



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาระบบระบายน้ำปฐมภูมิพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร

The Study of Primary Drainage System in Eastern Bangkok Metropolitan Area

นามผู้วิจัย นางสาวอรุณรัตน์ จันทน์เรียบ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ยรรยง มาแจ้ง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์กอบเกียรติ ผ่องพูลิ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เปี่ยมสง่า, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาระบบระบายน้ำปฐมภูมิพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร

The Study of Primary Drainage System in Eastern Bangkok Metropolitan Area

โดย

นางสาวอรุณรัตน์ จันทรีเรียบ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรุณรัตน์ จันทรเรียบ 2556: การศึกษาระบบระบายน้ำปฐมภูมิพื้นที่ฝั่งตะวันออกของ กรุงเทพมหานคร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขา วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อาจารย์ณัฐ มาแจ้ง, Ph.D. 178 หน้า

การจำลองระบบระบายน้ำปฐมภูมิพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลอง คณิตศาสตร์ HEC-RAS ใช้สำหรับศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำในคลองระบายน้ำสายหลัก ซึ่ง สามารถนำไปใช้พัฒนาต่อยอดสำหรับการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับน้ำท่วมจากพื้นที่ ด้านทิศเหนือของกรุงเทพมหานครรวมถึงการปรับปรุงในอนาคต ในการจำลองได้ใช้ชุดข้อมูล ระดับน้ำรายชั่วโมงในการเปรียบเทียบ ซึ่งพบว่า ค่าความแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยอยู่ในพิสัย ระหว่าง 0.00 - 0.20 ม.และประสิทธิภาพของสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ใช้ในการระบายน้ำ ออกมีค่าตั้งแต่ 50% ถึง 80% ซึ่งค่าความแตกต่างของระดับน้ำที่ใกล้เคียงความจริงและสามารถที่จะ นำแบบจำลองพฤติกรรมระบบระบายน้ำ HEC-RAS ไปใช้ในการวิเคราะห์ขีดความสามารถของ ระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษาได้

จากผลการศึกษาพบว่า ระบบระบายน้ำปฐมภูมิปัจจุบันของพื้นที่ศึกษากรณีฝนไม่ตกใน พื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเท่านั้นด้วยอัตราการไหลคงที่ 50 ลบ.ม/วินาที พบว่า สามารถรองรับน้ำ จากภายนอกได้โดยไม่เกิดสถานะน้ำล้นตลิ่งโดยระดับน้ำสูงสุดอยู่ในช่วง 0.00 ถึง 1.00 ม.รทก และ ถ้าเพิ่มอัตราการไหลคงที่เป็น 60 และ 70 จะเกิดสถานะน้ำล้นตลิ่งในหลายพื้นที่ กรณีฝนตกในพื้นที่ และป้องกันน้ำจากภายนอก พบว่า สามารถรองรับปริมาณฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี ได้โดยไม่ ล้นตลิ่ง ส่วนในกรณีที่ใช้ฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 5 ปี จะส่งผลให้ระดับน้ำในคลองมีระดับสูงขึ้น และเกิดน้ำล้นตลิ่งในบางพื้นที่ ส่วนกรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่บางส่วน พบว่า ฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี สามารถรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 10 ลบ.ม/ วินาที/ประตู ค่าระดับน้ำอยู่ในช่วง 0.05 – 0.15 ม.รทก คลองระบายน้ำส่วนใหญ่สามารถรองรับน้ำ จากภายนอกได้โดยไม่เกิดน้ำล้นตลิ่ง แต่มีคลองเชื่อมบางช่วงที่มีสภาพตื้นเขิน จะเกิดน้ำล้นตลิ่งแต่ หากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของคลองแล้วก็จะสามารถลดระดับน้ำในคลอง ลดลงได้ ซึ่งในการศึกษารั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำไว้แล้ว

Aroonrat Chanreab 2013: The Study of Primary Drainage System in Eastern Bangkok Metropolitan Area. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Mr. Nat Marjang, Ph.D. 178 pages.

The study of primary drainage system in eastern Bangkok Metropolitan Area using HEC-RAS for study of flow in the main canal. Which can be used for further development of the capacity to accommodate the flood of the area to the north of Bangkok including improvements in the future. In the calibration using hourly water level data on 6-20 October 2011 in the calibration. It was found that the coefficient of roughness (n) in the range of 0.025 to 0.036 and are able to model the behavior drainage system can be used to evaluate the drainage system of primary case study, no rain in the area and the water. outside only. Case rainfall in the area and prevent water from external. The rainfall in the area and get some water from the outside. And propose recommendations to improve the drainage system in the area

The study found that Drainage primary case study area where no rain in the area, and from the outside only by a constant flow of 50 cms. that can accommodate water from outside without any conditions, overflow their banks by High water level in the range 0.00 to 1.00 m.(MSL) and if the flow rate was fixed at 60 and 70 cms. conditions to overflow their banks in many areas. The rainfall in the area and prevent the water from rainfall that can be designed to take 2 return periods without overflowing its banks. In the case of using a design that will result in 5 return periods, the incidence of water levels in the canal caused water levels to rise and overflow its banks in some areas. In case of rain in the area and from outside the area, some of the rain design sessions take 2 return periods to get water from the outside, with a flow rate of total fixed 40 cms. through a draining 4 regulators on the north side. the water level in the range of 0.05 to 0.15 m.(MSL) can drain the water from the outside without any overflow their banks. However, there is a period where there are canals silted. Will overflow their banks, if the hydraulic performance of the drainage system, it can reduce the water level in the canal reduced.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ที่ได้ให้ตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ที่ได้อบรมสั่งสอนและ มอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบพระคุณ คุณนิคม ไกรทัต และ คุณเอกพงษ์ เกตุทอง ที่ได้ให้คำแนะนำในส่วนของการใช้งานโปรแกรม HEC-RAS 4.0 ขอขอบคุณสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลในการศึกษาวิจัย และ ขอขอบคุณ คุณอภิชา ปุ๊กสันเทียะ ที่ได้ให้คำแนะนำในส่วนของการใช้งานโปรแกรมภูมิศาสตร์ สารสนเทศ ตลอดจนพี่ๆ และเพื่อนๆร่วมงานทุกทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจใน การศึกษาครั้งนี้

คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ นายอำพร จันท์เรียบ บิดา และนาง ขวัญใจ จันท์เรียบ มารดา และนายประธาน อาจการ ผู้ให้ความรู้ความสามารถ กำลังใจ และทุนใน การศึกษาวิจัย คณาจารย์ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ติดต่อประสานงาน ช่วยเหลือจน วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงอย่างสมบูรณ์

อรุณรัตน์ จันท์เรียบ

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	50
ข้อเสนอแนะการปรับปรุงระบบคลองสายหลัก	103
สรุปและข้อเสนอแนะ	124
สรุป	124
ข้อเสนอแนะ	128
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	129
ภาคผนวก	131
ภาคผนวก ก ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลบริเวณเงื่อนไขทางด้านเหนือน้ำ และทำนน้ำของระบบระบายน้ำปทุมภูมิ	132
ภาคผนวก ข ผลวิเคราะห์ค่าระดับน้ำด้วยแบบจำลองในระบบระบายน้ำปทุมภูมิ	139
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	178

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	ค่าคงที่ของพายุฝนนอกแบบของกรุงเทพมหานครที่คาบอุบัติต่างๆ
2	สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับการใช้พื้นที่ต่างๆ
3	สัมประสิทธิ์น้ำท่าของกรุงเทพมหานครเขตชั้นใน
4	คลองระบายน้ำปทุมภูมิที่นำมาใช้ในการศึกษา
5	สถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาที่นำมาใช้ในการศึกษา
6	อาคารชลศาสตร์กลางคลองที่นำมาใช้ในการศึกษา
7	อาคารชลศาสตร์ริมคันกันน้ำพระราชดำริที่นำมาใช้ในการศึกษา
8	อุโมงค์ผันน้ำที่นำมาใช้ในการศึกษา
9	บึงพักน้ำหลักที่นำมาใช้ในการศึกษา
10	แผนการควบคุมระดับตามอาคารบังคับน้ำของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก
11	การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำในแบบจำลอง
12	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของคลองระบายน้ำหลัก
13	ความสามารถในการสูบน้ำปัจจุบันของสถานีที่สูบน้ำลง แม่น้ำเจ้าพระยาในแบบจำลอง
14	การปรับปรุงระบบระบายน้ำปทุมภูมิที่เสนอแนะ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข1 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองแสนแสบ	140
ข2 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองแสนแสบ	143
ข3 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองพระยาสุเรนทร์	146
ข4 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองพระยาสุเรนทร์	148
ข5 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองลาดพร้าว	150
ข6 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองลาดพร้าว	153
ข7 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองบางซื่อ	156
ข8 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองบางซื่อ	157
ข9 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองบางเขน	158
ข10 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองบางเขน	159
ข11 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองพระโขนง	160
ข12 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองพระโขนง	162
ข13 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองสามเสน	164

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข14 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองสามเสน	166
ข15 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองเปรมประชากร	168
ข16 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองเปรมประชากร	170
ข17 สรุปข้อมูลทางกายภาพ และค่าระดับน้ำ กรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก คลองจั่น-หลุมไผ่	172
ข18 สรุปข้อมูลระดับน้ำในกรณีปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ คลองจั่น-หลุมไผ่	173

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 พื้นที่ป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร (พื้นที่ศึกษา)	5
2 ทางเดินพายุและมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย	7
3 เปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสำนักระบายน้ำกรุงเทพมหานคร	8
4 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก	9
5 การแบ่งพื้นที่ปิดล้อมย่อยของสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร	14
6 แนวความคิดของวิธีหลักและเหตุผล	24
7 แรงและตัวแปรต่างๆในทางน้ำเปิดที่ใช้ในสมการ Saint Venant	27
8 ระบบคลองระบายน้ำสายหลักและองค์ประกอบต่างๆที่ใช้ในการศึกษา	43
9 สถานีวัดระดับน้ำของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร	44
10 การแบ่งพื้นที่ระบายน้ำย่อยภายในพื้นที่ศึกษา	48
11 เปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้กับค่าวัดสอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำ E04	52
12 เปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้กับค่าวัดสอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำ E12	52
13 เปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้กับค่าวัดสอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำ E11	53
14 เปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้กับค่าวัดสอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำ E16	53
15 เปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้กับค่าวัดสอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำ E19	54
16 เปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้กับค่าวัดสอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำ E22	54
17 ระดับน้ำสูงสุดกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวกัด้วยอัตราการไหลคงที่	57
18 ช่วงคลองในระบบระบายน้ำปฐมภูมิที่เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่ง กรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวกัด้วยอัตราการไหลคงที่	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
19 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองแสนแสบ	59
20 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองพระยาสุเรนทร์	60
21 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองบางเขน	61
22 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองลาดพร้าว	62
23 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองบางซื่อ	63
24 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองสามเสน	64
25 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองพระโขนง	65
26 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองบางนา	66
27 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองจั่น-หุยมไฝ	67
28 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองลำผักชี	68
29 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองลาดบัวขาว	69
30 ระดับน้ำกรณีรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียวด้วยอัตราการไหลคงที่ ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองสองต้นนุ่น	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
31 ระดับน้ำสูงสุดกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก	72
32 ช่วงคลองในระบบระบายน้ำปฐมภูมิที่เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่ง กรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก	73
33 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองแสนแสบ	74
34 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองบางชันพระยาสุเรนทร์	75
35 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองบางเขน	76
36 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองลาดพร้าว	77
37 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองบางซื่อ	78
38 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองสามเสน	79
39 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองพระโขนง	80
40 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองเปรมประชากร	81
41 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองตัน	82
42 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองบางนา	83
43 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองจั่น-หุุมไผ่	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
44 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองลาดบัวขาว	85
45 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองลำผักชี	86
46 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก ในคลองสองต้นนุ่น	87
47 ระดับน้ำสูงสุดกรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก	89
48 ระดับน้ำในคลองแสนแสบ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	90
49 ระดับน้ำในคลองพระยาสุเรนทร์ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	91
50 ระดับน้ำในคลองบางเขน กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	92
51 ระดับน้ำในคลองลาดพร้าว กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	93
52 ระดับน้ำในคลองบางซื่อ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	94
53 ระดับน้ำในคลองสามเสน กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	95
54 ระดับน้ำในคลองพระโขนง กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	96
55 ระดับน้ำในคลองเปรมประชากร กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	97
56 ระดับน้ำในคลองบางนา กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
57 ระดับน้ำในคลองจั่น-หลุมไผ่ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	99
58 ระดับน้ำในคลองลาดบัวขาว กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	100
59 ระดับน้ำในคลองลำผักชี กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	101
60 ระดับน้ำในคลองสองต้นนุ่น กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอก เข้าพื้นที่ด้วยอัตราไหลคงที่ 10 cms	102
61 ระดับน้ำสูงสุดก่อนและหลังจากปรับปรุงตามที่เสนอแนะ	105
62 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองแสนแสบ ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	106
63 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองพระยาสุเรนทร์ ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	107
64 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองบางเขน ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	108
65 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองลาดพร้าว ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	109
66 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองบางซื่อ ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	110
67 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองสามเสน ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	111
68 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองพระโขนง ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	112
69 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองเปรมประชากร ที่เกิดจากการปรับปรุง ระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	113

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
70 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี ในคลองจั่น-หลุมไผ่ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	114
71 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองแสนแสบ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	115
72 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองลาดพร้าว ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	116
73 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองพระยาสุเรนทร์ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	117
74 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองบางเขน ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	118
75 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองสามเสน ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	119
76 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองบางซื่อ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	120
77 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองพระโขนง ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	121
78 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองเปรมประชากร ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	122
79 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี ในคลองจั่น-หลุมไผ่ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง	123

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำสองใต้ (E01)	133
ก2 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำพระยา สุเรนทร์ (E02)	133
ก3 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำมินบุรี (E07)	134
ก4 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดกระบัง (E21)	134
ก5 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำบางเขนใหม่ (E08)	135
ก6 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำบางซื่อ (E10)	135
ก7 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำสามเสน (E13)	136
ก8 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำเทเวศน์ (E15)	136
ก9 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำกรุงเกษม (E20)	137
ก10 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำพระโขนง (E26)	137
ก11 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำบางนา (E31)	138

การศึกษาระบบระบายน้ำปฐมภูมิพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร

The Study of Primary Drainage System in Eastern Bangkok Metropolitan Area

คำนำ

ปัจจุบันกรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางธุรกิจของประเทศไทยและในภูมิภาคเอเชีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกซึ่งมีการขยายตัวทางด้านการลงทุน ทางพาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก การเติบโตของกรุงเทพมหานครของรวดเร็วเกินกว่าการคาดการณ์ตามที่ใช้ในการวางผังเมืองการใช้ที่ดินและการสาธารณูปโภครวมทั้งมาตรการในการระบายน้ำและการป้องกันน้ำท่วมที่วางไว้จะสามารถรองรับได้ ผนวกกับปัญหาแผ่นดินทรุดอีกประการหนึ่ง จึงส่งผลทำให้ปัญหาน้ำท่วมทวีความรุนแรงขึ้น ซึ่งการเกิดน้ำท่วมส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นและภาพลักษณ์ของประเทศ รวมถึงทำให้เกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจของประเทศจำนวนมาก ดังนั้นสาเหตุปัญหาน้ำท่วมยังสามารถสรุปปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดน้ำท่วมคือ ปริมาณฝนตกหนักในพื้นที่ น้ำเหนือไหลบ่าล้นตลิ่งแม่น้ำเจ้าพระยา น้ำที่ไหลเข้ามาจากด้านนอกคันป้องกันน้ำท่วม และน้ำทะเลหนุน

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครได้ดำเนินการปรับปรุงระบบระบายน้ำปฐมภูมิตามที่เสนอแนะไว้ในการศึกษา ดำรวจ จัดทำแผนหลัก ระบบรองรับพื้นฐาน และออกแบบพื้นฐานเบื้องต้น ระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบระบายน้ำ ในพื้นที่ชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร (โครงการ ESUB, 2539) โดยมีการสร้างพื้นที่ปิดล้อมย่อยๆ กระจายครอบคลุมแหล่งชุมชนในพื้นที่ป้องกันน้ำท่วมของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก ซึ่งจะเป็นการลดระดับน้ำในคลองของระบบระบายน้ำในพื้นที่ปิดล้อมย่อยเพื่อให้เกิดที่ว่างในระบบเพื่อการรองรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ซึ่งในการดำเนินการดังกล่าวจะส่งผลที่ดีต่อระบบระบายน้ำปฐมภูมิ เมื่อพายุฝนที่ตกลงในพื้นที่การศึกษาไม่มีความรุนแรงมากนัก เนื่องจากการดำเนินการลดระดับน้ำของคลองในพื้นที่ปิดล้อมย่อยจะเป็นการเพิ่มปริมาตรเก็บกักให้กับระบบระบายน้ำปฐมภูมิ แต่การจัดทำระบบพื้นที่ปิดล้อมดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อระบบระบายน้ำปฐมภูมิ ในกรณีที่มีฝนที่ตกในพื้นที่ศึกษาเป็นปริมาณมากและระยะเวลาฝนตกยาวนานจนเป็นผลให้ระบบพื้นที่ปิดล้อมย่อยต่างๆ ต้องเร่งระบายน้ำออกจากพื้นที่เพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ปิดล้อมย่อย

สำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ปี พ.ศ.2554 ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อกรุงเทพมหานคร อย่างมากนั้นเกิดจากน้ำที่ไหลบ่ามาจากด้านทิศเหนืออย่างเดียวโดยไม่มีฝนตกในพื้นที่ซึ่งแนวคันกันน้ำที่มีอยู่ไม่สามารถป้องกันน้ำจากด้านนอกเข้ามาในพื้นที่ป้องกันได้ ซึ่งคลองระบายน้ำในพื้นที่ กรุงเทพมหานครมี 2 รูปแบบคือ คลองที่มีต้นน้ำต่อเชื่อมกับคลองภายนอก และคลองระบายน้ำที่ต้นน้ำจากภายในพื้นที่กรุงเทพมหานครเอง ซึ่งคลองระบายน้ำแบบที่สองนี้ ถ้าไม่มีฝนตกในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร คลองเหล่านี้ก็จะไม่มีน้ำ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า ในช่วงที่น้ำเริ่มไหลบ่าเข้าพื้นที่ กรุงเทพมหานคร คลองบางสายยังคงแห้งอยู่ ดังนั้นในเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2554 คลองบางส่วน จึงไม่สามารถช่วยในการระบายน้ำได้ ถ้าหากยังไม่เกิดน้ำบ่าบนพื้นที่รับน้ำของคลองระบายน้ำเหล่านี้

การศึกษาระบบระบายน้ำปทุมภูมิพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานครครั้งนี้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS ซึ่งเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ศึกษาความสามารถการระบายน้ำปทุมภูมิและวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของน้ำในคลองสายหลัก พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงและจัดการระบบระบายน้ำปทุมภูมิที่มีอยู่เดิมให้สอดคล้องกับการเติบโตของชุมชนในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. จำลองระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกโดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS และทำการตรวจสอบแบบจำลองโดยทำการปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration) แบบจำลอง HEC-RAS กับข้อมูลที่ตรวจวัดจากสนาม
2. เสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการน้ำที่เกิดจากน้ำท่วมภายนอกพื้นที่กรุงเทพมหานคร
3. ประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานครพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงและจัดการระบบระบายน้ำปฐมภูมิที่มีอยู่เดิมให้สอดคล้องกับการเติบโตของชุมชนในอนาคต

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

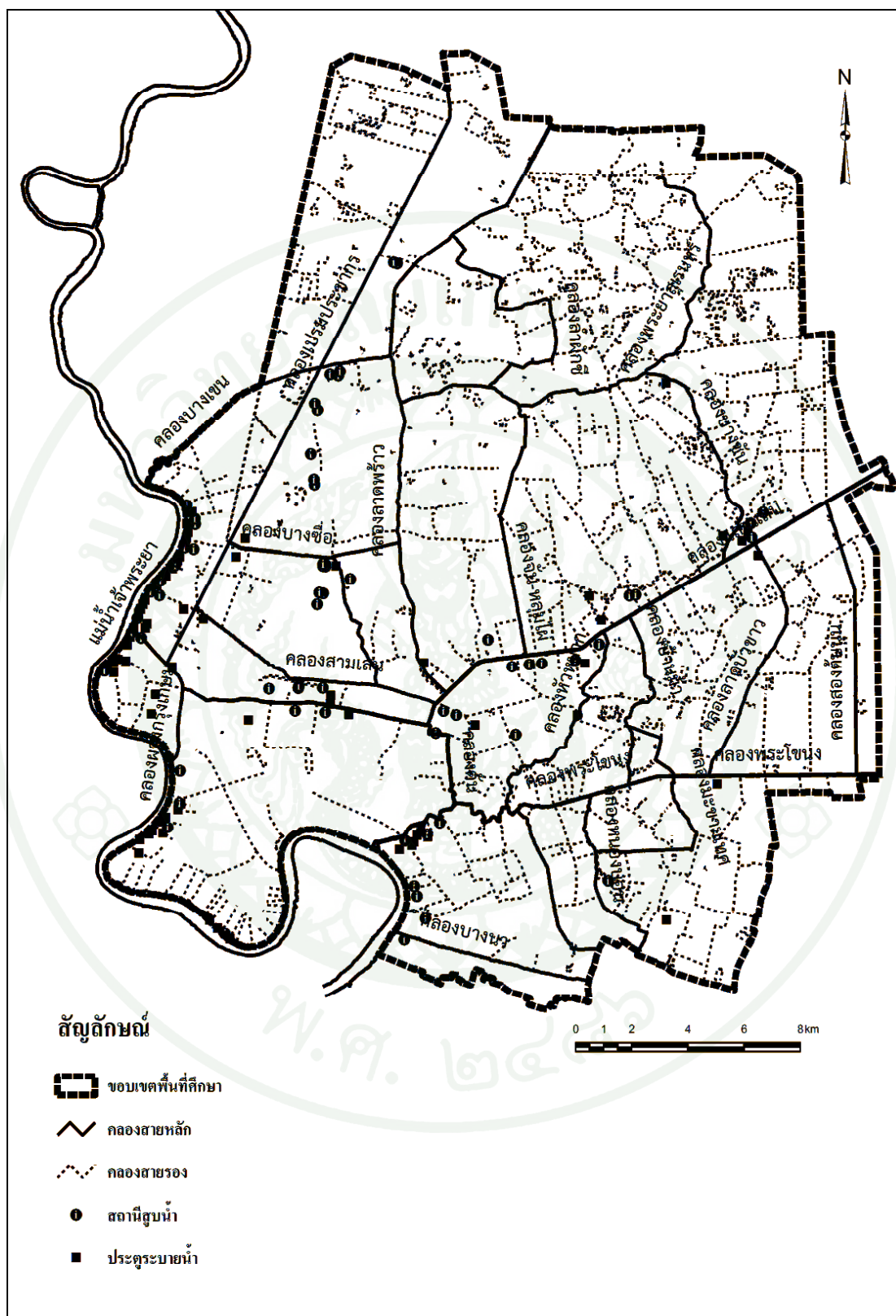
1.1 สภาพภูมิประเทศ

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ที่ละติจูด 13 องศา 44 ลิปดา เหนือ และลองจิจูด 100 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ซึ่งอยู่ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมปากแม่น้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยอยู่ห่างจากอ่าวไทยมาทางเหนือประมาณ 50 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งหมด 1,565 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย พื้นที่กรุงเทพมหานครและธนบุรีแบ่งออกเป็น 50 เขต (สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร, 2530) ซึ่งมีระดับพื้นดินตามริมฝั่งแม่น้ำประมาณ +1.5 ม.รทก. และระดับพื้นดินในที่ลุ่มห่างจากแม่น้ำมีระดับประมาณ +1.0 ม.รทก.

เนื่องจากการสูบน้ำบาดาลไปใช้กันมาก จึงทำให้ระดับพื้นดินของกรุงเทพมหานครลดต่ำลงจนในบางพื้นที่ระดับพื้นดินเกือบเท่าหรือต่ำกว่า 0.0 ม.รทก. ซึ่งหมายความว่า การระบายน้ำตามธรรมชาติในพื้นที่เหล่านี้แทบจะเป็นไปไม่ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพื้นที่เหล่านี้อยู่ไกลจากแม่น้ำ

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 650 ตารางกิโลเมตรดังแสดงในภาพที่ 1 ตั้งอยู่ในที่ราบลุ่มฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีสภาพพื้นดินเอียงลาดจากเหนือลงสู่ใต้ ระดับพื้นดินทางตอนเหนือมีค่าระหว่าง + 1.5 ถึง + 2.0 ม.รทก. และประมาณ + 0.5 ถึง + 1.0 ม.รทก. ในตอนใต้โดยบางพื้นที่มีค่าระดับประมาณ 0.0 ม.รทก. หรือสูงกว่าเล็กน้อย ตามริมแม่น้ำระดับพื้นดินสูงกว่าภายใน ทั้งนี้เนื่องจากดินข้างใต้มีความแข็งแรงกว่า ระดับทั่วไปของตลิ่งแม่น้ำมีค่าประมาณ + 1.5 ม.รทก. และมีแนวคันป้องกันน้ำท่วมที่มีระดับหลังคันสูงประมาณ + 1.8 ถึง + 2.0 ม.รทก.

จากการศึกษาการทรุดตัวของแผ่นดินของกรมแผนที่ทหารในปี พ.ศ.2539 พบว่าอัตราการทรุดตัวบริเวณด้านตะวันตกมีค่าประมาณ 1-2 ซม./ปี ส่วนด้านตะวันออกและด้านใต้มีค่าประมาณ 3-4 ซม./ปี จากการทรุดตัวของแผ่นดินอย่างต่อเนื่องเป็นผลให้การระบายน้ำโดยธรรมชาติลงสู่แม่น้ำเป็นไปได้ยาก



ภาพที่ 1 พื้นที่ป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร (พื้นที่ศึกษา)

1.2 ลักษณะภูมิอากาศและปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นจึงมีลมมรสุมและพายุฝนซึ่งนำความชื้นที่ก่อตัวให้เกิดฝนพัดผ่านมาอย่างสม่ำเสมอ ลมที่นำฝนมาตกในประเทศไทย จะอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ดังแสดงในภาพที่ 2 (ชูเกียรติและไตรรัตน์, 2529) ดังนั้น กรุงเทพมหานครก็จะได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศในลักษณะนี้เช่นกัน โดยลมที่นำฝนมาตกในประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

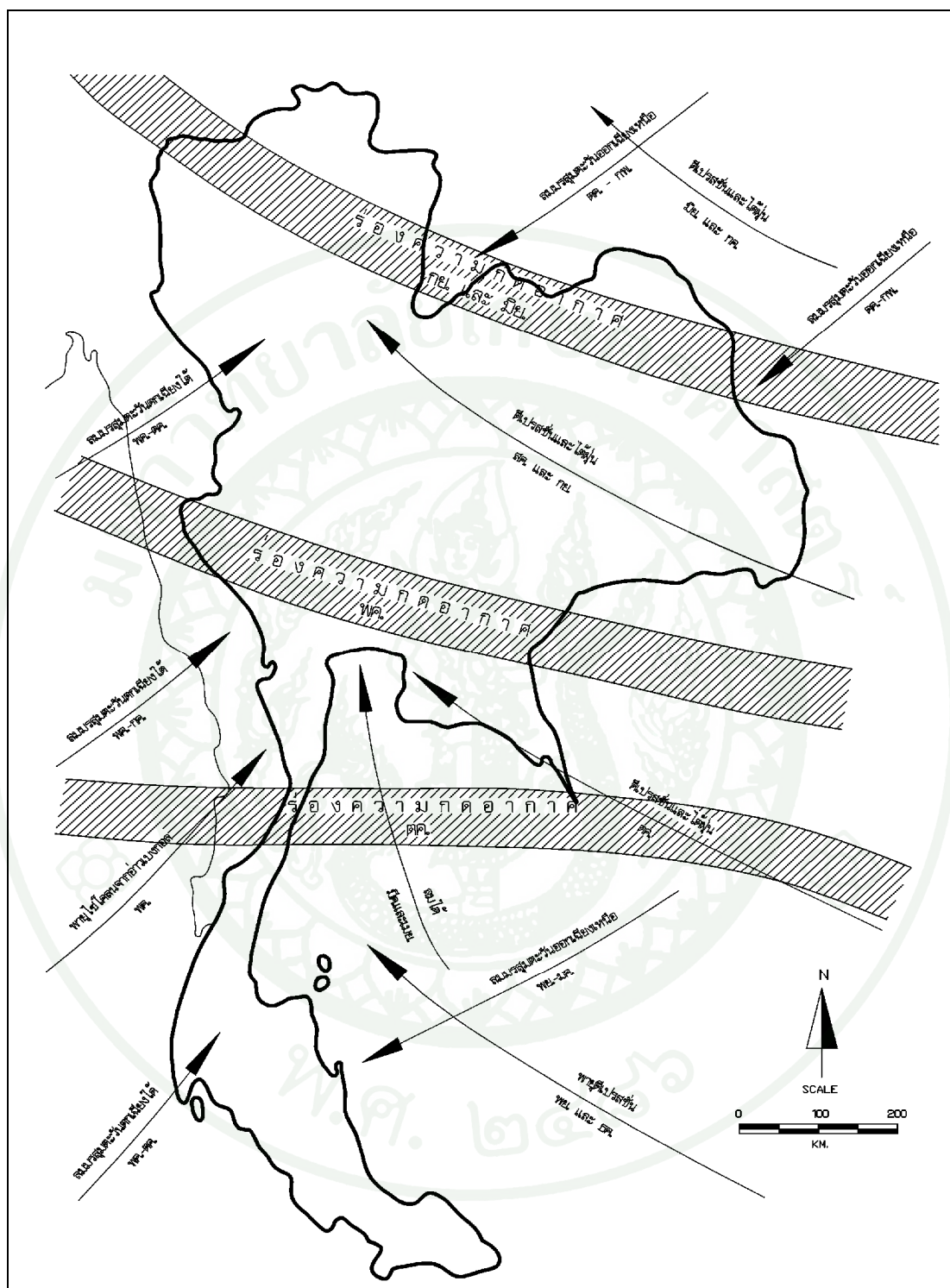
(1) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นลมประจำฤดูกาลพัดมาจากมหาสมุทรอินเดีย พายุมามาตรระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ทำให้เกิดฝนตกปานกลางในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานคร

(2) ลมใต้ฝุ่นเป็นลมจรซึ่งพัดมาจากทะเลจีนใต้เข้าฝั่งเวียดนามทางตะวันออกเฉียงเหนือและมักอ่อนกำลังลงเป็นดีเปรสชัน ทำให้เกิดฝนตกเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งจะพัดผ่านประเทศไทยราวเดือนมิถุนายนถึงกันยายน ทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมากในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วมขังในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานคร

(3) ลมไซโคลนจากอ่าวเบงกอล เป็นลมจรเกิดอยู่ในตอนใต้ของเบงกอลผ่านเข้ามาทางตะวันตกของภาคกลาง ทำให้เกิดฝนตกหนักในเดือนพฤษภาคม ผลกระทบจากลมไซโคลนต่อพื้นที่ศึกษาและกรุงเทพมหานครไม่มากนัก

(4) ลมว่าวจากอ่าวไทย เกิดขึ้นในอ่าวไทยเป็นครั้งคราว กระแสลมพัดเข้ามาทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ฝนเหล่านี้จะเกิดในภาคกลางทั้งหมดประมาณเดือนพฤษภาคม ผลกระทบจากลมว่าวที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ศึกษาและพื้นที่กรุงเทพมหานครมีไม่มากนัก

อย่างไรก็ตามฝนที่ตกในกรุงเทพมหานครเกิดจากลม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ ลมใต้ฝุ่น ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ทั้งนี้จากข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2524 - 2553) ของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่ามีค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,448.4 มิลลิเมตร และ ปริมาณฝนเฉลี่ยในคาบ 20 ปี (พ.ศ.2534 - 2553) ของสำนักงานการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร พบว่ามีค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,668.7 มิลลิเมตร และ ปริมาณฝนเฉลี่ยของปี 2554 ของสำนักงานการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร มีค่าประมาณ 2,257.5 มิลลิเมตร เดือนที่ฝนตกหนักที่สุดคือเดือนกันยายนและตุลาคมดังแสดงในภาพที่ 3



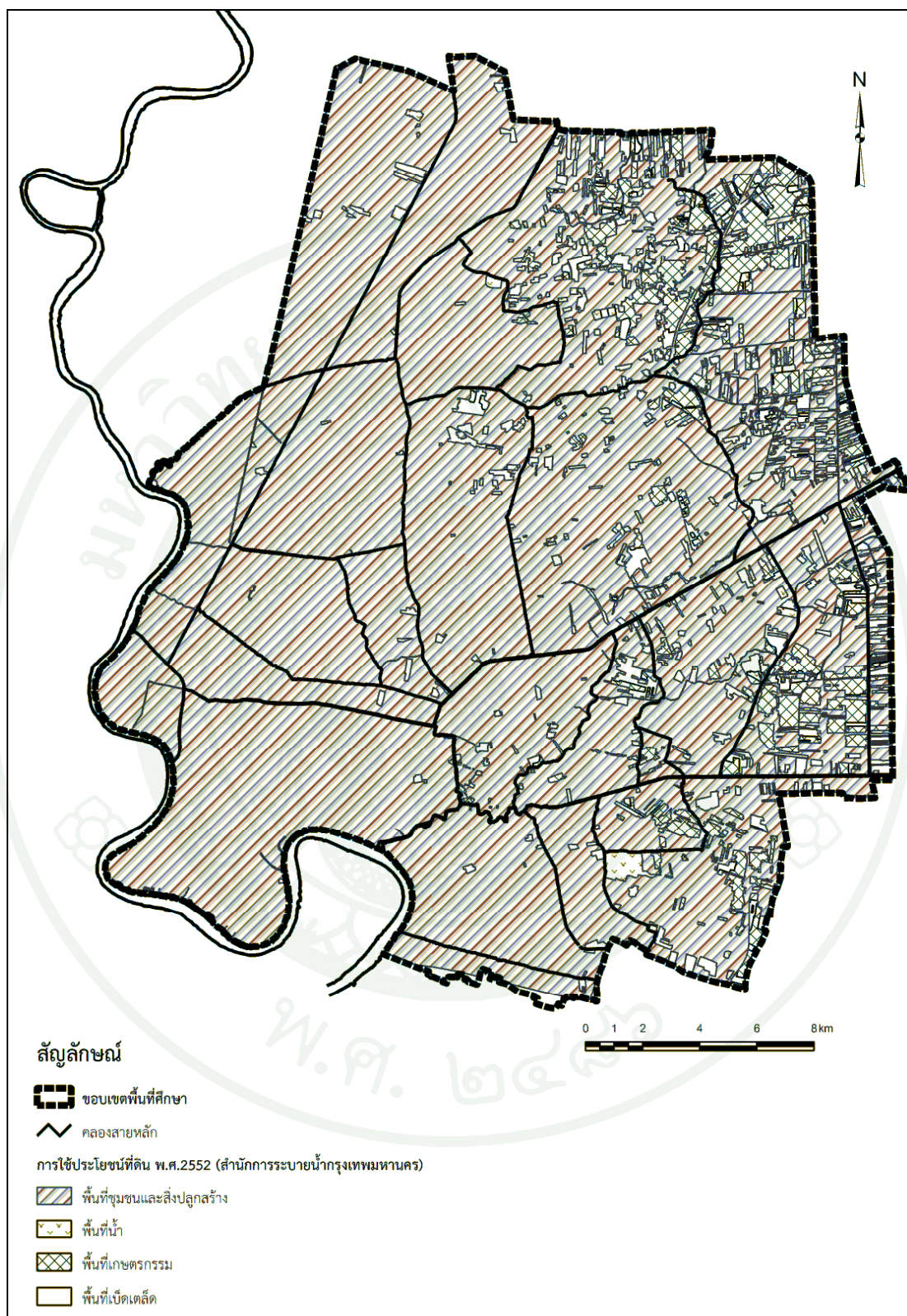
ภาพที่ 2 ทางเดินพายุและมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา: สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2552)

ที่มา: สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2555)

1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก ประกอบด้วย ย่านที่อยู่อาศัยที่มีความหลากหลาย ทั้งบ้านเดี่ยว บ้านแถว อาคารชุด และอาคารสูงเคราะห์ สถาบัน ราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ รวมทั้งโครงข่ายคมนาคมขนส่ง ดังแสดงในภาพที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีศักยภาพในการพัฒนาและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง จึงทำให้ ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์พื้นที่เป็นพื้นที่ชุมชนเกือบเต็มพื้นที่แล้ว



ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

2. สาเหตุน้ำท่วมขังในกรุงเทพมหานครและพื้นที่ศึกษา

2.1 สาเหตุจากธรรมชาติ

2.1.1 น้ำฝนที่ตกในพื้นที่

ฤดูฝนเริ่มในเดือนพฤษภาคม และสิ้นสุดในเดือนตุลาคม มีปริมาณและความถี่ของฝนสูงที่สุดระหว่างกลางเดือนสิงหาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งช่วงนี้มีโอกาสของพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนเข้ามาในประเทศไทยและใกล้กรุงเทพมหานคร ปริมาณฝนเฉลี่ยคาบ 30 ปี จากกรมอุตุนิยมวิทยามีค่าประมาณ 1,448.4 มิลลิเมตร ปัญหา น้ำท่วมมักเกิดในเดือนตุลาคม เนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา และน้ำทะเลหนุนสูง ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้

2.1.2 น้ำท่วม

น้ำฝนที่ตกในพื้นที่การเกษตรที่มีในพื้นที่ใกล้เคียงได้แก่ ด้านเหนือและด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ไหลเข้าในพื้นที่ป้องกันน้ำท่วมตามความลาดเอียงของระดับพื้นดิน ความรุนแรงขึ้นอยู่กัปริมาณและระดับน้ำจากภายนอกพื้นที่ป้องกันและความลาดเอียงของระดับพื้นดินอันเกิดจากปัญหาแผ่นดินทรุด เช่น ในพื้นที่ด้านตะวันออกที่เกิดปัญหาน้ำท่วมหนักในปี พ.ศ. 2525 2526 2538 2549 2551 และ 2554

2.1.3 น้ำทะเลหนุน

เมื่อระดับน้ำทะเลเคลื่อนไหวขึ้นและลงโดยธรรมชาติ จะส่งผลกระทบต่อแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณกรุงเทพมหานคร มีการขึ้น-ลงคล้อยตามกัน โดยมีช่วงน้ำทะเลหนุนสูงสุดในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ปริมาณน้ำเหนือจากลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านกรุงเทพมหานคร ในปีน้ำเหนือน้อยประมาณ 1,000 - 2,000 ลบ.ม./วินาที และในปีน้ำเหนือมากประมาณ 4,000 - 5,500 ลบ.ม./วินาที ขนาดของแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณกรุงเทพมหานคร สามารถรองรับปริมาณน้ำเหนือได้อยู่ในช่วงประมาณ 2,500 - 3,000 ลบ.ม./วินาที โดยไม่มีน้ำล้นตลิ่งโดยทั่วไป

2.1.4 น้ำเหนือ

น้ำฝนที่ตกในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายอยู่ตามทุ่งเพาะปลูก และพื้นที่ต่างๆ กว่า 160,000 ตารางกิโลเมตร บางส่วนถูกเก็บกักโดยเขื่อนต่างๆ ส่วนที่เหลือประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์จะไหลผ่านกรุงเทพมหานครซึ่งจะส่งผลให้แม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงผ่านกรุงเทพมหานคร มีระดับน้ำ สูงสุดช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน

2.1.5 ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

จากสาเหตุน้ำเหนือมีปริมาณมากและผนวกกับน้ำทะเลหนุนสูงในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายนพอดี จึงเป็นเหตุให้ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาสูงกว่าปกติมากเช่นในปี พ.ศ.2526 2538 2539 2545 2549 2551 2553 และ 2554 มีค่าระดับสูงสุดวัดที่ปากคลองตลาด ใกล้สะพานพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลก ได้สูงถึง 2.13 2.27 2.14 2.12 2.22 2.17 2.10 และ 2.53 เมตร(รทก.) ตามลำดับ

2.2 สาเหตุจากสภาพทางกายภาพ

2.2.1 ปัญหาผังเมือง

ปัจจุบันความเจริญของชุมชนเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยขาดการควบคุมให้การเจริญเติบโตเป็นไปตามผังเมืองที่ได้กำหนดไว้ เป็นเหตุให้พื้นที่ว่างต่างๆ ที่เคยทำหน้าที่รองรับน้ำชั่วคราวถูกถมและเปลี่ยนสภาพการใช้งาน ความสามารถในการดูดซับน้ำฝนของผิวดินเกือบหมดไปเมื่อผิวดินส่วนใหญ่ถูกแทนที่ด้วยอาคารและพื้นที่คอนกรีต ทางระบายน้ำถูกถมเป็นเหตุให้น้ำฝนจากอาคารบ้านเรือนระบายออกสู่คลองไม่ทัน

2.2.2 ปัญหาระบบระบายน้ำ

จากปัญหาผังเมือง ตามมาด้วยปัญหาขาดแผนหลักระบายน้ำที่เหมาะสม คู คลอง ถูกถมเป็นถนน และสร้างท่อระบายน้ำขนาดไม่เพียงพอ ประกอบกับการขยายตัว ของชุมชนในปัจจุบัน ท่อระบายน้ำส่วนใหญ่จึงมีขนาดเล็กกว่าขนาดที่เสนอไว้ในแผนหลัก รวมถึง คู คลองถูกรุก ล้ำจนแคบ กีดขวางการไหลของน้ำและไม่สามารถขุดลอกได้ลึกเพียงพอ การแก้ไขปัญหานี้จึง

สามารถทำได้เพียงการสร้างเขื่อนคอนกรีตเสริมเหล็กริมคลองเท่านั้น อนึ่ง เพื่อช่วยให้ระบายน้ำธรรมชาติดีขึ้น แผนหลักได้กำหนดให้มีการสร้างสถานีสูบน้ำ ประดูระบายน้ำ ที่วางรับน้ำขนาดใหญ่เพิ่มเติมอีกมาก ปัญหาระบบระบายน้ำที่ต้องปรับปรุงก่อสร้างนั้น จะต้องใช้งบประมาณมหาศาลและสร้างปัญหาการจราจรติดขัดด้วย

2.2.3 ปัญหาแผ่นดินทรุด

ชั้นดินในกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่เป็นชั้นดินที่มีตะกอนสะสม โดยชั้นดินทรายจะมีน้ำสะสมอยู่ปะปนกับชั้นดินเหนียวที่มีการซึมได้น้อยสลับกันไปประกอบกับในอดีตมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างไม่มีการควบคุม จึงเป็นสาเหตุที่กรุงเทพมหานครเกิดปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดินซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้ความสามารถของระบบระบายน้ำหลัก ได้แก่ คลองหลักต่างๆ มีประสิทธิภาพลดลง โดยเกิดขึ้นมาจากระดับน้ำของระบบคลองต่างๆ ที่อยู่โดยรอบพื้นที่ของกรุงเทพมหานครสูงกว่าระดับดินของกรุงเทพมหานคร จึงทำให้การระบายน้ำออกจากพื้นที่เป็นไปได้ยาก

3. ระบบระบายน้ำปัจจุบันหลักในพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

องค์ประกอบของระบบระบายน้ำปทุมภูมิในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยา คลองระบายน้ำหลัก (ความกว้างมากกว่า 10 เมตร และลึกมากกว่า 2.00 เมตร) และบึงพักน้ำ โดยระบบระบายน้ำหลักดังกล่าว จะเป็นปัจจัยสำคัญ ในการระบายน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ศึกษาลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งระบบระบายน้ำหลักจะมีผลกระทบอย่างมากต่อปัญหาของการเกิดน้ำท่วม เนื่องจากการไหลล้นตลิ่งของคลองสายหลัก และผลกระทบจากระดับน้ำในคลองสายหลักยังส่งผลต่อการระบายน้ำออกจากพื้นที่ระบายน้ำย่อย เป็นผลทำให้เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ริมคลองและพื้นที่ที่อยู่ด้านใน

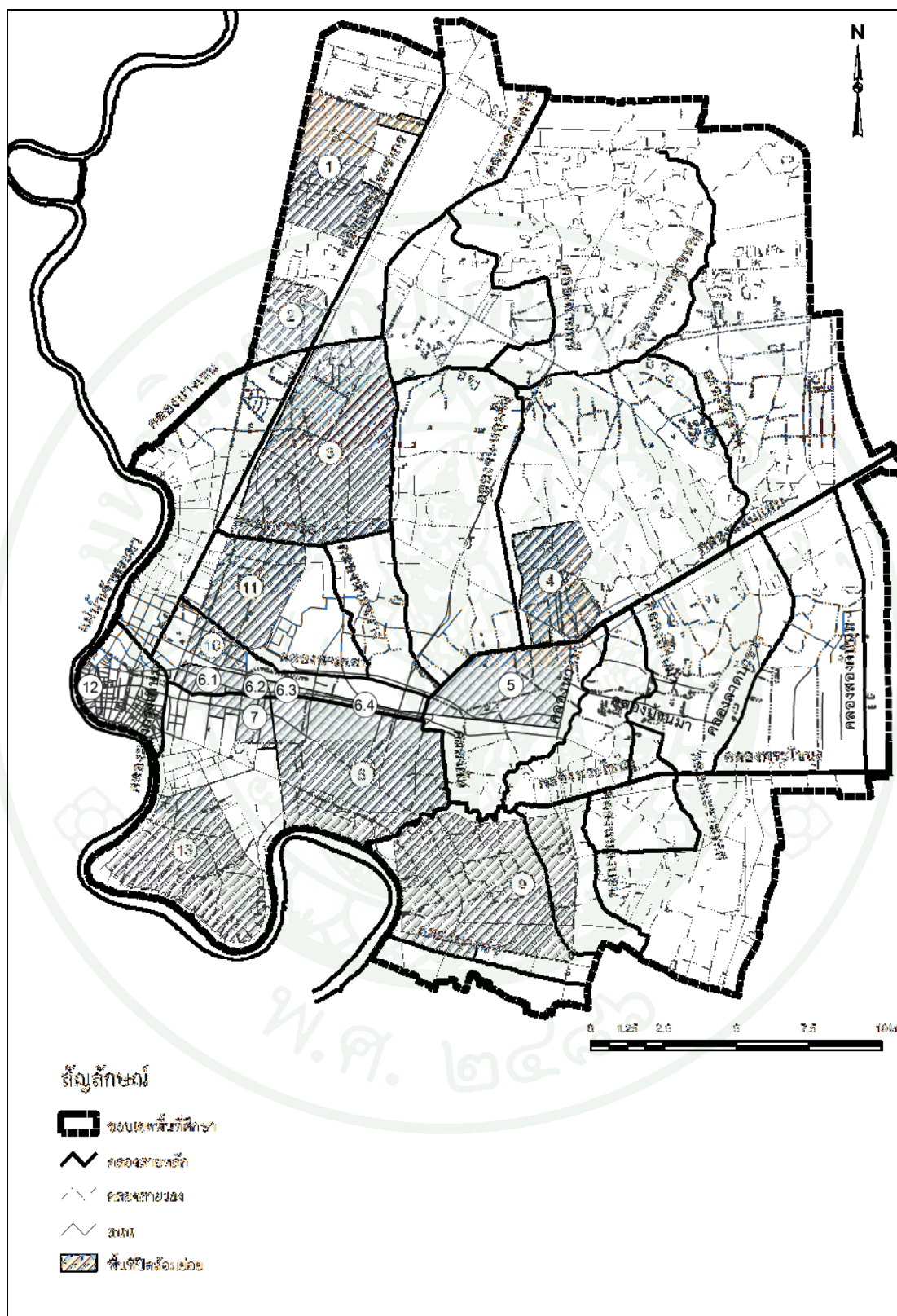
องค์ประกอบของระบบระบายน้ำทุติยภูมิประกอบด้วยคลองระบายน้ำสาขารอง และท่อระบายน้ำต่างๆในพื้นที่ ซึ่งระบบระบายน้ำทุติยภูมิจะระบายน้ำจากพื้นที่ชุมชนน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำปทุมภูมิ ซึ่งในบางพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมขัง เป็นผลกระทบมาจากการที่ระบบระบายน้ำทุติยภูมิ มีความสามารถในการระบายน้ำไม่เพียงพอเมื่อมีพายุฝนที่ตกในพื้นที่

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานคร ได้ดำเนินการปรับปรุงระบบระบายน้ำปทุมภูมิตามที่เสนอแนะไว้ในการศึกษาสำรวจ จัดทำแผนหลัก ระบบรองรับพื้นฐาน และออกแบบพื้นฐานเบื้องต้น ระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบระบายน้ำ ในพื้นที่ชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร (โครงการ ESUB, 2539) แต่เนื่องจากการก่อสร้างและดำเนินการตามที่การศึกษาไว้จะใช้เวลานานและมีงบประมาณสูง ดังนั้นกรุงเทพมหานครจึงได้ใช้มาตรการระยะกลางโดยการสร้างพื้นที่ปิดล้อมย่อยๆ กระจายครอบคลุมแหล่งชุมชนในพื้นที่ป้องกันน้ำท่วมของกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งการดำเนินการสร้างพื้นที่ปิดล้อมย่อยดังกล่าวของกรุงเทพมหานครจะเป็นการลดระดับน้ำในคลองของระบบระบายน้ำในพื้นที่ปิดล้อมย่อยเพื่อให้เกิดที่ว่างในระบบเพื่อการรองรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ ซึ่งในการดำเนินการดังกล่าวจะส่งผลที่ดีต่อระบบระบายน้ำปทุมภูมิ เมื่อพายุฝนที่ตกลงในพื้นที่การศึกษาไม่มีความรุนแรงมากนัก เนื่องจากการดำเนินการลดระดับน้ำของคลองในพื้นที่ปิดล้อมย่อยจะเป็นการเพิ่มปริมาตรเก็บกักต่อระบบระบายน้ำปทุมภูมิ

ถึงแม้ว่าสำนักระบายน้ำกรุงเทพมหานคร จะได้ดำเนินการแผนป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมอย่างต่อเนื่องแต่ก็ยังคงเกิดปัญหาน้ำท่วมขัง เนื่องจากความไม่เพียงพอต่อการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปทุมภูมิและระบบระบายน้ำที่ขุดก่อสร้างไม่แล้วเสร็จตามแผนที่วางไว้ทั้งหมด

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครแบ่งการบริหารการระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออกในคันกันน้ำพระราชดำริ (พื้นที่ 650 ตารางกิโลเมตร) ออกเป็น 13 พื้นที่ปิดล้อมย่อย (Polder System) 16 แห่งดังนี้

1. พื้นที่ปิดล้อมหมู่บ้านเมืองทอง	13.70	ตารางกิโลเมตร
2. พื้นที่ปิดล้อมหมู่บ้านชินเขต ท่าทราย	4.96	ตารางกิโลเมตร
3. พื้นที่ปิดล้อมถนนรัชดาภิเษก ช่วงคลองบางน้ำแก้ว	28.00	ตารางกิโลเมตร
4. พื้นที่ปิดล้อมบางกะปิ	8.30	ตารางกิโลเมตร
5. พื้นที่ปิดล้อมรามคำแหง	10.60	ตารางกิโลเมตร
6. พื้นที่ปิดล้อมราชเทวี		
6.1 ช่วงสถานทูตอินโดนีเซีย	1.90	ตารางกิโลเมตร
6.2 ช่วงโรงพยาบาลตำรวจเพชรราชม	0.50	ตารางกิโลเมตร
6.3 ช่วงมิตรสัมพันธ์	0.60	ตารางกิโลเมตร
6.4 ช่วงถนนพระราม 6	2.20	ตารางกิโลเมตร



ภาพที่ 5 การแบ่งพื้นที่ปิดล้อมย่อยของสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร

7. พื้นที่ปิดล้อมห้วยขวาง ถนนเพชรบุรี	0.80	ตารางกิโลเมตร
8. พื้นที่ปิดล้อมปทุมวัน	2.60	ตารางกิโลเมตร
9. พื้นที่ปิดล้อมคลองเตยและวัฒนา	23.00	ตารางกิโลเมตร
10. พื้นที่ปิดล้อมพระโขนง บางนา และประเวศ	26.00	ตารางกิโลเมตร
11. พื้นที่ปิดล้อมพญาไท	9.10	ตารางกิโลเมตร
12. พื้นที่ปิดล้อมพระนคร	1.00	ตารางกิโลเมตร
13. พื้นที่ปิดล้อมยานนาวา สาทร และบางคอแหลม	16.30	ตารางกิโลเมตร
รวมทั้งสิ้น	<u>149.56</u>	ตารางกิโลเมตร

ในปัจจุบันภาพรวมสภาพการระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษาจะแบ่งออกเป็น 4 พื้นที่หลักๆ ได้แก่ พื้นที่ด้านทิศเหนือ พื้นที่ด้านใต้ พื้นที่ด้านตะวันออก และพื้นที่ด้านตะวันตก โดยพื้นที่ทางด้านเหนือระบายน้ำโดยการติดตั้งสถานีสูบน้ำบริเวณปลายท่อ/ปลายคลองระบายน้ำลงคลองบางซื่อ ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศใต้จะระบายน้ำโดยการติดตั้งสถานีสูบน้ำลงสู่คลองสามเสนส่วนทางด้านทิศตะวันตกซึ่งติดกับทางรถไฟสายเหนือจะระบายน้ำโดยการติดตั้งสถานีสูบน้ำลงสู่คลองบางซื่อและคลองสามเสน และด้านทิศตะวันออกซึ่งติดกับถนนวิภาวดี-รังสิตจะระบายน้ำลงสู่คูน้ำข้างถนนวิภาวดี-รังสิต จากนั้นจะระบายลงสู่คลองสามเสนและคลองบางซื่อด้วยสถานีสูบน้ำต่อไป

4. การศึกษาที่ผ่านมา

สราวุธ (2535) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ EXTRAN มาใช้ในพื้นที่ปิดล้อมหมายเลข 2 ของกรุงเทพมหานครชั้นใน ส่วนการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ เมื่อระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีระดับต่ำกว่าตลิ่ง จะทำการระบายน้ำของพื้นที่ปิดล้อม หมายเลข 2 ระบายลงแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้ ประตู.ปลายคลองต่างๆ ที่อยู่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาสูงกว่าระดับตลิ่ง จะปิด ประตู.ปลายคลองต่างๆ ทั้งหมดแล้วใช้ เครื่องสูบน้ำที่ ประตู.เทเวศน์ และสถานีสูบน้ำกรุงเทพมหานครทำหน้าที่ระบายน้ำออกจากพื้นที่

กัญญา (2536) ศึกษาข้อมูลแผนที่จัดบันทึกไว้ในรูปกราฟ โดยเลือกสถานีตัวแทน 5 สถานี ประกอบด้วยสถานีกรมอุตุวิทยา สถานีดอนเมือง สถานีอากาศเกษตรบางเขนและสถานีอากาศเกษตรบางนาและสถานีชลประทานสามเสน แล้วนำไปสร้างรูปแบบพายุฝนเพื่อใช้สร้างกราฟน้ำท่า ที่ทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุดสำหรับออกกระบบระบายน้ำ การสร้างรูปแบบพายุฝนเลือกใช้วิธีของคิฟเฟอร์และซู พบว่ารูปแบบพายุฝนสังเคราะห์กับรูปแบบพายุฝนจริงสอดคล้องกัน โดยรูปแบบพายุฝนที่สังเคราะห์มีความเข้มข้นฝนสูงสุดมากกว่ารูปแบบพายุฝนจริงเสมอ แสดงว่าพายุฝนสังเคราะห์โดยวิธีของคิฟเฟอร์และซูสามารถนำมาใช้สำหรับออกแบบระบบระบายน้ำได้อย่างปลอดภัย

รัชชชัย (2536) ได้ทำการศึกษาระบบระบายน้ำของพื้นที่กรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลอง MOUSE ซึ่งเลือกใช้พื้นที่บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลระบบระบายน้ำ ในปัจจุบัน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลฝนตกในพื้นที่ พบว่า ระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาบริเวณฝั่งด้านตะวันออกของถนนพญาไท สามารถระบายน้ำฝนที่มีขนาดความลึกฝนรวม 40 มิลลิเมตร ในช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมง ได้อย่างปลอดภัย และบริเวณพื้นที่ศึกษาบริเวณด้านฝั่งตะวันตกของถนนพญาไทสามารถระบายน้ำฝนที่มีขนาดความลึกฝนรวม 30 มิลลิเมตร ในช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมง ได้อย่างปลอดภัย แต่ถ้าหากฝนที่ตกมีขนาดความเข้มของฝนสูงกว่าค่านี้จะทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ได้ เช่น บริเวณถนนศรีอยุธยา ถนนราชวิถี ถนนโยธี ถนนพญาไท ถนนพระราม 6 และถนนรางน้ำ ซึ่งหากจะทำให้ระบบระบายน้ำทุกขุมของพื้นที่ดังกล่าวสามารถระบายน้ำฝนขนาดคาบอุบัติ 2 ปี (ความลึกฝนรวม 60.41 มิลลิเมตร) ที่มีช่วงเวลาฝนตก 1 ชั่วโมง จะต้องมีการปรับปรุงระบบระบายน้ำเพิ่มเติม

มนตรี (2542) ใช้แบบจำลอง RUBICON เป็นเครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ชุมชนชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครซึ่งพบว่าระบบระบายน้ำปฐมภูมิในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษายังสามารถรองรับปริมาณฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี ได้โดยไม่เกิดน้ำท่วมพื้นที่ศึกษา ส่วนในกรณีที่ฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 5 ปี และเมื่อใช้สมมติฐานการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2559 พบว่าระบบระบายน้ำปฐมภูมิสภาพปัจจุบันไม่สามารถรองรับปริมาณฝนออกแบบได้ โดยระดับน้ำสูงสุดในคลองระบายน้ำปฐมภูมิจะอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20 ถึง 2.20 เมตร(รทก.) จึงเป็นผลทำให้เกิดน้ำท่วมเกือบทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ดังนั้นหากจะให้ระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่ศึกษาดังกล่าวสามารถระบายน้ำฝนที่คาบอุบัติ 5 ปี ด้วยสมมติฐานการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2559 แล้วจะต้องมีการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิม

สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2543) ได้ทำการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่บางกะปิ พื้นที่ประมาณ 45.4 ตารางกิโลเมตร เพื่อหามาตรการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังและการระบายน้ำในพื้นที่โครงการพร้อมทั้งออกแบบระบบระบายน้ำ เนื่องจากระบบระบายน้ำทุติยภูมิมีขนาดเล็ก กระจายไม่ทั่วถึงทั้งพื้นที่โครงการ รวมทั้งคลองสาธารณะบางสายถูกรุกล้ำ มีข้อจำกัดในการขุดลอก ตลอดจนคลองระบายน้ำสายหลักทั้งในและนอกพื้นที่โครงการ มีระดับน้ำสูงตลอดเวลาเพื่อรองรับการสัญจรทางเรือ จากผลการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมกำหนดให้ทำการแบ่งพื้นที่โครงการออกเป็น 3 พื้นที่ปิดล้อมที่เป็นอิสระต่อกัน และภายในแต่ละพื้นที่ได้ทำการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำประจำถิ่นด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HydroWorks ผลจากการวิเคราะห์ระบบระบายน้ำประจำถิ่นเดิมในสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบัน พบว่า มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถรองรับพายุฝนที่มีความลึกสะสมไม่มากกว่า 40 มม. ในช่วงเวลาฝนตก 3 ชม. และในกรณีที่พายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี จะเกิดน้ำท่วมขังในถนนสายต่างๆ และจะยิ่งเกิดสภาวะน้ำท่วมรุนแรงเพิ่มขึ้นในสภาพการใช้ที่ดินในอนาคต ดังนั้นได้กำหนดแนวทางแก้ไขระบบระบายน้ำประจำถิ่นโดยปรับปรุงระบบท่อระบายน้ำ และระบบคลองระบายน้ำ ซึ่งประกอบด้วยท่อระบายน้ำ ท่อขนส่งน้ำ คลองระบายน้ำ บ่อสูบน้ำ สถานีสูบน้ำ และอาคารประตุน้ำ

สมปอง (2544) ใช้แบบจำลอง ISIS เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบของพื้นที่ปิดล้อมย่อยต่อระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่ศึกษาพร้อมกับประเมินแนวทางการพัฒนาระบบระบายน้ำ ซึ่งพบว่าระบบระบายน้ำปฐมภูมิของพื้นที่ศึกษาสามารถรองรับฝนไม่เกินที่คาบอุบัติ 2 ปี ส่วนการพัฒนาพื้นที่ปิดล้อมย่อยให้มีขีดความสามารถรองรับพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี จะทำให้ระดับน้ำในระบบระบายน้ำปฐมภูมิลดลงประมาณ 0.05 ถึง 0.20 เมตร แต่ถ้ามีการพัฒนาระบบพื้นที่ปิด

ล้อย่อยให้สามารถป้องกันพายุฝนได้ที่คาบอุบัติ 5 ปี จะทำให้ระดับน้ำในระบบระบายน้ำปทุมภูมิมีค่าสูงขึ้นมากกว่าเดิม 0.10 เมตร

ภัทรกร (2548) วิเคราะห์ระบบระบายน้ำในพื้นที่ปิดล้อมด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ Hydrowork กรณีศึกษาพื้นที่บึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร พบว่าระบบคลองภายในพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาเรื่องน้ำล้นตลิ่ง ระบบท่อระบายน้ำในพื้นที่บึงกุ่มส่วนใหญ่มีขนาดเล็กไม่เพียงพอต่อการรองรับฝนที่คาบอุบัติ 5 ปี ในขณะที่ 10 หมู่บ้านไม่สามารถรองรับฝนที่คาบอุบัติ 2 ปีได้ บริเวณน้ำท่วมมากที่สุดคือ หมู่บ้านปัฐวิกรณ์ และตามแนวทางแก้ไขที่ได้เสนอแนะ สามารถบรรเทาสภาพน้ำท่วมบริเวณดังกล่าวได้ โดยลดช่วงเวลาขังจาก 5 ชม. เหลือเพียง 1 ชม. ทั้งลดความลึกน้ำท่วมจากเฉลี่ย 20 ซม. เหลือเพียง 15 ซม. โดยขนาดท่อระบายน้ำและสถานีสูบน้ำที่วิเคราะห์จากแบบจำลองไม่ทรงตัวมันจะมีขนาดเล็กกว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบทรงตัวมันประมาณ 1 ขนาด ระบบระบายน้ำเดิมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กที่สุด 0.3 เมตร ในอนาคตควรใช้ขนาดที่เล็กที่สุดคือ 0.6 เมตร เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วม

ภัทรสุดา (2552) ได้นำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ InfoWorks CS มาใช้ประเมินระบบระบายน้ำของพื้นที่เขตพญาไท จากการศึกษาพบว่า ระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่เขตพญาไทสามารถรองรับพายุฝนที่ตกครอบคลุมพื้นที่ได้ไม่เกินคาบอุบัติ 2 ปี ที่เวลา 3 ชั่วโมงได้ โดยถ้าพายุฝนที่ตกมีค่ามากกว่าพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี จะทำให้เกิดสภาพน้ำท่วมขังบริเวณ ถนนประดิพัทธ์ ซอยเสนาร่วม ถนนหลโยธิน ถนนสุทธิสารวินิจฉัย และซอยลัดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา จึงต้องมีการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันโดยออกแบบให้สามารถรองรับพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปี (ความลึกฝนสะสมประมาณ 60 มม.) ที่สภาพการใช้ที่ดินอนาคต ซึ่งจะเป็นการปรับปรุงท่อระบายน้ำเดิมเสนอแนะแนวท่อระบายน้ำใหม่ จัดสร้างพื้นที่พักน้ำชั่วคราว พร้อมทั้งปรับปรุงสถานีสูบน้ำ/สถานีปลายทาง ผลการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำที่เสนอแนะแบ่งออกได้เป็น 3 ทางเลือก โดยพบว่า ทางเลือกที่ 1 ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 1,195.90 ลูกบาศก์เมตรและระยะเวลาน้ำท่วมขัง 0-15 นาที ทางเลือกที่ 2 ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 1,687.80 ลูกบาศก์เมตร มีระยะเวลาน้ำท่วมขัง 0-20 นาที และทางเลือกที่ 3 ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงเหลือ 2,137.40 ลูกบาศก์เมตร มีระยะเวลาน้ำท่วมขัง 0-15 นาที

5. พายุฝนที่ใช้ในการศึกษา

5.1 ลักษณะของพายุฝน

ปัจจุบันการรายงานจำนวนฝนที่ตกรวมในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พิจารณาตามลักษณะของฝนที่ตกในประเทศไทยที่อยู่ในโซนร้อนย่านมรสุม (คณะกรรมการภูมิศาสตร์แห่งชาติ, 2527) ดังนี้ 1) ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (Trace) ปริมาณฝนตกไม่ถึง 0.1 มิลลิเมตร 2) ฝนเล็กน้อย (Slight rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 0.1 - 10.0 มิลลิเมตร 3) ฝนปานกลาง (Moderate rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 10.1 - 35.0 มิลลิเมตร 4) ฝนหนัก (Heavy rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 35.1 - 90.0 มิลลิเมตร และ 5) ฝนหนักมาก (Very heavy rain) ปริมาณฝนตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

โดยส่วนใหญ่พายุฝนจะมีช่วงเวลาฝนตกประมาณ 3 ชั่วโมง แต่ฝนซึ่งใช้ในการออกแบบ (Design rainfall) ระบบระบายน้ำในเขตเมือง จะหมายถึง ปรากฏการณ์ฝนตกครั้งหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำ โดยปรากฏการณ์ฝนตกนี้อาจนำมาจากข้อมูลที่บันทึกไว้ หรือการสร้างขึ้นโดยมีสมมติฐานในการเลือกฝนที่ใช้ในการออกแบบ คือวัตถุประสงค์ของการออกแบบฝนซึ่งใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำในเขตเมืองแบ่งเป็น 2 ประเภท (Kibler, 1982) คือ แบบที่ 1 เป็น “พายุฝนออกแบบ” (Design Storm) สร้างขึ้นโดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและช่วงเวลาฝนตกที่คาบอุบัติต่างๆ จากข้อมูลที่บันทึกไว้ในอดีตเหมาะสำหรับการใช้งานออกแบบระบบระบายน้ำ หรืองานอื่นๆ ที่พิจารณาใช้อัตราการไหลมากที่สุด (Peak Flow) เป็นหลักและแบบที่ 2 ใช้ข้อมูลฝนที่จดบันทึกไว้โดยตรงเหมาะสำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำท่า (Runoff Volume) มักจะเป็นปรากฏการณ์ฝนกลุ่ม

5.2 การออกแบบพายุฝน

การออกแบบพายุฝนเพื่อการศึกษาและวิเคราะห์ระบบระบายน้ำภายในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร สรุปได้ดังนี้

ฝนที่ตกในพื้นที่กรุงเทพมหานครจะมีการกระจายตัวไม่เท่ากัน โดยฝนจะตกหนักที่สุดหลังจากฝนเริ่มตกไม่นานและจะมีช่วงเวลาประมาณ 15 นาที ถึง 30 นาที หลังจากนั้นปริมาณฝนจะลดลงกระทั่งหยุดตก รวมระยะเวลาที่ฝนตกจะไม่เกิน 3 ชั่วโมง แต่ส่วนใหญ่ฝนจะตกหนักในช่วงเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (ชูเกียรติและไตรรัตน์, 2529) จากข้อมูลฝนของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา

สามารถนำมาจัดสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ ที่คาบซ้อนพินิจต่างๆ รวมทั้งได้จัดสร้างไฮเอ็ทโทกราฟของการกระจายฝนที่เวลาต่าง ๆ ด้วยวิธีการของคิฟเฟอร์และชูกับวิธีไฮเอ็ทโทกราฟประกอบแต่ง และได้วิเคราะห์หาสมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แทนความสัมพันธ์ของกราฟความเข้ม-ช่วงเวลา-ความถี่ที่คาบอุบัติต่างๆ คือ

$$i = \frac{a}{(b + t_d)^c} \quad (1)$$

เมื่อ I คือ ค่าความเข้มฝน, มิลลิเมตร/ชั่วโมง

a คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับคาบอุบัติที่กำหนด

b, c คือ ค่าคงที่ (ไม่ขึ้นอยู่กับค่าคาบอุบัติ)

t_d คือ ช่วงเวลาฝนตก, นาที

ค่าคงที่ a b และ c ของพายุฝนออกแบบในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า a b และ c ของพายุฝนออกแบบของกรุงเทพมหานครที่คาบอุบัติต่างๆ

คาบอุบัติ (ปี)	a	b	c
2	4891	32	0.98
5	5476	33	0.94

และค่าความลึกฝนรวม (P) ของพายุฝนที่ช่วงเวลา t_d คือ

$$P = i \times t_d = \frac{at_d}{(b + t_d)^c} \quad (2)$$

และความเข้มฝนชั่วขณะ (i_t) ที่เวลา t คือ

$$i_t = \frac{dP}{dt} = \frac{a\{(1-c)t + b\}}{(t + b)^{c+1}} \quad (3)$$

สมการที่ (3) เป็นสมการไฮเอ็ทโทกราฟ ซึ่งมีความเข้มเฉลี่ยเท่ากับความเข้มที่หาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มและช่วงเวลาฝนตกของพายุฝน และมีความเข้มฝนสูงสุดเมื่อฝนเริ่มตก ดังนั้นจึงปรับสมการ (3) ให้มีความเข้มฝนสูงสุดเกิดขึ้นภายหลังฝนเริ่มตกไปแล้วเท่ากับ π เมื่อ r เป็นสัดส่วนซึ่งมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง จะได้

$$t = \frac{t_b}{r} = \frac{t_a}{(1-r)} \quad (4)$$

เมื่อ t_b คือ ช่วงเวลาฝนก่อนเกิดความเข้มข้นฝนสูงสุด

t_a คือ ช่วงเวลาฝนหลังเกิดความเข้มข้นฝนสูงสุด

แทนค่าสมการที่ (4) ลงในสมการที่ (3) จะได้สองสมการ คือ

$$i_b = \frac{a \left\{ (1-c) \left(\frac{t_b}{r} \right) + b \right\}}{\left(\frac{t_b}{r} + b \right)^{c+1}} \quad (5)$$

และ

$$i_b = \frac{a \left\{ (1-c) \left(\frac{t_b}{1-r} \right) + b \right\}}{\left(\frac{t_b}{1-r} + b \right)^{c+1}} \quad (6)$$

สมการ (5) และ (6) จะนำไปใช้ในการสร้างไฮเอทโทกราฟของฝนออกแบบที่คาบย้อนพินิจต่างๆ โดยมีช่วงเวลา (t_d) ตั้งแต่ 0 จนถึง 180 นาที และใช้ค่า $r = 0.15$ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าไฮเอทโทกราฟของฝนออกแบบด้วยวิธีของคิฟเฟอร์และซูที่จัดสร้างขึ้น จะให้ความถี่ฝนรวมใกล้เคียงกับเหตุการณ์ฝนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

5.3 การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าโดยวิธีหลักเหตุผล (Rational Method) ดังสมการ

$$Q = \frac{CIA}{3.6} \quad (7)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C คือ สัมประสิทธิ์น้ำท่า

I คือ ความเข้มฝน, มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

A คือ พื้นที่ระบายน้ำ, ตารางกิโลเมตร

การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า โดยวิธีหลักและเหตุผล ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนด สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) ของพื้นที่ระบายน้ำ ทั้งนี้การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่แตกต่างกัน เช่น เป็นย่านธุรกิจ ที่อยู่อาศัย หรือสถานที่ราชการ จะมีค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ต่าง กัน สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับการใช้พื้นที่ต่างๆ กัน ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 และสามารถนำไปใช้ในการประมาณระยะเวลาน้ำเข้มข้น (Time of Concentration: t_c) ซึ่งอาจจะประมาณจากสมการเชิงประจักษ์หรือใช้กราฟ จากการประมาณระยะเวลาน้ำเข้มข้นจะทำให้ทราบค่าความเข้มฝนออกแบบ (Intensity) และตำแหน่งหรือระยะเวลาของการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Peak Flow) โดยไฮโดรกราฟที่ได้จากวิธีหลักเหตุผลจะเป็นรูปสามเหลี่ยมมียอดเป็นอัตราการไหลสูงสุด และมีพื้นที่ใต้กราฟเป็นปริมาตรน้ำท่า ซึ่งจะต้องเท่ากับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาหักออกด้วยการสูญเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่ดังแสดงในภาพที่ 6

$$\text{ดังนั้นปริมาตรน้ำท่า: } V = Q_p t_c = \frac{CIDA}{3.6} \quad (8)$$

เมื่อ V คือ พื้นที่ใต้รูปสามเหลี่ยม, ลูกบาศก์เมตร

Q_p คือ อัตราการไหลสูงสุด, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C คือ สัมประสิทธิ์น้ำท่า

t_c คือ ระยะเวลาน้ำเข้มข้น, นาที

D คือ ระยะเวลาฝนตก, วินาที

A คือ พื้นที่ระบายน้ำ, ตารางกิโลเมตร

I คือ ความเข้มฝน, มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับการใช้พื้นที่ต่างๆ กัน

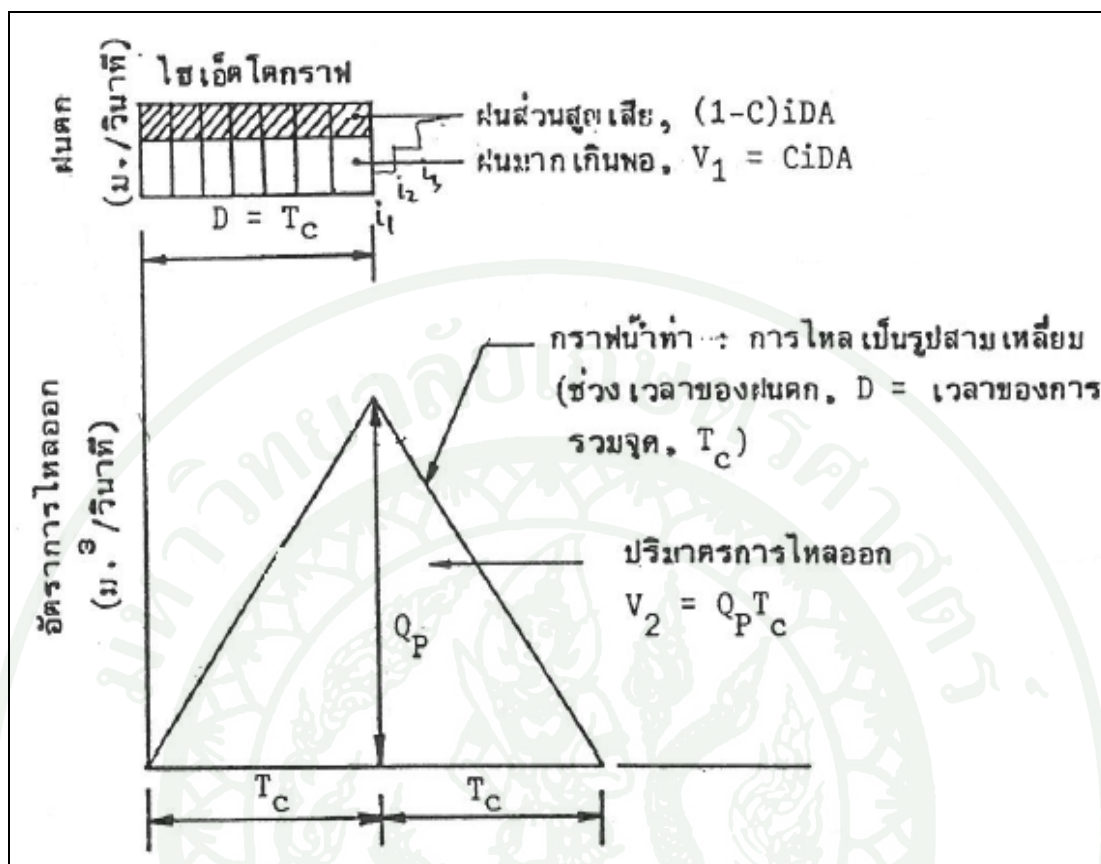
ชนิดของการใช้ที่ดิน	สัมประสิทธิ์น้ำท่า“C”
1. ย่านธุรกิจ	
กลางเมือง	0.70-0.95
รอบนอก	0.50-0.70
2. ย่านที่อยู่อาศัย	
บ้านเดี่ยว	0.30-0.50
อพาร์ทเมนต์แยกเป็นหลัง	0.40-0.60
อพาร์ทเมนต์รวมเป็นกลุ่ม	0.65-0.75
3. ที่อยู่อาศัยชานเมือง	0.25-0.40
4. ย่านอุตสาหกรรม	0.50-0.90
5. สวนสาธารณะ	0.10-0.25
6. สนามเด็กเล่น	0.20-0.35
7. ย่านสถานีรถไฟ	0.20-0.35
8. ที่รกร้าง	0.10-0.30

ที่มา: การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำของกรุงเทพมหานคร, ชูเกียรติและไตรรัตน์ (2529)

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่กรุงเทพมหานครเขตชั้นใน

ชนิดของการใช้ที่ดิน	สัมประสิทธิ์น้ำท่า“C”
1. ย่านธุรกิจและหรือที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.75
2. ย่านธุรกิจที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.50
3. ย่านธุรกิจที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	0.40
4. ย่านสถานที่ราชการ	0.40
5. สวนสาธารณะและหรือพื้นที่เกษตรกรรม	0.15
6. ย่านอุตสาหกรรม	0.70

ที่มา: การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำของกรุงเทพมหานคร, ชูเกียรติและไตรรัตน์ (2529)



ภาพที่ 6 แนวความคิดของวิธีหลักเหตุผล

ที่มา: การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำของกรุงเทพมหานคร, ชูเกียรติและไตรรัตน์ (2529)

6. ลักษณะทั่วไปของแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS

โปรแกรม HEC-RAS เป็นโปรแกรมคำนวณหาสภาพการไหลในลำน้ำ ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (HEC) เป็นโปรแกรมใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows ทั้งเวอร์ชัน XP และ SEVEN โปรแกรมประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ ที่ง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้งาน มีการตอบโต้กับผู้ใช้แบบ Graphical User Interface (GUI)

สมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรม ได้แก่ สมการคำนวณการไหลในทางน้ำเปิดแบบคงที่ (Steady Flow) โดยการแก้สมการ Energy Equation ด้วยวิธี Standard Step Method และสมการคำนวณการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) โดยการแก้สมการการไหลต่อเนื่อง และ

สมการโมเมนต์ด้วยวิธี 4-point Implicit Finite Difference Scheme พร้อมทั้งโปรแกรมมีส่วนประกอบของการคำนวณการไหลผ่านอาคารทางชลศาสตร์ต่างๆ เช่น ท่อลอด ฝาย ประตูระบายน้ำ และ สะพาน เป็นต้น นอกจากนี้โปรแกรมยังมีฟังก์ชันการจำลองพื้นที่แก้มลิงได้อีกด้วย

6.1 ทฤษฎีพื้นฐานในแบบจำลอง

ทฤษฎีที่สำคัญที่ใช้ในโปรแกรม HEC-RAS คือ ทฤษฎีการไหลในทางน้ำเปิด ซึ่งแบ่งออกเป็นการไหลแบบคงที่ (steady flow) และการไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการไหลแบบไม่คงที่ ซึ่งสมการที่ใช้สำหรับการไหลในทางน้ำเปิดแบบไม่คงที่ จะใช้สมการคือ “Saint Venant Equation” (Chow, 1988) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Barre de Saint Venant ในปี ค.ศ. 1871 ซึ่งได้อธิบายการไหลในทางน้ำเปิดแบบไม่คงที่สำหรับการไหล 1 มิติ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 7 โดยมีสมมติฐานของสมการดังนี้

6.1.1 การไหลเป็นแบบ 1 มิติ โดยพิจารณาความลึกการไหลและความเร็วการไหลในทิศทางตามยาวของทางน้ำ

6.1.2 สมมติให้การไหลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดทางน้ำ ดังนั้นพิจารณาแรงดันน้ำเนื่องจากแรงดันสถิตยเท่านั้น

6.1.3 สมมติให้ทางน้ำเป็นแนวตรงตามความยาว ความลาดชันท้องน้ำน้อยมากและมีค่าคงที่ รวมทั้งไม่มีผลเนื่องจากการกักเซาะและการทับถม

6.1.4 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนสม่ำเสมอคงที่ (steady uniform turbulent flow)

6.1.5 ของไหลเป็นแบบอัดตัวไม่ได้และความหนาแน่นคงที่

การวิเคราะห์เริ่มต้นจากการพิจารณาสมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (8)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล, ลบ.ม/วินาที

A คือ พื้นที่หน้าตัดการไหล, ตารางเมตร

t คือ เวลา, วินาที

x คือ ระยะทาง, เมตร

และหลักการสมดุลของแรงโมเมนตัมที่มีผลต่อการไหลในทางน้ำเปิด
การอนุรักษ์โมเมนตัม มาจากกฎข้อที่สองของนิวตันคือ

$$\sum F_x = \frac{dM}{dt} \quad (9)$$

การอนุรักษ์โมเมนตัมสำหรับปริมาตรควบคุมเท่ากับ อัตราสุทธิของโมเมนตัมที่เข้าสู่ระบบปริมาตร (ฟลักซ์โมเมนตัม) บวกด้วยผลรวมของแรงภายนอกทั้งหมดที่กระทำต่อระบบปริมาตร ซึ่งมี 3 แรงที่ต้องพิจารณาคือ

- 1) แรงเนื่องจากความดัน (Pressure Force)
 - 2) แรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก (Gravity Force) และ
 - 3) แรงเสียดทาน (Friction Force)
- โดยมีรายละเอียดของแต่ละแรงดังนี้

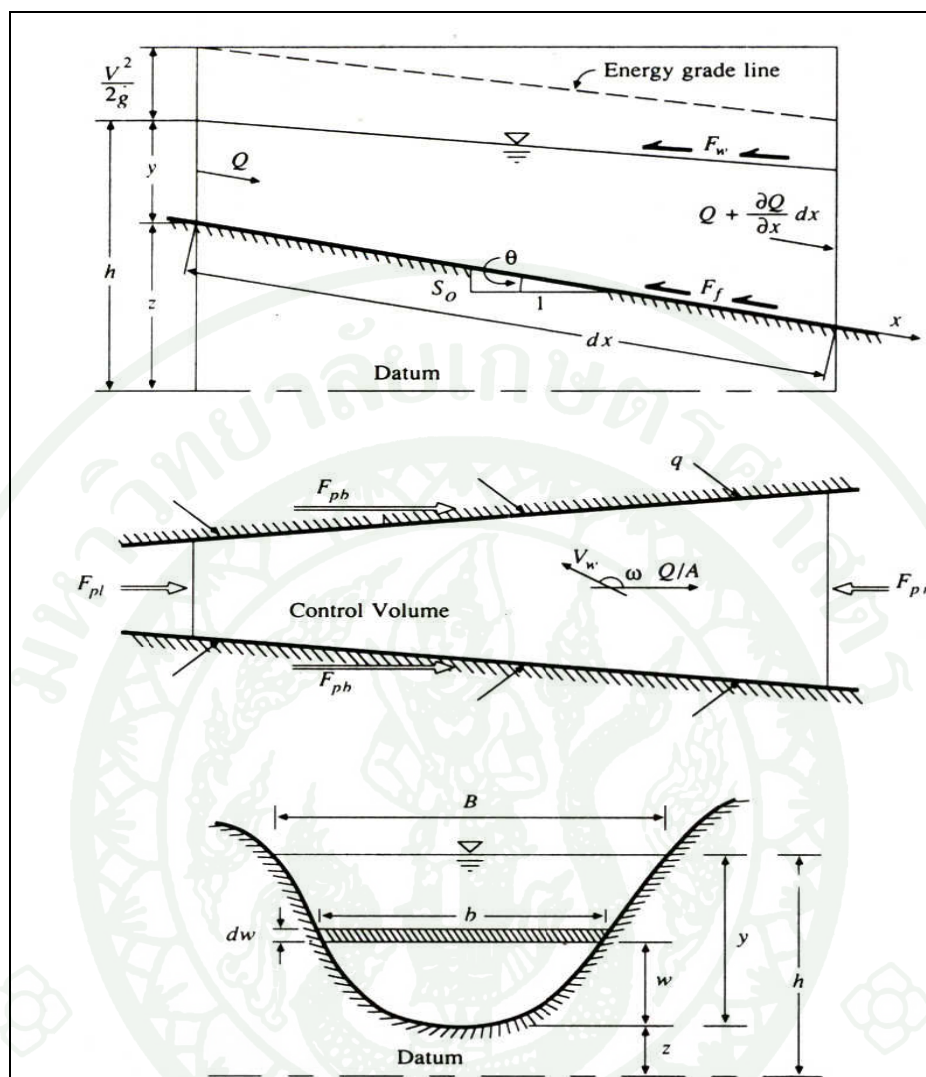
(1) แรงเนื่องจากความดัน

การกระจายความดันถูกสมมติให้แปรผันเชิงเส้นตรงกับความลึกน้ำ (Hydrostatic) ดังนั้นแรงเนื่องจากความดันทั้งหมด หาได้จากการอินทิเกรตความดันกับพื้นที่ตลอดรูปตัดลำน้ำ โดย Shames (1926) กล่าวว่า แรงเนื่องจากความดันที่จุดใดๆ มีค่าดังนี้

$$F_p = \int_0^h \rho g(h-y)T(y)dy \quad (10)$$

เมื่อ h คือ ความลึกน้ำทั้งหมด, เมตร
 y คือ ระยะทางจากพื้นท้องน้ำถึงระดับที่พิจารณา, เมตร
 $T(y)$ คือ ความกว้างของหน้าตัดลำน้ำ ณ ระดับ y , เมตร

ถ้า F_p คือ แรงเนื่องจากความดันในทิศแกน X ที่จุดกึ่งกลางของปริมาตรควบคุม (Control volume), นิวตัน



ภาพที่ 7 แรงและตัวแปรต่างๆ ในทางน้ำเปิดที่ใช้ในสมการ Saint Venant

ที่มา: Applied Hydrology, Ven Te Chow (1988)

จะได้แรงดันน้ำช่วงด้านเหนือน้ำของจุดกึ่งกลางของปริมาตรควบคุม คือ

$$F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (11)$$

และแรงดันน้ำช่วงด้านท้ายน้ำของจุดกึ่งกลางของปริมาตรควบคุม คือ

$$F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (12)$$

ผลรวมของแรงดันน้ำสำหรับปริมาตรควบคุม คือ

$$F_{Pn} = \left| F_P - \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| - \left| F_P + \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| + F_B \quad (13)$$

เมื่อ F_{Pn} คือ แรงดันน้ำสุทธิสำหรับปริมาตรควบคุม (นิวตัน) และ F_B คือแรงกระทำจากตลิ่งต่อของไหลในทิศทางแกน X (นิวตัน) จากสมการที่ (12) จะได้

$$F_{Pn} = \frac{\partial F_P}{\partial x} \Delta x + F_B \quad (14)$$

ทำการแก้สมการที่ (10) ด้วยกฎของ Leibnitz และนำผลมาแทนในสมการที่ (14) จะได้

$$F_{Pn} = -\rho g \Delta x \left[\frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T(y) dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T(y)}{\partial x} dy \right] + F_B \quad (15)$$

การอินทิเกรตครั้งที่หนึ่งในสมการที่ (15) คือพื้นที่หน้าตัด (A) การอินทิเกรตครั้งที่สอง (คูณด้วย $-\rho g \Delta x$) คือแรงดันเนื่องจากน้ำกระทำต่อตลิ่งลำน้ำ ซึ่งมีขนาดเท่ากับ F_B แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นแรงดันสุทธิเขียนได้ดังนี้

$$F_{Pn} = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x \quad (16)$$

(2) แรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity force)

เนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อของไหลในปริมาตรควบคุมในแนวแกน X คือ

$$F_g = \rho g A \sin \theta \Delta x \quad (17)$$

โดย θ คือมุมระหว่างพื้นท้องน้ำกับแนวราบ โดยทั่วไปแม่น้ำธรรมชาติมุม θ มีค่าน้อย และค่า $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{-\partial z_0}{\partial x}$ เมื่อ z_0 คือระดับพื้นท้องน้ำ ดังนั้นแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกมีค่าดังนี้

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x \quad (18)$$

แรง F_g นี้จะมีค่าเป็นบวกเมื่อความลาดชันพื้นที่ท้องน้ำมีค่าเป็นลบ แรงเนื่องจากความเสียดทานระหว่างลำน้ำและของไหลมีค่าดังนี้

$$F_f = -\tau_0 P \Delta x \quad (19)$$

เมื่อ τ_0 คือแรงเค้นเฉือน (shear stress) เฉลี่ย (นิวตันต่อตารางเมตร) ที่กระทำต่อผิวของไหลและ P คือระยะเส้นขอบเปียก (wetted perimeter) (เมตร) โดยเครื่องหมายลบแสดงว่าแรงเสียดทานกระทำในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางไหลของน้ำ

τ_0 มีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ของแรงฉุด (drag coefficient, C_D) ดังนี้

$$\tau_0 = \rho C_D V^2 \quad (20)$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแรงฉุด C_D มีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy C ดังนี้

$$C_D = \frac{g}{C^2} \quad (21)$$

สมการของ Chezy คือ

$$V = C \sqrt{R S_f} \quad (22)$$

แทนสมการที่ (20) (21) และ (22) ในสมการที่ (19) จะได้แรงเนื่องจากความเสียดทานคือ

$$F_f = -\rho g A S_f \Delta x \quad (23)$$

เมื่อ S_f คือความลาดชันของแรงเสียดทาน (friction slope) ซึ่งมีค่าเป็นบวก เมื่อไหลไปตามทิศทางบวกของแกน X และค่าความลาดชันของแรงเสียดทานจะต้องสัมพันธ์กับอัตราการไหลและระดับน้ำด้วย

ความลาดชันของแรงเสียดทานสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของเมนนิงดังนี้

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{R^{4/3} A^2} \quad \text{สมการสำหรับหน่วยเมตริก} \quad (24)$$

เมื่อ R คือค่ารัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius) (เมตร) และ n คือค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของเมนนิง

(3) ฟลักซ์โมเมนตัม

ฟลักซ์โมเมนตัม (Momentum Flux) ที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุมมีค่าดังนี้

$$\rho \left[QV - \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \quad (25)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล, ลบ.ม/วินาที

V คือ ความเร็วการไหล, เมตร/วินาที

x คือ ระยะทาง, เมตร

และฟลักซ์โมเมนตัมที่ออกจากปริมาตรควบคุมคือ

$$\rho \left[QV + \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \quad (26)$$

ดังนั้นฟลักซ์โมเมนตัมสุทธิที่เข้าสู่ปริมาตรควบคุมมีค่าเท่ากับ

$$-\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x \quad (27)$$

เพราะว่าโมเมนตัมของของไหลในปริมาตรควบคุมคือ $\rho Q \Delta x$ ดังนั้นอัตราสะสมของโมเมนตัมคือ

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Q \Delta x) = \rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} \quad (28)$$

ปรับปรุงสมการอนุรักษ์โมเมนตัมโดยนำสมการที่ (27) บวกกับสมการที่ (16) บวกสมการที่ (18) บวกสมการที่ (23) ให้เท่ากับสมการที่ (28) จะได้

$$\rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} = -\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x - \rho g A S_f \Delta x \quad (29)$$

ค่าระดับผิวน้ำ z เท่ากับ $z_0 + h$ ดังนั้น

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z_0}{\partial x} \quad (30)$$

เมื่อ $\frac{\partial z}{\partial x}$ คือ ความลาดชันผิวน้ำ (Water Surface Slope) แทนสมการ (2-23) ลงในสมการที่ (2-22) หารตลอดด้วย $\rho \Delta x$ แล้วจัดเทอมใหม่จะได้สมการโมเมนตัม ดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (31)$$

6.2 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

วัตถุประสงค์หลักของโปรแกรม HEC-RAS คือการคำนวณหน้าข้างการไหล ณ ตำแหน่งที่พิจารณา โดยการป้อนข้อมูลอัตราการไหลสำหรับการไหลแบบคงที่ หรือ โดยการเคลื่อนตัวของกราฟน้ำท่า สำหรับการไหลแบบไม่คงที่ สำหรับข้อมูลที่จำเป็นในการจำลองสภาพถูกแบ่งออกเป็น ข้อมูลลักษณะกายภาพลำน้ำ (Geometric data) ข้อมูลการไหลแบบคงที่ (Steady flow data) ข้อมูลการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady flow data) และข้อมูลตะกอน (Sediment data) ข้อมูลลักษณะกายภาพลำน้ำเป็นข้อมูลที่ต้องการในทุกๆ การจำลองหรือในการวิเคราะห์ใดๆ ใน HEC-RAS แต่ข้อมูลอื่นๆ ก็จำเป็นในแต่ละกรณี เช่น ข้อมูลการไหลแบบคงที่ (Steady Flow Data) จะถูกใช้ในการจำลองการไหลแบบคงที่ (Steady Flow Analysis) ข้อมูลการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow Data) จะถูกใช้จำลองการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow Analysis) เป็นต้น

1) ข้อมูลลักษณะกายภาพลำน้ำ

ข้อมูลลักษณะกายภาพลำน้ำ ประกอบด้วย การกำหนดการเชื่อมโยงของระบบแม่น้ำ (River System Schematic) ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ ความยาวลำน้ำ สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานและข้อมูลจุดเชื่อมต่อลำน้ำ รวมทั้งข้อมูลโครงสร้างชลศาสตร์ เช่น สะพาน ท่อลอด ทางระบายน้ำล้น และฝาย

(ก) การเชื่อมโยงของระบบแม่น้ำ (River System Schematic)

การเชื่อมโยงระบบแม่น้ำเป็นข้อมูลเริ่มต้นที่จำเป็นในการกำหนดค่าข้อมูลภูมิศาสตร์อื่นๆ ซึ่งใช้ในการแสดงให้เห็นว่า แม่น้ำเชื่อมโยงกันอย่างไร โดยการกำหนดชื่อของแม่น้ำเพื่อที่จะเป็นข้ออ้างอิงกับข้อมูลอื่นๆ

(ข) หน้าตัดลำน้ำ (Cross section)

การกำหนดหน้าตัดลำน้ำควรขยายหน้าตัดให้ถึงพื้นที่น้ำท่วม และตั้งฉากกับทิศทางการไหล ควรกำหนดหน้าตัดลำน้ำ บริเวณจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล ความลาดชันท้องน้ำ รูปร่างลำน้ำ ค่าความขรุขระ รวมทั้งที่มีโครงสร้างบริเวณลำน้ำด้วย

ระยะห่างระหว่างหน้าตัดกับลำน้ำเป็นฟังก์ชันกับขนาดลำน้ำ ความลาดชันและความสม่ำเสมอของรูปร่างหน้าตัด โดยทั่วไปแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่สม่ำเสมอ และความลาดชันท้องน้ำมีค่าน้อย ต้องการหน้าตัดลำน้ำเพียงไม่มาก จุดประสงค์ของการศึกษาก็มีผลกับระยะห่างระหว่างหน้าตัด เช่น การศึกษาการเดินเรือในทางน้ำที่ค่อนข้างราบ และกว้าง ต้องการระยะห่างระหว่างหน้าตัดใกล้ๆ กัน (ประมาณ 200 ฟุต) เพื่อวิเคราะห์ผลเมื่อมีอัตราการไหลต่ำๆ ในขณะที่การศึกษาเรื่องตะกอน ปริมาณการไหลเข้าอาจต้องการใช้ระยะห่างเพียงระดับไมล์เท่านั้น

ในแต่ละหน้าตัดลำน้ำถูกระบุโดย ชื่อแม่น้ำ ชื่อช่วงลำน้ำ และชื่อสถานี (River Station) จากนั้นใส่ค่าระยะและระดับ (X-Y data) จากซ้ายไปขวาโดยเทียบจากการไหลไปด้านท้ายน้ำ การระบุชื่อสถานี ควรใช้เป็นระยะทางตามลำน้ำ หลักกิโลเมตร หรือตัวเลขใดๆ ที่ใช้สื่อความหมาย แต่โปรแกรมจะสมมุติให้ตัวเลขที่มีค่ามากเป็นต้นน้ำ และตัวเลขที่มีค่าน้อยเป็นท้ายน้ำ

การใส่ข้อมูลของหน้าตัดสามารถใส่ได้ถึง 500 จุด ต่อหนึ่งหน้าตัดลำน้ำ โดยจะถือเอาค่าน้อยที่สุดเป็นด้านซ้ายของหน้าตัดและค่ามากที่สุดเป็นด้านขวาของหน้าตัด ส่วนการกำหนดทางน้ำหลักและทางน้ำเหนือตลิ่ง แยกโดยตลิ่งซ้ายและตลิ่งขวา ซึ่งผู้ใช้เป็นผู้กำหนดการใช้ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ

(ค) ความยาวลำน้ำ (Reach Lengths)

ความยาวลำน้ำแสดงถึงระยะห่างระหว่างหน้าตัดลำน้ำ โดยแยกเป็นความยาวระหว่างทางน้ำหลัก ความยาวระหว่างทางน้ำเหนือตลิ่งซ้าย และความยาวระหว่างทางน้ำเหนือตลิ่งขวา ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าเท่ากัน ยกเว้นบริเวณทางโค้ง

(ง) สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงาน (Energy Loss Coefficients)

สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงาน ที่ใช้ในการคำนวณในโปรแกรมมีดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (Manning's n) หรือ equivalent roughness (k)
- ค่าสัมประสิทธิ์การบีบตัวและการขยายตัวของลำน้ำ (Contraction and expansion coefficients)
- ค่าสัมประสิทธิ์ของสะพาน และท่อลอด (bridge and culvert loss coefficient)

(จ) ข้อมูลจุดเชื่อมต่อลำน้ำ (Stream Junction Data)

จุดเชื่อมต่อลำน้ำเป็นจุดที่แสดงถึงตำแหน่งที่มีการบรรจบหรือการแยกของลำน้ำตั้งแต่ 2 สายขึ้นไป ข้อมูลจุดเชื่อมต่อประกอบด้วย ความยาวลำน้ำจากจุดเชื่อมไปยังลำน้ำสาขา และมุมที่ลำน้ำสาขากระทำต่อกัน บริเวณจุดเชื่อมต่อนั้นสามารถจำลองได้ด้วยสมการพลังงาน และสมการโมเมนตัม หากผู้ใช้เลือกใช้สมการพลังงานได้ไม่จำเป็นต้องใส่มุมระหว่างลำน้ำสาขา แต่ถ้าใช้สมการโมเมนตัมต้องใส่มุมระหว่างลำน้ำสาขาด้วย

2. ข้อมูลการไหลแบบคงที่ (Steady Flow Data)

ข้อมูลการไหลแบบคงที่ที่ใช้ในการคำนวณหน้าข้างการไหลของน้ำแบบคงที่ประกอบด้วย

(ก) boundary condition

(ข) ข้อมูลอัตราการไหล (Discharge Information)

ข้อมูลอัตราการไหลจำเป็นต้องได้ในแบบจำลองอย่างน้อยหนึ่งค่าสำหรับแต่ละช่วงลำน้ำ โดยสมมุติให้มีค่าคงที่จนกระทั่งมีลำน้ำอีกสายมาบรรจบ

3) ข้อมูลการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow Data)

ข้อมูลการไหลแบบไม่คงที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลของน้ำแบบไม่คงที่ประกอบด้วยที่ปลายด้านเหนือน้ำมี Boundary condition คือ

3.1 flow hydrograph

3.2 stage hydrograph

3.3 stage-flow hydrograph

ที่ปลายด้านท้ายน้ำมี Boundary condition คือ

3.4 rating curve

3.5 normal depth

3.6 stage hydrograph

3.7 flow hydrograph

3.8 stage 2 flow hydrograph

นอกจากนี้ตำแหน่งระหว่างกลางแม่น้ำสามารถได้ Hydrograph ที่หน้าตัดดังนี้

3.9 lateral inflow hydrograph

4.0 uniform lateral inflow hydrograph

4.1 ground water interflow

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. Notebook computer พร้อม scanner และ printer 1 ชุด
2. แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS พร้อมคู่มือ
3. ข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศในบริเวณพื้นที่ศึกษา
 - 3.1 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000
 - 3.2 แผนที่เส้นลำน้ำหลักและลำน้ำรอง
 - 3.3 แผนที่ระบบระบายน้ำหลัก (คลองหลัก คลองซอย)
 - 3.4 แผนที่บึง สระน้ำ
 - 3.5 ตำแหน่งประตูระบายน้ำ
 - 3.6 ตำแหน่งของสถานีสูบน้ำ
 - 3.7 เส้นขอบเขตของแต่ละโฟลเดอร์และรวมถึงเขตต่างๆ
 - 3.8 แนวอุโมงค์ระบายน้ำ และอัตราการระบายน้ำ
 - 3.9 รูปตัดขวางลำน้ำ บึง สถานีสูบน้ำ และประตูระบายน้ำ
4. ข้อมูลทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ที่ได้จัดเก็บไว้ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่
 - 4.1 ปริมาณฝนรายวันและรายเดือน ย้อนหลัง 10 ปีจนถึงปัจจุบันของสถานีวัดน้ำฝน
ต่างๆ
 - 4.2 ปริมาณฝนสูงสุด 5 นาที 15 นาที 30 นาที 45 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง
3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ทุกปีที่มีข้อมูลการตรวจวัด
 - 4.3 ระดับน้ำที่สถานีตรวจวัดต่างๆ รายชั่วโมง และ รายเดือน
5. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักคลอง แก้มลิง
6. ข้อมูลลักษณะทางอาคาร พร้อมกับหลักการในการปฏิบัติการ (เช่น ประตูระบายน้ำ
สถานีสูบน้ำ ฯลฯ)

วิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ทำการรวบรวมข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานระบายน้ำกรุงเทพมหานคร สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร และกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อทำการจำลองสภาพระบบระบายน้ำปฐภูมิของพื้นที่ศึกษาให้สอดคล้องกับการดำเนินการในปัจจุบัน แล้วนำไปประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำปฐภูมิของพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานครพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงและจัดการระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิมให้สอดคล้องกับการเติบโตของชุมชนในอนาคต ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการศึกษา ประกอบด้วย รวบรวมข้อมูลจากรายงานการศึกษาและการดำเนินการของกรุงเทพมหานครที่เกี่ยวกับการป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำแผนที่แสดงโครงข่ายระบบระบายน้ำปฐภูมิและองค์ประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบระบายน้ำปัจจุบัน และข้อมูลทางกายภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ศึกษาทบทวนผลการศึกษา สำรวจ จัดทำแผนหลัก ระบบรองรับพื้นฐาน และออกแบบเบื้องต้นระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบระบายน้ำในพื้นที่ชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร (ESUB, 2538) และโครงการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบระบายน้ำ

1.2 ศึกษาการใช้งานและข้อกำหนดของแบบจำลอง HEC RAS

1.3 รวบรวมข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

1.3.1 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000

1.3.2 แผนที่เส้นลำน้ำหลักและลำน้ำรอง

1.3.3 แผนที่ระบบระบายน้ำหลัก (คลองหลัก คลองซอย)

1.3.4 แผนที่บึง สระน้ำ

1.3.5 ตำแหน่งประตูระบายน้ำ

1.3.6 ตำแหน่งของสถานีสูบน้ำ

1.3.7 เส้นขอบเขตของแต่ละโพลีเคอร์และรวมถึงเขตการปกครองต่างๆ

1.3.8 แนวอุโมงค์ระบายน้ำ และอัตราการระบายน้ำ

1.3.9 รูปตัดขวางลำน้ำ บึง สถานีสูบน้ำ และประตูละบายน้ำ

1.4 ข้อมูลทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ที่ได้จัดเก็บไว้ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่

1.4.1 ปริมาณฝนรายวันและรายเดือน ย้อนหลัง 10 ปีจนถึงปัจจุบันของสถานีวัดน้ำฝน
ต่างๆ

1.4.2 ปริมาณฝนสูงสุด 5 นาที 15 นาที 30 นาที 45 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4
ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ทุกปีที่มีข้อมูลการตรวจวัด

1.4.3 ระดับน้ำที่สถานีตรวจวัดต่างๆ รายชั่วโมง และ รายเดือน

1.5 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับพื้นที่ผิวหรือปริมาตรเก็บกักของคลองและอ่าง
พักน้ำ

1.6 ข้อมูลลักษณะทางอาคาร พร้อมกับหลักการในการปฏิบัติการ
(เช่น ประตูละบายน้ำ สถานีสูบน้ำ ฯลฯ)

1.7 รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ภายในพื้นที่ศึกษา

1.8 รวบรวมข้อมูลการดำเนินการป้องกันน้ำท่วมที่ดำเนินการในปัจจุบัน

1.9 รวบรวมข้อมูลการปรับปรุงระบบระบายน้ำปทุมธานีในปัจจุบันและแผนการพัฒนา
ระบบในอนาคต

2. การจัดทำโครงข่ายของระบบระบายน้ำปทุมธานี

องค์ประกอบของระบบระบายน้ำปทุมธานีที่นำมาจำลองเพื่อทำการศึกษา ประกอบด้วย
องค์ประกอบหลัก 6 ประเภทดังนี้

2.1 คลองระบายน้ำ ประกอบด้วยคลองระบายน้ำสายหลัก ที่มีความกว้างตั้งแต่ 10-40 เมตร
และลึกมากกว่า 2.00 เมตรและคลองสายรองที่เชื่อมระหว่างคลองสายหลักมีความกว้างประมาณ 5-

10 เมตรและลึกประมาณ 1-2 เมตรทำหน้าที่ในการเป็นทางนำน้ำไปสู่สถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยา และเป็นแหล่งเก็บกักน้ำในบางโอกาส โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

2.2 สถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาประกอบด้วยสถานีสูบน้ำที่อยู่ปลายคลองระบายน้ำปทุมภูมิที่นำมาทำการจำลองระบบ ซึ่งสถานีเหล่านี้จะทำหน้าที่ในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ลุ่มต่ำแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

2.3 อาคารชลศาสตร์กลางคลอง ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำและประตูระบายน้ำ ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมระดับน้ำในแต่ละส่วนของคลองระบายน้ำและมีส่วนในการบริหารน้ำระหว่างคลองสายหลัก โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

2.4 อาคารชลศาสตร์ริมคันป้องกันน้ำท่วมทางด้านตะวันออก (คันกั้นน้ำพระราชดำริ) เป็นประตูระบายน้ำซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณน้ำภายนอกพื้นที่ที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ป้องกันซึ่งประกอบด้วยประตูระบายน้ำ 13 แห่ง แต่จะมี 6 แห่งที่ส่งผลกระทบต่อระบบระบายน้ำปทุมภูมิโดยตรง โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 7

2.5 อุโมงค์ผันน้ำ อุโมงค์ผันน้ำจะทำหน้าที่ในการดึงน้ำออกจากคลองระบายน้ำสายหลักลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาโดยตรง ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการระบายน้ำออกจากระบบและยังช่วยลดระดับน้ำบริเวณอุโมงค์ผันน้ำในคลองนั้นๆ ได้ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 8

2.6 บึงพักน้ำ เป็นแหล่งเก็บกักปริมาณน้ำส่วนเกินในการระบายน้ำออกจากระบบขณะฝนตก บึงพักน้ำที่อยู่ในแผนดำเนินการเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ประด้วยบึงพักน้ำ 18 แห่ง โดยมีเพียง 16 แห่งเท่านั้นที่พื้นที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำปทุมภูมิโดยตรงแต่มีบึงพักน้ำเพียง 5 แห่งเท่านั้นที่นำมาใช้บริหารจัดการน้ำในปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 9

การจำลองระบบระบายน้ำปทุมภูมิในพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง HEC-RAS นี้ ได้จัดเตรียมระบบคลองสายหลัก สถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยา อาคารชลศาสตร์กลางคลอง อาคารชลศาสตร์ริมคันป้องกันน้ำท่วมทางด้านตะวันออก อุโมงค์ผันน้ำ และบึงพักน้ำ ดังแสดงแผนภูมิภาพรวมของระบบระบายน้ำสายหลักไว้ในภาพที่ 8

ตารางที่ 4 คลองระบายน้ำปทุมภูมิที่นำมาใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	ชื่อคลองระบายน้ำ	ความยาว (กิโลเมตร)	ความกว้างคลอง เฉลี่ย (เมตร)
1	คลองพระโขนง	20.50	25-40
2	คลองคัน	3.70	25
3	คลองแสนแสบ	28.60	30
4	คลองเปรมประชากร	22.80	15-25
5	คลองบางซื่อ	7.80	15
6	คลองบางเขน	10.90	15
7	คลองลาดพร้าว	22.00	35
8	คลองจั่น-หตุมไผ่	13.80	13
9	คลองลำผักชี	8.00	10
10	คลองบางชันพระยาสุเรนทร์	17.50	15-25
11	คลองบางขวด	5.00	8
12	คลองสองต้นนุ่น	8.50	13
13	คลองบ้านม้า	6.80	15
14	คลองลาดบัวขาว	9.20	25
15	คลองสามเสน	11.40	10-20
16	คลองพุดทุ่งเกษม	5.50	20
17	คลองบางนา	8.50	15

ตารางที่ 5 สถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาที่นำมาใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	ชื่อสถานีสูบน้ำ	จำนวนเครื่องสูบน้ำ (เครื่อง)	ความสามารถในการ ระบายน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
1	ส.คลองบางเขนใหม่	10	30.0
2	ส.คลองเปรมประชากร	8	34.4
3	ส.คลองบางซื่อ	17	51.0
4	ส.สามเสน	15	42.0
5	ส.น้ำเทเวศร์	5	15.0
6	ส.กรุงเกษม	5	25.0

ตารางที่ 6 อาคารชลศาสตร์กลางคลองที่นำมาใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	ชื่ออาคารชลศาสตร์	ความสามารถในการ ระบายน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	บานประตู (เมตร)	ระดับธรณี (ม.รทก)
1	ปตร.กระทุ้มเสือปลา	-	6.00	-3.53
2	ส.แสนแสบตอนคลองตัน	15	6.00	-2.53
3	ปตร.แสนแสบตอนคลองบางชัน	-	5.00	-2.50
4	ปตร.คลองเปรมหลักสี่	-	4.00	-1.20
5	ปตร.ลาดพร้าว	-	6.00	-2.00
6	ส.สามเสน(พระราม6)	4	2.00	-1.30

ตารางที่ 7 อาคารชลศาสตร์ริมคันกันน้ำพระราชดำริที่ใช้ในการศึกษา

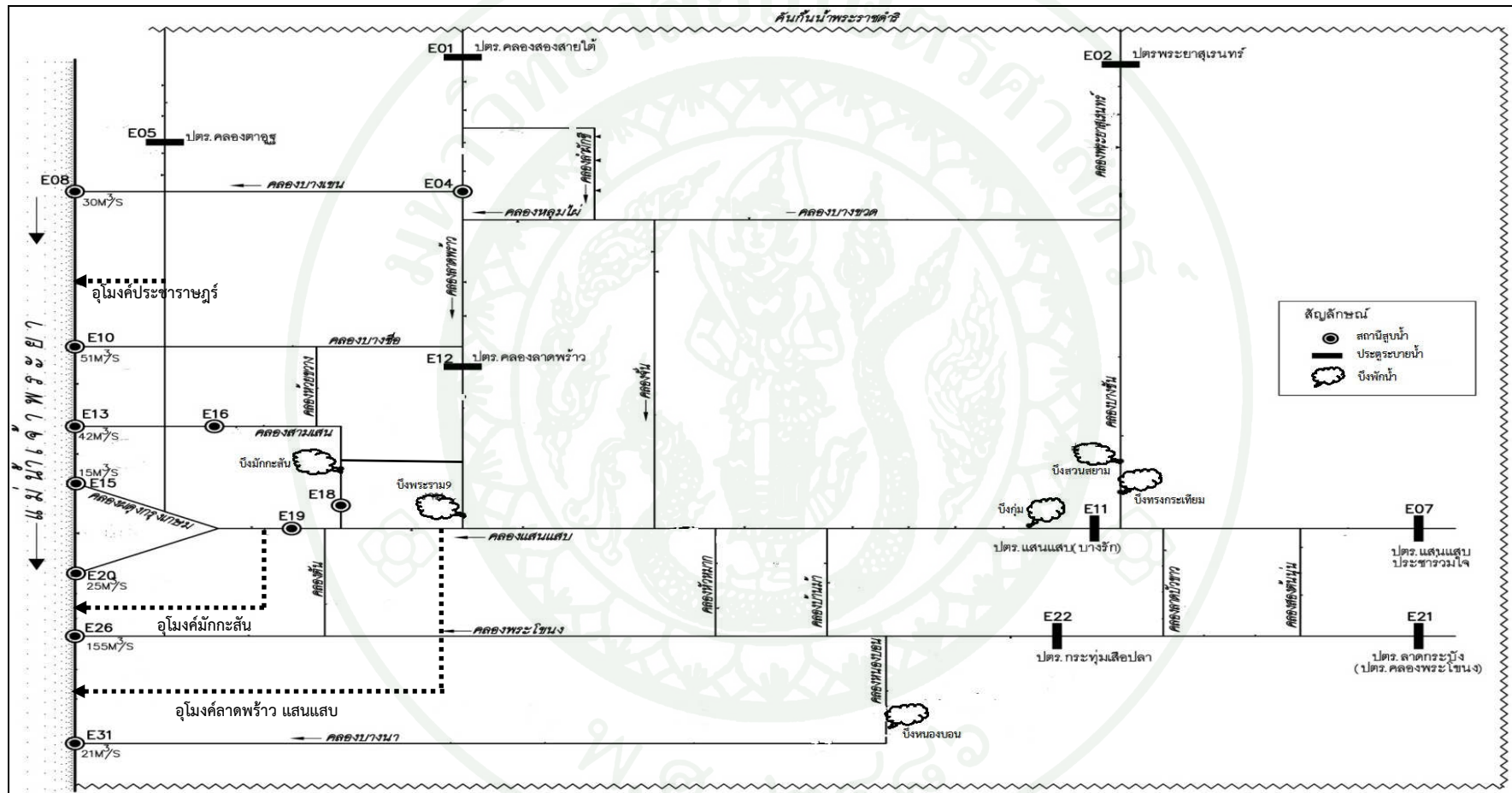
ลำดับที่	ชื่ออาคารชลศาสตร์	รหัส	ขนาดบานประตู (เมตร)	ระดับธรณี ประตู (ม.รทก)
1	ปตร. คลองเปรมฯ (ใต้)	-	6.00	-1.80
2	ปตร. คลองสอง (ใต้)	E01	6.00	-2.00
3	ปตร. พระยาสุเรนทร์	E02	6.00	-1.50
4	ปตร. แสนแสบมินบุรี	E07	6.00	-
5	ปตร. ลาดกระบัง	E21	6.00	-

ตารางที่ 8 อุโมงค์ผันน้ำที่นำมาใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	อุโมงค์ผันน้ำ	ความสามารถในการ ระบายน้ำสูงสุด (ลบ.ม. /วินาที)
1	อุโมงค์ผันน้ำมักกะสัน	45
2	อุโมงค์ผันน้ำคลองแสนแสบและคลองลาดพร้าว ลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา	60
3	อุโมงค์ผันน้ำประชาราษฎร์	30

ตารางที่ 9 บึงพักน้ำหลักที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	ชื่อบึงพักน้ำ	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ปริมาตรเก็บกักน้ำ (ลบ.เมตร)	ระดับน้ำต่ำสุด (ม.รทก.)
1	บึงมักกะสัน	162,500	261,660	-2.00
2	บึงสวนสยาม	84,600	316,920	-5.00
3	บึงกุ่ม	90,000	207,680	-3.00
4	บึงหนองบอน	1,030,950	5,090,070	-5.00
5	บึงพระราม 9	41,700	119,000	-3.00



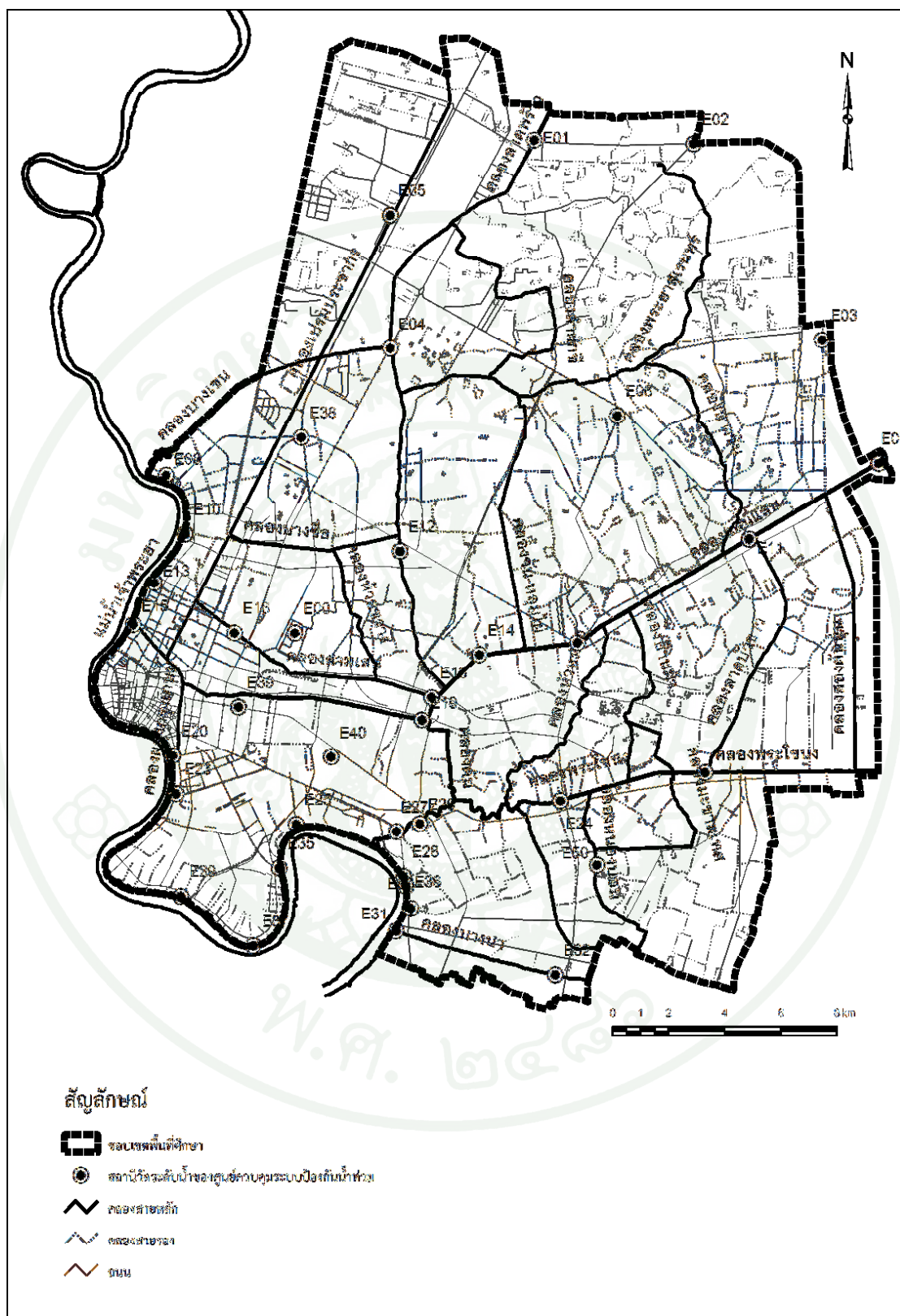
ภาพที่ 8 ระบบคลองระบายน้ำสายหลักและองค์ประกอบต่างๆที่ใช้ในการศึกษา

3. การปรับเทียบ (Calibration)

การจำลองสภาพระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา เพื่อทำการปรับเทียบจะใช้ชุดข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีบางบัว สถานีประตูระบายน้ำลาดพร้าว สถานีประตูระบายน้ำแสนแสบตอนคลองบางชัน สถานีสามเสน สถานีประตูระบายน้ำแสนแสบตอนคลองบางชัน และสถานีประตูระบายน้ำกระทุ่มเสือปลา ข้อมูลการควบคุมประตูระบายน้ำและสถานีสูบน้ำ ตั้งแต่วันที่ 6 จนถึง 20 ตุลาคม พ.ศ.2554 เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวน้ำที่ไหลเข้าพื้นที่เป็นน้ำที่ไหลผ่านประตูระบายน้ำเท่านั้น ยังไม่เกิดการไหลบ่าบนพื้นดินเข้ามาในกรุงเทพมหานครทำให้ทราบอัตราการไหลที่ชัดเจน โดยใช้ข้อมูลจากสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร จากนั้นจำลองสภาพการระบายน้ำด้วยแบบจำลอง HEC-RAS แล้วนำมาเปรียบเทียบกับระดับน้ำรายชั่วโมงที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีวัดระดับน้ำของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมจำนวน 6 สถานี คือ สถานีวัดระดับน้ำบางบัว (E04) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดพร้าว (E12) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำแสนแสบตอนคลองบางชัน (E11) สถานีวัดระดับน้ำสามเสน (E16) สถานีวัดระดับน้ำแสนแสบตอนคลองตัน (E19) และสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำกระทุ่มเสือปลา (E22) ดังแสดงตำแหน่งของสถานีวัดระดับน้ำทั้ง 6 สถานีไว้ในภาพที่ 9 ซึ่งการปรับเทียบผลการจำลองสภาพระบบระบายน้ำในครั้งนี้ได้ทำการปรับเทียบเฉพาะค่าระดับน้ำเท่านั้น เนื่องจากในปัจจุบันศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหล

เงื่อนไขการระบายน้ำในช่วงเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2554

1. ด้านเหนือ น้ำที่เข้ามาในระบบมาจากการเปิดบานระบายเข้ามาในคลองระบายน้ำปทุมธานี
2. ปริมาณน้ำที่ออกจากระบบ เกิดจากการสูบน้ำของสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาเท่านั้น และในช่วงเวลาดังกล่าวไม่มีฝนตกเกิดขึ้นในพื้นที่
3. การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ให้ระดับน้ำที่เครื่องทำงานสูบน้ำนั้นทำงานตามแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมประจำปี 2554 ดังแสดงในตารางที่ 10
4. ในการเลือกชุดข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงวันที่ 6-20 ตุลาคม 2554 มาปรับเทียบแบบจำลองนั้นเพราะในช่วงเวลาดังกล่าวยังไม่มีอิทธิพลของน้ำที่ไหลบ่าข้ามคันกั้นน้ำพระราชดำริ



ภาพที่ 9 สถานีวัดระดับน้ำของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 10 แผนการควบคุมระดับน้ำตามอาคารบังคับน้ำของพื้นที่กรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก

ลำดับที่	ชื่ออาคารบังคับน้ำ	กำลังสูบรวม (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำเตือนภัย (ม.รทก.)	ระดับน้ำวิกฤติ (ม.รทก.)	ระดับน้ำควบคุม แผน ก. (ม.รทก.)	ระดับน้ำควบคุม แผน ข. (ม.รทก.)
1	สถานีสูบน้ำสามเสน	45.0	+0.20	+0.30	-2.00 ถึง -1.50	-1.50 ถึง +0.00
2	สถานีสูบน้ำคลองบางซื่อ	51.0	+0.40	+0.50	-1.10 ถึง -0.60	-0.60 ถึง +0.00
3	สถานีสูบน้ำคลองเปรมประชากร	35.4	+0.30	+0.40	-1.00 ถึง -0.40	-0.40 ถึง +0.00
4	สถานีสูบน้ำคลองบางเขนใหม่	12.0	+0.40	+0.50	-1.00 ถึง -0.70	-0.70 ถึง -0.40
5	สถานีสูบน้ำคลองบางเขนเก่า	9.0	+0.40	+0.60	-1.00 ถึง -0.70	-0.70 ถึง -0.40
6	สถานีสูบน้ำทุ่งเกษม	25.0	+0.60	+0.70	-1.00 ถึง -0.60	-0.60 ถึง -0.20
7	สถานีสูบน้ำเทเวศร์	9.0	+0.60	+0.70	-0.40 ถึง -0.20	+0.20 ถึง +0.20
8	สถานีสูบน้ำพระโขนง	155.0	0.00	+0.20	-0.80 ถึง -1.00	-1.00 ถึง -0.50
9	อาคารสูบน้ำอุโมงค์พระโขนง	60.0	-	-	-	-
10	สถานีสูบน้ำบางนา	21.0	+0.10	+0.20	-0.80 ถึง -1.00	-1.00 ถึง -0.50

หมายเหตุ: 1. แผน ก คือ สภาพอากาศส่อว่าจะมีฝน

2. แผน ข คือ สภาพอากาศปกติ

4. การประเมินขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปทุมภูมิ

หลังจากที่ได้ทำการเปรียบเทียบระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษาให้สอดคล้องความจริงได้แล้ว จึงได้นำแบบจำลองสภาพการระบายน้ำ HEC-RAS มาประเมินประสิทธิภาพการระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา โดยแบ่งเป็น 3 กรณีศึกษา ได้แก่ กรณีฝนไม่ตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียว กรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันไม่ให้น้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ และกรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกบางส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 กรณีฝนไม่ตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียว

กรณีศึกษาแรกนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นถึงศักยภาพของระบบระบายน้ำปทุมภูมิที่มีอยู่ในปัจจุบันว่าจะมีความสามารถที่จะรองรับน้ำจากภายนอก โดยเฉพาะน้ำจากทางด้านทิศเหนือเหมือนกับเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ พ.ศ. 2554 มากน้อยเพียงใด โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้คลองสายหลักรับน้ำจากภายนอกผ่านประตูระบายน้ำ 4 ประตู คือ ประตูระบายน้ำคลองสองสายใต้ ประตูระบายน้ำพระยาสุเรนทร์ ประตูระบายน้ำแสนแสบมีนบุรี และประตูระบายน้ำลาดกระบัง ประตูละ 50 60 และ 70 ลบ.ม./วินาที และควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำดังแสดงในตารางที่ 11 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา ในสถานะเหตุการณ์ที่จำเป็นต้องรับน้ำจากภายนอกมากที่สุดโดยไม่กระทบต่อพื้นที่ภายในระบบป้องกันน้ำท่วมที่พิจารณา

ตารางที่ 11 การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำในแบบจำลอง

ลำดับที่	ชื่อสถานีสูบน้ำ	กำลังสูบน้ำรวม	ระดับน้ำที่เครื่องสูบน้ำ (ม.รทก)	
		สูงสุด(ลบ.ม./วินาที)	เริ่มทำงาน	หยุดทำงาน
1	ส.บางเขน	12	+ 0.30	- 1.00
2	ส.บางซื่อ	51	+ 0.40	- 1.00
3	ส.สามเสน	45	+ 0.20	- 1.50
4	ส.กรุงเกษม	25	+ 0.50	-1.00
5	ส.เทเวศน์	9	+ 0.50	- 0.80
6	ส.พระโขนง	155	+ 0.10	- 1.00
7	ส.บางนา	21	+ 0.10	- 1.00

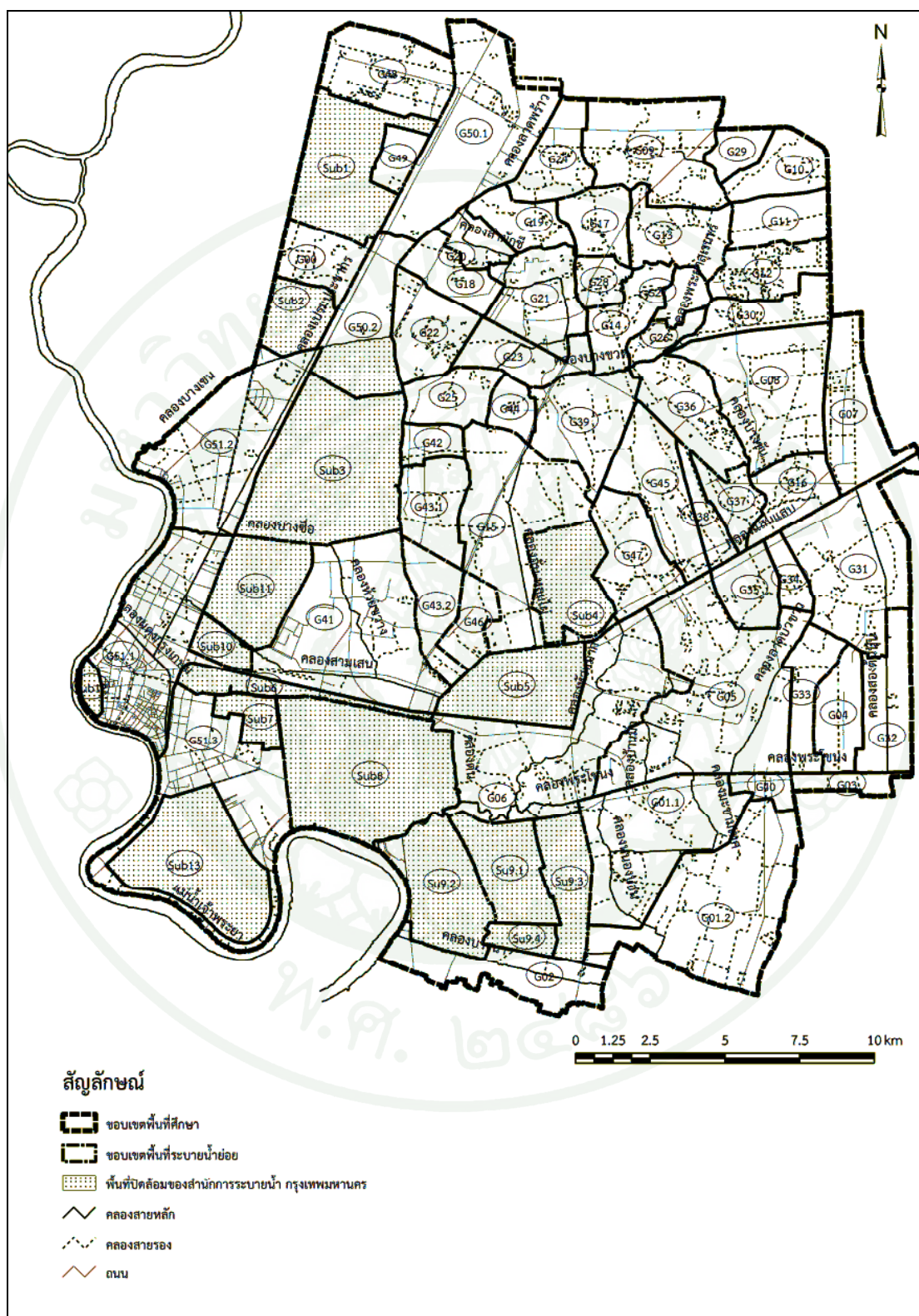
4.2 กรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันไม่ให้น้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่

กรณีศึกษาที่สองนี้เป็นการประเมินความสามารถของระบบระบายน้ำเมื่อมีฝนตกกระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่ โดยการประเมินประสิทธิภาพการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปทุมภูมิในพื้นที่ศึกษา เลือกใช้ฝนออกแบบที่คาบอุบัติ (Return Period) 2 และ 5 ปี และข้อมูลกายภาพของระบบระบายน้ำกำหนดลงในแบบจำลอง HEC-RAS ที่ได้ทำการปรับเทียบไว้แล้ว โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งพื้นที่ระบายน้ำย่อย (Subpolder) และกำหนดจุดระบายน้ำของพื้นที่ระบายน้ำย่อยลงในระบบคลองระบายน้ำหลัก จากแผนที่ 1:10,000 ของพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งจากตำแหน่งจุดระบายน้ำของพื้นที่ระบายน้ำที่กำหนดขึ้นจะต้องทำการกำหนดเป็นหลักกิโลเมตรเพื่อจะได้กำหนดการไหลของน้ำเข้าคลองตามแนวด้านข้างของคลอง (Lateral Flows) ในระบบการไหลในแบบจำลอง HEC-RAS
2. คำนวณหาค่าอัตราการไหลน้ำท่าจากฝนออกแบบบนพื้นที่ระบายน้ำย่อยโดยวิธีหลักเหตุผล (Rational Method) ที่คาบอุบัติ 2 และ 5 ปี จากสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบัน
3. จำลองสภาพระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาโดยใช้ฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 และ 5 ปี ที่สภาพการใช้ที่ดินปัจจุบัน เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปทุมภูมิด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

เงื่อนไขการจำลองการจำลองสภาพการระบายน้ำ

1. พื้นที่ศึกษา ให้เป็นพื้นที่ปิด โดยล้อมรอบด้วยคันป้องกันน้ำท่วมริมแม่น้ำเจ้าพระยาคันกันน้ำตามแนวพระราชดำริ ไม่มีน้ำจากภายนอกพื้นที่ไหลเข้ามาในระบบระบายน้ำ
2. ปริมาณน้ำที่ออกจากระบบจะเกิดจากการสูบน้ำของสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาเท่านั้น
3. การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ โดยให้ระดับน้ำที่เครื่องทำงานสูบน้ำดังแสดงไว้ในตารางที่ 11



ภาพที่ 10 การแบ่งพื้นที่ระบายน้ำย่อย (Subpolder)

4.3 กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกบางส่วน

กรณีศึกษาที่สามนี้ เป็นการวิเคราะห์ความสามารถของระบบระบายน้ำปทุมธานีที่จะสามารถรองรับน้ำท่วมจากภายนอกได้ในขณะที่มีฝนตกภายในพื้นที่ปิดล้อมที่ศึกษา ซึ่งการประเมินประสิทธิภาพการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปทุมธานีในพื้นที่ศึกษา เลือกใช้ฝนออกแบบที่คาบอุบัติ (Return Period) 2 ปี เท่านั้น เนื่องจากที่คาบอุบัติ 5 ปี ระบบระบายน้ำปทุมธานีไม่สามารถรองรับน้ำจากภายนอกได้ และใช้ข้อมูลกายภาพของระบบระบายน้ำกำหนดลงในแบบจำลอง HEC-RAS และควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำดังแสดงในตารางที่ 11 โดยจำลองสภาพระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาโดยใช้ฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี และรับน้ำจากภายนอกบางส่วน เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำปทุมธานีด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

5. การประเมินแนวทางการปรับปรุงคลองระบายน้ำสายหลัก

จากการวิเคราะห์ปัญหาการระบายน้ำของระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา ทำให้ทราบว่าข้อจำกัดของการระบายน้ำเกิดจากคลองระบายน้ำสายหลัก มีสภาพตื้นเขิน ความจุของคลองที่ส่งน้ำเข้าสู่สถานีสูบน้ำบางแห่งไม่เพียงพอ และความสามารถในการสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาไม่เพียงพอสำหรับที่จะระบายน้ำออกจากพื้นที่ จึงเป็นผลให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในบางพื้นที่ ดังนั้นในการจัดทำแนวทางการปรับปรุงครั้งนี้ จึงได้มีการศึกษาการปรับปรุงคลองสายหลักและเพิ่มขีดความสามารถในการระบายน้ำของเครื่องสูบน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปรับปรุงขุดลอกคลองแสนแสบ คลองตัน คลองบางซื่อ คลองลาดพร้าว คลองพระโขนง คลองบางชัน พระยาสุเรนทร์ คลองเปรมประชากร คลองบางนา และคลองเชื่อมอื่นๆ

2. ปรับปรุงเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ ตามแผนของสำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร

ผลและวิจารณ์

1. ผลการเปรียบเทียบ

1. การจำลองสภาพระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา เพื่อทำการเปรียบเทียบได้ใช้ชุดข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 6 ถึง 20 ตุลาคม พ.ศ. 2554 จากสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร โดยการจำลองสภาพการระบายน้ำด้วยแบบจำลอง HEC-RAS แล้วนำมาเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมงที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีวัดระดับน้ำของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมจำนวน 6 สถานี คือ สถานีวัดระดับน้ำบางบัว (E04) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดพร้าว (E12) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำแสนแสบตอนคลองบางชัน (E11) สถานีวัดระดับน้ำสามเสน (E16) สถานีวัดระดับน้ำแสนแสบตอนคลองตัน (E19) และสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำกระทู้มเสื่อปลา (E22) ซึ่งการเปรียบเทียบผลการจำลองสภาพระบบระบายน้ำในครั้งนี้จะใช้เปรียบเทียบเฉพาะค่าระดับน้ำเท่านั้น เนื่องจากในปัจจุบันศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหล จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่าผลที่ได้จากการจำลองแตกต่างจากผลที่วัดได้จากสนามไม่มากนัก ดังแสดงในภาพที่ 11 ถึงภาพที่ 16 โดยจะมีค่าความแตกต่างของระดับน้ำรายชั่วโมงสูงสุดไม่เกิน 0.20 เมตร และมีค่าความแตกต่างของระดับน้ำรายชั่วโมงต่ำสุดเท่ากับ 0.00 เมตร ซึ่งผลความแตกต่างของระดับน้ำดังกล่าว อธิบายได้ดังนี้

1.1 สถานีวัดระดับน้ำบางบัว และสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดพร้าว เป็นสถานีที่อยู่ในคลองลาดพร้าว ซึ่งมีข้อมูลด้านเหนือน้ำไม่สมบูรณ์จึงต้องใช้การประมาณค่าเข้าช่วย

1.2 สถานีวัดระดับน้ำสถานีวัดระดับน้ำสามเสน เป็นสถานีที่อยู่ในคลองสามเสนมีการต่อเชื่อมกับคลองเปรมประชากรและคลองลาดพร้าว ซึ่งมีข้อมูลด้านเหนือน้ำไม่สมบูรณ์จึงต้องใช้การประมาณค่าเข้าช่วย

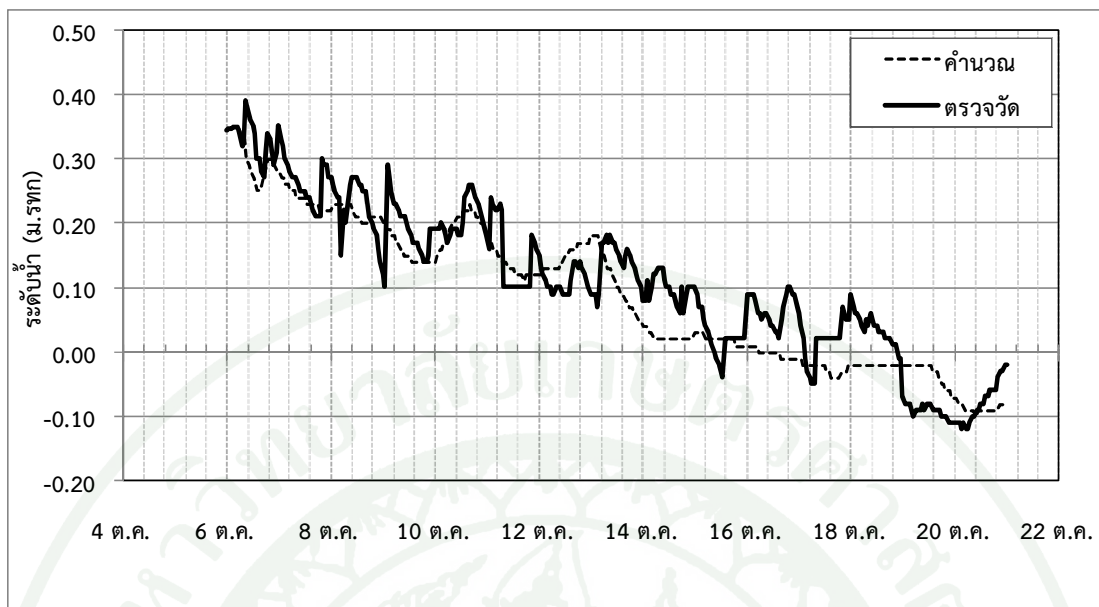
1.3 สถานีวัดระดับน้ำสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำแสนแสบตอนคลองบางชัน และสถานีวัดระดับน้ำแสนแสบตอนคลองตัน เป็นสถานีที่อยู่ในคลองแสนแสบ ซึ่งสถานีวัดระดับน้ำแสนแสบตอนคลองตัน ตั้งอยู่บริเวณช่วงที่คลองแสนแสบมีความคดโค้งไปมาอย่างมาก มีผลทำให้น้ำไหลไม่สะดวกระดับน้ำที่วัดได้จากสนามจึงมีค่าสูงกว่าระดับน้ำที่ได้จากการจำลองสภาพ

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองระบบระบายน้ำในช่วงระหว่างวันที่ 6 ถึง 20 ตุลาคม 2554 พบว่าแม้ว่าค่าระดับน้ำที่วัดได้จริงกับผลจากการวิเคราะห์จากแบบจำลองมีค่าแตกต่างกันบ้างแต่ค่าระดับน้ำที่ได้มีแนวโน้มเข้ากันกับข้อมูลจากสนามได้ดี ดังนั้นจะได้นำแบบจำลองสภาพการระบายน้ำ HEC-RAS 4.0 นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ชี้วัดความสามารถของระบบระบายน้ำปทุมภูมิต่อไปได้

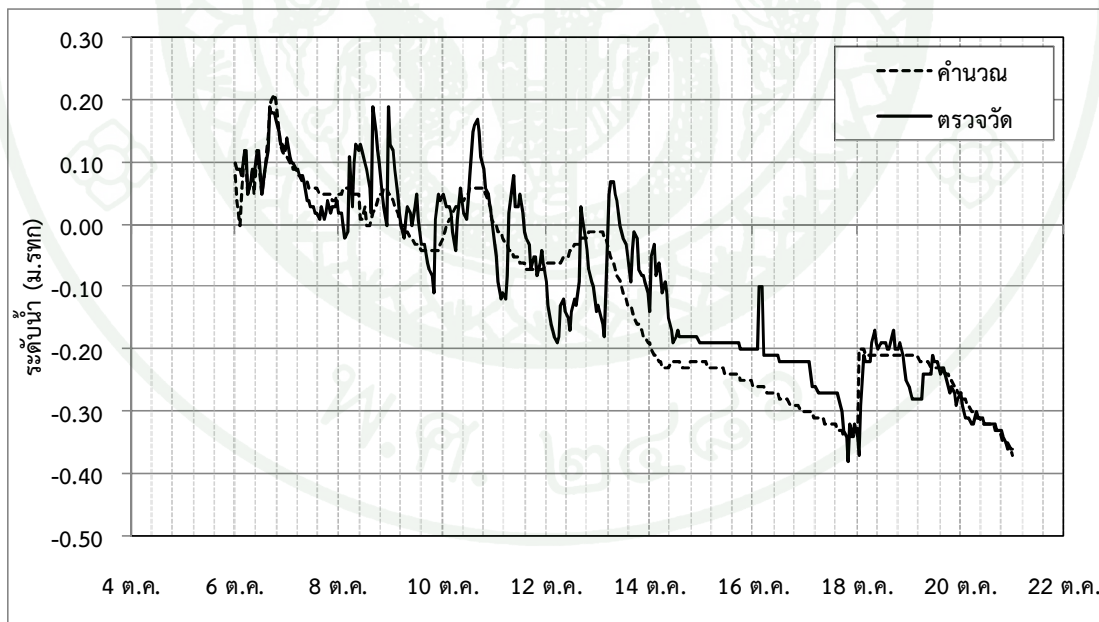
2. จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า คลองระบายน้ำปทุมภูมิในระบบระบายน้ำของพื้นที่ป้องกันกรุงเทพมหานครฝั่งตะวันออก มีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) อยู่ระหว่าง 0.025 ถึง 0.036 โดยค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแต่ละคลองระบายน้ำได้แสดงไว้ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ของคลองระบายน้ำสายหลัก

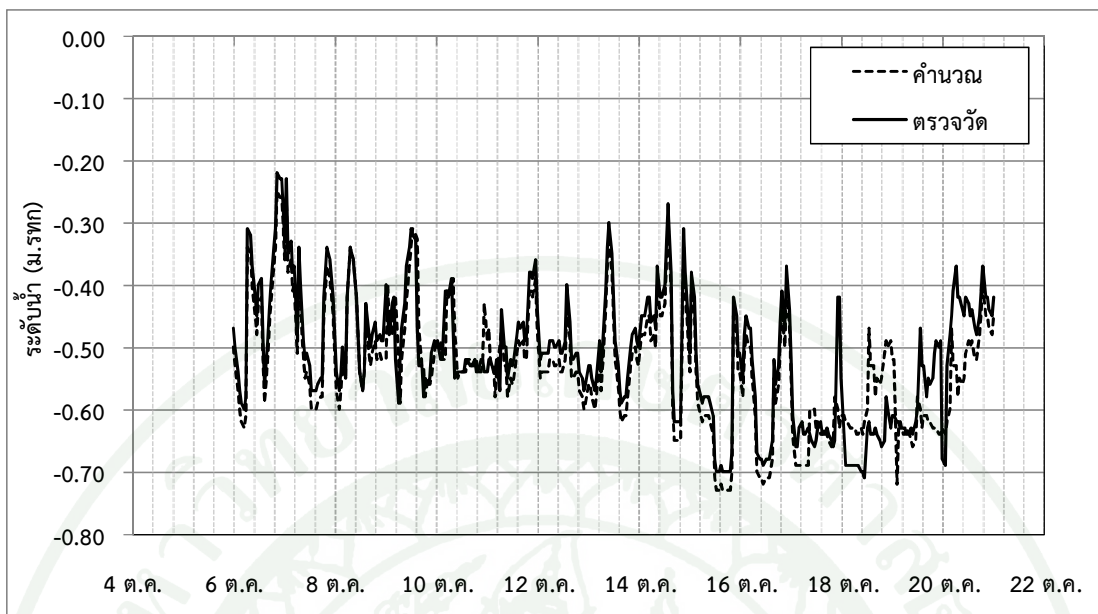
ลำดับที่	ชื่อคลองระบายน้ำ	สัมประสิทธิ์ความขรุขระ(n)
1	คลองพระโขนง	0.036
2	คลองตัน	0.030
3	คลองแสนแสบ	0.025 และ 0.030
4	คลองเปรมประชากร	0.025
5	คลองบางซื่อ	0.025
6	คลองบางเขน	0.025
7	คลองลาดพร้าว	0.025 และ 0.030
8	คลองจั่น-หุ้มไผ่	0.030
9	คลองลำผักชี	0.030
10	คลองบางชัน	0.030
11	คลองบางขวด	0.030
12	คลองบางนา	0.025
13	คลองบ้านม้า	0.030
14	คลองลาดบัวขาว	0.030
15	คลองสามเสน	0.025
16	คลองห้วยขวาง	0.025
17	คลองผดุงกรุงเกษม	0.025



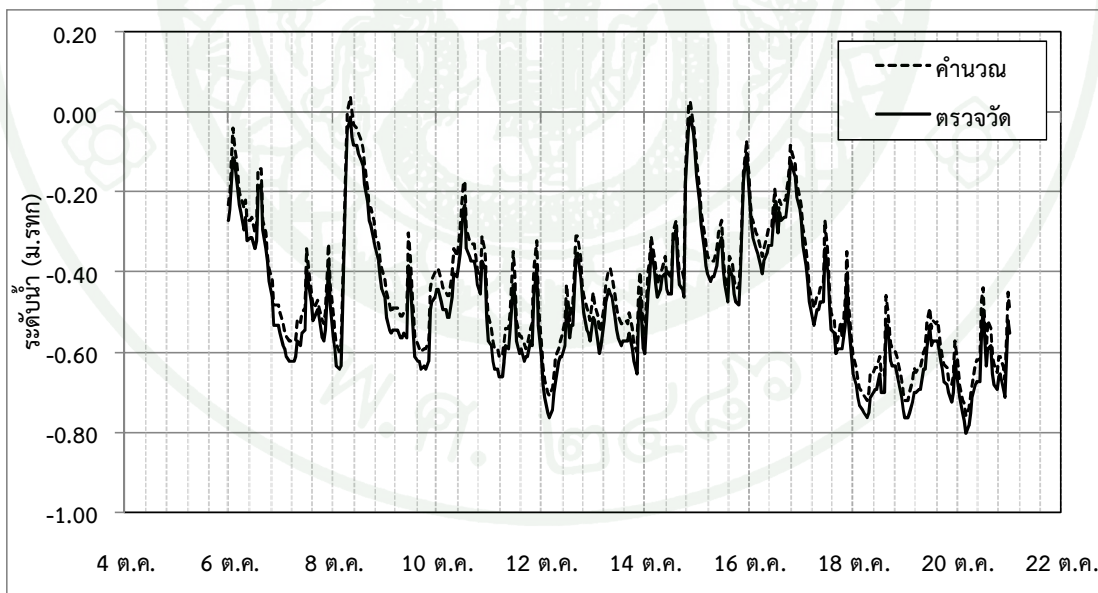
ภาพที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับค่าตรวจวัดจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำคลองบางบัว (E04)



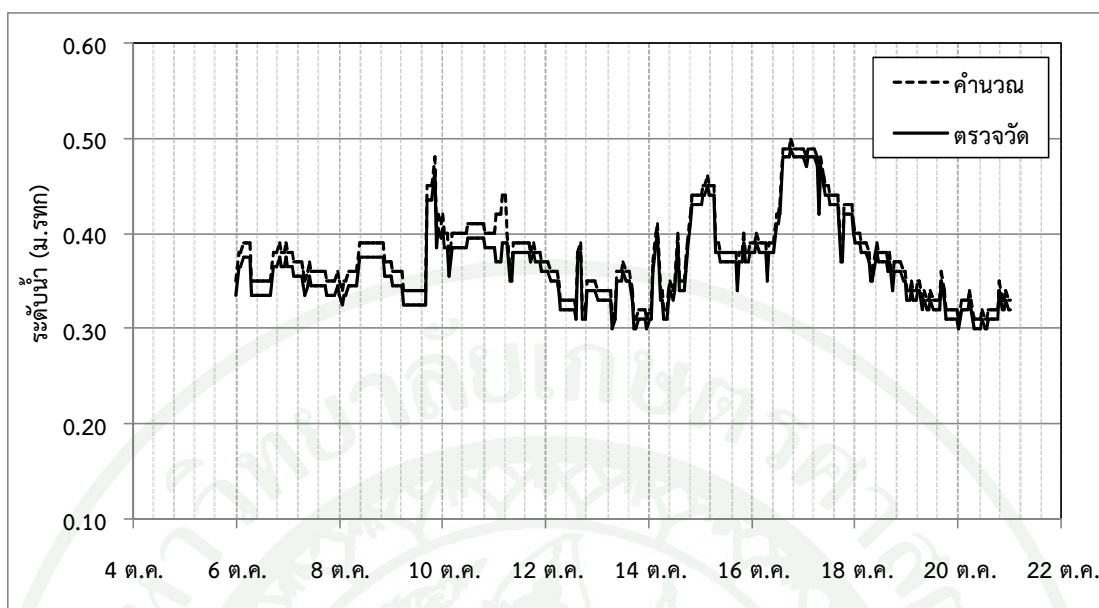
ภาพที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับค่าวัดสอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดพร้าว (E12)



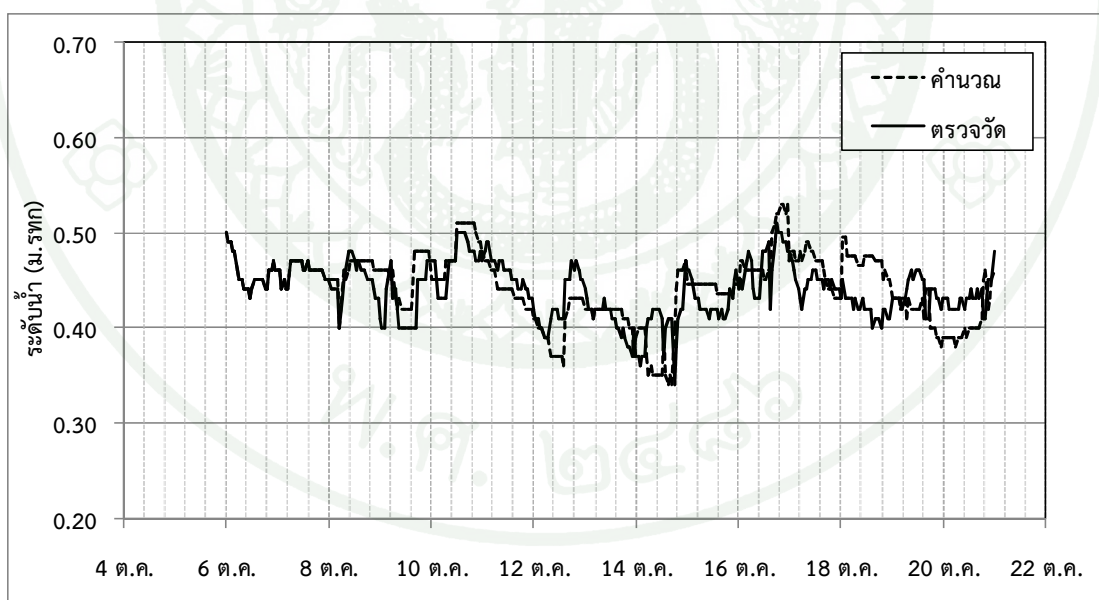
ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับค่าที่สอบจากสนาม ที่สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำคลองแสนแสบ (E11)



ภาพที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับค่าวัดสอบจากสนามที่สถานีวัดระดับน้ำสถานีสูบน้ำคลองสามเสน (E16)



ภาพที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับค่าวัดจากสถานีวัดระดับน้ำสถานีสูบน้ำแสนแสบตอนคลองตัน (E19)



ภาพที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS กับค่าวัดจากสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำกระทู้มเสื่อปลา (E22)

ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองระบบระบายน้ำในช่วงระหว่างวันที่ 6 ถึง 20 ตุลาคม พ.ศ.2554 พบว่าในปัจจุบันความสามารถในการสูบน้ำของสถานีที่สูบน้ำลงแม่น้ำเจ้าพระยาในแบบจำลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ความสามารถในการสูบน้ำปัจจุบันของสถานีที่สูบน้ำลงแม่น้ำเจ้าพระยาในแบบจำลอง

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ความสามารถสูบน้ำจริงเทียบกับความสามารถสูงสุด (%)
1	บางเขน	30	50
2	บางซื่อ	51	80
3	กรูเกษม	25	80
4	พระโขนง	155	75

ความสามารถในการสูบน้ำปัจจุบันของสถานีที่สูบน้ำลงแม่น้ำเจ้าพระยาในแบบจำลองนี้เป็นความสามารถในการสูบน้ำจริงที่ปฏิบัติตามแผนป้องกันน้ำท่วมปี พ.ศ.2554 ของสำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร

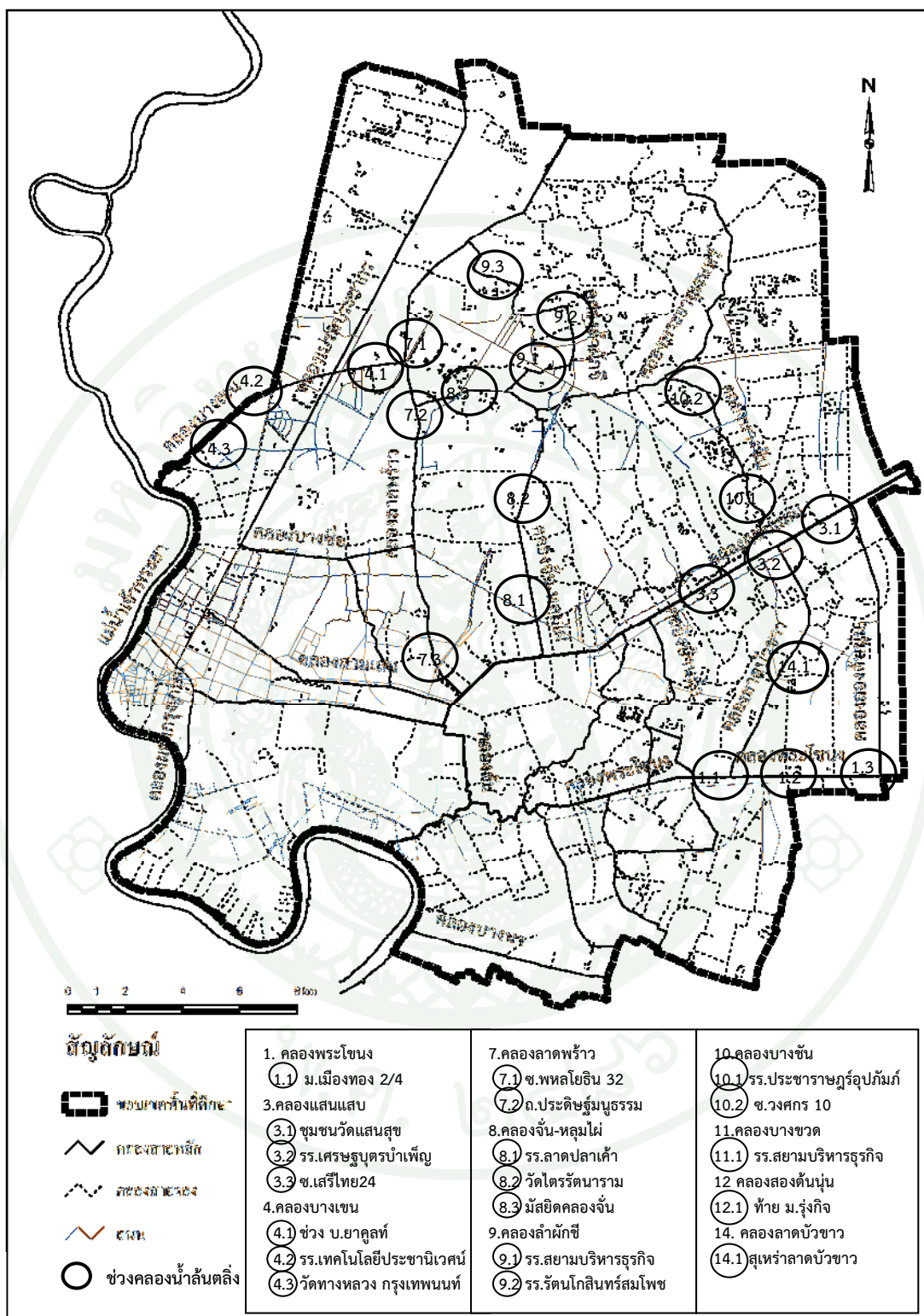
2. ผลการประเมินขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปทุมภูมิ

2.1 กรณีฝนไม่ตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียว

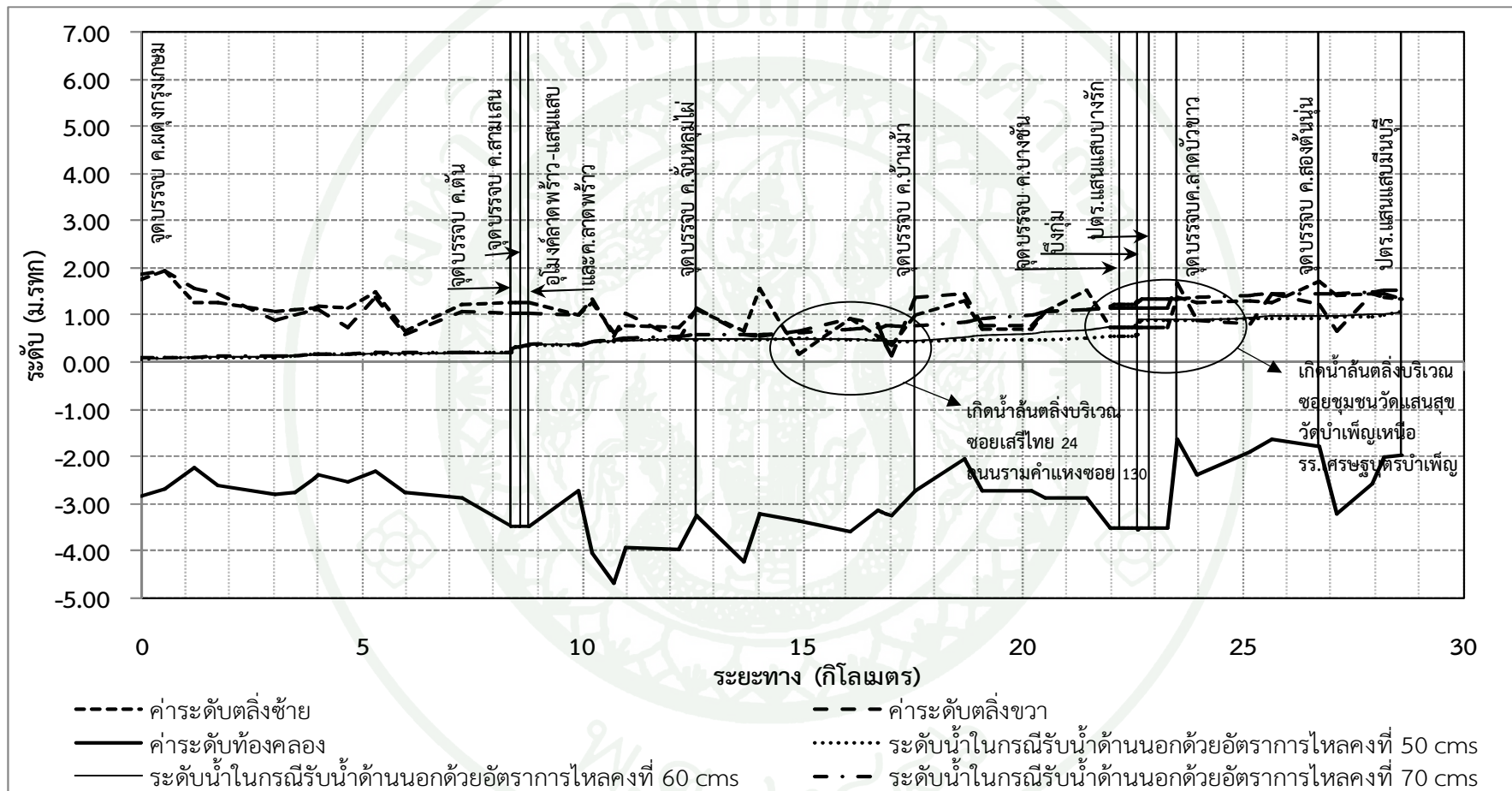
ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำในระบบระบายน้ำปทุมภูมิกรณีรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 50 60 และ 70 ลบ.เมตร/วินาที/ประตูระบายน้ำ ผ่านประตูระบายน้ำ 4 ประตู คือ ประตูระบายน้ำคลองสองสายใต้ ประตูระบายน้ำพระยาสุเรนทร์ ประตูระบายน้ำแสนแสบมีนบุรี และประตูระบายน้ำลาดกระบัง ดังแสดงในภาพที่ 17 จากผลการวิเคราะห์พบว่ากรณีรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 50 ลบ.เมตร/วินาที/ประตูระบายน้ำ โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 55 ถึง 80 % มีค่าระดับน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 ถึง 0.50 ม.รทก. กรณีรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 60 ลบ.เมตร/วินาที/ประตูระบายน้ำ โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 60 ถึง 80 % มีค่าระดับน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 0.05 ถึง 0.75 ม.รทก. และกรณีรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 70 ลบ.เมตร/วินาที/ประตูระบายน้ำ มีค่าระดับน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 0.15 ถึง 1.25 ม.รทก. เกิดสถานะน้ำล้นตลิ่ง โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 60 ถึง 80 % กรณีรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 60 และ 70 ลบ.เมตร/วินาที/ประตูระบายน้ำ ในช่วงคลองที่มีสภาพตื้นเขินเป็นช่วงๆ เป็นคอขวด และอยู่ห่างไกลจากอิทธิพลของเครื่องสูบน้ำที่จะไปถึงได้ ได้แก่ คลองจั่น-หลุมไผ่ คลองลำผักชี คลองลาดบัวขาว คลองบ้านม้า ดังแสดงในภาพที่ 18 แต่ในกรณีรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 50 ลบ.เมตร/วินาที/ประตูระบายน้ำ สามารถรองรับน้ำจากภายนอกได้โดยไม่เกิดสถานะน้ำล้นตลิ่ง ผลที่ได้จากการจำลองสภาพด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ จะนำเสนอในรูปของรูปตัดตามยาวของคลองสายหลัก ซึ่งแสดงถึงระดับน้ำที่เกิดจากการคำนวณเทียบกับค่าระดับท้องคลอง และระดับตลิ่งทั้งสองฝั่งคลอง ดังแสดงในภาพที่ 19 ถึงภาพที่ 30 ตามลำดับ



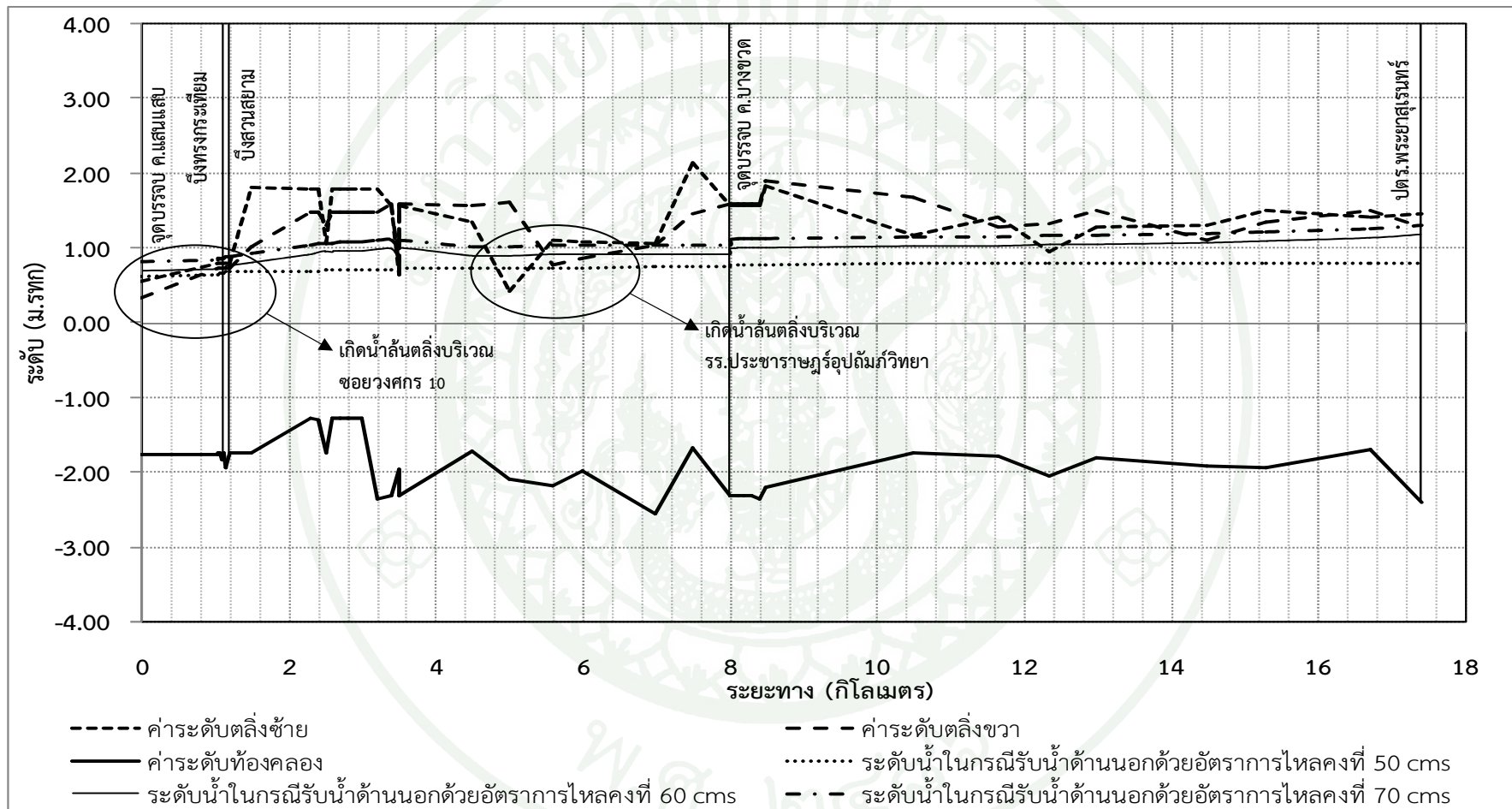
ภาพที่ 17 ระดับน้ำสูงสุด กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้นด้วยอัตราการไหลคงที่



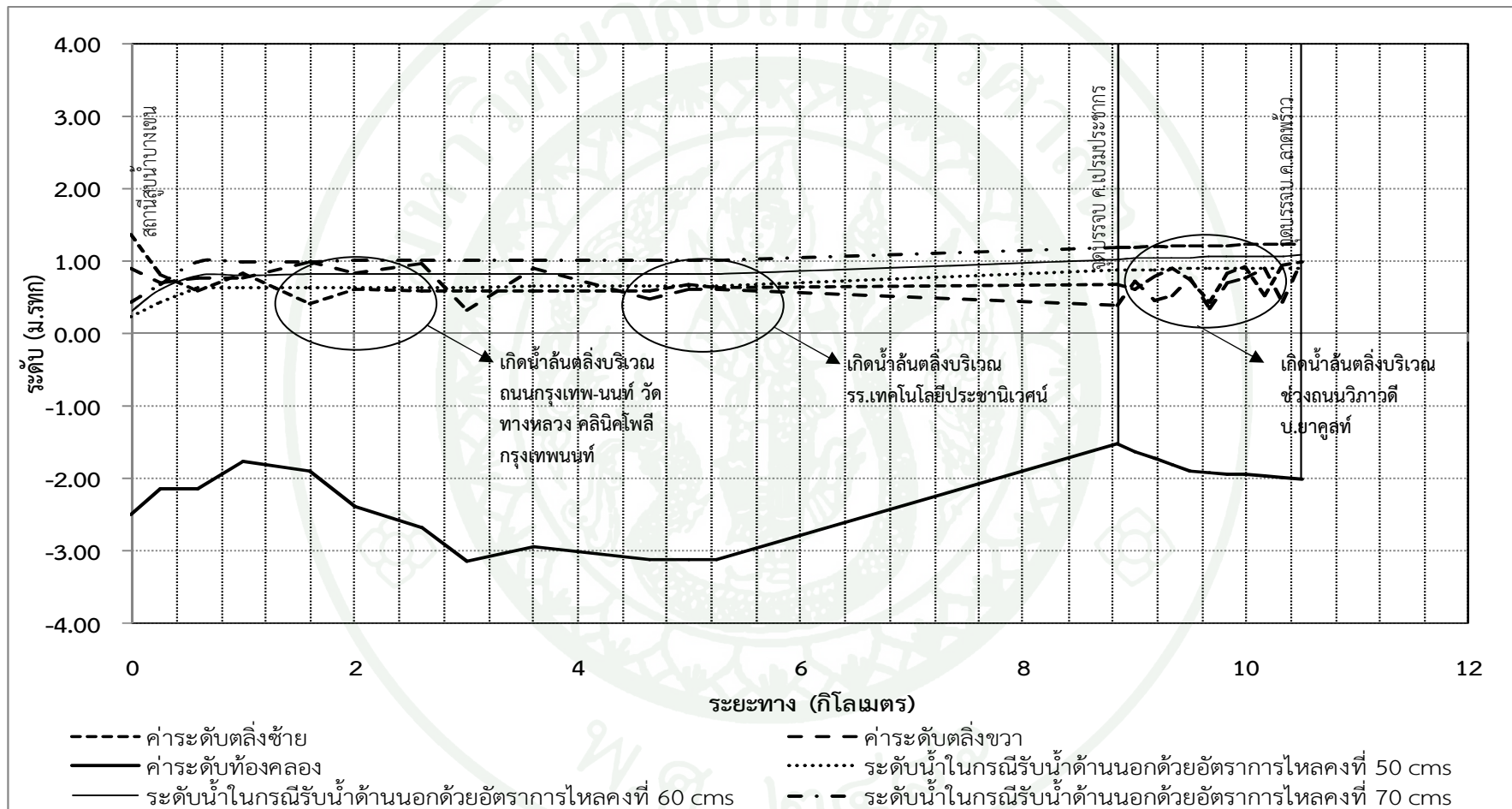
ภาพที่ 18 ช่วงคลองในระบบระบายน้ำปทุมภูมิที่เกิดสถานะน้ำล้นตลิ่ง
กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้นด้วยอัตราการไหลคงที่



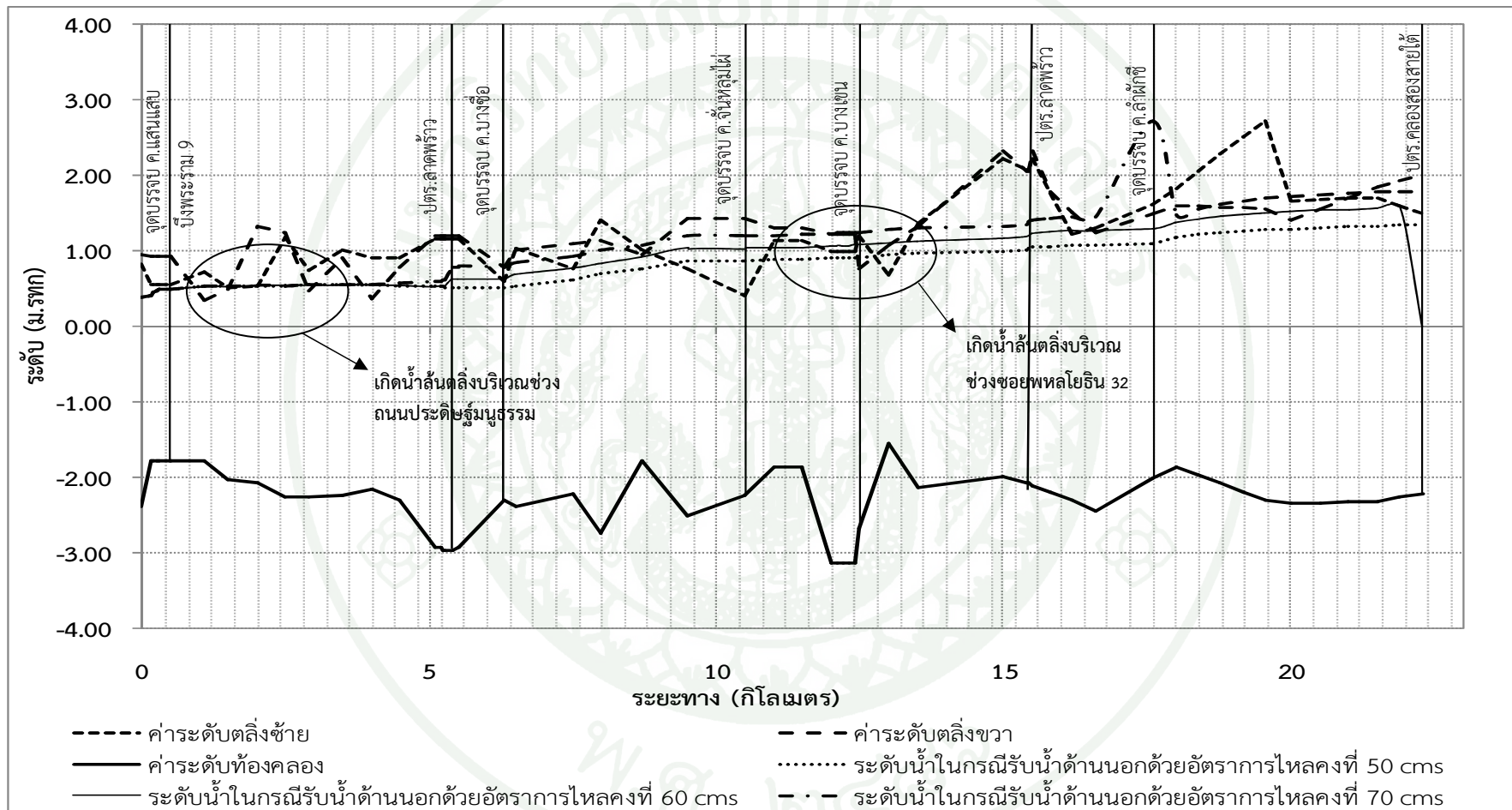
ภาพที่ 19 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองแสนแสบ



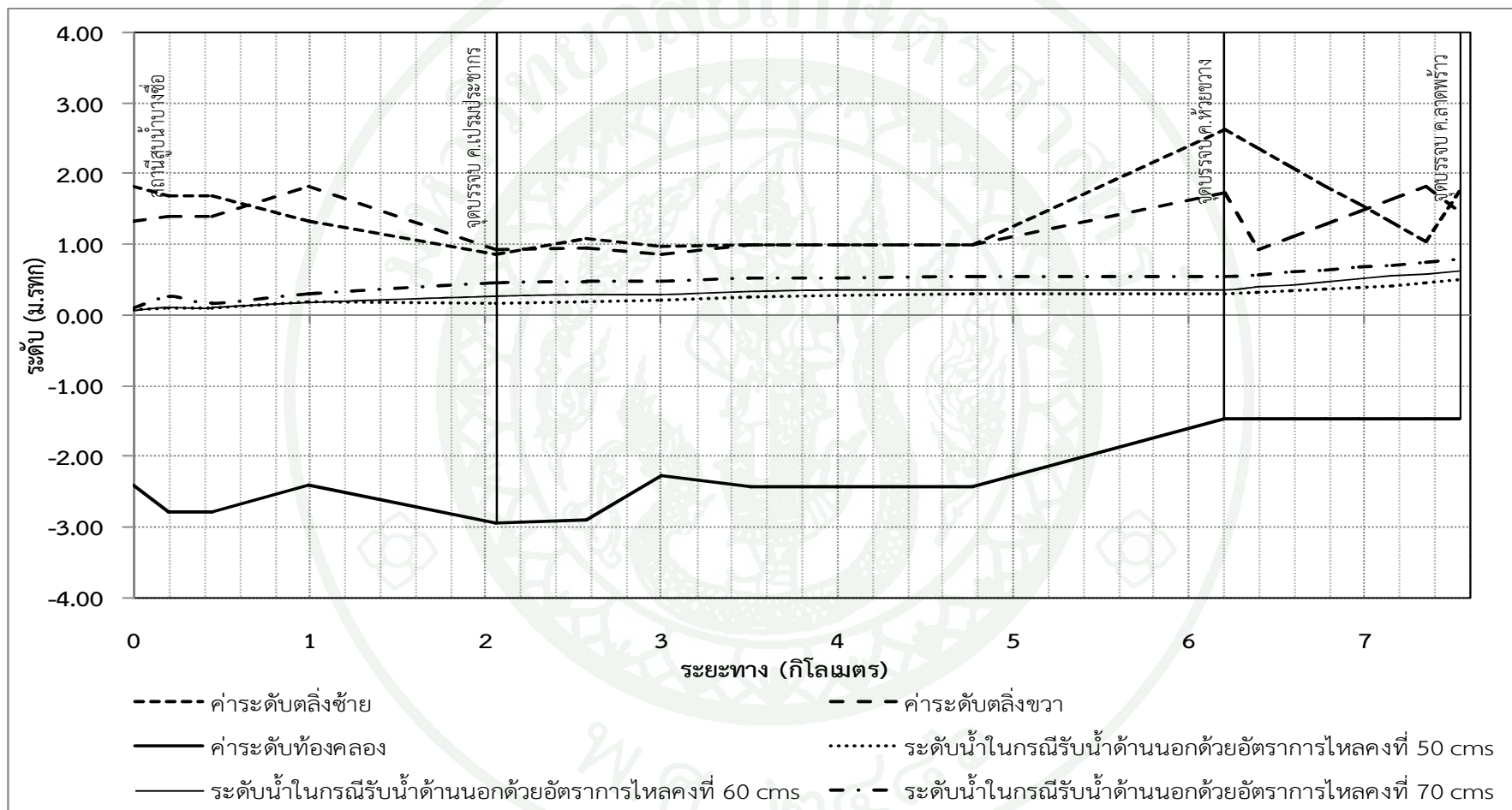
ภาพที่ 20 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองบางชันพระยาสุเรนทร์



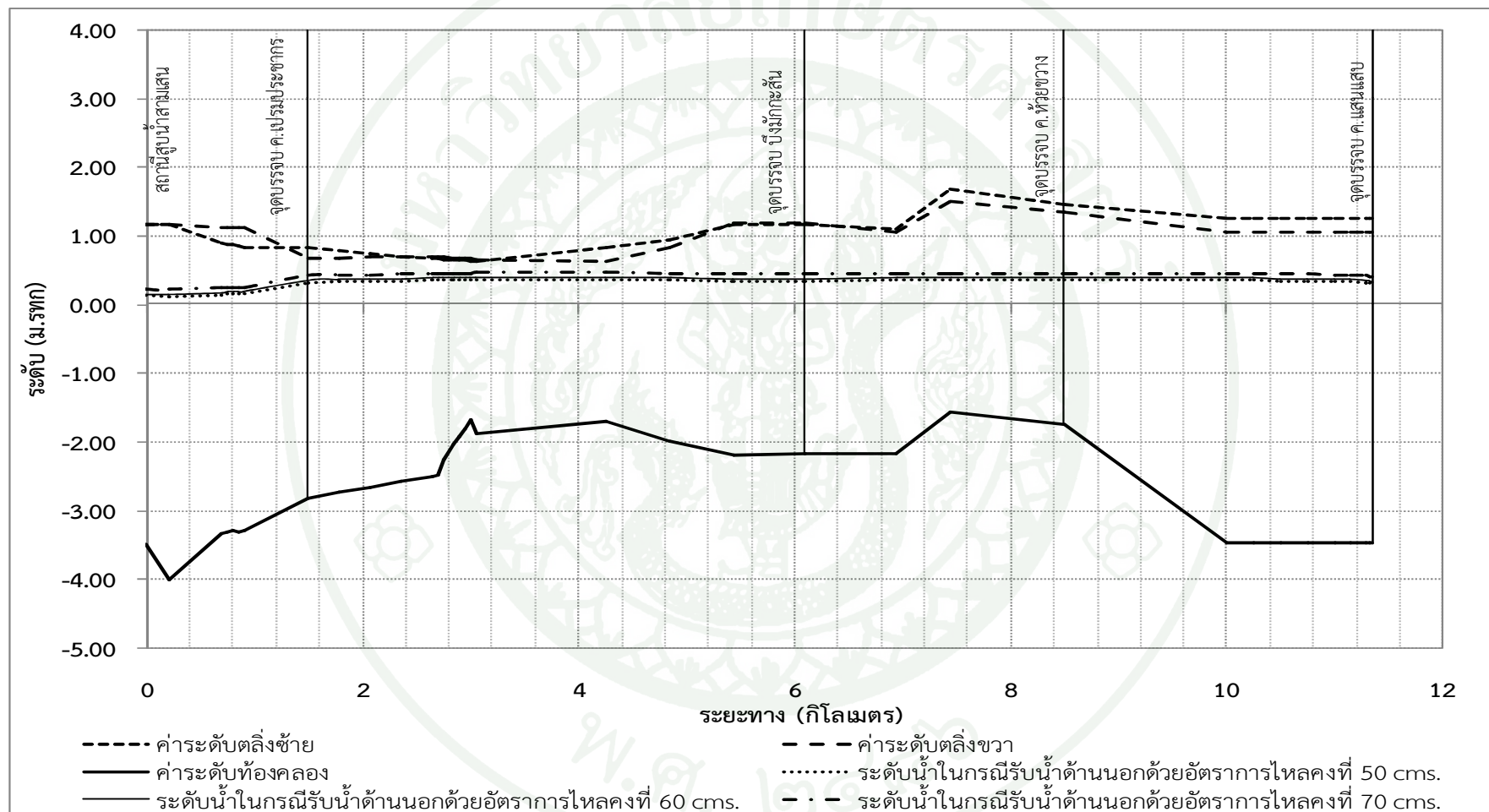
ภาพที่ 21 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองบางเขน



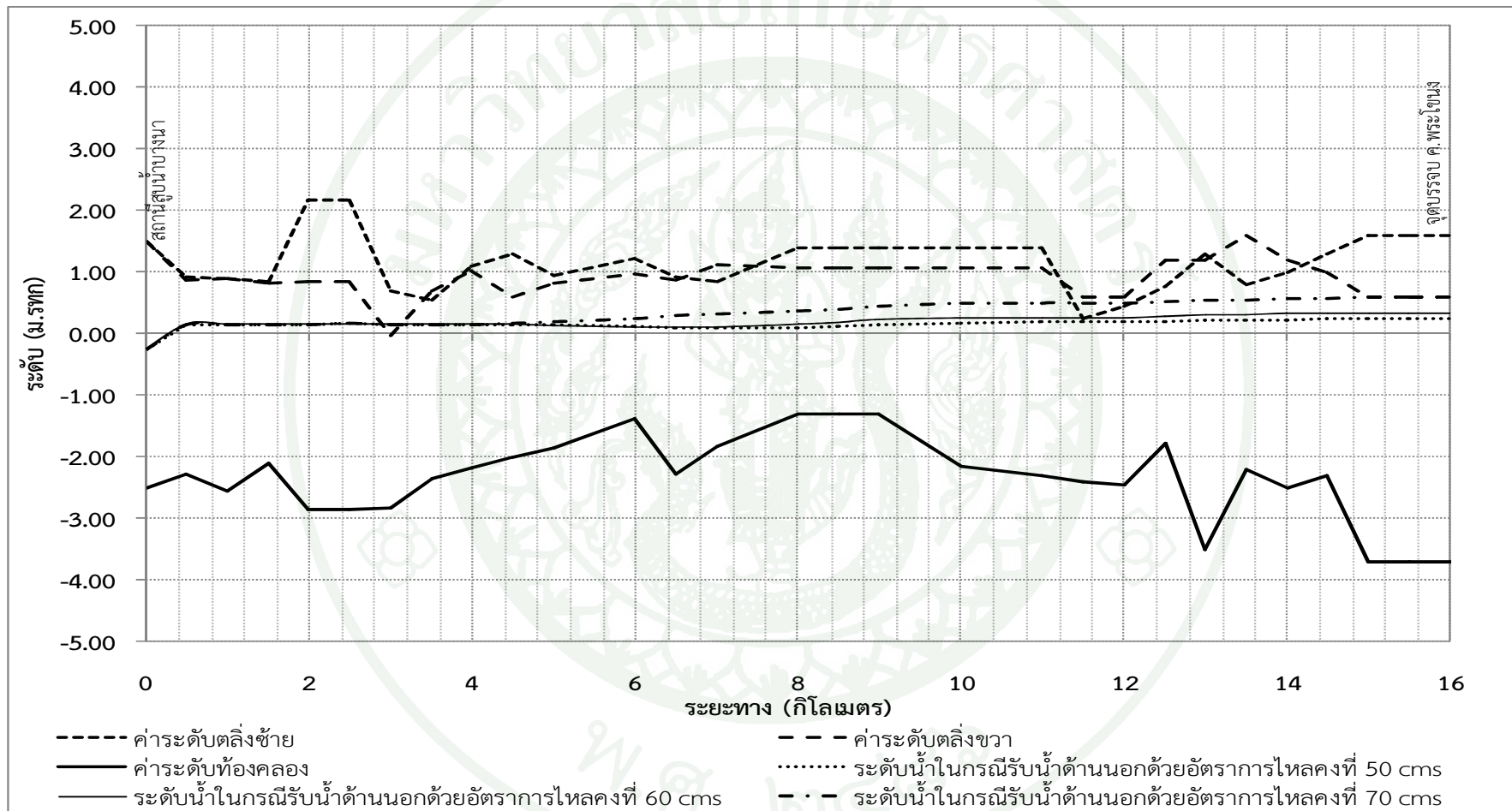
ภาพที่ 22 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองลาดพร้าว



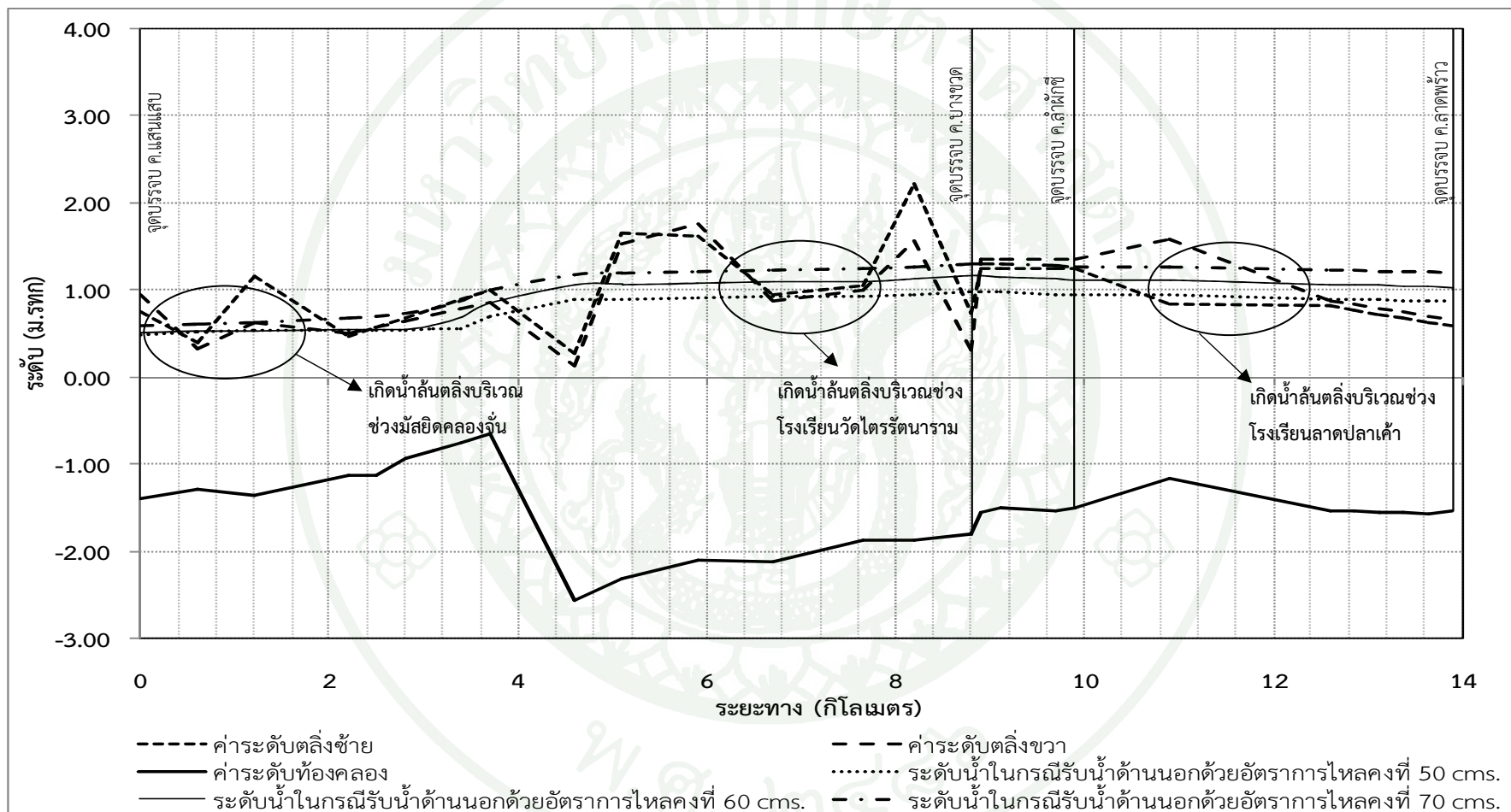
ภาพที่ 23 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองบางซื่อ



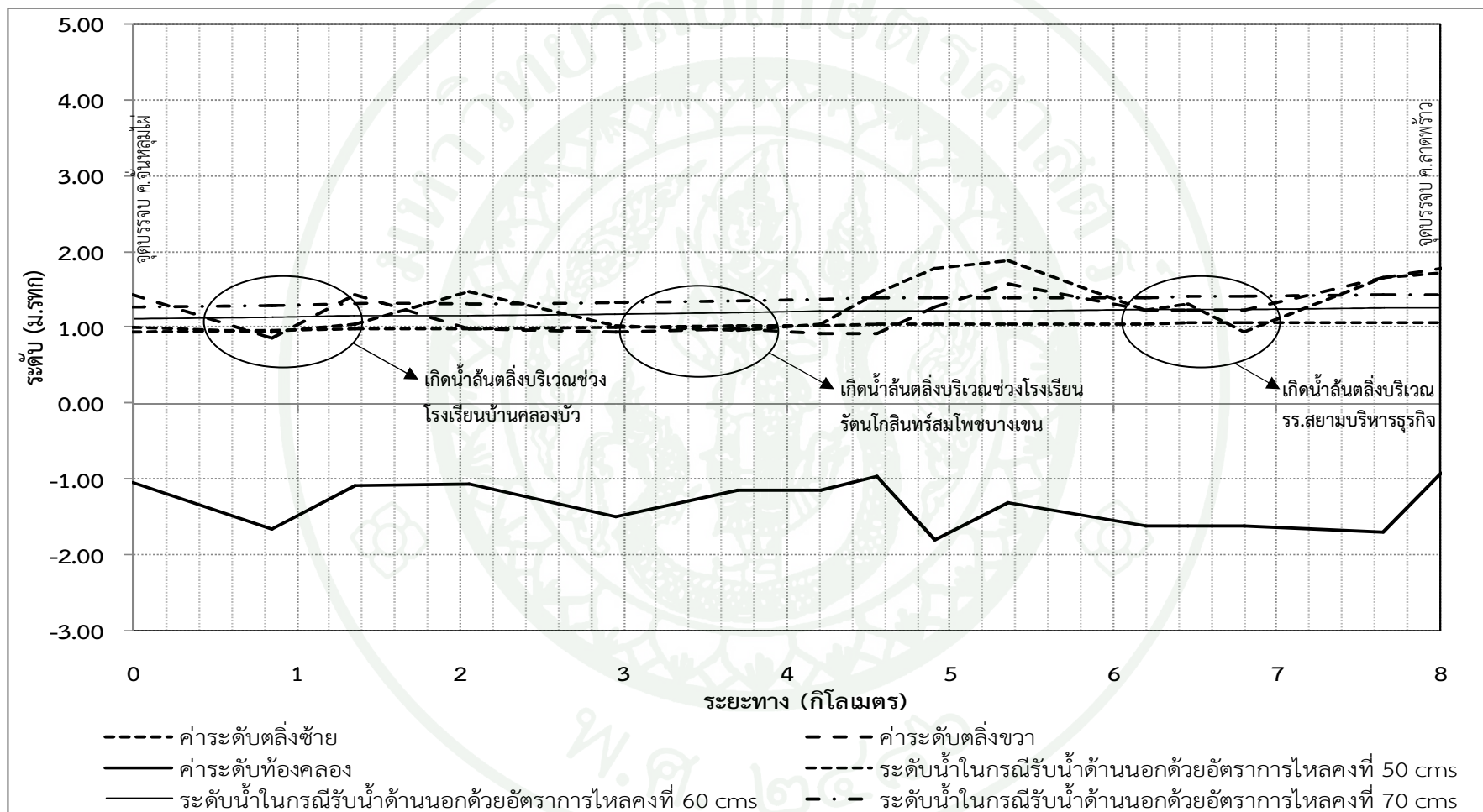
ภาพที่ 24 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองสามเสน



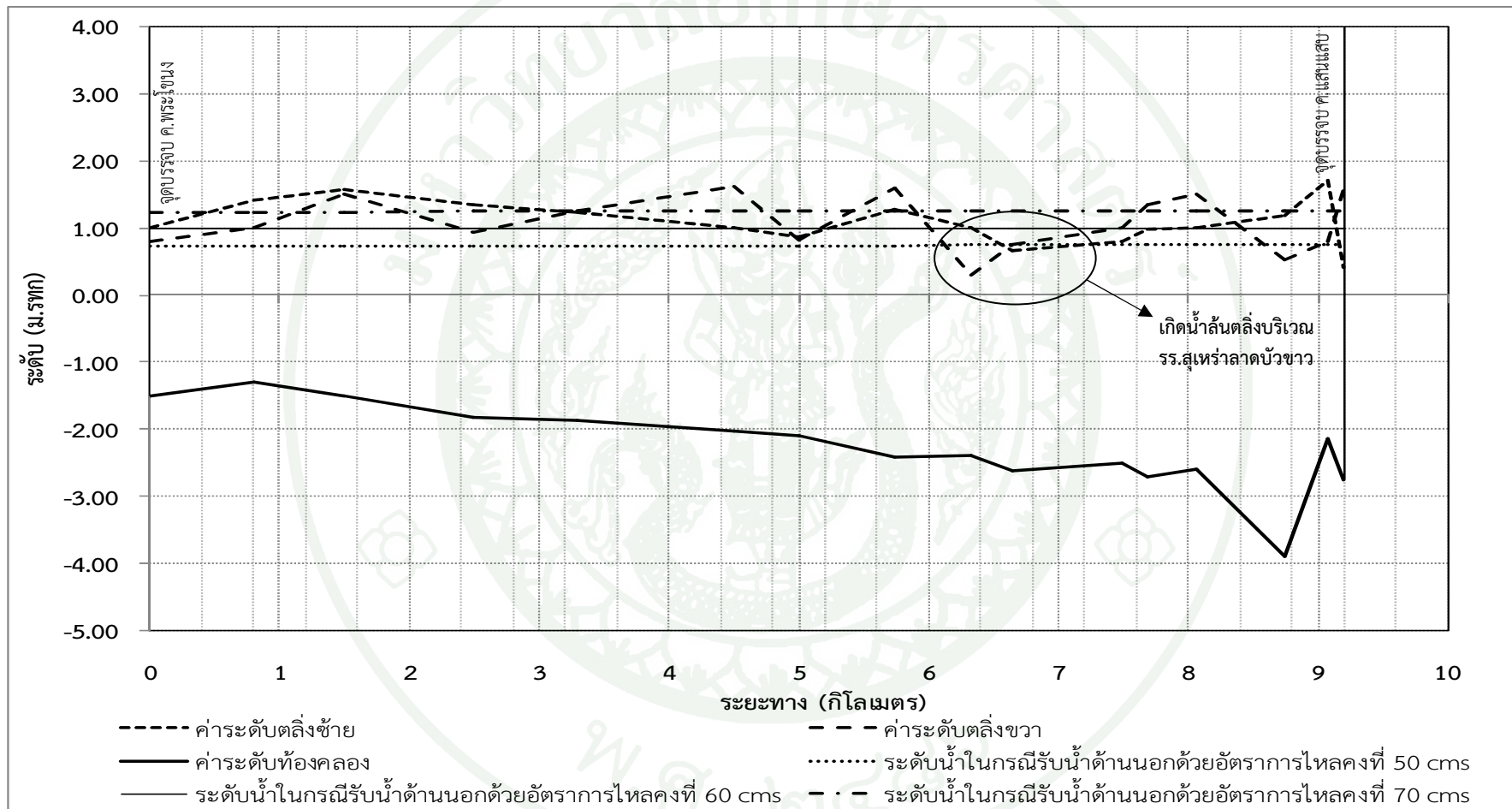
ภาพที่ 26 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองบางนา



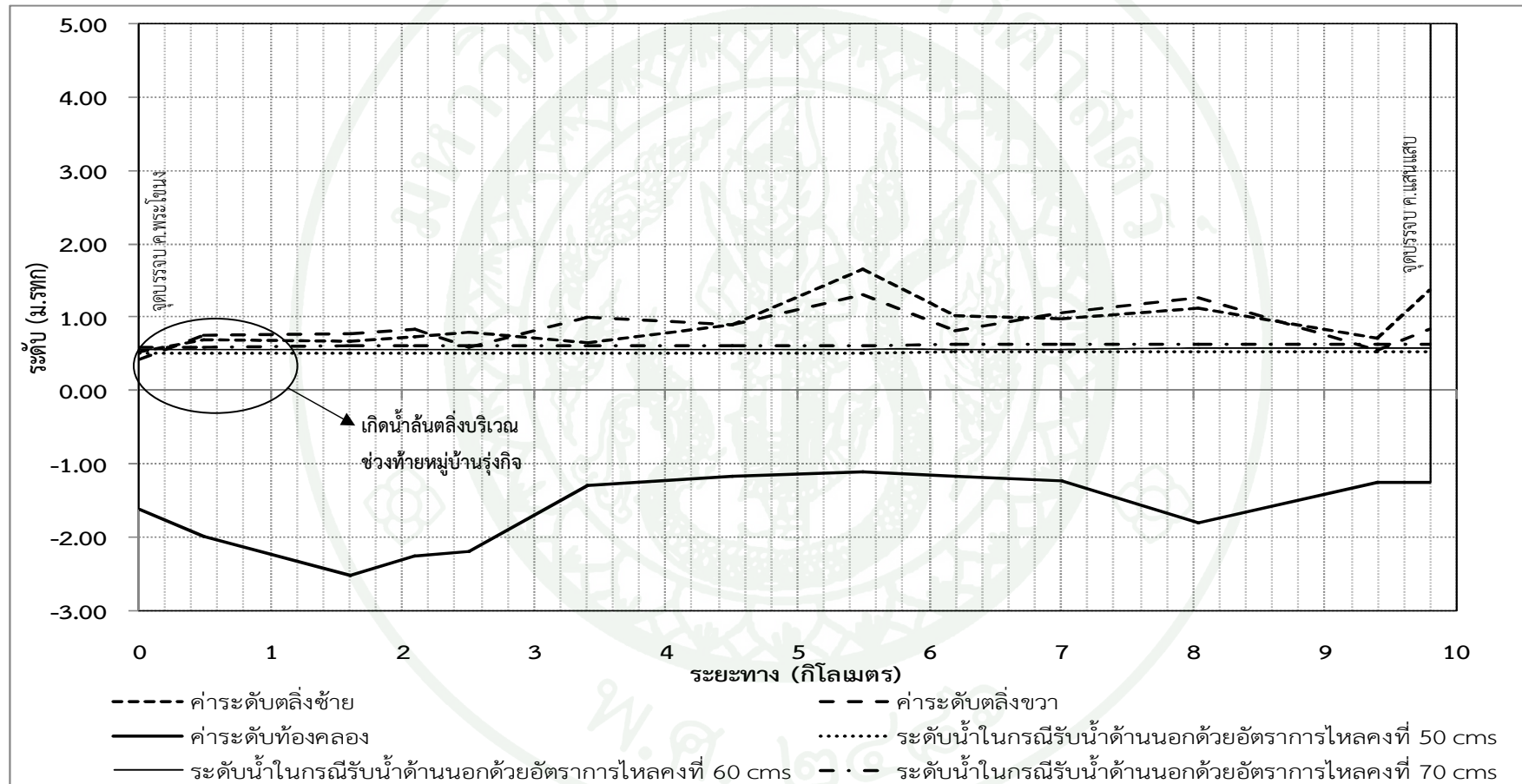
ภาพที่ 27 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองจั่น-หลุมไผ่



ภาพที่ 28 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองลำผักชี



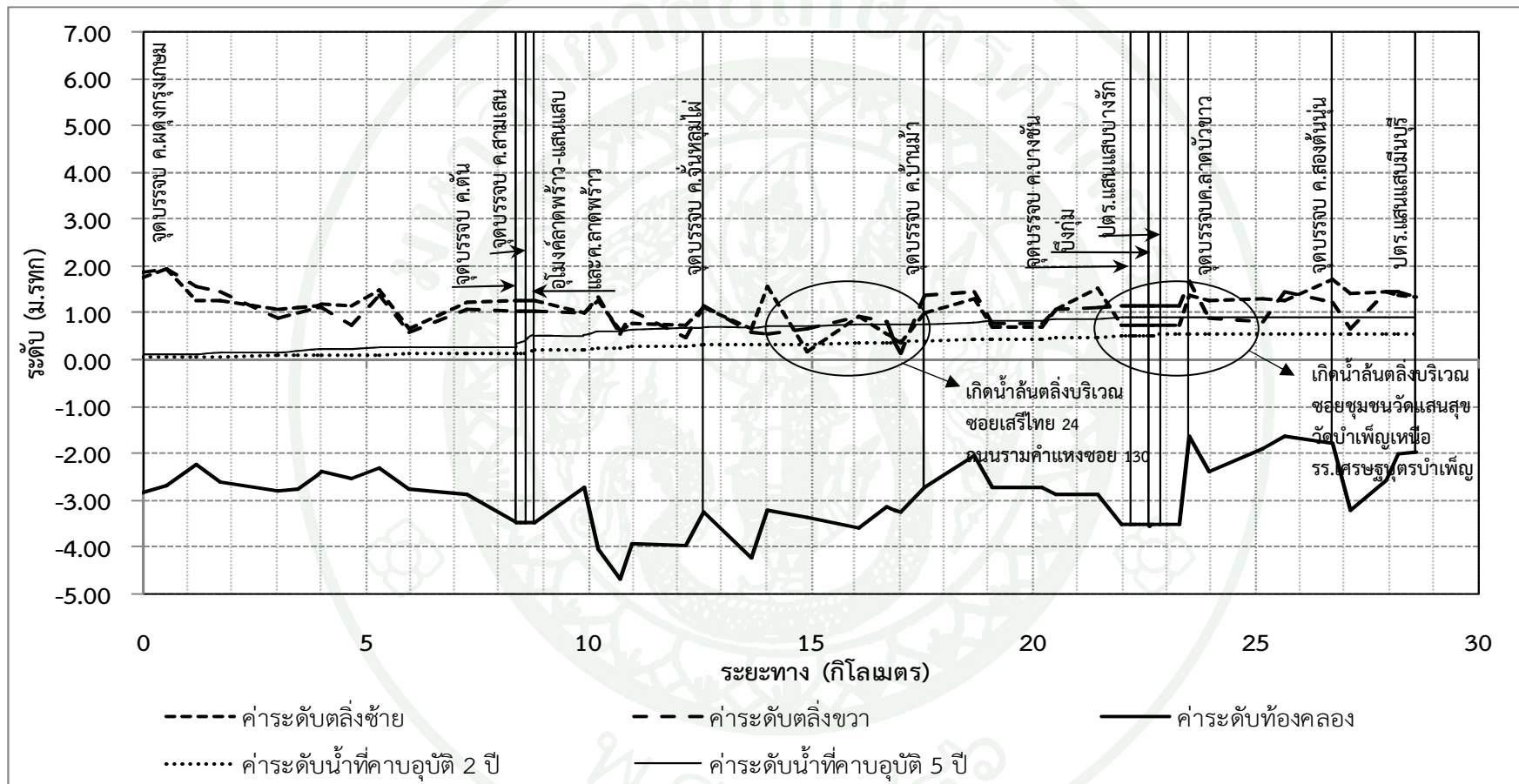
ภาพที่ 29 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองลาดบัวขาว



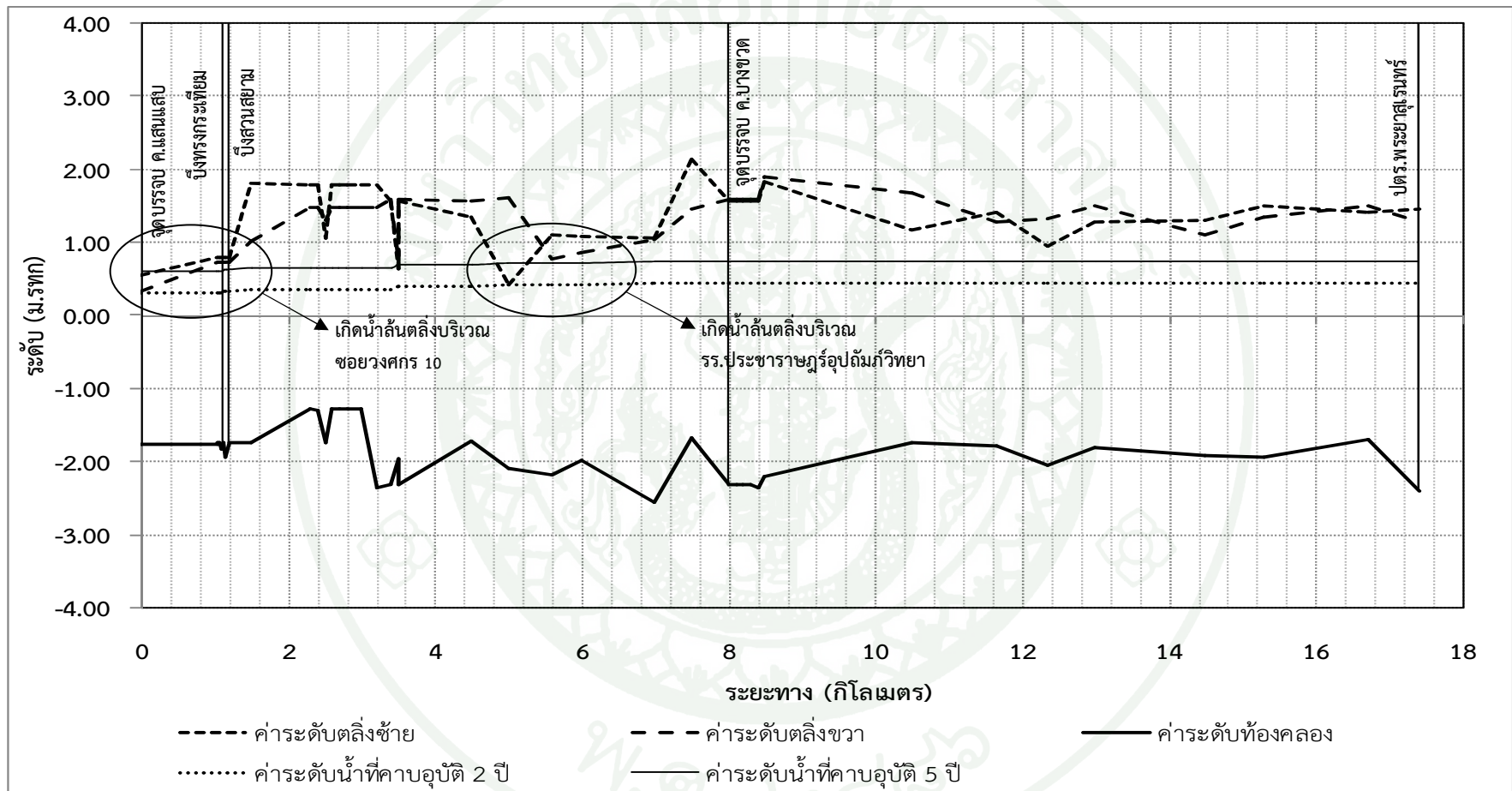
ภาพที่ 30 ระดับน้ำในกรณีรับน้ำด้านนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ในระบบระบายน้ำปัจจุบันจากแบบจำลองในคลองสองต้นนุ่น

2.2 กรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่

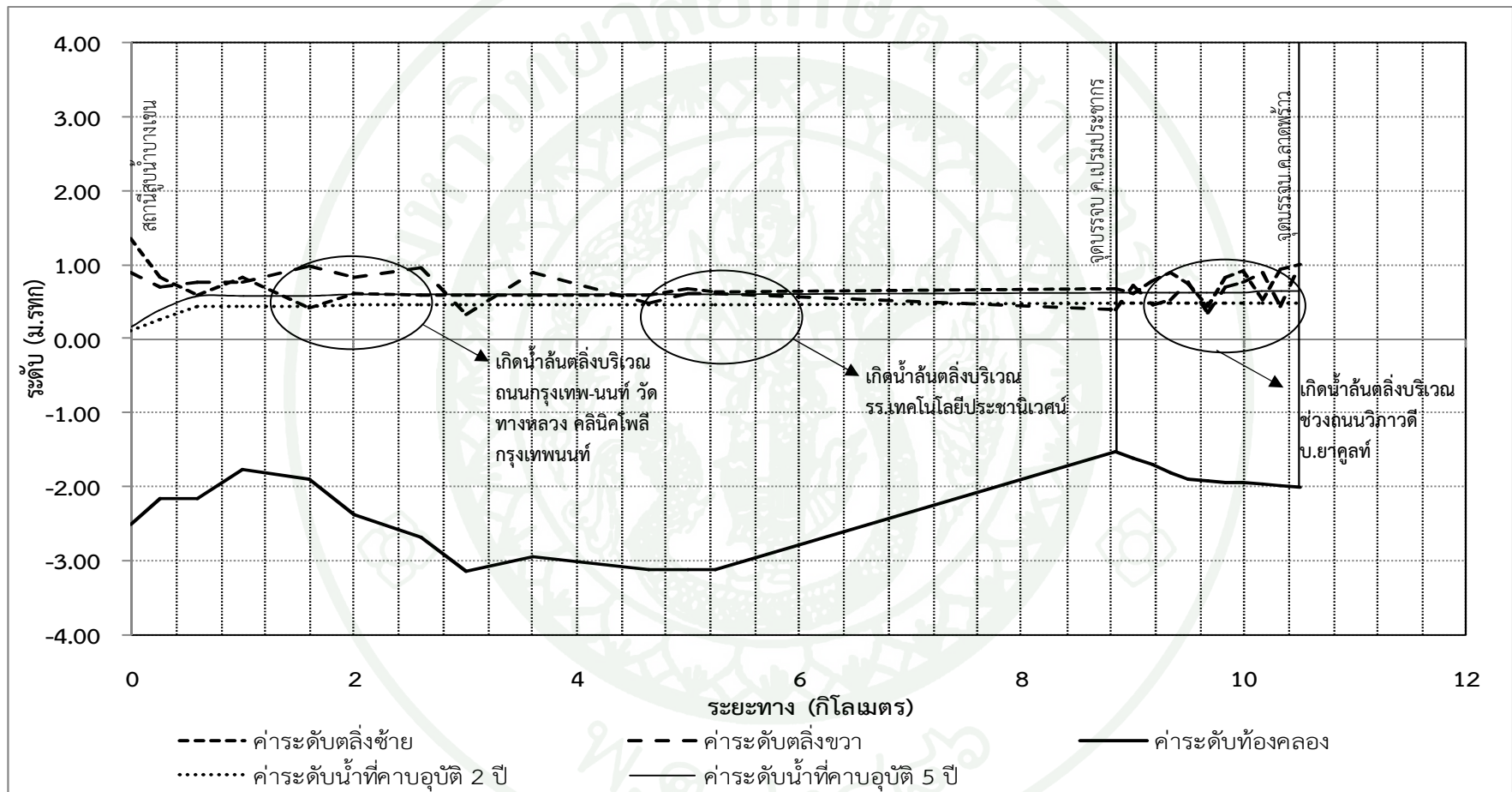
ผลการประเมินระบบระบายน้ำปทุมภูมิด้วยฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 และ 5 ปีโดยกำหนดให้ฝนครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา จากผลการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ศึกษาเมื่อรองรับพายุฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 60 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด คลองระบายน้ำสายหลักส่วนใหญ่จะไม่เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่งโดยค่าระดับน้ำสูงสุดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 เมตร (รทก.) สำหรับกรณีฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 5 ปี นั้น จะมีค่าระดับน้ำสูงสุดสูงกว่าค่าระดับน้ำสูงสุดที่คาบอุบัติ 2 ปี อยู่ในช่วงระหว่าง 0.15 ถึง 0.30 เมตร โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 70 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด ดังแสดงในภาพที่ 31 ซึ่งค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี นี้มีค่าใกล้เคียงหรือสูงกว่าระดับตลิ่งของพื้นที่ระบายน้ำจึงเกิดน้ำท่วมขังในบางพื้นที่ ได้แก่ คลองแสนแสบ บริเวณซอยเสรีไทย 24 คลองลาดพร้าวบริเวณซอยเสนานิคม คลองบางชันพระยาสุเรนทร์ บริเวณวงศรชอย 10 คลองพระโขนงบริเวณ โรงเรียนวัดลานนาบุญ คลองบางซื่อช่วงระหว่างจุดตัดถนนวิภาวดีถึงจุดตัดถนนพหลโยธิน และคลองบางเขนบริเวณถนนวิภาวดี ดังแสดงในภาพที่ 32 ผลการวิเคราะห์จากการจำลองสภาพด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ได้นำเสนอในรูปของรูปตัดตามยาวของคลองสายหลัก ซึ่งแสดงถึงระดับน้ำที่เกิดจากการคำนวณเทียบกับค่าระดับท้องคลอง และระดับตลิ่งทั้งสองฝั่งคลองแสนแสบ คลองบางชันพระยาสุเรนทร์ คลองบางเขน คลองลาดพร้าว คลองบางซื่อ คลองสามเสน คลองพระโขนง คลองเปรมประชากร คลองตัน คลองบางนา คลองจั่น-หลุมไผ่ คลองลาดบัวขาว คลองลำผักชี และคลองสองต้นนุ่น ดังแสดงในภาพที่ 33 ถึง 46 ตามลำดับ



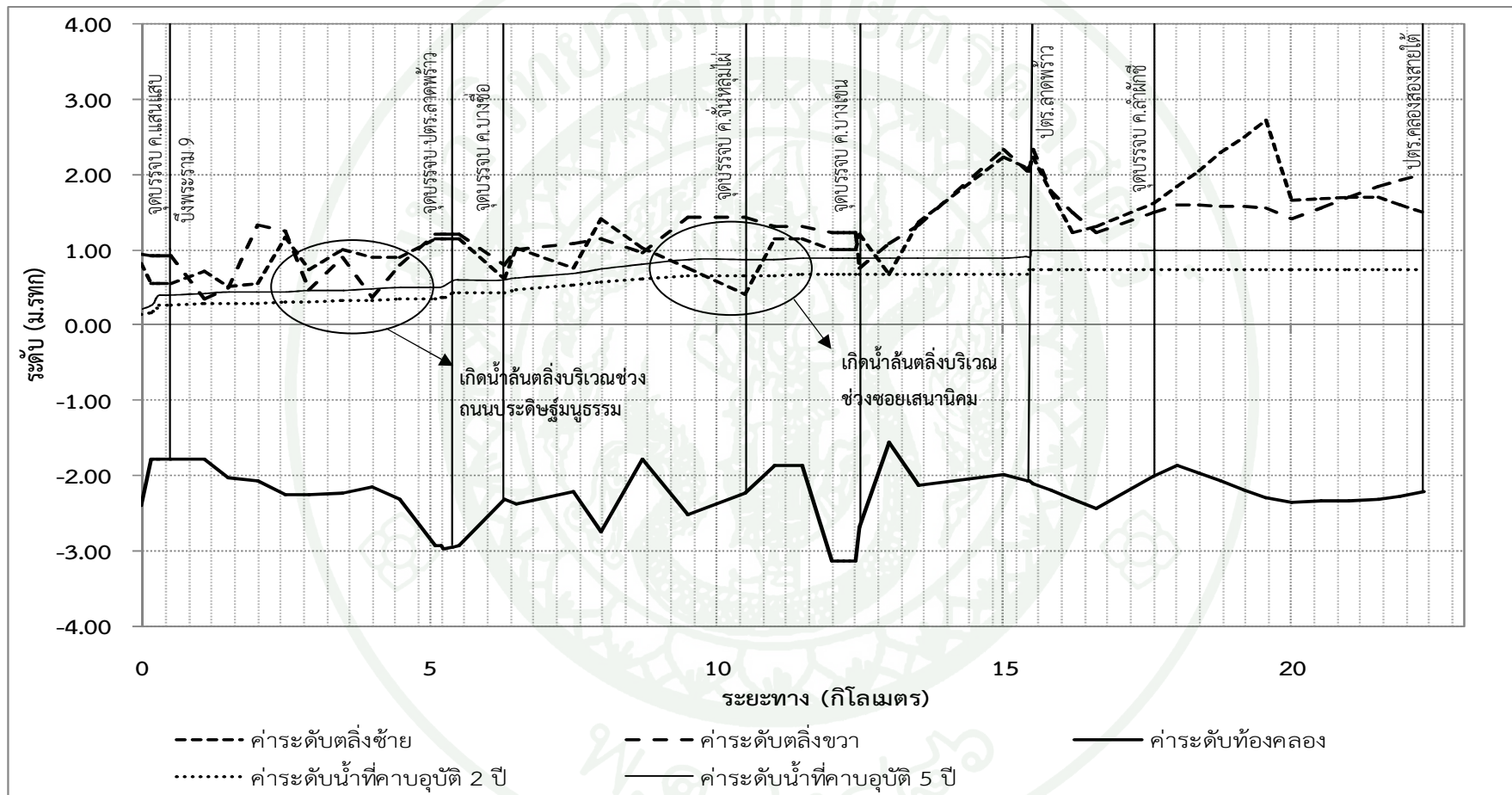
ภาพที่ 33 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองแสนแสบ



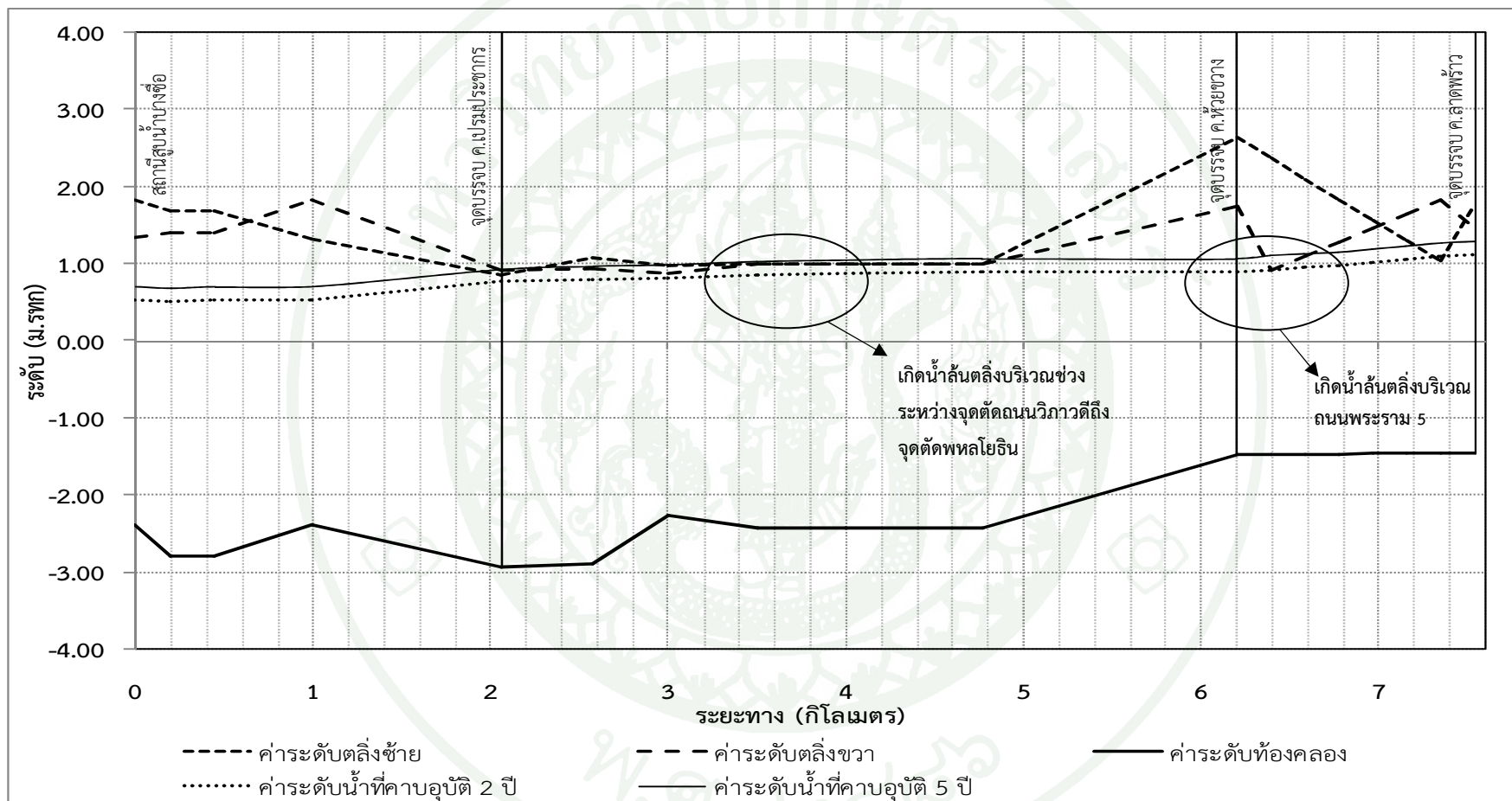
ภาพที่ 34 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองบางชันพระยาสุเรนทร์



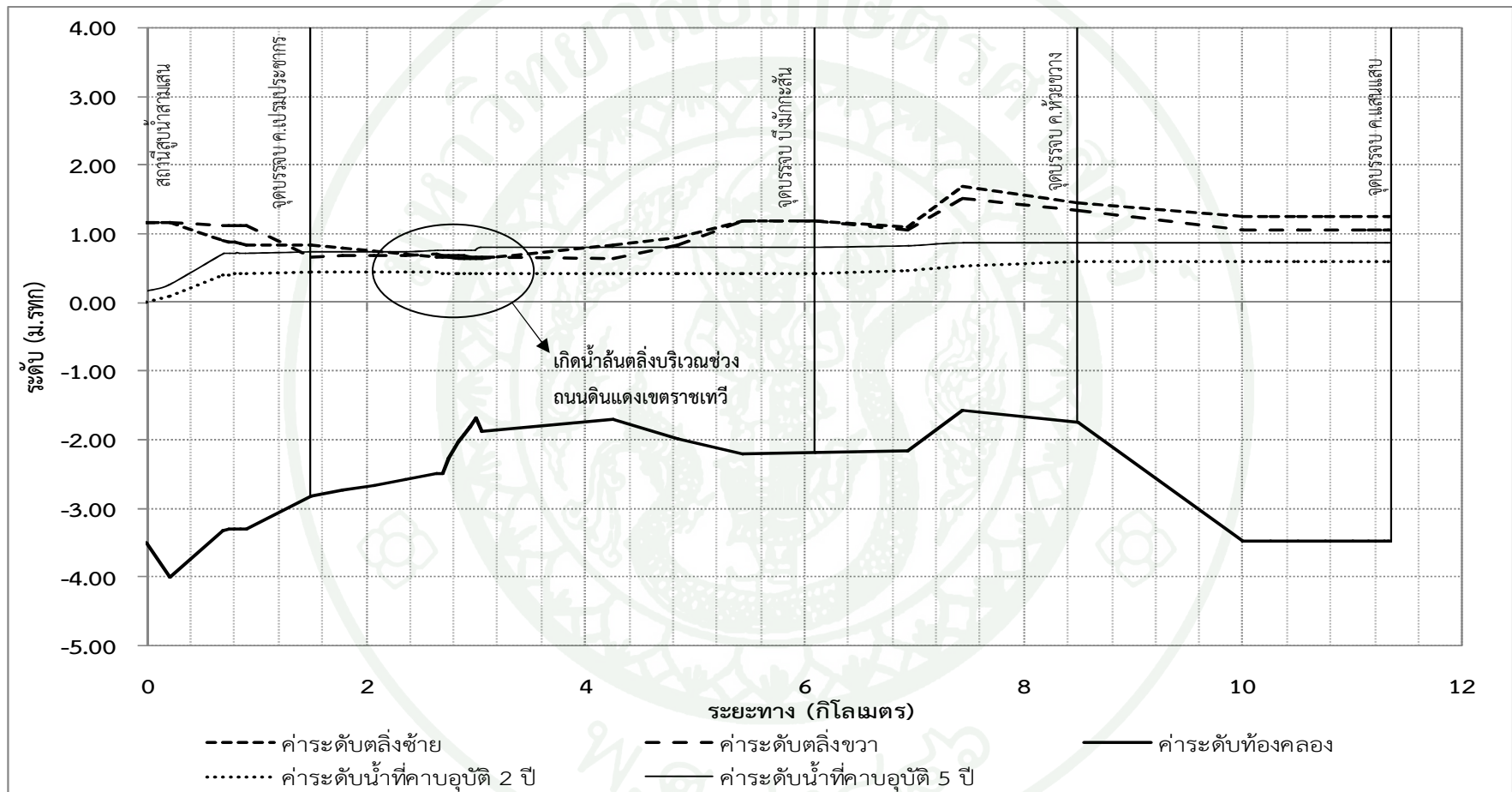
ภาพที่ 35 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองบางเขน



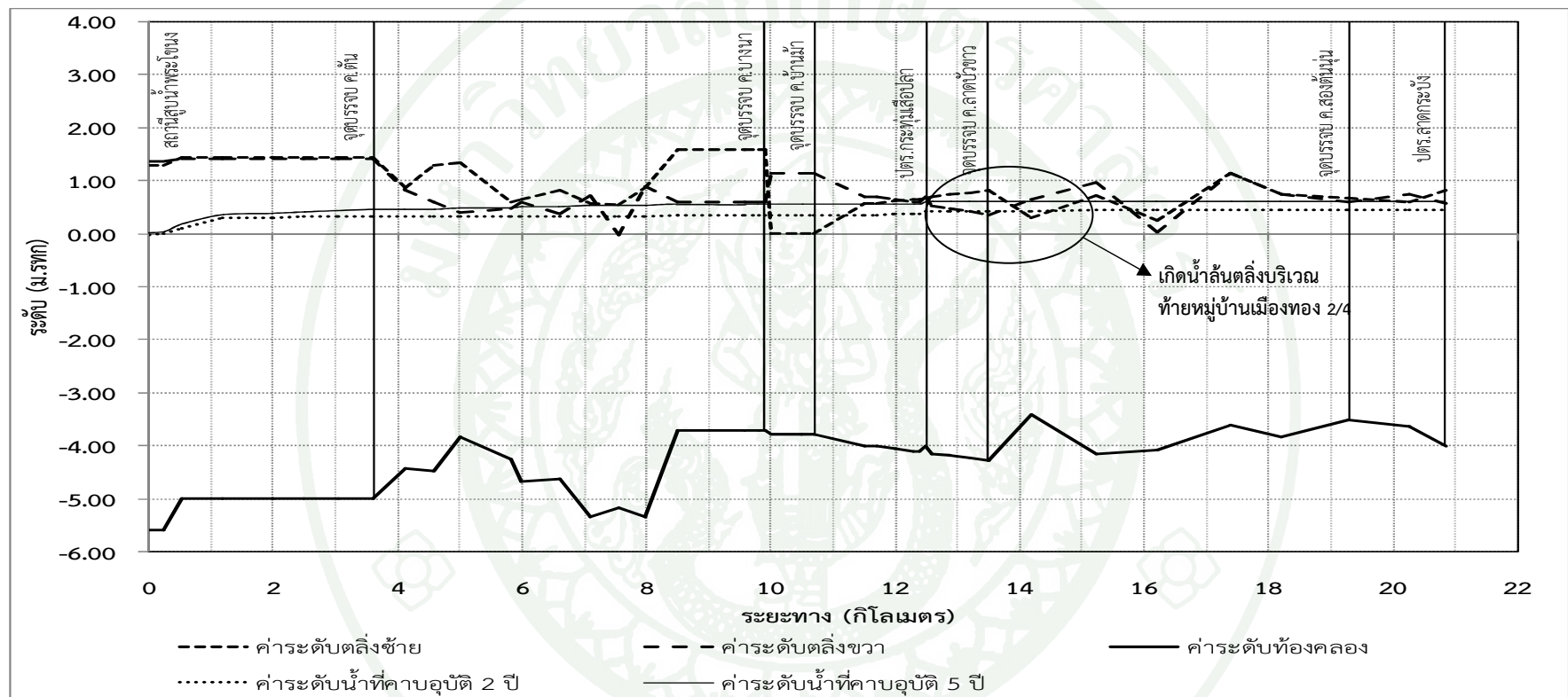
ภาพที่ 36 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองลาดพร้าว



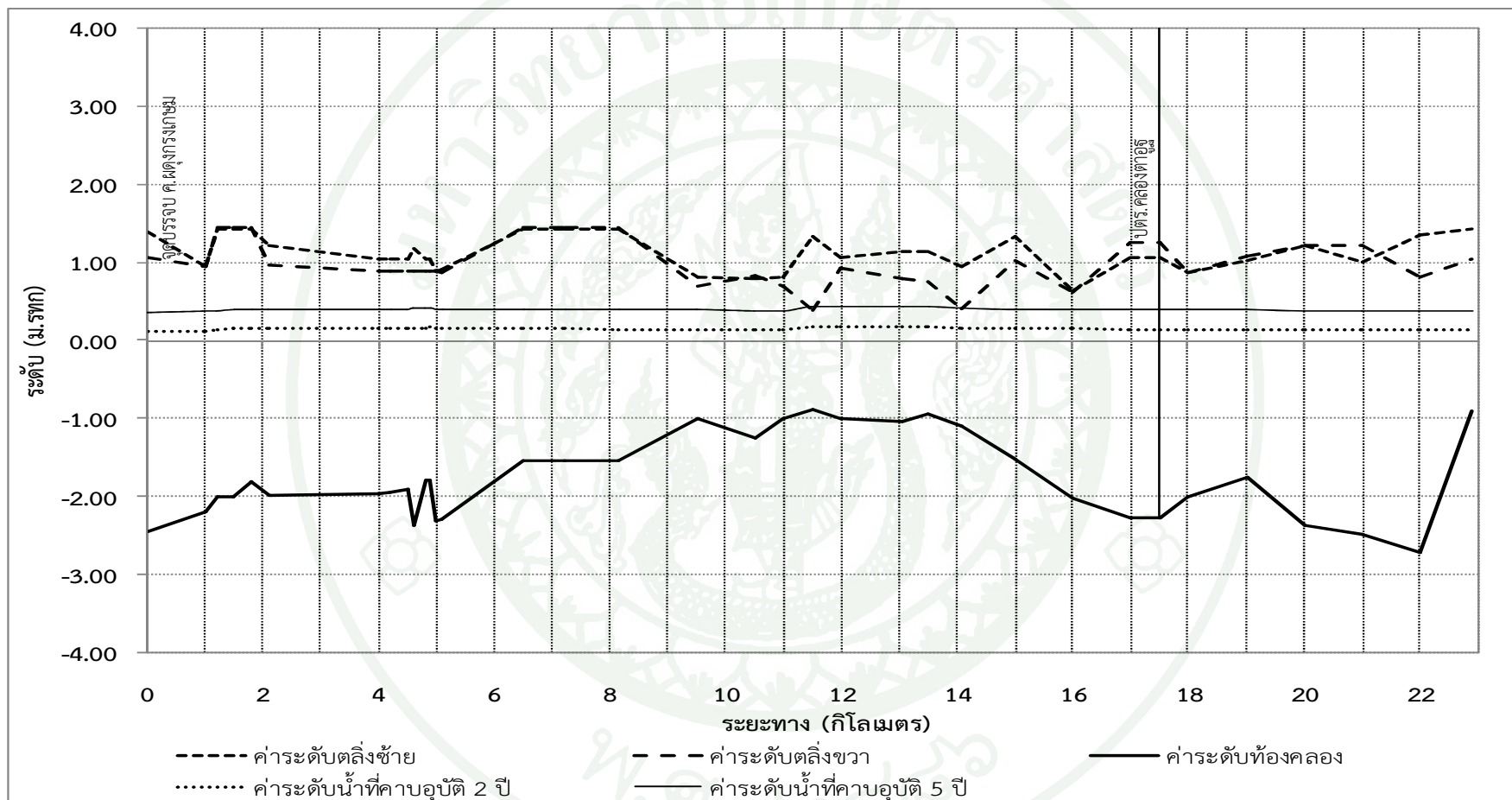
ภาพที่ 37 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองบางซื่อ



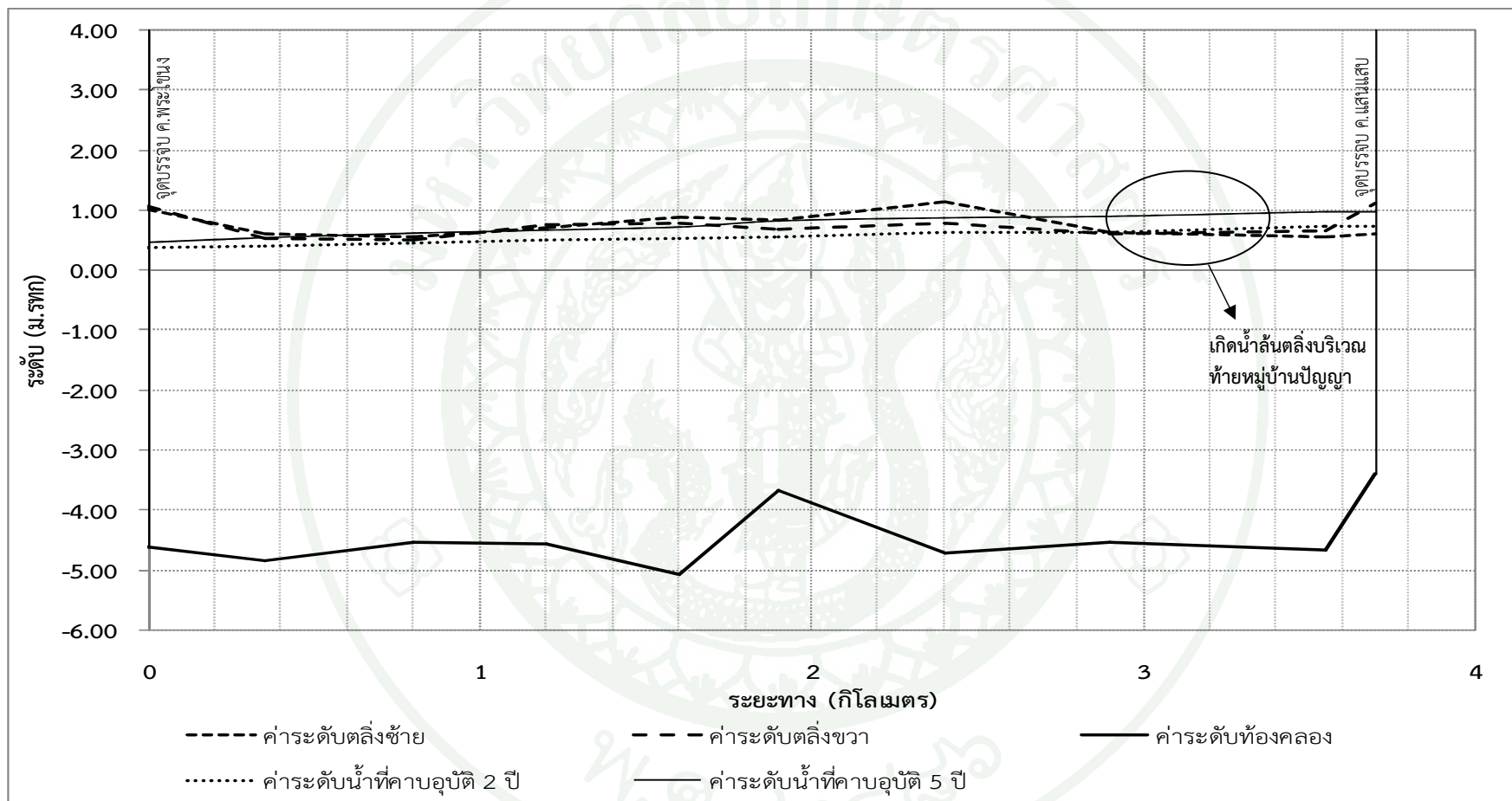
ภาพที่ 38 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองสามเสน



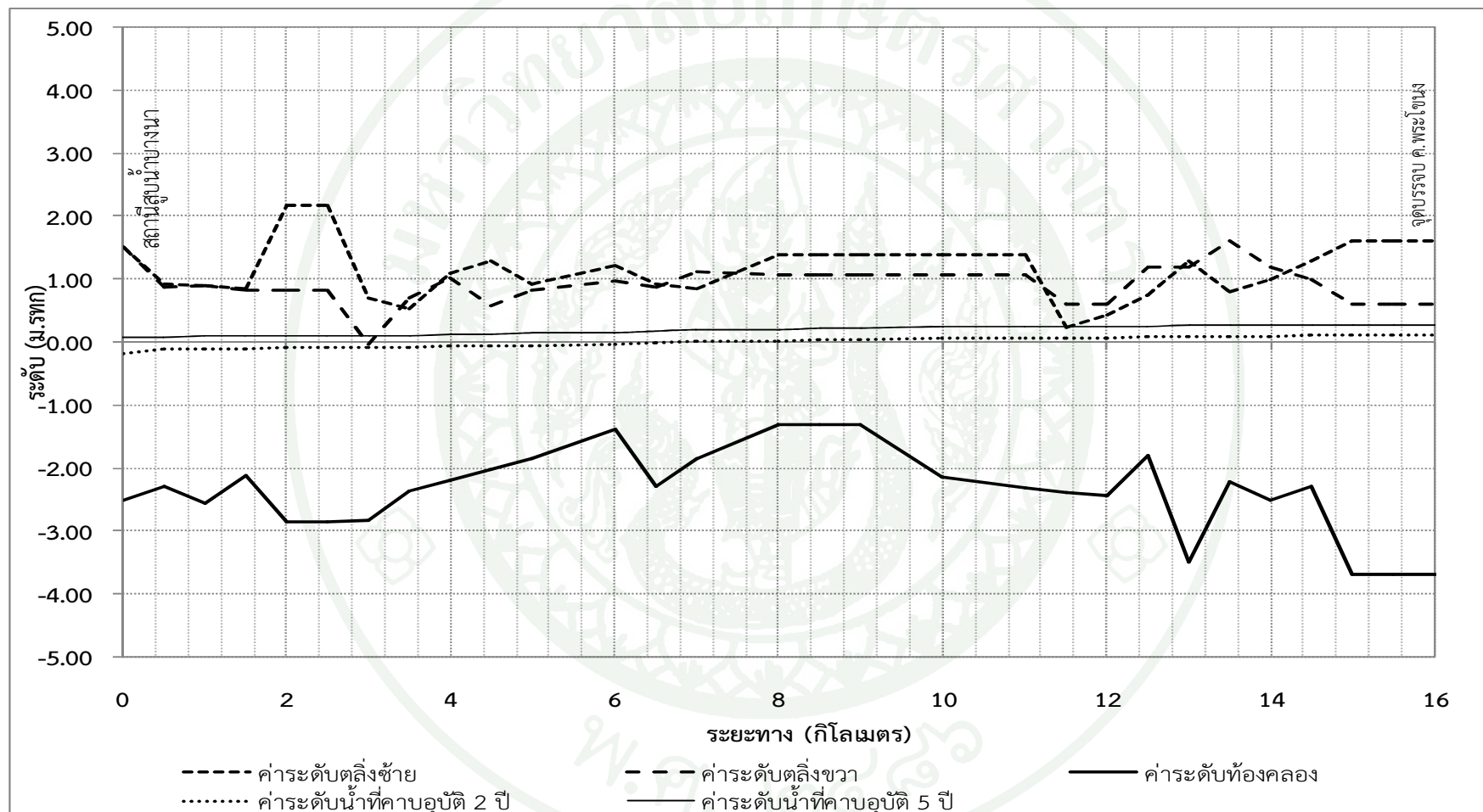
ภาพที่ 39 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองพระโขนง



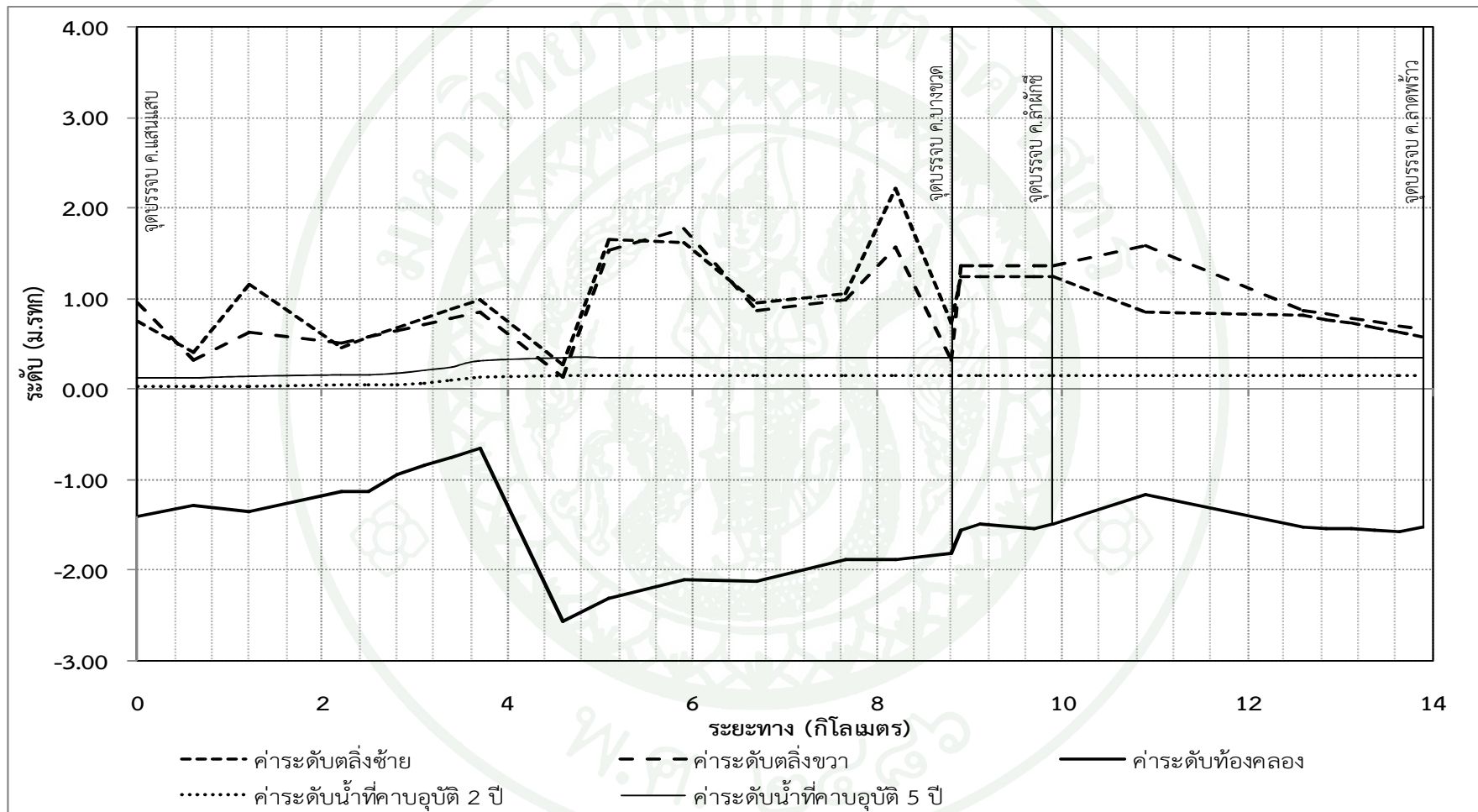
ภาพที่ 40 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองเปรมประชากร



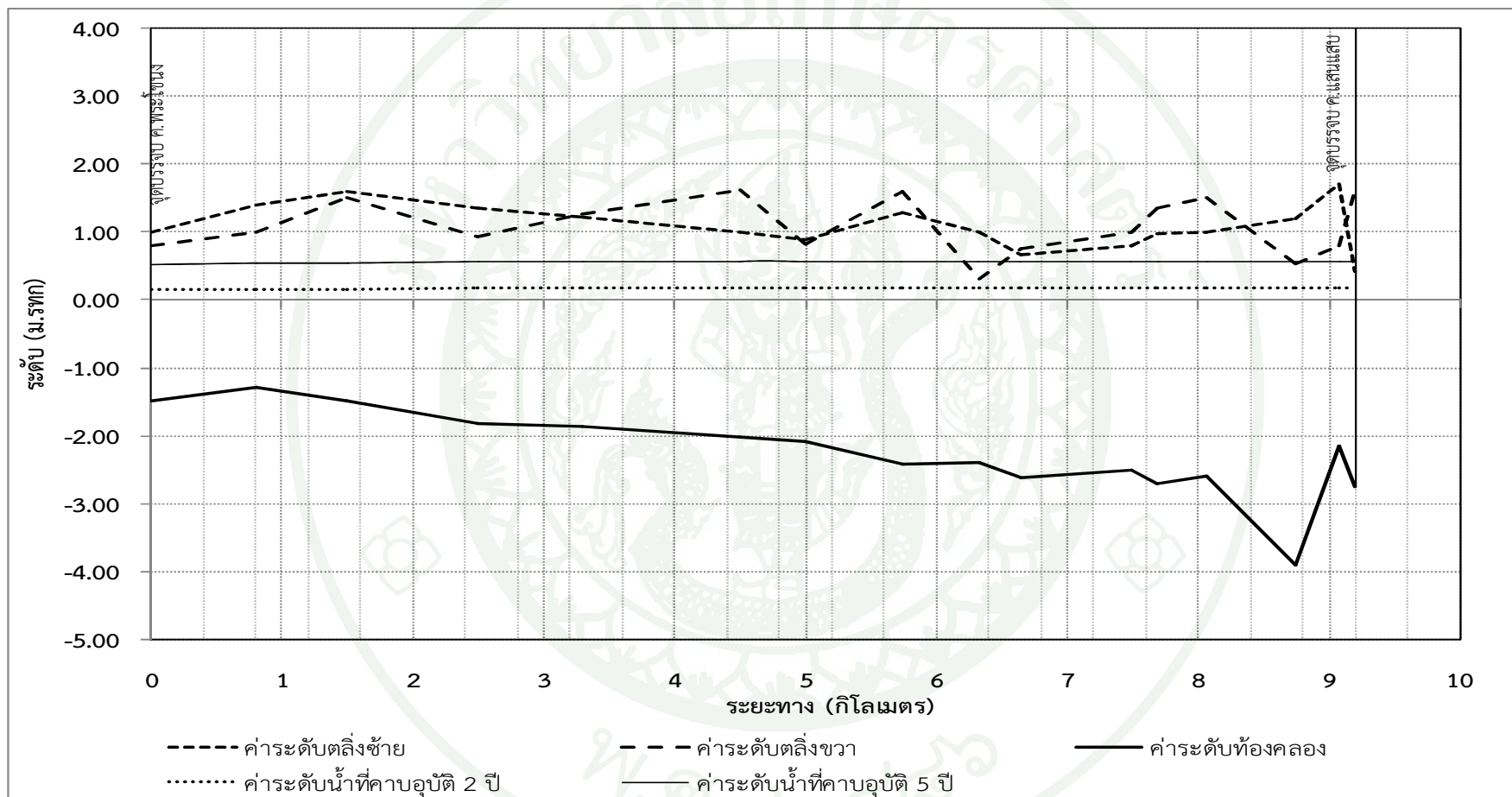
ภาพที่ 41 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองต้น



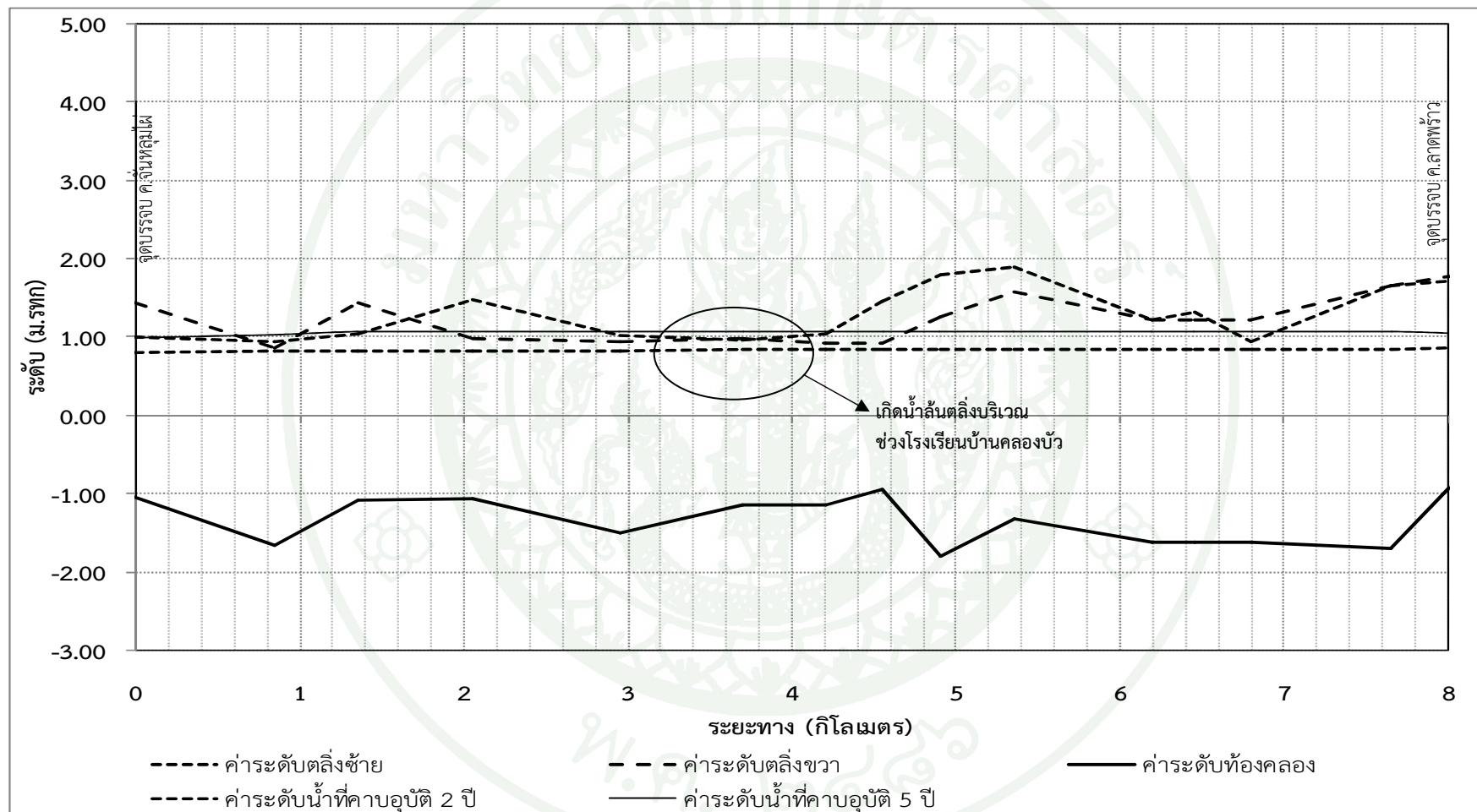
ภาพที่ 42 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองบางนา



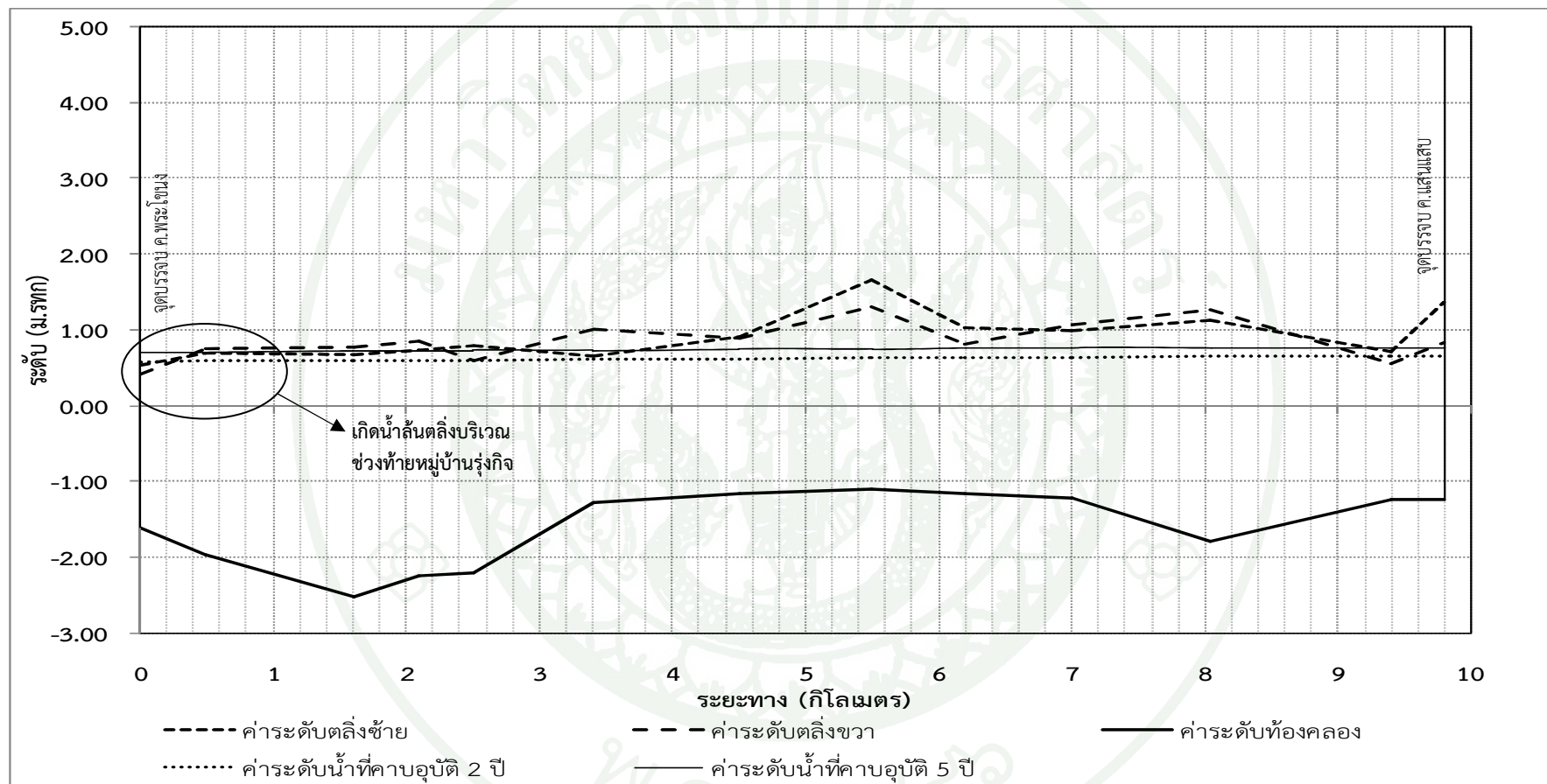
ภาพที่ 43 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองจั่น-หูลุมไฟ



ภาพที่ 44 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองลาดบัวขาว



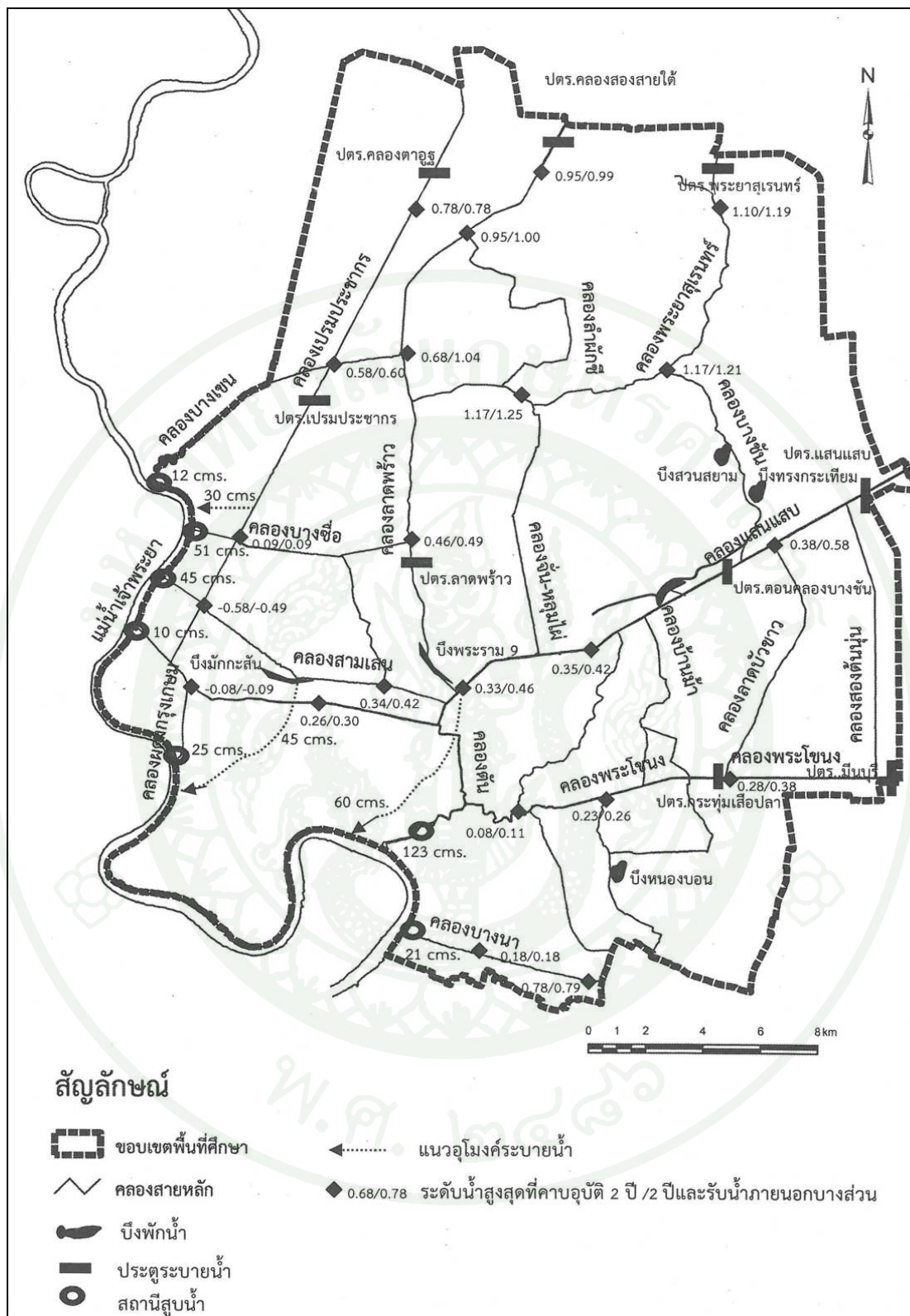
ภาพที่ 45 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองลำผักชี



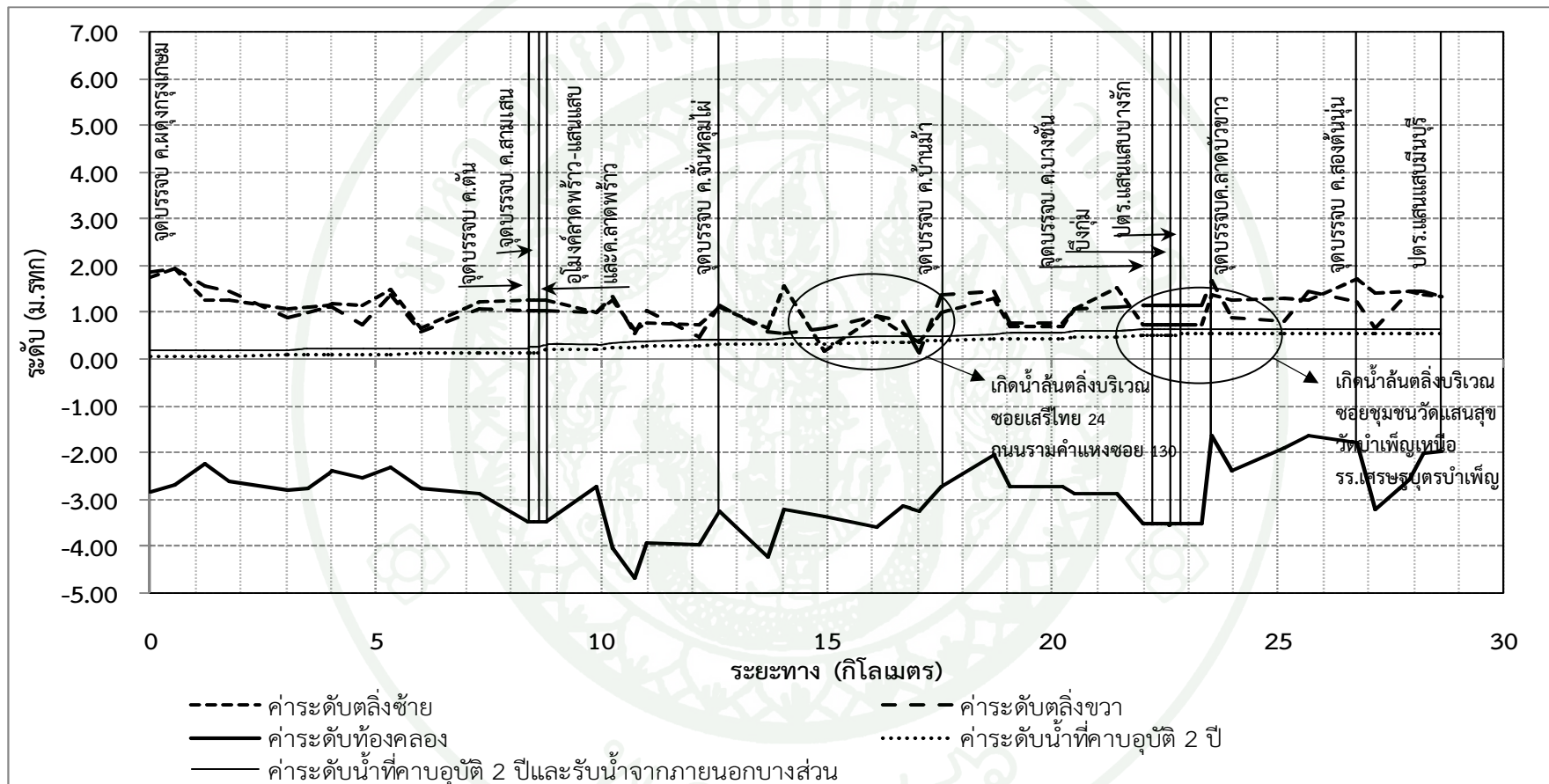
ภาพที่ 46 ระดับน้ำในกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ในคลองสองต้นนุ่น

2.3 กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกบางส่วน

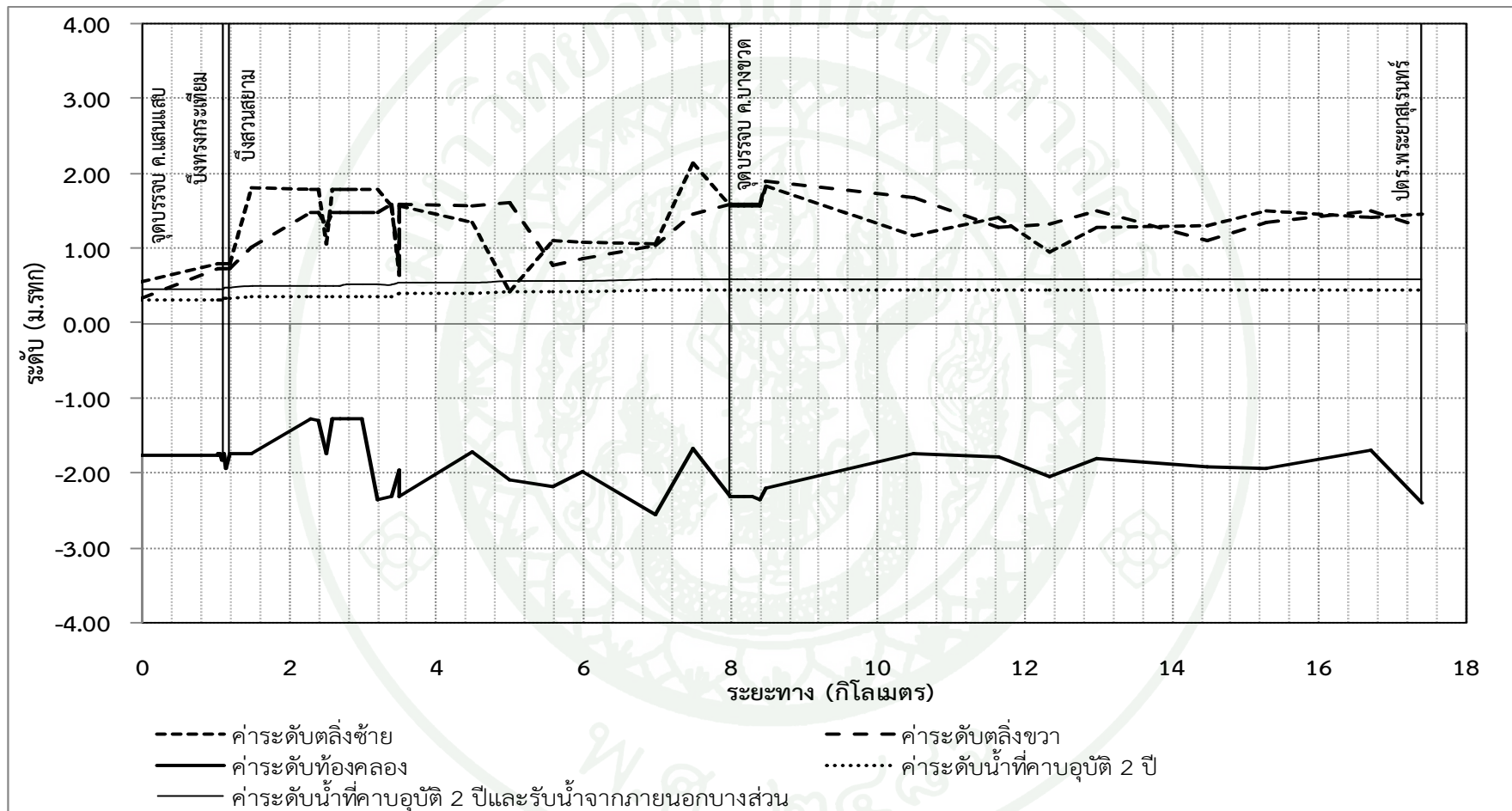
ผลการประเมินระบบระบายน้ำปฐมภูมิด้วยฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี พบว่าระบบระบายน้ำในปัจจุบันมีความสามารถรับน้ำจากภายนอกเพิ่มได้ด้วยอัตราการไหลคงที่ 10 ลบ.ม/วินาที โดยไม่กระทบกับการระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา จากผลการวิเคราะห์พบว่าระดับน้ำสูงสุดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 เมตร(รทก.) ดังแสดงในภาพที่ 47 โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 70 ถึง 85 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด ซึ่งยังคงทำให้ระบบระบายน้ำภายในพื้นที่ศึกษายังคงสามารถทำหน้าที่ในการระบายน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ได้ แต่จะเกิดปัญหาน้ำเอ่อคลองสองต้นนุ่นระหว่าง กม.0+000 ถึง กม.2+000 (ท้ายหมู่บ้านรุ่งกิจ) คลองลำผักชี ระหว่าง กม.3+000 ถึง กม.4+800 (โรงเรียนบ้านคลองบัว) ผลการวิเคราะห์จากการจำลองสภาพด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้นได้นำเสนอในรูปของรูปตัดตามยาวของคลองสายหลัก ซึ่งแสดงถึงระดับน้ำที่เกิดจากการคำนวณเทียบกับค่าระดับท้องคลอง และระดับตลิ่งทั้งสองฝั่งคลองคลองแสนแสบ คลองบางชัน พระยาสุเรนทร์ คลองบางเขน คลองลาดพร้าว คลองบางซื่อ คลองสามเสน คลองพระโขนง คลองเปรมประชากร คลองบางนา คลองจั่น-หลุมไผ่ คลองลาดบัวขาว คลองลำผักชี และคลองสองต้นนุ่น ดังแสดงในภาพที่ 48 ถึง ภาพที่ 60 ตามลำดับ



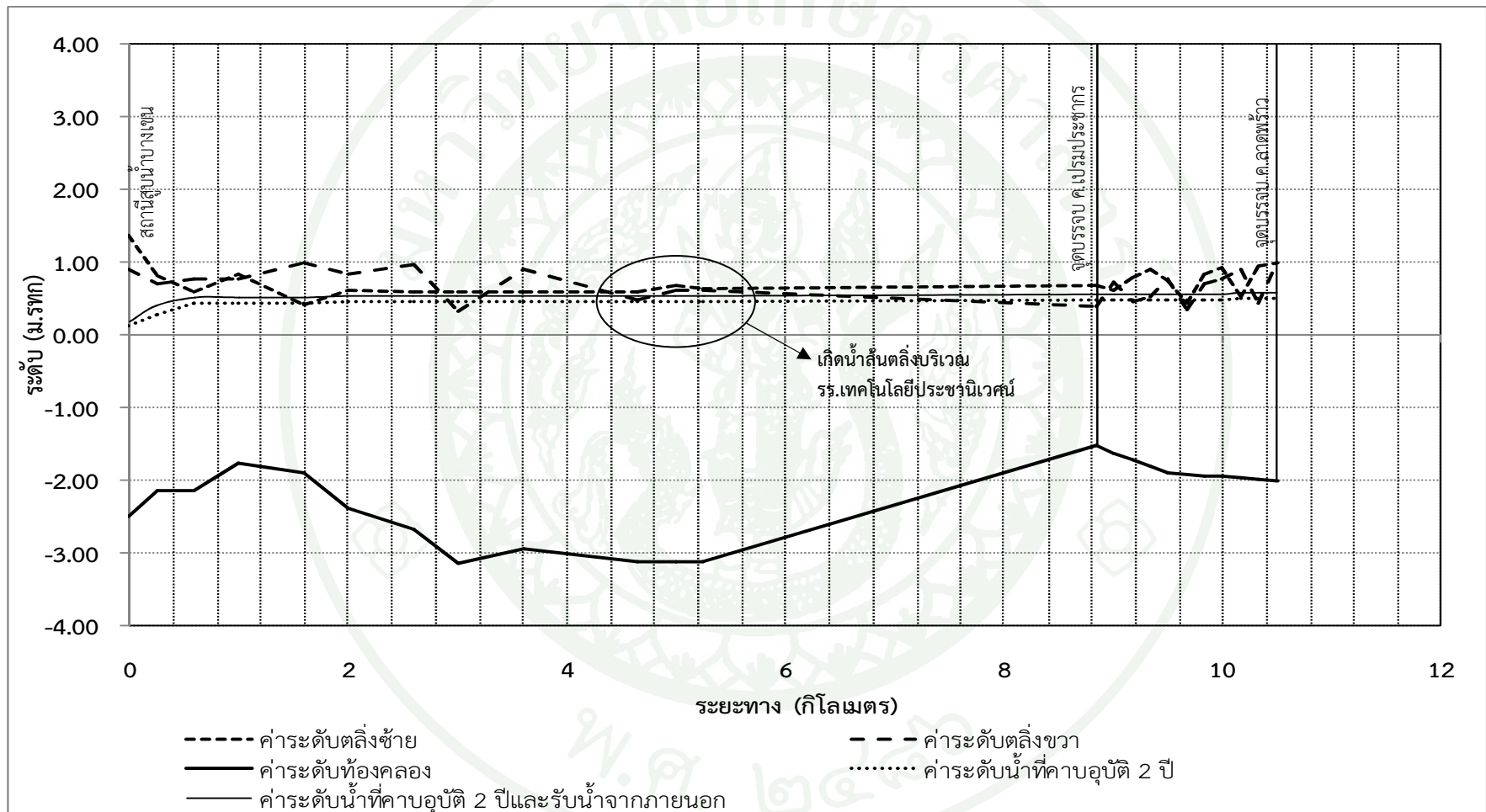
ภาพที่ 47 ระดับน้ำสูงสุดที่คาบอุบัติ 2 ปีและรับน้ำจากภายนอกบางส่วนในพื้นที่ศึกษา



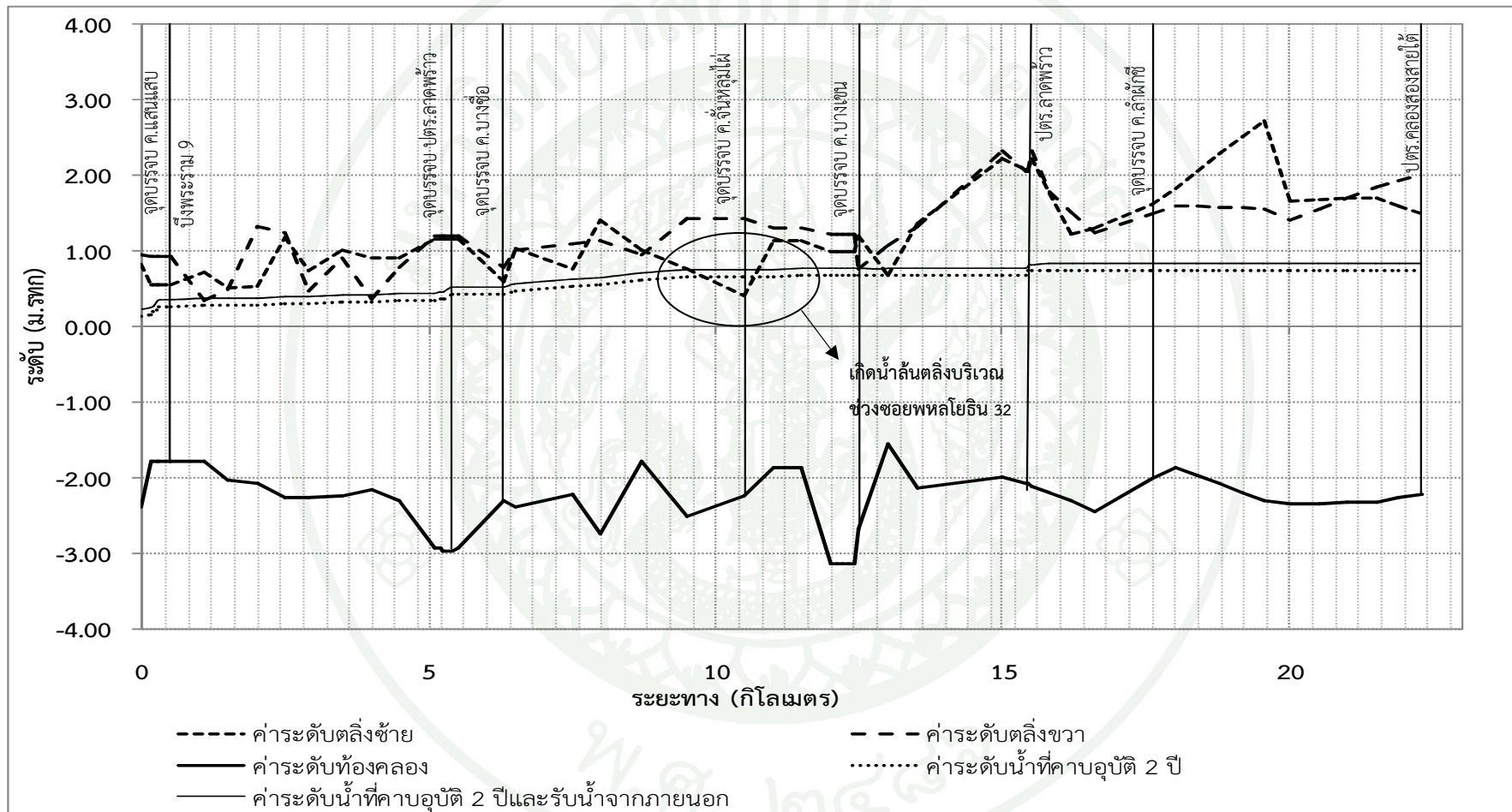
ภาพที่ 48 ระดับน้ำในคลองแสนแสบ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



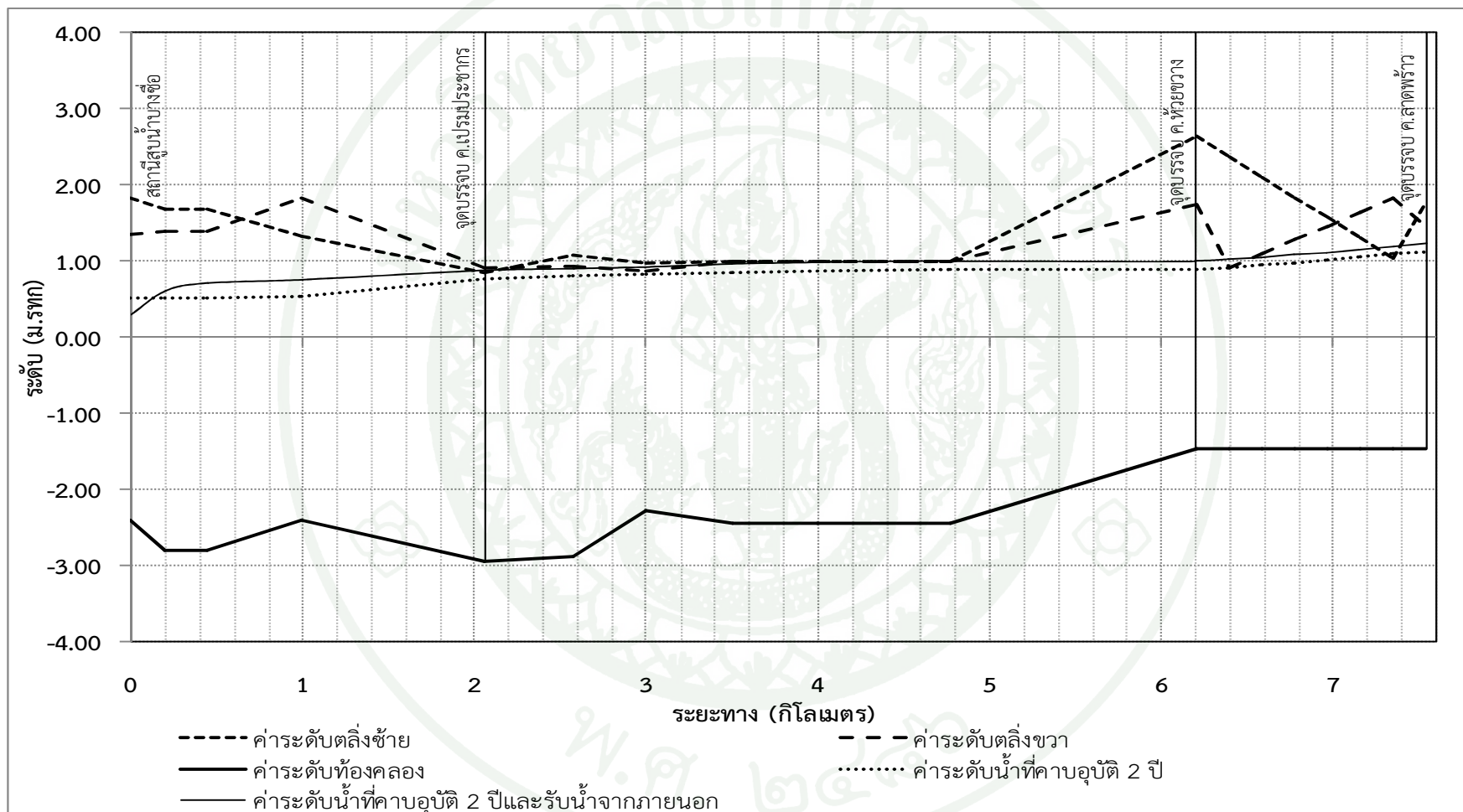
ภาพที่ 49 ระดับน้ำในคลองบางชันพระยาสุเรนทร์ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



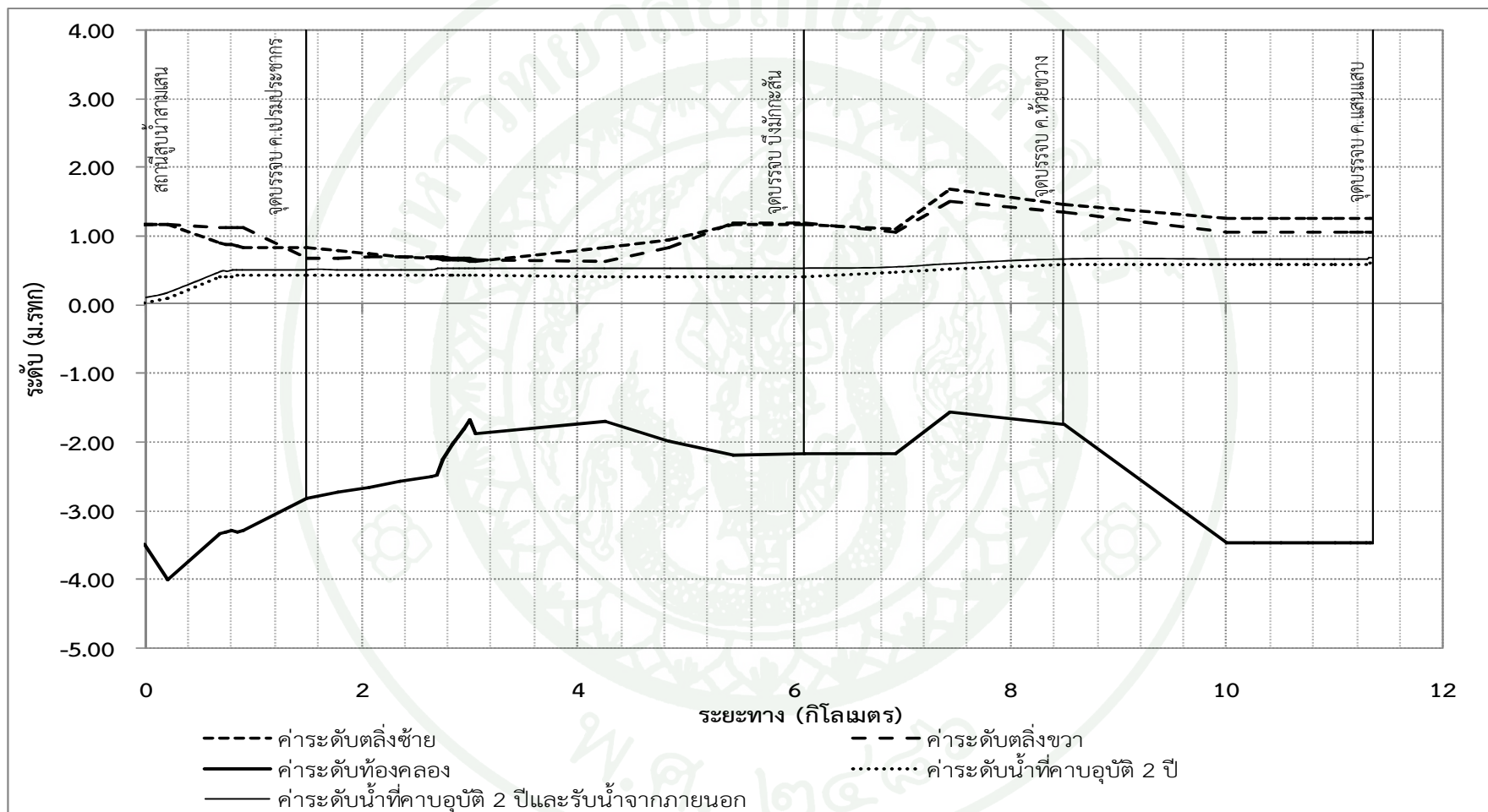
ภาพที่ 50 ระดับน้ำในคลองบางเขน กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



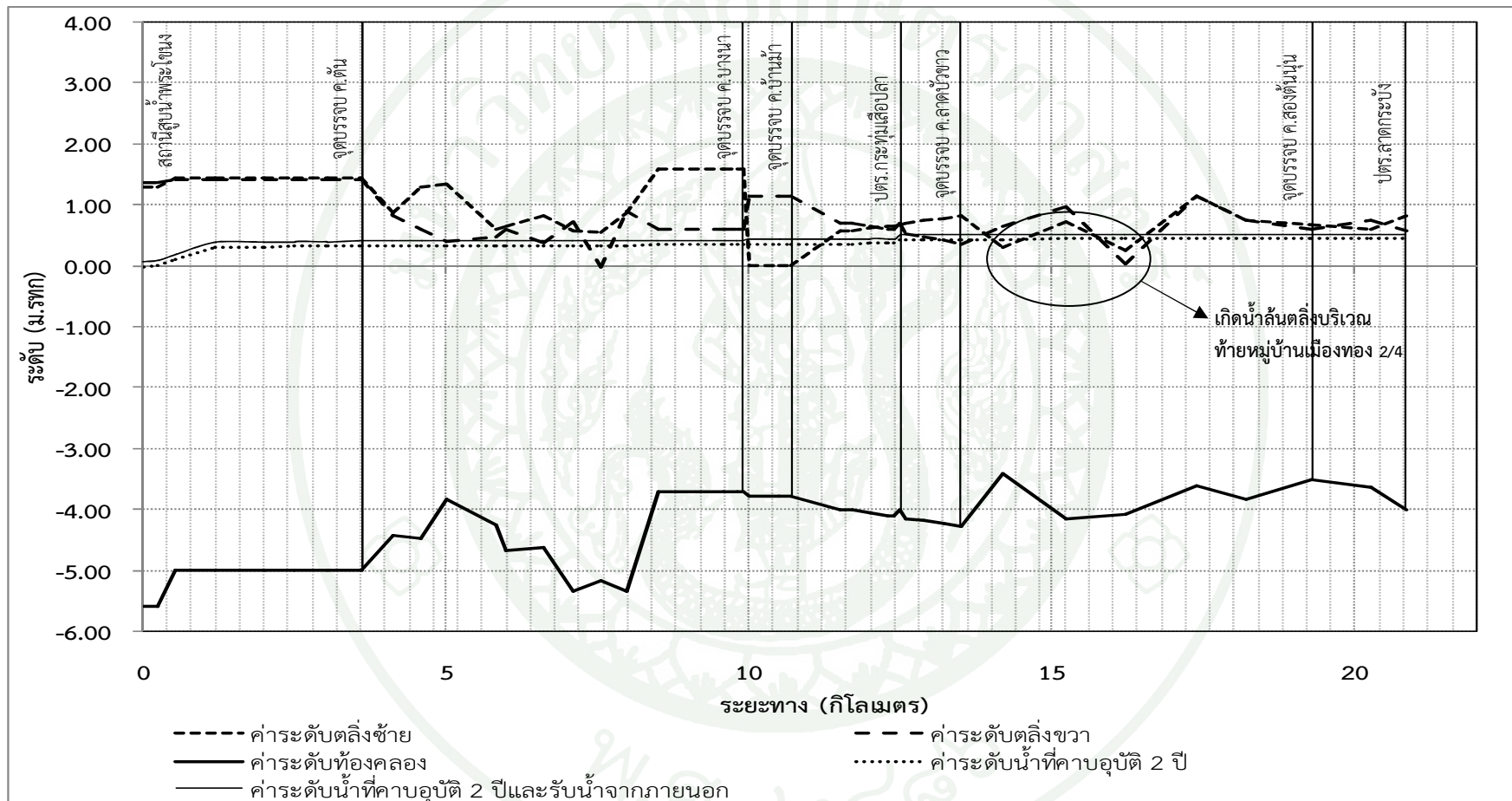
ภาพที่ 51 ระดับน้ำในคลองลาดพร้าว กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



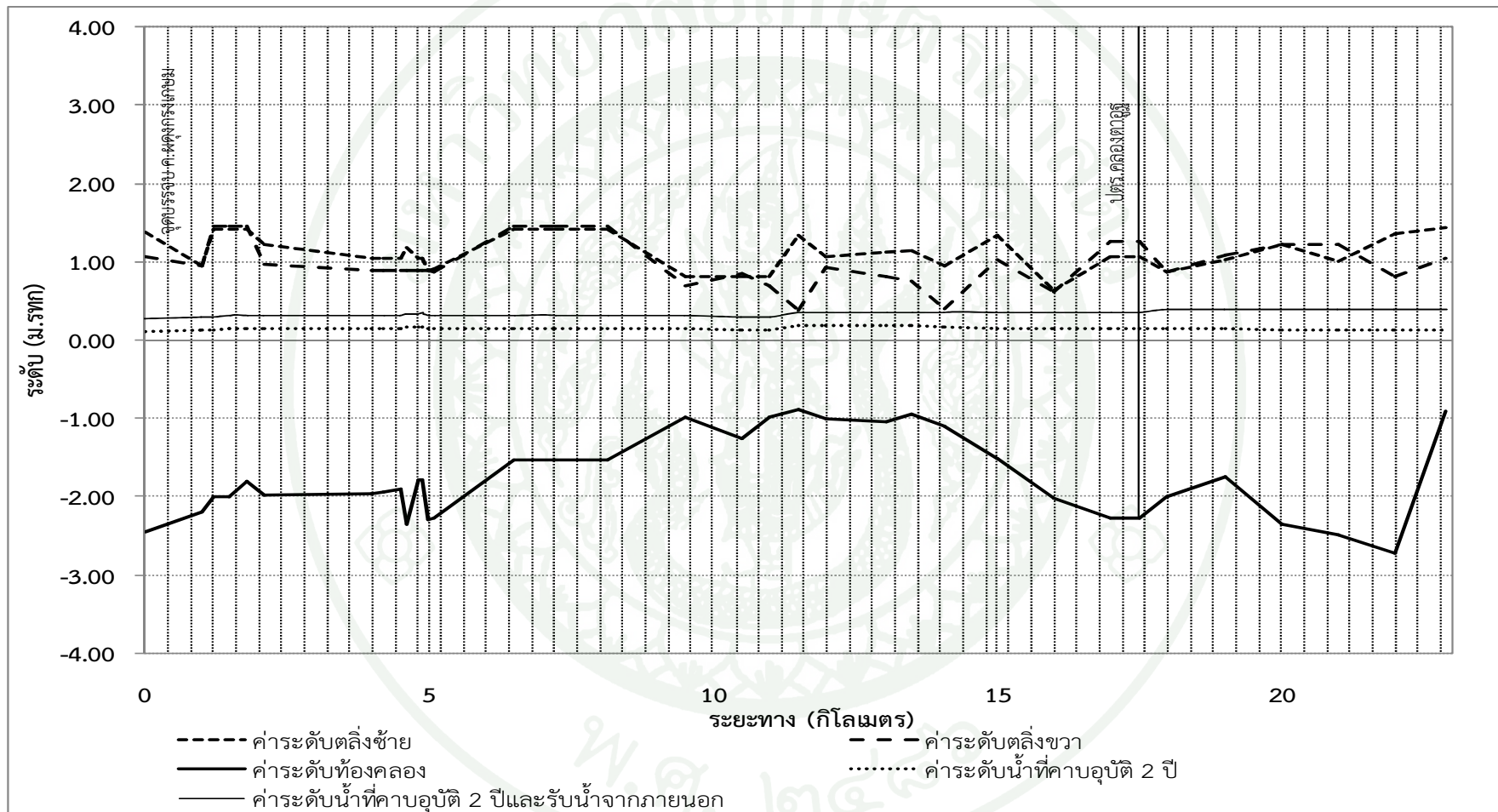
ภาพที่ 52 ระดับน้ำในคลองบางซื่อ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการใช้ 10 ลบ.ม/วินาที



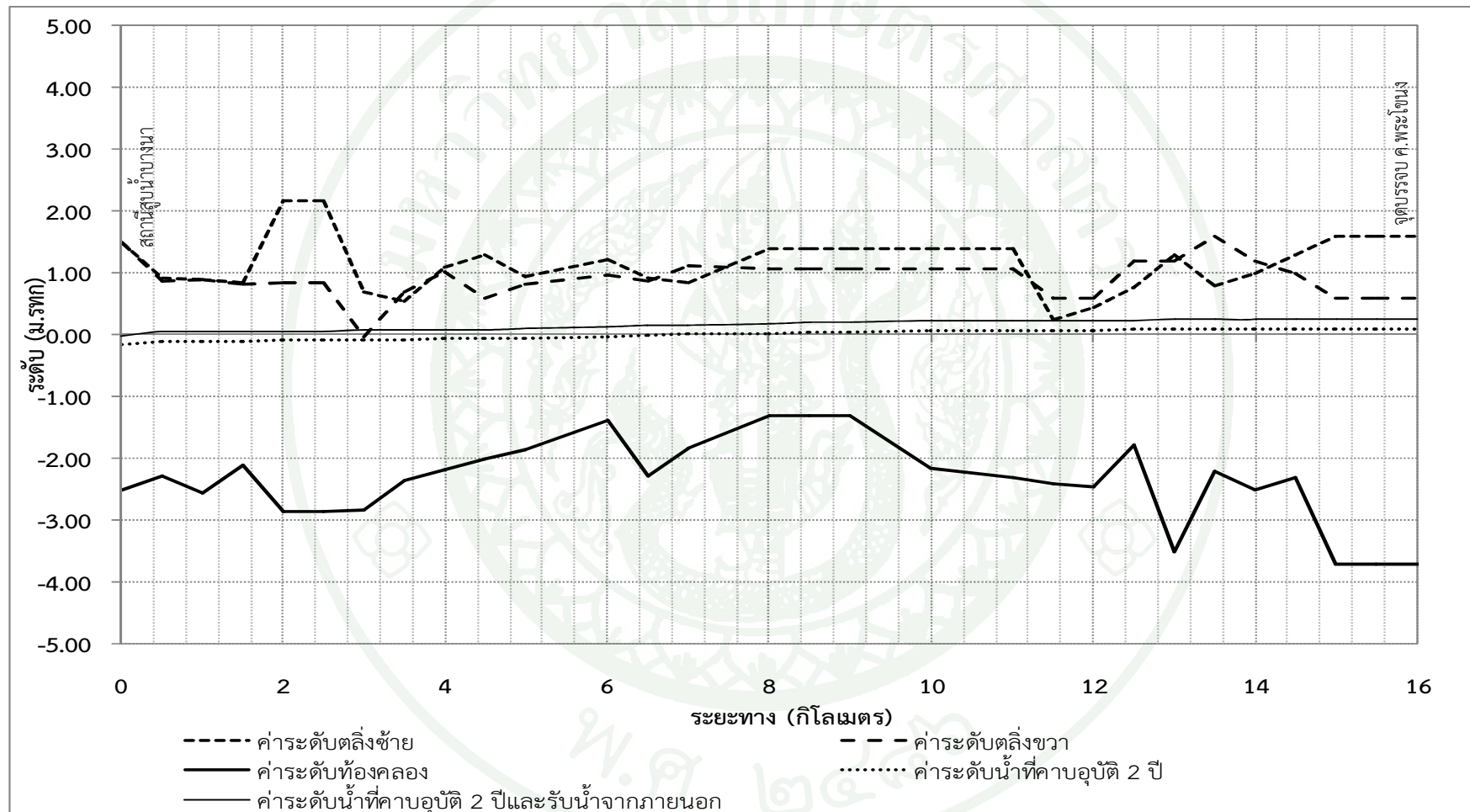
ภาพที่ 53 ระดับน้ำในคลองสามเสน กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



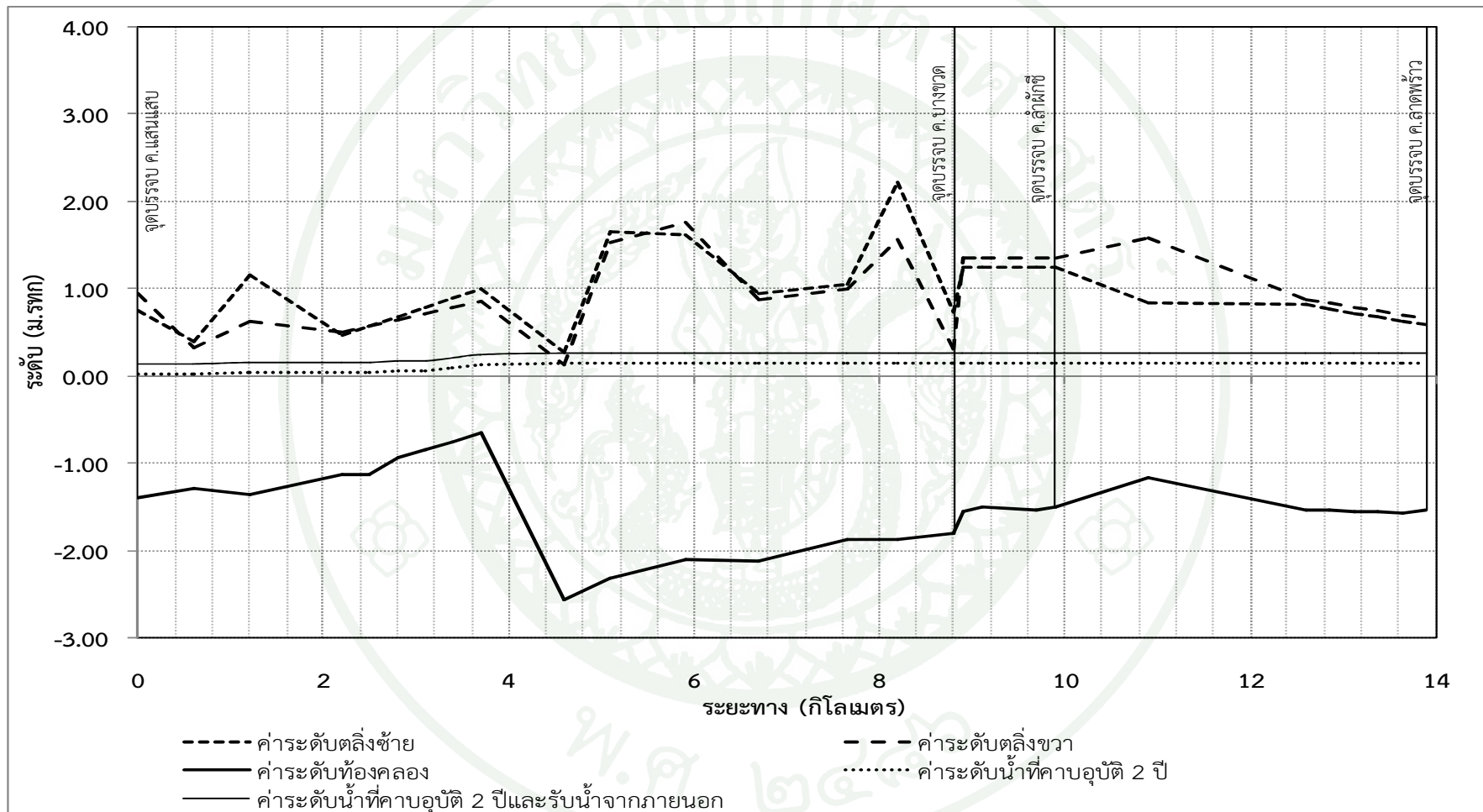
ภาพที่ 54 ระดับน้ำในคลองพระโขนง กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



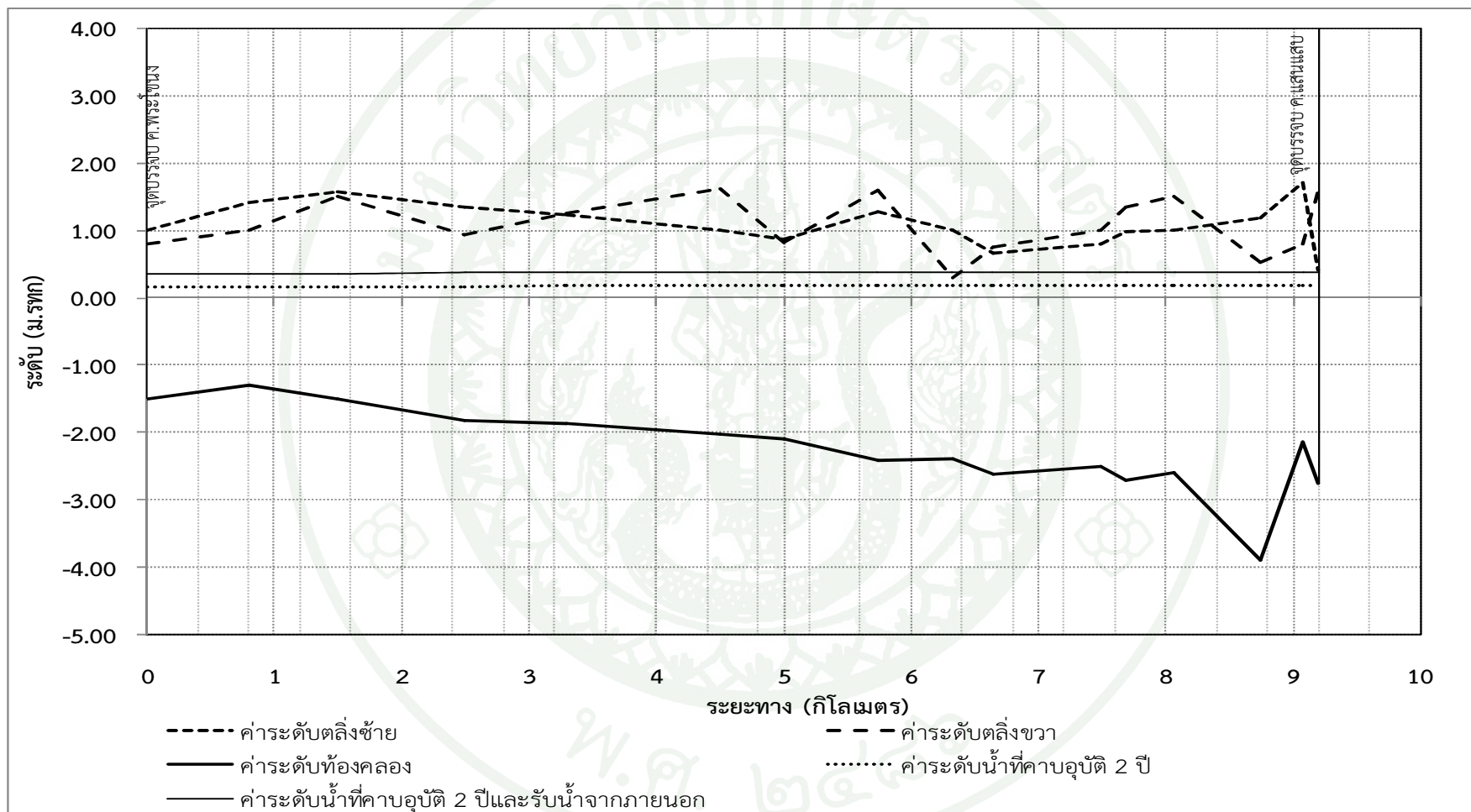
ภาพที่ 55 ระดับน้ำในคลองเปรมประชากร กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



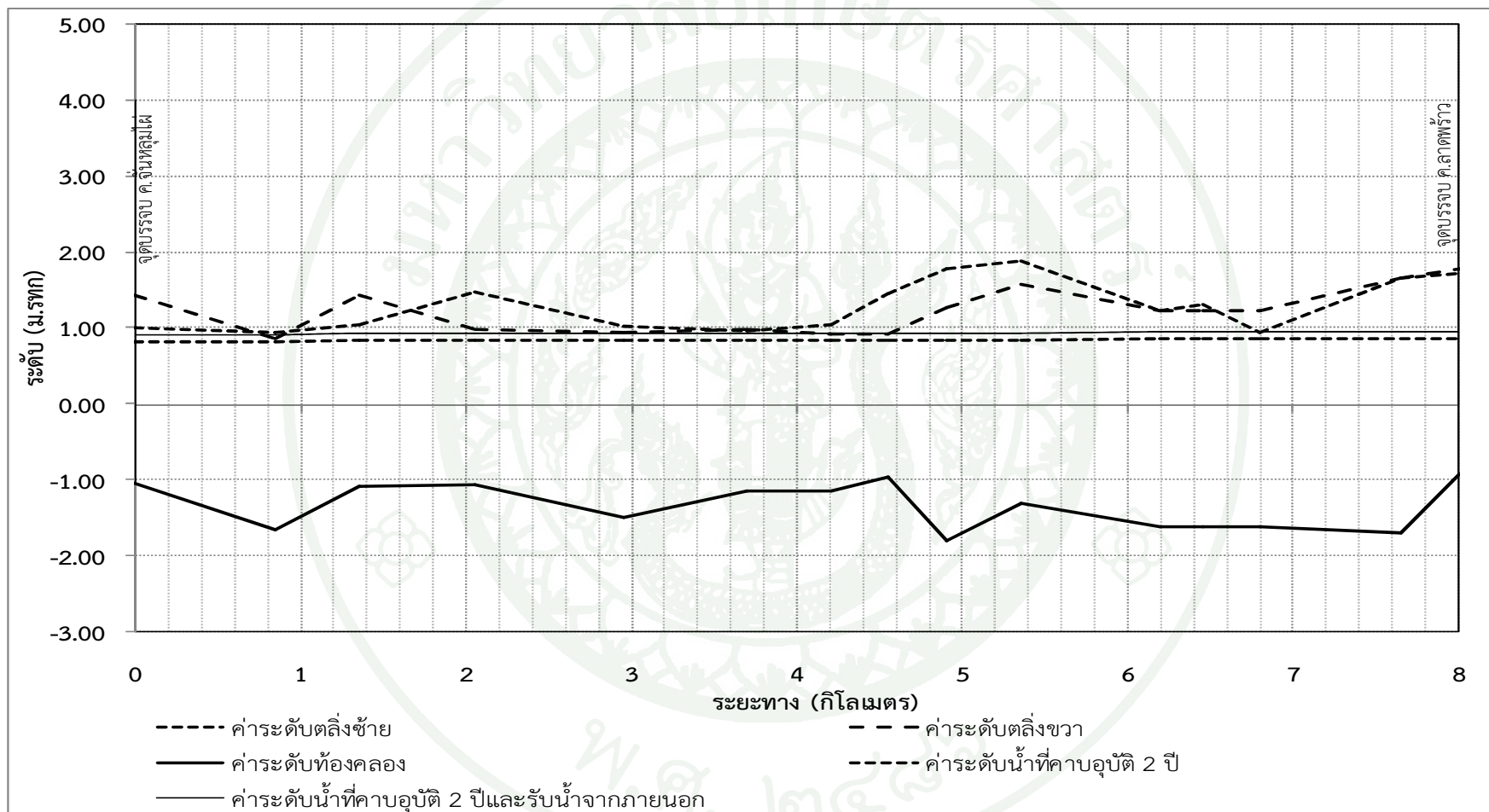
ภาพที่ 56 ระดับน้ำในคลองบางนา กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



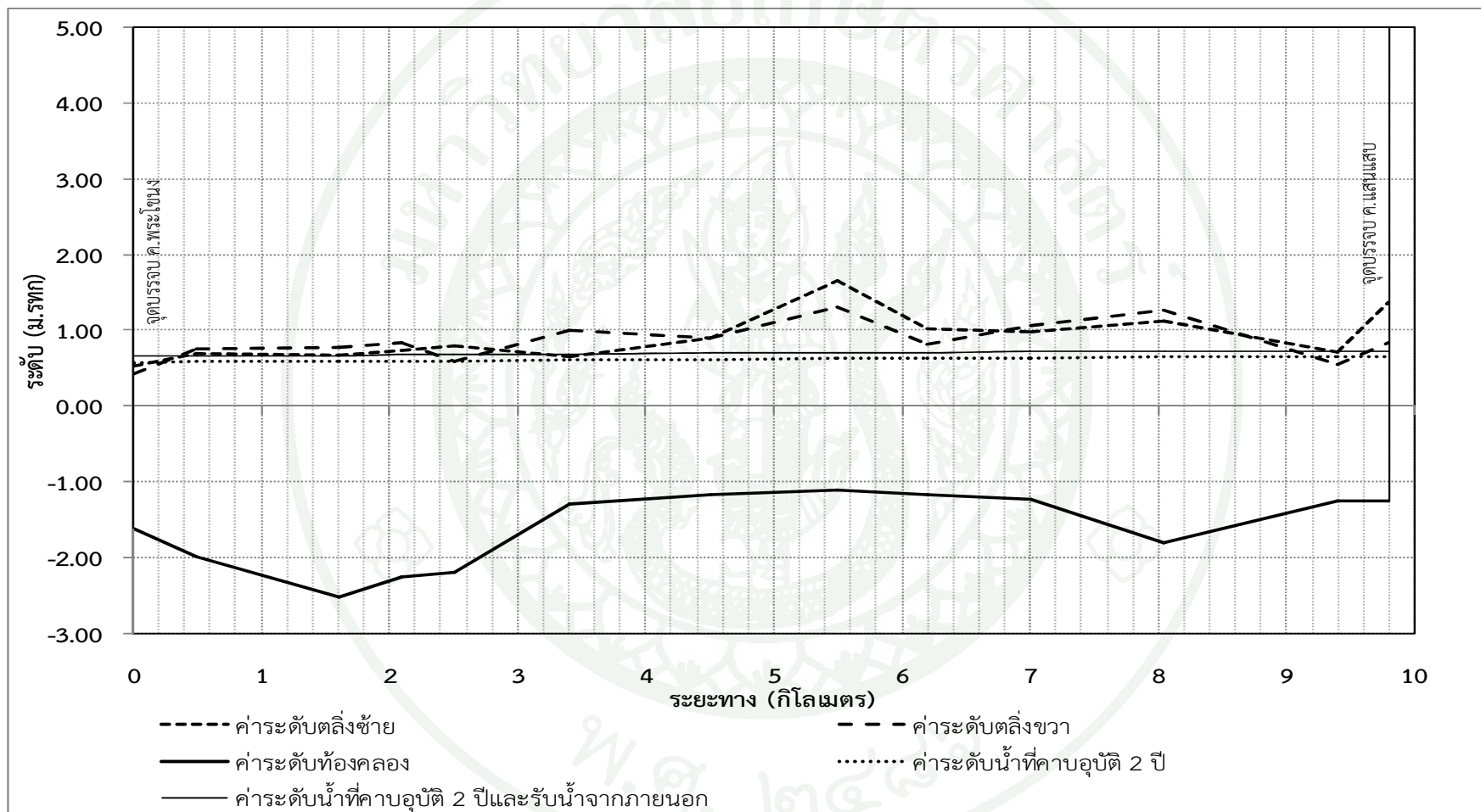
ภาพที่ 57 ระดับน้ำในคลองจั่น-หลุมไผ่ กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



ภาพที่ 58 ระดับน้ำในคลองลาดบัวขาว กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



ภาพที่ 59 ระดับน้ำในคลองลำผักชี กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที



ภาพที่ 60 ระดับน้ำในคลองสองต้นนุ่น กรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหล 10 ลบ.ม/วินาที

3. ข้อเสนอแนะการปรับปรุงระบบระบายน้ำในคลองสายหลัก

จากการจำลองสภาพระบบระบายน้ำปทุมภูมิของพื้นที่ศึกษานั้นทำให้ทราบว่าระบบระบายน้ำปทุมภูมิบางช่วงคลองมีขนาดรูปตัดขวางคลอง เป็นคอขวดซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำในภาพรวมของทั้งระบบ เป็นผลทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่งคลองระบายน้ำปทุมภูมิทางด้านเหนือของพื้นที่ศึกษา จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงคลองระบายน้ำหลักดังแสดงในตารางที่ 14 รวมถึงได้ทำการวิเคราะห์กรณีการเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำเพิ่มเติมตามแผนของสำนักการระบายน้ำ 3 แห่ง คือ อุโมงค์ระบายน้ำจากคลองบางบัว คลองเปรมประชากร ลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 60 ลบ.เมตร/วินาที อุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ คลองลาดพร้าวลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 60 ลบ.เมตร/วินาที และอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงหนองบอนลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 60 ลบ.เมตร/วินาที และนอกจากนั้นในบริเวณพื้นที่ที่ห่างไกลซึ่งคลองสายหลักไม่สามารถทำนํ้าที่ขนส่งนํ้ามายังอุโมงค์หรือสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาได้แปลงสภาพไปเป็นแหล่งกักเก็บน้ำชั่วคราว อย่างไรก็ตามแหล่งเก็บกักน้ำดังกล่าวยังคงมีปริมาตรในการเก็บกักไม่เพียงพอ ดังนั้นควรจะต้องมีการจัดหาแหล่งพักน้ำเพิ่มเติมซึ่งจากสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ที่ดินมีมูลค่าสูงมากจึงเป็นไปได้ยากที่จะจัดหาเพิ่มเติมแหล่งกักเก็บน้ำเพิ่มเติมได้ แต่หากมีการปรับปรุงแหล่งพักน้ำเดิมที่มีอยู่ให้ลดระดับน้ำในแหล่งพักน้ำให้ได้ตามระดับที่กำหนดเพื่อเตรียมไว้รองรับน้ำชั่วคราวและในช่วงฤดูฝนได้จะช่วยให้ประสิทธิภาพการระบายน้ำโดยรวมดีขึ้น

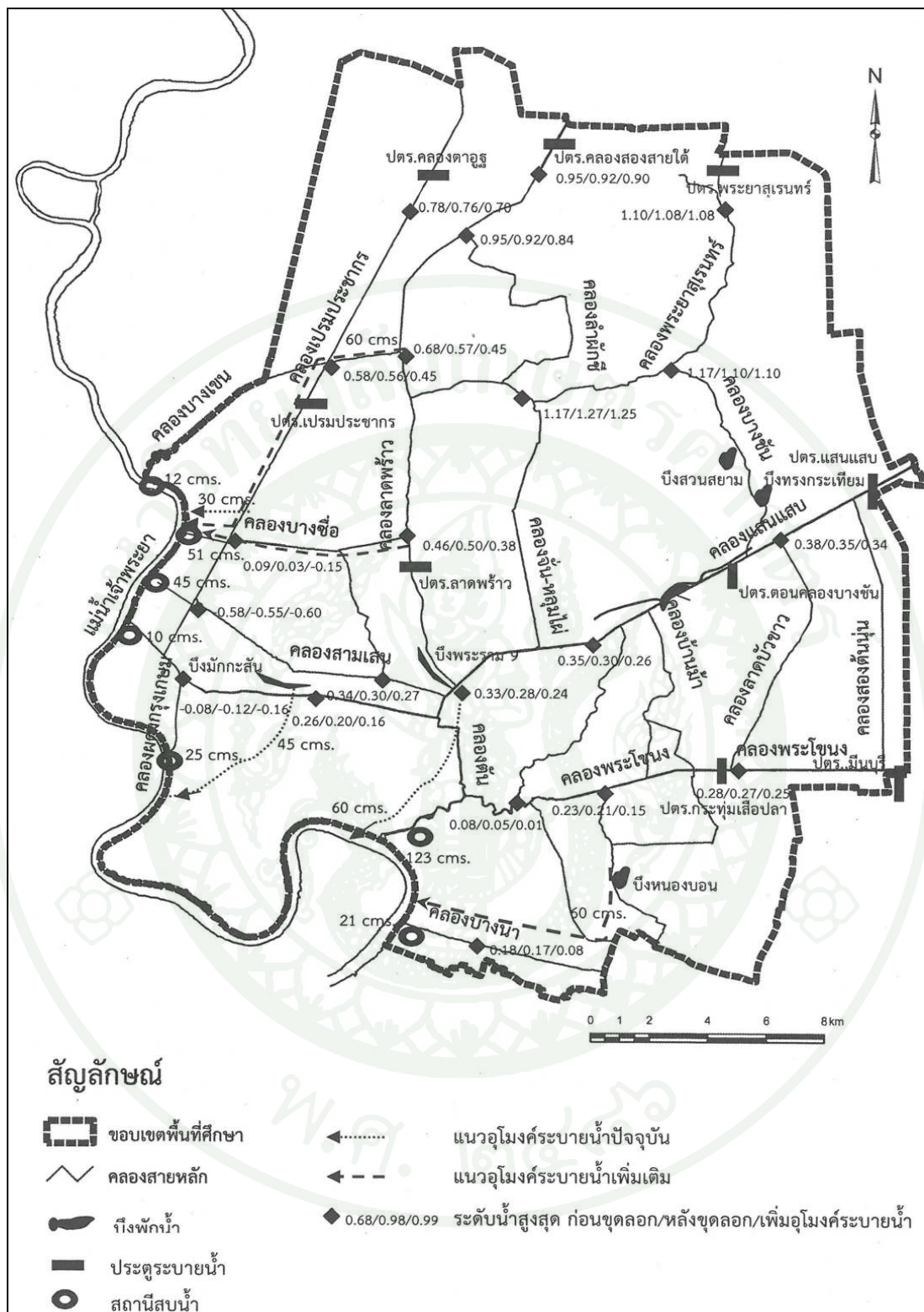
ตารางที่ 14 การปรับปรุงระบบระบายน้ำปทุมภูมิที่เสนอแนะ

ลำดับที่	ชื่อคลองสายหลัก	ความกว้างคลอง เฉลี่ย (เมตร)	ระดับขุดลอกเฉลี่ย (ม.รทก)	
			ปัจจุบัน	เสนอแนะ
1	คลองแสนแสบ	30	-2.86	-3.50 ถึง -4.00
2	คลองลาดพร้าว	35	-2.22	-3.00
3	คลองพระโขนง	25-40	-4.32	-5.00
4	คลองบางชัน-พระยาสุเรนทร์	15-25	-1.91	-2.50
5	คลองเปรมประชากร	15-25	-1.71	-2.50
6	คลองบางเขน	15	-1.93	-2.50

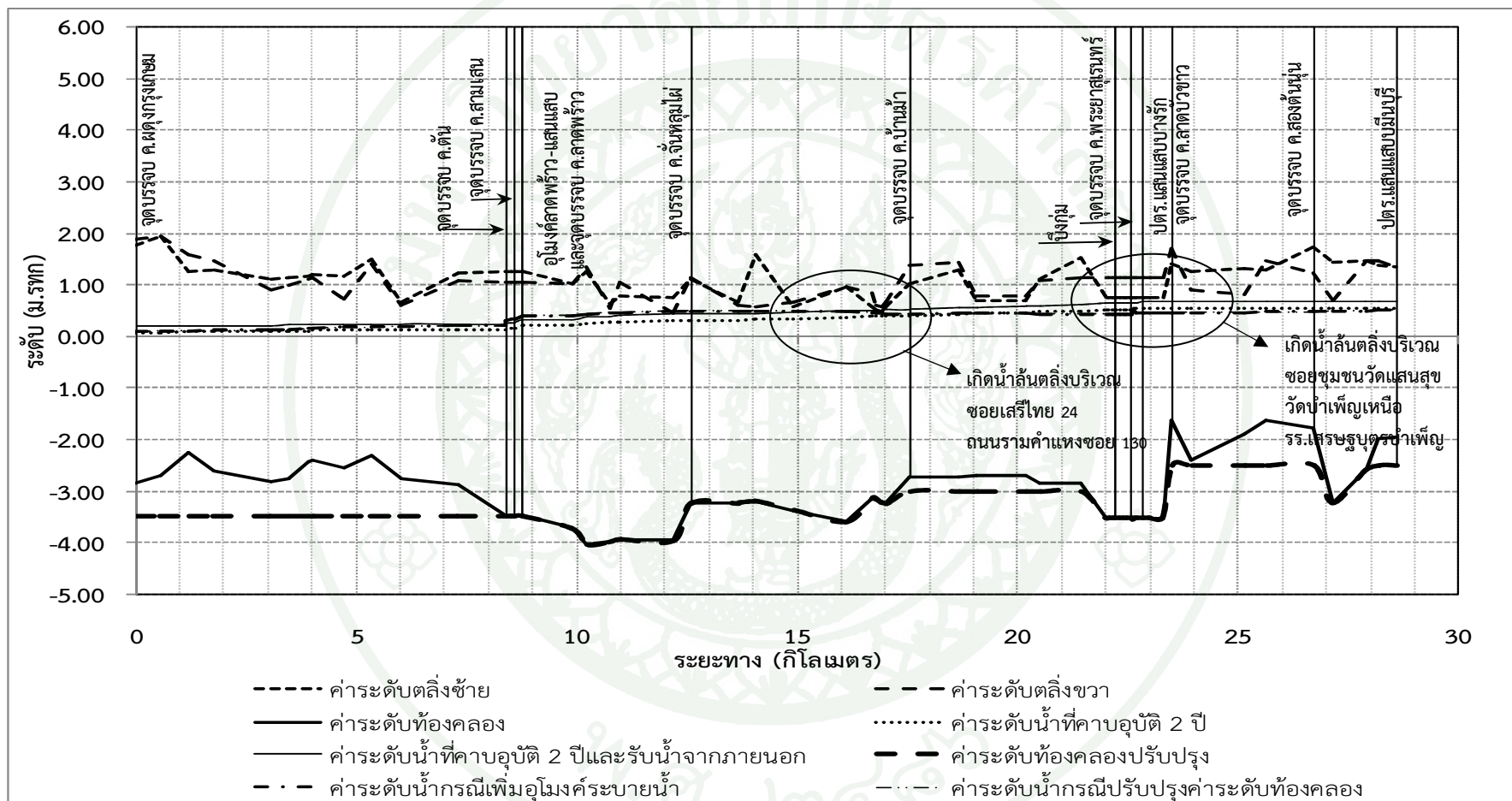
ตารางที่ 14 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อคลองสายหลัก	ความกว้างคลอง เฉลี่ย (เมตร)	ระดับชุดลอกเฉลี่ย (ม.รทก)	
			ปัจจุบัน	เสนอแนะ
7	คลองบางซื่อ	15	-2.13	-2.50
8	คลองสามเสน	10-20	-1.49	-2.00
9	คลองบางนา	15	-2.09	-3.00
10	คลองบางขวด	8	-0.55	-2.50
11	คลองบ้านม้า	10	-1.60	-2.50
12	คลองห้วยขวาง	6-20	-1.78	-2.50
13	คลองลาดบัวขาว	25	-2.05	-2.50
14	คลองสองต้นนุ่น	15-20	-0.78	-2.50
15	คลองจั่น-หลุมไผ่	13	-1.57	-2.50
16	คลองตัน	25	-4.29	-5.00
17	คลองลำผักชี	10	-1.05	-2.50

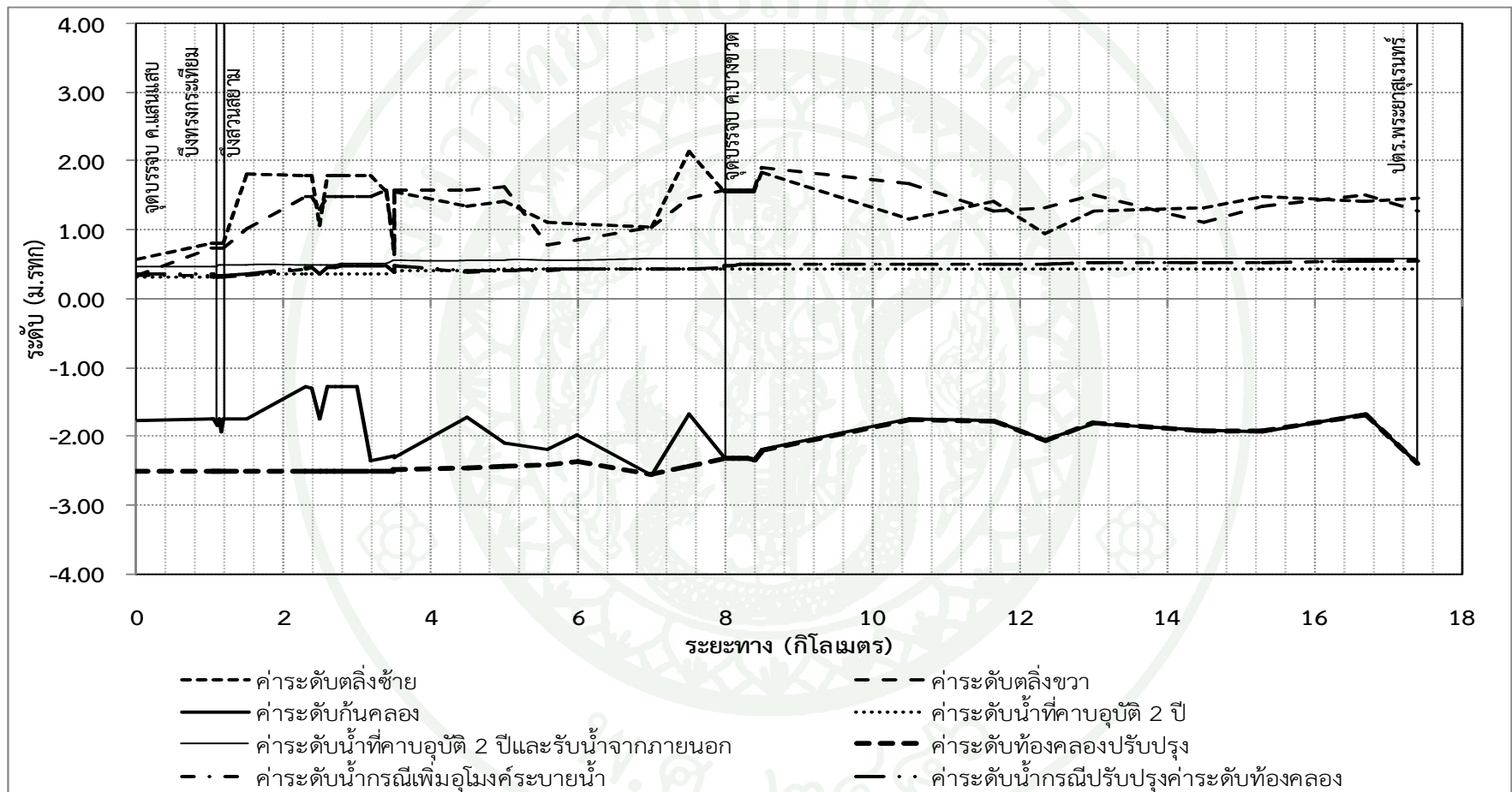
ผลการปรับปรุงชุดลอกคลอง และการเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ ได้แสดงในภาพที่ 61 ถึง ภาพที่ 79 ตามลำดับ ซึ่งการปรับปรุงระบบระบายน้ำดังกล่าว มีผลทำให้ระดับน้ำในคลองตลอดสายมีระดับลดลง แต่ไม่สามารถควบคุมให้ระดับน้ำตลอดสายมีค่าอยู่ที่ 0.00 ม.รทก ในช่วงด้านเหนือน้ำค่าระดับน้ำสูงกว่า 0.00 ม.รทก เนื่องจากว่าบริเวณพื้นที่ที่ห่างไกลจากจุดระบายน้ำลงอุโมงค์ ซึ่งคลองหลักไม่สามารถทำหน้าที่ขนส่งน้ำมายังอุโมงค์ผันน้ำหรือสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยาได้อย่างเพียงพอ อุโมงค์ผันน้ำจึงไม่สามารถแผ่อิทธิพลของการดึงน้ำให้ต่ำลงออกไปได้ไกลพอที่จะช่วยให้ระดับน้ำในคลองทางด้านเหนือน้ำลดลง ซึ่งวัตถุประสงค์เดิมในการเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำดังกล่าวนั้น เพื่อรองรับน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่เป็นหลัก แต่การรับน้ำจากด้านเหนือ นั้น อุโมงค์ระบายน้ำไม่สามารถใช้งานได้เต็มที่เนื่องจากขีดความสามารถของคลองระบายน้ำหลักเอง



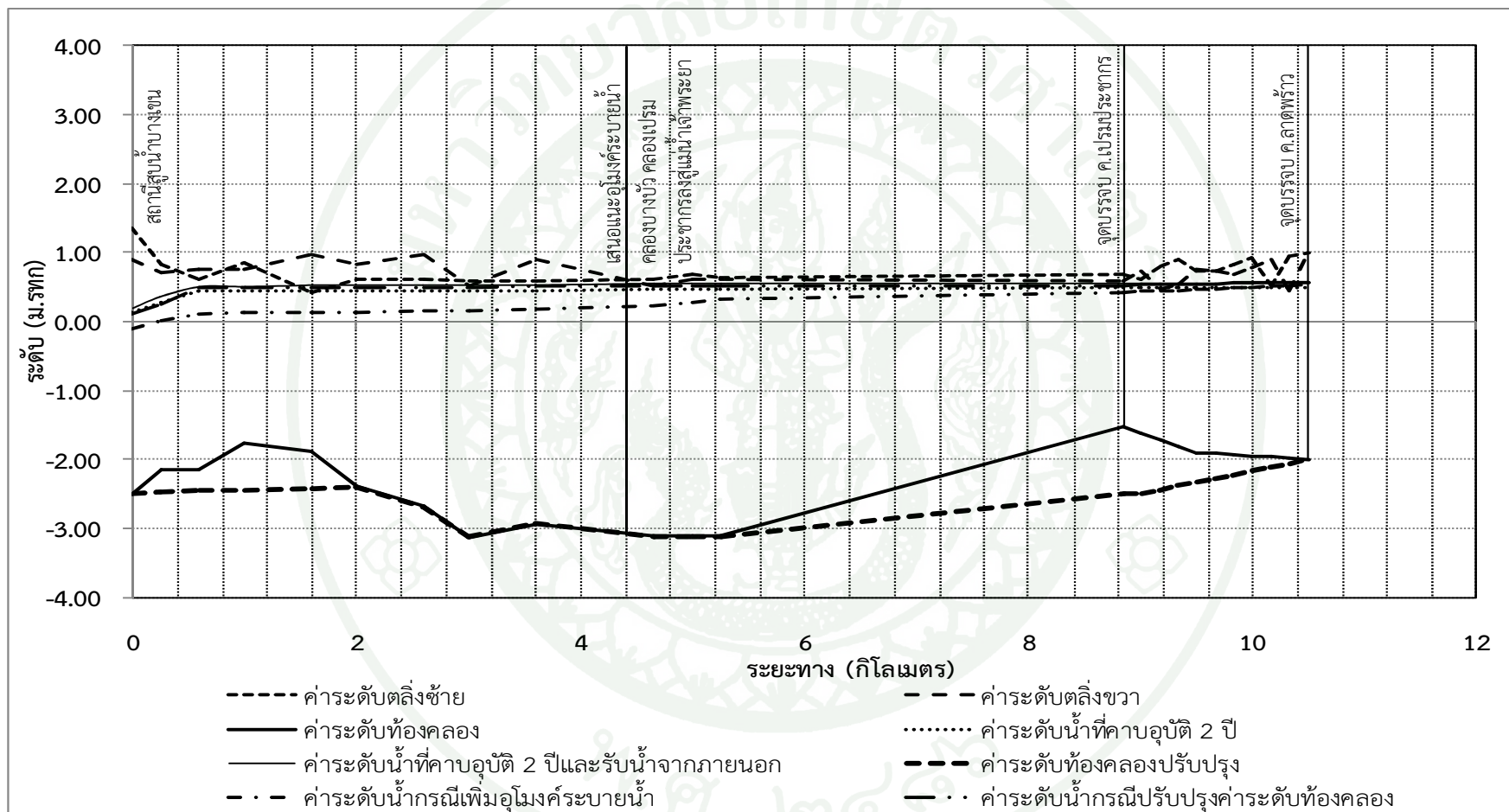
ภาพที่ 61 ระดับน้ำสูงสุดก่อนและหลังจากปรับปรุงตามที่เสนอแนะในพื้นที่ศึกษา



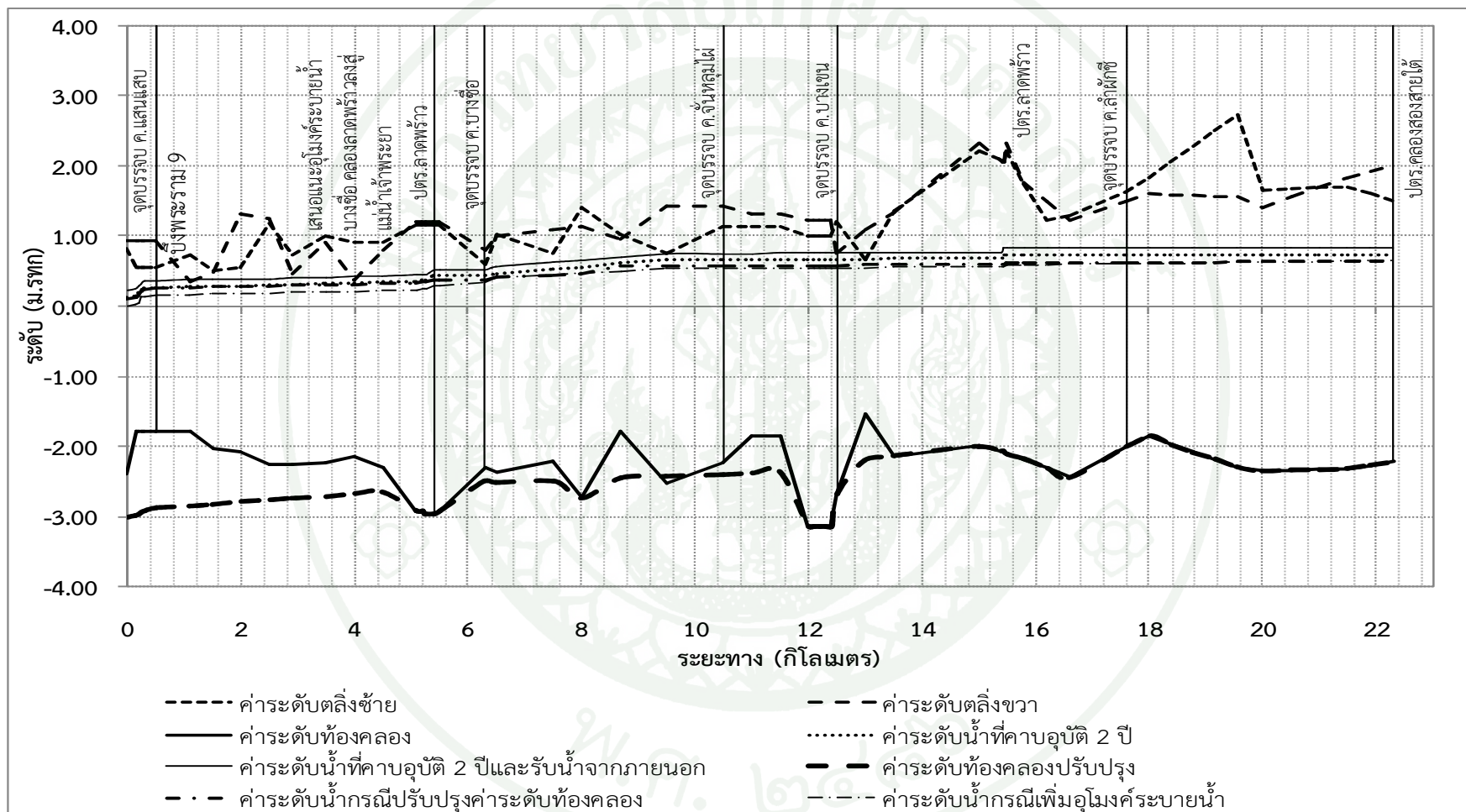
ภาพที่ 62 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปีในคลองแสนแสบ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



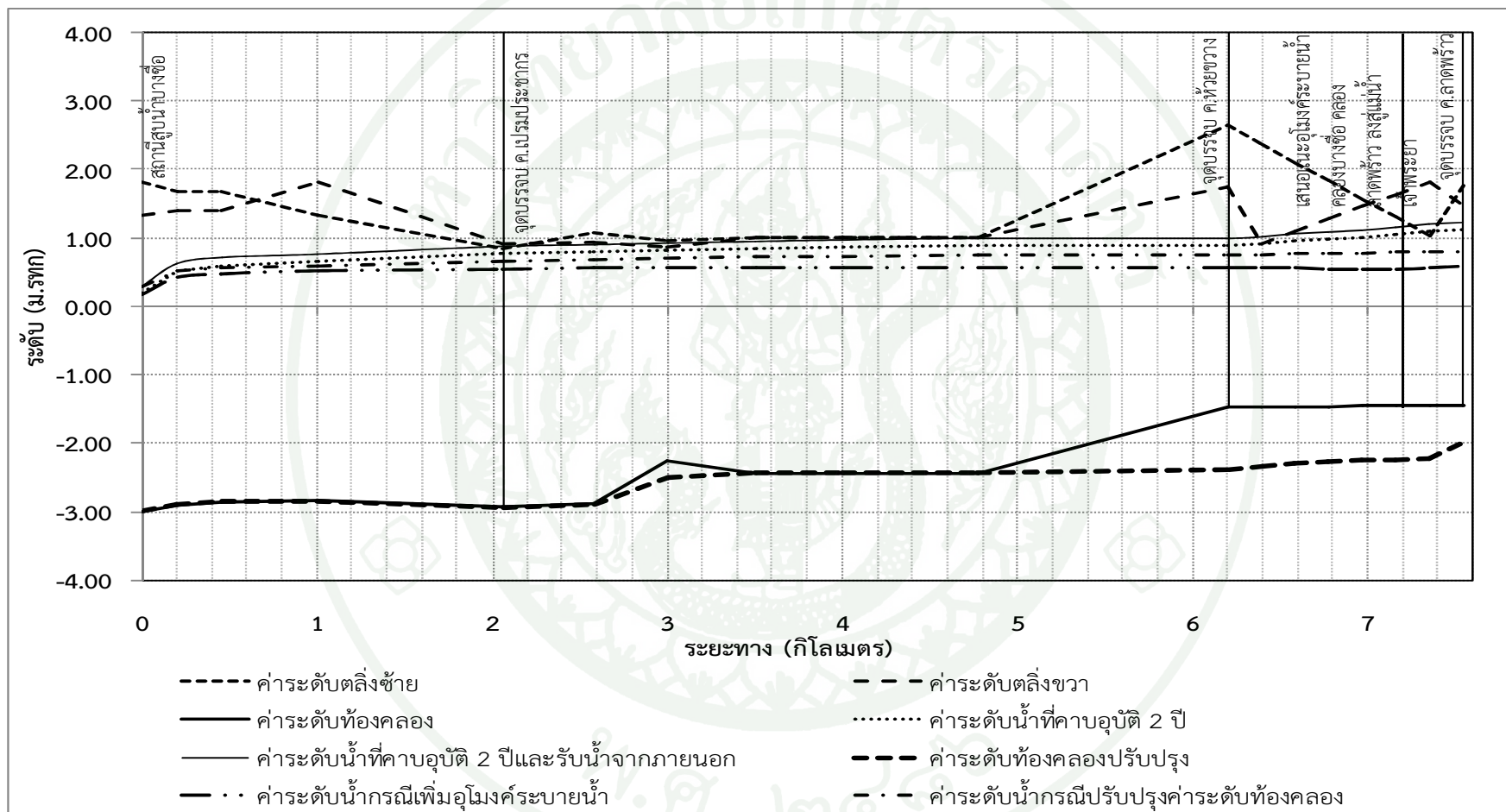
ภาพที่ 63 ระดับน้ำที่คาบอูบติ 2 ปีในคลองบางชันพระยาสุเรนทร์ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



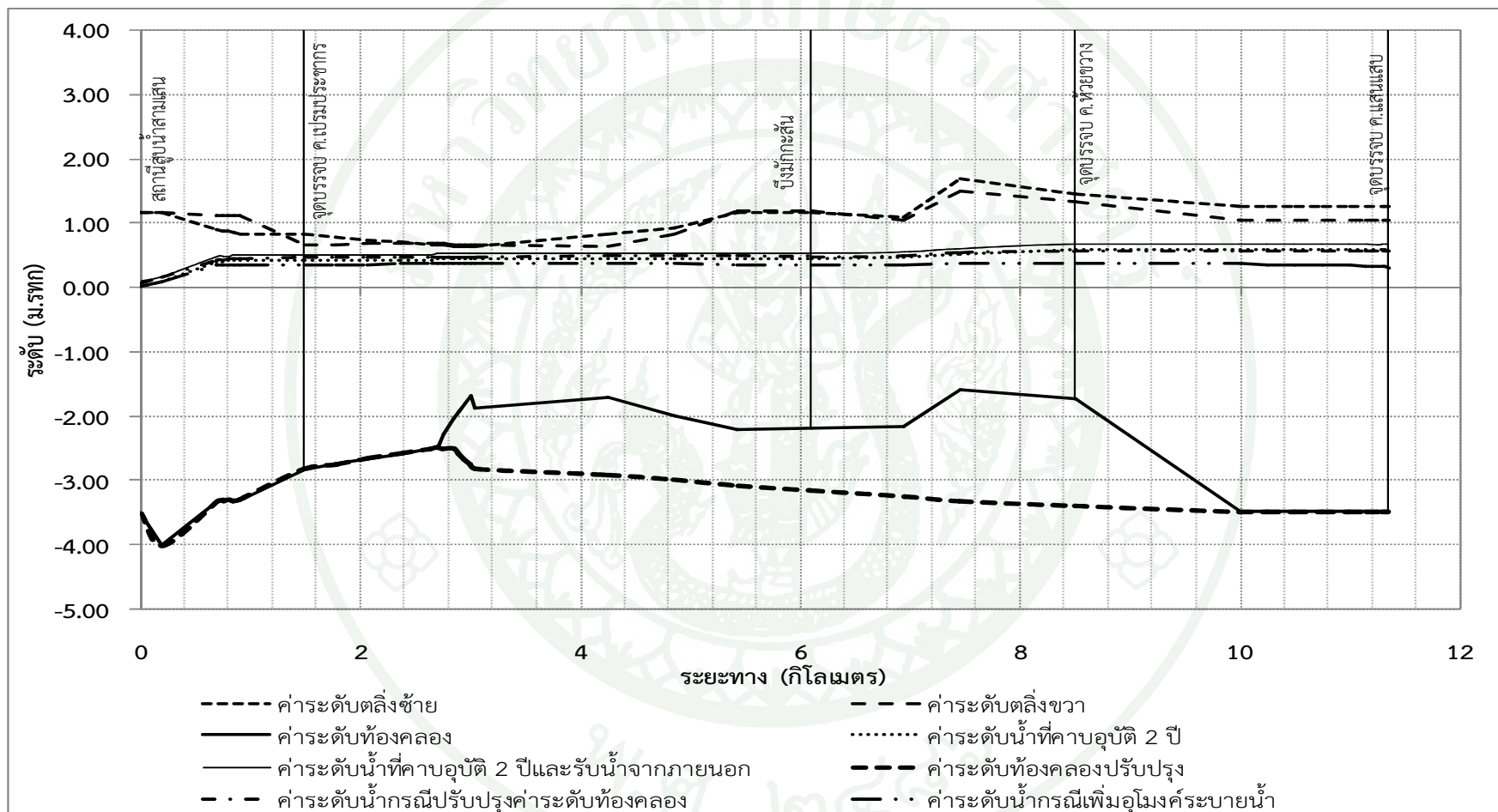
ภาพที่ 64 ระดับน้ำที่คาบอูบติ 2 ปีในคลองบางเขน ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



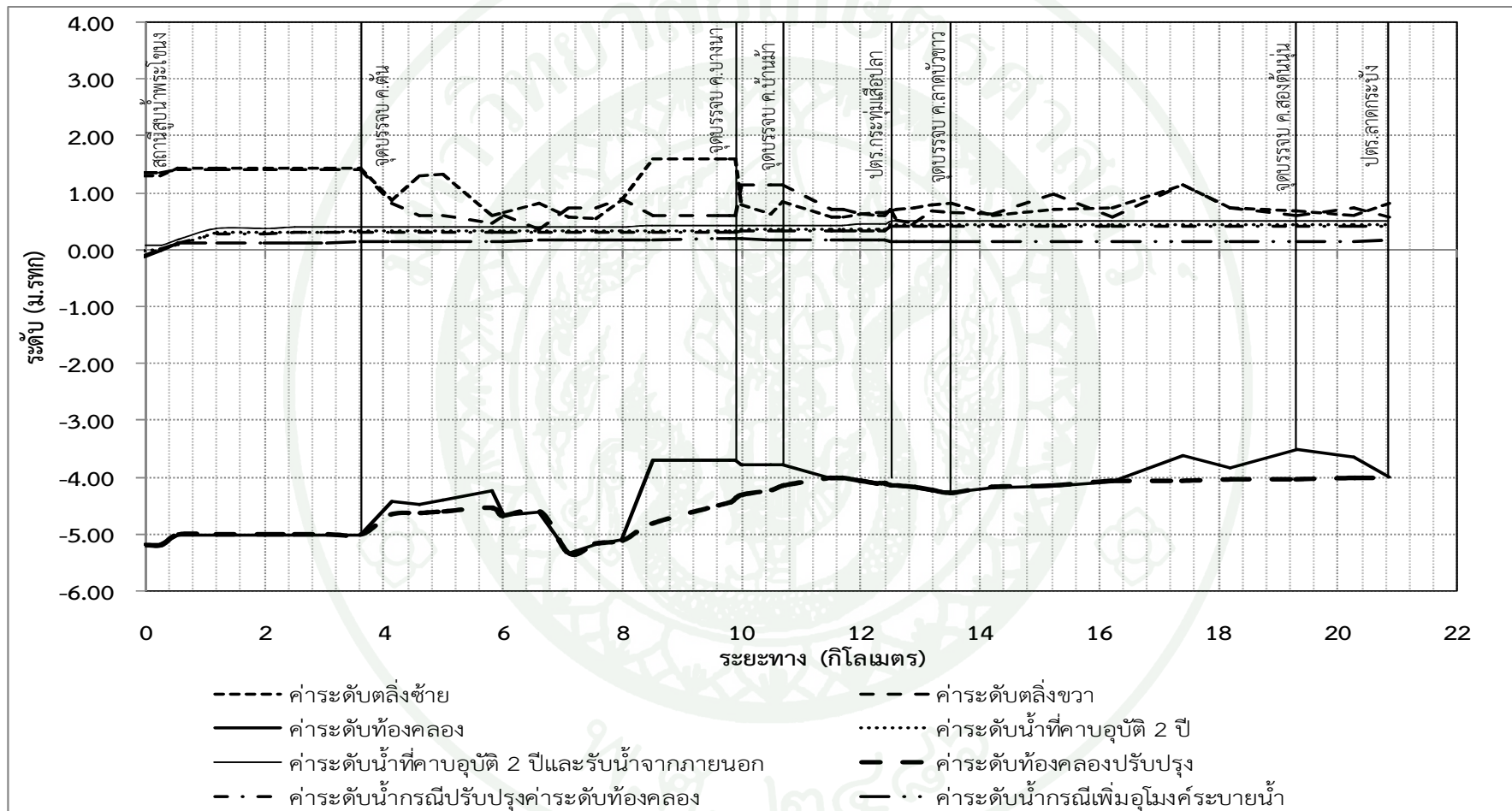
ภาพที่ 65 ระดับน้ำที่คาบอูบัติ 2 ปีในคลองลาดพร้าว ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



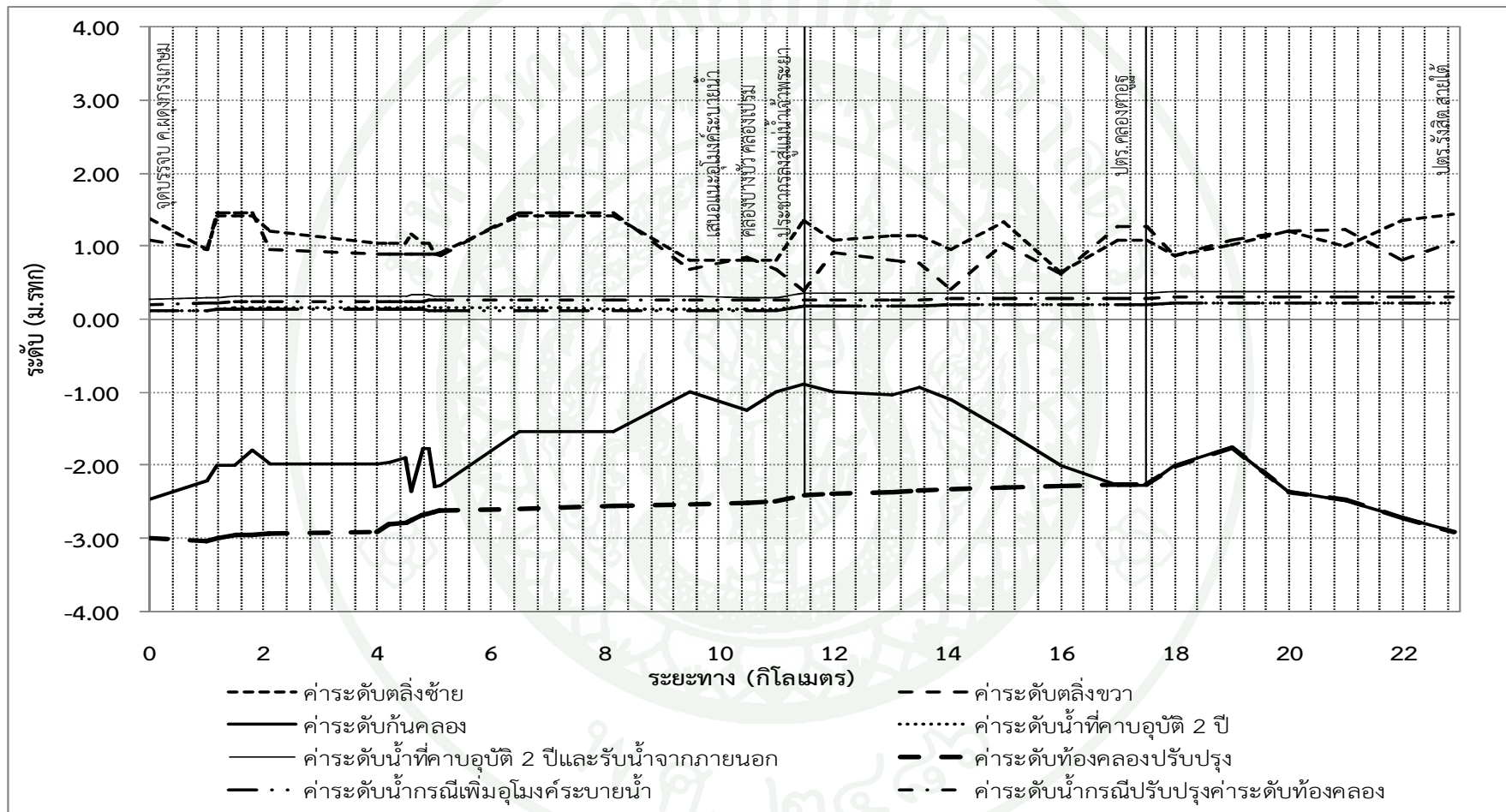
ภาพที่ 66 ระดับน้ำที่คาบอูบติ 2 ปีในคลองบางซื่อ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



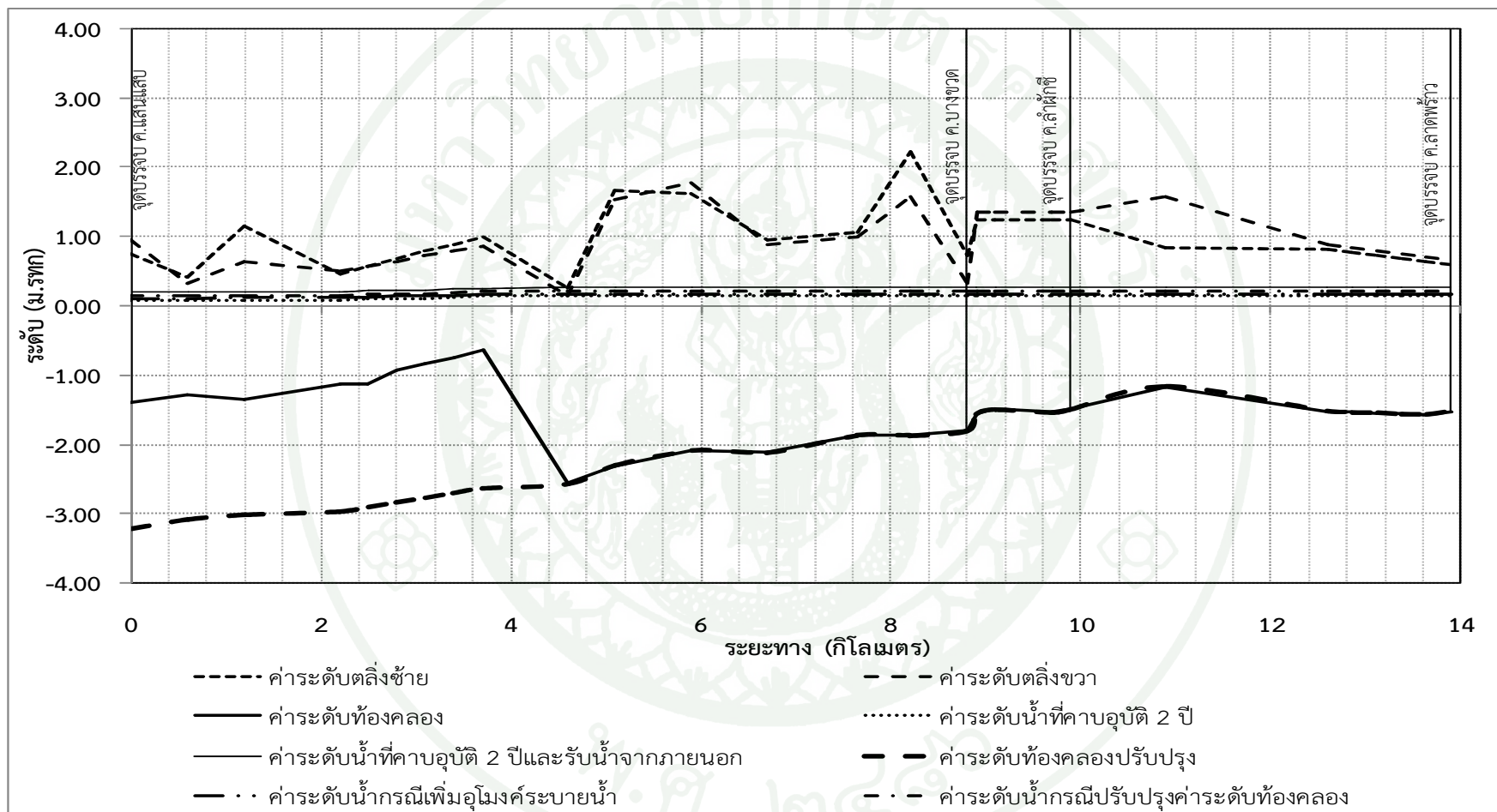
ภาพที่ 67 ระดับน้ำที่คาบอับติ 2 ปีในคลองสามเสน ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



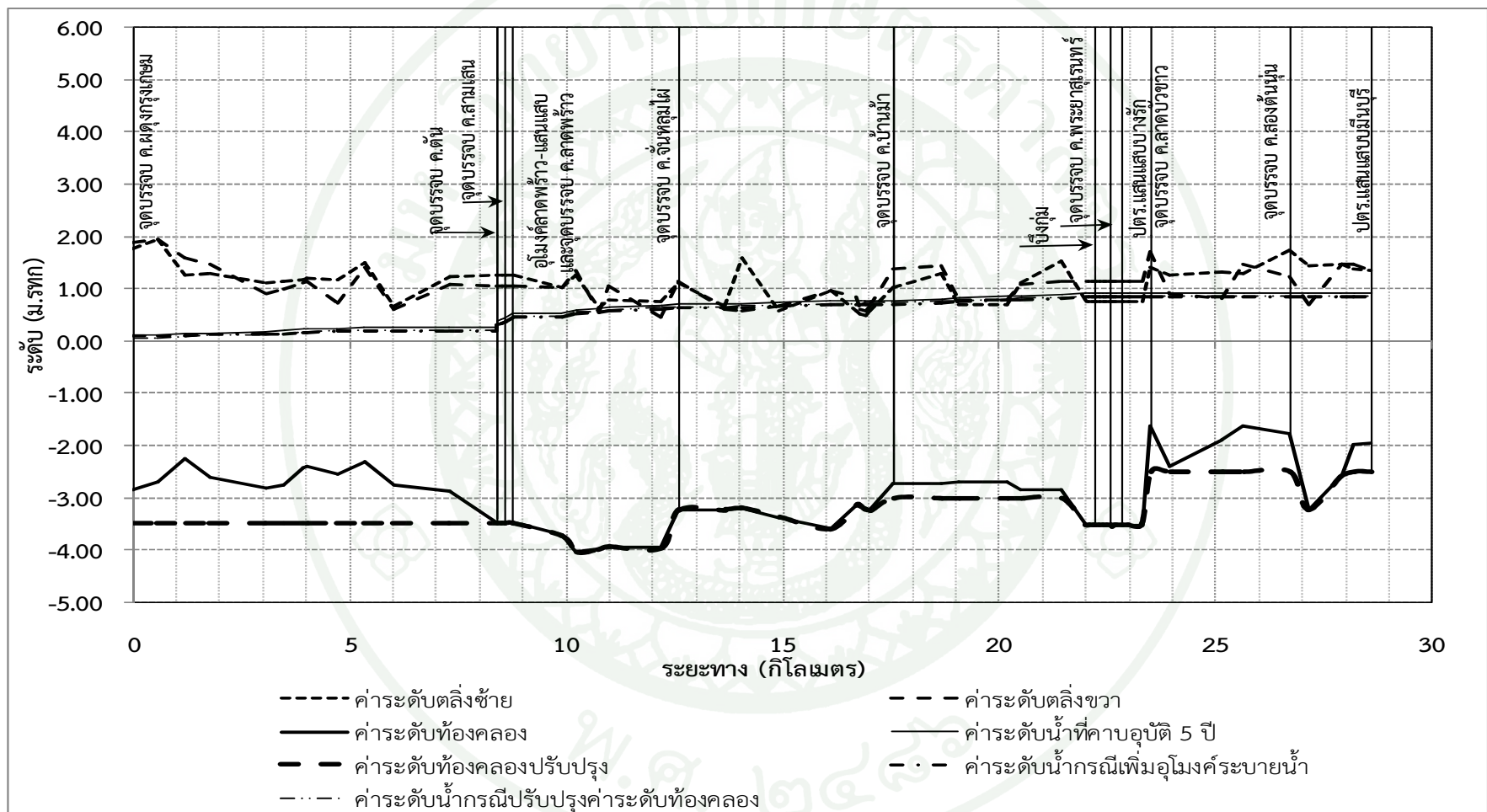
ภาพที่ 68 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปีในคลองพระ โจนง ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



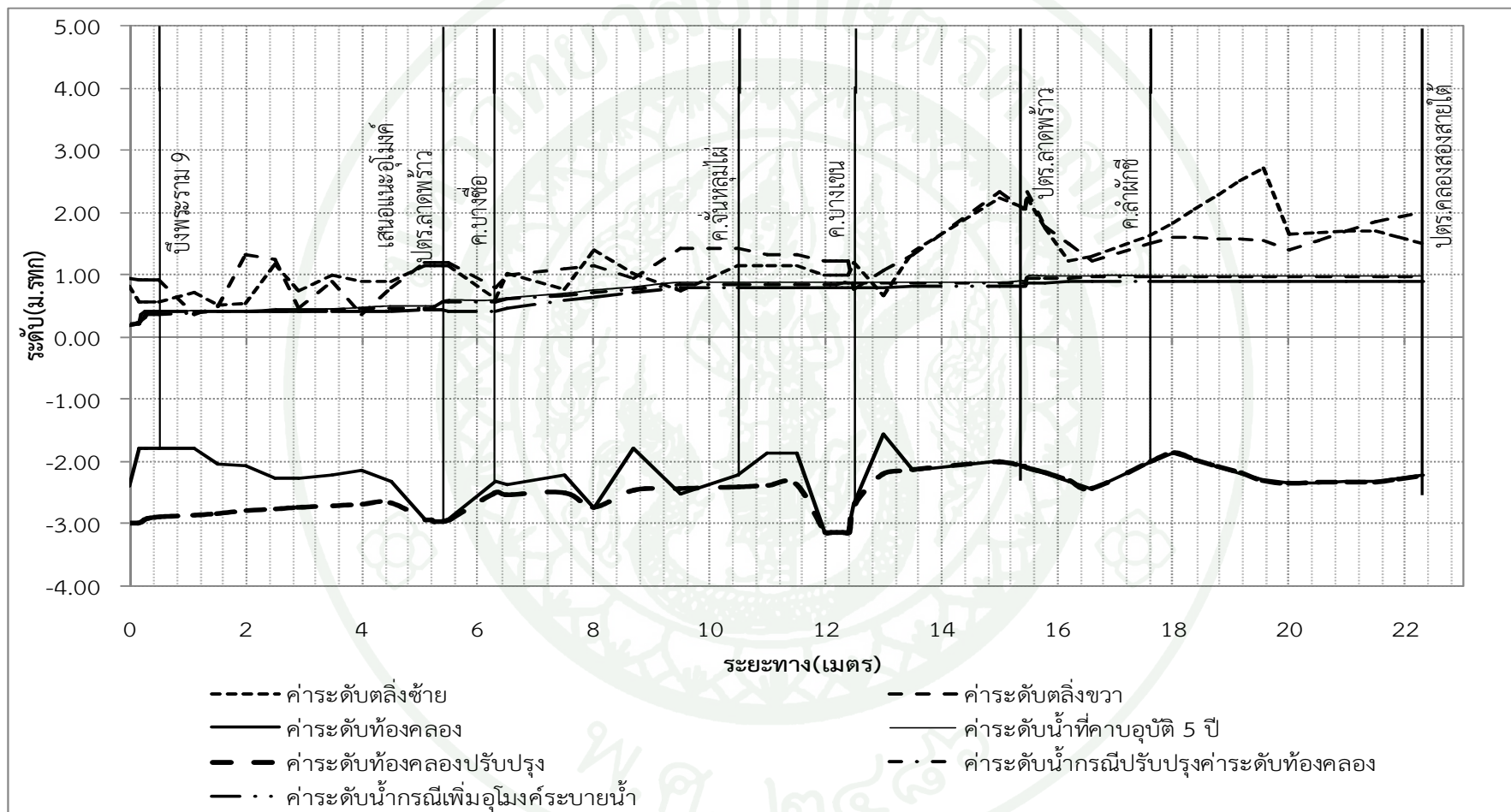
ภาพที่ 69 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปีในคลองเปรมประชากร ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



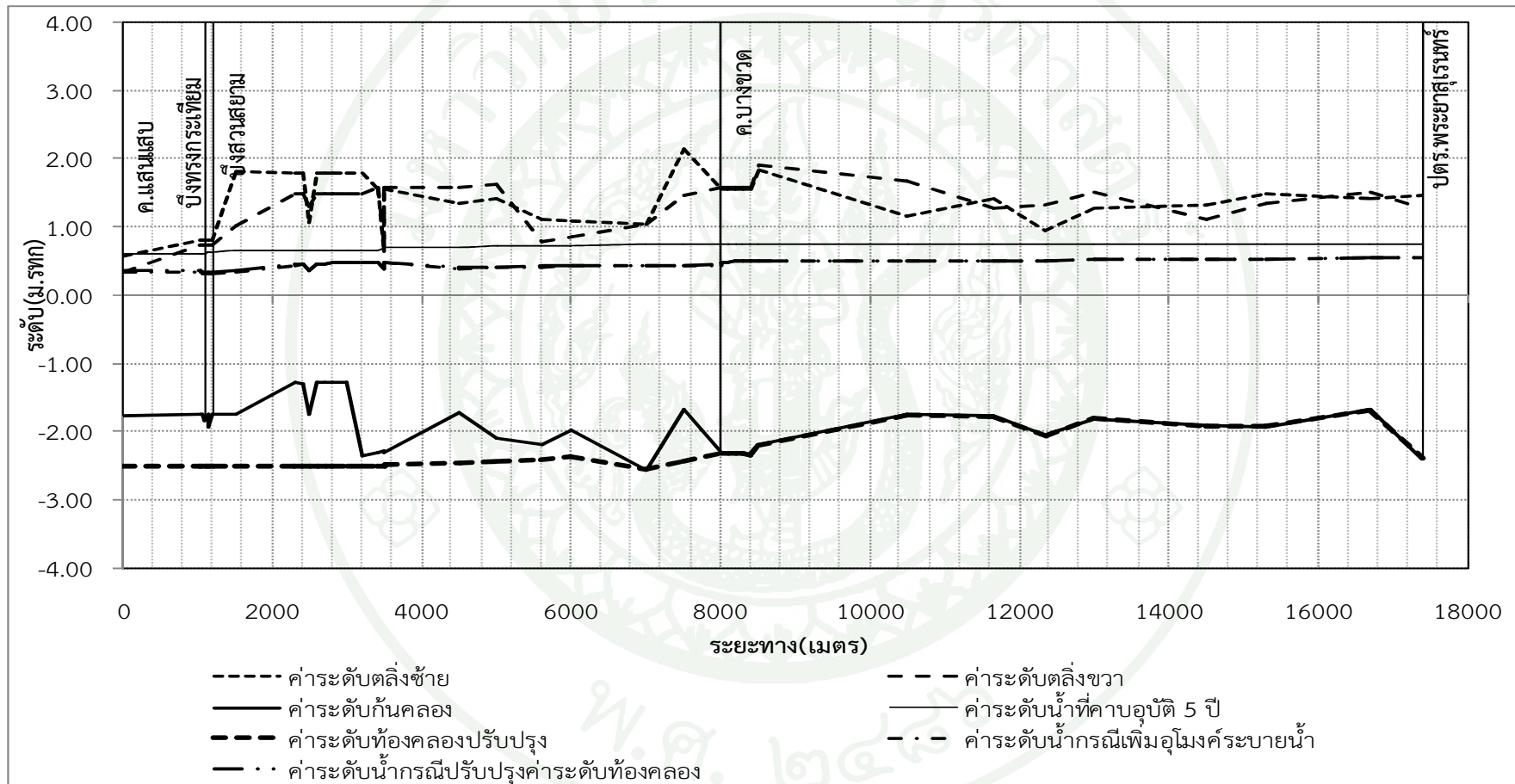
ภาพที่ 70 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปีในคลองจั่น หลุมไฟ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



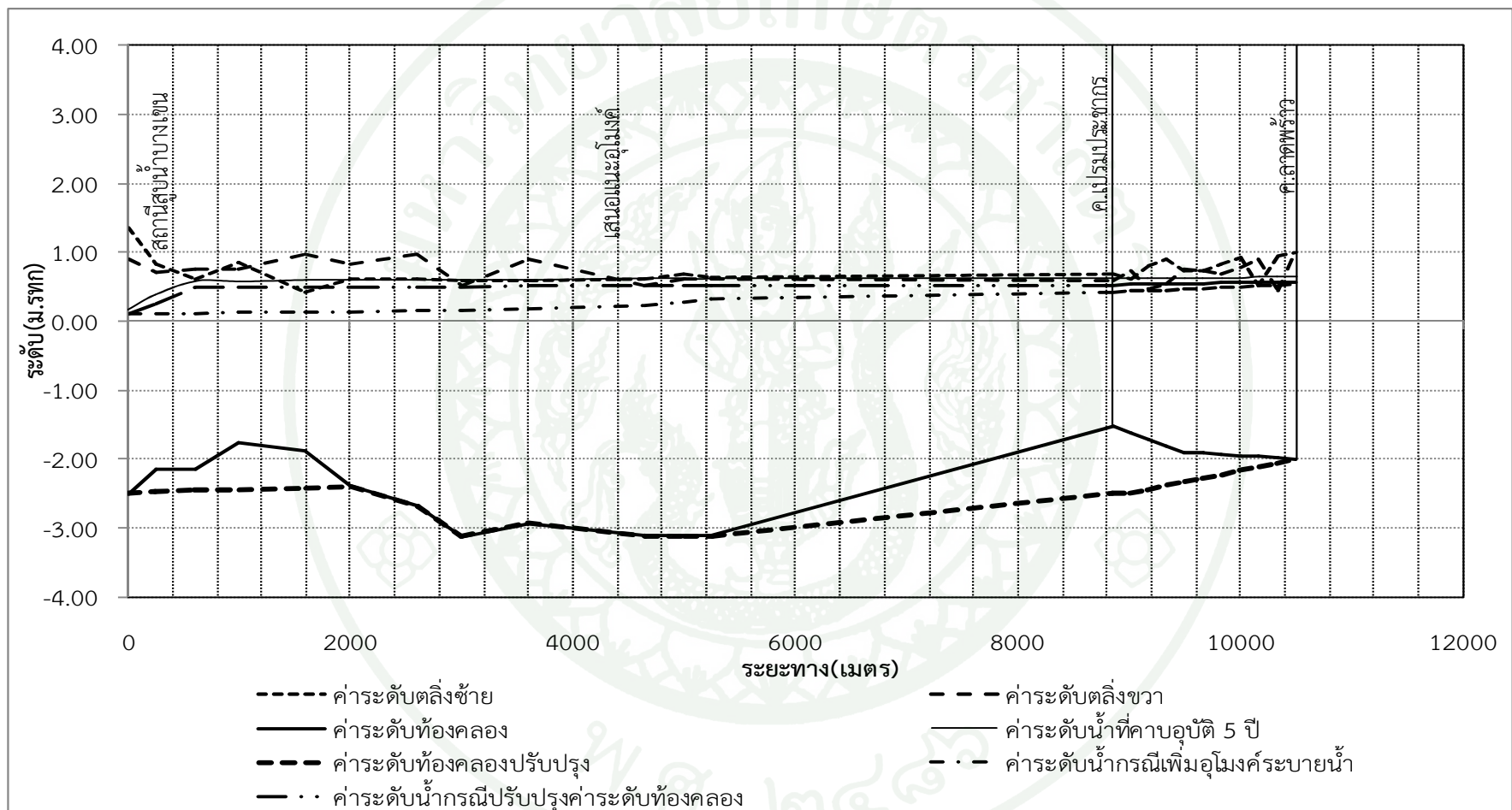
ภาพที่ 71 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปีในคลองแสนแสบ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



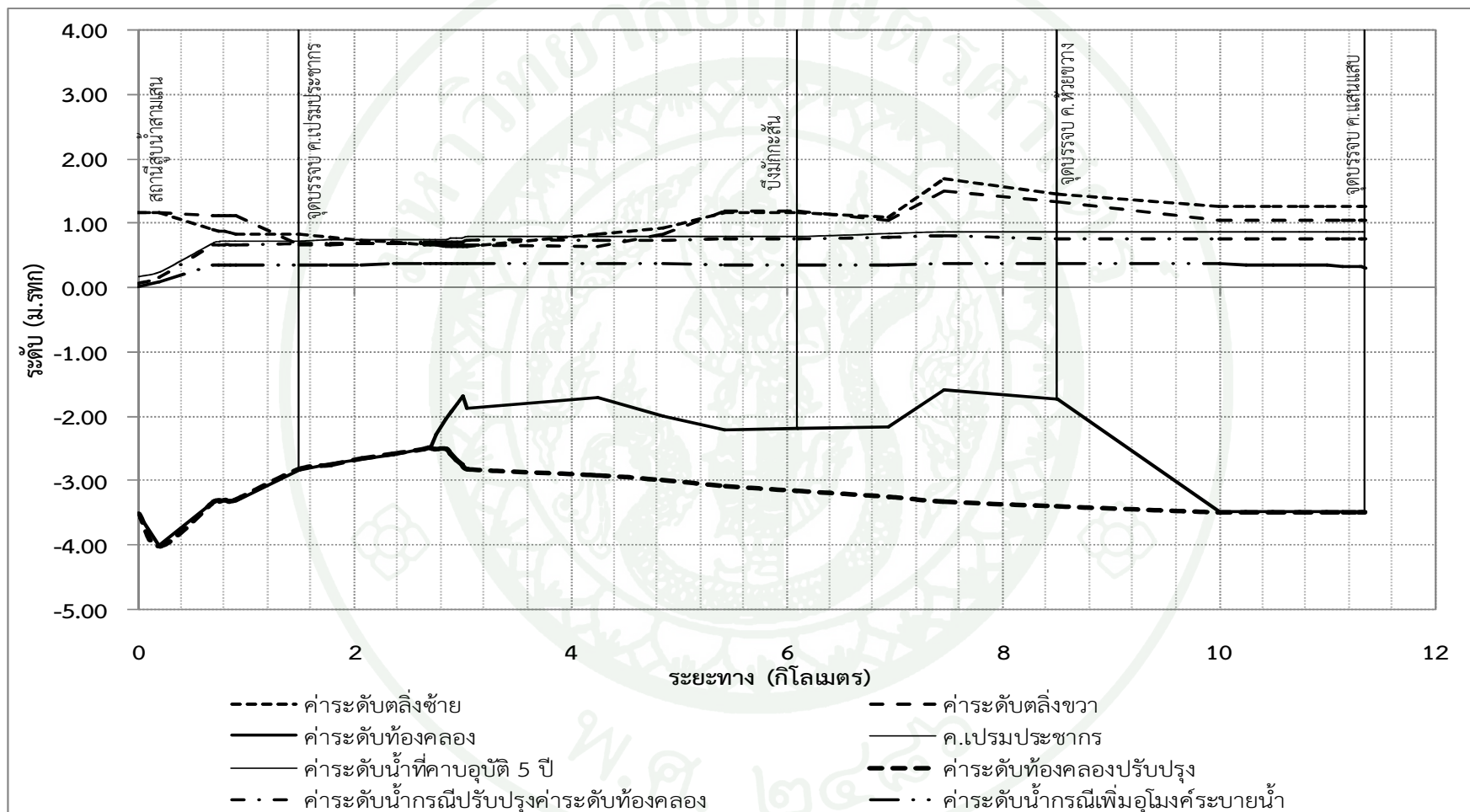
ภาพที่ 72 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปีในคลองลาดพร้าว ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



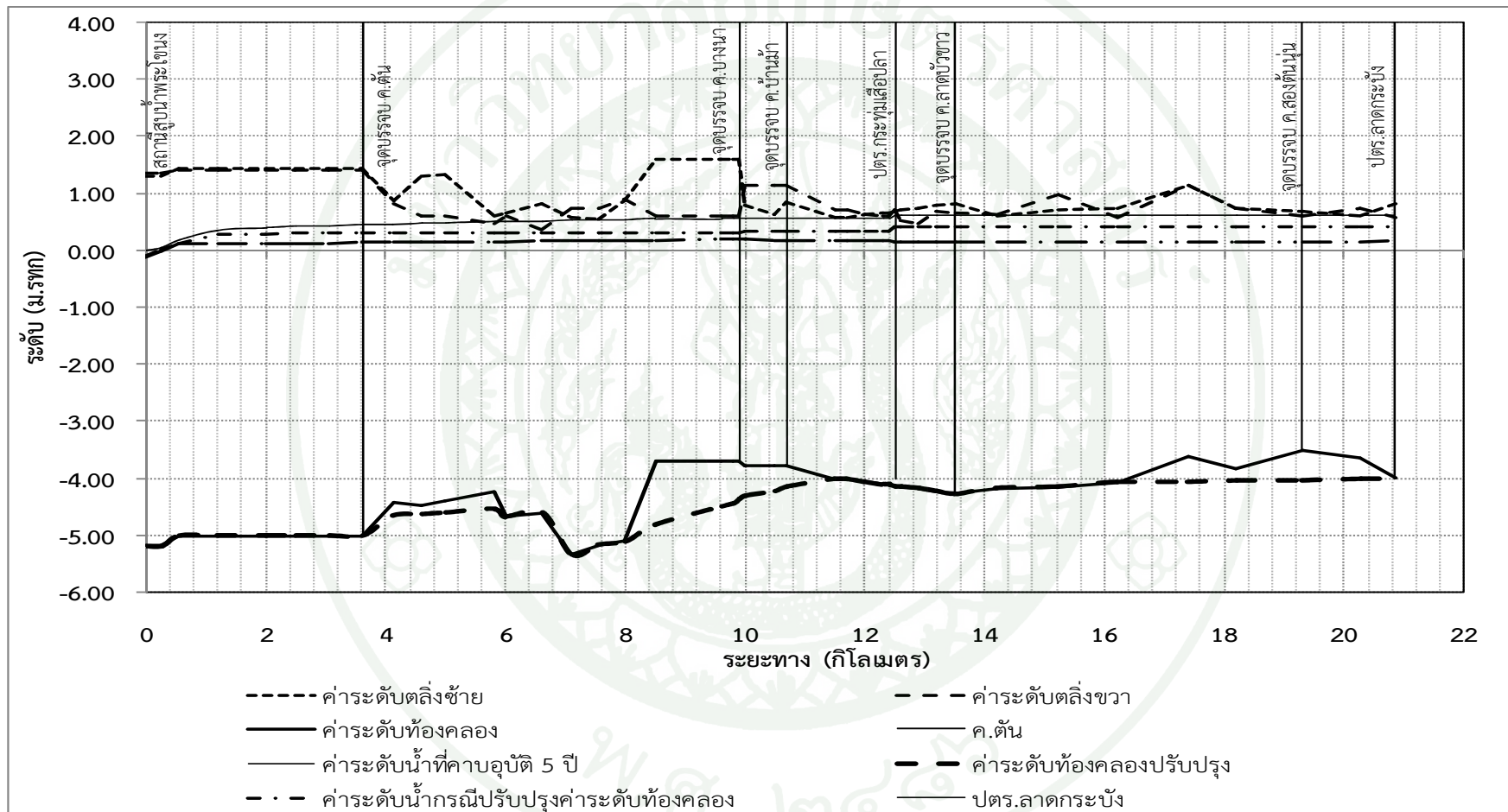
ภาพที่ 73 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปีในคลองบางชันพระยาสุเรนทร์ ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



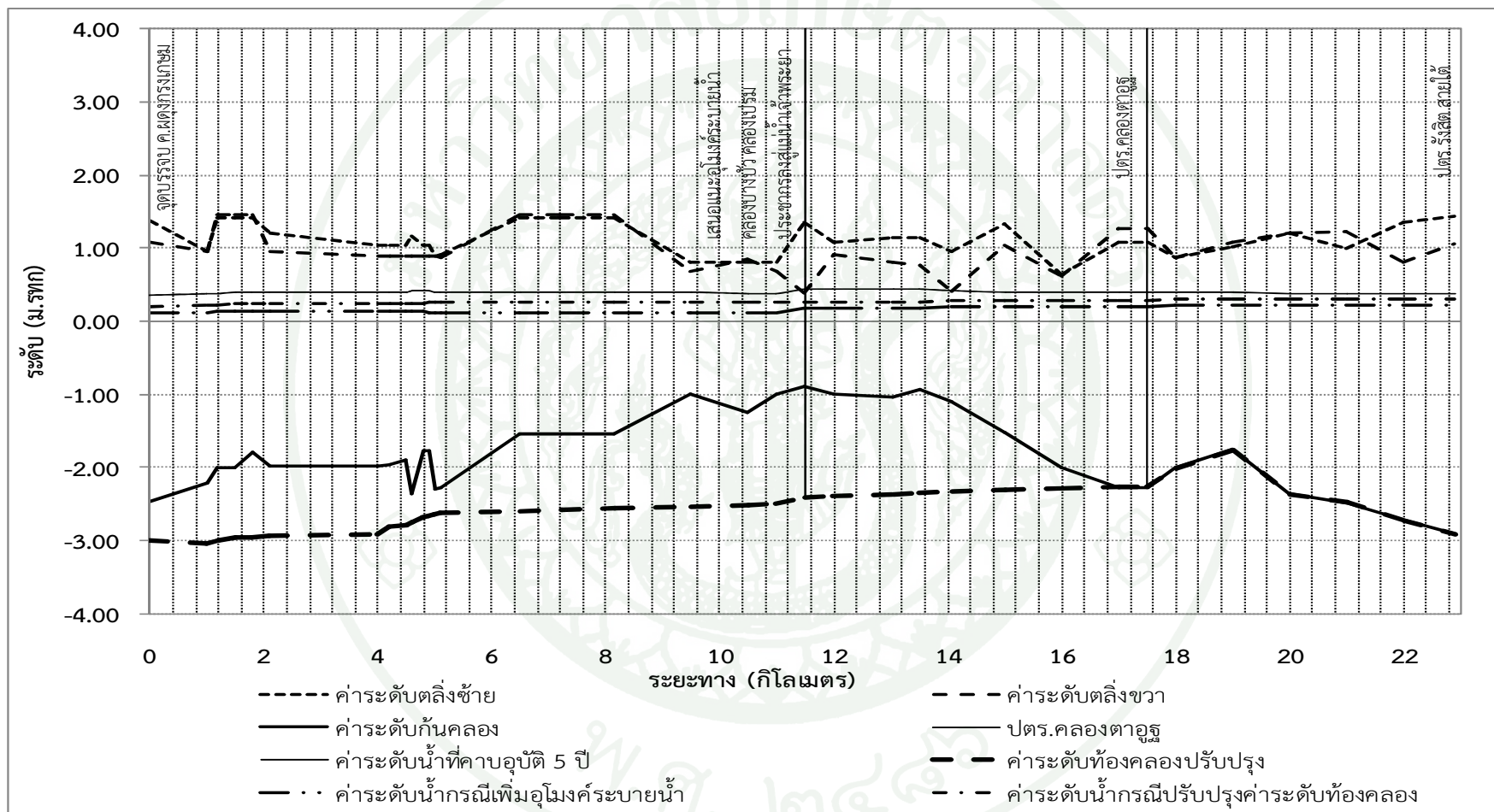
ภาพที่ 74 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปีในคลองบางเขน ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



ภาพที่ 75 ระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปีในคลองสามเสน ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



ภาพที่ 77 ระดับน้ำที่คาบอูบตี 5 ปีในคลองพระโขนง ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง



ภาพที่ 78 ระดับน้ำที่คาบอับติ 5 ปีในคลองเปรมประชากร ที่เกิดจากการปรับปรุงระบบระบายน้ำที่ได้จากแบบจำลอง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. จากการเปรียบเทียบแบบจำลองระบบระบายน้ำด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ในช่วงระหว่างวันที่ 6-20 ตุลาคม พ.ศ.2554 โดยใช้ข้อมูลอัตราการสูบน้ำจริงซึ่งพบว่าอัตราการไหลของน้ำในคลองระบายน้ำปทุมภูมิบริเวณสถานีสูบน้ำมีค่าอยู่ในพิสัยประมาณ 50% ถึง 80% ของขีดความสามารถในการสูบน้ำสูงสุดของสถานีสูบน้ำ และพบว่า สามารถคำนวณระดับน้ำได้ใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำที่วัดจากสนามจำนวน 6 สถานี คือ สถานีวัดระดับน้ำบางบัว (E04) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดพร้าว (E12) สถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำแสนแสบตอนคลองบางชัน (E11) สถานีวัดระดับน้ำสามเสน (E16) สถานีวัดระดับน้ำแสนแสบตอนคลองตัน (E19) และสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำกระทู้มเสือปลา (E22) โดยมีค่าความแตกต่างของระดับน้ำที่ตรวจวัดและระดับน้ำที่คำนวณได้เฉลี่ยอยู่ในพิสัยระหว่าง 0.00 -0.20 ม. และ ซึ่งค่าความแตกต่างของระดับน้ำอยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้และสามารถที่จะนำแบบจำลองพฤติกรรมระบบระบายน้ำ HEC-RAS ไปใช้ในการวิเคราะห์ขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปทุมภูมิในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานครต่อไปได้

2. การประเมินขีดความสามารถของระบบระบายน้ำปทุมภูมิกรณีฝนไม่ตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกอย่างเดียว

กรณีคลองสายหลักรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 50 60 และ 70 ลบ.ม/วินาที/ประตูระบายน้ำ ผ่านประตูระบายน้ำ 4 ประตู คือ ประตูระบายน้ำคลองสองสายใต้ ประตูระบายน้ำพระยาสุเรนทร์ ประตูระบายน้ำแสนแสบมีนบุรี และประตูระบายน้ำลาดกระบัง พบว่าเมื่อระบบระบายน้ำปทุมภูมิลำรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 50 ลบ.ม/วินาที/ประตูระบายน้ำ ค่าระดับน้ำสูงสุดอยู่ในช่วง 0.00 ถึง 1.00 เมตร (รทก.) สามารถรองรับน้ำจากภายนอกได้โดยไม่เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 55 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด และเมื่อเปลี่ยนอัตราการไหลคงที่ให้เป็น 60 ลบ.ม/วินาที/ประตูระบายน้ำ ค่าระดับน้ำสูงสุดมีค่าสูงขึ้นประมาณ 0.05 ถึง 0.20 เมตร เมื่อเทียบกับระดับน้ำที่อัตราการไหลคงที่ 50 ลบ.ม/วินาที/ประตูระบายน้ำ โดยมีค่าระดับน้ำอยู่ระหว่าง 0.15 ถึง 1.25 เมตร (รทก) โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 60 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด จึงทำให้เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่งในช่วงคลองคลองจั่น-

หลุมไผ่ คลองลำผักชี คลองลาดบัวขาว และคลองบ้านม้า เนื่องจากคลองเหล่านี้มีสภาพตื้นเป็นช่วงๆ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำในภาพรวม และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำที่รับเข้าทางตอนเหนือของพื้นที่เป็นอัตราการไหลคงที่ 70 ลบ.ม/วินาที/ประตูระบายน้ำ โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 60 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด จะทำให้เกิดสถานะน้ำล้นตลิ่งเพิ่มขึ้นจากคลองดังกล่าว ได้แก่ ในช่วงคลองแสนแสบบริเวณถนนเสรีไทย คลองลาดพร้าวบริเวณซอยเสนานิคม และซอยพหลโยธิน 32 คลองบางชันพระยาสุเรนทร์ บริเวณวงศกรซอย 10 และโรงเรียนหนองระแหง คลองพระโขนงบริเวณซอยลาดกระบัง 1 โรงเรียนวัดลานนาบุญ ศูนย์บริการสาธารณสุข 45 คลองบางซื่อช่วงระหว่างจุดตัดถนนวิภาวดีถึงจุดตัดถนนพหลโยธิน และบริเวณตึก ESSO และคลองบางเขนบริเวณถนนวิภาวดีช่วงบริษัท ยาคุลท์ จำกัด ซึ่งหากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของคลองดังกล่าวโดยการขุดลอกท้องคลองที่ตื้นเขินก็จะสามารถลดระดับน้ำในคลองลดลงได้และรับน้ำจากภายนอกได้มากขึ้น

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำปฐมภูมิกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่

จากผลการประเมินระบบระบายน้ำปฐมภูมิด้วยฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 และ 5 ปีให้ตกครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษา พบว่าสำหรับพายุฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปี คลองระบายน้ำปฐมภูมิส่วนใหญ่ไม่เกิดสถานะน้ำล้นตลิ่ง แต่ระดับน้ำสูงสุดในคลองระบายน้ำปฐมภูมิของบางพื้นที่มีระดับน้ำต่ำกว่าระดับตลิ่งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งหมายถึงอาจเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำภายในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 60 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด และสำหรับฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 5 ปี จะมีค่าระดับน้ำสูงสุดในระบบสูงกว่าค่าระดับผิวดินเฉลี่ยซึ่งจะทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่งในบางพื้นที่ ลักษณะเช่นนี้จะส่งผลกระทบต่อระบบระบายน้ำทุกขุมได้ โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 65 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบระบายน้ำปฐมภูมิในปัจจุบันมีขีดความสามารถที่จะรองรับพายุฝนที่คาบอุบัติ 2 ปีได้อย่างปลอดภัย

4. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำปฐมภูมิกรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่บางส่วน

ผลการประเมินระบบระบายน้ำปฐมภูมิด้วยฝนออกแบบที่คาบอุบัติ 2 ปีและรับน้ำจากภายนอกด้วยอัตราการไหลคงที่ 10 ลบ.ม/วินาที/ประตูละบายน้ำผ่านประตูละบายน้ำ 4 ประตู คือ ประตูละบายน้ำคลองสองสายใต้ ประตูละบายน้ำพระยาสุเรนทร์ ประตูละบายน้ำแสนแสบมินบุรี และประตูละบายน้ำลาดกระบัง เข้าภายในพื้นที่ศึกษานั้น พบว่ามีระดับน้ำเพิ่มขึ้นจากการจำลองฝนตกในพื้นที่ที่คาบอุบัติ 2 ปีอยู่ในช่วงประมาณ 0.05 – 0.15 เมตร คลองระบายน้ำส่วนใหญ่สามารถระบายน้ำได้โดยไม่เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่ง โดยเครื่องสูบน้ำทำงานที่ช่วง 65 ถึง 80 % ของความสามารถในการสูบน้ำสูงสุด ดังนั้นคลองระบายน้ำสายหลักกรณีฝนตกในพื้นที่และรับน้ำจากภายนอกเข้าพื้นที่ด้วยอัตราการไหลคงที่ 10 ลบ.ม/วินาที ประตูละบายน้ำรวมทั้งหมด 40 ลบ.ม/วินาที และในคลองจั่น-หลุมไผ่ คลองลำผักชี คลองลาดบัวขาว คลองบ้านม้า มีสภาพต้นเป็นช่วงๆ ซึ่งหากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของคลองดังกล่าวก็จะสามารถลดระดับน้ำในคลองลดลงได้

5. ข้อเสนอแนะการปรับปรุงระบบระบายน้ำในคลองสายหลัก

จากการวิเคราะห์ปัญหาการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษาทำให้ทราบว่าข้อจำกัดของการระบายน้ำนั้นเกิดจากคลองระบายน้ำสายหลักมีสภาพต้นเขินและนอกจากนั้นยังใช้ประโยชน์จากบึงพักน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ไม่ประสิทธิภาพ จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปฐมภูมิโดยสรุปได้ดังนี้

1. ควรมีการปรับปรุงคลองสายหลักทั้งหมดโดยการขุดลอกคลองให้มีระดับความลึกคลองประมาณ 3 เมตร ถึง 5 เมตร และปรับปรุงคลองช่วงต้นที่มีหน้าตัดแคบโดยรูปแบบโครงสร้างพิเศษ เช่น เชือกกันดินริมตลิ่ง

2. ควรมีการปรับปรุงประตูละบายน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบันที่คลองพระโขนง กม. 14+350 คลองแสนแสบ กม.23+250 คลองลาดพร้าว กม.5+250 คลองเปรมประชากร กม.11+300 จะต้องทำการปรับปรุงโดยการขุดลอกท้องคลอง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการระบายน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ชลศาสตร์การระบายน้ำของคลองระบายน้ำปฐมภูมิในภาพรวมดีขึ้น

3. เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำตามแผนของสำนักการระบายน้ำ เพื่อช่วยเร่งระบายน้ำจากคลองลาดพร้าว คลองเปรมประชากรและคลองบางซื่อ และช่วยป้องกันพื้นที่กรุงเทพชั้นในและชั้นกลาง โดยเสนอแนะไว้ 3 แห่ง ได้แก่ อุโมงค์ระบายน้ำจากคลองบางบัว คลองเปรมประชากร ลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 60 ลบ.เมตร/วินาที อุโมงค์ระบายน้ำใต้คลองบางซื่อ คลองลาดพร้าวลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 60 ลบ.เมตร/วินาที และอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงหนองบอนลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 60 ลบ.เมตร/วินาที

ซึ่งจากการปรับปรุงดังกล่าวสามารถควบคุมระดับน้ำในบริเวณพื้นที่กรุงเทพชั้นในและชั้นกลางส่วนใหญ่ให้มีค่าระดับน้ำ 0.00 ม.รทก ได้ แต่จะมีเฉพาะพื้นที่ห่างไกลจากอุโมงค์ผันน้ำและสถานีสูบน้ำเท่านั้นที่พบว่ามีค่าระดับน้ำสูงกว่าระดับ 0.00 ม.รทก และคลองระบายน้ำสายหลักสามารถรองรับน้ำจากภายนอกเดิมรับน้ำผ่านประตูระบายน้ำ 4 ประตูได้รวม 40 ลบ.เมตร/วินาที เพิ่มขึ้นเป็น 60 ลบ.เมตร/วินาที เนื่องจากขีดความสามารถของคลองระบายน้ำเองที่สามารถขนส่งน้ำไปยังสถานีสูบน้ำหรืออุโมงค์ระบายน้ำได้น้อยจึงทำให้ระดับในช่วงคลองที่พื้นที่ห่างไกลจากอุโมงค์ผันน้ำและสถานีสูบน้ำมีค่าระดับน้ำไม่ลดลงมากนัก

จากผลการวิเคราะห์กรณีศึกษาต่างๆสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงน้ำแก้มลิงมาใช้เป็นสวนสาธารณะ เช่น สวนน้ำบึงกุ่ม และสวนน้ำลำพังพวย ซึ่งภารกิจย้ายจากสำนักการระบายน้ำไปอยู่ที่สำนักสวัสดิการสังคม โดยมีข้อห้ามไม่ให้ปล่อยน้ำเสียลงสู่สวนน้ำเป็นอันตราย และทำให้การบริหารจัดการน้ำโดยการลดระดับน้ำในบึงลงเพื่อรองรับน้ำฝนที่ตกไม่สามารถทำได้ เนื่องจากทำให้สวนขาดความสวยงาม สภาพแก้มลิงจึงกลายเป็นเพียงบึงในสวน ไม่มีส่วนช่วยเพิ่มขีดความสามารถของระบบระบายน้ำได้ ในอนาคตควรมีการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้ใช้ประโยชน์จากบึงพักน้ำได้เต็มประสิทธิภาพ

2. ในการปรับปรุงระบบระบายน้ำปทุมภูมิจะต้องพิจารณาภาพรวมทั้งระบบเนื่องจากมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ใช่พิจารณาแต่เพียงอัตราการระบายน้ำออกและแหล่งพักน้ำโดยไม่คำนึงถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ของคลองระบายน้ำ เนื่องจากคลองระบายน้ำทำหน้าที่ลำเลียงน้ำมายังสถานีสูบน้ำ อุโมงค์ผันน้ำ และบึงพักน้ำ ซึ่งถ้าระบบขนส่งน้ำใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว สถานีสูบน้ำ อุโมงค์ผันน้ำ และบึงพักน้ำ ก็สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสูงและมีการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ขึ้นมากมาย และมีการขยายตัวของชุมชนต่างๆ ดังนั้นจึงควรควบคุมการใช้ที่ดิน และมีการศึกษาประเมินประสิทธิภาพการระบายน้ำของพื้นที่ดังกล่าวกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5-10 ปีข้างหน้า เพื่อจะได้เตรียมการรองรับกับเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ และนำไปวางแผนแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้ทั่วไป
2. ควรที่จะมีการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมในกรณีที่จะรองรับน้ำจากด้านตะวันออกไหลบ่าเข้าพื้นที่กรุงเทพมหานครและนำไปวางแผนรองรับเหตุการณ์ในอนาคตได้
3. ชุดข้อมูลที่น่ามาเปรียบเทียบมีเพียงค่าระดับน้ำเท่านั้น หากมีการติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในระบบคลองสายหลัก เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาระบบระบายน้ำให้ดียิ่งขึ้น และจะทำให้การเปรียบเทียบมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
4. ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำฝน-น้ำท่า ในพื้นที่ชุมชนของกรุงเทพมหานคร โดยจัดทำพื้นที่ทดลอง (Test Catchment) พร้อมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า อันมีผลมาจากการขยายตัวของชุมชน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ที่ถูกต้องยิ่งขึ้น และยังสามารถนำมาพิจารณาวางแผนออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วมในอนาคตได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัญญา โพธิพิฑู. 2536. การศึกษาฝนในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และ ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. 2529. การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำของมหานคร. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยยุทธ เจียรพนินันท์. 2536. การประเมินประสิทธิภาพระบบระบายน้ำทุดิภูมิภาคของพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท เนคโก้ คอนซัลแตนท์ จำกัด บริษัท วอเตอร์ ดีเวลลอปเม้นท์ คอนซัลเท็นส์ จำกัด และบริษัท แสปน จำกัด. 2538. โครงการ การศึกษา สำรวจ จัดทำแผนหลัก ระบบรองรับพื้นฐานและออกแบบเบื้องต้น ระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบระบายน้ำ ในพื้นที่ชานเมืองด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร (ESUB). สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

บริษัท วอเตอร์ ดีเวลลอปเม้นท์ คอนซัลเท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. 2541. โครงการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่สุขุมวิท. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

บริษัท วอเตอร์ ดีเวลลอปเม้นท์ คอนซัลเท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. 2543. โครงการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่บางกะปิ. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

บริษัท วอเตอร์ ดีเวลลอปเม้นท์ คอนซัลเท็นส์ กรุ๊ป จำกัด. 2547. โครงการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตพระนคร ป้อมปราบฯ สัมพันธวงศ์ ปทุมวัน บางรัก สาทร ยานนาวา และบางส่วนของเขตบางคอแหลม. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

บริษัท วอเตอร์ ดีเวลล์ฟเมนต์ คอนซัลแตนท์ กรุ๊ป จำกัด. บริษัท ฮาลโครว์ ฟีดไอ จำกัด 2550.
โครงการสำรวจออกแบบ และจัดทำระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตพญาไท ดินแดง และห้วย
ขวาง. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

วัชรินทร์ จันทรโสม. 2547. การศึกษาความสัมพันธ์การเปลี่ยนน้ำ ฝนเป็นน้ำท่าในพื้นที่ชุมชนของ
กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สราวุธ ชีวะประเสริฐ. 2535. แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับระบบระบายน้ำปฐมภูมิใน
กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมปอง มังคละวิรัช. 2544. การประเมินผลกระทบของการพัฒนาระบบพื้นที่ปิดล้อมย่อยต่อ
ประสิทธิผลของระบบระบายน้ำปฐมภูมิในพื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานครด้วย
แบบจำลอง ISIS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. 2552. ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน. แหล่งที่มา:
<http://www.dds.bma.go.th>, 1 ตุลาคม 2555.

สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. 2555. แผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม
กรุงเทพมหานคร. สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

Chow, V.T. 1988. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill International editions, New York.

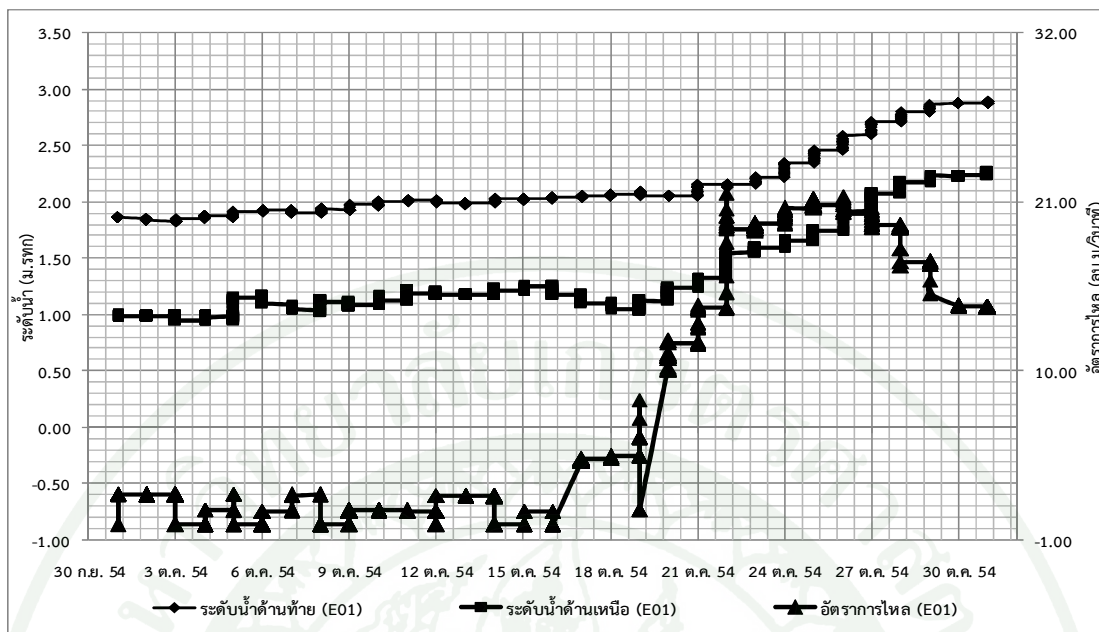




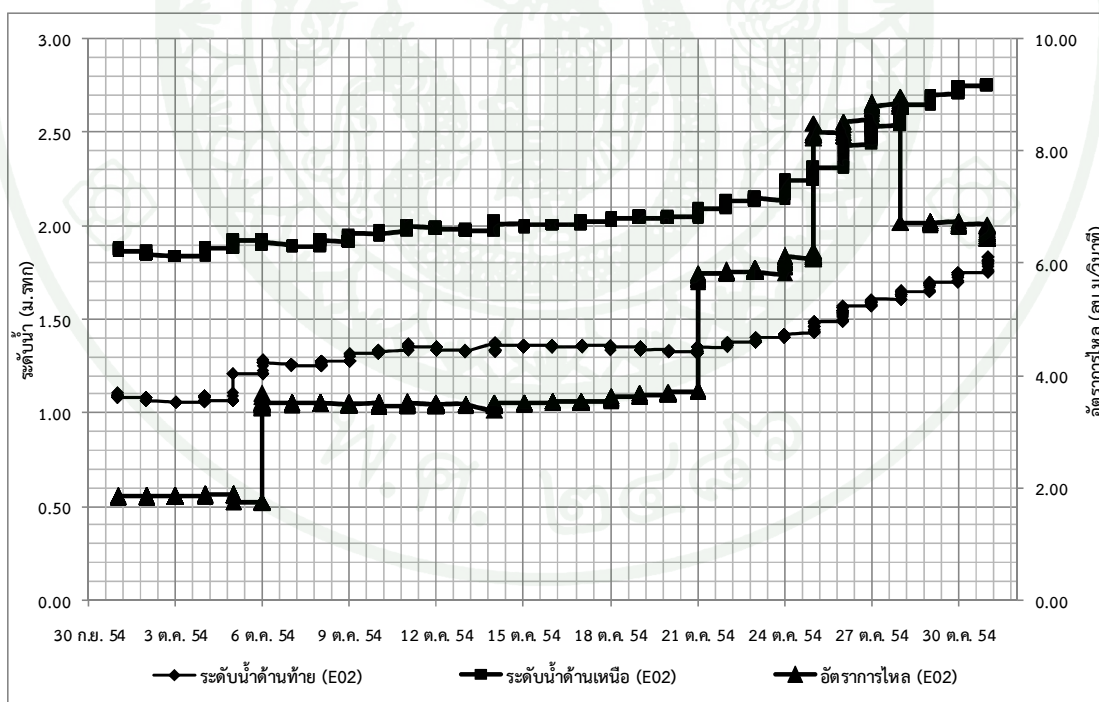
ภาคผนวก ก

ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล

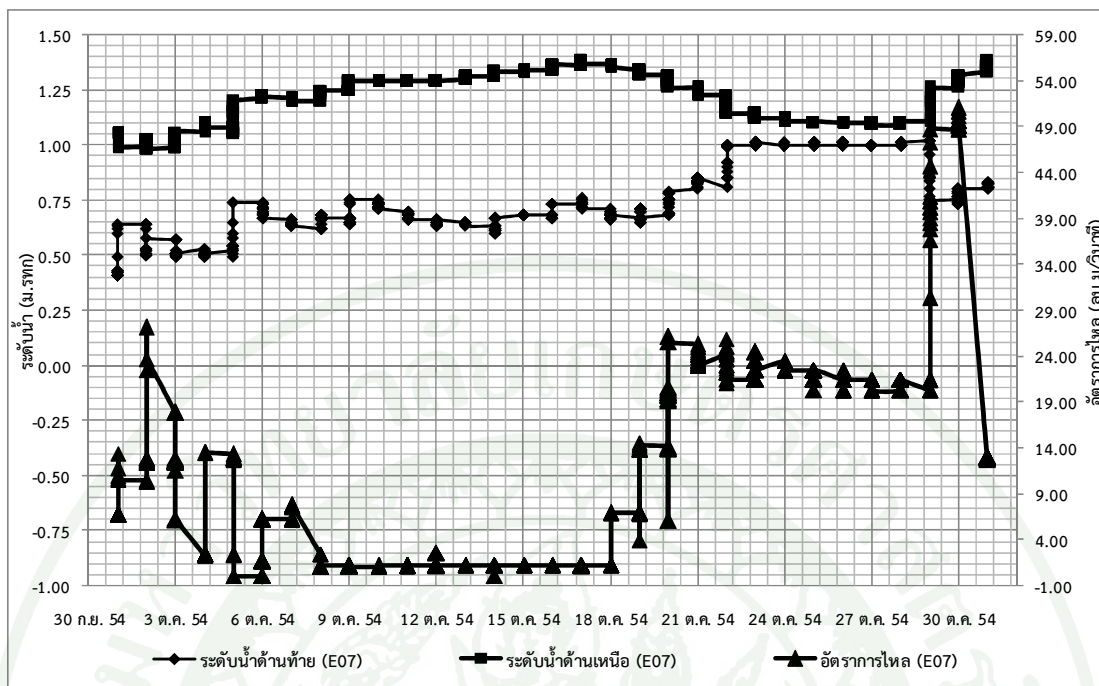
บริเวณสถานีขี้ออบทางด้านเหนือและท้ายน้ำของระบบระบายน้ำปทุมธานี



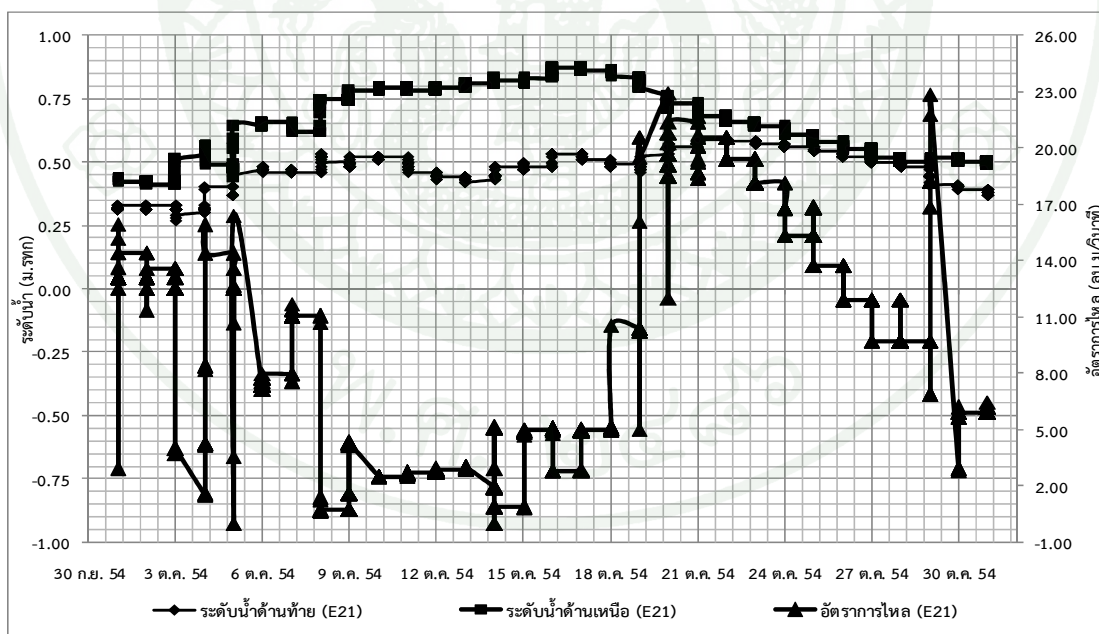
ภาพผนวกที่ ก1 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำสองใต้ (E01)



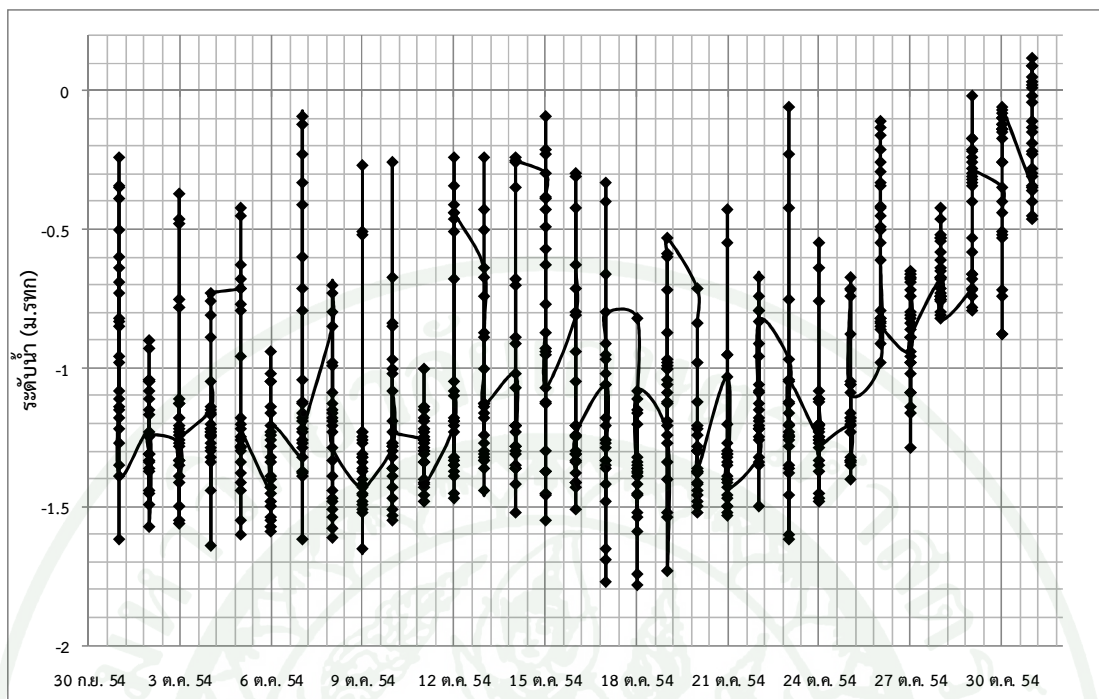
ภาพผนวกที่ ก2 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำพระยาสุเรนทร์ (E02)



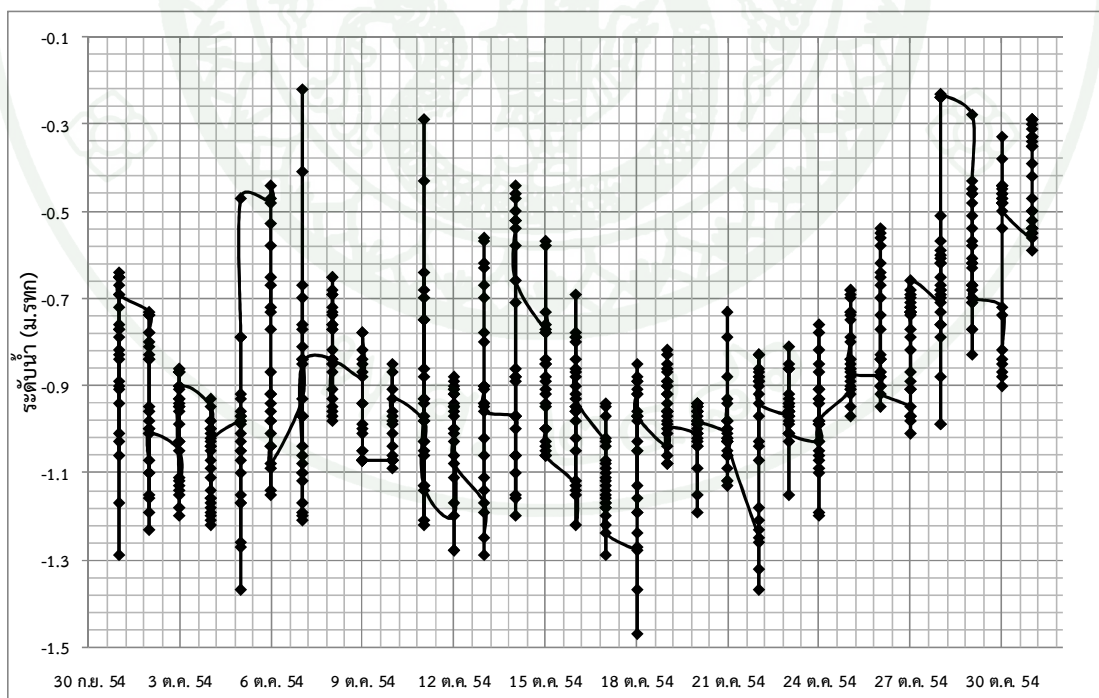
ภาพผนวกที่ ก3 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำมินบุรี (E07)



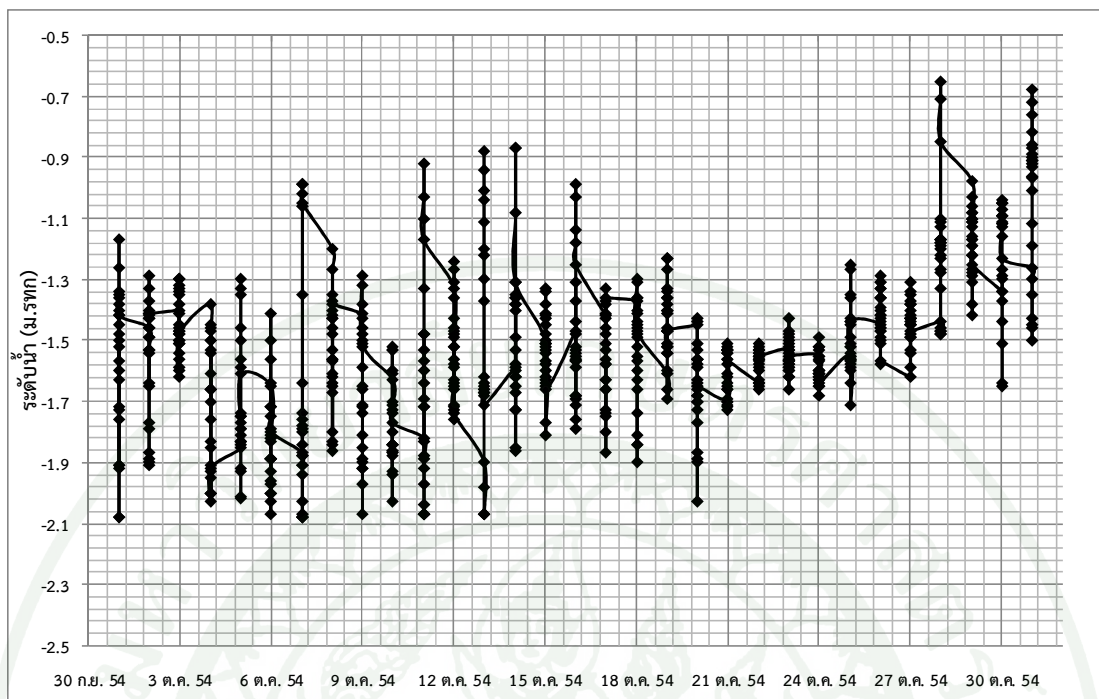
ภาพผนวกที่ ก4 ระดับน้ำและอัตราการไหลของสถานีวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำลาดกระบัง (E21)



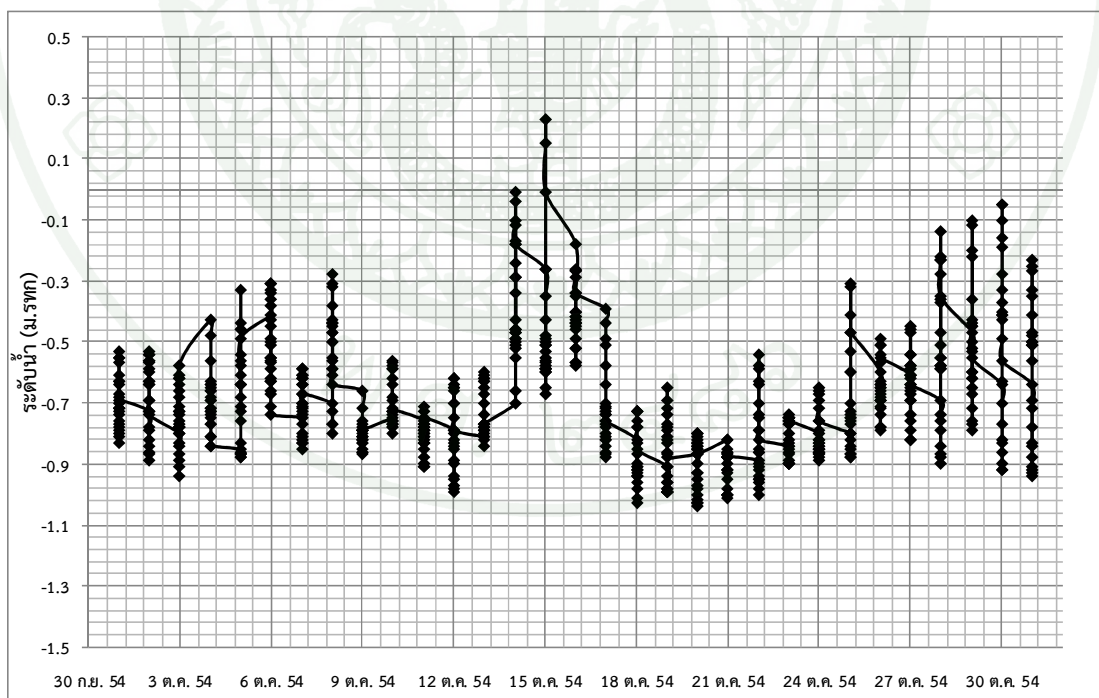
ภาพผนวกที่ ๕ ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำบางเขนใหม่ (E08)



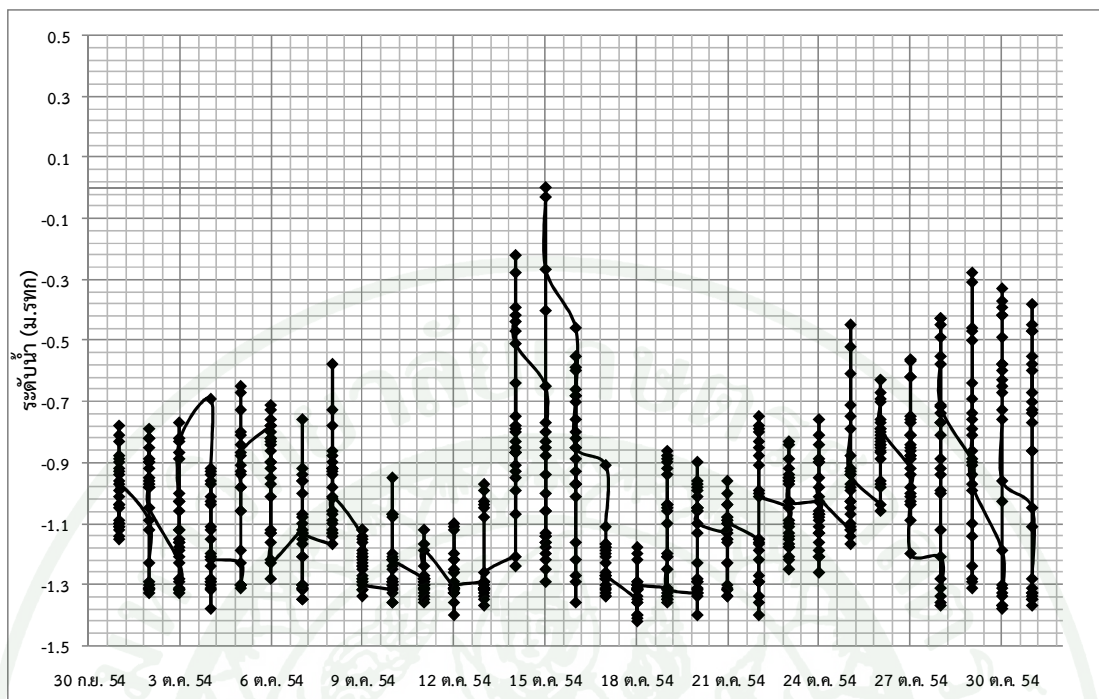
ภาพผนวกที่ ๖ ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำบางซื่อ (E10)



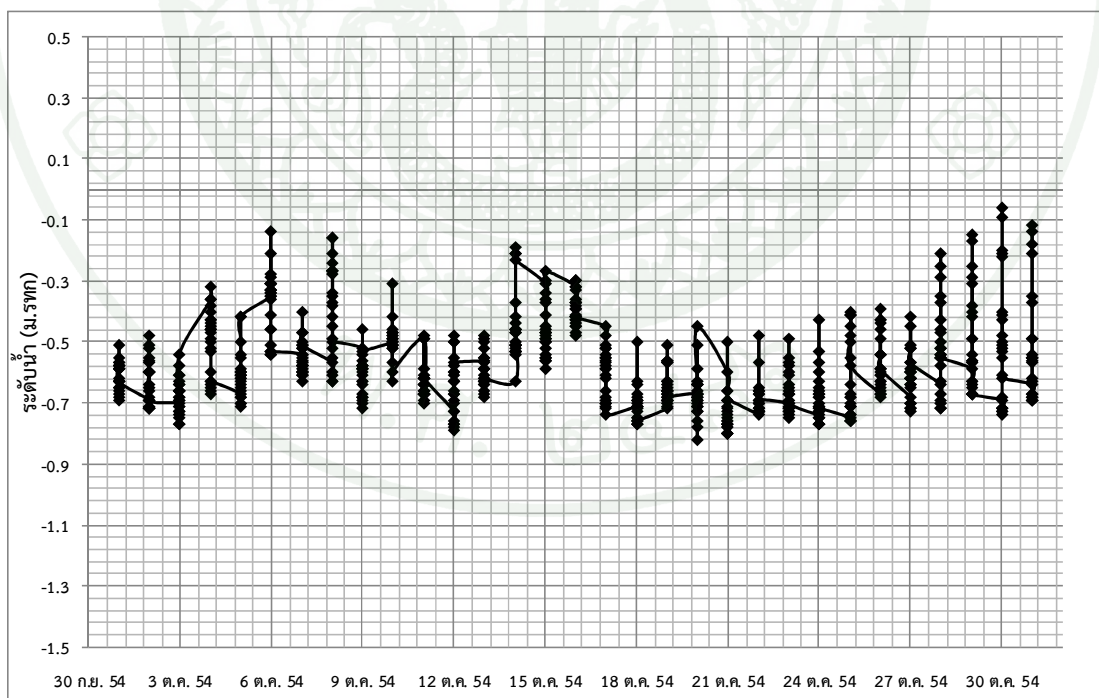
ภาพผนวกที่ ก7 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำสามเสน (E13)



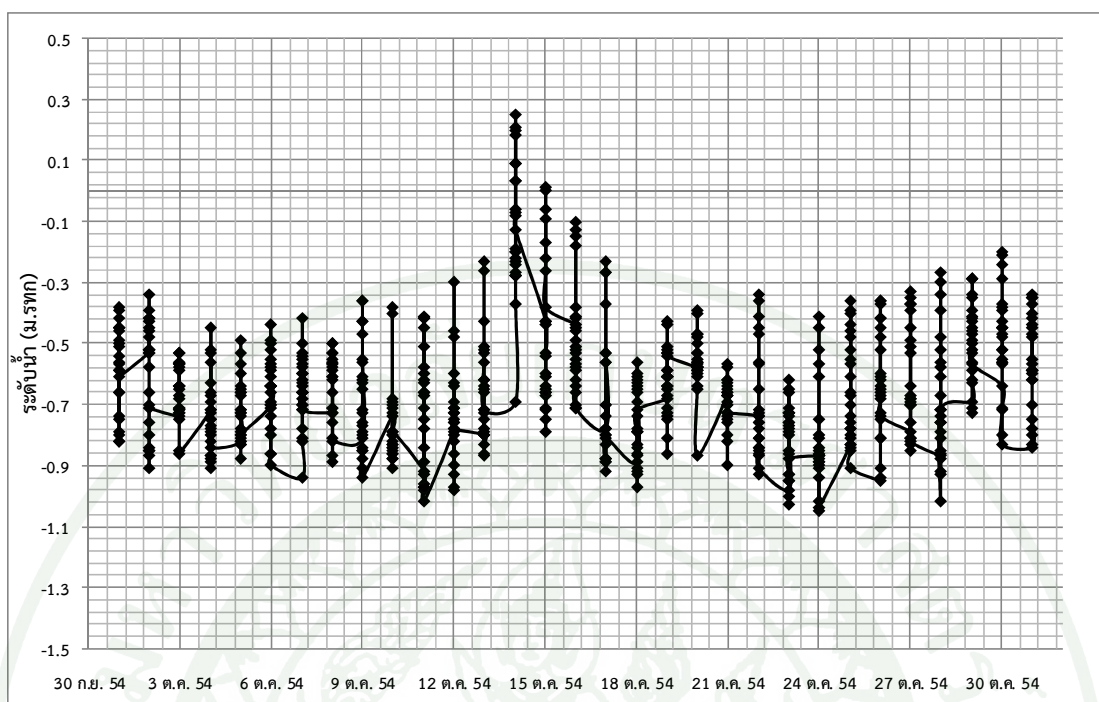
ภาพผนวกที่ ก8 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำเทเวศน์ (E15)



ภาพผนวกที่ ก9 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำกรงเกษม (E20)



ภาพผนวกที่ ก10 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำพระโขนง (E26)



ภาพผนวกที่ ก11 ระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำบางนา (E31)



ภาคผนวก ข

ผลวิเคราะห์ค่าระดับน้ำด้วยแบบจำลองในระบบระบายน้ำปทุมธานี

ตารางผนวกที่ ข1 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองแสนแสบ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	1.76	1.87	-2.85	0.08	0.08	0.10	0.07	0.10
0+550	1.93	1.93	-2.70	0.09	0.09	0.10	0.07	0.11
1+210	1.26	1.58	-2.25	0.10	0.10	0.11	0.08	0.13
1+750	1.27	1.47	-2.60	0.11	0.11	0.12	0.08	0.15
3+050	1.09	0.88	-2.81	0.11	0.12	0.13	0.09	0.16
3+491	1.13	0.99	-2.75	0.14	0.14	0.15	0.10	0.19
3+932	1.17	1.10	-2.44	0.16	0.16	0.17	0.10	0.22
4+020	1.18	1.12	-2.40	0.16	0.16	0.18	0.11	0.22
4+710	1.16	0.72	-2.55	0.17	0.17	0.19	0.11	0.24
5+330	1.49	1.39	-2.30	0.18	0.18	0.20	0.11	0.25
6+000	0.65	0.60	-2.76	0.19	0.19	0.20	0.12	0.26
7+300	1.22	1.07	-2.87	0.20	0.20	0.21	0.12	0.26
8+390	1.25	1.05	-3.48	0.20	0.20	0.21	0.12	0.26
8+395	1.25	1.05	-3.48	0.24	0.24	0.24	0.12	0.30
8+396	1.25	1.05	-3.48	0.25	0.25	0.25	0.12	0.31
8+397	1.25	1.05	-3.48	0.27	0.27	0.27	0.13	0.33
8+399	1.25	1.05	-3.48	0.30	0.30	0.30	0.13	0.36
8+400	1.25	1.05	-3.48	0.30	0.30	0.30	0.13	0.36
8+500	1.25	1.05	-3.48	0.31	0.31	0.31	0.14	0.40
8+600	1.25	1.05	-3.48	0.33	0.33	0.33	0.14	0.42
8+781	1.25	1.05	-3.48	0.38	0.38	0.38	0.20	0.52
9+900	1.01	1.01	-3.72	0.38	0.38	0.38	0.20	0.52

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
10+230	1.25	1.35	-4.03	0.42	0.42	0.45	0.24	0.59
10+740	0.63	0.54	-3.98	0.44	0.44	0.47	0.26	0.61
11+000	0.79	1.04	-3.94	0.46	0.46	0.51	0.28	0.64
12+190	0.74	0.46	-3.96	0.48	0.48	0.55	0.30	0.68
12+600	1.10	1.14	-3.23	0.49	0.50	0.58	0.31	0.70
13+680	0.67	0.6	-3.23	0.49	0.50	0.58	0.31	0.7
14+050	1.58	0.56	-3.2	0.49	0.50	0.59	0.32	0.71
14+930	0.56	0.67	-3.37	0.50	0.50	0.63	0.34	0.72
16+100	0.94	0.94	-3.6	0.48	0.49	0.71	0.37	0.75
16+700	0.56	0.83	-3.14	0.46	0.47	0.74	0.38	0.76
16+807	0.50	0.60	-3.17	0.46	0.47	0.75	0.38	0.76
16+913	0.49	0.58	-3.21	0.46	0.46	0.76	0.38	0.77
17+020	0.57	0.65	-3.24	0.45	0.46	0.77	0.39	0.77
17+550	1.00	1.37	-2.73	0.45	0.46	0.77	0.39	0.77
18+680	1.29	1.44	-2.72	0.46	0.53	0.87	0.42	0.8
19+070	0.69	0.79	-2.71	0.46	0.58	0.94	0.44	0.82
20+200	0.69	0.79	-2.71	0.46	0.61	1.00	0.45	0.84
20+500	1.09	1.06	-2.86	0.48	0.65	1.06	0.47	0.86
21+440	1.52	1.12	-2.86	0.51	0.70	1.13	0.49	0.88
22+000	0.74	1.14	-3.52	0.54	0.75	1.20	0.51	0.90
22+080	0.74	1.14	-3.52	0.55	0.75	1.21	0.51	0.90
22+160	0.74	1.14	-3.52	0.55	0.76	1.21	0.51	0.90
22+200	0.74	1.14	-3.52	0.55	0.76	1.21	0.51	0.90

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
22+240	0.74	1.14	-3.52	0.55	0.76	1.22	0.52	0.9
22+320	0.74	1.14	-3.52	0.55	0.77	1.22	0.52	0.9
22+400	0.74	1.14	-3.52	0.56	0.77	1.23	0.52	0.9
22+480	0.74	1.14	-3.52	0.56	0.77	1.23	0.52	0.9
22+560	0.74	1.14	-3.52	0.56	0.78	1.24	0.52	0.91
22+590	0.74	1.14	-3.52	0.57	0.79	1.25	0.52	0.91
22+595	0.74	1.14	-3.52	0.57	0.79	1.25	0.52	0.91
22+600	0.74	1.14	-3.55	0.87	0.84	1.31	0.52	0.91
22+650	0.74	1.14	-3.52	0.87	0.89	1.32	0.53	0.91
22+700	0.74	1.14	-3.52	0.88	0.90	1.34	0.53	0.91
22+850	0.74	1.14	-3.52	0.88	0.91	1.35	0.54	0.91
23+000	0.74	1.14	-3.52	0.88	0.92	1.35	0.54	0.91
23+300	0.74	1.14	-3.52	0.89	0.92	1.35	0.54	0.91
23+500	1.39	1.69	-1.62	0.89	0.92	1.35	0.54	0.91
23+960	1.25	0.88	-2.4	0.90	0.92	1.37	0.54	0.91
25+150	1.31	0.81	-1.89	0.93	0.93	1.43	0.54	0.91
25+650	1.27	1.47	-1.63	0.94	0.97	1.44	0.54	0.91
26+720	1.73	1.21	-1.77	0.94	0.98	1.44	0.54	0.91
27+140	1.43	0.68	-3.22	0.97	0.98	1.47	0.54	0.91
27+910	1.47	1.47	-2.59	0.98	1.01	1.49	0.54	0.91
28+200	1.38	1.46	-1.99	1.00	1.02	1.51	0.54	0.91
28+600	1.33	1.33	-1.97	1.09	1.04	1.52	0.54	0.91

ตารางผนวกที่ ข2 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีการปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองแสนแสบ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-3.50	0.19	0.09	0.09	0.09
0+550	-3.50	0.19	0.10	0.10	0.10
1+210	-3.50	0.20	0.10	0.10	0.10
1+750	-3.50	0.20	0.11	0.11	0.11
3+050	-3.49	0.21	0.12	0.12	0.12
3+491	-3.49	0.22	0.13	0.13	0.13
3+932	-3.49	0.22	0.15	0.15	0.15
4+020	-3.49	0.23	0.16	0.16	0.15
4+710	-3.49	0.23	0.17	0.17	0.17
5+330	-3.49	0.23	0.18	0.18	0.18
6+000	-3.48	0.24	0.19	0.19	0.19
7+300	-3.48	0.24	0.20	0.20	0.19
8+390	-3.48	0.24	0.20	0.20	0.19
8+395	-3.48	0.24	0.24	0.24	0.23
8+396	-3.48	0.24	0.25	0.25	0.24
8+397	-3.48	0.25	0.27	0.27	0.26
8+399	-3.48	0.25	0.31	0.31	0.29
8+400	-3.48	0.25	0.31	0.31	0.29
8+500	-3.48	0.26	0.32	0.32	0.33
8+600	-3.48	0.26	0.33	0.34	0.35
8+781	-3.48	0.32	0.39	0.40	0.45
9+900	-3.72	0.32	0.39	0.40	0.45

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
10+230	-4.03	0.36	0.43	0.43	0.52
10+740	-3.98	0.38	0.44	0.45	0.54
11+000	-3.94	0.40	0.46	0.47	0.57
12+190	-3.96	0.42	0.48	0.48	0.61
12+600	-3.23	0.43	0.49	0.49	0.63
13+680	-3.23	0.43	0.49	0.49	0.63
14+050	-3.20	0.44	0.49	0.49	0.64
14+930	-3.37	0.46	0.49	0.49	0.65
16+100	-3.60	0.49	0.47	0.47	0.68
16+700	-3.14	0.50	0.45	0.45	0.69
16+807	-3.17	0.50	0.44	0.44	0.69
16+913	-3.21	0.50	0.44	0.44	0.70
17+020	-3.24	0.51	0.43	0.43	0.70
17+550	-3.00	0.51	0.43	0.43	0.70
18+680	-3.00	0.54	0.44	0.44	0.73
19+070	-3.00	0.56	0.44	0.44	0.75
20+200	-3.00	0.57	0.44	0.44	0.77
20+500	-3.00	0.59	0.43	0.44	0.79
21+440	-3.00	0.61	0.43	0.43	0.81
22+000	-3.52	0.63	0.42	0.43	0.83
22+080	-3.52	0.63	0.42	0.42	0.83
22+160	-3.52	0.63	0.42	0.42	0.83
22+200	-3.52	0.63	0.42	0.42	0.83

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
22+240	-3.52	0.64	0.42	0.42	0.83
22+320	-3.52	0.64	0.42	0.42	0.83
22+400	-3.52	0.64	0.42	0.42	0.83
22+480	-3.52	0.64	0.42	0.42	0.83
22+560	-3.52	0.64	0.42	0.42	0.84
22+590	-3.52	0.64	0.41	0.42	0.84
22+595	-3.52	0.64	0.41	0.42	0.84
22+600	-3.55	0.64	0.48	0.49	0.84
22+650	-3.52	0.65	0.47	0.48	0.84
22+700	-3.52	0.65	0.46	0.47	0.84
22+850	-3.52	0.66	0.45	0.46	0.84
23+000	-3.52	0.66	0.45	0.46	0.84
23+300	-3.52	0.66	0.44	0.45	0.84
23+500	-2.50	0.66	0.44	0.45	0.84
23+960	-2.50	0.66	0.45	0.45	0.84
25+150	-2.50	0.66	0.46	0.47	0.84
25+650	-2.50	0.66	0.47	0.47	0.84
26+720	-2.50	0.66	0.47	0.47	0.84
27+140	-3.22	0.66	0.48	0.48	0.84
27+910	-2.59	0.66	0.49	0.49	0.84
28+200	-2.50	0.66	0.50	0.50	0.84
28+600	-2.50	0.66	0.52	0.52	0.84

ตารางผนวกที่ ข3 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองบางชัน-พระยาสุเรนทร์)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	0.56	0.33	-1.77	0.61	0.70	0.82	0.31	0.61
1+030	0.80	0.73	-1.76	0.63	0.72	0.84	0.31	0.61
1+040	0.80	0.73	-1.74	0.64	0.73	0.85	0.31	0.61
1+050	0.80	0.73	-1.74	0.65	0.73	0.85	0.31	0.61
1+060	0.80	0.73	-1.74	0.66	0.73	0.85	0.31	0.61
1+100	0.80	0.73	-1.84	0.66	0.73	0.85	0.31	0.61
1+130	0.80	0.73	-1.74	0.67	0.75	0.87	0.33	0.63
1+150	0.80	0.73	-1.94	0.68	0.76	0.88	0.33	0.63
1+200	0.80	0.73	-1.74	0.68	0.76	0.88	0.33	0.63
1+500	1.82	1.01	-1.75	0.69	0.81	0.93	0.35	0.65
2+300	1.78	1.48	-1.27	0.69	0.92	1.04	0.35	0.65
2+400	1.78	1.48	-1.30	0.69	0.94	1.06	0.35	0.65
2+500	1.07	1.30	-1.74	0.70	0.85	0.97	0.35	0.65
2+600	1.78	1.48	-1.27	0.70	0.95	1.07	0.35	0.65
2+700	1.78	1.48	-1.27	0.70	0.96	1.08	0.35	0.65
2+800	1.78	1.48	-1.27	0.70	0.96	1.08	0.36	0.66
3+000	1.78	1.48	-1.27	0.70	0.97	1.09	0.36	0.66
3+200	1.78	1.48	-2.35	0.70	0.98	1.10	0.36	0.66
3+400	1.56	1.58	-2.32	0.70	0.99	1.11	0.36	0.66
3+500	0.65	0.74	-1.97	0.72	0.88	1.00	0.40	0.70
3+500	1.56	1.58	-2.32	0.72	0.99	1.11	0.40	0.70
4+500	1.34	1.57	-1.72	0.72	0.90	1.02	0.40	0.70

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
5+000	0.41	1.62	-2.09	0.72	0.90	1.02	0.42	0.72
5+600	1.11	0.78	-2.19	0.73	0.91	1.03	0.42	0.72
6+000	1.11	0.78	-2.19	0.73	0.91	1.03	0.42	0.72
7+000	1.05	1.04	-2.56	0.74	0.92	1.04	0.44	0.74
7+500	2.15	1.45	-1.68	0.74	0.92	1.04	0.44	0.74
8+000	1.56	1.58	-2.32	0.74	0.92	1.04	0.44	0.74
8+000	1.56	1.58	-2.32	0.78	0.99	1.11	0.44	0.74
8+100	1.56	1.58	-2.32	0.78	1.00	1.12	0.44	0.74
8+200	1.56	1.58	-2.32	0.78	1.00	1.12	0.44	0.74
8+300	1.56	1.58	-2.32	0.77	1.00	1.12	0.44	0.74
8+400	1.56	1.58	-2.35	0.77	1.01	1.13	0.44	0.74
8+500	1.84	1.9	-2.2	0.77	1.01	1.13	0.44	0.74
10+500	1.16	1.67	-1.75	0.79	1.02	1.14	0.44	0.74
11+650	1.42	1.28	-1.78	0.79	1.03	1.15	0.44	0.74
12+350	0.94	1.32	-2.06	0.79	1.04	1.16	0.44	0.74
13+000	1.27	1.51	-1.81	0.79	1.05	1.17	0.44	0.74
14+500	1.31	1.1	-1.92	0.79	1.07	1.19	0.44	0.74
15+300	1.49	1.34	-1.93	0.79	1.10	1.22	0.44	0.74
16+700	1.42	1.5	-1.69	0.79	1.13	1.25	0.44	0.74
17+400	1.46	1.28	-2.4	0.79	1.18	1.30	0.44	0.74

ตารางผนวกที่ ๔ สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีการปรับปรุงท้องคลอง กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองบางชัน-พระยาสุเรนทร์)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-2.50	0.46	0.34	0.35	0.34
1+030	-2.50	0.46	0.34	0.35	0.34
1+040	-2.50	0.46	0.33	0.35	0.33
1+050	-2.50	0.46	0.33	0.34	0.33
1+060	-2.50	0.46	0.32	0.33	0.32
1+100	-2.50	0.46	0.32	0.33	0.32
1+130	-2.50	0.48	0.32	0.34	0.32
1+150	-2.50	0.48	0.31	0.34	0.31
1+200	-2.50	0.48	0.31	0.34	0.31
1+500	-2.50	0.50	0.33	0.35	0.33
2+300	-2.50	0.50	0.44	0.45	0.44
2+400	-2.50	0.50	0.45	0.45	0.45
2+500	-2.50	0.50	0.35	0.37	0.35
2+600	-2.50	0.50	0.46	0.46	0.46
2+700	-2.50	0.50	0.46	0.46	0.46
2+800	-2.50	0.51	0.47	0.47	0.47
3+000	-2.50	0.51	0.47	0.47	0.47
3+200	-2.50	0.51	0.48	0.48	0.48
3+400	-2.50	0.51	0.48	0.48	0.48
3+500	-2.50	0.55	0.38	0.39	0.38
3+500	-2.49	0.55	0.48	0.48	0.48
4+500	-2.47	0.55	0.39	0.40	0.39

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
5+000	-2.43	0.57	0.40	0.41	0.40
5+600	-2.41	0.57	0.41	0.42	0.41
6+000	-2.37	0.57	0.42	0.43	0.42
7+000	-2.56	0.59	0.43	0.44	0.43
7+500	-2.45	0.59	0.43	0.44	0.43
8+000	-2.32	0.59	0.44	0.45	0.44
8+000	-2.32	0.59	0.48	0.48	0.48
8+100	-2.32	0.59	0.48	0.48	0.48
8+200	-2.32	0.59	0.49	0.49	0.49
8+300	-2.32	0.59	0.49	0.49	0.49
8+400	-2.35	0.59	0.49	0.49	0.49
8+500	-2.20	0.59	0.49	0.49	0.49
10+500	-1.75	0.59	0.50	0.50	0.50
11+650	-1.78	0.59	0.50	0.50	0.50
12+350	-2.06	0.59	0.51	0.51	0.51
13+000	-1.81	0.59	0.52	0.52	0.52
14+500	-1.92	0.59	0.52	0.52	0.52
15+300	-1.93	0.59	0.53	0.53	0.53
16+700	-1.69	0.59	0.54	0.54	0.54
17+400	-2.40	0.59	0.55	0.55	0.55

ตารางผนวกที่ ข5 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองลาดพร้าว)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	0.82	0.94	-2.39	0.38	0.38	0.38	0.13	0.22
0+150	0.55	0.92	-1.79	0.41	0.41	0.41	0.15	0.25
0+200	0.55	0.92	-1.79	0.45	0.45	0.45	0.19	0.30
0+250	0.55	0.92	-1.79	0.47	0.47	0.47	0.22	0.35
0+300	0.55	0.92	-1.79	0.49	0.49	0.49	0.26	0.39
0+500	0.55	0.92	-1.79	0.49	0.49	0.49	0.26	0.39
1+100	0.72	0.35	-1.79	0.53	0.53	0.53	0.28	0.42
1+500	0.51	0.48	-2.04	0.53	0.53	0.53	0.29	0.43
2+000	0.54	1.32	-2.07	0.54	0.54	0.54	0.29	0.43
2+500	1.17	1.24	-2.26	0.54	0.55	0.54	0.30	0.44
2+900	0.73	0.47	-2.26	0.55	0.55	0.55	0.31	0.45
3+500	1.00	0.90	-2.23	0.55	0.55	0.55	0.32	0.46
4+000	0.90	0.37	-2.15	0.55	0.55	0.56	0.33	0.48
4+500	0.90	0.79	-2.31	0.54	0.54	0.57	0.34	0.49
5+100	1.15	1.20	-2.93	0.53	0.53	0.59	0.35	0.50
5+200	1.15	1.20	-2.93	0.53	0.53	0.60	0.36	0.50
5+250	1.15	1.20	-2.93	0.52	0.52	0.61	0.36	0.51
5+260	1.15	1.20	-2.93	0.50	0.52	0.61	0.36	0.51
5+400	1.15	1.20	-2.93	0.50	0.62	0.78	0.43	0.58
5+500	1.15	1.20	-2.93	0.50	0.63	0.79	0.43	0.59
6+300	0.60	0.79	-2.31	0.50	0.63	0.79	0.43	0.59

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
6+500	1.02	1.00	-2.38	0.54	0.68	0.84	0.47	0.63
7+500	0.76	1.09	-2.21	0.61	0.76	0.92	0.53	0.69
8+000	1.40	1.14	-2.74	0.69	0.84	1.00	0.56	0.74
8+700	1.01	0.95	-1.78	0.76	0.92	1.08	0.61	0.80
9+500	0.75	1.42	-2.52	0.87	1.03	1.19	0.66	0.87
10+500	0.41	1.42	-2.23	0.87	1.03	1.19	0.66	0.87
11+000	1.14	1.31	-1.86	0.88	1.04	1.20	0.66	0.87
11+500	1.14	1.31	-1.86	0.89	1.05	1.21	0.67	0.88
12+000	0.99	1.22	-3.14	0.90	1.06	1.22	0.67	0.88
12+100	0.99	1.22	-3.14	0.90	1.07	1.23	0.67	0.88
12+200	0.99	1.22	-3.14	0.91	1.07	1.23	0.67	0.88
12+300	0.99	1.22	-3.14	0.91	1.07	1.24	0.67	0.89
12+400	0.99	1.22	-3.14	0.91	1.08	1.24	0.67	0.89
12+500	1.20	0.76	-2.68	0.91	1.08	1.24	0.67	0.89
13+000	0.67	1.08	-1.55	0.94	1.10	1.27	0.67	0.89
13+500	1.36	1.33	-2.14	0.97	1.13	1.30	0.68	0.89
15+000	1.00	2.32	-1.94	0.99	1.16	1.32	0.68	0.89
15+400	1.08	2.05	-2.07	1.01	1.19	1.35	0.68	0.90
15+450	1.08	2.05	-2.07	1.03	1.21	1.39	0.73	0.90
15+500	1.00	2.32	-1.94	1.05	1.23	1.41	0.73	0.98
15+800	1.15	1.77	-2.19	1.06	1.25	1.43	0.74	0.98
16+200	1.22	1.50	-2.31	1.07	1.26	1.44	0.74	0.98

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
16+600	1.30	1.23	-2.44	1.07	1.26	1.44	0.74	0.99
17+600	1.62	1.49	-2.01	1.10	1.30	2.72	0.74	0.99
18+000	1.83	1.60	-1.86	1.17	1.37	1.48	0.74	0.99
18+388	2.05	1.59	-1.97	1.21	1.42	1.56	0.74	0.99
18+775	2.28	1.58	-2.08	1.24	1.45	1.62	0.74	0.99
19+163	2.50	1.57	-2.19	1.26	1.48	1.66	0.74	0.99
19+550	2.72	1.56	-2.30	1.27	1.50	1.69	0.74	0.99
20+000	1.66	1.40	-2.35	1.29	1.52	1.71	0.74	0.99
20+500	1.67	1.55	-2.34	1.30	1.54	1.73	0.74	0.99
21+000	1.69	1.69	-2.33	1.32	1.55	1.75	0.74	0.99
21+500	1.70	1.84	-2.32	1.33	1.56	1.77	0.74	0.99
21+900	1.60	1.93	-2.27	1.34	1.57	1.78	0.74	0.99
22+300	1.49	2.01	-2.22	1.34	0.00	1.79	0.74	0.99

ตารางผนวกที่ ข6 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีกรณีปรับปรุงท้องคลอง
กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองลาดพร้าว)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-3.00	0.22	0.01	0.11	0.18
0+150	-2.98	0.24	0.03	0.13	0.20
0+200	-2.97	0.28	0.05	0.15	0.37
0+250	-2.94	0.31	0.14	0.24	0.41
0+300	-2.91	0.35	0.14	0.24	0.41
0+500	-2.88	0.35	0.15	0.25	0.41
1+100	-2.85	0.37	0.16	0.26	0.41
1+500	-2.83	0.38	0.17	0.27	0.41
2+000	-2.80	0.38	0.17	0.27	0.41
2+500	-2.77	0.39	0.18	0.28	0.41
2+900	-2.74	0.40	0.20	0.30	0.42
3+500	-2.71	0.41	0.21	0.31	0.42
4+000	-2.68	0.42	0.21	0.31	0.42
4+500	-2.65	0.43	0.22	0.32	0.42
5+100	-2.93	0.44	0.22	0.32	0.43
5+200	-2.93	0.45	0.24	0.34	0.43
5+250	-2.97	0.45	0.24	0.34	0.44
5+260	-2.97	0.45	0.24	0.34	0.44
5+400	-2.96	0.52	0.28	0.38	0.44
5+500	-2.93	0.52	0.30	0.38	0.40
6+300	-2.50	0.52	0.33	0.38	0.40

ตารางผนวกที่ ข6 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
6+500	-2.52	0.56	0.41	0.41	0.47
7+500	-2.50	0.62	0.45	0.43	0.58
8+000	-2.74	0.65	0.48	0.47	0.65
8+700	-2.45	0.70	0.50	0.57	0.72
9+500	-2.43	0.75	0.53	0.58	0.79
10+500	-2.41	0.75	0.53	0.58	0.79
11+000	-2.38	0.75	0.53	0.58	0.79
11+500	-2.36	0.76	0.53	0.58	0.79
12+000	-3.14	0.76	0.54	0.58	0.79
12+100	-3.14	0.76	0.54	0.58	0.79
12+200	-3.14	0.76	0.54	0.58	0.79
12+300	-3.14	0.76	0.53	0.58	0.79
12+400	-3.14	0.76	0.53	0.58	0.79
12+500	-2.68	0.76	0.53	0.58	0.79
13+000	-2.20	0.76	0.54	0.59	0.80
13+500	-2.14	0.77	0.55	0.59	0.81
15+000	-2.00	0.77	0.55	0.59	0.82
15+400	-2.07	0.77	0.56	0.59	0.82
15+450	-2.07	0.82	0.56	0.59	0.82
15+500	-2.11	0.82	0.59	0.61	0.87
15+800	-2.19	0.83	0.59	0.61	0.87
16+200	-2.31	0.83	0.59	0.61	0.88

ตารางผนวกที่ ข6 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
16+600	-2.44	0.83	0.60	0.61	0.88
17+600	-2.01	0.83	0.60	0.61	0.88
18+000	-1.86	0.83	0.60	0.61	0.88
18+388	-1.97	0.83	0.61	0.62	0.89
18+775	-2.08	0.83	0.61	0.62	0.89
19+163	-2.19	0.83	0.62	0.62	0.89
19+550	-2.30	0.83	0.62	0.63	0.89
20+000	-2.35	0.83	0.62	0.63	0.89
20+500	-2.34	0.83	0.63	0.63	0.90
21+000	-2.33	0.83	0.63	0.64	0.90
21+500	-2.32	0.83	0.64	0.64	0.90
21+900	-2.27	0.83	0.64	0.65	0.90
22+300	-2.22	0.83	0.64	0.65	0.90

ตารางผนวกที่ ๗ สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองบางซื่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	1.82	1.34	-2.40	0.07	0.07	0.09	0.52	0.70
0+200	1.69	1.40	-2.80	0.11	0.11	0.26	0.51	0.69
0+450	1.69	1.40	-2.80	0.10	0.10	0.17	0.52	0.70
1+000	1.32	1.82	-2.40	0.18	0.18	0.29	0.53	0.71
2+060	0.85	0.92	-2.94	0.17	0.27	0.46	0.77	0.93
2+580	1.08	0.94	-2.89	0.19	0.29	0.48	0.80	0.97
3+000	0.97	0.87	-2.27	0.22	0.30	0.49	0.82	0.98
3+500	1.00	1.00	-2.44	0.25	0.33	0.52	0.85	1.02
4+000	1.00	1.00	-2.44	0.27	0.35	0.53	0.87	1.04
4+770	1.00	1.00	-2.44	0.30	0.36	0.55	0.89	1.06
6+200	2.64	0.74	-1.47	0.30	0.36	0.55	0.89	1.06
6+391	2.37	0.92	-1.47	0.32	0.40	0.58	0.92	1.10
6+583	2.10	1.10	-1.47	0.34	0.43	0.61	0.95	1.13
6+774	1.83	1.28	-1.47	0.36	0.47	0.64	0.98	1.15
6+966	1.57	1.46	-1.46	0.39	0.51	0.68	1.01	1.19
7+157	1.30	1.64	-1.46	0.42	0.55	0.71	1.05	1.22
7+349	1.03	1.82	-1.46	0.45	0.59	0.75	1.09	1.27
7+540	0.76	2.00	-1.46	0.50	0.63	0.79	1.12	1.29

ตารางผนวกที่ ข8 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีกรณีปรับปรุงท้องคลอง
กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองบางซื่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-3.00	0.31	0.17	0.29	0.17
0+200	-2.90	0.62	0.42	0.53	0.42
0+450	-2.86	0.71	0.48	0.56	0.48
1+000	-2.85	0.76	0.52	0.60	0.52
2+060	-2.94	0.88	0.54	0.66	0.54
2+580	-2.89	0.91	0.56	0.69	0.56
3+000	-2.50	0.93	0.57	0.71	0.57
3+500	-2.44	0.96	0.57	0.73	0.57
4+000	-2.44	0.98	0.57	0.74	0.57
4+770	-2.44	1.00	0.57	0.76	0.57
6+200	-2.38	1.00	0.57	0.76	0.57
6+391	-2.33	1.03	0.57	0.76	0.57
6+583	-2.30	1.06	0.56	0.77	0.56
6+774	-2.28	1.09	0.55	0.77	0.55
6+966	-2.26	1.12	0.55	0.78	0.55
7+157	-2.24	1.16	0.55	0.79	0.55
7+349	-2.22	1.20	0.56	0.79	0.56
7+540	-2.00	1.23	0.60	0.80	0.60

ตารางผนวกที่ ข9 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองบางเขน)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	1.00	1.00	-2.50	0.23	0.31	0.43	0.12	0.17
0+200	0.94	0.76	-2.15	0.43	0.61	0.68	0.27	0.39
0+600	0.94	0.76	-2.15	0.63	0.81	1.00	0.43	0.58
1+000	0.94	0.76	-1.76	0.64	0.81	1.00	0.43	0.58
1+600	1.10	1.23	-1.89	0.64	0.82	1.00	0.44	0.59
2+000	0.59	0.32	-2.38	0.64	0.82	1.01	0.45	0.60
2+600	0.60	0.48	-2.68	0.64	0.82	1.01	0.45	0.60
3+000	0.64	-0.20	-3.13	0.64	0.82	1.01	0.45	0.60
3+600	0.41	0.73	-2.94	0.65	0.82	1.01	0.45	0.60
4+650	-0.02	0.53	-3.11	0.65	0.82	1.01	0.46	0.61
5+000	-0.02	0.53	-3.11	0.65	0.82	1.01	0.46	0.61
5+250	-0.02	0.53	-3.11	0.65	0.83	1.01	0.46	0.61
8+850	0.90	1.32	-1.52	0.88	1.03	1.19	0.48	0.63
9+013	0.91	1.17	-1.62	0.88	1.04	1.19	0.48	0.63
9+175	0.92	1.03	-1.71	0.88	1.04	1.20	0.48	0.63
9+338	0.92	0.88	-1.81	0.89	1.04	1.20	0.48	0.63
9+500	0.93	0.73	-1.90	0.89	1.05	1.21	0.48	0.63
9+667	0.99	0.73	-1.92	0.90	1.06	1.22	0.48	0.63
9+833	1.06	0.72	-1.93	0.90	1.06	1.22	0.48	0.63
10+000	1.12	0.72	-1.95	0.90	1.07	1.23	0.48	0.63
10+167	1.18	0.71	-1.97	0.91	1.07	1.23	0.49	0.64

ตารางผนวกที่ ข10 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีกรณีปรับปรุงท้องคลอง
กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองบางเขน)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-2.50	0.19	0.10	0.10	0.10
0+200	-2.48	0.35	0.10	0.25	0.10
0+600	-2.46	0.51	0.11	0.49	0.11
1+000	-2.44	0.51	0.12	0.49	0.12
1+600	-2.42	0.52	0.13	0.49	0.13
2+000	-2.40	0.53	0.14	0.50	0.14
2+600	-2.68	0.53	0.15	0.50	0.15
3+000	-3.13	0.53	0.15	0.50	0.15
3+600	-2.94	0.53	0.17	0.52	0.17
4+650	-3.11	0.54	0.22	0.52	0.22
5+000	-3.11	0.54	0.27	0.52	0.27
5+250	-3.11	0.54	0.33	0.52	0.33
8+850	-2.50	0.56	0.42	0.52	0.42
9+013	-2.50	0.56	0.43	0.54	0.43
9+175	-2.44	0.56	0.44	0.54	0.44
9+338	-2.39	0.56	0.45	0.54	0.45
9+500	-2.33	0.56	0.46	0.54	0.46
9+667	-2.28	0.56	0.47	0.54	0.47
9+833	-2.22	0.56	0.48	0.55	0.48
10+000	-2.17	0.56	0.49	0.55	0.49
10+167	-2.11	0.57	0.51	0.55	0.51

ตารางผนวกที่ ข11 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองพระโขนง)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	1.30	1.36	-5.58	0.10	0.10	0.10	-0.01	0.01
0+200	1.30	1.36	-5.58	0.11	0.11	0.11	0.01	0.05
0+550	1.43	1.41	-5.00	0.11	0.11	0.13	0.10	0.18
1+200	1.43	1.41	-5.00	0.12	0.12	0.14	0.30	0.36
2+000	1.43	1.41	-5.00	0.12	0.12	0.15	0.30	0.39
2+500	1.43	1.41	-5.00	0.13	0.13	0.16	0.32	0.42
3+050	1.43	1.41	-5.00	0.13	0.13	0.17	0.32	0.44
3+620	1.43	1.41	-5.00	0.14	0.14	0.18	0.33	0.46
4+120	0.87	0.83	-4.42	0.14	0.14	0.18	0.33	0.46
4+600	1.30	0.60	-4.47	0.14	0.14	0.20	0.33	0.47
5+000	1.34	0.39	-3.82	0.14	0.16	0.26	0.33	0.49
5+820	0.61	0.48	-4.24	0.15	0.19	0.30	0.33	0.50
6+000	0.65	0.61	-4.67	0.14	0.19	0.30	0.33	0.51
6+610	0.82	0.37	-4.61	0.16	0.21	0.34	0.33	0.52
7+100	0.57	0.73	-5.34	0.19	0.26	0.45	0.33	0.53
7+550	0.54	-0.03	-5.17	0.19	0.27	0.46	0.33	0.53
8+000	0.88	0.90	-5.33	0.19	0.27	0.46	0.33	0.54
8+500	1.60	0.60	-3.70	0.21	0.29	0.50	0.34	0.55
9+600	1.60	0.60	-3.70	0.22	0.31	0.54	0.34	0.55
9+800	1.60	0.60	-3.70	0.23	0.33	0.58	0.34	0.56
9+900	1.60	0.60	-3.70	0.23	0.33	0.58	0.34	0.56

ตารางผนวกที่ ข11 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
10+000	0.00	1.15	-3.79	0.25	0.36	0.63	0.35	0.57
10+500	0.00	1.15	-3.79	0.25	0.36	0.64	0.36	0.57
10+700	0.00	1.15	-3.79	0.25	0.37	0.65	0.36	0.57
11+500	0.58	0.70	-4.01	0.25	0.37	0.65	0.36	0.57
11+700	0.58	0.70	-4.01	0.26	0.37	0.66	0.36	0.57
12+000	0.62	0.64	-4.05	0.26	0.38	0.66	0.37	0.57
12+300	0.66	0.59	-4.10	0.26	0.38	0.67	0.37	0.57
12+400	0.66	0.59	-4.10	0.26	0.46	0.67	0.37	0.57
12+500	0.58	0.70	-4.01	0.33	0.46	0.78	0.43	0.61
12+600	0.70	0.53	-4.14	0.33	0.46	0.78	0.43	0.61
12+900	0.74	0.47	-4.18	0.33	0.46	0.79	0.43	0.61
13+200	0.78	0.42	-4.23	0.33	0.46	0.79	0.43	0.61
13+500	0.82	0.36	-4.27	0.33	0.47	0.79	0.43	0.61
14+200	0.31	0.64	-3.40	0.33	0.47	0.79	0.43	0.61
15+220	0.72	0.97	-4.15	0.34	0.47	0.80	0.44	0.61
16+200	0.25	0.20	-4.07	0.34	0.47	0.80	0.44	0.61
17+400	1.14	1.14	-3.61	0.34	0.48	0.81	0.44	0.61
18+200	0.74	0.75	-3.82	0.35	0.49	0.82	0.44	0.61
19+300	0.67	0.59	-3.50	0.37	0.51	0.85	0.44	0.61
20+270	0.59	0.74	-3.63	0.37	0.51	0.85	0.44	0.61
20+850	0.81	0.58	-4.00	0.37	2.16	0.85	0.44	0.61

ตารางผนวกที่ ข12 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีกรณีปรับปรุงท้องคลอง

กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองพระโขนง)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-5.18	0.07	-0.13	-0.09	-0.13
0+200	-5.18	0.09	-0.01	0.01	-0.01
0+550	-5.00	0.18	0.12	0.11	0.12
1+200	-5.00	0.38	0.13	0.28	0.13
2+000	-5.00	0.38	0.12	0.28	0.12
2+500	-5.00	0.40	0.13	0.30	0.13
3+050	-5.00	0.40	0.13	0.30	0.13
3+620	-5.00	0.41	0.14	0.31	0.14
4+120	-4.65	0.41	0.14	0.31	0.14
4+600	-4.62	0.41	0.14	0.31	0.14
5+000	-4.59	0.41	0.14	0.31	0.14
5+820	-4.54	0.41	0.15	0.31	0.15
6+000	-4.67	0.41	0.15	0.31	0.15
6+610	-4.61	0.41	0.16	0.31	0.16
7+100	-5.34	0.41	0.16	0.31	0.16
7+550	-5.17	0.41	0.17	0.31	0.17
8+000	-5.10	0.41	0.17	0.31	0.17
8+500	-4.80	0.42	0.18	0.32	0.18
9+600	-4.48	0.42	0.19	0.32	0.19
9+800	-4.43	0.42	0.20	0.32	0.20
9+900	-4.36	0.42	0.20	0.32	0.20

ตารางผนวกที่ ข12 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
10+000	-4.29	0.43	0.19	0.33	0.19
10+500	-4.22	0.44	0.18	0.34	0.18
10+700	-4.15	0.44	0.18	0.34	0.18
11+500	-4.01	0.44	0.18	0.34	0.18
11+700	-4.01	0.44	0.17	0.34	0.17
12+000	-4.05	0.45	0.17	0.35	0.17
12+300	-4.10	0.45	0.17	0.35	0.17
12+400	-4.10	0.45	0.17	0.35	0.17
12+500	-4.13	0.51	0.15	0.41	0.15
12+600	-4.14	0.51	0.15	0.41	0.15
12+900	-4.18	0.51	0.15	0.41	0.15
13+200	-4.23	0.51	0.15	0.41	0.15
13+500	-4.27	0.51	0.15	0.41	0.15
14+200	-4.17	0.51	0.15	0.41	0.15
15+220	-4.15	0.52	0.15	0.42	0.15
16+200	-4.07	0.52	0.15	0.42	0.15
17+400	-4.05	0.52	0.15	0.42	0.15
18+200	-4.04	0.52	0.15	0.42	0.15
19+300	-4.02	0.52	0.15	0.42	0.15
20+270	-4.01	0.52	0.15	0.42	0.15
20+850	-4.00	0.52	0.16	0.42	0.16

ตารางผนวกที่ ข13 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองสามเสน)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	1.15	1.15	-3.50	0.12	0.12	0.19	0.01	0.16
0+350	1.15	1.15	-4.00	0.11	0.11	0.18	0.09	0.25
0+700	0.90	1.12	-3.33	0.14	0.14	0.17	0.40	0.70
0+750	0.88	1.12	-3.31	0.15	0.15	0.17	0.40	0.71
0+800	0.87	1.11	-3.30	0.15	0.15	0.17	0.41	0.72
0+850	0.85	1.11	-3.31	0.15	0.15	0.17	0.42	0.72
0+900	0.83	1.11	-3.30	0.15	0.15	0.17	0.42	0.72
1+490	0.82	0.66	-2.82	0.32	0.32	0.32	0.43	0.73
1+780	0.78	0.67	-2.74	0.33	0.33	0.33	0.43	0.74
2+070	0.74	0.68	-2.66	0.33	0.33	0.33	0.43	0.74
2+360	0.70	0.68	-2.58	0.34	0.34	0.34	0.43	0.74
2+650	0.66	0.69	-2.50	0.35	0.35	0.35	0.43	0.75
2+700	0.66	0.68	-2.49	0.35	0.35	0.35	0.42	0.75
2+750	0.65	0.68	-2.27	0.35	0.35	0.35	0.42	0.75
2+850	0.64	0.67	-2.04	0.35	0.35	0.35	0.42	0.75
2+900	0.64	0.67	-1.93	0.35	0.35	0.35	0.42	0.76
2+950	0.64	0.66	-1.81	0.35	0.35	0.35	0.42	0.76
3+000	0.63	0.66	-1.69	0.35	0.35	0.35	0.42	0.76
3+050	0.63	0.65	-1.88	0.36	0.36	0.36	0.42	0.79
4+250	0.83	0.63	-1.70	0.36	0.36	0.36	0.41	0.79
4+850	0.93	0.82	-1.99	0.35	0.35	0.35	0.41	0.79

ตารางผนวกที่ ข13 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
5+430	1.17	1.19	-2.20	0.34	0.34	0.34	0.41	0.80
6+100	1.17	1.19	-2.18	0.34	0.34	0.34	0.41	0.80
6+950	1.10	1.04	-2.17	0.35	0.35	0.35	0.46	0.83
7+450	1.68	1.50	-1.58	0.35	0.35	0.35	0.52	0.86
8+500	1.45	1.33	-1.74	0.35	0.35	0.35	0.58	0.86
10+000	1.25	1.05	-3.48	0.35	0.35	0.35	0.58	0.86
10+250	1.25	1.05	-3.48	0.35	0.35	0.35	0.58	0.86
10+500	1.25	1.05	-3.48	0.34	0.34	0.34	0.58	0.86
10+750	1.25	1.05	-3.48	0.34	0.34	0.34	0.58	0.86
11+000	1.25	1.05	-3.48	0.33	0.33	0.33	0.58	0.86
11+150	1.25	1.05	-3.48	0.33	0.33	0.33	0.58	0.86
11+300	1.25	1.05	-3.48	0.32	0.32	0.32	0.58	0.86
11+325	1.25	1.05	-3.48	0.31	0.31	0.31	0.59	0.86
11+350	1.25	1.05	-3.48	0.30	0.30	0.30	0.59	0.86

ตารางผนวกที่ ข14 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีกรณีปรับปรุงท้องคลอง
กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองสามเสน)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-3.50	0.09	0.01	0.05	0.01
0+350	-4.00	0.17	0.09	0.16	0.09
0+700	-3.33	0.48	0.34	0.43	0.34
0+750	-3.31	0.48	0.34	0.43	0.34
0+800	-3.30	0.49	0.34	0.44	0.34
0+850	-3.31	0.50	0.34	0.45	0.34
0+900	-3.30	0.50	0.34	0.45	0.34
1+490	-2.82	0.51	0.34	0.46	0.34
1+780	-2.74	0.51	0.34	0.46	0.34
2+070	-2.66	0.51	0.35	0.46	0.35
2+360	-2.58	0.51	0.36	0.46	0.36
2+650	-2.50	0.51	0.36	0.46	0.36
2+700	-2.49	0.52	0.36	0.47	0.36
2+750	-2.50	0.52	0.36	0.47	0.36
2+850	-2.50	0.52	0.37	0.47	0.37
2+900	-2.58	0.52	0.37	0.47	0.37
2+950	-2.66	0.52	0.37	0.47	0.37
3+000	-2.75	0.52	0.37	0.47	0.37
3+050	-2.83	0.52	0.37	0.47	0.37
4+250	-2.91	0.53	0.37	0.48	0.37
4+850	-2.99	0.53	0.36	0.48	0.36

ตารางผนวกที่ ข14 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
5+430	-3.07	0.53	0.35	0.48	0.35
6+100	-3.15	0.53	0.35	0.48	0.35
6+950	-3.24	0.54	0.35	0.49	0.35
7+450	-3.32	0.60	0.36	0.55	0.36
8+500	-3.40	0.66	0.36	0.56	0.36
10+000	-3.48	0.66	0.36	0.56	0.36
10+250	-3.48	0.66	0.35	0.56	0.35
10+500	-3.48	0.66	0.35	0.56	0.35
10+750	-3.48	0.66	0.34	0.56	0.34
11+000	-3.48	0.66	0.34	0.56	0.34
11+150	-3.48	0.66	0.33	0.56	0.33
11+300	-3.48	0.66	0.32	0.56	0.32
11+325	-3.48	0.67	0.32	0.57	0.32
11+350	-3.48	0.67	0.31	0.57	0.31

ตารางผนวกที่ ข15 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองเปรมประชากร)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	1.38	1.07	-2.45	0.13	0.17	0.32	0.11	0.36
1+000	0.95	0.95	-2.20	0.15	0.24	0.32	0.12	0.37
1+050	0.85	1.12	-2.20	1.12	0.32	0.99	0.15	0.40
1+200	1.42	1.45	-2.00	0.12	0.32	0.24	0.13	0.38
1+250	1.42	1.45	-2.20	1.11	0.32	0.98	0.24	0.49
1+500	1.42	1.45	-2.00	0.11	0.29	0.17	0.15	0.40
1+800	1.42	1.45	-1.80	1.11	0.34	1.26	0.15	0.40
2+100	1.21	0.96	-1.98	0.94	0.41	1.19	0.15	0.40
4+000	1.04	0.89	-1.97	0.89	0.46	1.19	0.15	0.40
4+030	1.17	1.19	-2.29	0.72	0.31	0.77	0.15	0.40
4+035	1.04	0.89	-1.87	0.75	0.30	0.78	0.15	0.40
4+040	1.04	0.89	-1.93	1.12	0.28	0.99	0.15	0.40
4+045	1.04	0.89	-1.97	1.12	0.46	0.99	0.15	0.40
4+200	1.04	0.89	-1.95	0.83	0.45	1.19	0.15	0.40
4+400	1.04	0.89	-1.90	0.83	0.51	1.15	0.15	0.40
4+500	1.04	0.89	-1.90	0.80	0.58	1.11	0.15	0.40
4+600	1.04	0.89	-1.78	0.73	0.28	1.06	0.16	0.41
4+600	1.17	1.19	-2.36	1.11	0.29	1.26	0.16	0.41
4+650	1.17	1.19	-2.35	1.11	0.62	1.26	0.16	0.41
4+675	1.17	1.19	-2.29	1.06	0.67	1.25	0.16	0.41
4+680	1.17	1.19	-2.28	1.05	0.73	1.25	0.16	0.41

ตารางผนวกที่ ข15 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
4+800	1.04	0.89	-1.78	0.64	0.83	1.01	0.17	0.42
4+900	1.04	0.89	-1.78	0.54	0.92	1.01	0.15	0.40
4+900	1.04	0.89	-1.78	1.05	0.99	1.25	0.15	0.40
5+000	0.89	0.88	-2.29	1.05	1.01	1.20	0.15	0.40
5+100	0.91	0.86	-2.28	1.05	1.01	1.20	0.15	0.40
6+500	1.42	1.45	-1.54	1.04	1.06	1.20	0.14	0.39
7+220	1.42	1.45	-1.54	1.04	1.11	1.20	0.14	0.39
8+150	1.42	1.45	-1.54	1.03	1.15	1.20	0.13	0.38
9+500	0.81	0.69	-0.99	1.03	1.19	1.20	0.13	0.38
10+500	0.80	0.84	-1.25	0.99	1.19	1.20	0.16	0.41
11+000	0.81	0.69	-0.99	0.32	1.19	0.46	0.19	0.44
11+050	0.81	0.69	-0.99	0.32	1.20	0.41	0.22	0.47
11+075	0.81	0.69	-0.99	0.32	1.20	0.34	0.26	0.51
11+100	0.81	0.69	-0.99	0.15	1.20	0.29	0.18	0.43
11+150	0.81	0.69	-0.99	0.24	1.20	0.32	0.18	0.43
11+500	1.34	0.38	-0.88	0.47	1.20	0.99	0.18	0.43
12+000	1.07	0.92	-1.00	0.43	1.20	0.92	0.18	0.43
13+050	1.13	0.80	-1.04	0.18	1.20	0.83	0.16	0.41
13+500	1.14	0.76	-0.94	0.24	1.25	0.73	0.15	0.40
14+070	0.95	0.80	-1.10	0.38	1.25	0.67	0.15	0.40
15+000	1.33	1.03	-1.51	0.32	1.25	0.62	0.14	0.39
16+000	0.63	0.62	-2.01	0.26	1.26	0.29	0.14	0.39

ตารางผนวกที่ ข15 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
17+000	1.07	1.26	-2.27	0.27	1.26	0.28	0.14	0.39
17+500	1.07	1.26	-2.27	0.28	1.26	0.58	0.14	0.39
18+000	0.45	0.87	-1.19	0.30	1.26	0.51	0.13	0.38
19+000	1.02	1.08	-1.75	0.31	1.26	0.45	0.13	0.38
20+000	1.00	1.21	-2.36	0.27	1.26	0.46	0.13	0.38
21+000	1.00	1.22	-2.48	0.22	1.26	0.28	0.13	0.38
22+000	1.35	0.81	-2.72	0.17	1.26	0.30	0.13	0.38
22+900	1.43	1.05	-0.91	0.18	1.26	0.31	0.13	0.38

ตารางผนวกที่ ข16 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีกรณีปรับปรุงท้องคลอง

กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองเปรมประชากร)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-3.00	0.28	0.11	0.20	0.11
1+000	-3.04	0.29	0.12	0.21	0.12
1+050	-3.02	0.32	0.15	0.24	0.15
1+200	-3.00	0.30	0.13	0.22	0.13
1+250	-2.98	0.41	0.13	0.33	0.13
1+500	-2.96	0.32	0.13	0.24	0.13
1+800	-2.94	0.32	0.13	0.24	0.13
2+100	-2.92	0.32	0.13	0.24	0.13
4+000	-2.90	0.32	0.13	0.24	0.13
4+030	-2.88	0.32	0.13	0.24	0.13
4+035	-2.87	0.32	0.13	0.24	0.13
4+040	-2.85	0.32	0.13	0.24	0.13
4+045	-2.83	0.32	0.13	0.24	0.13
4+200	-2.81	0.32	0.13	0.24	0.13
4+400	-2.79	0.32	0.13	0.24	0.13
4+500	-2.77	0.32	0.13	0.24	0.13
4+600	-2.75	0.33	0.13	0.25	0.13
4+600	-2.73	0.33	0.13	0.25	0.13
4+650	-2.71	0.33	0.13	0.25	0.13
4+675	-2.69	0.33	0.13	0.25	0.13
4+680	-2.67	0.33	0.13	0.25	0.13

ตารางผนวกที่ ข16 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
4+800	-2.65	0.34	0.12	0.26	0.12
4+900	-2.64	0.32	0.11	0.26	0.11
4+900	-2.62	0.32	0.11	0.26	0.11
5+000	-2.60	0.32	0.11	0.26	0.11
5+100	-2.58	0.32	0.11	0.26	0.11
6+500	-2.56	0.31	0.11	0.26	0.11
7+220	-2.54	0.31	0.11	0.26	0.11
8+150	-2.52	0.30	0.11	0.26	0.11
9+500	-2.50	0.30	0.11	0.26	0.11
10+500	-2.48	0.33	0.16	0.25	0.16
11+000	-2.46	0.36	0.19	0.28	0.19
11+050	-2.44	0.39	0.22	0.31	0.22
11+075	-2.42	0.43	0.26	0.35	0.26
11+100	-2.40	0.35	0.18	0.27	0.18
11+150	-2.39	0.35	0.18	0.27	0.18
11+500	-2.37	0.35	0.18	0.27	0.18
12+000	-2.35	0.35	0.18	0.27	0.18
13+050	-2.33	0.36	0.19	0.28	0.19
13+500	-2.31	0.36	0.19	0.28	0.19
14+070	-2.29	0.36	0.19	0.28	0.19
15+000	-2.27	0.36	0.19	0.28	0.19
16+000	-2.27	0.36	0.19	0.28	0.19

ตารางผนวกที่ ข16 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
17+000	-2.00	0.38	0.21	0.30	0.21
17+500	-1.75	0.38	0.21	0.30	0.21
18+000	-2.36	0.38	0.21	0.30	0.21
19+000	-2.48	0.38	0.21	0.30	0.21
20+000	-2.72	0.38	0.21	0.30	0.21
21+000	-2.91	0.38	0.21	0.30	0.21
22+000	-2.91	0.38	0.21	0.30	0.21
22+900	-2.91	0.38	0.21	0.30	0.21

ตารางผนวกที่ ข17 สรุปข้อมูลทางกายภาพและค่าระดับน้ำกรณีรับน้ำภายนอกเท่านั้น
และกรณีฝนตกในพื้นที่และป้องกันน้ำจากภายนอก (คลองจั่น-หูลุมไผ่)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
0+000	0.74	0.95	-1.40	0.49	0.50	0.58	0.02	0.12
0+600	0.40	0.32	-1.29	0.51	0.52	0.60	0.02	0.12
1+200	1.15	0.63	-1.36	0.53	0.53	0.63	0.03	0.14
2+200	0.46	0.50	-1.13	0.54	0.54	0.67	0.04	0.15
2+500	0.57	0.57	-1.13	0.54	0.54	0.70	0.04	0.16
2+800	0.67	0.64	-0.94	0.54	0.55	0.73	0.05	0.17
3+100	0.78	0.71	-0.84	0.55	0.59	0.79	0.06	0.20
3+400	0.88	0.78	-0.75	0.56	0.69	0.87	0.09	0.24
3+700	0.99	0.85	-0.65	0.70	0.84	0.99	0.13	0.31
4+600	0.26	0.13	-2.57	0.88	1.05	1.17	0.14	0.35
5+100	1.65	1.53	-2.31	0.89	1.06	1.19	0.14	0.35
5+900	1.62	1.76	-2.10	0.91	1.07	1.21	0.14	0.35
6+700	0.94	0.87	-2.12	0.92	1.09	1.22	0.14	0.35
7+650	1.05	0.99	-1.88	0.93	1.10	1.24	0.14	0.35
8+200	2.21	1.56	-1.88	0.94	1.12	1.26	0.14	0.35
8+800	0.73	0.31	-1.81	0.97	1.16	1.30	0.14	0.35
8+900	1.24	1.35	-1.56	0.97	1.16	1.30	0.14	0.35
9+100	1.24	1.35	-1.50	0.97	1.15	1.29	0.14	0.35
9+700	1.24	1.35	-1.54	0.95	1.12	1.27	0.14	0.35
9+900	1.24	1.35	-1.50	0.94	1.11	1.26	0.14	0.35
10+900	0.84	1.58	-1.17	0.94	1.11	1.26	0.14	0.35

ตารางผนวกที่ ข17 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับ (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำ (ม.รทก)				
	ตลิ่งซ้าย	ตลิ่งขวา	ท้องคลอง	กรณีรับน้ำจากภายนอกเท่านั้น			กรณีฝนตกในพื้นที่	
				ปัจจุบัน	Q=50 cms.	Q=60 cms.	Q=70 cms.	Tr = 2 ปี Tr = 5 ปี
12+600	0.81	0.87	-1.53	0.89	1.06	1.22	0.14	0.35
12+860	0.76	0.83	-1.54	0.88	1.06	1.22	0.14	0.35
13+120	0.72	0.78	-1.55	0.88	1.05	1.21	0.14	0.35
13+380	0.67	0.74	-1.56	0.87	1.04	1.20	0.14	0.35
13+640	0.63	0.69	-1.57	0.87	1.04	1.20	0.14	0.35

ตารางผนวกที่ ข18 สรุปข้อมูลค่าระดับน้ำในกรณีกรณีปรับปรุงท้องคลอง

กรณีรับน้ำจากภายนอก และกรณีเพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (คลองจั่น-หูลุมไผ่)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
0+000	-3.23	0.19	0.10	0.14	0.10
0+600	-3.10	0.19	0.10	0.14	0.10
1+200	-3.03	0.20	0.11	0.15	0.11
2+200	-2.97	0.20	0.11	0.15	0.11
2+500	-2.90	0.21	0.12	0.16	0.12
2+800	-2.83	0.22	0.13	0.17	0.13
3+100	-2.77	0.22	0.13	0.17	0.13
3+400	-2.70	0.24	0.15	0.19	0.15
3+700	-2.64	0.25	0.16	0.20	0.16
4+600	-2.57	0.26	0.17	0.21	0.17
5+100	-2.31	0.26	0.17	0.21	0.17
5+900	-2.10	0.26	0.17	0.21	0.17
6+700	-2.12	0.26	0.17	0.21	0.17
7+650	-1.88	0.26	0.17	0.21	0.17
8+200	-1.88	0.26	0.17	0.21	0.17
8+800	-1.81	0.26	0.17	0.21	0.17
8+900	-1.56	0.26	0.17	0.21	0.17
9+100	-1.50	0.26	0.17	0.21	0.17
9+700	-1.54	0.26	0.17	0.21	0.17
9+900	-1.50	0.26	0.17	0.21	0.17
10+900	-1.17	0.26	0.17	0.21	0.17

ตารางผนวกที่ ข18 (ต่อ)

ระยะทาง (กม.)	ค่าระดับท้องคลอง หลังจากปรับปรุง (ม.รทก)	ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 2 ปี (ม.รทก)			ค่าระดับน้ำที่คาบอุบัติ 5 ปี กรณีปรับปรุงท้องคลองและ เพิ่มอุโมงค์ระบายน้ำ (ม.รทก)
		กรณีรับน้ำ ภายนอก	กรณีเพิ่ม อุโมงค์	กรณีปรับปรุง ท้องคลอง	
12+600	-1.53	0.26	0.17	0.21	0.17
12+860	-1.54	0.26	0.17	0.21	0.17
13+120	-1.55	0.26	0.17	0.21	0.17
13+380	-1.56	0.26	0.17	0.21	0.17
13+640	-1.57	0.26	0.17	0.21	0.17

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวอรุณรัตน์ จันทรเรียบ
เกิดวันที่	6 ตุลาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรแหล่งน้ำ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด
การนำเสนอผลงานวิชาการ	นำเสนอผลงานวิชาการในงานการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับ บัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 14 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในหัวข้อ การ จำลองระบบระบายน้ำปทุมภูมิในพื้นที่ด้านตะวันออกของ กรุงเทพมหานคร ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS โดยใช้ เหตุการณ์น้ำท่วมปี 2554