การศึกษาความสามารถในการระบายน้ำของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ด้วยโปรแกรม EPASWMM 5

A STUDY OF DRAINAGE ABILITY IN EDUCATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT AND DEMONSTRATION INSTITUTE AND ONGKHARAK DEMONSTRATION SCHOOL BY EPASWMM5

นายปฏิพัทธ์ ประชันกลาง

นายศิรวิทย์ ศรีกอก

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาความสามารถในการระบายน้ำของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ด้วยโปรแกรม EPASWMM 5

A STUDY OF DRAINAGE ABILITY IN EDUCATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT AND DEMONSTRATION INSTITUTE AND ONGKHARAK DEMONSTRATION SCHOOL BY EPASWMM5

นายปฏิพัทธ์ ประชันกลาง
นายศิรวิทย์ ศรีกอก

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาความสามารถในการระบายน้ำของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ด้วยโปรแกรม EPASWMM 5 ปีการศึกษา 2559

โดย

นายปฏิพัทธ์ ประชันกลาง

นายศิรวิทย์ ศรีกอก

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ สายหยุดทอง

บทคัดย่อ

การศึกษาความสามารถในการระบายน้ำของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ด้วยโปรแกรม EPASWMM 5 จากการศึกษาท่อระบายน้ำ ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ และประยุกต์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฟรีแวร์ EPASWMM 5 นำมาใช้ในการประเมินความสามารถในการระบายน้ำที่มีอยู่เดิมของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ฝ่ายประถม และที่กำลังสร้างระบบระบายน้ำใหม่ของสถาบันฯ ฝ่ายมัธยม

หลังจากป้อนรายละเอียดของท่อระบายน้ำที่ทำการสำรวจมาและข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เลือกพิจารณา ผลจากการประมวลผลจากโปรแกรม อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุดในปี พ.ศ. 2559 คือ วันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2559 ซึ่งนำข้อมูลมาจากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ และการเกษตร โดยวัดจากสถานีวัดน้ำฝนบ้านศรีจุฬา พบว่าปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้น ไม่ทำให้เกิดการท่วมขังของน้ำบริเวณบนท่อระบายน้ำ อาจมีการท่วมขังบริเวณบนถนน เนื่องจากมีบางพื้นที่ของถนนอยู่ต่ำกว่าระดับท่อระบายน้ำ แต่การจะเกิดน้ำท่วมขังบริเวณท่อระบายน้ำได้ ต้องเกิดฝนตกปริมาณประมาณ 30 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ติดต่อกันถึง 3 ชั่วโมง ซึ่งมีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดเช่นนั้น แสดงให้เห็นว่าสถาบันฯ มีความสามารถในการระบายน้ำได้ดี เนื่องจากมีบ่อพักน้ำขนาดใหญ่ทั้งบริเวณหน้า และหลังสถาบันฯ สามารถระบายน้ำไปยังคลองรังสิตประยูร-ศักดิ์ได้ เมื่อระดับน้ำในสถาบันฯ เริ่มสูงขึ้น

คำสำคัญ: ความสามารถในการระบายน้ำ ปริมาณน้ำฝนรายวันสูงสุด

A STUDY OF DRAINAGE ABILITY IN EDUCATIONAL RESEARCH DEVELOPMENT AND DEMONSTRATION INSTITUTE AND ONGKHARAK DEMONSTRATION SCHOOL BY EPASWMM5

Academic Year 2016

By

Mr. Patipath Prachanklang

Mr. Siraiwit Srikok

Advisor

Assoc. Prof. Chanwit Saiyudthong

Abstract

A study of drainage ability in Educational Research Development and Demonstration Institute and Ongkharak Demonstration School by EPASWMM 5. This study was a survey research and applied a freeware computer program named EPASWMM 5 for evaluating the ability of the drainage in the demonstration school.

After the survey data were inputted in the program, including the highest daily rainfall intensity in the 22 June 2016 from Ban Sri Chula Station, the result showed that the highest rainfall intensity did not cause any flood by the drainage system. But it might have inundation on some roads due to such an area was below the manhole grating. Nevertheless, if the scenario of flooding had happened, the intensity of the rainfall would have been 30 mm/hr for 3 hours. This occasion is very rare to happen.

Keywords: Drainage ability, The highest daily rainfall intensity

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ สายหยุดทอง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่างๆ ระหว่างจัดทำโครงงานนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและพนักงานทุกคนของบริษัทตัวอย่าง ที่ทางคณะผู้จัดทำได้เข้าไปศึกษาวิจัยที่ท่านได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ให้กับคณะผู้จัดทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใด ๆ จากโครงงานวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ทฤษฎีเรชั่นแนล	2
2.1.1 การไหลทางน้ำเปิด	3
2.2 การวัดปริมาณน้ำฝน	7
2.2.1 ประเภทเครื่องวัดน้ำฝน	7
2.3 เกี่ยวกับโปรแกรม SWMM	8
2.3.1 ปริมาณน้ำท่า	9
2.3.2 ปริมาณน้ำซึมลงใต้ดิน	10
2.3.3 ปริมาณน้ำใต้ดิน	10
2.3.4 ปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ	10
2.4 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	11
2.4.1 กระบวนการทางอุทกวิทยา	11
2.4.2 ความสามารถในการจำลองแบบไฮดรอลิก	11
2.4.3 ความสามารถประมาณปริมาณการผลิตของสารก่อมลพิษ	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 การใช้งาน SWMM โดยทั่วไป	12
2.6 ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเบื้องต้น	13
2.6.1 ตัวอย่างพื้นที่การศึกษา	13
2.6.2 การตั้งค่าโครงการ	13
2.6.3 การตั้งค่าตัวเลือกการแสดงผลแผนที่	15
2.6.4 การวาดวัตถุ	16
2.6.5 การตั้งค่าคุณสมบัติของอ็อบเจ็กต์	18
2.6.6 การจำลองสถานการณ์	23
2.6.7 การจำลองคุณภาพน้ำ	32
2.6.8 การจำลองแบบต่อเนื่อง	38
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	42
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	42
3.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	42
3.2.1 การจัดเก็บข้อมูล	42
3.2.2 รวบรวมข้อมูล	42
3.2.3 นำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม EPASWMM 5	42
3.2.4 ประมวลผล	43
3.2.5 วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง	45
3.3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ	45
3.4 ระยะเวลา	46
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	47
4.1 แนวท่อโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์	47
4.1.1 บริเวณฝ่ายประถม	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 บริเวณฝ่ายมัธยม	51
4.2 รายละเอียดของท่อระบายน้ำ	55
4.2.1 ฝ่ายประถม	55
4.2.2 ฝ่ายมัธยม	57
4.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน	60
4.3.1 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2554	60
4.3.2 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2556	61
4.3.3 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2559	62
4.3.4 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้ง 3 ปี	62
4.4 ผลจากการจำลองสถานะ	63
4.5 ผลการสำรวจพื้นที่หลังฝนตก	68
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผล	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิง	74
ภาคผนวก ก	76
ภาคผนวก ข	80
ภาคผนวก ค	83
ประวัติย่อผู้ทำโครงการ	112

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n)	4
2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามผิวดิน	5
2.3 ค่าคงที่ (C) สำหรับสูตรของ Hazen – Williams	6
2.4 ข้อมูลของ Subcatchments	14
2.5 ข้อมูลของ Nodes / Links page	15
2.6 ตัวอย่างการใส่ค่าใน Node	21
2.7 ตัวอย่างการใส่ค่าใน Gage	21
3.1 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี	44
3.2 จำลองปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงใน 3 ชั่วโมงของพื้นที่สถาบันฯ	44
4.1 ค่าระดับท้องท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม	55
4.2 ค่าความยาวท่อและขนาดของแต่ละท่อในพื้นที่ฝ่ายประถม	56
4.3 ค่าระดับท้องท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยม	57
4.4 ค่าความยาวท่อและขนาดของแต่ละท่อในพื้นที่ฝ่ายมัธยม	58
4.5 จำลองปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงใน 3 ชั่วโมงในพื้นที่รร.สาธิตฝ่ายประถม	68

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 พื้นที่รับน้ำฝน	2
2.2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบแก้วตวง	8
2.3 เครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ	8
2.4 ตัวอย่างแบบจำลองของพื้นที่	9
2.5 หลักการคำนวณปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง EPASWMM 5	10
2.6 ตัวอย่างพื้นที่การศึกษา	13
2.7 การติดฉลากรหัสเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างการสอน	14
2.8 กรอบโต้ตอบตัวเลือกแผนที่	16
2.9 ซับเซตย่อยและโหนดสำหรับพื้นที่ศึกษาตัวอย่าง	17
2.10 หน้าต่างตัวแก้ไขคุณสมบัติ	19
2.11 กล่องโต้ตอบตัวแก้ไขกลุ่ม	20
2.12 ตัวแก้ไขชุดเวลา	22
2.13 ตัวแก้ไขชื่อเรื่อง/หมายเหตุ	23
2.14 กรอบโต้ตอบตัวเลือกการจำลอง	24
2.15 ส่วนของรายงานสถานะ	25
2.16 ตารางสรุปภาวะน้ำท่วมโหนด	26
2.17 ตารางสรุปภาวะน้ำท่วมโหนด	26
2.18 การดูผลลัพธ์ที่มีสีในแผนที่พื้นที่สำหรับศึกษา	27
2.19 กรอบโต้ตอบการวางแผนเวลา	28
2.20 แผนผังลำดับของกระแสลิงค์	29
2.21 กรอบข้อความโปรไฟล์	30
2.22 พล็อตโปรไฟล์ตัวอย่าง	30
2.23 ตัวเลือกการจำลองคลื่นแบบไดนามิก	32
2.24 กล่องโต้ตอบตัวแก้ไขมลพิษ	34
2.25 กรอบโต้ตอบตัวแก้ไขการใช้ที่ดิน	34
2.26 การกำหนดฟังก์ชัน TSS Buildup	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 กรอบโต้ตอบการใช้ที่ดิน	36
2.28 TSS จากข้อมูลย่อยที่เลือก	38
2.29 โต้ตอบการเลือกสถิติ	39
2.30 รายงานสถิติตัวอย่าง	40
3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ	45
4.1 แนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายประถม	48
4.2 ส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายประถม	49
4.3 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 1	50
4.4 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 2	50
4.5 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 3	50
4.6 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 4	51
4.7 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 5	51
4.8 แนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายมัธยม	52
4.9 แสดงภาพรวมของส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายมัธยม	53
4.10 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยม ส่วนขยายที่ 1	54
4.11 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยม ส่วนขยายที่ 2	54
4.12 ค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2554	60
4.13 ค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2556	61
4.14 ค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2559	62
4.15 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนทั้ง 3 ปี	63
4.16 จุด conduit ที่ 156	63
4.17 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ กรณี 10	64
4.18 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 11 กับ กรณี 12	64
4.19 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ กรณี 11	65
4.20 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 10 กับ กรณี 12	65
4.21 กราฟเปรียบเทียบรวมทั้ง 4 กรณี	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.22 MH ที่ 11 66

4.23 รูปตัดด้านข้างแนวท่อระบายน้ำ 67

4.24 จุด conduit ที่ 184 67

4.25 บริเวณที่เกิดน้ำท่วมขังบนถนน 68

4.26 บริเวณบ่อพักน้ำบริเวณหน้าสถาบันฯ ฝ่ายมัธยม 69

4.27 บริเวณที่เกิดน้ำท่วมขังบนถนน 69

4.28 บริเวณที่เกิดน้ำท่วมขังบนถนน 70

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันทางสถาบันฯ มีการก่อสร้างอาคารเรียนใหม่ และขยายพื้นที่จากเดิม พร้อมทั้งมีระบบระบายน้ำฝนที่เป็นการรวบรวมน้ำอันเกิดจากน้ำทิ้งจากอาคารรวมทั้งน้ำฝน ลงสู่ลำน้ำสารธารณะ ดังนั้น ระบบระบายที่มีอยู่ และระบบระบายน้ำที่จะกำลังสร้างใหม่ จึงมีความสำคัญที่ต้องศึกษาความสามารถในการระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วม และถูกต้องตามหลักวิชาทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ ให้พร้อมและรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ที่มีความผันผวนมากในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อสร้างแบบจำลองระบบระบายน้ำฝนสำหรับสถาบันฯ ด้วยโปรแกรม EPASWMM 5

2.เพื่อศึกษาความสามารถในการระบายน้ำของสถาบันวิจัยพัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

3.เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะสภาพพื้นที่เสี่ยงภัยที่จะเกิดปัญหาน้ำท่วมขัง นำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างถาวร

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาระบบระบายน้ำฝนของพื้นที่สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

2. ศึกษาแนวทางในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPASWMM 5 ในการจัดการระบบระบายน้ำฝน

3. ศึกษารูปแบบการจัดการระบบระบายน้ำพื้นที่สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ โดยใชวิธีการสำรวจตรวจสอบสภาพพื้นที่ภูมิศาสตร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อการวางแผนและออกแบบระบบระบายน้ำเพื่อให้สอดคล้องกับระบบท่อเดิม

2. ระบบการระบายน้ำสามารถทำได้รวดเร็วลดระยะเวลาน้ำท่วมขังทั้งในสภาวะฝนตก

3. เป็นแหล่งข้อมูลและวิธีการดำเนินการที่ชัดเจน สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีวิธีเรชั่นแนล (Rational Method)

เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่รับน้ำฝน และอยู่บนพื้นฐานความเท่ากันระหว่างความน่าจะเป็นของการเกิดน้ำท่ากับฝน โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนเฉลี่ย พื้นที่รับน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (C) ซึ่งแตกต่างกันไปตามสภาพของพื้นที่ดังสมการ

ระบบอังกฤษ $$Q = CIA \quad (2.1)$$

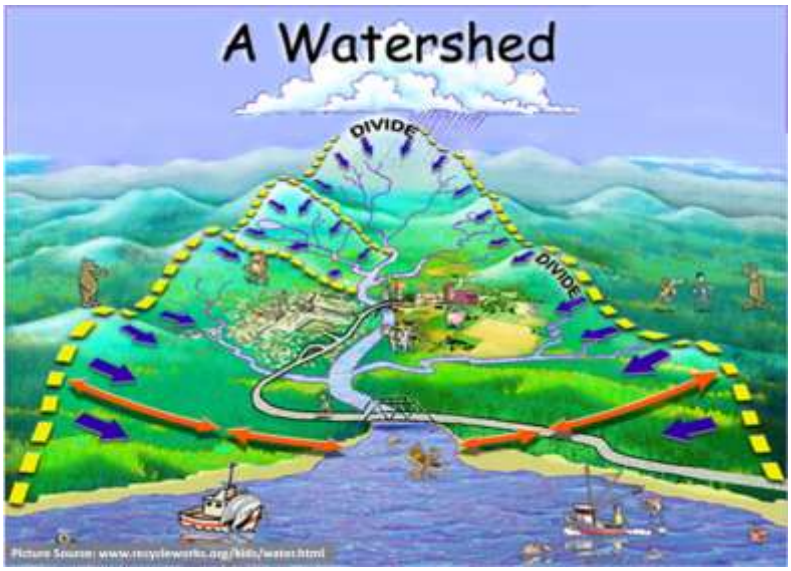
ระบบ SI $$Q = 0.278CIA \quad (2.2)$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่ใช้ออกแบบ $(^{m^3}/_{s})$

C = สัมประสิทธิ์การไหลนอง (Runoff Coefficients: C)

I = ความเข้มฝนเฉลี่ยที่ตกในพื้นที่รับน้ำ $(^{mm.}/_{hr})$

A = พื้นที่รับน้ำ (m^2)



รูปที่ 2.1 พื้นที่รับน้ำฝน

ที่มา: The Blackstone River Watershed Association

2.1.1 การไหลทางน้ำเปิด (Open channel flow)

2.1.1.1 อัตราการไหลข้ามฝาย รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular weir)

$$Q = C\frac{2}{3}b\sqrt{2g}\,H^{\frac{3}{2}} \tag{2.3}$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่ใช้ออกแบบ $(\mathrm{m}^3/\mathrm{s})$

C = สัมประสิทธิ์การไหลนอง (Runoff Coefficients : C)

I = ความเข้มฝนเฉลี่ยที่ตกในพื้นที่รับน้ำ $(\mathrm{mm.}/\mathrm{hr})$

A = พื้นที่รับน้ำ (m^2)

H = ความสูงทั้งหมดของน้ำเหนือสันฝาย (m)

2.1.1.2 สมการแมนนิ่ง (Manning equation)

การไหลสม่ำเสมอ (Uniform flow) หรือการไหลปกติ (Normal flow) คือ การไหลในทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดคงที่ตลอดแนวการไหล โดยมีความลึกเท่ากันในช่วงการไหลที่พิจารณาโดยค่าความเร็วของการไหลชนิดนี้ สามารถหาค่าได้จากสมการของแมนนิ่ง ดังนี้

$$Q = \frac{1}{n}AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}} \tag{2.4}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลในท่อ $(\mathrm{m}^3/\mathrm{s})$

A = พื้นที่หน้าตัดการไหล (m^2)

R = รัศมีชลศาสตร์ของหน้าตัดการไหล (m)

S = ความชันของท้องท่อระบายน้ำ

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (Manning's Roughness Coefficien)

$$V = \frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2} \tag{2.5}$$

เมื่อ V = ความเร็วการไหลในท่อ (m/s)

R = รัศมีชลศาสตร์ของหน้าตัดการไหล (m)

S = ความชันของท้องท่อระบายน้ำ

ตารางที่ 2.1 คาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n) Manning's Roughness Coefficient (n)

Conduit Material	**Manning Roughness Coefficient (n)**
Asbestos-cement pipe	0.011 - 0.015
Brick	0.013 - 0.017
Cast iron pipe	
Cement-lined & seal coated	0.011 - 0.015
Concrete (monolithic)	
Smooth forms	0.012 - 0.014
Rough forms	0.015 - 0.017
Concrete pipe	0.011 - 0.015
Corrugated-metal pipe (1/2-in. x 2-2/3-in. corrugations)	
Plain	0.022 - 0.026
Paved invert	0.018 - 0.022
Spun asphalt lined	0.011 - 0.015
Plastic pipe (smooth)	0.011 - 0.015
Vitrified clay	
Pipes	0.011 - 0.015
Liner plates	0.013 - 0.017

ที่มา : ASCE (1982). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามผิวดิน Manning's Overland Coefficients (n)

Surface	Manning's Overland Coefficients (n)
Smooth asphalt	0.011
Smooth concrete	0.012
Ordinary concrete lining	0.013
Good wood	0.014
Brick with cement mortar	0.014
Vitrified clay	0.015
Cast iron	0.015
Corrugated metal pipes	0.024
Cement rubble surface	0.024
Fallow soils (no residue)	0.05
Cultivated soils	
Residue cover < 20%	0.06
Residue cover > 20%	0.17
Range (natural)	0.13
Grass	
Short, prairie	0.15
Dense	0.24
Bermuda grass	0.41

ที่มา : McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration,

Washington, DC

2.1.1.3 สมการของ **Hazen-Williams** ซึ่งมีสูตรคำนวณมีดังนี้

$$V = 0.82CR^{0.63}\,S^{0.54} \tag{2.6}$$

V = ความเร็วของการไหลในท่อ $(^{\mathrm{m}}/_{s})$

C = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวภายในท่อ

R = รัศมีไฮดรอลิค (m)

S = การเสียเฮดเนื่องจากความฝืดต่อหนึ่งหน่วยความยาว

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าคงที่ (C) สำหรับสูตรของ Hazen – Williams

Material	Hazen-Williams Coefficient (c)
Cement lining	130 - 140
Concrete	100 - 140
Concrete lined, steel forms	140
Concrete lined, wooden forms	120
Concrete, old	100 - 110
Copper	130 - 140
Corrugated Metal	60
Ductile Iron Pipe (DIP)	140
Ductile Iron, cement lined	120
Fiber	140
Fiber Glass Pipe - FRP	150
Galvanized iron	120
Glass	130
Lead	130 - 140
Metal Pipes - Very to extremely smooth	130 - 140
Plastic	130 - 150
Polyethylene, PE, PEH	140
Polyvinyl chloride, PVC, CPVC	150
Smooth Pipes	140
Steel new unlined	140 - 150
Steel, corrugated	60
Tin	130
Vitrified Clay	110
Wrought iron, plain	100
Wooden or Masonry Pipe - Smooth	120
Wood Stave	110 - 120

ที่มา: http://www.engineeringtoolbox.com/hazen-williams-coefficientd_798.html

2.2 การวัดปริมาณน้ำฝน

ในการรายงานปริมาณน้ำฝนนั้น จะรายงานว่าฝนตกเล็กน้อย ฝนตกปานกลางฝนตกหนัก หรือฝนตกหนักมาก แต่การที่จะตั้งเกณฑ์สากลที่เรียกว่าฝนตกเล็กน้อยหรือตกปานกลางเป็นจำนวนเท่าใดหรือกี่มิลลิเมตรนั้นไม่อาจจะกระทำได้เพราะเหตุว่าสภาพของฝนแตละประเทศนั้นมีปริมาณไม่เหมือนกัน

การให้ความหมายของปริมาณฝนและให้ความหมายของฝนที่ตกในประเทศแถบโซนร้อนในย่านมรสุมแบ่งเป็นเกณฑ์ดังนี้

ฝนวัดจำนวนไม่ได้ = ฝนตกมีปริมาณน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร

ฝนเล็กน้อย = ฝนตก 0.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป แตไม่เกิน 10 มิลลิเมตร

ฝนปานกลาง = ฝนตกปริมาณ 10.1 มิลลิเมตร ถึง 35.0 มิลลิเมตร

ฝนตกหนัก = ฝนตกปริมาณ 35.1 มิลลิเมตร ถึง 90 มิลลิเมตร

ฝนตกหนักมาก = ฝนตกตั้งแต 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

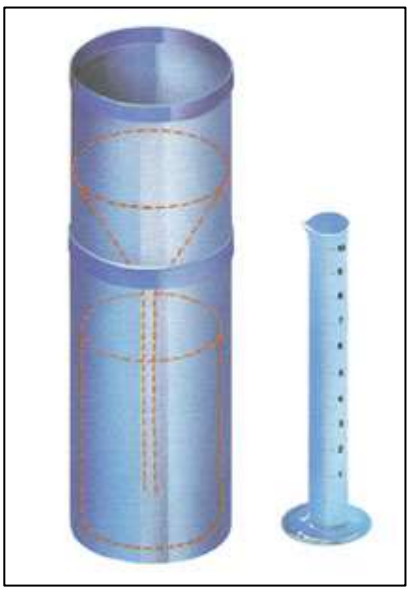
2.2.1 ประเภทเครื่องวัดน้ำฝน

เครื่องวัดน้ำฝนมี 2 ชนิด คือ

2.2.1.1 เครื่องวัดน้ำฝนแบบธรรมดาหรือแบบแก้วตวง มีลักษณะเป็นรูปกระบอกโลหะ โดยส่วนหนึ่งของกระบอกจะฝังอยู่ในพื้นดิน การวัดปริมาณน้ำฝนจะวัดจากความสูงของน้ำฝนที่เก็บจากจุดนั้น ๆ แล้วนำมาเทใส่กระบอกตวง ปริมาณน้ำฝนที่เก็บได้จะวัดหน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.2.1.2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึก สามารถวัดปริมาณน้ำฝนแบบอัตโนมัติสามารถบันทึกปริมาณน้ำฝนได้ตลอด 24 ชั่วโมงหรือตลอดสัปดาห์

2.2.1.3 การวัดปริมาณน้ำฝน ทำได้โดยใช้อุปกรณ์อย่างง่ายเป็นภาชนะทรงกระบอกรองรับน้ำฝนโดยมีภาชนะที่มีลักษณะเป็นกรวยเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกรวยเท่ากับปากภาชนะที่รองรับ การบอกปริมาณน้ำฝนจะบอกเป็นมิลลิเมตร

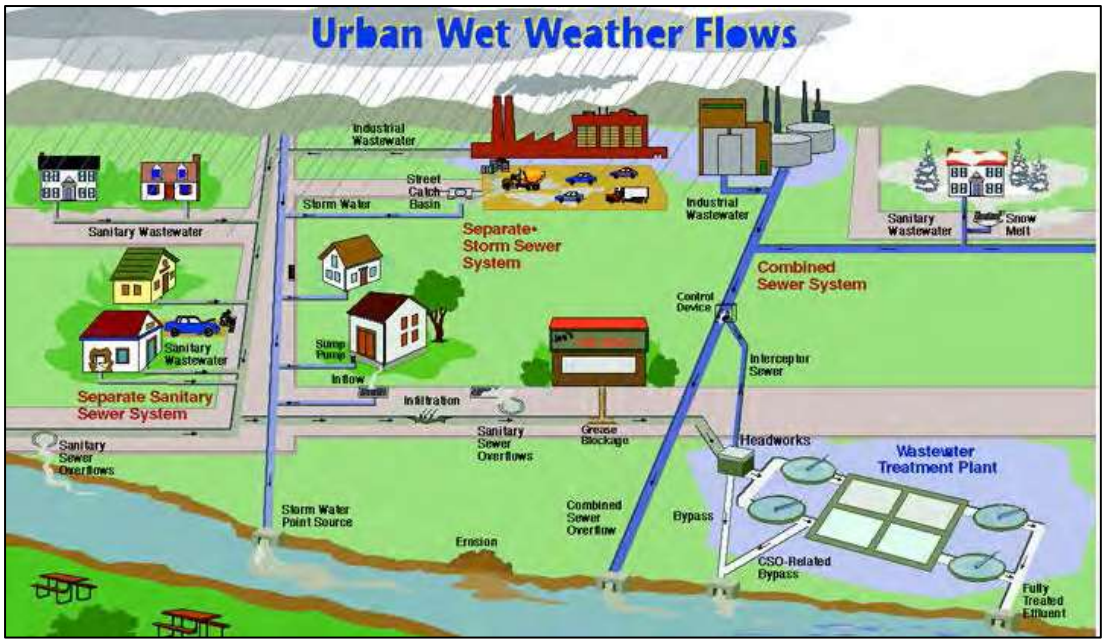


รูปที่ 2.2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบแก้วตวง **รูปที่ 2.3** เครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ

ที่มา : นาวาเอกเจริญ เจริญรัชตภาคย. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 2

2.3 เกี่ยวกับโปรแกรม EPASWMM5

รูปแบบการจัดการน้ำของ EPASWMM5 เป็นแบบจำลองการไหลของน้ำฝนและไหลบ่าแบบไดนามิกที่ใช้สำหรับการจำลองปริมาณและคุณภาพน้ำทิ้งในระยะยาวในพื้นที่เขตเมืองใหญ่ องค์ประกอบการไหลเวียนของ SWMM ทำงานบนพื้นที่เก็บข้อมูลย่อยที่ได้รับการตกตะกอนและสร้างการไหลของกระแสน้ำและสารมลพิษ ส่วนเส้นทางของ SWMM จะส่งน้ำไหลบ่าไหลผ่านระบบท่อช่องอุปกรณ์เก็บข้อมูล / บำบัดน้ำปั๊มและเครื่องควบคุม SWMM จะติดตามปริมาณและคุณภาพของน้ำท่าที่สร้างขึ้นภายในแต่ละช่วงย่อยและอัตราการไหลความลึกของการไหลและคุณภาพของน้ำในแต่ละท่อและช่องในช่วงระยะเวลาจำลองซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลายเวลา

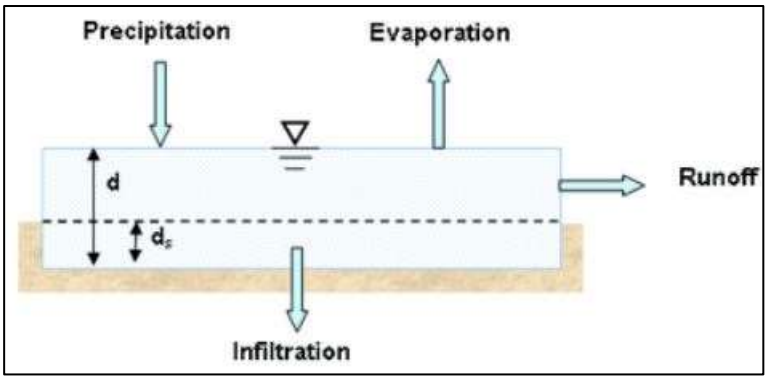


รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแบบจำลองของพื้นที่
ที่มา: Introducing of EPASWMM 5

พื้นที่ที่มีการใช้งานจำนวนมากในพื้นที่นอกเมืองเช่นกัน ฉบับปัจจุบันฉบับที่ 5 เป็นฉบับสมบูรณ์ของการเผยแพร่ครั้งที่แล้วทำงานภายใต้ Windows SWMM 5 มีสภาพแวดล้อมแบบบูรณาการสำหรับการแก้ไขข้อมูลป้อนข้อมูลพื้นที่ศึกษาการจำลองแบบ Hydrologic ไฮดรอลิกและการดูผลลัพธ์ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งรวมถึงพื้นที่การระบายน้ำที่มีรหัสสีและแผนที่ระบบลำเลียงกราฟชุดลำดับเวลาและตารางแปลงข้อมูลและการวิเคราะห์ความถี่เชิงสถิติ

การคำนวณในแบบจำลอง SWMM จะพิจารณาลักษณะทางกายภาพที่ก้าวเวลา (Time Step) การคำนวณใด ๆ ตามสมการ การสมดุลมวล สมดุลพลังงาน และสมดุลโมเมนตัม ส่วนประกอบของปริมาณน้ำหลักๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1 ปริมาณน้ำท่า (Surface Runoff) สามารถแสดงหลักการคำนวณได้ตามรูปที่ 2.5 โดยแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อยจะถูกพิจารณาเป็น Non-linear ปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflows) มาจากปริมาณน้ำฝนและน้ำที่ไหลออกมาจากพื้นที่รับน้ำย่อยที่อยู่ทางเหนือน้ำ ส่วนปริมาณน้ำไหลออก (Out Flows) จากพื้นที่รับน้ำย่อยที่พิจารณาได้แก่ น้ำที่ซึมลงใต้ดิน (Infiltration) ปริมาณการระเหย (Evaporation) และปริมาณน้ำท่า (Surface Runoff) ความจุของ (Nonlinear Reservoir) นี้คือ ปริมาตรเก็บกักสูงสุด (Maximum Depression Storage) ปริมาณน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ (Q) จะเกิดขึ้นเมื่อระดับน้ำใน Non-linear Reservoir นี้เป็นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (dp)



รูปที่ 2.5 หลักการคำนวณปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง SWMM Version 5.0
ที่มา: Introducing of EPASWMM 5

2.3.2 ปริมาณน้ำซึมลงใต้ดิน (Infiltration) เป็นกระบวนการที่น้ำฝนจะซึมผ่านผิวดินลงไปยันชั้นน้ำใต้ดินที่ยังไม่อิ่มตัว (Unsaturated Soil Zone)

2.3.3 ปริมาณน้ำใต้ดิน (Groundwater) ในแบบจำลอง SWMM จะแยกน้ำในส่วนนี้ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Zone) จะอยู่ด้านบน ซึ่งความชื้นในดิน (Moisture Content) ในส่วนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และส่วนที่อิ่มตัว (Saturated Zone) จะอยู่ด้านล่าง ซึ่งความชื้นในดินในส่วนนี้จะคงที่เท่ากับความพรุนของดิน (Porosity)

2.3.4 ปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ (Flow Routing) แบบจำลอง SWMM จะคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำในท่อโดยใช้สมการ Saint Venant เมื่อสภาพการไหลเป็นแบบเปลี่ยนแปลงที่ละน้อย (Gradually Varied) และ การไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) โดยสามารถเลือกใช้ความซับซ้อนในการแก้สมการได้ 3 แบบ คือ การไหลแบบคงที่ (Steady Flow Routing) การไหลที่มีแรงโน้มถ่วงและแรงเสียดทานมีความสมดุลกัน ปริมาณของไหลคงที่ทั้งในระยะทางและช่วงเวลาที่พิจารณา (Kinematic Wave Routing) และการไหลแบบมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของไหลตามความยาวของลำน้ำและช่วงเวลาที่พิจารณา (Dynamic Wave Routing)

การเขียน SWMM ฉบับล่าสุดนี้จัดทำขึ้นโดยฝ่ายทรัพยากรน้ำและน้ำของห้องปฏิบัติการวิจัยการจัดการความเสี่ยงแห่งชาติของหน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาโดยได้รับความช่วยเหลือจากบริษัทที่ปรึกษาของ CDM-Smith

2.4 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

2.4.1 กระบวนการทางอุทกวิทยา

SWMM มีกระบวนการทางอุทกวิทยาต่างๆ ที่ผลิตน้ำท่าจากพื้นที่ในเขตเมือง ซึ่งรวมถึงปริมาณน้ำฝนที่ตกตลอดเวลา การระเหยของน้ำผิวดินที่ยืน การสะสมและการหลุดหิมะ การสกัดกั้นปริมาณน้ำฝนจากการเก็บรักษาภาวะซึมเศร้า การแทรกซึมของสายฝนในชั้นดินไม่อิ่มตัว การซึมผ่านของน้ำเข้าสู่ชั้นใต้ดิน การไหลเวียนระหว่างน้ำบาดาลและระบบระบายน้ำ เส้นทางอ่างเก็บน้ำแบบไม่เชิงเส้นของการไหลล้น และการเก็บรักษาปริมาณน้ำฝน / การไหลบ่าเข้ามาของน้ำ (LID)

ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ในทุกขั้นตอนเหล่านี้ทำได้โดยการแบ่งพื้นที่การศึกษาลงในชุดของพื้นที่ย่อยที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งแต่ละส่วนมีพื้นที่ย่อยและไม่สามารถดูดซึมได้เอง การไหลเวียนของโอเวอร์สามารถแบ่งระหว่างพื้นที่ย่อยระหว่าง Subcatchments หรือระหว่างจุดเริ่มต้นของระบบระบายน้ำ

2.4.2 ความสามารถในการจำลองแบบไฮดรอลิก

นอกจากนี้ SWMM ยังมีชุดความสามารถในการจำลองแบบไฮดรอลิกที่ใช้ในการกำหนดเส้นทาง การไหลเวียนและการไหลเข้าจากภายนอกผ่านระบบเครือข่ายท่อระบายน้ำช่องทางหน่วยจัดเก็บและบำบัด และโครงสร้างการผันกลับ ดังนี้

2.4.2.1 รองรับเครือข่ายที่มีขนาดไม่จำกัด

2.4.2.2 ใช้รูปแบบท่อปิดและเปิดแบบมาตรฐานรวมทั้งช่องทางธรรมชาติ

2.4.2.3 จำลององค์ประกอบพิเศษเช่นหน่วยเก็บ บำบัด เครื่องแบ่งการไหล ปั๊ม และวาล์ว

2.4.2.4 ใช้กระแสภายนอกและปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพจากน้ำผิวดินการไหลเวียนของน้ำบาดาลการไหลเข้า / การไหลเข้าที่พึ่งพาฝนตกการไหลของสุขาภิบาลของสภาพอากาศแห้งและการไหลเข้าของผู้ใช้กำหนด

2.4.2.5 ใช้คลื่นแบบจลศาสตร์หรือวิธีการกำหนดเส้นทางการไหลของคลื่นแบบไดนามิก

2.4.2.6 จำลองรูปแบบการไหลต่างๆ เช่นการใช้น้ำนิ่งการเติมเงินการไหลย้อนกลับและการบ่อผิวดิน

2.4.2.7 ใช้กฎควบคุมแบบไดนามิกที่ผู้ใช้กำหนดเพื่อจำลองการทำงานของปั๊มช่องเปิดช่องระบายอากาศและระดับยอดเขื่อน

2.4.3 ความสามารถประมาณปริมาณการผลิตของสารก่อมลพิษ

นอกเหนือจากการสร้างแบบจำลองและการไหลเวียนของการไหลของน้ำท่าแล้ว SWMM ยังสามารถประมาณปริมาณการผลิตของสารก่อมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการไหลบ่าเข้านี้ กระบวนการต่อไปนี้สามารถทำเป็นโมเดลสำหรับองค์ประกอบทางน้ำที่ผู้ใช้กำหนดได้

2.4.3.1 การสะสมของสารก่อมลพิษในสภาพอากาศแห้งมีต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่าง

2.4.3.2 สารมลพิษที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉพาะในช่วงเหตุการณ์พายุ

2.4.3.3 ผลกระทบโดยตรงจากการสะสมของสายฝน

2.4.3.4 ลดการสะสมของสภาพอากาศแห้งเนื่องจากการทำความสะอาดถนน

2.4.3.5 ลดภาระหนักเนื่องจาก BMPs

2.4.3.6 การเข้าสู่กระแสสุขาภิบาลของสภาพอากาศแห้งและการไหลเข้าจากภายนอกที่ผู้ใช้กำหนดไว้ ณ จุดใด ๆ ในระบบระบายน้ำ

2.4.3.7 การกำหนดเส้นทางขององค์ประกอบคุณภาพน้ำผ่านระบบระบายน้ำ

2.4.3.8 ลดความเข้มข้นของส่วนประกอบผ่านการบำบัดในหน่วยเก็บหรือโดยกระบวนทางธรรมชาติในท่อและช่อง

2.5 การใช้งาน EPASWMM โดยทั่วไป

ตั้งแต่เริ่มก่อตั้ง EPASWMM ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับท่อน้ำทิ้งและstorm waterนับพัน ๆ แห่งทั่วโลก การใช้งานทั่วไป ได้แก่

2.5.1 ออกแบบและปรับขนาดของส่วนประกอบของระบบระบายน้ำเพื่อควบคุมภาวะน้ำท่วม

2.5.2 การกำหนดขนาดของสถานที่กักขังและสิ่งอำนวยความสะดวกในการป้องกันน้ำท่วม และการป้องกันคุณภาพน้ำ

2.5.3 ทำแผนที่แบบท่วมของระบบช่องทางธรรมชาติ

2.5.4 การออกแบบกลยุทธ์การควบคุมเพื่อลดการไหลล้นของท่อระบายน้ำรวม

2.5.5 ประเมินผลกระทบจากการไหลเข้าและการแทรกซึมของท่อระบายน้ำทิ้งที่ถูกสุขาภิบาล

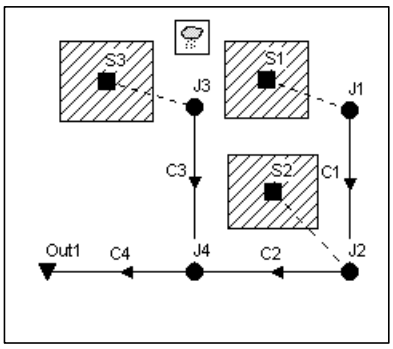
2.5.6 สร้างภาระมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ใช่จุดสำหรับการศึกษาการจัดสรรภาระขยะ

2.5.7 การประเมินประสิทธิผลของ BMPs ในการลดปริมาณสารมลพิษในอากาศที่เปียกชื้น

2.6 ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเบื้องต้น

2.6.1 ตัวอย่างพื้นที่การศึกษา

ในตัวอย่างนี้เราจะจำลองระบบระบายน้ำที่รองรับพื้นที่อยู่อาศัยขนาด 12 เอเคอร์ โครงร่างของระบบจะแสดงในรูปที่ 2.6 และประกอบด้วยพื้นที่ย่อย (Subcatchment Areas) 3 S1 ถึง S3 ท่อระบายน้ำพายุ C1 ถึง C4 และจุดเชื่อมต่อท่อ J1 ถึง J4 ระบบจะปล่อยไปที่ลำธารที่จุด Out1 ก่อนอื่นเราจะทำขั้นตอนในการสร้างวัตถุที่แสดงในแผนภาพนี้ในแผนที่พื้นที่ศึกษาของ SWMM และกำหนดคุณสมบัติต่างๆของวัตถุเหล่านี้ จากนั้นเราจะจำลองปริมาณน้ำและการตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในปริมาณน้ำฝน 3 นิ้ว 6 ชั่วโมงตลอดจนบันทึกปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างพื้นที่การศึกษา
ที่มา: EPASWMM 5 Manual

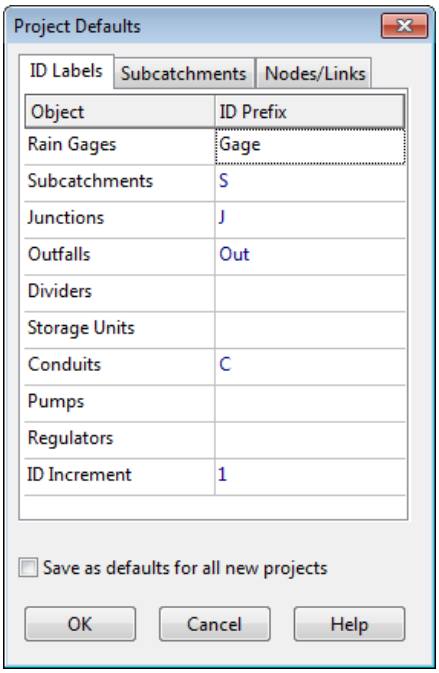
2.6.2 การตั้งค่าโครงการ

งานแรกของเราคือการสร้างโครงการ SWMM ใหม่และตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีการเลือกตัวเลือกเริ่มต้นบางอย่างไว้ การใช้ค่าเริ่มต้นเหล่านี้จะช่วยลดความยุ่งยากในงานป้อนข้อมูลในภายหลัง

1. เปิด EPA SWMM ถ้ายังไม่ได้รันและเลือก File >> New จากแถบเมนูหลักเพื่อสร้างโปรเจคใหม่

2. เลือก Project >> Defaults เพื่อเปิดไดอะล็อกบ็อกซ์ Project Defaults

3. ในหน้า ID Labels ของไดอะล็อกกำหนด ID Prefixes ดงแสดงในรูปที่ 2.7ซึ่งจะทำให้ SWMM ติดป้ายกำกับออบเจ็กต์ใหม่โดยอัตโนมัติด้วยตัวเลขติดต่อกันตามคำนำหน้าที่กำหนด



รูปที่ 2.7 การติดฉลากรหัสเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างการสอน

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

4. ในหน้า Subcatchments ของกล่องโต้ตอบให้ตั้งค่าดีฟอลต์ต่อไปนี้:

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลของ Subcatchments

Area	4
Width	400
% Slope	0.5
% Imperv	50
N-Imperv	0.01
N-Perv.	0.10
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Infil. Model	<click to edit>
Method	Modified Green-Ampt
Suction Head	3.5
Conductivity	0.5
Initial Deficit	0.26

5. ใน Nodes / Links page ให้ตั้งค่าดีฟอลต์ต่อไปนี้:

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลของ Nodes / Links page

Node Invert	0
Node Max. Depth	4
Node Ponded Area	0
Conduit Length	400
Conduit Geometry	<click to edit>
Barrels	1
Shape	Circular
Max. Depth	1.0
Conduit Roughness	0.01
Flow Units	CFS
Link Offsets	DEPTH
Routing Model	Kinematic Wave

6. คลิกตกลงเพื่อยอมรับตัวเลือกเหล่านี้ และปิดกล่องโต้ตอบ หากคุณนั้นต้องการบันทึกตัวเลือกเหล่านี้สำหรับโครงการใหม่ทั้งหมดในอนาคตคุณสามารถเลือกช่องบันทึกที่ด้านล่างของแบบฟอร์มก่อนที่จะยอมรับ

2.6.3 การตั้งค่าตัวเลือกการแสดงผลแผนที่

เพื่อให้ป้ายกำกับและสัญลักษณ์ต่าง ๆ แสดงขึ้นเมื่อเราเพิ่มวัตถุลงในแผนที่พื้นที่ศึกษาและลิงก์จะมีลูกศรทิศทาง

1. เลือก Tools > Map Display Options เพื่อเปิดหน้าต่างโต้ตอบ Map Options (ดูรูปที่ 2.8)

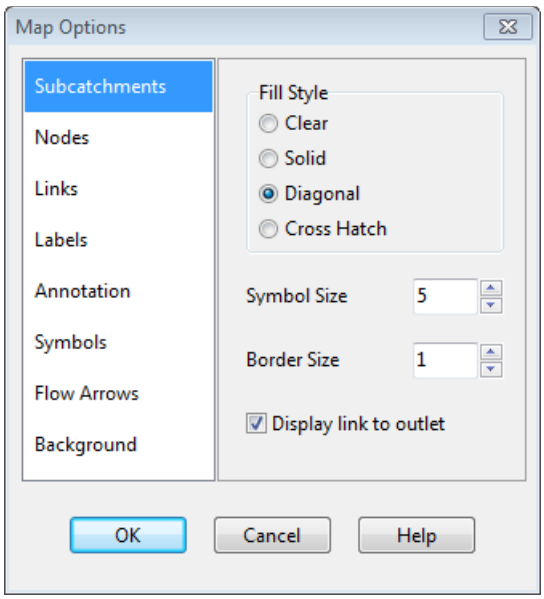
2. เลือกหน้าย่อยการตั้งค่ารูปแบบเติมเป็นเส้นทแยงมุมและขนาดสัญลักษณ์เป็น 5

3. จากนั้นเลือกหน้าโหนดและตั้งค่าขนาดโหนดเป็น 5

4. เลือกหน้าคำอธิบายประกอบ และทำเครื่องหมายที่ช่องที่จะแสดงรหัส ป้ายกำกับสำหรับ Subcatchments, Nodes และ Links ปล่อยให้คนอื่นยกเลิกการเลือก

5. เลือกหน้า Flow Arrows เลือกรูปแบบลูกศรที่เติมและตั้งค่าขนาดลูกศรเป็น 7

6. คลิกปุ่ม OK เพื่อยอมรับตัวเลือกเหล่านี้และปิดกล่องโต้ตอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ก่อนที่จะวางวัตถุบนแผนที่เราควรกำหนดมิติข้อมูล



รูปที่ 2.8 กรอบโต้ตอบตัวเลือกแผนที่

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

7. เลือก View >> Dimensions เพื่อเปิดไดอะล็อกมิติข้อมูลแผนที่

8 คุณสามารถปล่อยมิติข้อมูลไว้ที่ค่าเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างนี้ได้ สุดท้ายดูในแถบสถานะที่ด้านล่างของหน้าต่างหลักและตรวจสอบว่าคุณลักษณะความยาวอัตโนมัติปิดอยู่

2.6.4 การวาดวัตถุ

ตอนนี้เราพร้อมแล้วที่จะเริ่มเพิ่มส่วนประกอบลงใน Study Area Map4 เราจะเริ่มต้นด้วย Subcatchments

1. เริ่มจากการเลือกหมวดย่อย (ภายใต้อุทกวิทยา) ในแผงควบคุมโครงการ (ทางด้านซ้ายของหน้าต่างหลัก)

2. จากนั้นคลิกปุ่มบนแถบเครื่องมือใต้รายการประเภทวัตถุในแผงโครงการ (หรือเลือก Project | เพิ่มรายการย่อยใหม่จากเมนูหลัก) แจ้งให้ทราบว่าเคอร์เซอร์ของเมาส์เปลี่ยนรูปร่างเป็นดินสอเมื่อคุณเลื่อนไปมาบนแผนที่

3. เลื่อนเมาส์ไปที่ตำแหน่งแผนที่ที่มุมหนึ่งของ S1 อยู่ตรงกลางและคลิกซ้ายที่เมาส์

4. ทำเช่นเดียวกันสำหรับมุมสามมุมถัดไปจากนั้นคลิกขวาที่เมาส์ (หรือกดปุ่ม Enter)

เพื่อปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่แสดงถึงการจัดเก็บย่อย S1 คุณสามารถกดปุ่ม Esc ได้หากต้องการยกเลิกการจับคู่ย่อยบางส่วนและเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง ไม่ต้องกังวลหากรูปร่างหรือตำแหน่งของวัตถุไม่ถูกต้อง เราจะกลับมาในภายหลังและแสดงวิธีการแก้ไขปัญหานี้

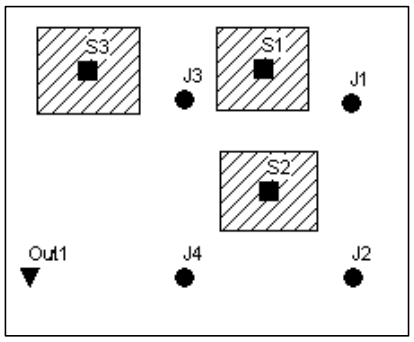
5. ทำซ้ำขั้นตอนนี้สำหรับ Subcatchments S2 และ S3 สังเกตว่าป้ายกำกับ ID ลำดับสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติขณะที่เราเพิ่มวัตถุลงในแผนที่

ถัดไปเราจะเพิ่มในโหนดที่เชื่อมต่อ และโหนดออกที่ประกอบด้วยส่วนหนึ่งของเครือข่ายการระบายน้ำ

6. ในการเริ่มต้นการเพิ่มจุดเชื่อมต่อให้เลือกหมวด Junctions จาก Browser โครงการ (ภายใต้ Hydraulics -> Nodes) และคลิกที่ปุ่มหรือเลือก Project | เพิ่ม Junction ใหม่จากเมนูหลัก

7. เลื่อนเมาส์ไปที่ตำแหน่งของ J1 ทางแยกและคลิกซ้ายที่ ทำเช่นเดียวกันสำหรับทาแยก J2 ถึง J4

8. ในการเพิ่มโหนดออกให้เลือก Outfall จาก Browser Project ให้คลิกที่ปุ่มหรือเลือก Project เพิ่มเหตุการณ์ใหม่จากเมนูหลักให้เลื่อนเมาส์ไปที่ตำแหน่งที่ตั้งของถ้ำบนแผนที่และคลิกซ้าย โปรดทราบว่าเหตุใดจึงทำให้ Output ได้รับชื่อ Out1 โดยอัตโนมัติ



รูปที่ 2.9 ซับเซตย่อยและโหนดสำหรับพื้นที่ศึกษาตัวอย่าง
ที่มา: EPASWMM 5 Manual

9. เลือก Conduits จากเบราเซอร์โครงการ (ภายใต้ Hydraulics -> Links) แล้วกดปุ่มหรือเลือก Project เพิ่มรางใหม่จากเมนูหลัก เคอร์เซอร์จะเปลี่ยนรูปร่างเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเมื่อย้ายไปยัง แผนที่

10. คลิกซ้ายที่เมาส์บนทางแยก J1 เคอร์เซอร์จะเปลี่ยนรูปร่างเป็นดินสอ

11. เลื่อนเมาส์ไปที่จุดเชื่อมต่อ J2 (โปรดสังเกตว่าโครงร่างถูกวาดขึ้นขณะที่คุณเลื่อน

เมาส์) และคลิกซ้ายเพื่อสร้าง คุณสามารถยกเลิกการดำเนินการได้ด้วยการคลิกขวาหรือโดยการกดปุ่ม <Esc>

12. ทำซ้ำขั้นตอนนี้สำหรับท่อ C2 ถึง C4

แม้ว่าเส้นสายทั้งหมดของเราจะวาดเป็นเส้นตรง แต่คุณสามารถวาดเส้นโค้งโดยการคลิกซ้ายที่จุดกลางซึ่งทิศทางของลิงก์จะเปลี่ยนไปก่อนที่จะคลิกที่โหนดท้าย เพื่อให้การก่อสร้างโครงการของเราเป็นไปอย่างสมบูรณ์เราต้องเพิ่มเครื่องวัดฝน

13. เลือกหมวด Rain Gages จากแผงควบคุมโครงการ (ภายใต้ Hydrology) และคลิกที่ปุ่มหรือเลือก Project | เพิ่ม Rain Gage ใหม่จากเมนูหลัก

14. เลื่อนเมาส์ไปบน Study Area Map ไปยังตำแหน่งที่ควรใช้ gage และคลิกเมาส์ซ้าย ณ จุดนี้เราได้เสร็จสิ้นการวาดภาพในพื้นที่ศึกษาตัวอย่างแล้ว ระบบของคุณควรมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 1 หากเครื่องวัดฝนตกย่อยหรือโหนดออกจากตำแหน่งคุณสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยทำดังนี้

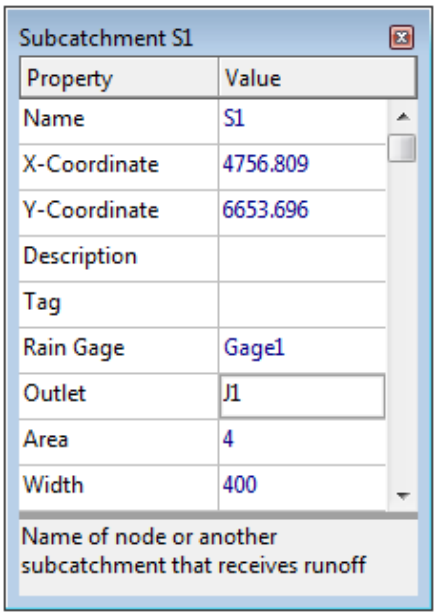
1. หากปุ่มบนแถบเครื่องมือแผนที่ไม่หดหู่ให้คลิกเพื่อวางแผนที่ในโหมดการเลือกวัตถุ
2. คลิกที่วัตถุที่จะย้าย
3. ลากวัตถุด้วยปุ่มซ้ายของเมาส์ค้างไว้ที่ตำแหน่งใหม่

ในการกำหนดเส้นขอบย่อยของย่อยให้ใหม่

1. เมื่อใช้แผนที่ในโหมดการเลือกวัตถุให้คลิกที่เซนทรอยด์ย่อยของ subcatchment (ระบุด้วยสี่เหลี่ยมทึบภายในการย่อย) เพื่อเลือก
2. จากนั้นคลิกที่ปุ่มบนแถบเครื่องมือแผนที่เพื่อใส่แผนที่ลงในโหมด Vertex Selection
3. เลือกจุดยอดบนโครงร่างย่อยโดยการคลิกที่จุดนั้น (โปรดทราบว่าจุดยอดที่เลือกจะแสดงเป็นสี่เหลี่ยมทึบ)
4. ลากจุดสุดยอดไปยังตำแหน่งใหม่ด้วยการกดปุ่มซ้ายของเมาส์
5. ถ้าจำเป็นต้องเป็นจุดที่สามารถเพิ่มหรือลบออกจากโครงร่างโดยการคลิกขวาเมาส์และเลือกตัวเลือกที่เหมาะสมจากเมนูป็อปอัพที่ปรากฏขึ้น
6. เมื่อเสร็จแล้วให้คลิกปุ่มเพื่อกลับไปยังโหมดการเลือกวัตถุขั้นตอนเดียวกันนี้สามารถใช้เพื่อกำหนดลิงก์ใหม่

2.6.5 การตั้งค่าคุณสมบัติของอ็อบเจ็กต์

เนื่องจากมีการเพิ่มวัตถุภาพลงในโครงการของเรา SWMM จะกำหนดชุดคุณสมบัติเริ่มต้น เมื่อต้องการเปลี่ยนค่าของคุณสมบัติเฉพาะสำหรับอ็อบเจ็กต์เราต้องเลือกอ็อบเจ็กต์ลงในตัวแก้ไขคุณสมบัติ (ดูรูปที่ 2.10) มีหลายวิธีในการทำเช่นนี้ ถ้าตัวแก้ไขมีอยู่แล้วคุณสามารถคลิกที่วัตถุหรือเลือกจากเบราเซอร์โครงการ หากไม่สามารถมองเห็นตัวแก้ไขได้คุณสามารถทำให้ปรากฏโดยการดำเนินการใด ๆ ต่อไปนี้ ดับเบิลคลิกที่วัตถุบนแผนที่หรือคลิกขวาที่วัตถุและเลือกคุณสมบัติจากเมนูป๊อปอัพที่ปรากฏ หรือเลือกวัตถุจากเบราเซอร์โครงการแล้วคลิกปุ่มเบราเซอร์



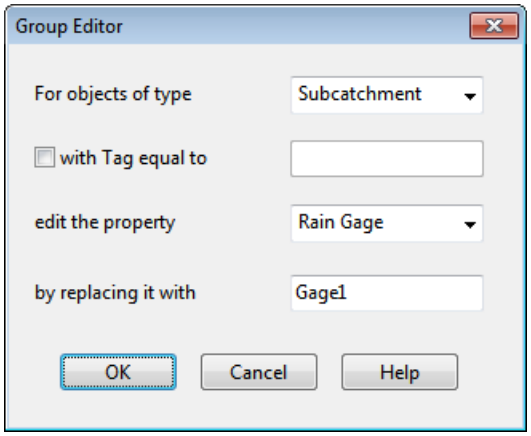
รูปที่ 2.10 หน้าต่างตัวแก้ไขคุณสมบัติ
ที่มา: EPASWMM 5 Manual

เมื่อใดก็ตามที่ตัวแก้ไขคุณสมบัติมีการโฟกัสคุณสามารถกดปุ่ม F1 เพื่อดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติที่ระบุคุณสมบัติย่อยสองข้อของ subcatchments ของเราที่ต้องตั้งไว้ ได้แก่ เครื่องวัดฝนที่ให้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนไปยังจุดย่อยและโหนดของระบบระบายน้ำที่ไหลออกจากการบันทึกย่อย เนื่องจาก subcatchments ทั้งหมดของเราใช้เครื่องวัดระดับน้ำฝนแบบเดียวกัน Gage1 เราจึงสามารถใช้วิธีทางลัดเพื่อกำหนดคุณสมบัตินี้สำหรับการจับคู่ทั้งหมดในครั้งเดียว

1. จากเมนูหลักเลือกแก้ไข >> เลือกทั้งหมด
2. จากนั้นเลือกแก้ไข >> แก้ไขกลุ่มเพื่อสร้างกล่องโต้ตอบตัวแก้ไขกลุ่ม (ดูรูปที่ 2.9)
3. เลือก Subcatchment เป็นชนิดของวัตถุที่จะแก้ไข, Rain Gage เป็นคุณสมบัติที่จะ

แก้ไขและพิมพ์ Gage1 เป็นค่าใหม่

4. คลิกตกลงเพื่อเปลี่ยนเครื่องวัดฝนของ subcatchments ทั้งหมดเป็น Gage1 กล่องโต้ตอบยืนยันจะปรากฏขึ้นโดยสังเกตว่ามีการเปลี่ยนแปลง 3 รายการย่อย เลือก "ไม่" เมื่อขอให้แก้ไขต่อ



รูปที่ 2.11 กล่องโต้ตอบตัวแก้ไขกลุ่ม

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

หากต้องการตั้งค่าโหนดทางออกย่อยของ Subcatchments ของเราเราจะต้องดำเนินการทีละรายการเนื่องจากจะแตกต่างกันไปตามช่วงย่อย:

1. ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ S1 หรือเลือกจากเมนู Project Browser แล้วคลิกที่ปุ่ม Browser เพื่อเปิดตัว Editor คุณสมบัติ

2. พิมพ์ J1 ในช่อง Outlet และกด Enter หมายเหตุว่ามีการวาดเส้นประระหว่างการย่อย และโหนด

3. คลิกที่รายการย่อย S2 และป้อน J2 เป็น Outlet

4. คลิกที่รายการย่อย S3 และป้อน J3 เป็น Outlet

นอกจากนี้เรายังต้องการเป็นตัวแทนของพื้นที่ S3 ที่มีการพัฒนาน้อยกว่าที่อื่น เลือก S3 ในตัวแก้ไขคุณสมบัติและตั้งค่า% Imperviousness เป็น 25

จุดเชื่อมต่อและการหลั่งไหลของระบบระบายน้ำของเราต้องมีการยกระดับความสูงที่ได้รับมอบหมายไว้ เช่นเดียวกับที่เราทำกับ Subcatchments ให้เลือกแต่ละทางแยกกันไปใน Property Editor และตั้งค่า Invert Elevation เป็นค่าที่แสดงด้านล่าง

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างการใส่ค่าใน Node

Node	Invert
J1	96
J2	90
J3	93
J4	88
Out1	85

เพียงท่อเดียวในระบบตัวอย่างของเรามีค่าคุณสมบัติที่ไม่ใช่ค่าดีฟอลต์ นี่คือท่อ C4 ท่อทางออกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางควรเป็น 1.5 แทน 1 ฟุตเมื่อต้องการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้เลือกท่อ C4 ลงในตัวแก้ไขคุณสมบัติและตั้งค่าสูงสุด ค่าความลึก 1.5เพื่อที่จะให้แหล่งที่มาของสายฝนเข้าสู่โครงการของเราเราจำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติของฝนเกจ เลือก Gage1 ในตัวแก้ไขคุณสมบัติและตั้งค่าคุณสมบัติต่อไปนี้:

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างการใส่ค่าใน Gage

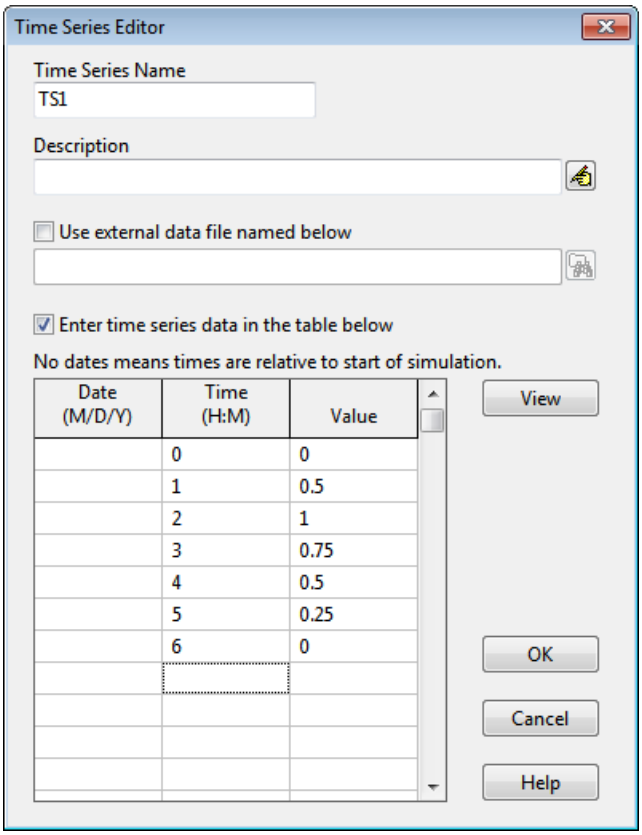
Rain Format	INTENSITY
Rain Interval	1:00
Data Source	TIMESERIES
Series Name	TS1

ดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้เราต้องการจำลองการตอบสนองของพื้นที่การศึกษาของเราเป็นพายุออกแบบขนาด 3 นิ้วและ 6 ชั่วโมง ชุดเวลาที่ชื่อว่า TS1 จะมีความเข้มข้นของปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงที่ก่อให้เกิดพายุนี้ ดังนั้นเราต้องสร้างชุดข้อมูลอนุกรมเวลาและเติมข้อมูลให้กับข้อมูล เมื่อต้องการทำเช่นนี้

1. จากเบราว์เซอร์โครงการเลือกประเภทของอนุกรมเวลาของออบเจกต์
2. คลิกที่ปุ่มบน Browser เพื่อเปิดกล่องโต้ตอบ Time Series Editor (ดูรูปที่ 2.10)
3. ป้อน TS1 ในฟิลด์ Time Series Name

4. ป้อนค่าที่แสดงในรูปภาพ 7 ลงในคอลัมน์ Time and Value ของตารางป้อนข้อมูล (ปล่อยให้คอลัมน์ Date ว่างไว้)

5. คุณสามารถคลิกที่ปุ่มดูในไดอะล็อกเพื่อดูกราฟของค่าชุดข้อมูลตามเวลา คลิกที่ปุ่ม OK เพื่อยอมรับชุดข้อมูลใหม่



รูปที่ 2.12 ตัวแก้ไขชุดเวลา

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

หลังจากเสร็จสิ้นการออกแบบเริ่มต้นของโครงการตัวอย่างของเราแล้วเราควรจะให้ชื่อและบันทึกงานของเราไปที่ไฟล์ ณ จุดนี้ เมื่อต้องการทำเช่นนี้

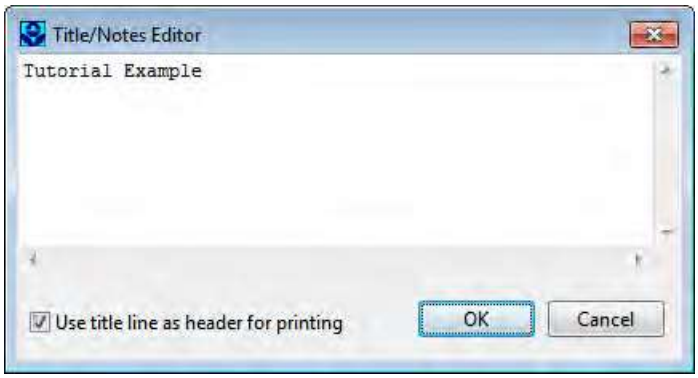
1. เลือกหัวข้อ / หมายเหตุจากเบราเซอร์โครงการและคลิกปุ่ม

2. ในไดอะล็อกของ Project Title / Notes ที่ปรากฏขึ้น (ดูรูปที่ 2.11) ให้ใส่ "Tutorial Example" เป็นชื่อโครงการของเราและคลิกปุ่ม OK เพื่อปิดกล่องโต้ตอบ

3. จากเมนูไฟล์ให้เลือกตัวเลือก Save As

4. ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Save As (บันทึกเป็น) ที่ปรากฏขึ้นให้เลือกโฟลเดอร์และชื่อไฟล์ที่ต้องการบันทึกโครงการนี้ เราขอแนะนำให้ตั้งชื่อไฟล์ tutorial.inp (นามสกุล. inp จะถูกเพิ่มลงในชื่อไฟล์ถ้าไม่ได้จัดมาให้)

5. คลิก Save เพื่อบันทึกโครงการลงในไฟล์



รูปที่ 2..13 ตัวแก้ไขชื่อเรื่อง / หมายเหตุ

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

ข้อมูลโครงการจะถูกบันทึกลงในไฟล์ในรูปแบบข้อความที่สามารถอ่านได้ คุณสามารถดูไฟล์ที่ดูได้โดยเลือก Project >> Details จากเมนูหลัก ในการเปิดโครงการของเราในเวลาต่อมาคุณจะเลือกคำสั่ง Open จากเมนู File

2.6.6 การจำลองสถานการณ์

การตั้งค่าตัวจำลองการจำลองก่อนที่จะวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำตัวอย่าง

ของ

เรา เราจำเป็นต้องตั้งทางเลือกบางอย่างเพื่อกำหนดวิธีการวิเคราะห์ เมื่อต้องการทำเช่นนี้

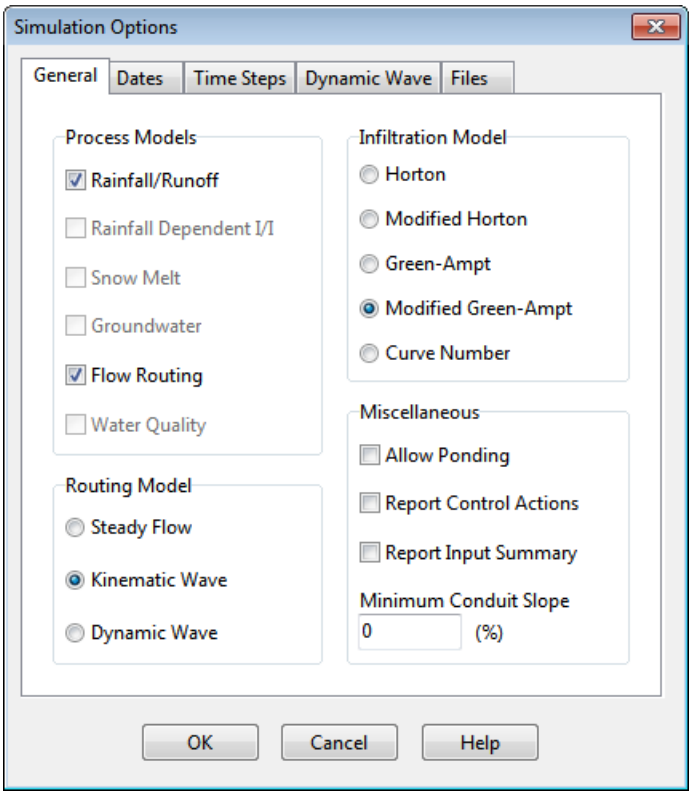
1. จากเบราว์เซอร์โครงการให้เลือกหมวดหมู่ตัวเลือกและคลิกปุ่ม

2. ในหน้า General ของกล่องโต้ตอบ Simulation Options ที่ปรากฏขึ้น (ดูรูปที่ 2.12) ให้เลือก Kinematic Wave เป็นวิธีการกำหนดเส้นทางการไหล วิธีการแทรกซึมควรตั้งค่าไว้ที่ Modified Green-Ampt แล้ว ต้องเลือกตัวเลือก Allow Ponding

3. ในหน้าวันที่ของกล่องโต้ตอบให้ตั้งค่าเวลาสิ้นสุดการวิเคราะห์เป็น 12:00:00

4. ในหน้า Time Steps ให้ตั้ง Routing Time Step เป็น 60 วินาที

5. คลิก OK เพื่อปิดกล่องโต้ตอบ Simulation Options



รูปที่ 2.14 กรอบโต้ตอบตัวเลือกการจำลอง

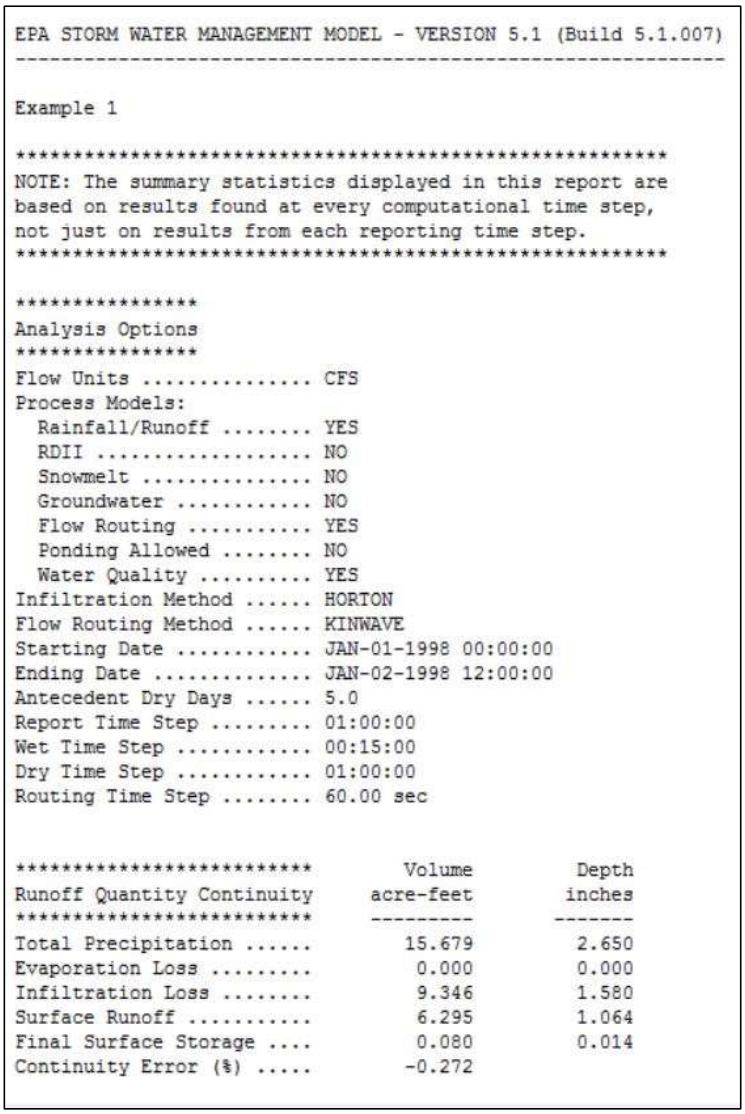
ที่มา: EPASWMM 5 Manual

การเริ่มต้นการจำลอง

ขณะนี้เราพร้อมที่จะใช้งานการจำลองแล้ว โดยเลือก Project >> Run Simulation (หรือคลิกที่ปุ่ม) หากมีปัญหากับการจำลองรายงานสถานะจะปรากฏขึ้นเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดข้อผิดพลาด เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วมีหลายวิธีในการดูผลลัพธ์ของการจำลอง เราจะแสดงให้เห็นเพียงไม่กี่ที่นี่

การดูรายงานสถานะ

รายงานสถานะประกอบด้วยข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับคุณภาพของการจำลองซึ่งรวมถึงความสมดุลของมวลสารเมื่อฝนตกการซึมผ่านการระเหยน้ำไหลบ่าและการไหลเข้า / ออกของระบบลำเลียง หากต้องการดูรายงานให้เลือกรายงาน> สถานะ (หรือคลิกปุ่มบนแถบเครื่องมือมาตรฐานจากนั้นเลือกรายงานสถานะจากเมนูแบบเลื่อนลง) ส่วนของรายงานสำหรับระบบที่ทำการวิเคราะห์จะแสดงในรูปที่ 2.13



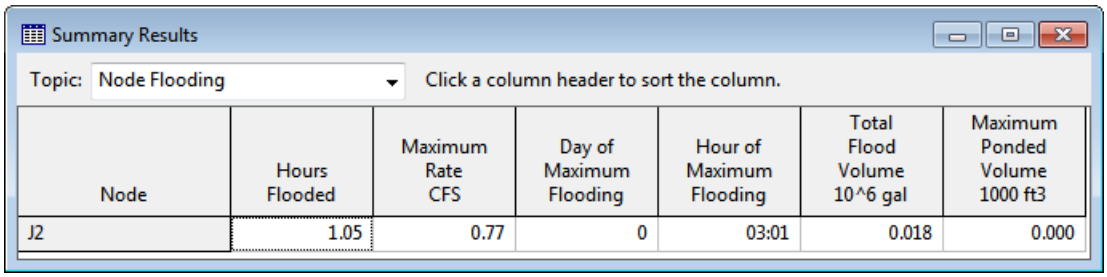
```
EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.007)
--------------------------------------------------------------

Example 1

***********************************************************
NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.
***********************************************************

***************
Analysis Options
***************
Flow Units ............... CFS
Process Models:
  Rainfall/Runoff ........ YES
  RDII ................... NO
  Snowmelt ............... NO
  Groundwater ............ NO
  Flow Routing ........... YES
  Ponding Allowed ........ NO
  Water Quality .......... YES
Infiltration Method ...... HORTON
Flow Routing Method ...... KINWAVE
Starting Date ............ JAN-01-1998 00:00:00
Ending Date .............. JAN-02-1998 12:00:00
Antecedent Dry Days ...... 5.0
Report Time Step ......... 01:00:00
Wet Time Step ............ 00:15:00
Dry Time Step ............ 01:00:00
Routing Time Step ........ 60.00 sec


*************************        Volume         Depth
Runoff Quantity Continuity     acre-feet        inches
*************************     ---------       -------
Total Precipitation ......        15.679         2.650
Evaporation Loss .........         0.000         0.000
Infiltration Loss ........         9.346         1.580
Surface Runoff ...........         6.295         1.064
Final Surface Storage ....         0.080         0.014
Continuity Error (%) .....        -0.272
```

รูปที่ 2.15 ส่วนของรายงานสถานะ
ที่มา: EPASWMM 5 Manual

การดูรายงานสรุป

รายงานสรุปประกอบด้วยตารางที่แสดงผลสรุปสำหรับแต่ละส่วนย่อยโหนดและลิงค์ในระบบระบายน้ำ ปริมาณน้ำฝนรวมปริมาณน้ำไหลบ่าและปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับแต่ละจุดที่ทำการย่อย ความลึกสูงสุดและเวลาที่น้ำท่วมสำหรับแต่ละโหนดและการไหลสูงสุดความเร็วและความลึกของท่อแต่ละท่อเป็นเพียงผลลัพธ์บางส่วนที่รวมอยู่ในรายงานสรุปเท่านั้น หากต้องการดูรายงานสรุปให้เลือกรายงาน | สรุปจากเมนูหลัก (หรือคลิกที่ปุ่มบนแถบเครื่องมือมาตรฐานแล้วเลือกรายงานสรุปจากเมนูแบบเลื่อนลง) หน้าต่างรายงานมีรายการแบบเลื่อนลงซึ่งคุณสามารถเลือกรายงานที่ต้องการดูได้ ตัวอย่างเช่นตารางสรุปอุทกท่วม (รูปภาพ 2.14) ระบุว่ามีน้ำท่วมภายในระบบที่โหนด J2 บันทึก. ตารางสรุปการคิดค่าบริการท่อ

ส่งน้ำ (รูปที่ 2.15) แสดงให้เห็นว่า Conduit C2 ซึ่งอยู่ด้านล่างของโหนด J2 มีกำลังการผลิตเต็มที่และมีขนาดเล็กในน้ำท่วม SWMM จะเกิดขึ้นเมื่อใดก็ตามที่ผิวน้ำที่โหนดมีความลึกเกินกำหนด ปกติน้ำดังกล่าวจะหายไปจากระบบ นอกจากนี้ยังมีตัวเลือกในการให้บ่อน้ำนี้อยู่บนโหนดและนำกลับเข้าไปในระบบระบายน้ำอีกครั้งเมื่อมีความสามารถในการทำเช่นนั้น

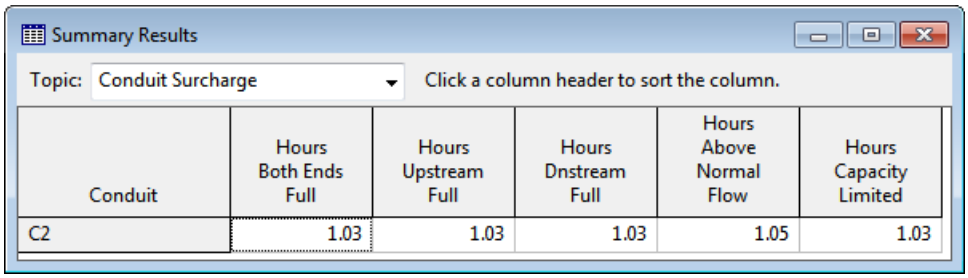

Summary Results

Topic: Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CFS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 gal	Maximum Ponded Volume 1000 ft3
J2	1.05	0.77	0	03:01	0.018	0.000

รูปที่ 2.16 ตารางสรุปภาวะน้ำท่วมโหนด

ที่มา: EPASWMM 5 Manual


Summary Results

Topic: Conduit Surcharge — Click a column header to sort the column.

Conduit	Hours Both Ends Full	Hours Upstream Full	Hours Dnstream Full	Hours Above Normal Flow	Hours Capacity Limited
C2	1.03	1.03	1.03	1.05	1.03

รูปที่ 2.17 ตารางสรุปการคิดค่าสัมภาระ

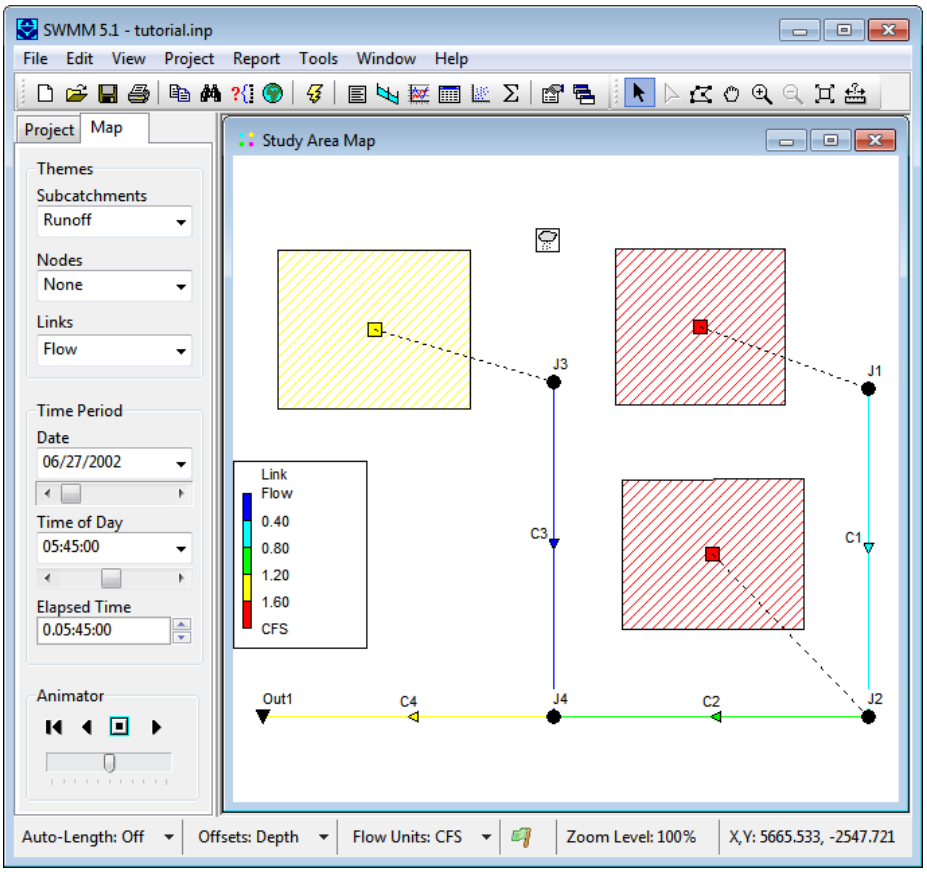
ที่มา: EPASWMM 5 Manual

การดูผลลัพธ์บนแผนที่

ผลการจำลอง (เช่นเดียวกับพารามิเตอร์การออกแบบบางอย่างเช่นพื้นที่ย่อย, โหนดกลับหัวมุมและความลึกสูงสุดของการเชื่อมโยง) สามารถดูได้ในรูปแบบรหัสสีบนแผนที่พื้นที่ศึกษา ในการดูตัวแปรเฉพาะในรูปแบบนี้

1. เลือกหน้าแผนที่ของแผงเบราเซอร์

2. เลือกตัวแปรเพื่อดู Subcatchments Nodes และ Links จากกล่องคำสั่งผสมแบบหล่นลงที่ปรากฏในแผงธีม ในรูปที่ 2.18 มีการเลือกการไหลล้นและการไหลของการเชื่อมโยง subcatchment สำหรับการดู



รูปที่ 2.18 การดูผลลัพธ์ที่มีสีในแผนที่พื้นที่สำหรับศึกษา

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

3. รหัสสีที่ใช้สำหรับตัวแปรหนึ่ง ๆ จะปรากฏพร้อมกับคำอธิบายแผนภูมิในแผนที่พื้นที่ศึกษาในการสลับการแสดงผลของตำนานให้เลือก View >> Legends

4. เมื่อต้องการย้ายตำนานไปยังตำแหน่งอื่นลากด้วยปุ่มซ้ายของเมาส์ค้างไว้

5. หากต้องการเปลี่ยนสีรหัสและค่าเบรกพอยต์สำหรับสีที่ต่างกันให้เลือกมุมมอง > ตำนาน > แก้ไขแล้วเลือกคลาสที่เกี่ยวข้องของวัตถุ (หรือหากมีการมองเห็นตำนานแล้วให้คลิกขวาบน) หากต้องการดูค่าตัวเลขสำหรับตัวแปรที่แสดงบนแผนที่ให้เลือก Tools >> Map Display Options จากนั้นเลือกหน้าคำอธิบายประกอบของกล่องโต้ตอบตัวเลือกแผนที่ ใช้ช่องทำเครื่องหมายสำหรับค่าย่อยมูลค่าโหนดและค่าเชื่อมโยงเพื่อระบุชนิดของคำอธิบายประกอบที่จะเพิ่ม

6. วันที่ / เวลาของวันที่ / เวลาที่ใช้ควบคุมบนเบราเซอร์แผนที่สามารถใช้เพื่อเลื่อนผ่านผลกาจำลองในเวลา ภาพที่ 2.16 แสดงผลที่ 5 ชั่วโมง 45 นาทีในการจำลอง

7. คุณสามารถใช้ตัวควบคุมในแผง Animator ของ Map Browser (ดูรูปที่ 18) เพื่อสร้างภาพเคลื่อนไหวของแผนที่ผ่านช่วงเวลา ตัวอย่างเช่นการกดปุ่มจะเรียกใช้การเคลื่อนไหวไปข้างหน้าในเวลา

การดูซีรี่ส์ของซีรี่ส์เวลา

ในการสร้างพล็อตชุดอนุกรมเวลาของผลการจำลอง: 1. เลือกรายงาน >> กราฟ >> ไทม์ซีรีส์หรือคลิกที่แถบเครื่องมือมาตรฐาน 2. กรอบโต้ตอบการเลือกพล็อต Time Series จะปรากฏขึ้น ใช้เพื่อเลือกวัตถุและตัวแปรที่จะวางแผน

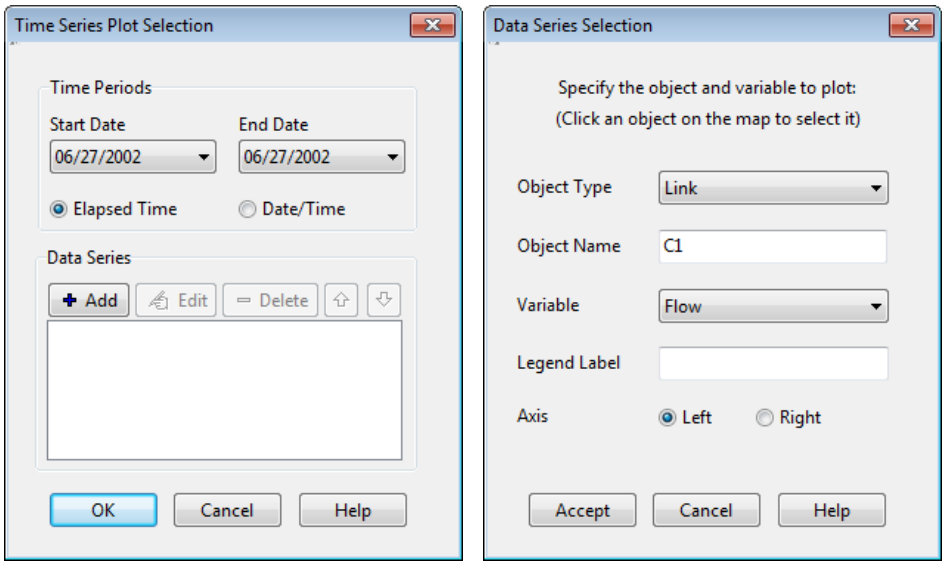
ตัวอย่างเช่นกล่องโต้ตอบการเลือกพล็อตซีรีส์เวลาสามารถใช้เพื่อคำนวณการไหลในท่อร้อยสาย C1 และ C2 ได้ดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 2.19)

1. คลิกปุ่มเพิ่มในไดอะล็อกเพื่อดูกล่องโต้ตอบการเลือกชุดข้อมูล รูปที่ 2.19

2. เลือกท่อ C1 (ทั้งบนแผนที่หรือใน Project Browser) และเลือก Flow เป็นตัวแปรที่จะวางแผน คลิกปุ่ม Accept เพื่อกลับไปยังกล่องโต้ตอบการเลือก Plot Time Series

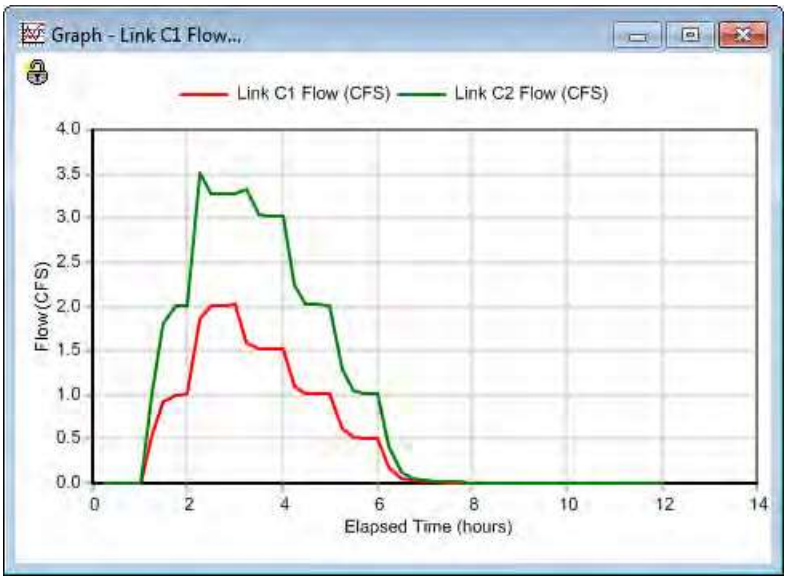
3. ทำซ้ำขั้นตอน 1 และ 2 สำหรับท่อ C2

4. กด OK เพื่อสร้างพล็อตซึ่งควรมีลักษณะเป็นกราฟในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 กรอบโต้ตอบการวางแผนเวลา

ที่มา: EPASWMM 5 Manual



รูปที่ 2.20 แผนผังลำดับของกระแสลิงค์

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

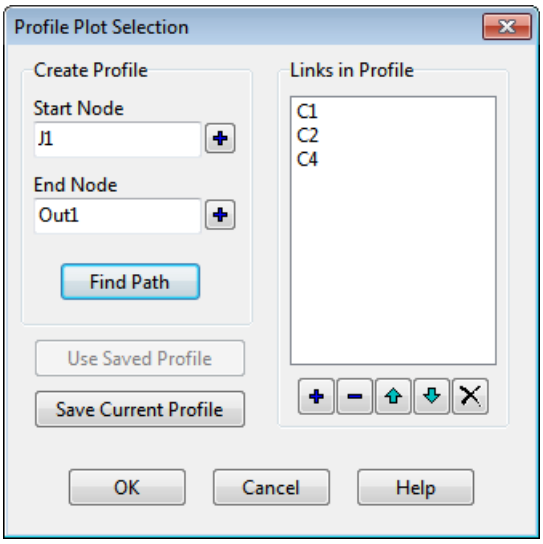
หลังจากสร้างพล็อตแล้วคุณสามารถ: •ปรับแต่งลักษณะที่ปรากฏโดยเลือกรายงาน >> ปรับแต่ง หรือคลิกที่ปุ่มบนแถบเครื่องมือมาตรฐานหรือคลิกขวาที่พล็อต•คัดลอกไปยังคลิปบอร์ดและวางลงในแอพพลิเคชันอื่นโดยเลือก แก้ไข >> คัดลอกไปที่หรือคลิกที่แถบเครื่องมือมาตรฐานพิมพ์โดยเลือกไฟล์ >> พิมพ์หรือไฟล์ >> พิมพ์ตัวอย่าง (ใช้ไฟล์ >> ตั้งค่าหน้าแรกเพื่อตั้งระยะขอบการวางแนวเป็นต้น)

การดูพล็อตโปรไฟล์

SWMM สามารถสร้างแผนภาพรายละเอียดแสดงความลึกของพื้นผิวน้ำแตกต่างกันไปตามเส้นทางของโหนดและการเชื่อมต่อของโหนด ลองสร้างแผนดังกล่าวสำหรับท่อที่เชื่อมต่อทางแยก J1 กับ Out1 ของระบบระบายน้ำตัวอย่างของเรา ในการดำเนินการนี้

1. เลือกรายงาน >> กราฟ >> ข้อมูลในเมนูหลักหรือคลิกที่แถบเครื่องมือมาตรฐาน

2. ป้อน J1 ในช่อง Start Node ของกล่องโต้ตอบ Profile Plot Selection ที่ปรากฏขึ้น (ดูรูปที่ 2.19) หรือเลือกบนแผนที่หรือจาก Project Browser และคลิกปุ่มที่อยู่ติดกับฟิลด์



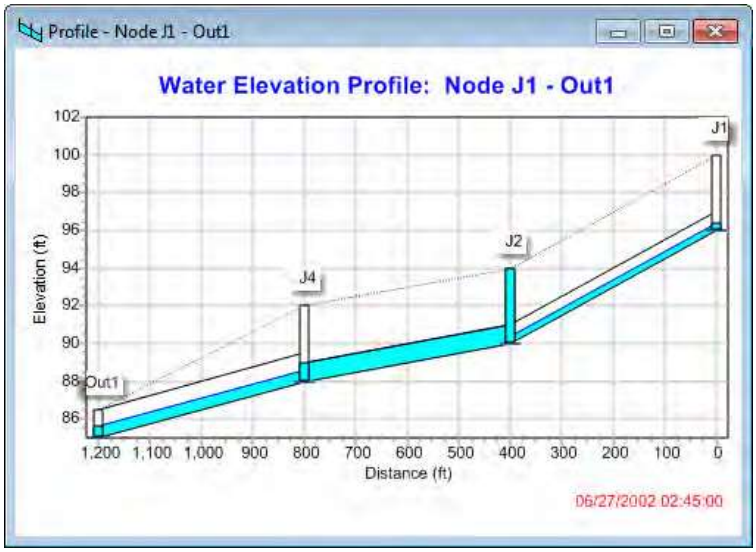
รูปที่ 2.21 กรอบข้อความโปรไฟล์

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

3. ทำแบบเดียวกันกับโหนด Out1 ในฟิลด์โหนดท้ายของกล่องโต้ตอบ

4. คลิกปุ่ม Find Path รายการสั่งการของลิงก์ที่สร้างเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่ระบุจะแสดงในกล่องเชื่อมโยงในโปรไฟล์ คุณสามารถแก้ไขรายการในช่องนี้ได้ถ้าต้องการ

5. คลิกที่ปุ่ม OK เพื่อสร้างพล็อตแสดงรายละเอียดพื้นผิวน้ำตามที่มีอยู่ในเวลาจำลองที่เลือกในเบราเซอร์แผนที่ (ดูรูปที่ 2.22 สำหรับชั่วโมง 02:45)



รูปที่ 2.22 พล็อตโปรไฟล์ตัวอย่าง

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

ขณะที่คุณเลื่อนไปตามเวลาโดยใช้เบราเซอร์แผนที่หรือด้วยตัวควบคุม Animator โปรไฟล์ความลึกของน้ำในพล็อตจะได้รับการอัปเดต สังเกตว่าโหนด J2 เกิดน้ำท่วมระหว่างเวลา 2 ถึง 3 ของพายุหรือไม่ รูปลักษณ์ของพล็อตโปรไฟล์สามารถปรับแต่งได้และสามารถคัดลอกหรือพิมพ์ได้โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับแบบอนุกรมเวลา

ใช้การวิเคราะห์ Dynamic Wave แบบเต็มรูปแบบ

ในการวิเคราะห์เพียงแค่วิ่งเราเลือกที่จะใช้วิธี Kinematic Wave ของเส้นทางไหลผ่านระบบระบายน้ำของเรา นี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ แต่ง่ายที่ไม่สามารถจัดการกับปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลกระทบน้ำ แรงดันไหลไหลย้อนกลับและรูปแบบที่ไม่ใช่ Dendritic SWMM ยังมีขั้นตอนการกำหนดเส้นทางคลื่นแบบไดนามิกที่สามารถแสดงถึงสภาวะเหล่านี้ ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นเนื่องจากต้องใช้ขั้นตอนเล็ก ๆ เพื่อรักษาเสถียรภาพเชิงตัวเลข

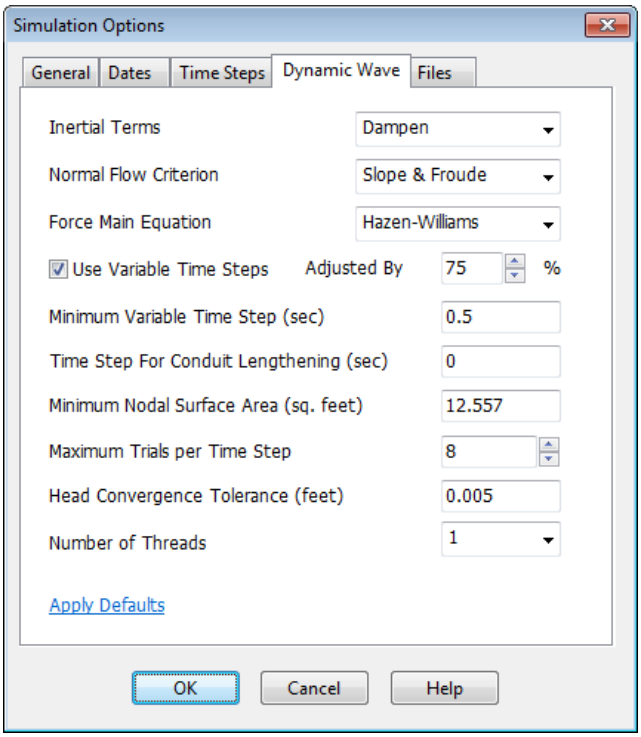
ส่วนใหญ่ของผลกระทบดังกล่าวข้างต้นจะไม่ใช้กับตัวอย่างของเรา อย่างไรก็ตามเรามีท่อ C2 ซึ่งเต็มไปด้วยน้ำไหลเข้าและทำให้เกิดต้นน้ำลำธารน้ำท่วม อาจเป็นไปได้ว่าท่อนี้ได้รับแรงดันสูงและอาจมีการไหลเวียนมากกว่าที่คำนวณได้โดยใช้การกำหนดเส้นทาง Kinematic Wave ตอนนี้เราต้องการดูว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้าเราใช้การกำหนดเส้นทาง Dynamic Wave แทน

เมื่อต้องการเรียกใช้การวิเคราะห์ด้วย Dynamic Wave routing

1. จาก Browser Project เลือกหมวด Options และคลิกที่ปุ่ม

2. ในหน้าทั่วไปของกล่องโต้ตอบตัวเลือกการจำลองที่ปรากฏให้เลือก Dynamic Wave เป็นวิธีการกำหนดเส้นทางการไหล

3. ในหน้า Dynamic Wave ของไดอะล็อกใช้การตั้งค่าดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ตัวเลือกการจำลองคลื่นแบบไดนามิก

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

4. คลิกตกลงเพื่อปิดแบบฟอร์มและเลือก Project >> Run Simulation (หรือคลิกปุ่ม) เพื่อเรียกใช้การวิเคราะห์อีกครั้ง

ถ้าคุณดูรายงานสรุปสำหรับการดำเนินการนี้คุณจะเห็นว่าไม่มีน้ำท่วมเชื่อมต่ออีกต่อไปและกระแสสูงสุดที่บรรทุกโดยท่อ C2 เพิ่มขึ้นจาก 3.52 cfs เป็น 4.04 cfs

2.6.7 การจำลองคุณภาพน้ำ

ในขั้นตอนต่อไปของบทแนะนำนี้เราจะเพิ่มการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในโครงการตัวอย่างของเรา SWMM มีความสามารถในการวิเคราะห์การสะสม, การขนส่ง, การขนส่งและการบำบัดรักษาของส่วนประกอบทางเคมีที่มีคุณภาพ ขั้นตอนที่จำเป็นในการบรรลุข้อนี้คือ

1. ระบุมลพิษที่จะนำมาวิเคราะห์
2. กำหนดประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ก่อให้เกิดมลพิษเหล่านี้
3. กำหนดพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน Buildup และ Wash off ที่กำหนดคุณภาพของการไหลของน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละชนิด

4. กำหนดพื้นที่ใช้สอยให้เข้ากันในแต่ละพื้นที่ย่อย

5. กำหนดฟังก์ชั่นการกำจัดสารมลพิษสำหรับโหนดภายในระบบระบายน้ำที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการบำบัด

ตอนนี้เราจะใช้แต่ละขั้นตอนเหล่านี้ยกเว้นหมายเลข 5 ในโครงการตัวอย่างของเรา เราจะใส่ค่ามลพิษที่ไหลบ่าสอง ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (TSS) วัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรและตะกั่วทั้งหมดวัดเป็น $\mu g\ /\ L$ นอกจากนี้เราจะระบุว่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในสารละลายเป็นสัดส่วนคงที่ (0.25) ของความเข้มข้นของ TSS เพื่อเพิ่มมลพิษเหล่านี้ให้กับโครงการของเรา

1. ในหมวดคุณภาพในเบราว์เซอร์ของโครงการให้เลือกหมวดย่อยมลภาวะใต้ $\mu g\ /\ L$

2. คลิกปุ่มเพื่อเพิ่มสารก่อมลพิษใหม่ลงในโครงการ

3. ในกล่องโต้ตอบตัวแก้ไขมัลแวร์ที่ปรากฏขึ้น (ดูรูปที่ 2.24) ให้ป้อน TSS สำหรับชื่อสารมลพิษและปล่อยให้ฟิลด์ข้อมูลอื่น ๆ อยู่ที่การตั้งค่าเริ่มต้น

4. คลิกปุ่ม OK เพื่อปิดตัวแก้ไข

5. คลิกที่ปุ่มบน Browser Project อีกครั้งเพื่อเพิ่มมลภาวะต่อไปของเรา

6. ในตัวแก้ไขมลภาวะให้ป้อนชื่อตะกั่วสำหรับชื่อมลพิษเลือก $\mu g\ /\ L$ สำหรับหน่วยความเข้มข้นป้อน TSS เป็นชื่อของสารควบคุมมลพิษและป้อน 0.25 เป็นค่า Co-Fraction

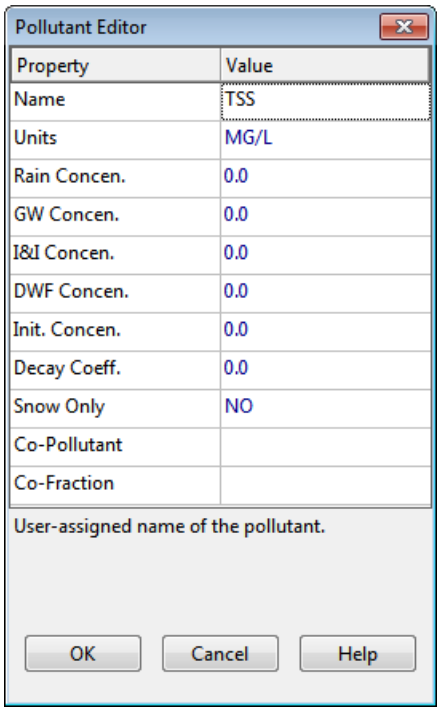
7. คลิกปุ่ม OK เพื่อปิดตัวแก้ไข

ใน EPASWMM 5 สารมลพิษที่เกิดจากการไหลบ่าเข้าเกิดจากการใช้ที่ดินเฉพาะที่กำหนดให้กับการจับคู่ ในตัวอย่างของเราเราจะกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสองประเภทคือที่อยู่อาศัยและที่ยังไม่พัฒนา เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินเหล่านี้ลงในโครงการ

1. ภายใต้หมวดคุณภาพในเบราเซอร์โครงการให้เลือกหมวดหมู่ย่อยการใช้ประโยชน์ที่ดิน

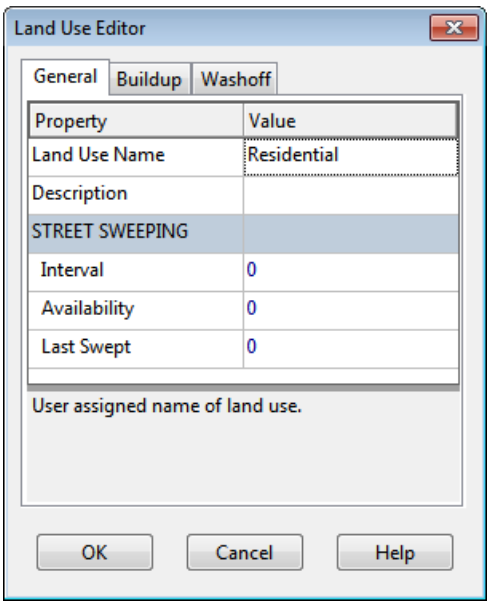
2. ในกล่องโต้ตอบตัวแก้ไขการใช้ที่ดินที่ปรากฏขึ้น (ดูรูปที่ 2.25) ให้ป้อนเขตที่อยู่อาศัยในช่องชื่อแล้วคลิกปุ่มตกลง

3. ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 เพื่อสร้างหมวดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ยังไม่พัฒนา



รูปที่ 2.24 กล่องโต้ตอบตัวแก้ไขมลพิษ

ที่มา: EPASWMM 5 Manual



รูปที่ 2.25 กรอบโต้ตอบตัวแก้ไขการใช้ที่ดิน

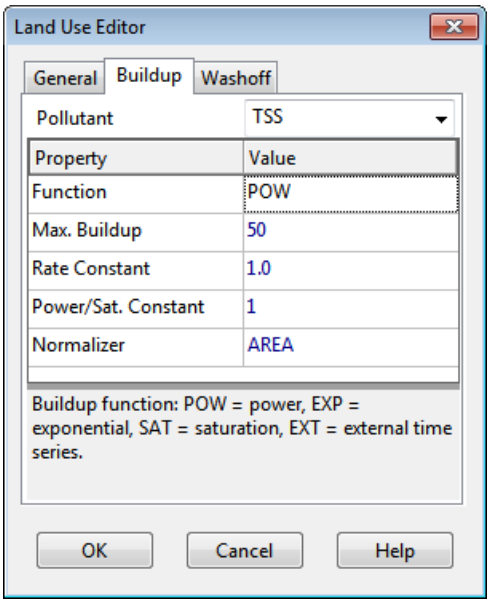
ที่มา: EPASWMM 5 Manual

ต่อไปเราจำเป็นต้องกำหนดฟังก์ชัน Buildup และ Wash off สำหรับ TSS ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของเรา ฟังก์ชั่นสำหรับตะกั่วไม่จำเป็นต้องใช้เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำไหลบ่าถูกกำหนดให้เป็นเศษส่วนถาวรของความเข้มข้นของ TSS โดยปกติการกำหนดฟังก์ชันเหล่านี้จำเป็นต้องมีการปรับเทียบเฉพาะไซต์ในตัวอย่างนี้เราจะสมมติว่าสารแขวนลอยในพื้นที่ที่อยู่อาศัยสร้างขึ้นที่อัตราคงที่ 1 ปอนด์ต่อเอเคอร์ต่อวันจนกว่าจะถึงขีด จำกัด ของ 50 ปอนด์ต่อเอเคอร์ สำหรับคนที่ยังไม่พัฒนา

พื้นที่ที่เราจะสมมติว่าสะสมเป็นเพียงครึ่งเท่า สำหรับฟังก์ชัน Wash Off เราจะถือว่าค่าคงที่เฉลี่ย 100 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับที่ดินที่อยู่อาศัยและ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับที่ดินที่ยังไม่พัฒนา เมื่อเกิดการไหลบ่าขึ้นความเข้มข้นเหล่านี้จะยังคงอยู่จนกว่าจะมีการสะสมตัวที่มีอยู่หมด เพื่อกำหนดหน้าที่เหล่านี้สำหรับการใช้ที่ดินที่อยู่อาศัย

1. เลือกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อยู่อาศัยจากเบราว์เซอร์โครงการและคลิกที่ปุ่ม
2. ในกล่องโต้ตอบตัวแก้ไขการใช้ที่ดินให้ย้ายไปที่หน้า Buildup (ดูรูปที่ 2.26)
3. เลือก TSS เป็นสารมลพิษและ POW (สำหรับ Power Function) เป็นชนิดฟังก์ชัน
4. กำหนดฟังก์ชันการสะสมสูงสุด 50 ค่าอัตราคงที่ 1.0 กำลังไฟฟ้า 1 และเลือก AREA เป็น Normalizer
5. เลื่อนไปที่หน้า Wash off ของกล่องโต้ตอบและเลือก TSS เป็นสารมลพิษ EMC เป็นประเภทฟังก์ชันและป้อน 100 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ กรอกข้อมูลในช่องอื่น ๆ ด้วย 0
6. คลิกปุ่มตกลงเพื่อยอมรับรายการของคุณ

ตอนนี้ทำแบบเดียวกันสำหรับหมวดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ยังไม่พัฒนายกเว้นการสะสมสูงสุดที่ 25 อัตราการสะสมตัวคงที่เท่ากับ 0.5 กำลังการรวมตัวที่ 1 และค่า EMF ของ Max. Buildup เท่ากับ 50

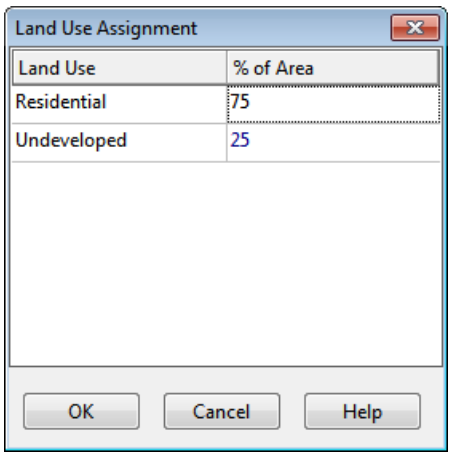


รูปที่ 2.26 การกำหนดฟังก์ชัน TSS buildup

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

ขั้นตอนสุดท้ายในตัวอย่างคุณภาพน้ำของเราคือการกำหนดส่วนผสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินให้กับพื้นที่ย่อยแต่ละแห่ง

1. เลือก Subcatchment S1 ลงใน Property Editor
2. เลือกคุณสมบัติการใช้ประโยชน์ที่ดินและคลิกปุ่มจุดไข่ปลา (หรือกด Enter)
3. ในกล่องโต้ตอบการกำหนดการใช้ที่ดินที่ปรากฏขึ้นให้ป้อน 75 สำหรับ% Residential และ 25 สำหรับ % Undeveloped (ดูรูปที่ 2.27) จากนั้นคลิกปุ่มตกลงเพื่อปิดกล่องโต้ตอบ



รูปที่ 2.27 กรอบโต้ตอบการใช้ที่ดิน

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

4. ทำซ้ำสามขั้นตอนเดียวกันสำหรับการบันทึกย่อย S2

5. ทำซ้ำสำหรับการบันทึกย่อย S3 ยกเว้นการจัดสรรที่ดินที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัย 25% และ 75% ยังไม่พัฒนาก่อนที่เราจะจำลองปริมาณ TSS และตะกั่วจากบริเวณที่ทำการศึกษาของเราเราควรกำหนด TSS ไว้เพื่อให้สามารถล้างออกได้ในระหว่างเหตุการณ์ฝนตกครั้งเดียวของเรา เราสามารถระบุจำนวนวันก่อนหน้าแห้งก่อนการจำลองหรือระบุมวลที่สะสมเริ่มต้นได้ในแต่ละการ จัดเก็บย่อย เราจะใช้วิธีการเดิม

1. จากหมวด Options ของ Browser Project ให้เลือก Dates sub-category และคลิก

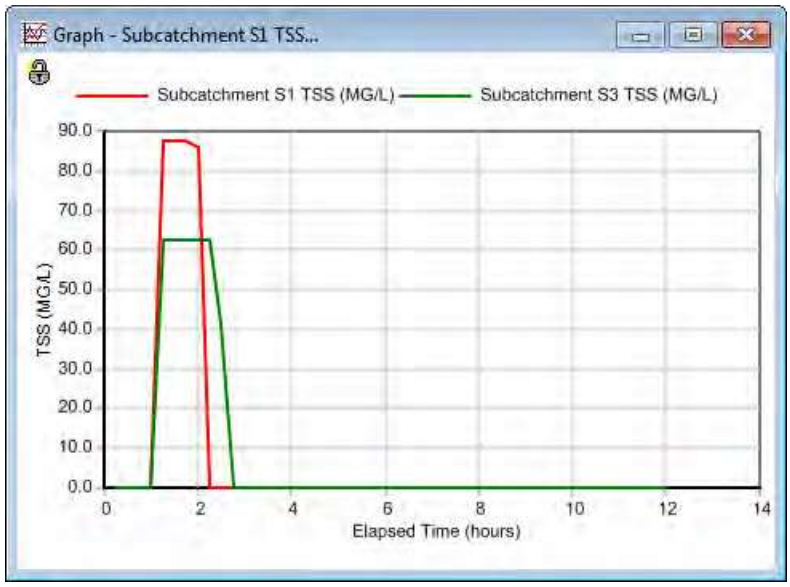
2. ในไดอะลอกบ็อกซ์ตัวเลือกการจำลองที่ปรากฏขึ้นให้ป้อน 5 ลงในฟิลด์วันก่อนหน้า

3. ปล่อยตัวเลือกการจำลองแบบอื่น ๆ เช่นเดียวกับการกำหนดเส้นทางการไหลแบบได-นามิกที่เราเพิ่งเสร็จสิ้น

4. คลิกปุ่มตกลงเพื่อปิดกล่องโต้ตอบ ตอนนี้ให้รันการจำลองโดยเลือก Project >> Run Simulation หรือคลิกที่ Standard Toolbar

เมื่อการดำเนินการเสร็จสิ้นให้ดูรายงานสถานะ โปรดทราบว่ามีการเพิ่มส่วนใหม่ 2 ส่วน สำหรับคุณภาพการไหลอย่างต่อเนื่องและความต่อเนื่องของ Routing Quality Continuity จากคุณภาพน้ำชะขยะตารางต่อเนื่องที่เราเห็นว่ามีการสะสมเริ่มต้นของ TSS 47.5 ปอนด์ในพื้นที่การศึกษาและเสริมเพิ่มขึ้นอีก 2.2 พันปอนด์ในช่วงเวลาแห้งของการจำลอง ประมาณ 47.9 lbs ถูกล้างออกในระหว่างเหตุการณ์น้ำฝน ปริมาณของสารตะกั่วที่ล้างออกเป็นเปอร์เซ็นต์คงที่ (25% เป็น 0.001 เพื่อแปลงจากมิลลิกรัมไปเป็น μg) ของ TSS ตามที่ระบุไว้

ถ้าคุณทำนายความเข้มข้นของ TSS สำหรับการบันทึกย่อย S1 และ S3 ไว้ด้วยกันในกราฟชุดข้อมูลแบบเวลาเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 2.28 คุณจะเห็นความแตกต่างในความเข้มข้นที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ทั้งสองนี้ นอกจากนี้คุณยังสามารถดูว่าระยะเวลาที่สารมลพิษจะถูกชะล้างออกไปจะสั้นกว่าระยะเวลาของอุทกศาสตร์ทั้งหมดที่ไหลบ่า (เช่น 1 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ TSS มีการสะสมที่มีอยู่ในช่วงเวลานี้



รูปที่ 2.28 TSS จากข้อมูลย่อยที่เลือก

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

2.6.8 การจำลองแบบต่อเนื่อง

ในบทสุดท้ายนี้เราจะสาธิตวิธีการจำลองแบบต่อเนื่องในระยะยาวโดยใช้สถิติปริมาณน้ำฝนที่บันทึกไว้ในอดีตและวิธีการวิเคราะห์ความถี่ทางสถิติ บันทึกปริมาณน้ำฝนจะมาจากไฟล์ชื่อ sta310301.dat ที่มาพร้อมกับชุดข้อมูลตัวอย่างที่ให้มาพร้อมกับ EPA SWMM มีฝนตกเป็นเวลาหลายปี เริ่มในเดือนมกราคมปี 2541 ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบ DSI 3240 แห่งชาติอากาศของศูนย์ข้อมูลแห่งชาติซึ่ง SWMM สามารถจดจำได้โดยอัตโนมัติ

เมื่อต้องการเรียกใช้การจำลองแบบต่อเนื่องพร้อมกับบันทึกปริมาณน้ำฝนนี้

1. เลือกเครื่องวัดระดับน้ำฝน Gage1 ลงในตัวแก้ไขคุณสมบัติ

2. เปลี่ยนการเลือกแหล่งข้อมูลเป็น FILE

3. เลือกช่องข้อมูลชื่อไฟล์และคลิกปุ่มจุดไข่ปลา (หรือกดปุ่ม Enter) เพื่อเปิดหน้าต่างโต้ตอบการเลือกไฟล์ Windows มาตรฐาน

4. ไปที่โฟลเดอร์ที่เก็บไฟล์ตัวอย่าง SWMM เลือกไฟล์ชื่อ sta310301.dat แล้วคลิก Open เพื่อเลือกไฟล์และปิดกล่องโต้ตอบ

5. ในฟิลด์ Station No. ของ Property Editor ให้ป้อน 310301

6. เลือกหมวด Options ใน Project Browser และคลิกที่ปุ่มเพื่อเปิดหน้าต่าง Simulation Options

7. ในหน้าทั่วไปของแบบฟอร์มให้เลือก Kinematic Wave เป็น Routing Method (วิธีนี้จะช่วยเพิ่มความเร็วในการคำนวณ)

8. ในหน้าวันที่ของแบบฟอร์มให้ตั้งค่าทั้งวันเริ่มต้นการวิเคราะห์และเริ่มต้นการรายงานเป็น
01/01/1998 และตั้งค่าวันที่สิ้นสุดการวิเคราะห์เป็น 01/01/2000

9. ในหน้า Time Steps ของฟอร์มให้ตั้ง Routing Time Step เป็น 300 วินาที

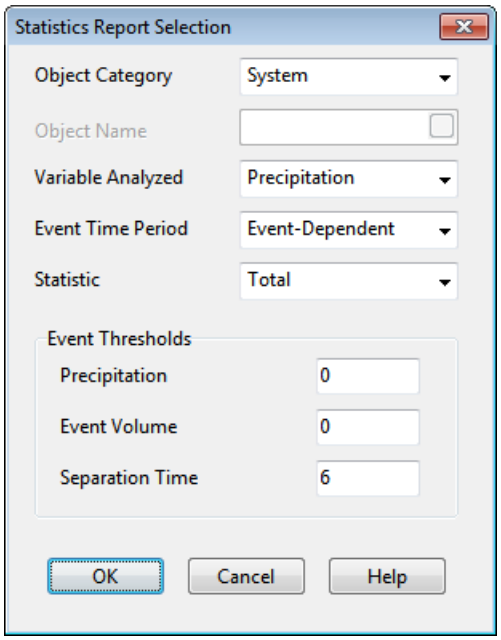
10. ปิดรูปแบบ Simulation Options โดยการคลิกที่ปุ่ม OK และเริ่มการจำลองโดยเลือก Project >> Run Simulation (หรือโดยการคลิกที่ Standard Toolbar)

หลังจากการจำลองแบบต่อเนื่องของเราเสร็จสิ้นแล้ว เราสามารถทำการวิเคราะห์ความถี่ทางสถิติของตัวแปรที่ผลิตเป็นเอาต์พุตได้ ตัวอย่างเช่นในการพิจารณาการแจกแจงปริมาณฝนในแต่ละเหตุการณ์พายุในช่วงเวลาสองปีที่จำลองขึ้น

1. เลือกรายงาน> สถิติหรือคลิกปุ่มบนแถบเครื่องมือมาตรฐาน

2. ในไดอะล็อก Statistics Selection ที่ปรากฏขึ้นให้ป้อนค่าที่แสดงในรูปที่ 2.29

3. คลิกปุ่มตกลงเพื่อปิดแบบฟอร์ม

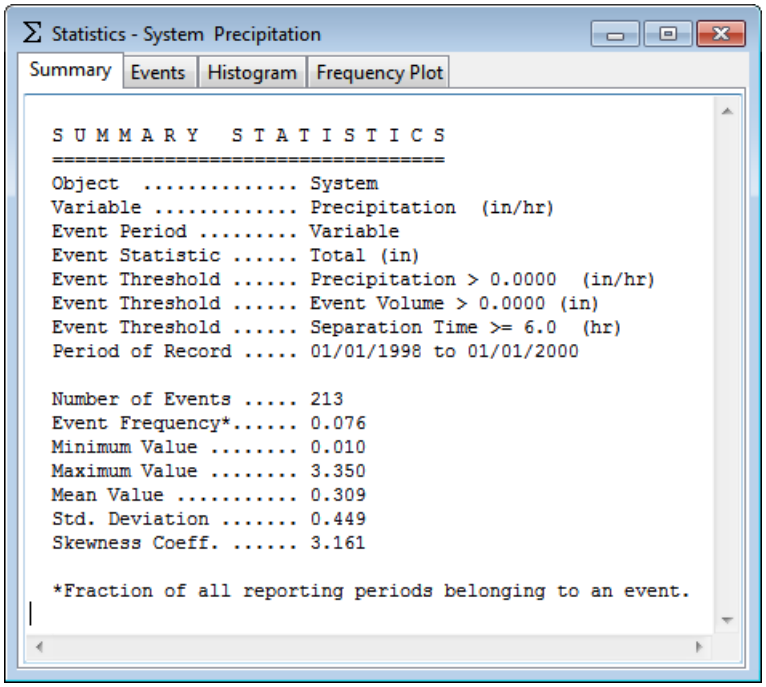


รูปที่ 2.29 โต้ตอบการเลือกสถิติ

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

ผลลัพธ์ของคำขอนี้จะเป็นแบบฟอร์มรายงานสถิติ (ดูรูปที่ 2.30) ซึ่งประกอบด้วยสี่หน้าแท็บ : หน้า Summary, หน้า Events ที่มีรายการลำดับอันดับของแต่ละเหตุการณ์, หน้าฮิสโตแกรมที่มีพล็อตของความถี่ที่เกิดขึ้นกับเหตุการณ์ ขนาดและหน้าความถี่ที่วางแผนแปลงขนาดเหตุการณ์เทียบกับความถี่สะสม

หน้าสรุปแสดงให้เห็นว่ามีจำนวนทั้งสิ้น 213 เหตุการณ์ฝนตก หน้ากิจกรรมแสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์น้ำฝนที่ใหญ่ที่สุดมีปริมาณ 3.35 นิ้วและเกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมง ไม่มีเหตุการณ์ใดที่ตรงกับเหตุการณ์พายุออกแบบ 3 นิ้วซึ่งใช้เวลา 6 ชั่วโมงในการวิเคราะห์เหตุการณ์ครั้งเดียวก่อนหน้านี้ซึ่งทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมภายใน ในความเป็นจริงรายงานสรุปสำหรับการจำลองแบบต่อเนื่องนี้แสดงว่าไม่มีเหตุการณ์น้ำท่วมหรือการคิดค่าบริการเพิ่มขึ้นในช่วงจำลอง



รูปที่ 2.30 รายงานสถิติตัวอย่าง

ที่มา: EPASWMM 5 Manual

คุณลักษณะเพิ่มเติมบางอย่างของโปรแกรมที่คุณจะพบว่ามีประโยชน์ได้แก่

1. ใช้องค์ประกอบระบายน้ำเพิ่มเติมเช่นหน่วยจัดเก็บเครื่องแบ่งกระแสลมปั๊มและตัวควบคุมเพื่อสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อนมากขึ้นของระบบ

2. ใช้กฎควบคุมเพื่อจำลองแบบเรียลไทม์ การไหลเวียนของของเหลวและการไหลเข้าของ

น้ำฝนที่ไหลเข้ามาจากน้ำฝน

3.การสร้างแบบจำลองการไหลเวียนของน้ำใต้ดินระหว่าง Aquifers ใต้พื้นที่ย่อยและโหนดระบบระบายน้ำ

4.การสร้างแบบจำลองการสะสมหิมะและการละลายภายในการจับคู่

5.เพิ่มข้อมูลการสอบเทียบกับโครงการเพื่อให้ผลการจำลองสามารถเทียบกับค่าที่วัดได้

6.ใช้ถนนเบื้องหลังแผนผังไซต์หรือแผนที่ Topo เพื่อช่วยในการวางองค์ประกอบของระบระบายน้ำและช่วย เชื่อมโยงผลการจำลองไปยังสถานที่ในโลกแห่งความจริง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นาย ณัฐพล เขียวทอง และ นาย นิตินันต์ อินทร์อนันต์ (2550) การออกแบบระบายน้ำฝนในพื้นที่เทศบาลเมืองนครนายก ปัจจุบันเกิดปัญหาน้ำท่วม เนื่องจากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่หนักจนเกิดความสามารถในการระบายน้ำ ขององค์ประกอบการระบายน้ำกระบวนการไหลตั้งแต่ตกจนออกสู่พื้นที่ภายนอก น้ำฝนที่ตกจะไหลไปตามพื้นถนน ตามพื้นดินหรือขังอยู่ตามที่ลุ่ม แล้วระบายผ่านโครงข่ายท่อระบายน้ำในถนนและไหลลงสู่แม่น้ำ ซึ่งถูกระบายตามแรงโน้นถ่วง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระดับน้ำภายในและภายนอกพื้นที่การออกแบบระบายน้ำจึงต้องมีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบของระบบระบายน้ำ

การศึกษาพฤติกรรมระบบระบายน้ำของเทศบาลเมืองนครนายกโดยใช้โปรแกรม EPASWMM 5 โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่สถานีวังรีรีสอร์ท ช่วงการศึกษาปริมาณน้ำฝน ณ วันที่ 15-18 กรกฎาคม 2550 จากที่ได้ใช้โปรแกรม EPASWMM 5 วิเคราะห์ระบบระบายน้ำในเขตเทศบาลเมืองนครนายก จากข้อมูลการไหล 3 กรณีแล้วพบว่ากรณีแรกที่อัตราการไหลไหลมากที่ ถึง 2.50 CMS. เกิดน้ำท่วมจริง ในวันที่ 17 กรกฎาคม 2550 เป็นช่วงเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง นั้นผลที่ปรากฏได้ตรงตามสภาพเหตุการณ์จริงได้เกิดน้ำท่วมในวันและเวลาดังกล่าว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรม EPASWMM 5 ใช้ในการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำและสามารถออกแบบระบบระบายน้ำได้ และผลที่ได้จากการทดลองเป็นแนวทางในการตัดสินใจบริหารน้ำในอนาคตได้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 คอมพิวเตอร์บุคคลหน่วยประมวลผล

3.1.2 แบบจำลองอุทกสถิตศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองคณติศาสตร์ EPASWMM 5

3.1.3 โปรแกรม Microsoft Excel 2010

3.1.4 แผนที่ระบบท่อระบายน้ำในสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

3.1.5 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.2.1 การจัดเก็บข้อมูล

3.2.1.1 ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ขอข้อมูลแผนที่แนวท่อระบายน้ำของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

3.2.1.2 สำรวจแนวท่อระบายน้ำ

ลงพื้นที่สำรวจแนวท่อระบายน้ำจากแผนที่ที่ได้มา

3.2.1.3 สำรวจระดับท้องท่อและขนาดของท่อระบายน้ำ

เก็บค่าระดับท่อระบายน้ำจากการใช้กล้องระดับและตลับเมตร

3.2.1.4 เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน

เก็บค่าน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ที่ศึกษา

3.2.2 รวบรวมข้อมูล

3.2.2.1 จัดทำแผนภาพแสดงแนวท่อระบายน้ำ

รวบรวมข้อมูลระดับท่อ, ความยาวท่อ และขนาดท่อทั้งหมด เพื่อใช้ในการสร้างโครงข่ายแบบจำลองในโปรแกรม EPASWMM 5

3.2.2.2 จัดทำแผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้น

เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีที่เลือกพิจารณา

3.2.3 นำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม EPASWMM 5

3.2.4 ประมวลผล

3.2.4.1 สร้างกรณีจำลองสถานะการณ์

จำลองจากตัวแปร 3 ค่า ได้แก่

1. ค่าน้ำฝนทั้ง 3 ปี คือ ปี พ.ศ. 2554 ปี พ.ศ. 2556 และ ปี พ.ศ. 2559

2. ค่าสัมประสัมสิทธิ์ของการไหลนอง 2 ค่า คือ พื้นที่คอนกรีตทั่วไป มีค่าสัมประสัมสิทธิ์ของการไหลนองเท่ากับ 0.013 และ ในบริเวณพื้นที่เป็นหญ้าสั้น มีค่าสัมประสัมสิทธิ์ของการไหลนองเท่ากับ 0.15

3. ค่าสัมประสัมสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง 2 ค่า คือ พิจารณาคาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งของท่อคอนกรีตแบบหยาบ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง ในช่วง0.015 - 0.017 เลือกพิจารณาค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุด 2 ค่า คือ 0.015 และ 0.017

จาก ค่าตัวแปรสามารถสร้างแบบจำลองได้ 12 กรณี คือ

1) ค่าน้ำฝนปี พ.ศ. 2554 ค่า C ของพื้นที่คอนกรีตทั่วไป เท่ากับ 0.013 และ ค่า n น้อยที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.015

2) ค่าน้ำฝน พ.ศ. 2554 ค่า C ของพื้นที่คอนกรีตทั่วไป เท่ากับ 0.013 และ ค่า n มากที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.017

3) ค่าน้ำฝน พ.ศ. 2554 ค่า C ของพื้นที่เป็นหญ้าสั้น เท่ากับ 0.15 และ ค่า n ที่น้อยที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.015

4) ค่าน้ำฝน ปีพ.ศ. 2554 ค่า C ของพื้นที่เป็นหญ้าสั้น เท่ากับ 0.15 และ ค่า n ที่มากที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.017

5) ค่าน้ำฝน ปีพ.ศ. 2556 ค่า C ของพื้นที่คอนกรีตทั่วไป เท่ากับ 0.013 และ ค่า n น้อยที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.015

6) ค่าน้ำฝน ปีพ.ศ. 2556 ค่า C ของพื้นที่คอนกรีตทั่วไป เท่ากับ 0.013 และ ค่า n มากที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.017

7) ค่าน้ำฝนปี พ.ศ. 2556 ค่า C ของพื้นที่เป็นหญ้าสั้น เท่ากับ 0.15 และ ค่า n ที่น้อยที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.015

8) ค่าน้ำฝนปี พ.ศ. 2556 ค่า C ของพื้นที่เป็นหญ้าสั้น เท่ากับ 0.15 และ ค่า n ที่มากที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.017

9) ค่าน้ำฝนปี พ.ศ. 2559 ค่า C ของพื้นที่คอนกรีตทั่วไป เท่ากับ 0.013 และ ค่า n น้อยที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.015

10) ค่าน้ำฝนปี พ.ศ. 2559 ค่า C ของพื้นที่คอนกรีตทั่วไป เท่ากับ 0.013 และ ค่า n มากที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.017

11) ค่าน้ำฝนปี พ.ศ. 2559 ค่า C ของพื้นที่เป็นหญ้าสั้น เท่ากับ 0.15 และ ค่า n ที่น้อยที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.015

12) ค่าน้ำฝนปี พ.ศ. 2559 ค่า C ของพื้นที่เป็นหญ้าสั้น เท่ากับ 0.15 และ ค่า n ที่มากที่สุดในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.017

ตารางที่ 3.1 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี

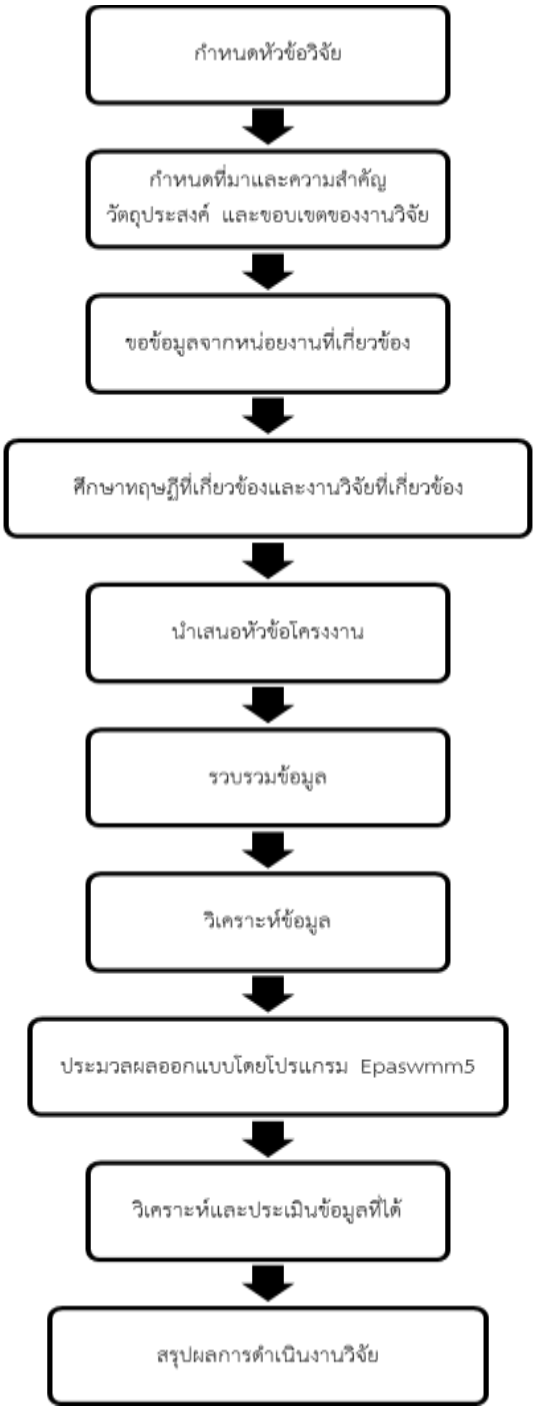
กรณีที่	ค่าปริมาณน้ำฝน	ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลนอง(C)	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n)
1	พ.ศ. 2554	0.013	0.015
2	พ.ศ. 2554	0.013	0.017
3	พ.ศ. 2554	0.15	0.015
4	พ.ศ. 2554	0.15	0.017
5	พ.ศ. 2556	0.013	0.015
6	พ.ศ. 2556	0.013	0.017
7	พ.ศ. 2556	0.15	0.015
8	พ.ศ. 2556	0.15	0.017
9	พ.ศ. 2559	0.013	0.015
10	พ.ศ. 2559	0.013	0.017
11	พ.ศ. 2559	0.15	0.015
12	พ.ศ. 2559	0.15	0.017

ตารางที่ 3.2 จำลองปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงใน3ชั่วโมงของพื้นที่สถาบันฯ

ชั่วโมง / น้ำฝน	ชั่วโมงที่ 1 (มม.)	ชั่วโมงที่ 2 (มม.)	ชั่วโมงที่ 3 (มม.)
น้ำฝนปี พ.ศ. 2559	30.8	1.4	0.6
จำลอง 1	30.8	15	15
จำลอง 2	30.8	30	30
จำลอง 3	20	30	20
จำลอง 4	25	35	25
จำลอง 5	30	35	30

3.2.5 วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง

3.3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.4 ระยะเวลา

ตารางที่ 3.1 แสดงการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี พ.ศ.2559						ปี พ.ศ.2560					
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.กำหนดหัวข้อวิจัย	↔									
2.กำหนดที่มาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย		↔								
3.ขอข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง			↔							
4.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง			↔							
5.นำเสนอหัวข้อโครงงาน				↔						
6.รวบรวมข้อมูล					↔					
7.วิเคราะห์ข้อมูล						↔				
8.ประมวลผลออกแบบโดยโปรแกรม Epaswmm5							↔			
9.วิเคราะห์และประเมินข้อมูลที่ได้								↔		
10.สรุปผลการดำเนินงานวิจัย										↔

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

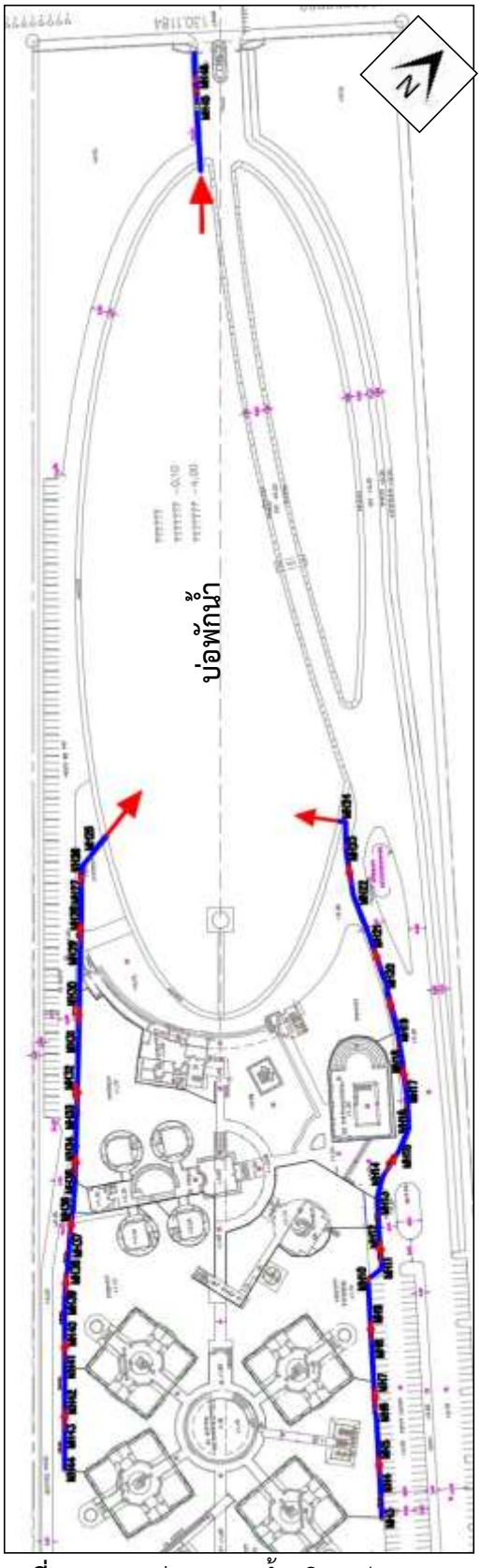
การศึกษาพฤติกรรมระบบระบายน้ำของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ด้วยโปรแกรม EPASWMM 5 ได้ใช้ข้อมูลอ้างอิงจากกราฟความเข้มฝนที่สถานีวัดน้ำฝนศรีจุฬา (http://wea.haii.or.th/telemetering) ด้วยเครื่องเก็บข้อมูลน้ำฝนอัตโนมัติ

4.1 แนวท่อโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

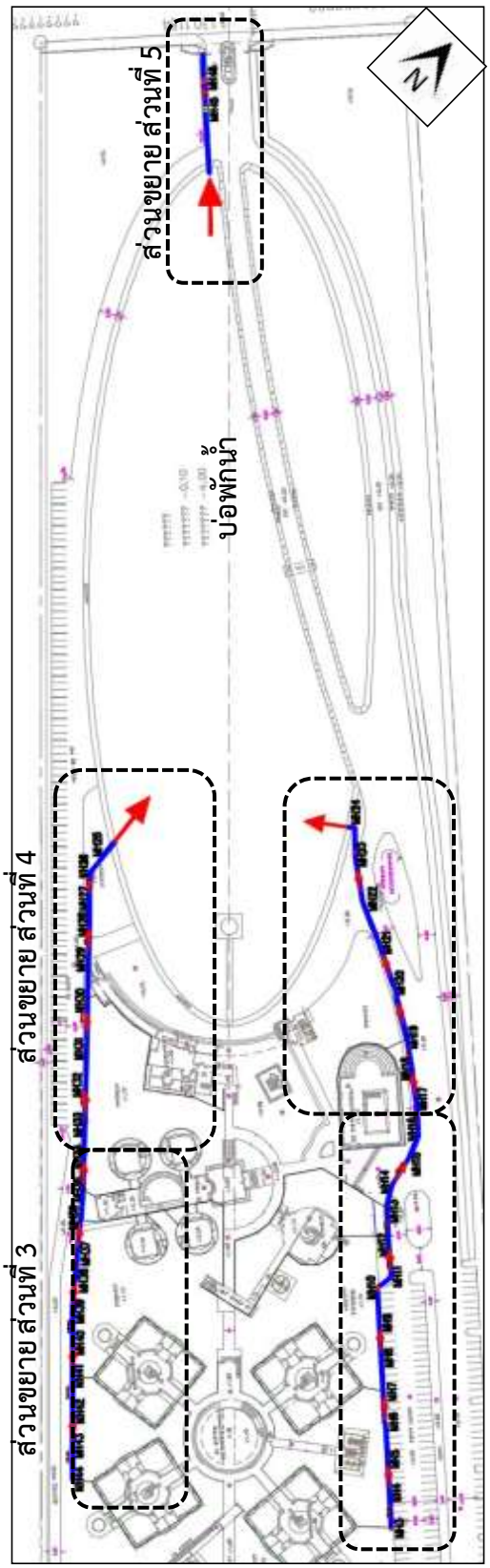
ผลการรวบรวมข้อมูลจากแผนผังของสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ โดยแบ่งเป็น 2 พื้นที่ คือ บริเวณฝ่ายประถม และ บริเวณฝ่ายมัธยม

4.1.1 บริเวณฝ่ายประถม

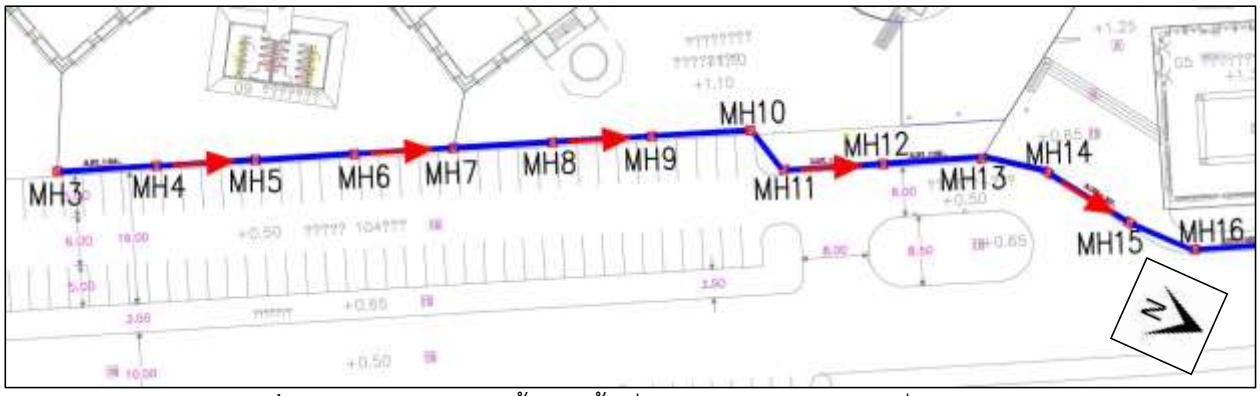
จากแผนผังแนวท่อระบายน้ำเป็นแบบระบบระบายน้ำรวมแบ่งเป็น 2 เส้นอยู่บริเวณด้านข้างของอาคารเรียนและมีท่อระบายน้ำเสีย ที่ผ่านการบำบัดแล้วจากอาคารเรียนมาเชื่อมกับท่อระบบระบายน้ำรวม แล้วไหลลงสู่บ่อพักน้ำดังทิศของลูกศรไปยังบริเวณด้านหน้าของในสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ฝ่ายประถม ก่อนที่จะปล่อยลงคลองรังสิตประยูรศักดิ์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 พร้อมทั้งส่วนขยายของรูปแนวท่อระบายน้ำ แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 4.4 4.5 4.6 และ 4.7



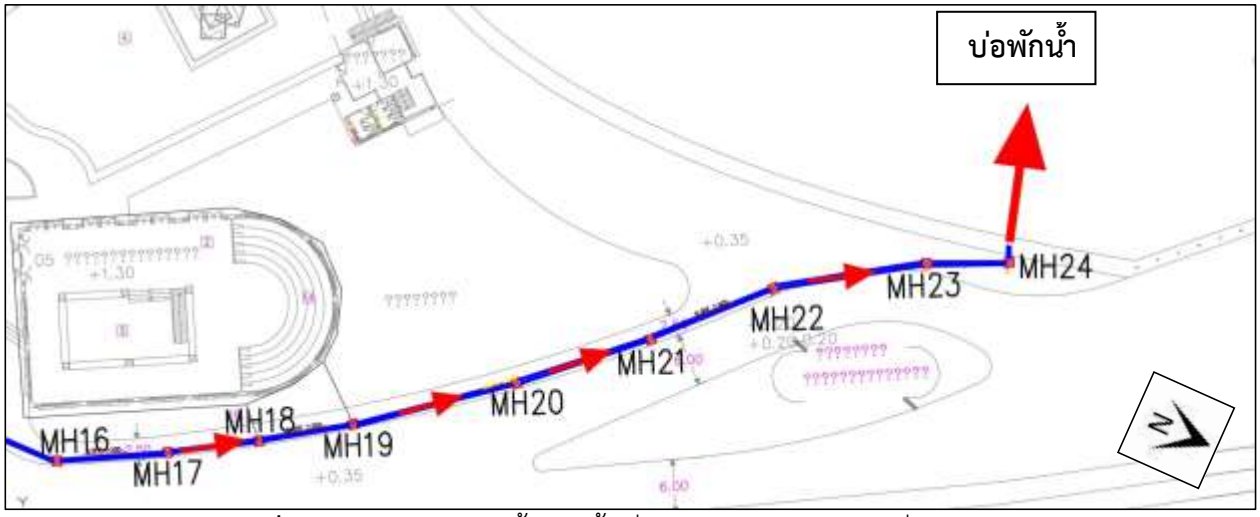
รูปที่ 4.1 แนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายประถม



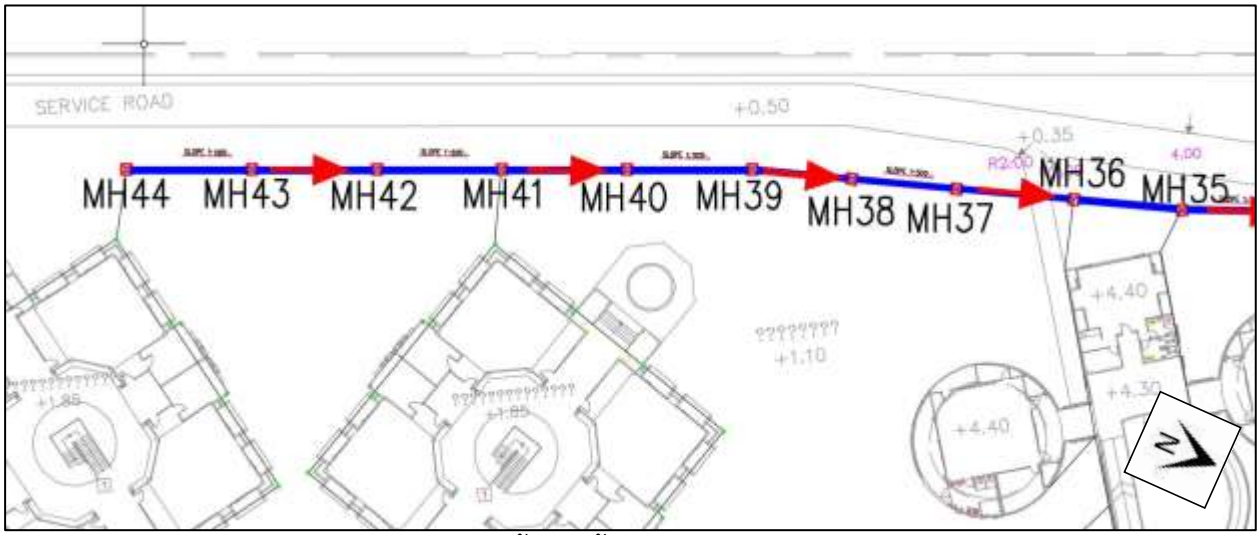
รูปที่ 4.2 ส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายประถม



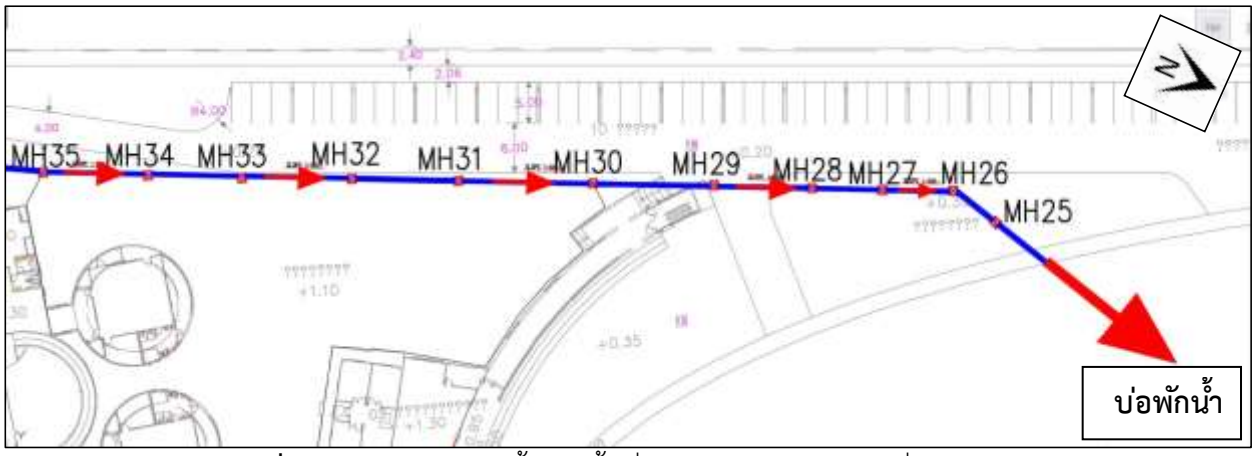
รูปที่ 4.3 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 1



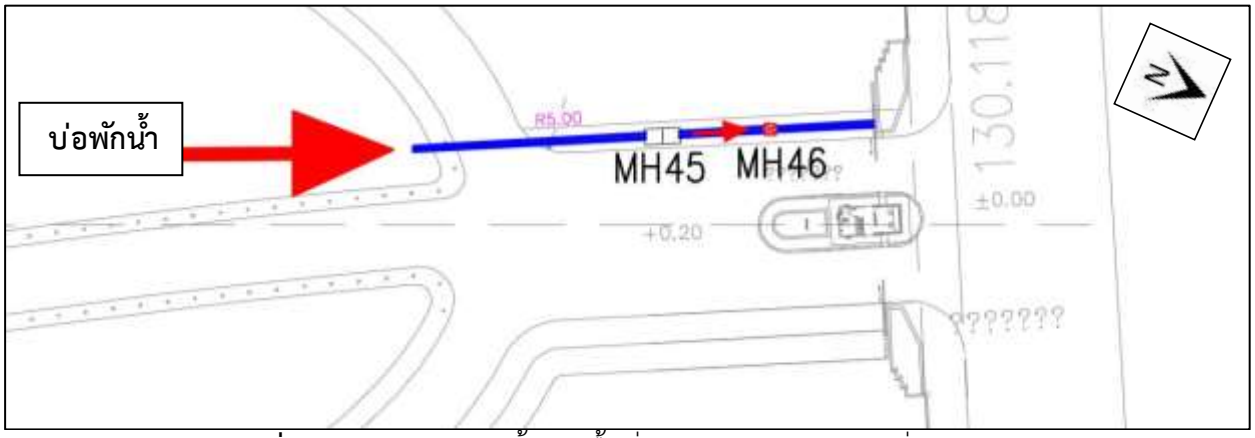
รูปที่ 4.4 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 2



รูปที่ 4.5 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 3



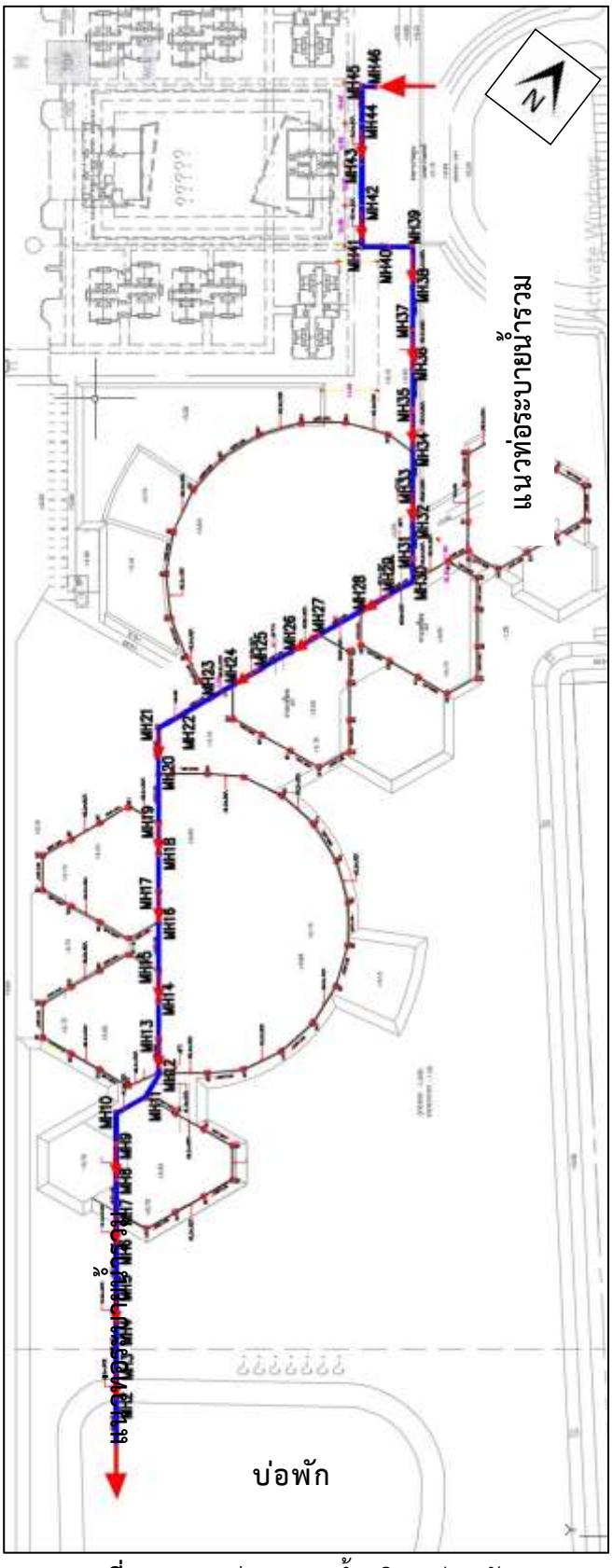
รูปที่ 4.6 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 4



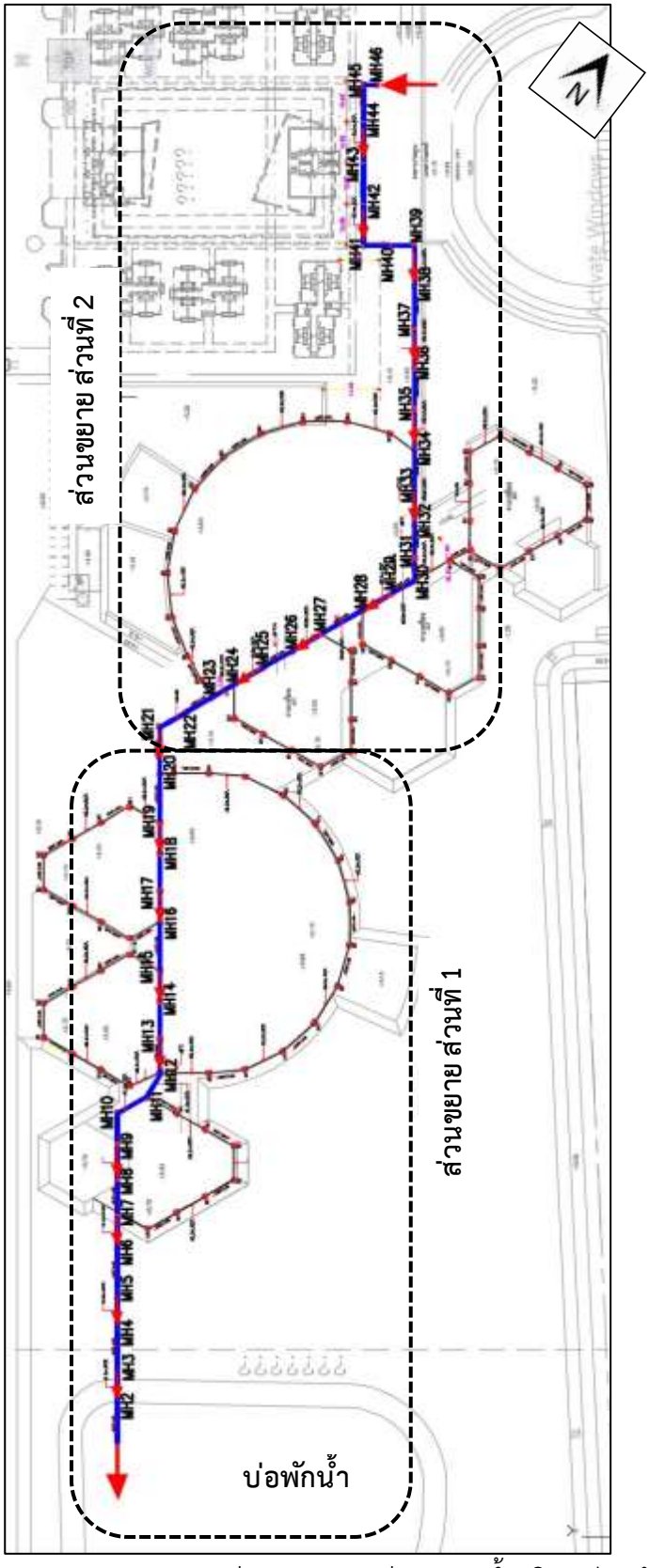
รูปที่ 4.7 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม ส่วนขยายที่ 5

4.1.2 บริเวณฝ่ายมัธยม

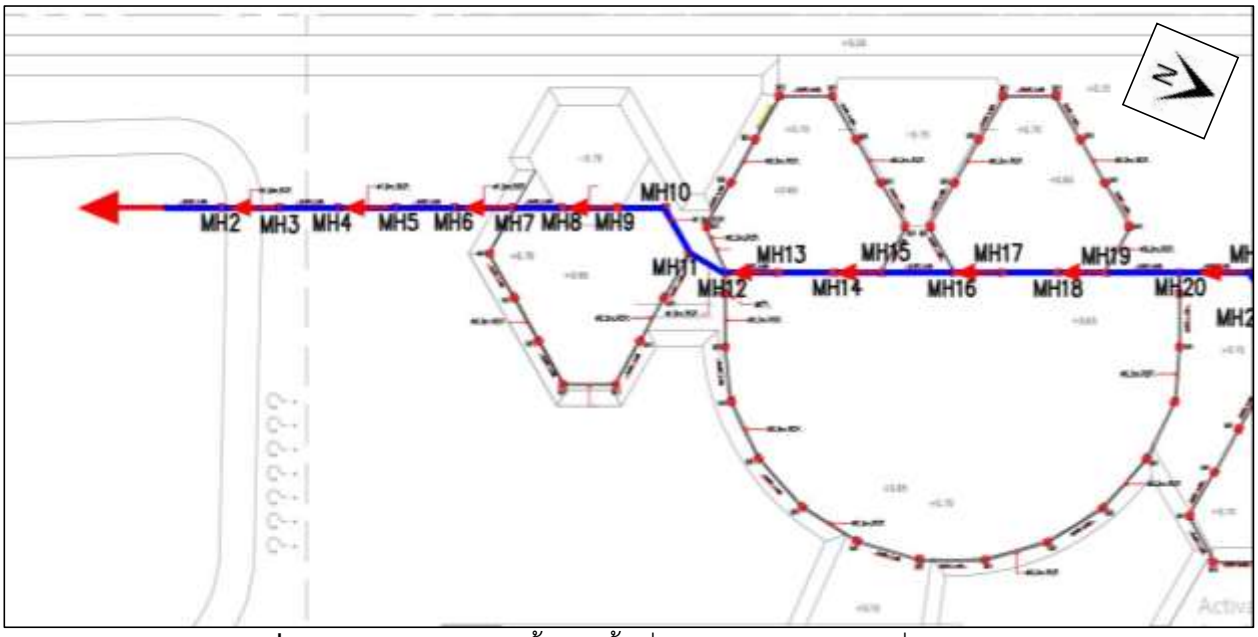
จากแผนผังแนวท่อระบายน้ำเป็นแบบระบบระบายน้ำรวมเส้นเดียวโดยจะมีท่อระบายน้ำเสียที่บำบัดแล้วจากอาคารเรียนมาเชื่อมกับแนวท่อระบายน้ำรวมแล้วไหลลงสู่บ่อพักน้ำตามทิศของลูกศร ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.8 ซึ่งอยู่บริเวณหลังสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ฝ่ายมัธยม พร้อมทั้งส่วนขยายของรูปแนวท่อระบายน้ำ แสดงไว้ในรูปที่ 4.10 และ 4.11



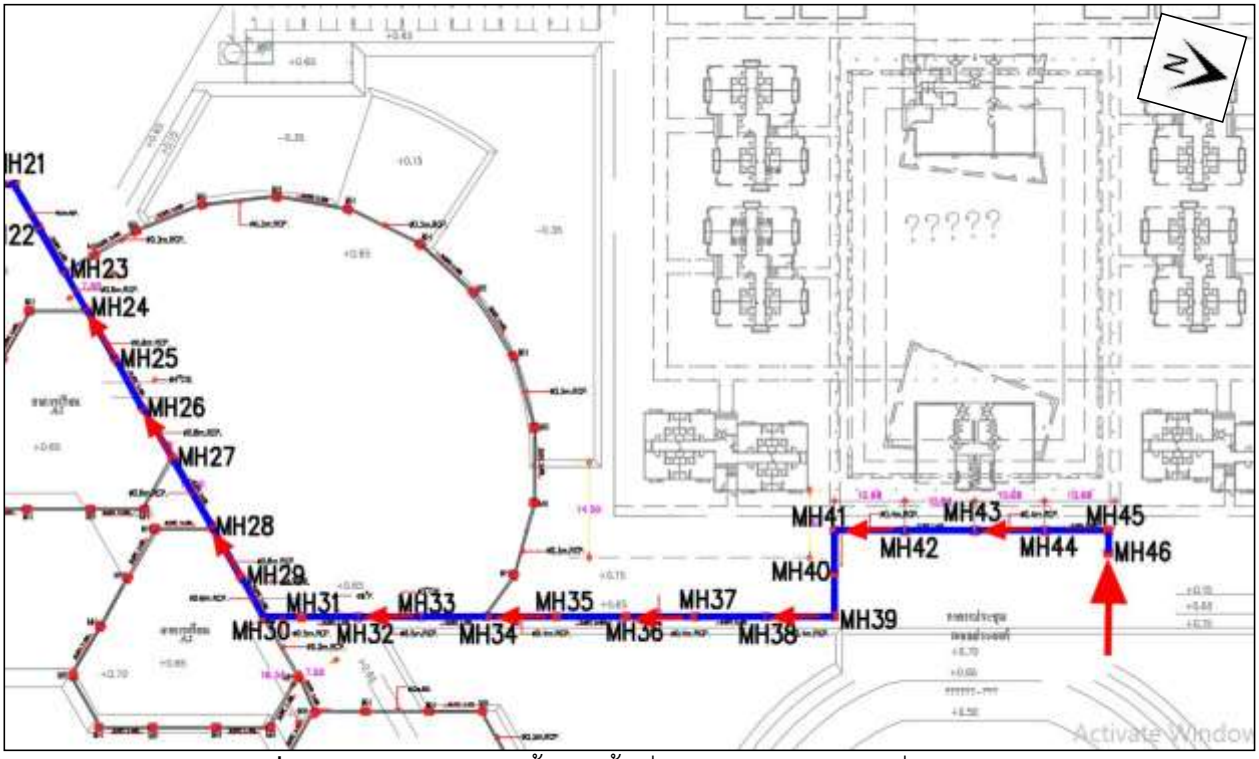
รูปที่ 4.8 แนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายมัธยม



รูปที่ 4.9 แสดงภาพรวมของส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำบริเวณฝ่ายมัธยม



รูปที่ 4.10 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยม ส่วนขยายที่ 1



รูปที่ 4.11 แนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยม ส่วนขยายที่ 2

4.2.1 ฝ่ายประถม

4.2 รายละเอียดของท่อระบายน้ำ

4.2.1 ฝ่ายประถม

4.2.1.1 ค่าระดับของท่อระบายน้ำ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าระดับท้องท่อระบายน้ำจากการสำรวจโดยใช้กล้องระดับ สามารถดูประกอบกับรูปส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถมได้ ดังรูปที่ 4.3 รูปที่ 4.4 รูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.1 ค่าระดับท้องท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถม

MH No.	Elv. (m)		MH No.	Elv. (m)
MH 3	98.46		MH 26	99.08
MH 4	98.30		MH 27	99.05
MH 5	98.51		MH 28	98.98
MH 6	98.39		MH 29	99.02
MH 7	98.43		MH 30	99.00
MH 8	98.38		MH 31	98.99
MH 9	98.46		MH 32	98.84
MH 10	98.31		MH 33	98.76
MH 11	97.49		MH 34	98.74
MH 12	98.02		MH 35	98.95
MH 13	98.12		MH 36	98.79
MH 14	97.72		MH 37	98.86
MH 15	98.05		MH 38	98.73
MH 16	98.10		MH 39	99.04
MH 17	98.18		MH 40	98.98
MH 18	97.90		MH 41	98.99
MH 19	97.88		MH 42	99.04
MH 20	97.95		MH 43	99.33
MH 21	97.65		MH 44	99.37
MH 22	97.98		MH 45	99.32
MH 23	98.04		MH 46	98.25
MH 24	98.00			
MH 25	99.08			

4.2.1.2 ค่าความยาวท่อและขนาดของท่อ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความยาวท่อและขนาดของแต่ละท่อจากการสำรวจโดยใช้กล้องระดับ ในพื้นที่ฝ่ายประถมสามารถดูประกอบกับรูปส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายประถมได้ ดังรูปที่ 4.3 รูปที่ 4.4 รูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.2 ค่าความยาวท่อและขนาดของแต่ละท่อในพื้นที่ฝ่ายประถม

MH No. to	MH No.	Length (m)	Diameter (m)
3	4	12	0.8
4	5	12	0.8
5	6	12	0.8
6	7	12	0.8
7	8	12	0.8
8	9	12	0.8
9	10	12	0.8
10	11	12	0.8
11	12	6.3	0.8
12	13	12	0.8
13	14	8	1.0
14	15	12	1.0
15	16	8	1.0
16	17	12	1.0
17	18	12	1.0
18	19	10	1.0
19	20	11	1.0
20	21	12	1.0
21	22	10	1.0
22	23	12	1.0
23	24	10	1.0
25	26	12	0.8
26	27	9	0.8
27	28	9	0.8
28	29	12	0.8
29	30	12	0.8
30	31	12	1.0
31	32	12	1.0

MH No. to	MH No.	Length (m)	Diameter (m)
32	33	12	1.0
33	34	12	1.0
34	35	12	1.0
35	36	12	1.0
36	37	12	1.0
37	38	12	1.0
38	39	12	1.0
39	40	11	1.0
40	41	10	1.0
41	42	12	1.0
42	43	12	1.0
43	44	11	1.0

4.2.2 ฝ่ายมัธยม

4.2.2.1 ค่าระดับของท่อระบายน้ำ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าระดับท้องท่อระบายน้ำจากการรวบรวมข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของพื้นที่ฝ่ายมัธยม สามารถดูประกอบกับรูปส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยมได้ดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.3 ค่าระดับท้องท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยม

MH No.	Elv. (m)		MH No.	Elv. (m)
outlet	-2.125		MH 24	-1.610
MH 2	-2.100		MH 25	-1.590
MH 3	-2.075		MH 26	-1.570
MH 4	-2.05		MH 27	-1.550
MH 5	-2.025		MH 28	-1.520
MH 6	-2.005		MH 29	-1.500
MH 7	-1.980		MH 30	-1.485
MH 8	-1.960		MH 31	-1.470
MH 9	-1.935		MH 32	-1.450
MH 10	-1.920		MH 33	-1.425
MH 11	-1.900		MH 34	-1.40
MH 12	-1.880		MH 35	-1.375

MH No.	Elv. (m)		MH No.	Elv. (m)
MH 13	-1.860		MH 36	-1.350
MH 14	-1.835		MH 37	-1.325
MH 15	-1.815		MH 38	-1.300
MH 16	-1.795		MH 39	-1.275
MH 17	-1.765		MH 40	-1.245
MH 18	-1.740		MH 41	-1.220
MH 19	-1.720		MH 42	-1.195
MH 20	-1.690		MH 43	-1.170
MH 21	-1.660		MH 44	-1.145
MH 22	-1.64		MH 45	-1.120
MH 23	-1.625		MH 46	-1.100

4.2.2.2 ค่าความยาวท่อและขนาดของท่อ

ตารางที่4.4 แสดงค่าความยาวท่อและขนาดของแต่ละท่อจากการรวบรวมข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ฝ่ายมัธยม สามารถดูประกอบกับรูปส่วนขยายแนวท่อระบายน้ำของพื้นที่ฝ่ายมัธยมได้ ดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.4 ค่าความยาวท่อและขนาดของแต่ละท่อในพื้นที่ฝ่ายมัธยม

MH No. to	MH No.	length(m)	Diameter(m)
outlet	2	10	1.0
2	3	10	1.0
3	4	10	1.0
4	5	10	1.0
5	6	10	1.0
6	7	10	1.0
7	8	8.27	1.0
8	9	9.64	1.0
9	10	8.24	1.0
10	11	8.8	1.0
11	12	7.04	1.0
12	13	8.98	0.8
13	14	9.64	0.8
14	15	8.24	0.8
15	16	12.22	0.8

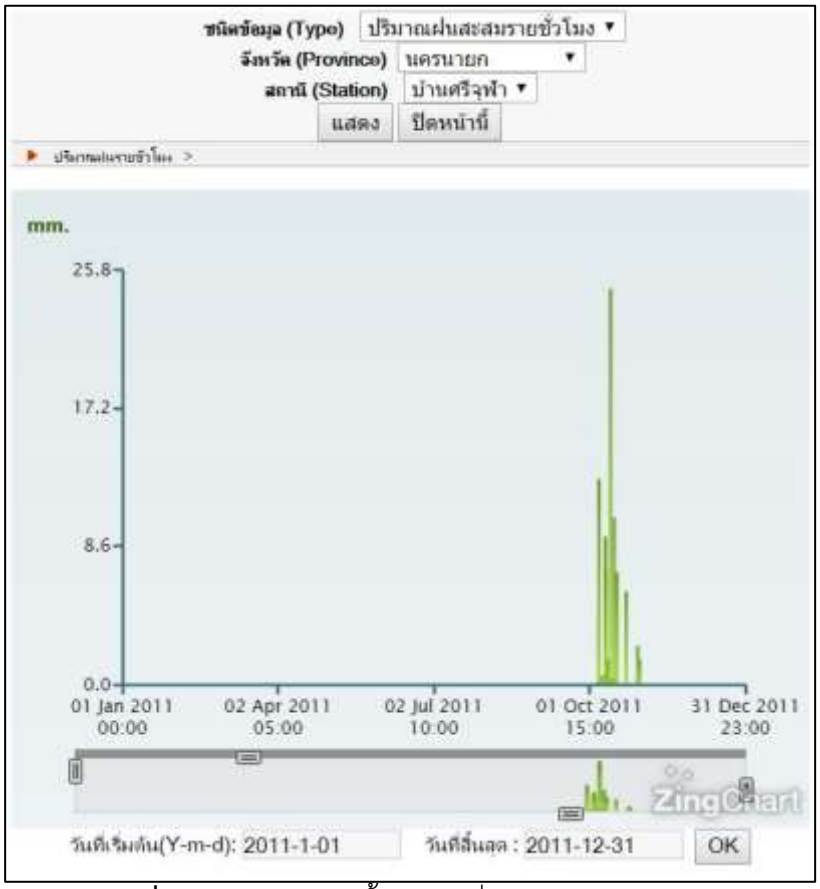
MH No. to	MH No.	length(m)	Diameter(m)
16	17	8.27	0.8
17	18	9.64	0.8
18	19	8.24	0.8
19	20	12.56	0.8
20	21	12.3	0.8
21	22	7.58	0.8
22	23	7.71	0.8
23	24	6.55	0.8
24	25	8.85	0.8
25	26	8.54	0.8
26	27	8.9	0.8
27	28	11.86	0.6
28	29	8.94	0.6
29	30	7.09	0.6
30	31	5.7	0.5
31	32	8.61	0.5
32	33	9.65	0.5
33	34	9.97	0.4
34	35	10.61	0.4
35	36	10.61	0.4
36	37	10.61	0.4
37	38	10.61	0.4
38	39	10.61	0.4
39	40	6.53	0.4
40	41	6.56	0.4
41	42	10.68	0.4
42	43	10.68	0.4
43	44	10.68	0.4
44	45	3.44	0.4

4.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

เลือกพิจารณาค่าความเข้มฝนรายวันสูงสุดในปี พ.ศ. 2554 ปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2559 จากกราฟความเข้มฝนที่สถานีวัดน้ำฝนศรีจุฬา

4.3.1 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2554

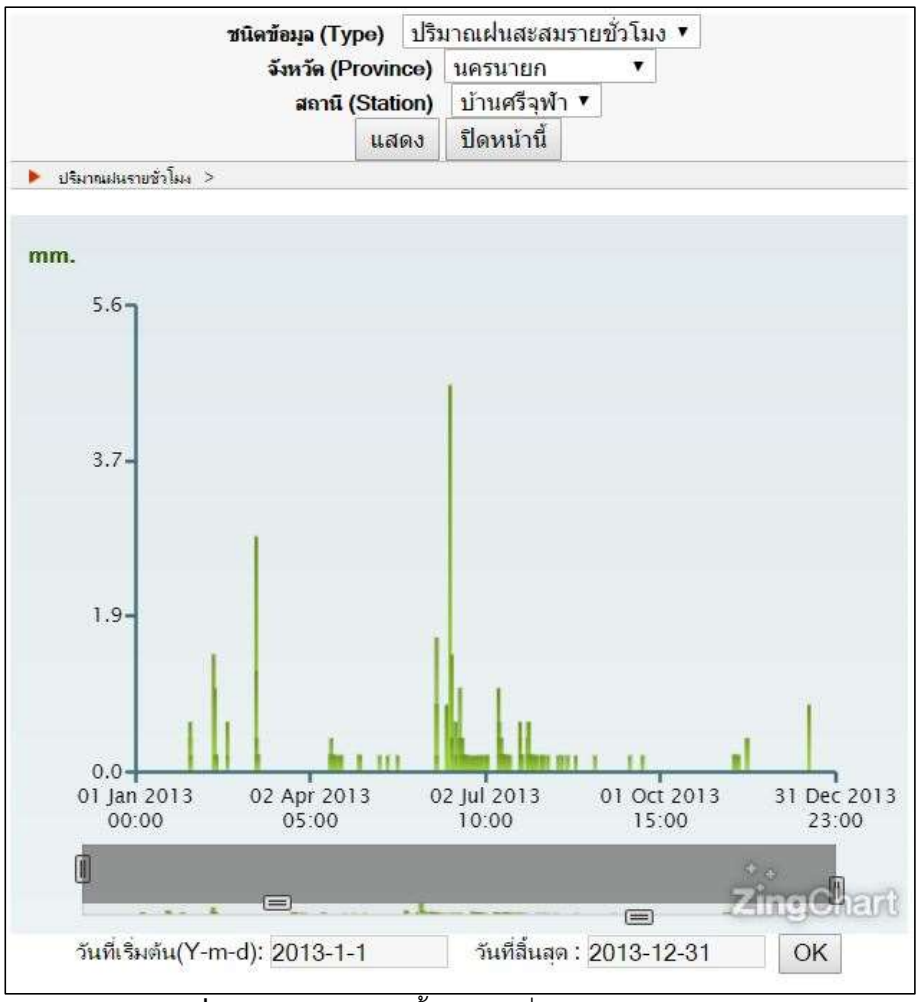
เลือกพิจารณาค่าความเข้มฝนรายวันที่สูงที่สุดในรอบปี เลือกพิจารณาปี พ.ศ. 2554 ปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2559 จากกราฟจะแสดงปริมาณฝนสะสมรายชั่วโมง นำข้อมูลมาจากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร โดยวัดจากสถานีบ้านศรีจุฬา ซึ่งเป็นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ที่ศึกษา จากรูปที่ 4.12 แสดงปริมาณฝนในปี พ.ศ. 2554 จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่มีฝนตกช่วงเดือนตุลาคม จึงพิจารณาวันที่ปริมาณมากฝนสูงสุดคือ วันที่12 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 24.6 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.12 ค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2554

4.3.2 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2556

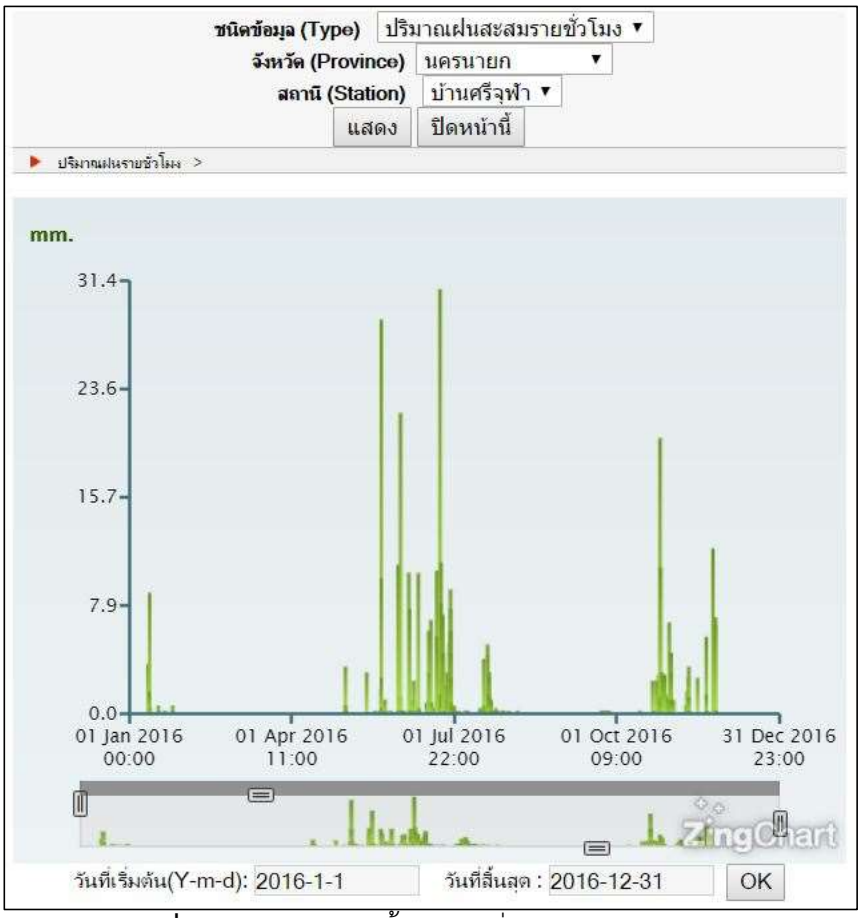
จากรูปที่ 4.13 แสดงปริมาณฝนในปี พ.ศ. 2556 จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่มีฝนตกช่วงเดือนมิถุนายน และมีปริมาณมาณน้ำฝนมากที่สุดในเดือนนั้น จึงพิจารณาวันที่ปริมาณมากฝนสูงสุดคือ วันที่ 12 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556 ซึ่งมีค่าน้ำฝนมากที่สุดในเดือน เท่ากับ 4.6 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.13 ค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2556

4.3.3 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2559

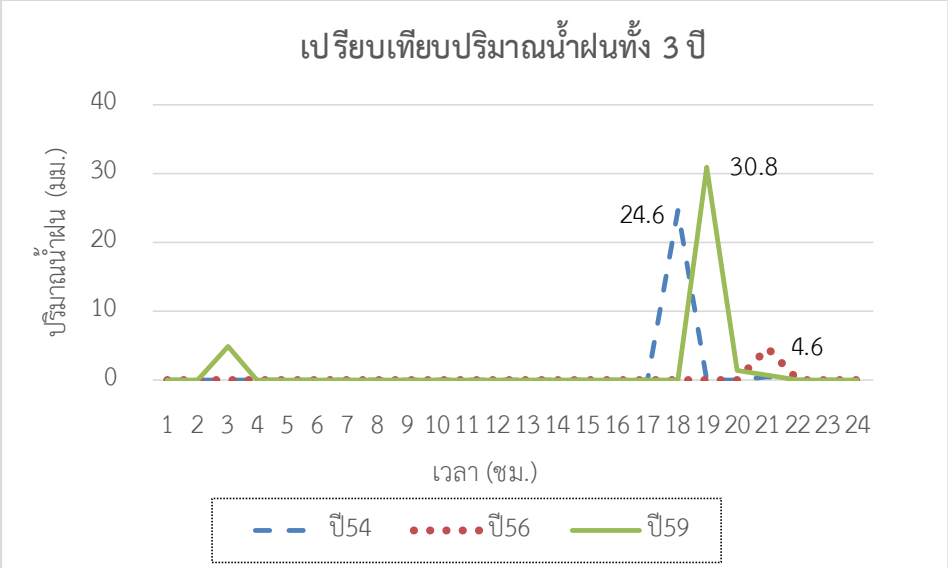
จากรูปที่ 4.14 แสดงปริมาณฝนในปี พ.ศ. 2559 จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่มีฝนตกช่วงเดือนมิถุนายน และมีปริมาณมาณน้ำฝนมากที่สุดในเดือนนั้น จึงพิจารณาวันที่ปริมาณมากฝนสูงสุดคือ วันที่ 22 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ซึ่งมีค่าน้ำฝนมากที่สุดในเดือน เท่ากับ 30.8 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.14 ค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2559

4.3.4 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้ง 3 ปี

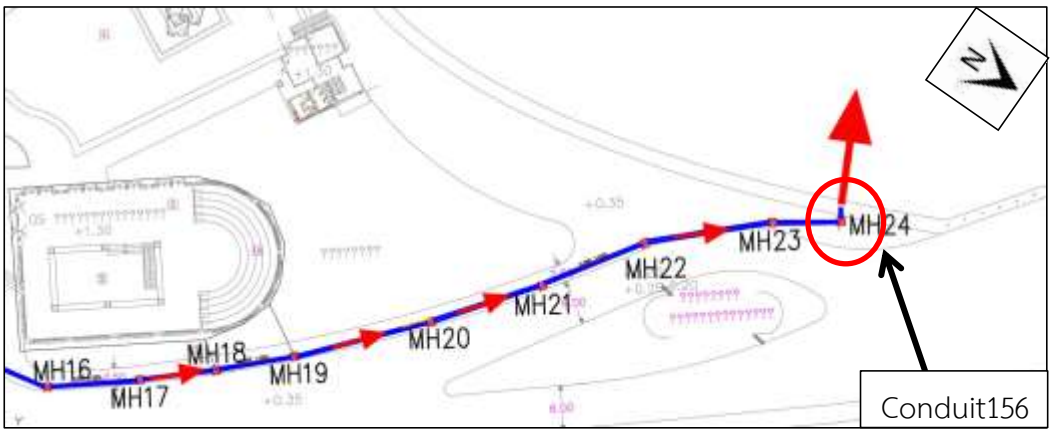
ค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดของแต่ละปีคือ ปี พ.ศ. 2554 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดคือ 24.6 มม. ในชั่วโมงที่ 18 ปี พ.ศ. 2556 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดคือ 4.6 มม. ใน ชั่วโมงที่ 21 และ ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดคือ 30.8 มม. ในชั่วโมงที่ 19 ของวัน ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับเวลาในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนทั้ง 3 ปี

4.4 ผลจากการจำลองสถานะ

จากการสร้างแบบจำลองโดยมีตัวแปร 3 ค่า คือ ปริมาณน้ำฝน,ค่าสัมประสัมสิทธิ์ของการไหลนอง (C) และคาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n) ทำให้สร้างแบบจำลองได้ 12 แบบ ดังตารางที่ 3.1 จากการประมวลผลพบว่าในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2556 ไม่พบปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ ทั้งบริเวณรร.สาธิตฝ่ายประถม และฝ่ายมัธยม เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยมากแสดงผลเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.15 ทำให้ผลการจำลองสถานะพบอัตราการไหลในท่อน้อยมาก แต่การประมวลผลจากข้อมูลน้ำฝนปี พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดจากการเปรียบระหว่าง 3 ปีที่เลือกพิจารณา การประมวลผลพบว่าที่รร.ธิต ฝ่ายประถม จุดที่มีอัตราการไหลมากที่สุดคือ conduit ที่ 156 ซึ่งเป็นบริเวณท่อระบายน้ำส่งไปยังบ่อพักน้ำ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 จุด conduit ที่ 156

จึงนำมาพิจารณาเปรียบเทียบการจำลองสถานะตามกรณี 4 แบบ ที่ conduit 156 คือ

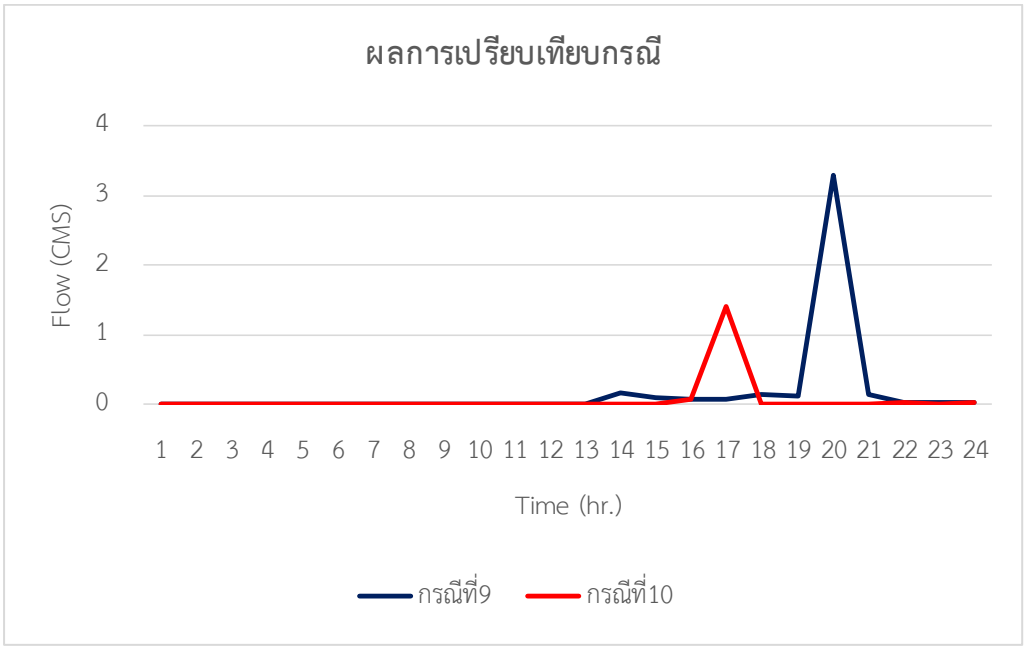
1.เปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ กรณีที่ 10 ดังรูปที่ 4.17

2.เปรียบเทียบกรณีที่ 11 กับ กรณีที่ 12 ดังรูปที่ 4.18

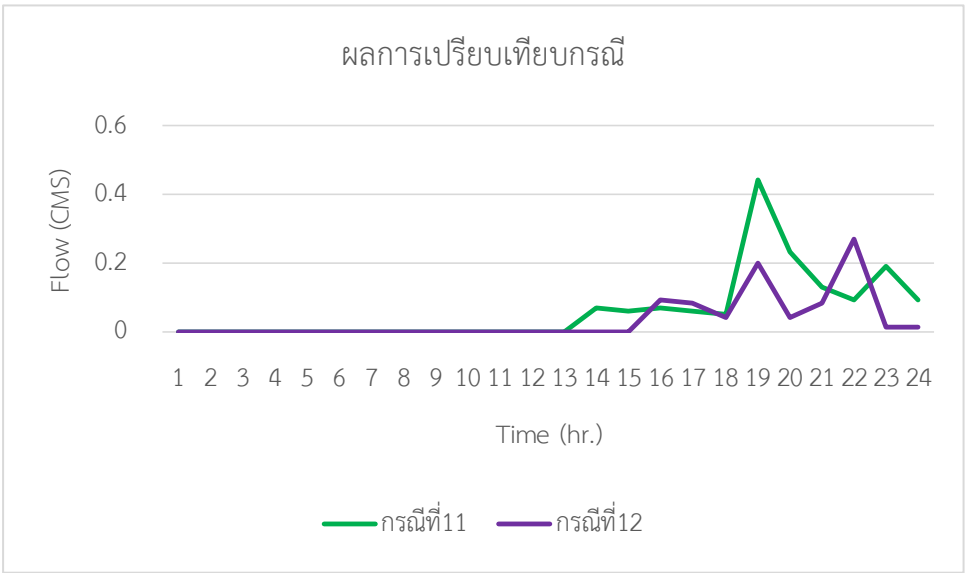
3.เปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ กรณีที่ 11 ดังรูปที่ 4.19

4.เปรียบเทียบกรณีที่ 10 กับ กรณีที่ 12 ดังรูปที่ 4.20

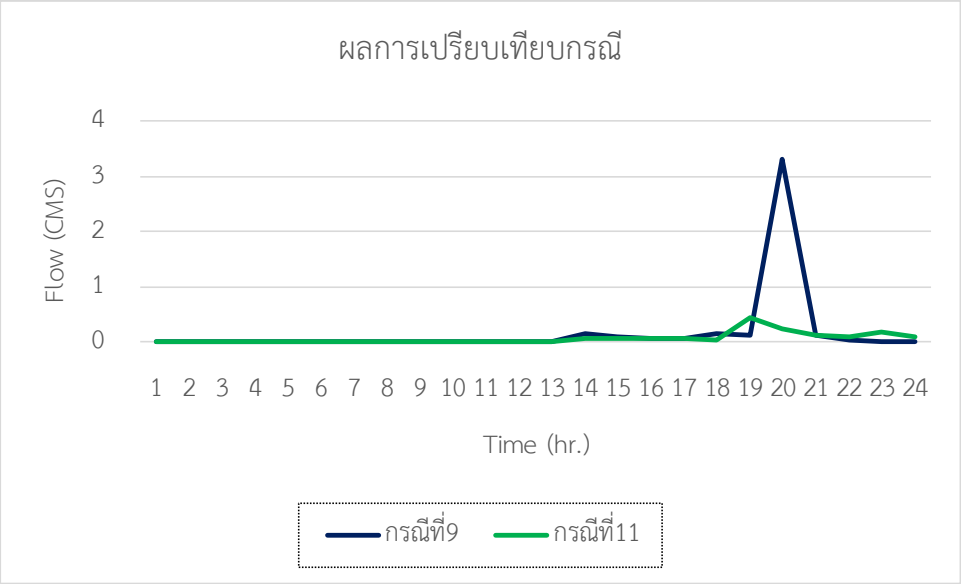
และแสดงกราฟเปรียบเทียบรวมทั้ง 4 กรณี ดังรูปที่ 4.21



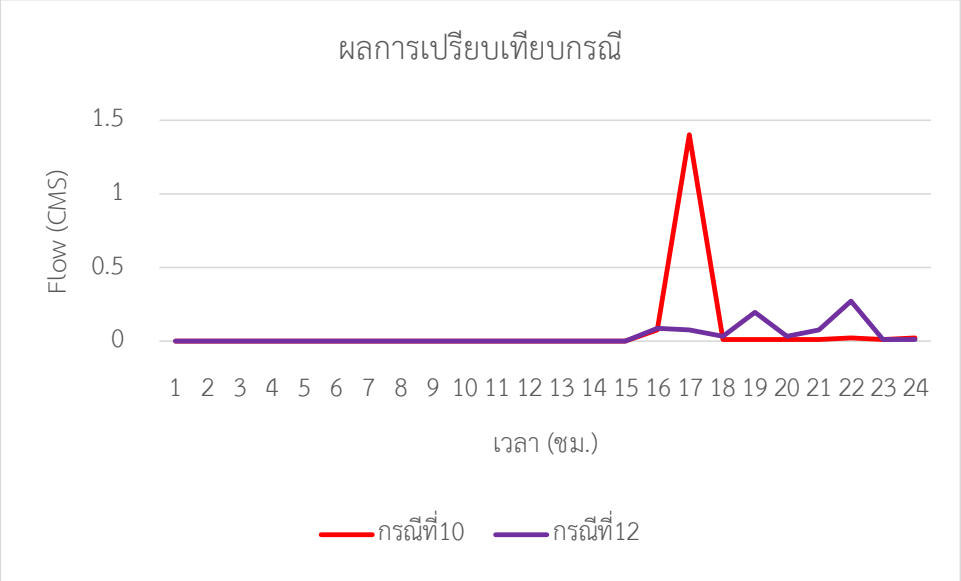
รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ กรณี 10



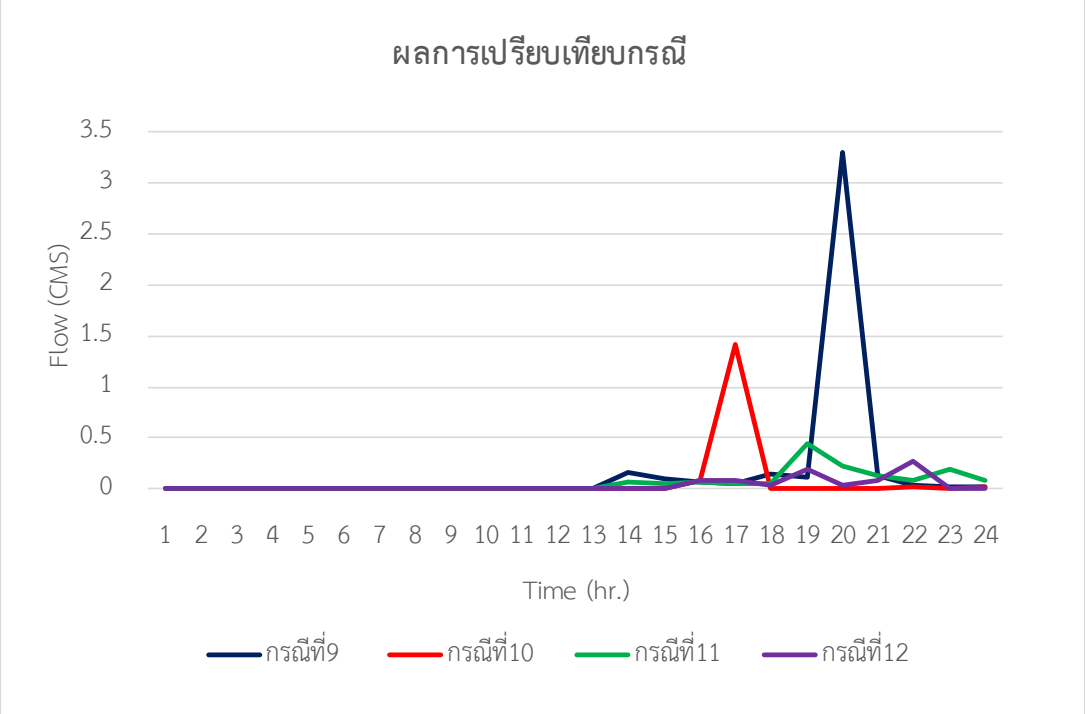
รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 11 กับ กรณี 12



รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ กรณี 11

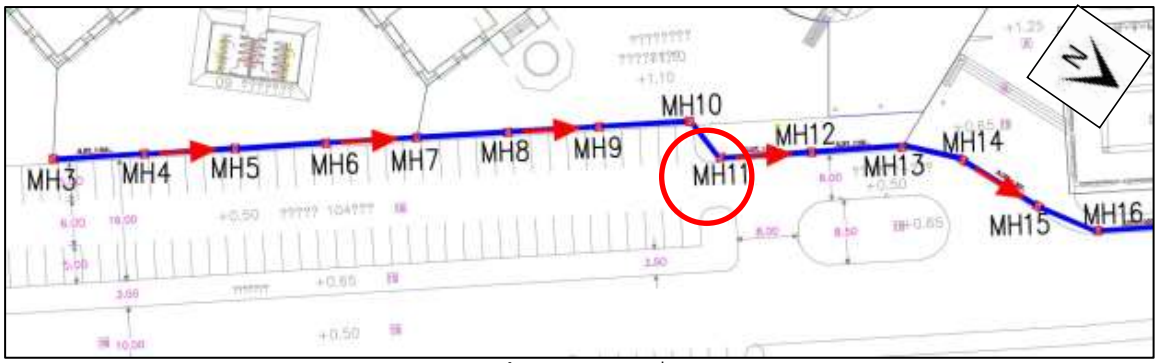


รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบกรณีที่ 10 กับ กรณี 12



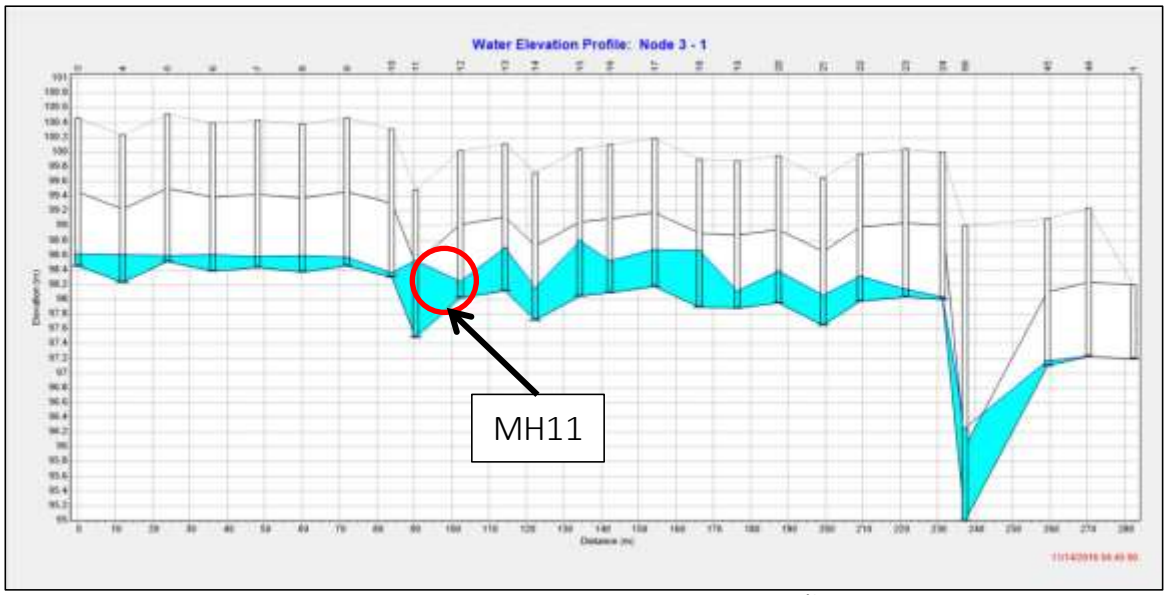
รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบรวมทั้ง 4 กรณี

จากที่ได้พิจารณาจุดที่มีการอัตราการไหลมากที่สุดแล้ว จึงพิจารณาจุดที่มีการไหลท่วมนานที่สุด คือ MH11 ดังรูปที่ 4.22 เกิดขึ้นในในกรณีที่ 10 มาจากตัวแปร ค่าน้ำฝนปีพ.ศ. 2559 ค่า C ของพื้นที่คอนกรีตทั่วไปเท่ากับ 0.013 และ ค่า n ในท่อคอนกรีต เท่ากับ 0.017



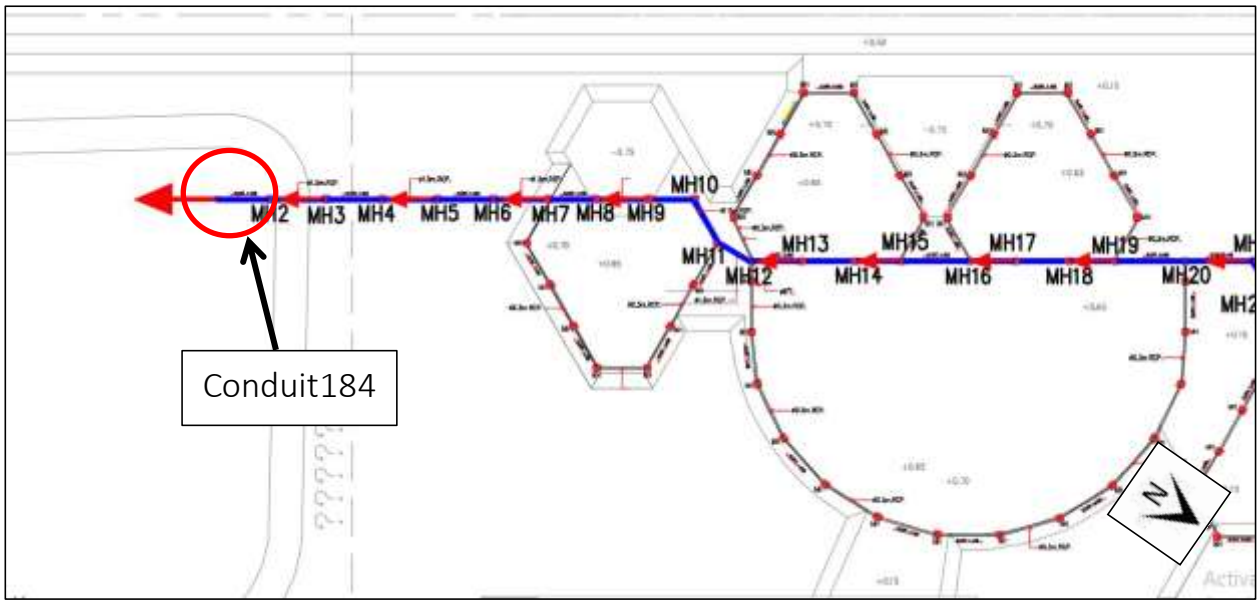
รูปที่ 4.22 MH ที่ 11

แต่การท่วมไหลที่จุด MH 11 ไม่มีการท่วมขัง เนื่องจากปริมาณน้ำไหลเพียงเต็มที่ระบายน้ำ ไม่สูงล้นmanhole แสดงรูปตัดด้านข้างดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 รูปตัดด้านข้างแนวท่อระบายน้ำ

และการประมวลผลพบว่า ที่สถาบันฯ ฝ่ายมัธยม จุดที่มีอัตราการไหลมากที่สุดคือ conduit 184 ในกรณีที่ 10 แต่เป็นเพียงการไหลน้อยมาก เพียง 0.038 CMS เป็นบริเวณน้ำไหลเข้าสู่บ่อพักน้ำหลังสถาบันฯ ดังรูปที่ 4.24 และจากการจำลองบริเวณฝ่ายมัธยม ไม่พบจุดที่เกิดการท่วมไหลของน้ำฝน ไม่มีจุดไหนที่ท่วมจากปริมาณน้ำของสูงสุดของปี พ.ศ. 2559



รูปที่ 4.24 จุด conduit ที่ 184

จากการสร้างแบบจำลอง พบว่ากรณีที่ 10 ทำให้เกิดการไหลท่วมมากที่สุด แต่ไม่เกิดการท่วมขัง จึงอยากทราบว่าหากฝนตกระยะเวลา 3 ชั่วโมงตาม ปี พ.ศ. 2559 แล้ว แต่จำลองค่าปริมาณน้ำฝน จะเป็นเท่าไหร่ถึงจะทำให้เกิดการท่วมขังบริเวณจุดที่ 11 ของสถาบันฯ ฝ่ายประถม

ตารางที่ 4.5 จำลองปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงใน 3 ชั่วโมงในพื้นที่รร.สาธิตฝ่ายประถม

น้ำฝน / ชั่วโมง	ชั่วโมงที่ 1 (มม.)	ชั่วโมงที่ 2 (มม.)	ชั่วโมงที่ 3 (มม.)	ระยะเวลาที่ท่วมขัง (นาที)
น้ำฝนปี 2559	30.8	1.4	0.6	0
จำลอง 1	30.8	15	15	0
จำลอง 2	30.8	30	30	15
จำลอง 3	20	30	20	0
จำลอง 4	25	35	25	15
จำลอง 5	30	35	30	45

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า ต้องถูกฝนตกเป็นปริมาณ 30 มิลลิเมตร ถึง 3 ชั่วโมงติดต่อกัน ถึงจะทำให้เกิดน้ำท่วมขังเกิดขึ้นที่พื้นที่สถาบันฯ ฝ่ายประถม

4.5 ผลการสำรวจพื้นที่หลังฝนตก

วันที่ 17 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 เวลา 16.30 น. เป็นช่วงเวลาที่ฝนหยุดตกพอดี ได้เข้าไปสำรวจ บริเวณพื้นที่ที่ศึกษา พบว่าไม่มีฝาท่อระบายน้ำใดเกิดน้ำท่วมขัง มีแต่บริเวณถนน และข้างถนน ที่มีน้ำท่วมขัง ซึ่งเห็นได้ชัดดังรูปที่ 4.25 4.27 และ 4.28

รูปที่ 4.25 บริเวณที่เกิดน้ำท่วมขังบนถนน

รูปที่ 4.26 บริเวณบ่อพักน้ำบริเวณหน้าสถาบันฯ ฝ่ายมัธยม

รูปที่ 4.27 บริเวณที่เกิดน้ำท่วมขังบนถนน

รูปที่ 4.28 บริเวณที่เกิดน้ำท่วมขังบนถนน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการจำลองสถานะทั้ง 12 แบบ ของพื้นที่ทั้งบริเวณ สถาบันฯ ฝ่ายประถม และ ฝ่ายมัธยม เมื่อเปรียบเทียบกราฟอัตราการไหลกับเวลาจากแต่ละกรณี จะมีอัตราการไหลที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับตัวแปรคือ ค่าสัมประสัมสิทธิ์ของการไหลนอง (C) และคาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n) เมื่อพิจารณากรณีที่ 9 และ10 พบว่าอัตราการไหลในกรณีที่ 9 มีค่ามากกว่ากรณีที่ 10 ซึ่งเกิดจาก คาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (n) ที่ต่างกัน กรณีที่ 9 มีค่าน้อยกว่า ซึ่งเป็นค่าความขรุขระในท่อคอนกรีตที่น้อยกว่า ทำให้อัตราการไหลมากกว่าเช่นเดียวกับการเปรียบเทียบกรณีที่ 10 กับ กรณี 11 เป็นไปตามทฤษฎี

จากรูปที่ 4.23 เป็นการแสดงระดับน้ำที่สูงขึ้นจากกรณีที่ 10 จากการใช้ตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่คอนกรีต และค่ามากที่สุดของค่าความขรุขระในท่อคอนกรีต ผลการทดลองคือเกิดการไหลขึ้นเต็มท่อระบายน้ำที่บริเวณ MH 11 แต่ไม่ท่วมขึ้นมาถึงฝาท่อระบายน้ำ จึงไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมขังเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่นั้น เนื่องจากพื้นที่จริงใบสภาพปัจจุบัน ประกอบด้วยพื้นที่คอนกรีตและพื้นที่บริเวณที่มีต้นไม้ จึงไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมขังอย่างแน่นอน

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า ต้องถูกฝนตกเป็นปริมาณ 30 มิลลิเมตร ถึง 3 ชั่วโมงติดต่อกัน ถึงจะทำให้เกิดน้ำท่วมขังเกิดขึ้น ซึ่งจากการหาปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในแต่ละปี ยังไม่มีปีไหนที่เกิดฝนตกในปริมาณมากๆ นานถึง 3 ชั่วโมง โดยปกติแล้วจะเกิดปริมาณน้อย ๆ เป็นระยะเวลานาน และอาจเกิดปริมาณมาก ๆ แค่ช่วงหนึ่งชั่วโมง จึงทำให้ได้รู้ว่าโอกาสน้อยมากที่จะเกิดการท่วมขังที่บริเวณ สถาบันฯ ฝ่ายประถม

จากการเข้าไปสอบถามเจ้าหน้าที่และบุคลากรของโรงเรียน จึงทราบว่าในพื้นที่สถาบันฯ ปกติแล้วไม่เกิดน้ำท่วมขัง บริเวณท่อระบายน้ำ เนื่องจากมีระบบระบายน้ำที่ดี มีการระบายน้ำจากบ่อพักน้ำไปยังคลองรังสิตประยูรศักดิ์ อีกทั้งบริเวณส่วนใหญ่รอบข้างสถาบันฯ เป็นทุ่งนา และจากเข้าไปสำรวจพื้นที่หลังฝนตกแล้ว พบว่าเกิดน้ำขังแค่บริเวณบนถนน เนื่องจากมีบางพื้นที่ของถนนอยู่ต่ำกว่าระดับท่อระบายน้ำ จึงทำให้เกิดน้ำขัง

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในส่วนข้อวิธีการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 ควรจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานให้พร้อมและถูกต้องในส่วนของแผนที่แสดงแนวท่อ ความยาวท่อ ขนาดท่อ ความลึก และค่าความชัน

5.2.2 ในการใช้แผนที่ที่เป็นแบบร่างควรเช็คระยะทางของพื้นที่จริงก่อน ว่าตรงตามแบบหรือไม่

5.2.3 ควรใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของพื้นที่นั้น ๆ หรือพื้นที่ที่ใกล้เคียงที่สุด เพราะจะได้ข้อมูลที่ละเอียดและตรงกับสภาพพื้นที่จริง

5.2.4 ในการเก็บข้อมูลระดับของแนวท่อ แต่ละเส้นควรเก็บระดับที่บ่อพัก ทุก ๆ บ่อ เพื่อความละเอียดของข้อมูล

5.2.5 ควรคำนวณมือเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลจากประมวลของของโปรแกรม เพื่อทำให้แน่ใจได้ว่า การจำลองนั้นมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่จริง

5.2.6 ควรมีการแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนในโปรแกรม อย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงพื้นที่จริงมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล เขียวทอง; และ นิตินันต์ อินทร์อนันต์. (2550). การศึกษาพฤติกรรมระบบระบายน้ำของเทศบาลเมือง
นครนายกด้วยโปรแกรม EPASWMM 5. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ASCE (1982) *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

McCuen, R. et al. (1996), *Hydrology*, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 2 โดย นาวาเอกเจริญ เจริญรัชตภาคย

ผศ. กีรติ ลีวัจนกุล. (2543) อุทกวิทยา สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรังสิต

ผศ. กีรติ ลีวัจนกุล. (2544) ชลศาสตร์ สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (http://wea.haii.or.th/telemetering)

The Blackstone River Watershed Association (http://mysilvercreekwatershed.weebly.com/what-is-a-watershed.html)

ภาคผนวก ก
(ปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง)

ปริมาณน้ำฝนปีพ.ศ. 2554

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงของวันที่ 12 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554

ชั่วโมง	ปริมาณน้ำฝน (มม.)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	24.6
18	0
19	0
20	0.4
21	0
22	0
23	0

ปริมาณน้ำฝนปีพ.ศ. 2556

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงของวันที่ 12 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556

ชั่วโมง	**ปริมาณน้ำฝน(มม.)**
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	4.6
21	0
22	0
23	0

ปริมาณน้ำฝนปีพ.ศ. 2559

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงของวันที่ 22 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559

ชั่วโมง	ปริมาณน้ำฝน (มม.)
0	0
1	0
2	4.8
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	30.8
19	1.4
20	0.6
21	0
22	0
23	0

ภาคผนวก ข

(ข้อมูลจากการสำรวจท่อระบาย)

ข้อมูลจากการสำรวจท่อระบายน้ำบริเวณรร.สาธิตฯ ฝ่ายประถม

ตารางที่ ข.1 แนวท่อระบายน้ำเส้นที่

	BS	IFS	FS	HI	Elev.	adjust	cum. Adj.		พื้นถนน	ลึกท่อ	ท้องท่อ
MH1	1.475			101.475	100				100	1.54	98.46
MH2		1.475			100	0.0397	0.0397	1	100.04	1.74	98.30
MH3		1.505			99.97	0.0397	0.0795	2	100.05	1.54	98.51
MH4		1.498			99.977	0.0397	0.1192	3	100.10	1.71	98.39
TP1	1.071		1.217	101.329	100.258	0.0397	0.1589	4	100.42		
TP2	1.205		1.34	101.194	99.989	0.0397	0.1986	5	100.19		
MH5		1.335			99.859	0.0397	0.2384	6	100.10	1.67	98.43
MH6		1.329			99.865	0.0397	0.2781	7	100.14	1.76	98.38
MH7		1.351			99.843	0.0397	0.3178	8	100.16	1.7	98.46
MH8		1.371			99.823	0.0397	0.3575	9	100.18	1.87	98.31
TP3	1.562		1.562	101.194	99.632	0.0397	0.3973	10	100.03		
TP4	1.175		2.022	100.347	99.172	0.0397	0.4370	11	99.61		
MH9		1.38			98.967	0.0397	0.4767	12	99.44	1.95	97.49
MH10		1.215			99.132	0.0397	0.5165	13	99.65	1.63	98.02
MH11		1.241			99.106	0.0397	0.5562	14	99.66	1.54	98.12
MH12		1.209			99.138	0.0397	0.5959	15	99.73	2.01	97.72
MH13		1.205			99.142	0.0397	0.6356	16	99.78	1.73	98.05
MH14		1.201			99.146	0.0397	0.6754	17	99.82	1.72	98.10
MH15		1.204			99.143	0.0397	0.7151	18	99.86	1.68	98.18
MH16		1.28			99.067	0.0397	0.7548	19	99.82	1.92	97.90
MH17		1.361			98.986	0.0397	0.7945	20	99.78	1.9	97.88
MH18		1.42			98.927	0.0397	0.8343	21	99.76	1.81	97.95
TP5	1.261		1.58	100.028	98.767	0.0397	0.8740	22	99.64		
MH19		1.551			98.477	0.0397	0.9137	23	99.39	1.74	97.65
MH20		1.205			98.823	0.0397	0.9535	24	99.78	1.8	97.98
MH21		1.184			98.844	0.0397	0.9932	25	99.84	1.8	98.04
MH22		1.156			98.872	0.0397	1.0329	26	99.90	1.9	98.00
TP6	1.562		1.205	100.385	98.823	0.0397	1.0726	27	99.90		
TP7	1.175		2.022	99.538	98.363	0.0397	1.1124	28	99.48		
TP8	1.261		1.58	99.219	97.958	0.0397	1.1521	29	99.11		
TP9	1.459		1.284	99.394	97.935	0.0397	1.1918	30	99.13		
TP10	1.37		1.4	99.364	97.994	0.0397	1.2315	31	99.23		
ฝายน้ำล้น		1.18			98.184	0.0397	1.2713	32	99.46	2.35	97.10527
หน้ารร.		1.311			98.053	0.0397	1.3110	33	99.36	2.13	97.234
sum BS	14.576	sum FS	15.212						-0.64		
	BS-FS	-0.636			-1.947						
		LAST-ST	1.311								
			0.0397								

ตารางที่ ข.2 แนวท่อระบายน้ำเส้นที่ 2

	BS	IFS	FS	HI	Elev.	adjust	cum. Adj.		**พื้นถนน**	**ลึกท่อ**	**ท้องท่อ**
MH1	1.405			101.405	100				100	0.92	99.080
MH2		1.455			99.95	0.03344	0.03344	1	99.983	0.93	99.053
MH3		1.4545			99.9505	0.03344	0.06688	2	100.017	1.03	98.987
MH4		1.438			99.967	0.03344	0.10032	3	100.067	1.04	99.027
MH5		1.476			99.929	0.03344	0.13376	4	100.063	1.06	99.003
MH6		1.562			99.843	0.03344	0.1672	5	100.010	1.02	98.990
MH7		1.5835			99.8215	0.03344	0.20064	6	100.022	1.18	98.842
MH8		1.5805			99.8245	0.03344	0.23408	7	100.059	1.3	98.759
MH9		1.5645			99.8405	0.03344	0.26752	8	100.108	1.37	98.738
TP1	1.405		1.5645	101.2455	99.8405	0.03344	0.30096	9	100.141		
MH10		1.43			99.8155	0.03344	0.3344	10	100.150	1.2	98.950
MH11		1.502			99.7435	0.03344	0.36784	11	100.111	1.32	98.791
MH12		1.544			99.7015	0.03344	0.40128	12	100.103	1.24	98.863
MH13		1.6695			99.576	0.03344	0.43472	13	100.011	1.28	98.731
MH14		1.617			99.6285	0.03344	0.46816	14	100.097	1.06	99.037
MH15		1.612			99.6335	0.03344	0.5016	15	100.135	1.16	98.975
MH16		1.555			99.6905	0.03344	0.53504	16	100.226	1.24	98.986
TP2	1.486		1.555	101.176	99.6905	0.03344	0.56848	17	100.259		
MH17		1.4425			99.7335	0.03344	0.60192	18	100.335	1.3	99.035
MH18		1.3795			99.7965	0.03344	0.63536	19	100.432	1.1	99.332
MH19		1.28			99.896	0.03344	0.6688	20	100.565	1.2	99.365
TP3	1.271		1.432	101.015	99.744	0.03344	0.70224	21	100.446		
TP4	1.365		1.28	101.1	99.735	0.03344	0.73568	22	100.471		
MH20		1.2545			99.8455	0.03344	0.76912	23	100.615	1.3	99.315
ฝาย		1.300			99.8005	0.03344	0.80256	24	100.603	2.35	98.253
หน้ารร.		1.364			99.736	0.03344	0.836	25	100.572	2.13	98.442
sum BS	6.9315	sum FS	5.8315					**ท้องอ่างเก็บน้ำ**			94.442
	BS-FS	1.1			0.264						
		last-st	0.836								
			0.03344								

ภาคผนวก ค

(ผลการประมวลโดยโปรแกรม EPASWMM 5)

ตาราง ค.1 เปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ 10

กรณี 9	กรณี 10
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0.16	0
0.1	0
0.07	0.08
0.06	1.41
0.15	0.01
0.12	0.01
3.3	0.01
0.13	0.01
0.03	0.02
0.02	0.01
0.02	0.02
0	0

ตาราง ค.2 เปรียบเทียบกรณีที่ 11 กับ 12

กรณี 11	**กรณี 12**
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0.07	0
0.06	0
0.07	0.09
0.06	0.08
0.05	0.04
0.44	0.2
0.23	0.04
0.13	0.08
0.09	0.27
0.19	0.01
0.09	0.01
0	0

ตาราง ค.3 เปรียบเทียบกรณีที่ 9 กับ 11

กรณี 9	กรณี 11
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0.16	0.07
0.1	0.06
0.07	0.07
0.06	0.06
0.15	0.05
0.12	0.44
3.3	0.23
0.13	0.13
0.03	0.09
0.02	0.19
0.02	0.09
0	0

ตาราง ค.4 เปรียบเทียบกรณีที่10กับ12

กรณี10	กรณี12
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0.08	0.09
1.41	0.08
0.01	0.04
0.01	0.2
0.01	0.04
0.01	0.08
0.02	0.27
0.01	0.01
0.02	0.01
0	0

ผลการประมวลผลของกรณีที่ 9

1. Status Report

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.007)

พื้นที่รร.สาธิตฝ่ายประถม

****

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

****

****

Analysis Options

****

Flow Units ..... CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff ..... YES

RDII ..... NO

Snowmelt ..... NO

Groundwater ..... NO

Flow Routing ..... YES

Ponding Allowed ..... NO

Water Quality ..... NO

Infiltration Method ..... HORTON

Flow Routing Method ..... DYNWAVE

Starting Date NOV-14-2016 00:00:00

Ending Date NOV-14-2016 06:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step ..... 30.00 sec

Variable Time Step ..... YES

Maximum Trials 8

Head Tolerance ..... 0.005000 m

**********	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
**********	---------	-------
Total Precipitation	0.192	4.800
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.000	0.000
Surface Runoff	0.102	2.540
Final Surface Storage	0.091	2.283
Continuity Error (%)	-0.471	

**********	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
**********	---------	---------
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.099	0.992
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.059	0.589
Internal Outflow	0.703	7.029
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.253	2.533
Continuity Error (%)	-923.511	

****

Highest Continuity Errors

****

Node 15 (-94.23%)

Node 24 (-73.92%)

Node 10 (-58.73%)

Node 18 (-52.89%)

Node 22 (-27.79%)

****

Time-Step Critical Elements

****

Link 135 (40.86%)

Link 54 (16.14%)

Link 130 (10.54%)

Link 155 (4.55%)

Link 122 (4.44%)

****

Highest Flow Instability Indexes

****

Link 125 (24)

Link 152 (24)

Link 154 (24)

Link 115 (24)

Link 146 (22)

****

Routing Time Step Summary

****

Minimum Time Step : 0.50 sec

Average Time Step : 5.99 sec

Maximum Time Step : 30.00 sec

Percent in Steady State : 0.00

Average Iterations per Step : 3.00

Percent Not Converging : 8.46

****

Analysis begun on: Mon Jun 26 22:02:37 2017

Analysis ended on: Mon Jun 26 22:02:37 2017

Total elapsed time: < 1 sec

2.Node Flooding

Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
3	0.01	1.233	0	04:40	0.001	0.000
4	0.02	5.480	0	04:40	0.238	0.000
5	0.01	1.268	0	03:20	0.001	0.000
6	0.01	1.018	0	03:19	0.031	0.000
7	0.01	9.352	0	04:40	0.167	0.000
9	0.03	11.461	0	03:20	0.507	0.000
10	0.06	12.131	0	04:40	0.872	0.000
11	0.03	15.289	0	03:27	1.073	0.000
12	0.06	14.561	0	04:40	1.777	0.000
13	0.03	20.801	0	04:47	0.597	0.000
14	0.06	20.236	0	04:53	2.441	0.000
15	0.03	5.553	0	04:34	0.403	0.000
16	0.03	14.025	0	04:24	0.592	0.000
17	0.03	13.894	0	03:40	0.527	0.000
18	0.01	7.630	0	03:27	0.205	0.000
24	0.03	8.025	0	04:34	0.735	0.000
37	0.01	0.732	0	03:40	0.022	0.000
22	0.01	6.114	0	03:33	0.175	0.000
23	0.01	1.274	0	04:40	0.038	0.000
20	0.02	11.970	0	05:00	0.377	0.000
21	0.04	9.797	0	03:40	0.705	0.000
19	0.06	15.606	0	04:47	1.627	0.000

รูปที่ ค1 Node Flooding

3. Link Flow

Link Flow Click a column header to sort the column.

Link	Type	Maximum |Flow| CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum |Velocity| m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
57	CONDUIT	0.092	0	03:43	1.94	0.06	0.11
54	CONDUIT	0.744	0	05:12	1.53	0.33	0.61
58	CONDUIT	0.095	0	03:43	1.02	0.10	0.18
98	CONDUIT	0.237	0	03:41	1.04	0.88	0.40
99	CONDUIT	0.320	0	03:41	1.28	0.21	0.36
101	CONDUIT	0.647	0	03:40	1.94	0.64	0.44
102	CONDUIT	0.986	0	03:40	2.82	1.38	0.60
103	CONDUIT	1.391	0	03:40	3.41	0.60	1.00
104	CONDUIT	1.464	0	03:40	3.26	0.85	1.00
105	CONDUIT	1.345	0	03:40	3.08	1.55	0.60
107	CONDUIT	0.185	0	04:54	1.17	0.06	0.31
111	CONDUIT	0.236	0	05:00	1.61	0.16	0.24
113	CONDUIT	0.107	0	05:00	1.67	0.03	0.15
114	CONDUIT	0.084	0	03:43	0.97	0.08	0.19
115	CONDUIT	1.410	0	04:40	2.12	0.49	1.00
117	CONDUIT	3.818	0	04:40	7.41	1.84	1.00
119	CONDUIT	2.618	0	04:40	4.25	1.95	1.00
121	CONDUIT	9.649	0	04:47	21.97	4.15	1.00
122	CONDUIT	19.128	0	03:20	24.35	2.54	1.00
125	CONDUIT	21.941	0	05:00	38.89	4.72	1.00
129	CONDUIT	12.943	0	03:27	24.80	4.08	1.00
130	CONDUIT	13.582	0	03:33	29.80	14.61	1.00
132	CONDUIT	13.176	0	04:47	24.71	4.01	1.00
135	CONDUIT	12.382	0	03:40	28.44	9.42	1.00
137	CONDUIT	0.536	0	03:40	1.79	0.45	0.41
138	CONDUIT	0.214	0	04:54	2.04	0.06	0.38
139	CONDUIT	1.000	0	05:05	3.34	0.62	0.57

รูปที่ ค2 Link Flow

4.Node Depth

Node Depth — Click a column header to sort the column.

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth
3	JUNCTION	0.15	2.00	100.46	0	04:40
4	JUNCTION	0.36	2.00	100.23	0	03:19
5	JUNCTION	0.10	2.00	100.51	0	03:20
6	JUNCTION	0.22	2.00	100.39	0	03:19
7	JUNCTION	0.18	2.00	100.43	0	03:20
8	JUNCTION	0.22	1.77	100.15	0	04:40
9	JUNCTION	0.12	2.00	100.46	0	03:20
10	JUNCTION	0.11	2.00	100.31	0	03:40
11	JUNCTION	0.80	2.00	99.49	0	03:20
12	JUNCTION	0.35	2.00	100.02	0	03:33
13	JUNCTION	0.24	2.00	100.12	0	03:33
14	JUNCTION	0.61	2.00	99.72	0	03:20
15	JUNCTION	0.30	2.00	100.05	0	03:33
16	JUNCTION	0.25	2.00	100.10	0	04:24
17	JUNCTION	0.14	2.00	100.18	0	03:20
18	JUNCTION	0.37	2.00	99.90	0	03:20
24	JUNCTION	0.06	2.00	100.00	0	03:40
25	JUNCTION	0.02	0.05	98.55	0	03:43
26	JUNCTION	0.06	0.17	98.70	0	03:43
27	JUNCTION	0.07	0.19	98.74	0	03:43
28	JUNCTION	0.06	0.19	98.76	0	03:43
29	JUNCTION	0.03	0.12	99.11	0	05:00
30	JUNCTION	0.08	0.30	99.27	0	05:00
31	JUNCTION	0.05	0.34	99.37	0	05:05
32	JUNCTION	0.31	0.61	99.35	0	05:00
33	JUNCTION	0.20	1.03	99.89	0	05:00
34	JUNCTION	0.26	0.50	99.29	0	05:00

รูปที่ ค3 Node Flooding

ผลการประมวลผลของกรณีที่ 10

1.Status Report

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.007)

พื้นที่รร.สาธิตฝ่ายประถม

****

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

****

****

Analysis Options

****

Flow Units ..... CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff ..... YES

RDII ..... NO

Snowmelt ..... NO

Groundwater ..... NO

Flow Routing ..... YES

Ponding Allowed ..... NO

Water Quality ..... NO

Infiltration Method ..... HORTON

Flow Routing Method ..... DYNWAVE

Starting Date NOV-14-2016 00:00:00

Ending Date NOV-14-2016 06:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step ..... 30.00 sec

Variable Time Step ..... YES

Maximum Trials 8

Head Tolerance ..... 0.005000 m

**********	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
**********	---------	-------
Total Precipitation	0.192	4.800
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.000	0.000
Surface Runoff	0.102	2.540
Final Surface Storage	0.091	2.283
Continuity Error (%)	-0.471	

**********	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
**********	---------	---------
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.099	0.992
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.000	0.001
Internal Outflow	0.590	5.904
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.239	2.393
Continuity Error (%)	-736.894	

****

Highest Continuity Errors

****

Node 10 (-154.66%)

Node 12 (-77.45%)

Node 15 (-62.97%)

Node 18 (-37.06%)

Node 24 (-29.36%)

****

Time-Step Critical Elements

****

Link 135 (57.10%)

Link 130 (12.74%)

Link 145 (4.05%)

Link 122 (3.60%)

Link 156 (2.87%)

****

Highest Flow Instability Indexes

****

Link 135 (71)

Link 156 (49)

Link 153 (31)

Link 125 (25)

Link 146 (23)

****

Routing Time Step Summary

****

Minimum Time Step : 0.50 sec

Average Time Step : 6.07 sec

Maximum Time Step : 30.00 sec

Percent in Steady State : 0.00

Average Iterations per Step : 3.16

Percent Not Converging : 9.56

****

Analysis begun on: Mon Jun 26 22:15:59 2017

Analysis ended on: Mon Jun 26 22:15:59 2017

Total elapsed time: < 1 sec

2. Node Flooding

Node Flooding | Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
6	0.01	0.063	0	03:23	0.000	0.000
7	0.01	2.278	0	03:23	0.004	0.000
8	0.01	2.655	0	03:23	0.080	0.000
9	0.04	8.681	0	05:25	0.748	0.000
10	0.05	4.235	0	03:23	0.458	0.000
11	0.05	25.608	0	05:55	1.865	0.000
12	0.04	10.589	0	05:18	0.664	0.000
13	0.04	13.663	0	05:11	0.710	0.000
14	0.03	18.495	0	05:18	1.156	0.000
15	0.06	5.587	0	05:25	0.602	0.000
16	0.06	13.949	0	03:38	0.780	0.000
17	0.01	17.314	0	04:58	0.246	0.000
18	0.05	9.471	0	04:45	0.810	0.000
24	0.04	7.476	0	04:58	0.809	0.000
22	0.02	2.850	0	03:30	0.125	0.000
23	0.01	3.902	0	04:51	0.072	0.000
20	0.01	4.379	0	04:51	0.080	0.000
21	0.02	4.647	0	05:55	0.293	0.000
19	0.06	9.296	0	05:43	1.376	0.000

รูปที่ ค4 Node Flooding

3. Link Flow

Link Flow ▾ Click a column header to sort the column.

Link	Type	Maximum |Flow| CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum |Velocity| m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
57	CONDUIT	0.032	0	04:05	1.44	0.02	0.07
54	CONDUIT	0.010	0	06:00	0.16	0.00	0.14
58	CONDUIT	0.031	0	04:00	0.64	0.04	0.11
98	CONDUIT	0.007	0	03:39	0.27	0.03	0.08
99	CONDUIT	0.014	0	05:37	0.31	0.01	0.11
101	CONDUIT	0.046	0	05:36	0.67	0.05	0.18
102	CONDUIT	0.067	0	05:11	0.81	0.11	0.31
103	CONDUIT	0.167	0	05:11	1.07	0.08	0.43
104	CONDUIT	0.348	0	05:36	1.42	0.23	0.41
105	CONDUIT	0.248	0	05:11	1.01	0.32	0.42
107	CONDUIT	0.046	0	03:38	0.42	0.02	0.22
111	CONDUIT	0.068	0	05:11	0.99	0.05	0.14
113	CONDUIT	0.020	0	04:00	0.82	0.01	0.08
114	CONDUIT	0.020	0	04:01	0.43	0.02	0.11
115	CONDUIT	0.216	0	05:36	1.30	0.09	0.36
117	CONDUIT	0.227	0	05:36	1.48	0.12	0.50
119	CONDUIT	2.689	0	03:23	3.42	2.27	1.00
121	CONDUIT	9.620	0	04:35	21.56	4.69	0.93
122	CONDUIT	34.481	0	05:55	44.59	5.19	1.00
125	CONDUIT	21.980	0	05:18	29.64	5.36	1.00
129	CONDUIT	13.626	0	05:31	23.52	4.86	1.00
130	CONDUIT	13.647	0	05:43	27.32	16.64	1.00
132	CONDUIT	2.537	0	04:51	3.31	0.87	1.00
135	CONDUIT	11.997	0	05:31	28.83	10.34	1.00
137	CONDUIT	0.028	0	05:37	0.48	0.03	0.13
138	CONDUIT	0.079	0	05:37	0.47	0.03	0.27
139	CONDUIT	0.166	0	05:11	1.01	0.12	0.37

รูปที่ ค5 Link Flow

4. Node Depth

Node Depth Click a column header to sort the column.

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth
3	JUNCTION	0.14	0.34	98.80	0	03:23
4	JUNCTION	0.35	0.50	98.73	0	04:37
5	JUNCTION	0.09	0.19	98.70	0	04:37
6	JUNCTION	0.22	2.00	100.39	0	03:23
7	JUNCTION	0.17	2.00	100.43	0	03:23
8	JUNCTION	0.22	2.00	100.38	0	03:23
9	JUNCTION	0.12	2.00	100.46	0	03:23
10	JUNCTION	0.11	2.00	100.31	0	03:23
11	JUNCTION	0.82	2.00	99.49	0	03:23
12	JUNCTION	0.36	2.00	100.02	0	03:23
13	JUNCTION	0.26	2.00	100.12	0	04:35
14	JUNCTION	0.62	2.00	99.72	0	04:35
15	JUNCTION	0.32	2.00	100.05	0	03:23
16	JUNCTION	0.27	2.00	100.10	0	03:23
17	JUNCTION	0.15	2.00	100.18	0	04:58
18	JUNCTION	0.40	2.00	99.90	0	03:23
24	JUNCTION	0.07	2.00	100.00	0	04:58
25	JUNCTION	0.02	0.03	98.53	0	04:00
26	JUNCTION	0.05	0.11	98.64	0	04:00
27	JUNCTION	0.06	0.12	98.67	0	04:00
28	JUNCTION	0.05	0.11	98.68	0	04:00
29	JUNCTION	0.03	0.05	99.04	0	04:00
30	JUNCTION	0.07	0.13	99.11	0	05:18
31	JUNCTION	0.04	0.09	99.13	0	05:18
32	JUNCTION	0.31	0.43	99.16	0	05:36
33	JUNCTION	0.19	0.41	99.27	0	05:11
34	JUNCTION	0.26	0.35	99.14	0	05:36

รูปที่ ค6 Node Flooding

ผลการประมวลผลของกรณีที่ 11

1.Status Report

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.007)

พื้นที่รร.สาธิตฝ่ายประถม

****

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

****

****

Analysis Options

****

Flow Units ..... CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff ..... YES

RDII ..... NO

Snowmelt ..... NO

Groundwater ..... NO

Flow Routing ..... YES

Ponding Allowed ..... NO

Water Quality ..... NO

Infiltration Method ..... HORTON

Flow Routing Method ..... DYNWAVE

Starting Date NOV-14-2016 00:00:00

Ending Date NOV-14-2016 06:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step ..... 30.00 sec

Variable Time Step ..... YES

Maximum Trials 8

Head Tolerance ..... 0.005000 m

**********	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
**********	---------	-------
Total Precipitation	0.192	4.800
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.000	0.000
Surface Runoff	0.023	0.563
Final Surface Storage	0.170	4.245
Continuity Error (%)	-0.15	

**********	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
**********	---------	---------
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.022	0.217
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.154	1.544
Internal Outflow	0.384	3.837
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.262	2.620
Continuity Error (%)	-3592.706	

****

Highest Continuity Errors

****

Node 10 (-495.36%)

Node 39 (-324.27%)

Node 24 (-307.09%)

Node 25 (-234.73%)

Node 40 (-98.31%)

****

Time-Step Critical Elements

****

Link 54 (31.84%)

Link 155 (19.45%)

Link 135 (17.67%)

Link 122 (3.49%)

Link 156 (3.00%)

****

Highest Flow Instability Indexes

****

Link 146 (26)

Link 125 (25)

Link 152 (24)

Link 145 (24)

Link 147 (23)

****

Routing Time Step Summary

****

Minimum Time Step : 0.50 sec

Average Time Step : 7.12 sec

Maximum Time Step : 30.00 sec

Percent in Steady State : 0.00

Average Iterations per Step : 2.94

Percent Not Converging : 8.21

****

Analysis begun on: Mon Jun 26 22:24:51 2017

Analysis ended on: Mon Jun 26 22:24:51 2017

Total elapsed time: < 1 sec

2. Node Flooding

Node Flooding — Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
6	0.01	3.610	0	04:14	0.077	0.000
7	0.01	1.522	0	03:51	0.003	0.000
9	0.06	2.857	0	05:48	0.325	0.000
10	0.01	1.982	0	04:14	0.010	0.000
11	0.05	14.545	0	04:07	1.669	0.000
12	0.02	3.755	0	04:14	0.104	0.000
13	0.02	5.885	0	04:07	0.142	0.000
14	0.02	8.451	0	04:13	0.323	0.000
15	0.02	10.187	0	03:55	0.265	0.000
16	0.03	7.204	0	04:13	0.389	0.000
17	0.01	9.556	0	05:19	0.093	0.000
18	0.02	8.797	0	03:55	0.304	0.000
24	0.01	7.107	0	04:07	0.186	0.000
28	0.01	2.954	0	04:14	0.003	0.000
29	0.01	9.037	0	04:14	0.156	0.000
32	0.01	6.312	0	04:14	0.011	0.000
34	0.01	6.524	0	04:14	0.167	0.000
36	0.01	7.032	0	04:14	0.175	0.000
37	0.01	0.050	0	04:14	0.000	0.000
38	0.01	4.493	0	04:14	0.115	0.000
41	0.01	10.770	0	04:14	0.193	0.000
22	0.01	6.771	0	04:13	0.204	0.000
20	0.01	2.379	0	05:48	0.005	0.000
21	0.02	9.594	0	05:48	0.431	0.000
19	0.02	2.935	0	05:48	0.161	0.000
45	0.01	1.126	0	04:14	0.001	0.000
46	0.01	1.588	0	05:48	0.048	0.000

รูปที่ ค7 Node Flooding

3. Link Flow

Link Flow — Click a column header to sort the column.

Link	Type	Maximum |Flow| CMS	Day of	Hour of Maximum Flow	Maximum |Velocity| m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
57	CONDUIT	8.352	0	04:14	35.82	5.68	1.00
54	CONDUIT	3.445	0	04:14	8.11	1.52	1.00
58	CONDUIT	2.388	0	04:14	3.51	2.44	1.00
98	CONDUIT	0.556	0	04:14	1.42	2.07	0.59
99	CONDUIT	0.757	0	04:14	2.04	0.49	0.63
101	CONDUIT	11.821	0	04:14	27.81	11.61	0.99
102	CONDUIT	4.378	0	04:14	38.85	6.13	1.00
103	CONDUIT	7.489	0	04:14	19.07	3.24	0.81
104	CONDUIT	0.392	0	04:14	0.88	0.23	1.00
105	CONDUIT	0.592	0	04:14	1.10	0.68	1.00
107	CONDUIT	10.940	0	04:14	27.85	3.45	0.84
111	CONDUIT	1.164	0	04:14	3.07	0.78	1.00
113	CONDUIT	2.823	0	04:14	4.28	0.73	0.82
114	CONDUIT	1.681	0	04:14	2.60	1.53	1.00
115	CONDUIT	0.051	0	03:45	0.53	0.02	0.24
117	CONDUIT	0.038	0	03:45	0.88	0.02	0.53
119	CONDUIT	1.950	0	03:51	2.48	1.45	1.00
121	CONDUIT	6.812	0	04:14	17.34	2.93	1.00
122	CONDUIT	16.892	0	04:07	21.51	2.24	1.00
125	CONDUIT	10.617	0	04:13	14.22	2.28	1.00
129	CONDUIT	12.912	0	03:55	24.85	4.07	1.00
130	CONDUIT	5.392	0	05:48	6.86	5.80	1.00
132	CONDUIT	2.557	0	04:14	3.26	0.78	1.00
135	CONDUIT	12.370	0	04:07	27.39	9.41	1.00
137	CONDUIT	2.625	0	04:14	4.36	2.19	0.72
138	CONDUIT	11.241	0	04:14	28.62	3.25	0.84
139	CONDUIT	1.133	0	04:14	1.49	0.70	1.00

รูปที่ ค8 Link Flow

4.Node Depth

Node Depth ▾ Click a column header to sort the column.

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth
3	JUNCTION	0.08	0.15	98.61	0	04:03
4	JUNCTION	0.28	0.37	98.60	0	04:03
5	JUNCTION	0.03	0.08	98.59	0	04:04
6	JUNCTION	0.16	2.00	100.39	0	03:51
7	JUNCTION	0.13	2.00	100.43	0	03:51
8	JUNCTION	0.17	2.00	100.38	0	04:14
9	JUNCTION	0.09	2.00	100.46	0	03:50
10	JUNCTION	0.09	2.00	100.31	0	03:55
11	JUNCTION	0.74	2.00	99.49	0	03:50
12	JUNCTION	0.29	2.00	100.02	0	03:55
13	JUNCTION	0.20	2.00	100.12	0	04:00
14	JUNCTION	0.55	2.00	99.72	0	03:55
15	JUNCTION	0.26	2.00	100.05	0	03:55
16	JUNCTION	0.21	2.00	100.10	0	03:51
17	JUNCTION	0.12	2.00	100.18	0	05:19
18	JUNCTION	0.32	2.00	99.90	0	03:55
24	JUNCTION	0.06	2.00	100.00	0	04:07
25	JUNCTION	0.02	1.04	99.54	0	04:14
26	JUNCTION	0.06	1.00	99.53	0	04:14
27	JUNCTION	0.07	1.10	99.65	0	04:14
28	JUNCTION	0.06	2.00	100.58	0	04:14
29	JUNCTION	0.04	2.00	100.99	0	04:14
30	JUNCTION	0.07	1.57	100.55	0	04:14
31	JUNCTION	0.05	1.27	100.31	0	04:14
32	JUNCTION	0.32	2.00	100.73	0	04:14
33	JUNCTION	0.20	1.88	100.75	0	04:14
34	JUNCTION	0.26	2.00	100.79	0	04:14

รูปที่ ค9 Node Flooding

ผลการประมวลผลของกรณีที่ 12

1.Status report

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.007)

พื้นที่รร.สาธิตฝ่ายประถม

****

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

****

****

Analysis Options

****

Flow Units ..... CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff ..... YES

RDII ..... NO

Snowmelt ..... NO

Groundwater ..... NO

Flow Routing ..... YES

Ponding Allowed ..... NO

Water Quality ..... NO

Infiltration Method ..... HORTON

Flow Routing Method ..... DYNWAVE

Starting Date NOV-14-2016 00:00:00

Ending Date NOV-14-2016 06:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step ..... 30.00 sec

Variable Time Step ..... YES

Maximum Trials 8

Head Tolerance ..... 0.005000 m

**********	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
**********	---------	-------
Total Precipitation	0.192	4.800
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.000	0.000
Surface Runoff	0.023	0.563
Final Surface Storage	0.170	4.245
Continuity Error (%)	-0.152	

**********	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
**********	---------	---------
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.022	0.217
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.012	0.116
Internal Outflow	0.519	5.195
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.250	2.503
Continuity Error (%)	-3501.490	

****

Highest Continuity Errors

****

Node 38 (-126.70%)

Node 10 (-126.29%)

Node 16 (-56.89%)

Node 22 (-50.33%)

Node 18 (-49.61%)

****

Time-Step Critical Elements

****

Link 135 (33.19%)

Link 57 (18.66%)

Link 155 (8.69%)

Link 122 (4.01%)

Link 156 (3.85%)

****

Highest Flow Instability Indexes

****

Link 135 (65)

Link 125 (30)

Link 146 (29)

Link 152 (29)

Link 156 (29)

****

Routing Time Step Summary

****

Minimum Time Step : 0.50 sec

Average Time Step : 6.61 sec

Maximum Time Step : 30.00 sec

Percent in Steady State : 0.00

Average Iterations per Step : 3.41

Percent Not Converging : 10.68

****

Analysis begun on: Mon Jun 26 22:27:09 2017

Analysis ended on: Mon Jun 26 22:27:09 2017

Total elapsed time: < 1 sec

2.Node Flooding

Node Flooding | Click a column header to sort the column.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Day of Maximum Flooding	Hour of Maximum Flooding	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
7	0.01	1.444	0	04:21	0.016	0.000
8	0.01	2.944	0	05:03	0.109	0.000
9	0.02	4.635	0	05:10	0.190	0.000
10	0.05	4.724	0	05:03	0.359	0.000
11	0.04	25.643	0	05:10	1.225	0.000
12	0.04	6.233	0	05:19	0.336	0.000
13	0.01	13.208	0	05:10	0.229	0.000
14	0.06	12.062	0	04:44	1.296	0.000
15	0.03	2.044	0	04:21	0.193	0.000
16	0.02	13.268	0	04:01	0.306	0.000
17	0.05	8.891	0	04:44	0.530	0.000
18	0.01	3.846	0	05:04	0.170	0.000
24	0.05	7.097	0	05:19	0.861	0.000
26	0.01	6.735	0	05:19	0.202	0.000
29	0.01	1.414	0	05:19	0.042	0.000
32	0.02	5.100	0	05:28	0.216	0.000
34	0.02	7.143	0	04:53	0.374	0.000
35	0.01	1.138	0	05:28	0.001	0.000
37	0.04	9.048	0	04:53	0.342	0.000
38	0.01	0.031	0	04:21	0.000	0.000
39	0.03	3.238	0	04:53	0.090	0.000
43	0.01	6.802	0	04:21	0.058	0.000
22	0.03	3.760	0	04:53	0.108	0.000
23	0.01	4.190	0	04:44	0.078	0.000
20	0.01	5.261	0	05:28	0.164	0.000
21	0.03	6.223	0	04:21	0.504	0.000
19	0.06	9.044	0	05:10	1.295	0.000

รูปที่ ค10 Node Flooding

3.Link FLow

Link Flow ▾ Click a column header to sort the column.

Link	Type	Maximum [Flow] CMS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
57	CONDUIT	2.631	0	05:19	4.93	2.03	0.64
54	CONDUIT	0.109	0	05:28	0.80	0.05	0.26
58	CONDUIT	13.489	0	05:19	30.95	15.60	0.98
98	CONDUIT	3.194	0	04:22	4.07	13.49	1.00
99	CONDUIT	8.118	0	04:21	12.40	5.97	1.00
101	CONDUIT	1.507	0	04:53	3.51	1.68	1.00
102	CONDUIT	3.795	0	04:21	9.06	6.02	0.99
103	CONDUIT	3.683	0	04:53	5.55	1.81	1.00
104	CONDUIT	7.517	0	04:53	15.82	4.93	1.00
105	CONDUIT	4.995	0	04:53	10.51	6.51	1.00
107	CONDUIT	7.158	0	04:21	13.21	2.56	1.00
111	CONDUIT	1.769	0	05:28	2.87	1.34	0.73
113	CONDUIT	2.795	0	05:19	6.90	0.82	0.57
114	CONDUIT	3.276	0	05:19	4.17	3.39	1.00
115	CONDUIT	0.056	0	03:47	0.68	0.02	0.24
117	CONDUIT	0.032	0	05:19	0.71	0.02	0.51
119	CONDUIT	1.800	0	04:21	2.77	1.52	1.00
121	CONDUIT	9.263	0	05:10	21.98	4.52	1.00
122	CONDUIT	34.527	0	05:10	44.72	5.20	1.00
125	CONDUIT	21.082	0	03:49	38.96	5.14	1.00
129	CONDUIT	7.563	0	03:49	13.87	2.70	1.00
130	CONDUIT	13.937	0	04:39	26.72	17.00	1.00
132	CONDUIT	7.459	0	04:01	13.98	2.57	1.00
135	CONDUIT	12.238	0	04:01	29.95	10.55	1.00
137	CONDUIT	2.645	0	04:21	5.90	2.50	1.00
138	CONDUIT	1.158	0	05:28	5.69	0.38	1.00
139	CONDUIT	9.668	0	05:28	19.75	6.81	1.00

รูปที่ ค 11 Link Flow

4.Node Depth

Node Depth ▾ Click a column header to sort the column.

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth
3	JUNCTION	0.08	0.14	98.60	0	04:24
4	JUNCTION	0.28	0.37	98.60	0	04:24
5	JUNCTION	0.04	0.08	98.59	0	04:24
6	JUNCTION	0.17	1.25	99.64	0	03:49
7	JUNCTION	0.14	2.00	100.43	0	04:21
8	JUNCTION	0.18	2.00	100.38	0	04:32
9	JUNCTION	0.10	2.00	100.46	0	04:21
10	JUNCTION	0.12	2.00	100.31	0	03:49
11	JUNCTION	0.80	2.00	99.49	0	03:49
12	JUNCTION	0.35	2.00	100.02	0	03:55
13	JUNCTION	0.25	2.00	100.12	0	04:16
14	JUNCTION	0.61	2.00	99.72	0	03:49
15	JUNCTION	0.31	2.00	100.05	0	04:11
16	JUNCTION	0.26	2.00	100.10	0	04:01
17	JUNCTION	0.17	2.00	100.18	0	04:06
18	JUNCTION	0.39	2.00	99.90	0	03:49
24	JUNCTION	0.07	2.00	100.00	0	04:01
25	JUNCTION	0.03	0.37	98.87	0	05:19
26	JUNCTION	0.10	2.00	100.53	0	05:19
27	JUNCTION	0.11	1.43	99.98	0	05:19
28	JUNCTION	0.10	0.91	99.49	0	05:20
29	JUNCTION	0.06	2.00	100.99	0	05:19
30	JUNCTION	0.11	0.85	99.82	0	05:19
31	JUNCTION	0.09	0.72	99.76	0	05:28
32	JUNCTION	0.36	2.00	100.73	0	04:22
33	JUNCTION	0.24	1.43	100.29	0	05:19
34	JUNCTION	0.31	2.00	100.79	0	04:21

รูปที่ ค12 Node Flooding

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายปฏิพัทธ์ ประชันกลาง
วันเดือนปีเกิด	13 มิถุนายน 2538
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	58/37 ซอย 1 หมู่ 8 ต.หนองบัว อ.เมือง จ.กาญจนบุรี
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	089-025-2646

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนวิสุทธรังษี
พ.ศ. 2559	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายศิรวิทย์ ศรีกอก
วันเดือนปีเกิด	20 เมษายน 2538
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	2/319 ถ.เลียบคลองสี่ ต.คลองสี่
	อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	086-885-7703

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556	มัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนสารสาสน์วิเทศรังสิต
พ.ศ. 2559	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ