่ 4 หน้าจอแสดงเมนู Help Topics

1.4.2 About InfoWorks ภายในแสดงหน้าต่างของข้อมูลประกอบต่าง ๆ ของ แบบจำลอง InfoWorks CS คังแสดงในภาพผนวกที่ 5

~	InfoWorks CS Database Administrator
Cop.	yright ? 1997 - 2003 Wallingford Software Ltd.
InfoWorks i	is a registered trade mark of Wallingford Software Ltd. All rights reserved 1997.
Additional Information:	
Product: Version:	InfoWorks CS Database Administrator
Licence number:	WS02460006PM
Licence name:	WDC Co Ltd
Expiry date:	Wednesday, October 13, 2004
Interface size:	2000
Engine: Options:	2000 Nodes HydroWorks(TM) BTC TS W0
Importers:	STC25 FASTSTC STC26 EXAMINER
	OK Copy to disboard

ภาพผนวกที่ 5 หน้าจอแสดงเมนู About InfoWorks CS

ในกรณีที่ผู้ใช้งานใช้คำสั่ง InfoWorks Explorer จากแถบคำสั่ง View จะเกิดเมนู Edit เพิ่มขึ้นที่แถบเมนูหลัก ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งคัดลอก (Copy) และจัดวางข้อมูล (Paste) รวมทั้งใน เมนู Window จะปรากฏเมนูย่อยเพื่อใช้จัดการกับรูปแบบของหน้าต่างของ InfoWorks Explorer ใน รูปแบบต่าง ๆ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 6

Database Edit Taols View Window Hi	n [o.oo] - [iiiloworks : [master ba	abasej r. wroject wocicity core infoworkic	
		December 1	- C A
A Marker Dat Paste Ctrl+V	Cishal Database	User Description	пуреліпк
	Giubai Dalabase	WDC 01	
BangBak	Network	WDC-01	
	Network	ólini	
	Network	WDC-010-1	
1B	Network	WDC-01[in]	
i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	Network	WDC-010h	
i in 10	Network	WDC-010n1	
🛱 🕅 1F	Network	WDC-01[in]	
i 📅 1F	Network	WDC-01[in]	
- 🚯 pre-Z2	Network	Alini	
💽 🚯 2A	Network	WDC-01[in]	
🗄 🔼 28	Network	WDC-01[in]	
🗄 🔂 2C	Network	WDC-01[In]	
😥 🔂 2D	Network	WDC-01[In]	
💌 🙆 2E	Network	WDC-01[In]	
庄 🔂 2F	Network	WDC-01[in]	
😥 🙆 2G	Network	WDC-01[in]	
😟 🔼 2Н	Network	WDC-01[in]	
😟 👘 Original	Catchment Group	WDC-01	
4			Y

ภาพผนวกที่ 6 หน้าจอหลักแสดงการใช้กำสั่ง Edit บนเมนู InfoWorks Explorer

2. การใช้งานแบบจำลอง InfoWorks CS

แบบจำลอง InfoWorks CS ใช้สำหรับการจัดสร้างโครงข่ายแบบจำลอง ควบคุม และ จัดการส่วนขององค์ประกอบที่อยู่ในแบบจำลองอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบ ตั้งแต่ข้อมูลตั้งต้นไป จนถึงผลลัพธ์สุดท้าย รวมถึงระบบแสดงผลและตรวจสอบความถูกต้องของระบบ การเรียกใช้งาน สามารถเลือกได้จาก Icon ที่ปรากฏบนหน้าต่าง Desktop ของเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเลือกจาก Start/program/InfoWork/InfoWorks CS ดังแสดงในภาพผนวกที่ 7



ภาพผนวกที่ 7 หน้าจอหลักของการใช้งานโปรแกรม InfoWorks CS

โดยหน้าต่างการใช้งานของแบบจำลอง InfoWorks CS ดังรูป ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 5 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 Heading เป็นพื้นที่ส่วนที่อยู่ด้านบนสุดของหน้าต่างปฏิบัติงานของแบบจำลอง InfoWorks CS โดยรายละเอียดในด้านซ้ายมือสุดจะแสดงชื่อและรุ่นของแบบจำลอง และด้านขวา สุดจะแสดง Icon ที่ใช้สำหรับย่อ/ขยาย ซ้อน หรือปิดหน้าต่างการใช้งานของแบบจำลอง

2.2 Menu Bar เป็นแถบคำสั่งที่อยู่ใต้ Heading มีคำสั่งหลักขึ้นอยู่กับการเปิดใช้พื้นที่ใช้งาน แถบคำสั่งในกรณีการเปิดใช้หน้าต่างของ GeoPlan ซึ่งเป็นหน้าต่างการใช้งานหลัก จะประกอบด้วย หมวดกำสั่ง 9 หมวด คือ File, Edit, Network, Selection, Geo, Results, Tools, Window และ Help โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1. เมนู File เป็นเมนูที่แสดงกำสั่งในการบริหารจัดการข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กำสั่งโดยมีรายละเอียดดังตารางผนวกที่ 2

กลุ่มที่ 1	Open Catchment Group	ใช้สำหรับการเปิดหน้าต่างแสดงกลุ่มของ
		Catchment Group ซึ่งบรรจุอยู่ในฐานข้อมูลที่ใช้
		งานปัจจุบัน
	Close Catchment Group	ใช้สำหรับการปิดหน้าต่างของ Catchment Group
		ที่ได้เปิดใช้อยู่ในปัจจุบัน
	Open Database Item	ใช้สำหรับการเปิดหน้าต่างของ Database Item ที่
		ได้เปิดใช้อยู่ในปัจจุบัน
กลุ่มที่ 2	Select Master Database	ใช้สำหรับการเลือกใช้งาน Master Database และ
		Local Root ที่ต้องการจากระบบฐานข้อมูลที่มีอยู่
กลุ่มที่ 3	Print	ใช้ในการสั่งพิมพ์
	Print Preview	ใช้สำหรับการแสดงภาพก่อนพิมพ์
	Print Setup	ใช้สำหรับการกำหนดค่า ขอบเขต และเงื่อนไขใน
		การทำงานของเครื่องพิมพ์

ตารางผนวกที่ 2 คำสั่งที่ใช้ในเมนู File

กลุ่มที่ 3	Page Setup	ใช้สำหรับการกำหนครูปแบบ ขนาด และตั้งค่า
(ต่อ)		ของกระคาษที่ใช้ในการพิมพ์
กลุ่มที่ 4	Exit	ใช้สำหรับการออกจากโปรแกรม InfoWorks CS

2.2.2 เมนู Edit ใช้สำหรับการแก้ไขเปลี่ยนแปลงในรายการต่างๆ ของโครงข่ายของ แบบจำลองโดยแบ่งหมวดกำสั่งออกได้ 6 กลุ่มกำสั่ง โดยมีรายละเอียดดังตารางผนวกที่ 3

ตารางผนวกที่ 3 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Edit

กลุ่มที่ 1	Copy Object (S)	ใช้สำหรับการคัดลอกวัตถุที่ได้เลือกไว้ (วัตถุที่ถูก
		เลือกจะปรากฏเป็นสีแดง) ในโครงข่าย โดย
		สามารถคัดลอกได้ครั้งจะหลายวัตถุ
	Paste Append Object (S)	ใช้สำหรับการวางวัตถุที่ได้ทำการคัดลอกไว้ก่อน
		หน้านี้
กลุ่มที่ 2	Сору	ใช้สำหรับคัคลอก โครงข่ายที่แสดงอยู่ในปัจจุบัน
	Paste	ใช้สำหรับจัดวางโครงข่ายที่ได้คัดลอกไว้ก่อน
		หน้านี้
กลุ่มที่ 3	Rename	ใช้ในการเปลี่ยนชื่อองค์ประกอบที่อยู่ในโครงข่าย
	Delete	ใช้ในการลบวัตถุหรือข้อมูลที่ไม่ต้องการใน
		โครงข่าย
กลุ่มที่ 4	Refresh View	ใช้สำหรับการปรับปรุงหน้าจอการแสดงผล
กลุ่มที่ 5	Copy/Save View	ใช้สำหรับการคัดลอกภาพแสดงบนหน้าต่างการ
		ใช้งานสู่รูปแบบของ Clipboard (WMF), File
		(WMF), Clipboard (BMP) แถะ File (BMP)
กลุ่มที่ 6	Properties	ใช้ในการแสดงคุณลักษณะของโครงข่าย

2.2.3 เมนู Network ใช้สำหรับการจัดการรูปแบบของโครงข่ายในลักษณะต่างๆ โดย แบ่งหมวดคำสั่งออกเป็น 7 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังตารางผนวกที่ 4

ตารางผนวกที่ 4 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Network

กลุ่มที่ 1	Simulation Parameters	
	Water Quality Parameters	
	User Defied Defaults	ใช้สำหรับการกำหนดแถบสีของข้อมูลเพื่อแสดง
		ที่มาของแหล่งข้อมูลนั้น ๆ
กลุ่มที่ 2	Infer Network Data	
	Runoff Surface Wizard	
กลุ่มที่ 3	Validate Network	ใช้สำหรับการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล
		โครงข่ายแบบจำลอง และความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
		ในการสร้างแบบจำลอง
	Next Error	ใช้สำหรับการเลือกวัตถุที่เกิดข้อผิดพลาดในลำดับ
		ต่อไป จากกรณีที่ผู้ใช้ได้เลือกวัตถุที่ผิดพลาดจาก
		หน้าต่างแสดงผล (Output Window)
	Previous Error	ใช้สำหรับการเลือกวัตถุที่ผิดพลาดในลำดับก่อน
		หน้านี้ ในกรณีที่เช่นเคียวกับ Next Error
	List all Hyperlinks	
กลุ่มที่ 4	Results	ใช้สำหรับการจัดการในส่วนของภาพแสดงใน
		โครงข่ายที่ได้ทำการ Simulation แล้ว รายละเอียด
		การทำงานเช่นเดียวกับ Replay Control Toolbar
		ในเมนู Toolbar
	Compare	ใช้สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลของวัตถุที่อยู่ใน
		โครงข่ายที่กำลังแสดงอยู่กับแหล่งกำเนิดของ
		โครงข่ายนี้ รวมทั้งโครงข่ายอื่น ๆ ได้
กลุ่มที่ 6	Overview	แสคงภาพรวมของข้อมูล โครงข่าย
กลุ่มที่ 7	Update From CSV File	ใช้สำหรับการนำเข้าหรือปรับปรุงข้อมูลที่ได้จาก
		File .CSV

2.2.4 เมนู Selection มีรายละเอียดดังแสดงในตารางผนวกที่ 5

	SOL Salast	ใช้ในอารตรวจสอนวัตอในโอรงบ่ายตามเรื่อนไม
ពព័មា	SQL Select	เขานการครางแอบรคถุณ เกราง เกิดการเงอน เบ ที่ได้กำหนดไว้
	Save Select	ใช้สำหรับการบันทึกวัตถุในโครงข่ายที่ได้ทำการ
		เลือกไว้
	Select All Object	ใช้สำหรับการเลือกวัตถุที่มีทั้งหมคใน โครงข่าย
	Clear Selection	ใช้สำหรับการยกเลิกการเลือกวัตถุในโครงข่ายที่
		ได้ทำการเลือกไว้
	Invert Selection	ใช้สำหรับการเลือกวัตถุทั้งหมดที่มีอยู่โครงข่าย
		ยกเว้นวัตถุที่ได้เลือกไว้ในขั้นต้น
	Count Selected Objects	ใช้สำหรับการนับวัตถุทั้งหมดที่ได้ทำการเลือกไว้
	Label Selected Objects	ใช้สำหรับการแสดงป้ายแสดงชื่อของวัตถุ (ID) ที่
		ได้ทำการเลือกไว้บน GeoPlan
กลุ่มที่ 2	Delete All Selected	ใช้สำหรับการลบวัตถุทั้งหมดที่ได้ทำการเลือกไว้
	Objects	
	Geographically Adjust	ใช้สำหรับการแก้ไขตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของ
	Selection	วัตถุที่ได้เลือกไว้
	Adjust Selected Values	ใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของวัตถุที่ได้ทำ
		การเลือกไว้
	Reverse Link	ใช้สำหรับกลับทิศทางของแนวเชื่อมต่อที่ได้ทำ
		การเลือกไว้
	Graph Results	ใช้สร้างกราฟผลการทำงานของแบบจำลองของ
		วัตถุที่ได้เลือกไว้
กลุ่มที่ 3	Select Outfall Links	ใช้สำหรับการเลือกแนวเชื่อมต่อ (link) ที่ต่อกับ
		จุคทิ้งน้ำ (outfall)
	Select Charged	ใช้สำหรับการเลือกวัตถุที่ถูกเลือกไว้ในกรณีต่าง
		ា

ตารางผนวกที่ 5 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Selection

กลุ่มที่ 4	Refine Selection for	ใช้สำหรับการพิจารณากัดเลือกสิ่งที่มี
	Copying	ความสัมพันธ์กับวัตถุที่ได้เลือกไว้ในเงื่อนไขต่าง ที่กำหนด

2.2.5 เมนู Geo เป็นกำสั่งใช้งานในกระบวนการแสดงบนหน้าต่าง Geo View มี รายละเอียดดังแสดงในตารางผนวกที่ 6

ตารางผนวกที่ 6 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Geo

กลุ่มที่ 1	Subcatchment	
กลุ่มที่ 2	Import Polygon	ใช้สำหรับการเพิ่มส่วนประกอบของ Polygon ลง
		ในแบบจำลอง
กลุ่มที่ 3	Rain Gauge Boundary	
	Data	
กลุ่มที่ 4	Open Data Import Center	
กลุ่มที่ 5	Clear All Labels	ใช้สำหรับการลบป้ายแสดงชื่อของวัตถุทั้งหมดที่
		แสดงอยู่บน Geoplan
	Long Label Properties	ใช้สำหรับการกัดเลือกวัตถุต่าง ๆ ตามลักษณะ
		และเงื่อนไขที่กำหนด
กลุ่มที่ 6	Show Locator Window	ใช้สำหรับแสดงหรือซ่อนหน้าต่างแสดงตำแหน่ง
		ของโครงข่ายที่แสดงอยู่บน Geoplan
กลุ่มที่ 7	Set Coordinate System	วิธีสำหรับการจัดระบบของพิกัดในแบบจำลอง

2.2.6 เมนู Result มีรายละเอียคคั่งแสคงในตารางผนวกที่ 7

ตารางผนวกที่ 7 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Result

กลุ่มที่ 1	Graph Reports	ใช้สำหรับการจัดสร้างแผนภาพของผลการ
		Simulation โดยสามารถเลือกดูกราฟเดียวหรือ
		ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงจาก File Calibrate
		ได้
	Export CSV	
	Export Other	
	Grid Report	ใช้สำหรับการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของ
		ตารางแสดงผลเปรียบเทียบในรูปแบบต่าง ๆ
	Statistical Reports UPM	
	River Impact	

2.2.7 เมนู Tools มีรายละเอียดดังแสดงในตารางผนวกที่ 8

ตารางผนวกที่ 8 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Tools

กลุ่มที่ 1	Run ArcView 3.x	ใช้สำหรับการเปิดรูปแบบหน้าต่างของโปรแกรม
		ArcView
	Run ArcMap	
	Run MapInfo	ใช้สำหรับการเปิดรูปแบบหน้าต่างของโปรแกรม
		MapInfo
	Simulation Controller	ใช้สำหรับการเปิดหน้าต่างแสดงการใช้งานในการ
		ควบคุมการ Simulation
	Run InfoWorks RS	ใช้สำหรับการเปิดหน้าต่างรูปแบบการใช้งานของ
		InfoWorks RS
	Run InfoWorks WS	ใช้สำหรับการเปิดหน้าต่างรูปแบบการใช้งานของ
		InfoWorks WS

กลุ่มที่ 2	User Difined Flags	ใช้สำหรับการกำหนดแถบสีของข้อมูลเพื่อแสดง
		ตำแหน่งที่มาของข้อมูลนั้น
กลุ่มที่ 3	Options	ใช้สำหรับการเลือกลักษณะและรูปแบบที่ใช้ใน
		แบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย
	Units	เป็นการกำหนดหน่วยการใช้งานในแบบจำลอง
		โดยมี 3 รูปแบบ คือ Metric, MGD และ Cubic
		Feet
	Graph Trace Colors	ใช้สำหรับการกำหนดสีของกราฟในลำดับต่างๆ
		ที่แสดงในแบบจำลอง
	Database Engine	ใช้สำหรับการเลือกรูปแบบของการทำงานของ
		ฐานข้อมูล
	GeoPlan	ใช้กำหนดรูปแบบของแผนที่ที่ใช้ควบคุมซึ่งมีอยู่
		ในแบบจำลอง
กลุ่มที่ 4	Customise Toolbars	ใช้สำหรับการเลือกกำหนดกลุ่มและลักษณะของ
		Icon ของ Toolbars ที่จะแสดงบนหน้าต่างของ
		InfoWorks- CS และแสดงคำอธิบายแต่ละ
		Toolbars ประกอบอยู่ภายใน
	Reset Dockable Windows	

2.2.8 เมนู Window มีรายละเอียดดังแสดงในตารางผนวกที่ 9

ตารางผนวกที่ 9 คำสั่งที่ใช้ในเมนู Window

กลุ่มที่ 1	New 3D Window	
	New 3D Terrain Window	
	New Long Section	ใช้สำหรับจัดทำรูปตัดตามยาวของทางน้ำ
	Window	
	Grid Views	ใช้สำหรับการแสดงหน้าต่างของตารางข้อมูล ซึ่ง
		ประกอบด้วย Node, Link, Boundary Condition,
		Polygons, Flood Model

กลุ่มที่ 1	InfoWorks Explorer	ใช้สำหรับแสดงหน้าต่างที่แสดงฐานข้อมูลหลักที่
(ต่อ)		กำหนดใช้อยู่ในปัจจุบัน และผังโครงข่าย
		ส่วนประกอบที่อยู่ภายในฐานข้อมูลหลักนั้นเพื่อ
		ใช้ตรวจสอบข้อมูลที่อยู่ภายใน
กลุ่มที่ 2	Model Group Window	ใช้สำหรับการสั่งการเปิด-ปิดหน้าต่างของกลุ่ม
		แบบจำลอง (Model Group Window)
	Output Window	ใช้สำหรับการสั่งการเปิด-ปิดหน้าต่างของผลการ
		Validate ในส่วนต่าง ๆ โดยจะแสดงดังรูปที่ 3.5
	Thematic Key Window	ใช้สำหรับการสั่งการเปิด-ปิดหน้าต่างของ
		สัญลักษณ์ต่าง ๆ
กลุ่มที่ 3	Close All	ใช้สำหรับการปิดหน้าต่างทุกบานที่อยู่ในพื้นที่ใช้
		งาน
	Cascade	ใช้สำหรับการแสดงรูปแบบของหน้าต่างทั้งหมด
		ที่อยู่ในพื้นที่ใช้งานเรียงเป็นชั้นลำดับขั้นโดยยึด
		มุมซ้ายบนเป็นหลัก
	Tile Horizontally	ใช้สำหรับการแสดงรูปแบบของหน้าต่างทั้งหมด
		แสดงเต็มหน้าพื้นที่ใช้งานในแนวราบ เป็นชั้น ๆ
		ต่อเนื่องกันลงมา
	Tile Vertically	ใช้สำหรับการแสดงรูปแบบของหน้าต่างทั้งหมด
		แสดงเต็มหน้าพื้นที่ใช้งานในแนวดิ่ง เป็นชั้น ๆ
		ต่อเนื่องกันลงมา
	Arrange Icons	ใช้สำหรับการจัครูปแบบการจัควางของ Icon
กลุ่มที่ 4	แสดงรายชื่อหน้าต่างทั้งหมดที่	ได้มีอยู่ในพื้นที่ใช้งาน (เลือกใช้ได้ครั้งละ 1
	หน้าต่าง)	

2.3 Toolbars เป็นชุดของแถบเครื่องมือในหน้าต่างหลักของ InfoWorks เพื่อให้ผู้ใช้งาน สามารถเข้าถึงการใช้งานต่าง ๆ ในรูปแบบต่าง ๆ ได้โดยง่าย ซึ่งโดยปกติแล้วดำแหน่งของแถบ เครื่องมือจะอยู่ที่ด้านบนสุดของหน้าต่างการใช้งานในรูปแบบที่ง่าย แต่ก็สามารถใช้งานหรือพบ ตำแหน่งของแถบเครื่องมือได้ในตำแหน่งอื่นได้ (แถบเครื่องมือสามารถถูกแสดงหรือซ่อนเร้น หรือ สร้างรูปแบบการใช้งานใหม่ได้ สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ Customize Toolbars ใน คำสั่ง Help ของโปรแกรม InfoWorks) โดยมีรูปแบบของแถบเครื่องมือดังนี้

2.3.1 File Toolbar บรรจุเมนูการจัดการข้อมูลขั้นพื้นฐาน ดังแสดงในตารางผนวกที่ 10

	Save	ใช้เกี่บรักษาข้อมูล(save data) ซึ่งจะมี Item จำนวนหนึ่งใน
		InfoWorks ซึ่งจำเป็นจะต้องเก็บบันทึกจากผู้ใช้เอง ซึ่งระบบจะ
		สอบถามผู้ใช้เสมอหาก Item นั้นถูกปิดไปโดยที่ยังไม่ได้ทำการ
		เก็บบันทึก(save) ซึ่งเป็นแนวความคิดที่ดีเพื่อรักษาประสิทธิภาพ
		ในการทำงาน โดยเฉพาะเมื่อผู้ใช้กำลังทำการเปลี่ยนแปลง
		เพิ่มเติมที่มากขึ้น
4	Print	ใช้ทำการพิมพ์ในหน้าต่างที่แสดงอยู่ปัจจุบัน
?	About	แสดงหน้าต่างของข้อมูลประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรม
		InfoWorks RS

ตารางผนวกที่ 10 เมนูการจัดการข้อมูลขั้นพื้นฐาน File Toolbar

2.3.2 Edit Toolbar จะบรรจุปุ่มการแก้ไขจัดการขั้นพื้นฐานต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง ผนวกที่ 11

ตารางผนวกที่ 11 ปุ่มการแก้ไขจัดการขั้นพื้นฐาน Edit Toolbar

¥	Cut	คำสั่ง Cut ไม่สามารถใช้งานใน InfoWorks ได้
e b	Сору	ใช้สำหรับการคัคลอกข้อมูลเพื่อใช้ใน clipboard

a	Paste	ใช้สำหรับการวางข้อมูลที่คัคลอกมาจาก clipboard
*	User	รายละเอียดการใช้งานโดยละเอียดดได้ในหัวข้อ Ucor Datinad
	Defined	Flags Dialog Juliji Halp
	Flag Dialog	riags Dialog ដោះជាដ្ឋ <u>ក</u> eip
∕∳	Floo	รายละเอียดการใช้งานโดยละเอียดดูได้ในหัวข้อ Setting a
Flag	гıag	Default Editing Flag ในเมนู <u>H</u> elp
	Select the	ใช้รายการที่แสดงในนี้ เพื่อเลือกค่าซึ่งจะถูกใช้เป็นค่าพื้นฐานที่
	Flag	ใช้ในการแก้ไข
6 ^r	Use Snap	ใช้สำหรับการเปิด-ปิด Snapping Mode ซึ่งจะใช้เมื่อต้องการเพิ่ม
	mode	หรือแก้ไข Polygon หรือ Polyline Object

2.3.3 Window Toolbar สามารถใช้ Window Toolbar ในการแสคงข้อมูลในค้านต่าง ๆ ของ networks โดยมีรูปแบบการใช้งาน ดังแสดงในตารางผนวกที่ 12

ตารางผนวกที่ 12 การใช้งาน Window Toolbar

<u>ا</u>	แสดงรูปหน้าตัดตามยาวของทางน้ำใหล (profile)
1	แสดงรูป 3 มิติของบ่อพักน้ำ (Manhole)
	แสดงตารางข้อมูลของส่วนที่ทำการต่อเชื่อมทั้งหมดของระบบ (Link Grid)
	ใช้แสดงการใช้งาน CCTV
讄	แสดงตารางข้อมูลของ node ทั้งหมดที่มีในระบบ (Node Gird)
諁	แสดงตารางข้อมูลของพื้นที่ระบายน้ำย่อย (Subcatchment) ทั้งหมดที่มีในระบบ
×	ใช้ในการกำหนดการระบายของเสียจากพื้นที่ระบายน้ำย่อย
	แสคงตารางข้อมูลของการ Simulation ของส่วนที่ทำการต่อเชื่อมทั้งหมด
ė.	แสดงตารางของข้อมูลผลการ Simulation ของ node ทั้งหมดในระบบ
25	แสดงตารางของข้อมูลผลการ Simulation ของ Subcatchment ทั้งหมดในระบบ

L.	ใช้แสดงหรือซ่อนหน้าต่างแสดงแบบจำลอง (Model Window)
	ใช้แสดงหรือซ่อนหน้าต่างแสดงสัญลักษณ์ของข้อมูล รวมถึง Flags และ
L e	GeoPlan (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากหัวข้อ Thematic Key Window ในเมนู
	<u>H</u> elp)

2.3.4 Tools Toolbar ในกลุ่มของคำสั่งในหมวดนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในการทำงานบน พื้นที่การใช้งาน (GeoPlan View) เป็นหลัก ดังแสดงในตารางผนวกที่ 13

ตารางผนวกที่ 13 การใช้งาน Tools Toolbar

Ŀ€	ใช้ปุ่มกำสั่งนี้ในการเลือกวัตถุที่อยู่ในโครงข่าย โดยวัตถุที่ถูกเลือกจะ
(Select object)	แสดงเป็นสีที่ต่างไปจากเดิม หากด้องการทำการเลือกมากกว่า 1 วัตถุ ให้
	กดปุ่ม Ctrl ค้างไว้ในขณะเลือก
æ	ใช้ปุ่มกำสั่งนี้ในการเลือกวัตถุเป็นกลุ่มโดยอาศัยการกำหนดพื้นที่ที่
	ต้องการเลือกครอบคลุมกลุ่มวัตถุนั้น ๆ กระทำได้โดยการลากเส้นจากจุด
	สู่จุด และกด double-click ที่จุดสุดท้ายที่บรรจบกันเป็นวงรอบ (Polygon)
	วัตถุที่ถูกเลือกจะอยู่ภายในวงรอบนี้และแสคงเป็นสีที่แตกต่าง
ব্র	ใช้ปุ่มกำสั่งนี้ในการเปิดเครื่องมือในการสืบหาโครงข่าย ซึ่งเมื่อนำไป
	click ที่ node หรือที่ link จะแสดงโครงข่ายที่ต่อเชื่อมกันไปถึงท้ายน้ำ
	โดยสมมติว่ามีการเชื่อมต่อของโครงข่ายกับจุดทิ้งน้ำโดยตรง
ĒŅ	ใช้ปุ่มกำสั่งนี้ในการแสดงรูปตัดตามยาวของทางน้ำไหล โดยการเลือกไป
	ที่ส่วนเชื่อมต่อของระบบ ภาพจะแสดงเป็นรูปหน้าตัดตามยาวในส่วนที่
	เลือกจากขอบเขตที่เป็นส่วนต่อเชื่อม (Link) ที่อยู่ติดกันทั้งหมด แต่ถ้า
	ต้องการเลือกเพียงแค่ส่วนต่อเชื่อมเดี่ยวสามารถกระทำได้ โดย กดปุ่ม Ctrl
	ค้างไว้ในขณะเลือก แต่ถ้าตัวเลือกใคไม่เป็นที่ต้องการก็กคปุ่ม Ctrl ค้างไว้
	แล้วกดเลือกที่วัตถุนั้นอีกหนึ่งครั้ง
ŝ	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการแสดงภาพบ่อพักน้ำในรูปแบบของภาพ 3 มิติ

	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการ simulation ในรูปของ	
	อนุกรมข้อมูลของวัตถุนั้น ๆ นอกจากนั้นยังสามารถแสดงค่าในรูปแบบ	
	ของตารางแสดงผล เมื่อกดปุ่ม Ctrl ค้างไว้ขณะเลือกวัตถุที่ต้องการทราบ	
鬫	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้เพื่อแสดงผลการ Simulation โดยการเลือกวัตถุในโครงข่าย	
	เพื่อแสคงผลลัพธ์ในรูปของอนุกรมเวลาของวัตถุที่เลือกนั้น	
A,	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการแสดงรายละเอียดของวัตถุที่ถูกเลือก รายละเอียดที่	
	แสดงขึ้นจะแสดงเป็นส่วนหนึ่งที่แสดงบนหน้าจอ ถ้าต้องการลบออกก็	
	กระทำซ้ำที่วัตถุอีกครั้งหนึ่ง และสามารถลบป้ายแสดงรายละเอียดทั้งหมด	
	ได้จากคำสั่ง Clear All Labels ในเมนู Geo	
mm	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการแสดงการประมาณก่าระยะ โดยการเถือกกำสั่งและ	
	เริ่มต้นวัดในจุดที่ต้องการ และเลือกแนวของเส้นทางที่ต้องการวัดต่อไป	
	โดยเส้นทางของการวัดจะแสดงเป็นเส้นสีแดง เครื่องหมาย cursor จะ	
	แสดงเป็นตำแหน่งถ่าสุดของระยะที่ต้องการวัด ก่าระยะที่วัดได้จะแสดง	
	ในรูปของ ^{Distance (m) 6404.9 (+1999.6 = 8404.5)} ในตำแหน่งด้านมุมล่าง	
	ซ้ายของจอภาพ โคยระยะที่วัคจะสะสมเพิ่มขึ้นตามจุคที่ผู้ใช้กำหนคต่อไป	
	และสามารถจบการใช้งานได้โดยกด double-click หรือ Esc	
**	ใช้ปุ่นอำสั่งนี้ในการสร้าง แก่ง ใหม่เพิ่มถึ้น (โดยครายอะเอียดเพิ่มเตินได้	
(Create New	รบบุณาแบน เนาารถราย node รทมเพมบน (เตยคู่รายถะเยยคแพมเคม เด จากหัวข้อ Croating Other Node Tymes ใจแมว Helm)	
Node)	ง แทท วงช Creating Other Node Types ในเมนู <u>H</u> eip)	
*	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการสร้างเส้นแนวเชื่อมต่อ โดยควรจะกำหนดจุดเริ่มต้นที่	
(Create New	ด้านเหนือน้ำลงมาบรรจบจุดที่ด้านท้ายน้ำลงมา เส้นแนวเชื่อมต่อนี้	
Link)	สามารถหัก หรืองอได้ ตามสภาพทางน้ำหรือตามต้องการ	
∆	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการสร้างวงรอบหลายเหลี่ยมเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โดย	
(Create New	เล่ เ ส 🥂 ส่จะง่ส้	
Polygon)	cursor จะเปลี่ยนรูปแบบเป็น 🦾 เมอ โชคาสงน	
8 6	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการเคลื่อนย้าย node โคยการกคเลือกไปที่ node ที่	
(Move Node)	ต้องการ node ที่ได้เถือกนั้นจะแสดงเป็นสีที่ต่างไป จากนั้นเถือกกดไปใน	
	ตำแหน่งใหม่ที่ต้องการ	
\gg	ใช้ปุ่มค่ำสั่งนี้ในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของพื้นที่ระบายน้ำย่อยเดิม โดย	
	การเลือกที่พื้นที่ระบายน้ำย่อยที่ต้องการ ซึ่งพื้นที่ระบายน้ำย่อยที่ถกเลือก	

	นั้นจะแสดงสีที่ต่างไป จากนั้นจึงทำการย้ายจุด(มุม) ของพื้นที่ระบาย			
	น้ำย่อยนั้น ๆ สู่ตำแหน่งใหม่ที่ต้องการ			
	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการเกลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลงทางเชื่อมต่อ (Link) เดิม โดย			
	จุดบนแนวเชื่อมต่อที่ถูกเลือกจะแสดงเป็นรูปจัตุรัสสีแดง การเพิ่มจุดบน			
	แนวเชื่อมต่อทำได้ โดยการกดปุ่ม Ctrl ค้างไว้แถ้วกดเถือกตำแหน่งที่			
	ต้องการบนแนวเชื่อมต่อ การลบจุดบนแนวเชื่อมต่อจะกดปุ่ม Alt ค้างไว้			
	แล้วเลือกจุดที่ต้องการลบทิ้ง			
₽Ę.	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้เพื่อแสดง link ที่มีความลาดชันและขนาดเท่ากันที่อยู่			
	ต่อเนื่องกันกับ link ที่เลือก			
1	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการเคลื่อนมุมภาพของจอภาพ โดยการเลือกคำสั่งนี้แล้ว			
(Pan)	กคเมาท์ก้างเพื่อย้ายมุมภาพที่ต้องการ กำสั่งนี้สามารถใช้การกคปุ่ม F8			
	แทนได้			
€	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการปรับรูปแบบภาพให้อยู่ในมุมที่ใกล้ขึ้น โดยการเลือก			
(Zoom in)	คำสั่งแล้วกดเมาท์ในตำแหน่งที่ต้องการขยายภาพ หรือ สร้างกล่อง			
	สี่เหลี่ยมล้อมรอบบริเวณที่ต้องการขยายภาพ			
Θ	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการปรับรูปแบบภาพให้อยู่ในมุมที่ไกลขึ้น โดยการเลือก			
(Zoom out)	คำสั่งแล้วกดเมาท์ในตำแหน่งที่ต้องการย่อขนาดของภาพ			
6	ใช้ปุ่มคำสั่งนี้ในการแสดงรายละเอียดของวัตถุที่อยู่ในโครงข่าย โดยการ			
	เลือกคำสั่งนี้แล้วเลือกกคที่วัตถุที่สนใจ ข้อมูลรายละเอียคจะแสคงออกมา			
	ในรูปของกุณสมบัติ และชนิดของวัตถุชิ้นนั้น และเมื่อกดปุ่ม Ctrl ค้างไว้			
	ขณะเลือกวัตถุ ก็จะแสดงเป็นตารางแสดงรายการชนิดเดียวกันกับวัตถุที่			
	เลือกไว้ทั้งหมด			

2.3.5 Replay Control Toolbar ในกลุ่มของกำสั่งในหมวดนี้จะใช้ในการแสดง ภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากผลการ Simulation การจัดการในส่วนของภาพแสดงส่วนที่ได้ทำการ simulation แล้ว (โดยรายละเอียดสามารถดูได้ในหัวข้อ Viewing Replays of Simulation ในเมนู Help ในหมวดของ Result) โดยมีรูปแบบของกำสั่ง ดังแสดงในตารางผนวกที่ 14 ตารางผนวกที่ 14 การใช้งาน Replay Control Toolbar

4	ใช้สำหรับการก้าวกระ โคคไปสู่จุดเริ่มต้นของการจำลอง	
٩	ใช้สำหรับแสดงการย้อนหลังเป็นช่วง ๆ ของการจำลอง	
11	ใช้สำหรับหยุดแสดงผลการจำลองชั่วคราว	
⊫	ใช้สำหรับแสดงการเดินหน้าเป็นช่วง ๆ ของการจำลอง	
(Play)	ใช้สำหรับแสดงผลการจำลอง ตามลำดับเวลา	
¢	ใช้สำหรับแสดงผลการจำลองต่อเนื่องในรอบต่อไปซ้ำเดิม	
₩	ใช้สำหรับการก้าวกระ โคคไปสู่จุคสิ้นสุคของการจำลอง	
A	ใช้สำหรับการเลือกผลการจำลองในเวลาที่เจาะจง	
1	ใช้สำหรับแสดงผลของค่าสูงสุด-ต่ำสุดสำหรับแต่ละ node และ link	
۲	ใช้สำหรับถบถ้างผลการจำลองที่กำลังแสดงอยู่	

2.3.6 Operations Toolbar ในกลุ่มของคำสั่งในหมวคนี้จะเป็นการจัคการรูปแบบต่าง ๆ ของวัตถุที่อยู่ในโครงข่าย ดังแสดงในตารางผนวกที่ 15

ตารางผนวกที่ 15 การใช้งาน Replay Control Toolbar

A	ใช้สำหรับการกลับค้านของแนวต่อเชื่อมในทันที โคยการเลือกแนว ต่อเชื่อมที่ต้องการแล้วจึงเลือกคำสั่ง
<u>sai</u>	ใช้สำหรับการตรวจสอบวัตถุต่าง ๆที่อยู่ในโครงข่ายตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยจะแสดงตารางการใช้งานขึ้นมาเมื่อใช้กำสั่งนี้ (รายละเอียดการใช้งาน ดูได้จากหัวข้อ SQL Queries และ SQL Dialog ในเมนู <u>H</u> elp)
	ใช้สำหรับการจัดเรียงรายการวัตถุที่ได้เลือกไว้ทั้งหมดใน grid view สู่ด้าน บนสุดของตารางแสดงรายการ

	ใช้สำหรับการแสดงกราฟของวัตถุที่ได้ทำการเลือกไว้ โดยสามารถแสดง	
	กราฟหรือตัวแปรของวัตถุที่ได้เลือกไว้หลายตัวแปร (รายละเอียคเพิ่มเติม	
	ของการใช้งานดูได้จากหัวข้อ Graph Selection Dialog ในเมนู <u>H</u> elp)	
Υ.	ใช้สำหรับเลือกวัตถุทั้งหมดที่มีอยู่ใน network	
×	ใช้สำหรับการยกเลิกการเลือกวัตถุทั้งหมดที่มีอยู่ใน network	
≻	ใช้สำหรับการเลือกวัตถุทั้งหมดที่มีอยู่ใน network โดยยกเว้นวัตถุที่ได้ทำ	
	การเลือกไว้เดิม	
sa ka	ใช้สำหรับการค้นหาวัตถุที่ต้องการโดยการพิมพ์ชื่อที่ต้องการ โดยตาราง	
	การใช้งานจะ ปรากฏขึ้นหลังจากใช้คำสั่ง	
×	ใช้สำหรับการค้นหาในระบบพิกัด XY และสามารถทำการ Zoom In,	
	Zoom Out ได้ด้วยคำสั่งนี้โดยตารางการใช้งานจะปรากฎขึ้นหลังจากใช้	
	คำสั่ง	

2.3.7 3d View Toolbar เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเคลื่อนมุมมองของภาพบ่อพักน้ำใน ลักษณะ 3 มิติ ซึ่งจะใช้ได้เมื่อแสดงภาพของบ่อพักน้ำในรูปแบบของ 3 มิติ ดังแสดงในตารางผนวก ที่ 16

ตารางผนวกที่ 16 การใช้งาน Replay Control Toolbar

G	ใช้ในการหมุนภาพบ่อพักน้ำขึ้น
C	ใช้ในการหมุนภาพบ่อพักน้ำลง
ඡ	ใช้ในการหมุนภาพบ่อพักน้ำไปทางซ้าย
ø	ใช้ในการหมุนภาพบ่อพักน้ำไปทางขวา
	เคลื่อนมุมมองของภาพเข้าหาบ่อพักน้ำ
♦	เคลื่อนมุมมองของภาพออกจากบ่อพักน้ำ
Ŷ	เคลื่อนมุมมองของภาพบ่อพักน้ำขึ้น

2.3.8 Model Group Window เป็นส่วนของหน้าต่างที่ใช้แสดงองค์ประกอบและกลุ่ม ข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่ใน Model Group ที่เลือกใช้งาน (Tree structure) แบบต้นไม้ ประกอบด้วยกลุ่ม ของข้อมูลหลัก 11 กลุ่มด้วยกัน คือ Model Group, Network, Event, Logical Control, Ground Model Group, Calibration Data Group, Exceedence Data Group, Run Group, Selection List Group, Stored Query Group และTheme Group โดยการเลือกใช้งานองค์ประกอบเหล่านี้ทำได้โดย การเลือกองค์ประกอบที่ต้องการแล้วลาก (drag) ไปแสดงการใช้งานบนพื้นที่ใช้งาน (Working Space) ซึ่งจะเกิดเป็นหน้าต่างข้อมูลขององค์ประกอบนั้นๆ รายละเอียดและการจัดการองค์ประกอบ ต่างๆ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 17

สัญลักษณ์	ชนิดของข้อมูล	รายละเอียด
	Model group	 เปรียบเสมือน Directory ที่บรรจุข้อมูลทุก ประเภทของแบบจำลองที่ดำเนินการจัดทำ เป็นส่วนที่สูงสุดของระบบ ประกอบไปด้วย ข้อมูลของโครงข่าย, เหตุการณ์, กฎทาง ตรรกศาสตร์ และข้อมูลอื่น ๆ
		 Model group หนึ่งสามารถไปวางซ้อนอยู่ใน Model group อื่นได้ Item ในรูปแบบที่ใช้ควบคุม และชนิดของ group อื่น ๆ ต้องบรรจุอยู่ใน Model group ทั้งหมด
S	network	เป็นข้อมูลโครงสร้างทางกายภาพของโครงข่าย ทางน้ำ รวมถึงโครงสร้างของอาคารชลศาสตร์ และการควบคุมอย่างง่าย
	Event Data	จะถูกจัดแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้ - เงื่อนไขขอบ (Boundary Conditions) - เงื่อนไขตั้งต้น (Initial Conditions) - ข้อมูลที่ใช้ควบคุม (Control Data)

ตารางผนวกที่ 17 การใช้งาน Model Group Window

e	Logical Control	บรรจุเงื่อนไขที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ
	Data	อาการโกรงสร้างทางด้าน hydraulic ประกอบด้วย
		- Abstraction
		- Sluices
		- Pump
		- Gated Weir
	Run group	ประกอบด้วยส่วนปฏิบัติการของแบบจำลองใน
		การ simulation
		- 🔞 แสดงถึงการ Run ที่ใช้ Check in network
		แสดงเป็นไอคอนที่เป็นชั้นๆ สีขาว
		- 🔞 แสดงถึงการ Run ที่ใช้ Check out network
		จะมีแถบสีแคงคาคเป็นกรอบรอบ icon
		ผลของการ Run จะต่างกันตาม icon ที่แสดง
		ดังต่อไปนี้
		- 🖻 การ simulation เสร็จสมบูรณ์ (สีเขียว)
		- 🖻 การ simulation เสร็จสิ้นเพียงบางส่วน (สี
		เหลือง)
		- 🕒 การ simulation เกิดความล้มเหลว (สีแดง)
		สามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมในความหมายของแต่ละ
		icon ได้ที่ Simulation Icon and Engine Exit Codes
		ใน <u>H</u> elp
	Ground Model	ประกอบด้วยโครงข่ายแบบจำลองของพื้นผิวใน
_		รูปแบบของสามเหลี่ยมที่ไม่สม่ำเสมอ (TIN) ซึ่ง
		สามารถทำให้เกิดเป็นข้อมูลของระดับและใช้เป็น
		ข้อมูลในแบบจำลองและใช้เป็นข้อมูลพื้นที่น้ำ
		ท่วมในระหว่างการ simulation โดย Ground
		model นี้สามารถนำเข้ามาได้จากแหล่งข้อมูล
		ภายนอกอื่นๆ เช่น GIS
E	Calibration Data	เป็นข้อมูลที่ได้จากการบันทึกไว้เพื่อใช้เป็นข้อมูล
---	----------------------	---
		เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งจากการ
		ปรับเทียบนี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถประเมินได้ถึง
		ระดับของความถูกต้องของแบบจำลอง
	Exceedence Data	สามารถใช้เพื่อเตรียมรายละเอียคของผลลัพธ์และ
		ข้อมูลทางสถิติของตัวแปรเดี่ยวของผลลัพธ์เพื่อใช้
		เป็นประ โยชน์ในการประเมินความเสียหายของ
		เหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจากทางเลือกต่าง ๆ
	Theme Group	Theme group จะเก็บภาพการใช้งานบน GeoPlan
		View เพื่อเรียกใช้ในอนาคต
Ē	Label List Group	เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการแสดงป้ายข้อมูลใน
		GeoPlan View เพื่อเรียกใช้งานในอนาคต
8	Stored query group	ใช้บรรจุเงื่อนใขในการตรวจสอบวัตถุในโครงข่าย
		ในรูปแบบต่าง ๆ ศึกษารายละเอียดเพิ่มได้จาก
		หัวข้อ SQL Quries ในเมนู Help
	Selection list group	ใช้บรรจุรายการของวัตถุที่อยู่ใน โครงข่ายที่ได้ถูก
		เลือกสำหรับการอ้างถึงในครั้งต่อไป ศึกษา
		รายละเอียคเพิ่มได้จากหัวข้อ Selection Lists ใน
		เมนู Help

2.3.9 Working Space (พื้นที่ใช้งาน) เป็นพื้นที่สำหรับใช้แสดงหน้าต่างการใช้งานใน รูปแบบต่าง ๆ ของแบบจำลองเพื่อการจัดสร้าง แก้ไขข้อมูล และแสดงองก์ประกอบของแบบจำลอง โดยพื้นที่ใช้งานนี้สามารถบรรจุหน้าต่างการใช้งานได้หลายหน้าต่าง รูปแบบการใช้งานและกำสั่ง การจัดการหน้าต่างการทำงานบนพื้นที่ใช้งาน (Working Space) ดังแสดงในภาพผนวกที่ 8



ภาพผนวกที่ 8 หน้าจอแสดงการทำงานบนพื้นที่ใช้งาน (Working Space) ของ แบบจำลอง InfoWorks CS

ประวัติการศึกษา

ชื่อ –นามสกุล วัน เคือน ปี ที่เกิด สถานที่เกิด ประวัติการศึกษา น.ส. ภัทรสุดา โพธิ์ศรี 12 พฤษภาคม 2525 อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น วศ.บ. (ทรัพยากรน้ำ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์