รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

THE INTEGRATED MANAGEMENT OF URBAN DRAINAGE SYSTEMS FOR MITIGATING CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION IMPACTS IN THE SPECIAL ECONOMIC EASTERN

กฤษณะ อิ่มสวาสดิ์

Krissana Imsawas

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

(เงินอุดหนุนจากรัฐบาล)ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 66371

สัญญาเลขที่ 50.2/2562

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

THE INTEGRATED MANAGEMENT OF URBAN DRAINAGE SYSTEMS FOR MITIGATING CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION IMPACTS IN THE SPECIAL ECONOMIC EASTERN

กฤษณะ อิ่มสวาสดิ์

Krissana Imsawas

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (THE INTEGRATED MANAGEMENT OF URBAN DRAINAGE SYSTEMS FOR MITIGATING CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION IMPACTS IN THE SPECIAL ECONOMIC EASTERN REGION) สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายหน่วยงาน ซึ่งประกอบด้วย หน่วยงานภาครัฐ องค์กรภาคเอกชน และ บุคคลต่าง ๆ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณในความเอื้อเฟื้อที่ได้ให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาและภรรยา ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 50.2/2562

ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดี ทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น คณะผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียวและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ผู้วิจัย
กฤษณะ อิ่มสวาสดิ์

Acknowledgment

The Integrated Management of Urban Drainage Systems for Mitigating Climate Change and Urbanization Impacts in the Special Economic Eastern Region. Project was completed with the help of many organization and agencies such as government agencies, private sector and individuals. We are grateful to you for your generosity on information and suggestions. We would also like to show our gratitude to the following Faculty of Geoinformatics, Burapha University and my wife's for their unfailing support and assistance. The success and final outcome of this research required a lot of guidance and assistance from many people, we would not forget to thank them.

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant No. 50.2/2562)

Finally, I would like to thank you for all benefactor and support the completing this report. The researchers hope that this research will be useful. For various defects that may occur, we is solely responsible for the content and will be happy to hear any suggestions from anyone for our further study.

Krissana Imsawas

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า อาจารย์กฤษณะ อิ่มสวาสดิ์ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (THE INTEGRATED MANAGEMENT OF URBAN DRAINAGE SYSTEMS FOR MITIGATING CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION IMPACTS IN THE SPECIAL ECONOMIC EASTERN) รหัสโครงการ 66398/ สัญญาเลขที่ 50.2/2562 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 847,500 บาท (แปดแสนสี่หมื่นเจ็ดพันห้าร้อยบาทถ้วน) ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี - เดือน (ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง วันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2562)

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก 2) วิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ 3) แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำโดยใช้หลักการทางภูมิสารสนเทศ วิธีการศึกษาครั้งนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากและระบบระบายน้ำในชุมชนเมือง เช่น ท่อระบายน้ำ แนวท่อระบายน้ำ ความลึกของท่อ ลักษณะพื้นผิวของท่อ และพื้นที่รับน้ำ การสำรวจจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลและใช้แบบจำลอง SWMM 5 ในการวิเคราะห์การระบายน้ำในชุมชนเมืองร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลความสูงเชิงเลข และค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลบนพื้นผิว เพื่อสร้างแบบจำลองน้ำท่วมขังบริเวณชุมชนเมืองที่กำลังพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก และหาแนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

ผลการศึกษาพบว่า ปัญหาการระบายน้ำในพื้นที่เขตเมืองที่มีพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก โดยส่วนมากมีลักษณะทางภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดการเกิดและระยะเวลาในการเกิดน้ำท่วมขัง เช่น พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หรือบริเวณที่เป็นแอ่งกระทะจะมีระยะเวลาในการท่วมขังมากกว่าพื้นที่รูปแบบอื่น ซึ่งในพื้นที่ศึกษาพบว่าชุมชนเมืองฉะเชิงเทรา มีลักษณะภูมิประเทศตามที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนปัญหาด้านพื้นที่ของชุมชนเมืองบริเวณที่มีความหนาแน่นของอาคาร สิ่งปลูกสร้างมากจะทำให้ระดับน้ำท่วมขังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คือ พื้นที่ชุมชนเมืองพัทยา เนื่องจากเมืองพัทยามีลักษณะภูมิประเทศที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล และรูปแบบชุมชนเมืองตั้งอยู่ในพื้นที่เส้นทางการระบายน้ำและมีความหนาแน่นมากทำให้เมื่อเกิดฝนตกในพื้นที่เพียงไม่นาน การระบายน้ำไม่สามารถระบายได้ทันและเกิด

การไหลสะสมมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีระดับน้ำสูงมากขึ้น และปัญหาด้านลักษณะท่อระบายน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่สำรวจอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งานเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ลักษณะท่อมีความตื้นจากตะกอนโคลน ทราย เศษขยะ และคราบไขมันจากครัวเรือน ทำให้เกิดการอุดตันการระบายน้ำไม่สามารถระบายได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่วนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองกับปริมาณน้ำฝนช่วงที่ตกมาก ไม่สามารถระบายน้ำได้ทันทำให้เกิดที่เกิดน้ำท่วมขังระดับความสูงประมาณ 0.30 – 0.75 เมตร และแนวทางแก้ไขน้ำท่วมขังในชุมชนเมืองให้เพิ่มพื้นที่สีเขียวและใช้นวัตกรรมพื้นที่รอบ ๆ สิ่งปลูกสร้าง เช่น โครงสร้างคอนกรีต หรือยางมะตอย ให้สามารถระบายน้ำได้เพื่อให้น้ำที่ไหลอยู่บนพื้นผิวสามารถซึมผ่านลงสู่ชั้นใต้ดินได้ สามารถลดปริมาณน้ำที่ไหลสะสมได้เป็นอย่างดี

Output/Outcome

(1) ผลการศึกษาในรูปแบบของรายงานฉบับสมบูรณ์

(2) ข้อมูล แผนภาพ แผนที่ ข้อมูลสถิติของ

- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงใช้วิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 บริเวณพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก ปี พ.ศ. 2556
- ข้อมูลน้ำท่วมซ้ำซากในรอบ 10 ปี จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ปี พ.ศ. 2550-2560
- แผนที่ค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในชุมชนเมืองในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่
- แผนที่แสดงการตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองทั้ง 5 พื้นที่ในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก
- แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำ SWMM 5 ในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองทั้ง 5 พื้นที่ในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก
- ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณน้ำท่วมขัง ในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองทั้ง 5 พื้นที่ในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก
- แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขัง ในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

ข้อเสนอแนะ

(1) ข้อเสนอแนะสำหรับการเตรียมรับมือกับปัญหาน้ำท่วมขัง

ด้านการเตรียมการ

1) เตรียมปรับสภาพภูมิทัศน์ให้สอดรับกับกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบริเวณรอบ ๆ ชุมชนเมือง ปรับปรุงโครงสร้างของพื้นที่ในชุมชนให้สามารถระบายน้ำลงสู่พื้นดินและบำรุงรักษาแนวท่อระบายน้ำให้พร้อมใช้งานในพื้นที่เสี่ยงต่อการประสบปัญหาน้ำท่วมขัง

2) จัดเตรียมแผนป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยไม่คำนึงถึงขอบเขตการรับผิดชอบให้ครอบคลุมทุกด้าน ทั้งในระดับหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด กลุ่มจังหวัด ให้การระบายน้ำมีประสิทธิภาพตามสภาพปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไขตามลำดับความสำคัญทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

ด้านควบคุมการระบายน้ำของอาคาร

หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านอาคารสิ่งปลูกสร้างตรวจสอบระบบการระบายน้ำจากตัวอาคารให้มีระบบการระบายน้ำที่ถูกต้องตามข้อบังคับ เช่น อาคารที่ไม่มีรางน้ำรองรับจากหลังคาไหลสู่ท่อน้ำ หรืออาคารชั้นดาดฟ้าที่ปล่อยน้ำลงมาในพื้นที่รอบ ๆ หากอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างใดไม่ให้ความร่วมมือควรดำเนินการตามข้อบังคับ

(2) ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต

วิเคราะห์การระบายน้ำแบบทันที (Realtime) โดยนำเทคโนโลยีเซนเซอร์ติดตั้งในระบบท่อระบายน้ำและวิเคราะห์รวมกับข้อมูล Big data เช่น ปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์ การจราจรบนท้องถนน ระดับน้ำจากแม่น้ำ น้ำขึ้น-น้ำลง กิจกรรมด้านต่าง ๆ ของคนในชุมชนในการสร้างเป็นเมืองอัจฉริยะ (Smart city) ต่อไป

ชื่องานวิจัย โครงการการจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

ผู้วิจัย นายกฤษณะ อิ่มสวาสดิ์

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก 2) วิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ 3) แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำโดยใช้หลักการทางภูมิสารสนเทศ วิธีการศึกษาครั้งนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากและระบบระบายน้ำในชุมชนเมือง เช่น ท่อระบายน้ำ แนวท่อระบายน้ำ ความลึกของท่อ ลักษณะพื้นผิวของท่อ และพื้นที่รับน้ำ สำรวจจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลโดยใช้แบบจำลอง SWMM 5 ใช้วิเคราะห์การระบายน้ำในชุมชนเมืองร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลความสูงเชิงเลข และค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลบนพื้นผิว เพื่อสร้างแบบจำลองบริเวณน้ำท่วมขังบริเวณชุมชนเมืองที่กำลังพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงและหาแนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

ผลการศึกษาพบว่าปัญหาการระบายน้ำในพื้นที่เขตเมืองที่มีพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก โดยส่วนมากมีลักษณะทางภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดการเกิดและระยะเวลาในการเกิดน้ำท่วมขัง เช่น พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หรือบริเวณที่เป็นแอ่งกระทะจะมีระยะเวลาในการท่วมขังมากกว่าพื้นที่รูปแบบอื่น ซึ่งในพื้นที่ศึกษาพบว่าชุมชนเมืองฉะเชิงเทรา มีลักษณะภูมิประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนปัญหาด้านพื้นที่ของชุมชนเมืองบริเวณที่มีความหนาแน่นของอาคาร สิ่งปลูกสร้างมากจะทำให้ระดับน้ำท่วมขังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คือ พื้นที่ชุมชนเมืองพัทยา เนื่องจากเมืองพัทยามีลักษณะภูมิประเทศที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล และรูปแบบชุมชนเมืองตั้งอยู่ในพื้นที่เส้นทางการระบายน้ำและมีความหนาแน่นมากทำให้เมื่อเกิดฝนตกในพื้นที่เพียงไม่นานการระบายน้ำไม่สามารถระบายได้ทันและเกิดการไหลสะสมมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีระดับน้ำสูงมากขึ้น และปัญหาด้านลักษณะท่อระบายน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่สำรวจอยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งานเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ลักษณะท่อมีความตื้นจากตะกอนโคลน ทราย เศษขยะ และคราบไขมันจากครัวเรือน ทำให้เกิดการอุดตันการระบายน้ำไม่สามารถระบายได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่วนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองกับปริมาณน้ำฝนช่วงที่ตกมากไม่สามารถระบายน้ำได้ทันทำให้เกิดที่เกิดน้ำท่วมขังระดับความสูง

ประมาณ 0.30 – 0.75 เมตร และแนวทางแก้ไขน้ำท่วมขังในชุมชนเมืองให้เพิ่มพื้นที่สีเขียวและใช้นวัตกรรมพื้นที่รอบ ๆ สิ่งปลูกสร้าง เช่น โครงสร้างคอนกรีต หรือยางมะตอย ให้สามารถระบายน้ำได้ เพื่อให้น้ำที่ไหลอยู่บนพื้นผิวสามารถซึมผ่านลงสู่ชั้นใต้ดินได้สามารถช่วยลดปริมาณน้ำที่ไหลสะสมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศภูมิสารสนเทศศาสตร์/ การระบายน้ำ/ น้ำท่วมซ้ำซาก/แบบจำลอง SWMM 5

Research Title: The Integrated Management of Urban Drainage Systems for Mitigating Climate Change and Urbanization Impacts in the Special Economic Eastern Region

Researcher: Mr. Krissana Imsawas

Year: 2019

ABSTRACT

The purposes of this research were (1) to study the drainage problems in urban areas that are affected by flood bed. (2) Spatial analysis of urban drainage by applying geo-informatics technology In the special economic area of the East. 3) to Guidelines for solving drainage problems using geographic information principles In the special economic area of the eastern region. This study method is a collection of data related to the use of flood bed and urban drainage systems for example, sewers, pipe depth, surface characteristics of pipes and subcatchment. The survey is stored as a database using SWMM 5 model to analyze drainage in urban communities together with rainfall data. Numerical height data and the coefficient of flow on the surface. In order to create a model for flooding in the urban area that is developing a high speed train station and find solutions to drainage problems in the special economic area of the eastern region.

The results showed that the problem of drainage in urban areas with flood bed areas Most of the terrain is to determine the occurrence and duration of flooding, such as floodplains or pan basin will have longer periods of flooding than other types of flooding. In the study area, it was found that Chachoengsao Urban Area With the topographical features mentioned above as for the urban area problems, the density of buildings many buildings will cause flooding levels to increase rapidly is the Pattaya urban area. Because Pattaya has a coastal plain and the urban form is located in the drainage area and is very dense, so when there is only a short rainfall in the area, the water can't drain in time and the flow accumulates more quickly. Resulting in higher water levels And most of the drainage pipe problems in the survey area are not available when climate change occurs, The pipes are shallow from sediment, mud, sand, debris and grease from households. Causing clogging. Drainage. Can not drain at full efficiency. As for spatial analysis, drainage in urban areas and the amount of rainfall

during the rainy season cannot drain the water in time, causing flooding at an altitude of approximately 0.30 - 0.75 meters and solutions to flooding in the community. Cities to increase green spaces and use innovations around buildings, such as concrete or asphalt structures, to drain water so that water flows on The surface can penetrate into the basement and can help reduce the amount of water that accumulates very well.

Keywords: Geo-Informatics Technology, Drainage, Flood bed, SWMM 5 model

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทสรุปผู้บริหาร		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ช
สารบัญ		ฌ
สารบัญตาราง		ฎ
สารบัญภาพ		ฐ
บทที่		
1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
	1.5 กรอบแนวคิด	5
2	**การทบทวนวรรณกรรม**	6
	2.1 สภาพทั่วไปพื้นที่ศึกษา	6
	2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต	6
	2.1.1.1 จังหวัดฉะเชิงเทรา	6
	2.1.1.2 จังหวัดชลบุรี	7
	2.1.1.3 จังหวัดระยอง	7
	2.1.2 ภูมิประเทศ	8
	2.1.2.1 จังหวัดฉะเชิงเทรา	8
	2.1.2.2 จังหวัดชลบุรี	8
	2.1.2.3 จังหวัดระยอง	9
	2.1.3 ภูมิอากาศ	10
	2.1.3.1 จังหวัดฉะเชิงเทรา	10
	2.1.3.2 จังหวัดชลบุรี	12
	2.1.3.3 จังหวัดระยอง	13

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	**การทบทวนวรรณกรรม (ต่อ)**	
	2.2 แนวคิดการระบายน้ำแบบยั่งยืน (SUDS)	15
	2.3 ระบบสนับสนุนงานเกี่ยวกับทางระบายน้ำ	17
	2.4 หลักการแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศ	19
	2.5 ทฤษฎีแบบจำลอง EPASWMM 5	22
	2.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	24
	2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
3	**วิธีดำเนินงานวิจัย**	33
	3.1 รูปแบบการศึกษา	33
	3.2 พื้นที่ศึกษา	33
	3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	35
	3.4 วิธีการดำเนินงาน	35
	3.5 ผังขั้นตอนการศึกษา	47
4	**ผลการศึกษา**	48
	4.1 ปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก	48
	4.2 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	58
	4.3 แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองในเขตพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ	70
	4.4 การจำแนกระดับความแห้งแล้งของพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก	65
5	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	73
	5.1 สรุปผลการวิจัย	73
	5.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในครั้งนี้	75
	5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต	75
รายงานทางการเงิน		76
บรรณานุกรม		77
ประวัตินักวิจัย		84

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ค่าความแรงที่ได้จากการสะท้อน (Reflectivity) ของเป้าจากเรดาร์ตรวจอากาศ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)	21
2-2	เกณฑ์ความแรงของอัตราการตกของฝนในการตรวจฝนของเรดาร์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)	21
2-3	ผลการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนของการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)	22
3-1	แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลของท่อระบายน้ำ	37
3-2	แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลของแนวท่อระบายน้ำ	37
3-3	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว Manning's Overland Coefficients (N) ดัดแปลงมาจาก (In-Kyun Jung and et al., 2010)	40

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่การศึกษา	4
2-1	ประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้รับบริหารจัดการระบายน้ำแบบยั่งยืน SUDS	16
2-2	ค่าความรุนแรงของการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)	20
3-1	พื้นที่ขอบเขตการศึกษา	34
3-2	การเก็บข้อมูลขนาด ความลึกและตำแหน่งของท่อระบายน้ำ	35
3-3	แผนที่น้ำท่วมซ้ำซากในรอบ 10 ปี ในตามแนวสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก	36
3-4	แสดงรูปทรงต่าง ๆ ของแนวท่อระบายน้ำ	38
3-5	แผนที่ประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในรอบ 30 ปี	39
3-6	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว พื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา	41
3-7	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว พื้นที่ชุมชนเทศบาลตำบลบ้านสวน จังหวัดชลบุรี	42
3-8	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว เทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี	43
3-9	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี	44
3-10	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว บริเวณเทศบาลตำบลพลา (สนามบินอู่ตะเภา) จังหวัดระยอง	45
4-1	แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	49
4-2	แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลบ้านสวน	51
4-3	แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง	53
4-4	แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เมืองพัทยา	55
4-5	แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลพลา	57
4-6	แสดงปริมาณน้ำรายชั่วโมงจากเรดาร์ตรวจอากาศ ณ วันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2556	58
4-7	ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-8	พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา	61
4-9	ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง	62
4-10	พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลบ้านสวน	63
4-11	ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง	64
4-12	พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง	65
4-13	ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง	66
4-14	พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเมืองพัทยา	67
4-15	ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง	68
4-16	พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลพลา	69
4-17	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ธรรมชาติ (ทางซ้าย) และพื้นที่ชุมชนเมือง (ทางขวา) (U.S. Environmental Protection Agency, 2003)	71
4-18	แสดงโครงสร้างที่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้ (JJ Harrison, 2011)	72
4-19	แสดงการเปรียบเทียบโครงแบบไม่ให้น้ำซึมผ่าน (ด้านซ้าย) กับยอมให้ซึมผ่าน (ด้านขวา) (ICPI, 2010)	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตจนถึงปัจจุบันปัญหาใหญ่ที่ประชากรในแต่ละประเทศต้องตระหนักและให้ความสำคัญคือสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งสร้างปัญหาและผลกระทบทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วจนไปถึงประเทศที่ด้อยพัฒนา ตลอดจนสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ ชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ทำให้นานาประเทศให้ความสนใจและเตรียมความพร้อมที่จะรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่สามารถแปรปรวนได้ตลอดเวลา ซึ่งจะสังเกตได้จากภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นมีความถี่ในรอบการเกิดมากขึ้น อาทิเช่น วาตภัย ภัยแล้ง ไฟป่าและอุทกภัยที่เป็นปัญหาที่คลาดชีวิต ทรัพย์สิน เศรษฐกิจและสังคม ซึ่งประเทศที่ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก็ประสบกับกับปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น โดยมีการรายงานจากองค์การอนามัยโลกระบุว่าประชากร 150,00 คน เสียชีวิตทุกปีจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2014) ระบุว่าที่ประเทศจำเป็นต้องรักษาระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้อยู่ในระดับต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับยุคก่อนอุตสาหกรรมเพื่อป้องกันผลกระทบที่จะตามมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

IPCC กล่าวว่า มีหลักฐานชิ้นใหม่ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วง 50 ปีที่ผ่านมาพบว่าสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุสำคัญจากกิจกรรมของมนุษย์ กว่าหนึ่งศตวรรษที่มนุษย์ได้นำพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน และถ่านหิน เพื่อตอบสนองความต้องการมนุษย์และขับเคลื่อนวิวัฒนาการต่าง ๆ ซึ่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกมาที่เรียกว่าปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก ถ้าถูกปล่อยเข้าสู่ชั้นบรรยากาศมากเท่าไหร่ ก็ส่งผลการกักเก็บความร้อนและเพิ่มอุณหภูมิในโลกให้สูงขึ้น สิ่งนี้เองทำให้เกิดผลกระทบร้ายแรงตามมากับระบบนิเวศของโลก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีผลกระทบต่อประเทศกำลังพัฒนามากที่สุด

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปัญหาสำคัญที่สุดของโลกและประเทศไทย ซึ่งสภาพภูมิอากาศของไทยจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วง 20 – 30 ปี

ข้างหน้าและจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ประเทศไทยต้องเผชิญกับวันที่อากาศร้อนเกิน 33 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้น 3 เท่าต่อปี จากเดิม 20 วันต่อปีเป็น 30 – 60 วัน ระดับน้ำทะเลโดยเฉพาะบริเวณอันดามันจะสูงขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณชายฝั่งทะเลจะเกิดฝนตกถี่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลกระทบต่อแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้ฤดูน้ำหลากเปลี่ยนไปจากเดิม โดยในเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม จะมีปริมาณน้ำมากกว่าที่ผ่านมาถึงร้อยละ 40 เนื่องจากทั้งปริมาณน้ำฝน น้ำเหนือและน้ำทะเลหนุน ซึ่งระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นกว่าที่ผ่านมา ทำให้กรุงเทพฯ และปริมณฑลเกิดน้ำท่วมง่ายและถี่ขึ้น การเกิดโรคระบาดและพาหะของโรคจะเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิโลกสูงขึ้น (โชติชัย สุวรรณาภรณ์, 2552)

ระบบการระบายน้ำจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สำคัญที่รองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะการเกิดปริมาณฝนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ต้องมีระบบระบายน้ำที่ดีและทันท่วงทีในการระบายน้ำในพื้นที่ที่เป็นชุมชนเมืองใหญ่ ๆ เพราะเป็นแหล่งเศรษฐกิจและศูนย์กลางที่สำคัญของแต่ละจังหวัด การระบายน้ำในปัจจุบันอาจยังไม่เพียงพอกับชุมชนพื้นที่เมืองขยายตัวตามสภาพเศรษฐกิจ การลงทุน ฉะนั้นการระบายน้ำในชุมชนเมืองเพื่อรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต้องมีการบูรณาการของศาสตร์ต่าง ๆ มาร่วมกัน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ และป้องกันได้อย่างตรงจุด ซึ่งโครงการวิจัยนี้จะศึกษาระบบระบายน้ำปัจจุบันว่าเพียงพอกับการเพิ่มขยายตัวเมืองหรือไม่และถ้าไม่สามารถทำการระบายเพิ่มได้เนื่องด้วยถูกบังคับด้วยสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ จะสามารถแก้ไขได้อย่างไร ซึ่งพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ที่ถูกพัฒนาเป็นระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาวิเคราะห์ระบบการระบายน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังซ้ำซาก

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก
2. วิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
3. แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำโดยใช้หลักการทางภูมิสารสนเทศ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงปัญหาทั้งหมดของการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลจากพายุ

2. เพื่อทราบถึงผลการวิเคราะห์การระบายน้ำที่มีอยู่ในพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

3. เพื่อเสนอแนวทางแก้ไขให้สอดคล้องกับการระบายน้ำเชิงพื้นที่

4. สามารถนำไปช่วยในการตัดสินใจและปรับใช้อย่างมีประสิทธิภาพของการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมือง

5. ผู้วิจัย สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปประยุกต์ในการเรียนการสอนในคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

6. หน่วยงานที่ใช้ประโยชน์จากผลการวิจัย คือ

- ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคตะวันออก
- คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- สำนักงานจังหวัด เทศบาล องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ในจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง
- สถาบันการศึกษาต่าง ๆ
- สภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย

1.4 ขอบเขตการวิจัย

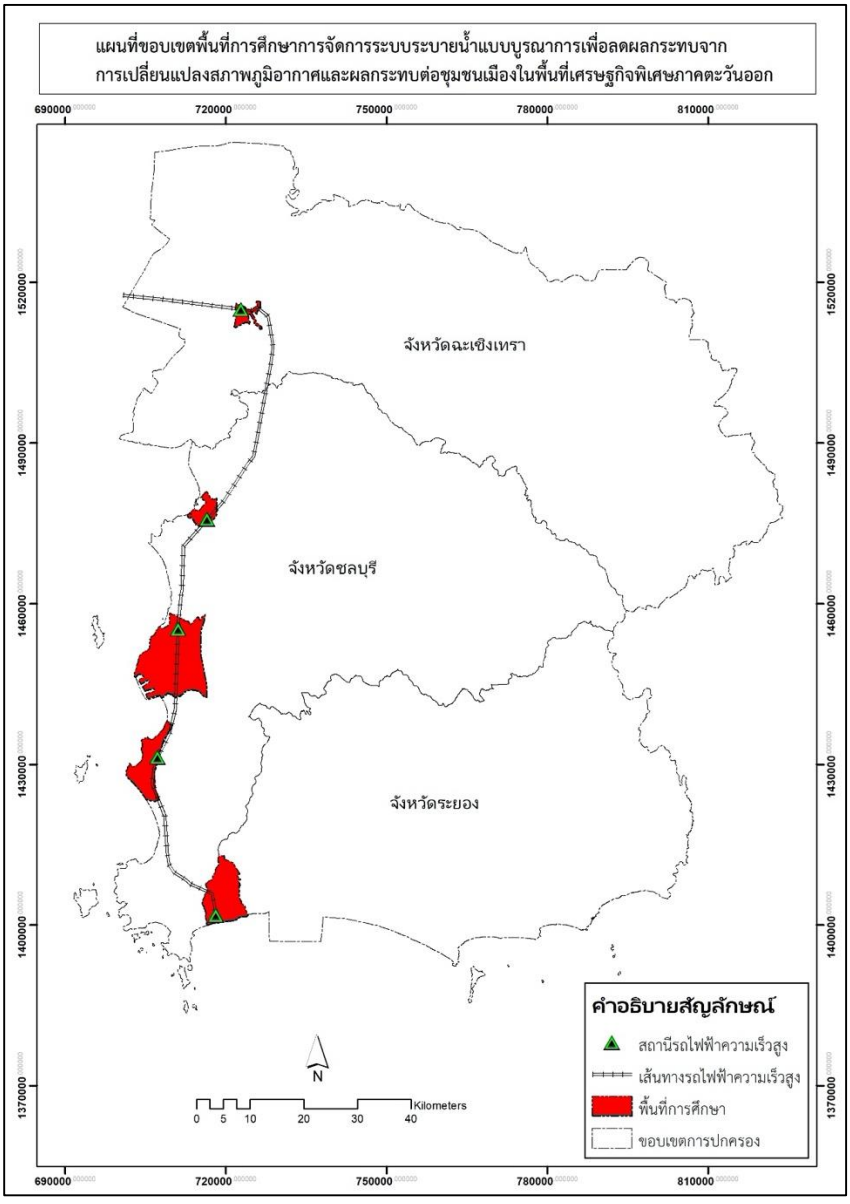
ขอบเขตการวิจัยในครั้งนี้สามารถแบ่งขอบเขตเป็น 2 ขอบเขต ดังนี้

ขอบเขตเนื้อหาการวิจัย

การวิจัยนี้จะนำสถิติการเกิดอุทกภัยในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2550 - 2560 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เพื่อหาพื้นที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซากในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองที่มีสถานีรถไฟความเร็วสูงในจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรีและระยอง

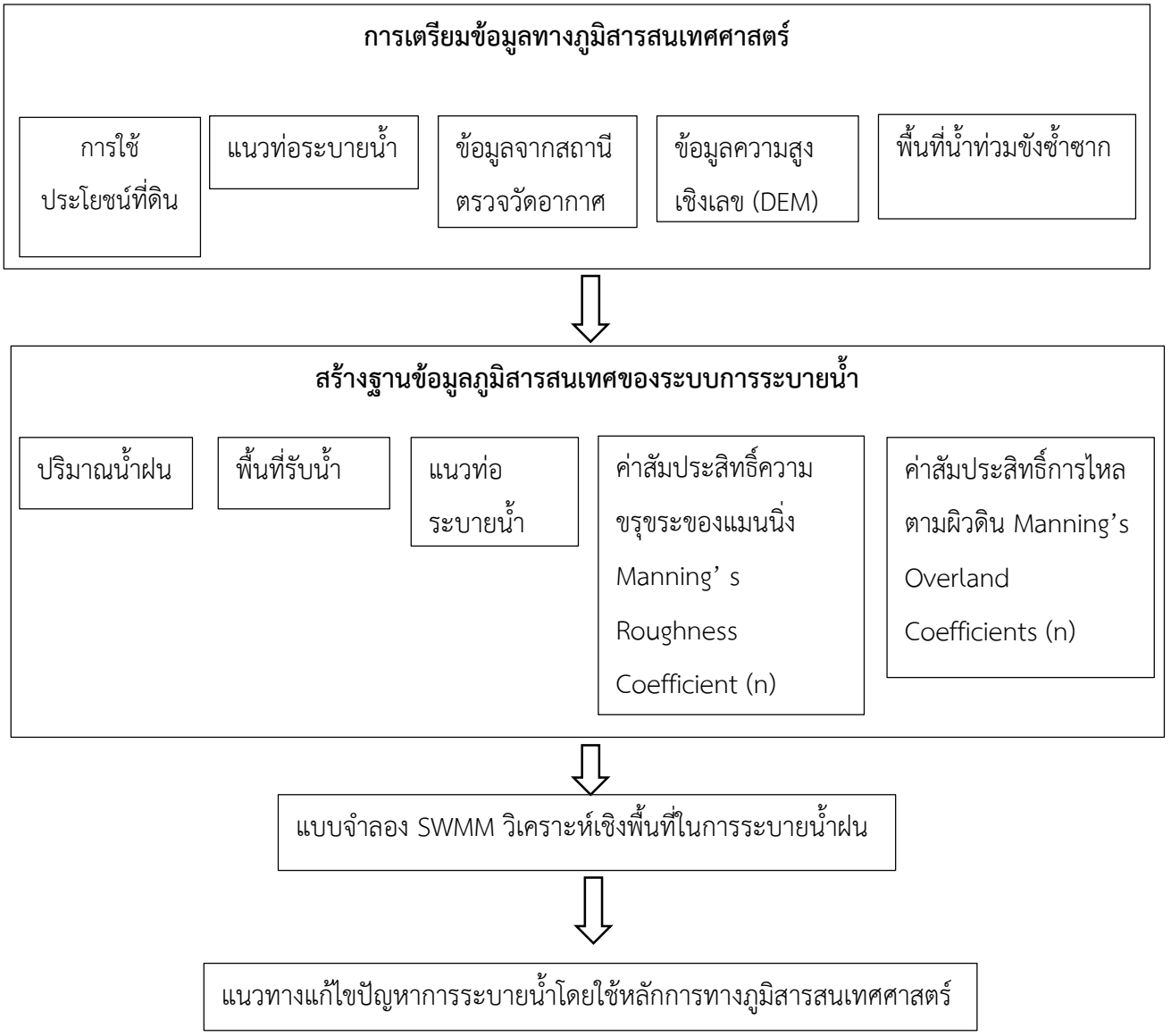
ขอบเขตพื้นที่

การวิจัยครั้งนี้เลือกศึกษาบริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองที่มีสถานีรถไฟความเร็วสูงในจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง มีพื้นที่การศึกษา 5 พื้นที่ ดังนี้ เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา เทศบาลตำบลบ้านสวน เทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง เมืองพัทยา และเทศบาลตำบลพลา ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1.5 กรอบแนวคิด



บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก ได้รวบรวมเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาแบ่งเป็นดังนี้

2.1 สภาพทั่วไปพื้นที่ศึกษา

2.2 แนวคิดการระบายน้ำแบบยั่งยืน (SUDS)

2.3 ระบบสนับสนุนงานเกี่ยวกับทางระบายน้ำ

2.4 หลักการแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศ

2.5 ทฤษฎีแบบจำลอง EPASWMM 5

2.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาพทั่วไปพื้นที่ศึกษา

2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

2.1.1.1 จังหวัดฉะเชิงเทรา

จังหวัดฉะเชิงเทราตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย บริเวณลุ่มแม่น้ำบางปะกง อยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 13 - 33 องศาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 101 - 127 องศาตะวันออก มีพื้นที่ 5,351 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3.3 ล้านไร่ คิดเป็น ร้อยละ 13.8 ของเนื้อที่ทั้งหมดของภาคตะวันออก อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ไปตามทางหลวงหมายเลข 304 ประมาณ 75 กิโลเมตร หรือตามเส้นทางรถไฟสายตะวันออก 61 กิโลเมตร โดยมีอาณาเขตติดต่อจังหวัดใกล้เคียงดังนี้ (สำนักงานแรงงานจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2552)

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	จังหวัดนครนายกและจังหวัดปราจีนบุรี
ทิศใต้	ติดต่อกับ	จังหวัดจันทบุรี จังหวัดชลบุรี และอ่าวไทย

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดสระแก้ว

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดสมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร และจังหวัดปทุมธานี

2.1.1.2 จังหวัดชลบุรี

จังหวัดชลบุรีตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย หรือ ริมฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย ประมาณเส้นละติจูดที่ 12 องศา 30 ลิปดา ถึง 13 องศา 43 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 100 องศา 45 ลิปดา ถึง 101 องศา 45 ลิปดาตะวันออก จังหวัดชลบุรีมีพื้นที่ทั้งสิ้น 2,726,875 ไร่ (4,363 ตารางกิโลเมตร) คิดเป็นร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ประเทศไทย (พื้นที่ของประเทศไทยประมาณ 320,696,875 ไร่ หรือ 513,115 ตารางกิโลเมตร) (จังหวัดชลบุรี, 2560)

ทิศเหนือ ติดต่อกับ ติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา

ทิศใต้ ติดต่อกับ ติดกับจังหวัดระยอง

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดระยอง

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ติดกับชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย

2.1.1.3 จังหวัดระยอง

จังหวัดระยองเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทยตั้งอยู่ประมาณละติจูดที่ 12 องศา 37ลิปดาเหนือลองจิจูด 101องศา 20 ลิปดาตะวันออก ห่างจากกรุงเทพมหานครตามเส้นทางรถยนต์ประมาณ 179 กิโลเมตร มีชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 100 กิโลเมตร มีเนื้อที่ 3,552 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,220,000 ไร่ และมีอาณาเขตติดต่อกับบริเวณใกล้เคียงดังนี้ (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2562)

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดชลบุรี

ทิศใต้ ติดต่อกับ ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดจันทบุรี

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดชลบุรี

2.1.2 ภูมิประเทศ

2.1.2.1 จังหวัดฉะเชิงเทรา

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 69.42 เมตร สามารถจำแนกความแตกต่างตามความสูงของพื้นที่เป็น 3 ลักษณะคือ

2.1.2.1.1 บริเวณที่ราบลุ่ม แม่น้ำบางปะกงและที่ราบทั่วไปส่วนใหญ่จะอยู่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดอันประกอบไปด้วย อำเภอเมือง, บางน้ำเปรี้ยว, บ้านโพธิ์, บางคล้า, บางปะกง, แปลงยาว, ราชสาส์นและบางส่วนของอำเภอพนมสารคาม ทั้งนี้ใน 5 อำเภอดังกล่าวมีแม่น้ำบางปะกงไหลผ่านก่อนออกสู่อ่าวไทย โดยมีชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 12 กิโลเมตร พื้นที่บริเวณที่ราบมีประมาณ 1.25 ล้านไร่ ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม คือ การทำนา ทำสวนผลไม้ยืนต้นมาเป็นเวลานาน

2.1.2.1.2 บริเวณพื้นที่สองฝั่งแม่น้ำบางปะกงและที่ราบลูกฟูกคลื่นลอนลาดเป็นพื้นที่สองฝั่ง แม่น้ำบางปะกงมีความสมบูรณ์สูงลักษณะเป็นดินตะกอนทับถมมาเป็นเวลานานตามแม่น้ำบางปะกงไหลผ่านความสูงเหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 4 - 20 เมตร โดยมีพื้นที่ประมาณ 360,250 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะแก่การทำนา ทำสวน ทำไร่ และเลี้ยงสัตว์ พื้นที่จะอยู่ในเขตอำเภอพนมสารคามและราชสาส์นบางส่วนของอำเภอบางคล้า กิ่งอำเภอคลองเขื่อน อำเภอเมือง และอำเภอบ้านโพธิ์

2.1.2.1.3 บริเวณที่ราบสูงและเขตภูเขาด้านตะวันออกบริเวณนี้จะมีความสูงเฉลี่ยระหว่าง 100 - 200 เมตร เป็นพื้นที่ราบสลับกับภูเขามีป่าไม้ ต้นน้ำลำธาร สภาพดินเหมาะแก่การทำไร่ แต่มีพื้นที่บางส่วนเป็นดินร่วนปนทรายและดินลูกรัง จะอยู่ในเขตอำเภอสนามชัยเขตและบางส่วนของอำเภอท่าตะเกียบ พนมสารคาม และแปลงยาว จะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1.785 ล้านไร่ (สำนักงานแรงงานจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2552)

2.1.2.2 จังหวัดชลบุรี

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดชลบุรี มีการผสมผสานกันมากถึง 5 แบบ ทั้งที่ราบลูกคลื่นและเนินเขา ที่ราบชายฝั่งทะเล ที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกง พื้นที่สูงชันและภูเขา รวมถึงเกาะน้อยใหญ่อีกมากมายที่ราบลูกคลื่นและเนินเขาของชลบุรี พบได้ทางด้านตะวันออกของจังหวัด ในเขตอำเภอบ้านบึง

พนัสนิคม หนองใหญ่ ศรีราชา บางละมุง สัตหีบ และบ่อทอง พื้นที่นี้มีลักษณะสูง ๆ ต่ำ ๆ คล้ายลูกระนาด ปัจจุบันพื้นที่นี้ส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการปลูกมันสำปะหลัง สำหรับ ที่ราบชายฝั่งทะเล นั้นพบตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกง ถึงอำเภอสัตหีบ เป็นที่ราบแคบ ๆ ชายฝั่งทะเล มีภูเขาลูกเล็ก ๆ สลับเป็นบางตอน ถัดมาคือ พื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกง มีลำน้ำคลองหลวงยาว130 กิโลเมตร ต้นน้ำอยู่ที่อำเภอบ่อทอง และอำเภอบ้านบึง ผ่านพนัสนิคม ไปบรรจบเป็นคลองพานทองไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกง โดยดินตะกอนอันอุดมสมบูรณ์จากการพัดพาของแม่น้ำบางปะกงนี้เอง ได้ก่อให้เกิดที่ราบลุ่มเหมาะสมต่อการเกษตรกรรม ส่วน พื้นที่สูงชันและภูเขา นั้นอยู่ตอนกลาง และด้านตะวันออกของจังหวัด ตั้งแต่อำเภอเมืองฯ บ้านบึง ศรีราชา หนองใหญ่ และบ่อทอง ที่อำเภอศรีราชานั้นเป็นต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำบางพระ แหล่งน้ำอุปโภคบริโภคหลักแห่งหนึ่งของชลบุรี

จังหวัดชลบุรีมีชายฝั่งทะเลยาวถึง 160 กิโลเมตร เว้าแหว่งคดโค้งสวยงาม เกิดเป็นหน้าผาหิน หาดทรายทอดยาว ป่าชายเลน ป่าชายหาด ฯลฯ ซึ่งอ่าวหลายแห่งสามารถพัฒนาไปเป็นท่าจอดเรือกำบังคลื่นลมได้เป็นอย่างดี อาทิ ท่าจอดเรือรบที่อำเภอสัตหีบ เป็นต้น สำหรับ เกาะ สำคัญ ๆ มีอยู่ไม่น้อยกว่า 46 เกาะ เช่น เกาะสีชัง เกาะค้างคาว เกาะริ้น เกาะไผ่ เกาะลอย เกาะล้าน เกาะครก เกาะสาก เกาะขาม เกาะแสมสาร และเกาะครามที่อยู่ในเขตทหารเรือของอำเภอสัตหีบ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ และอนุบาลเต่าทะเลที่หายาก และใกล้สูญพันธุ์ของไทย เป็นต้น โดยเกาะเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นปราการธรรมชาติช่วยป้องกันคลื่นลม ทำให้ชลบุรีไม่ค่อยมีคลื่นขนาดใหญ่ ต่างจากจังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด ซึ่งมักมีคลื่นใหญ่กว่า ด้วยเหตุนี้เองชายฝั่งของชลบุรีจึงเต็มไปด้วยท่าจอดเรือประมง และเหมาะแก่การสร้างท่าจอดเรือพาณิชย์ขนาดใหญ่ อาทิ ท่าเรือแหลมฉบัง เป็นต้น

ภูมิประเทศอันหลากหลายดังกล่าว หล่อหลอมให้ชลบุรีสามารถพัฒนากิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร อุตสาหกรรม การพาณิชย์ การท่องเที่ยว และการคมนาคมที่สะดวกสบาย (จังหวัดชลบุรี, 2560)

2.1.2.3 จังหวัดระยอง

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสลับที่ดอนเป็นลูกคลื่น พื้นที่ทางด้านเหนือและด้านตะวันออกเป็นที่ราบสลับภูเขาลาดต่ำลงสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ มีพื้นที่ทิวเขา 2 แนว คือ ทิวเขาชะเมา

ทางทิศตะวันออกและทิวเขาที่อยู่ประมาณกึ่งกลางของตัวจังหวัดเป็นแนวยาวจากอำเภอเมืองระยองขึ้นไปทางเหนือ จังหวัดระยองมีแม่น้ำสายสั้น ๆ ซึ่งเกิดจากเทือกเขาจันทบุรีและเทือกเขาบรรทัดไหลลงสู่อ่าวไทย แม่น้ำที่สำคัญได้แก่ แม่น้ำระยอง ความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่อำเภอปลวกแดง อำเภอบ้านค่าย อำเภอเมือง โดยไหลลงสู่ทะเลที่ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองระยอง และแม่น้ำประแสร์ ความยาวประมาณ 26 กิโลเมตร โดยมีต้นกำเนิดจากทิวเขาในจังหวัดจันทบุรี ไหลผ่านท้องที่ต่าง ๆ ในอำเภอแกลง อ.เขาชะเมา และลงสู่ทะเลที่ตำบลปากน้ำประแสร์ นอกจากนี้จังหวัดระยองยังมีชายฝั่งทะเล มีหาดทรายสวยงามและมีเกาะใหญ่น้อยเรียงรายเลียบตามแนวชายฝั่งนับเป็นทรัพยากรการท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2562)

2.1.3 ภูมิอากาศ

2.1.3.1 จังหวัดฉะเชิงเทรา

จังหวัดฉะเชิงเทราอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดปกคลุมประเทศไทย 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งลมนี้เป็นลมที่พัดพาความหนาวเย็นจากประเทศจีนมาสู่ประเทศไทยในช่วงฤดูหนาวอิทธิพลของลมนี้จะทำให้จังหวัดฉะเชิงเทราประสบกับสภาวะอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งกับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมในช่วงฤดูฝนซึ่งท้าให้อากาศชุ่มชื้นและมีฝนทั่วไป

2.1.3.1.1 ฤดูกาล

พิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทย สามารถแบ่งฤดูกาลของจังหวัดฉะเชิงเทราได้เป็น 3 ฤดูดังนี้

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่มีคุณสมบัติเย็นและแห้งจะแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยในช่วงนี้ ท้าให้จังหวัดฉะเชิงเทรามีอากาศหนาวเย็นโดยทั่วไป

ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์และสิ้นสุดประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้จะมีหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนปกคลุมประเทศไทยตอนบน ท้าให้มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไปโดยเฉพาะเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัดที่สุดในรอบปี

ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าสู่ประเทศไทย อากาศจะเริ่มชุ่มชื้นขึ้นและมีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป โดยมีฝนตกหนาแน่นในช่วงเดือนกันยายน

2.1.3.1.2 อุณหภูมิ

เนื่องจากจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน จึงมีอากาศร้อนมากกว่าจังหวัดที่อยู่ตามชายฝั่ง และในฤดูหนาวก็มีอากาศหนาวกว่า โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 27.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.8 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ 8.8 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2542 ส่วนอุณหภูมิสูงที่สุดวัดได้ 41.0 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 11 เมษายน 2559

2.1.3.1.3 ฝน

จังหวัดฉะเชิงเทรามีปริมาณฝนรวมตลอดทั้งปี 1,294.0 มิลลิเมตร มีจ้านวนวันที่มีฝนตกเฉลี่ยประมาณ 113 วัน เดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีปริมาณฝนมากที่สุดในรอบปี โดยมีปริมาณฝน 256.4 มิลลิเมตร สำหรับปริมาณฝนสูงที่สุดใน 24 ชั่วโมง ที่เคยตรวจได้คือ 130.5 มิลลิเมตร เมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2553

2.1.3.1.4 พายุหมุนเขตร้อน

พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านเข้ามาในบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา ส่วนมากเป็นพายุดีเปรสชันที่อ่อนกำลังลงจากพายุโซนร้อนและความรุนแรงมีไม่มากนัก แต่ส่งผลให้มีฝนตกหนักและน้ำท่วมในบางพื้นที่ ซึ่งพายุดีเปรสชันที่เคยเคลื่อนผ่านและท้าความเสียหายเป็นพายุที่มีถิ่นกำเนิดจากทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตกจากสถิติในคาบ 68 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2494 – 2561 พบว่ามีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านเข้ามาในบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทราทั้งหมด 7 ลูก ซึ่งเป็นพายุดีเปรสชันโดยเคลื่อนเข้ามาในเดือนกรกฎาคม 1 ลูก (2494) และเดือนตุลาคม 6 ลูก (2500, 2503, 2510, 2517, 2526, 2531) (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2562)

2.1.3.2 จังหวัดชลบุรี

จังหวัดชลบุรีอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดเวียนประจ้าฤดูกาล 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมในช่วงฤดูหนาวตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือน กุมภาพันธ์ ซึ่งจะน้าความความเย็นมาสู่จังหวัด และคลื่นลมปานกลาง กับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมในช่วงฤดูฝนประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมท้าให้มีฝนตกชุกและคลื่นลมแรง

2.1.3.2.1 ฤดูกาล

ฤดูกาลพิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทยแบ่งฤดูกาลของจังหวัดชลบุรีออกเป็น 3 ฤดูดังนี้

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย และบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่มีคุณสมบัติเย็นและแห้งแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยในช่วงนี้ แต่เนื่องจากจังหวัดชลบุรีอยู่ในละติจูดที่ค่อนข้างต่ำไกลจากศูนย์กลางของบริเวณความกดอากาศสูงท้าให้อากาศหนาวเย็นที่แผ่ลงมาได้คลายความเย็นลงไป ประกอบกับจังหวัดชลบุรีมีชายฝั่งทะเลท้าให้อากาศไม่หนาวเย็นมากนัก

ฤดูร้อน เริ่มตั้งฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือสิ้นสุดลงคือประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูนี้จะมีลมฝ่ายใต้และลมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมโดยมีกำลังค่อนข้างแรงและสม่ำเสมออย่างไรก็ตามในฤดูร้อนจังหวัดชลบุรีจะมีอากาศไม่ร้อนมากนัก เนื่องจากมีลมทะเลช่วยบรรเทาความร้อนแต่จะมีคลื่นลมค่อนข้างแรงในช่วงบ่ายและเย็น

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ซึ่งจะน้าความชื้นจากทะเลอันดามันพัดผ่านอ่าวไทยเข้าสู่ภาคตะวันออก ในระยะเริ่มต้นของมรสุมจะปรากฏมีฝนฟ้าคะนอง ในเดือนมิถุนายนฝนจะลดลงและเป็นช่วงฝนทิ้งช่วง เดือนที่มีฝนตกชุกคือเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม โดยปริมาณฝนจะลดลงอย่างชัดเจนอีกครั้งประมาณเดือนพฤศจิกายนแสดงให้เห็นว่าฤดูฝนได้สิ้นสุดลง

2.1.3.2.2 อุณหภูมิ

จังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลและอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศ อุณหภูมิของจังหวัดชลบุรีตลอดทั้งปีไม่เปลี่ยนแปลงมากนักกล่าวคือฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัดและฤดูหนาว

อากาศก็ไม่หนาวจัดอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 28.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.3 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยคือ 24.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ 40.5 องศาเซลเซียส ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาสัตหีบ เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2495 และวันที่ 2 พฤษภาคม 2495 และอุณหภูมิต่ำที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ 9.9 องศาเซลเซียส ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2498 จังหวัดชลบุรีมีพื้นที่ด้านตะวันตกของจังหวัดติดชายฝั่งทะเล ทำให้ปริมาณฝนบริเวณชายฝั่งแตกต่างจากบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน พื้นที่ชายฝั่งบริเวณอำเภอเมือง เกาะสีชัง และสัตหีบมีฝนชุกและปริมาณฝนรวมมากกว่าพื้นที่อื่น โดยมีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 1,200 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่บริเวณอำเภอบางละมุงเป็นพื้นที่ที่มีฝนน้อยอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า 1,200 มิลลิเมตร ปริมาณฝนรวมตลอดปีของอำเภอเมืองจังหวัดชลบุรี คือ 1,295.6 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนวันฝนตก 120 วัน ช่วงที่มีฝนตกชุกของจังหวัดชลบุรีคือในช่วงเดือนกันยายน มีปริมาณฝนเฉลี่ย 268.9 มิลลิเมตร และมีฝนตก 20 วัน โดยปริมาณฝนสูงที่สุดใน 24 ชั่วโมง ที่เคยตรวจวัดได้ของจังหวัดคือ 319.6 มิลลิเมตร ที่อำเภอสัตหีบ เมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2513

2.1.3.2.3 พายุหมุนเขตร้อน

พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่บริเวณจังหวัดชลบุรีส่วนใหญ่เป็นพายุดีเปรสชัน ซึ่งส่งผลให้เกิดน้ำท่วมในบางพื้นที่ พายุที่พัดเข้ามาส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดและพัดมาจากบริเวณปลายแหลมญวนในทะเลจีนใต้เข้าสู่ก้นอ่าวไทย และส่วนใหญ่เกิดในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน จากสถิติในคาบ 68 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2494 – 2561 พบว่ามีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่านจังหวัดชลบุรีทั้งหมด 4 ลูก ซึ่งส่วนใหญ่มีกำลังแรงเป็นพายุดีเปรสชันเคลื่อนเข้ามาในเดือนพฤษภาคม 1 ลูก (2504) เดือนตุลาคม 2 ลูก (2500, 2507) และเป็นพายุโซนร้อนซึ่งอ่อนกำลังลงจากพายุไต้ฝุ่น VAE เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยที่จังหวัดตราด เมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2495 ผ่านจังหวัดจันทบุรีและเข้าสู่จังหวัดชลบุรี (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2562)

2.1.3.3 จังหวัดระยอง

จังหวัดระยอง อยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดปกคลุมประเทศไทย 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ กับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมในช่วงฤดูฝนประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่ง

พัดจากทิศตกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่และเป็นลมที่พัดผ่านทะเลน่าความชื้นและไอน้ำเข้าสู่จังหวัด ทำให้อากาศชุมชื้นและมีฝนตกโดยทั่วไป

2.1.3.3.1 ฤดูกาล

พิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทย สามารถแบ่งฤดูกาลของจังหวัดระยองได้เป็น 3 ฤดูดังนี้

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่มีคุณสมบัติเย็นและแห้งจะแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยในช่วงนี้ ฤดูนี้อุณหภูมิของจังหวัดระยอง ไม่ลดต่ำมากเหมือนภาคอื่น ๆ เพราะเขตนี้อยู่ปลายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความหนาวเย็นจึงไม่ลดลงมาก นอกจากนี้ก็ยังมีชายฝั่งทะเลจึงทำให้จังหวัดระยอง ไม่หนาวเย็นมากนัก

ฤดูร้อน เริ่มเมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือสิ้นสุดลงคือประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์และสิ้นสุดประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ระยะนี้มีลมตะวันออกเฉียงใต้และลมเฉื่อยจากทะเลในตอนบ่ายพัดมาร่วมกับลมตะวันออกเฉียงใต้ จึงท่าให้ลมมีกำลังแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นฝั่งทะเลระยองในระยะเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนจึงมีคลื่นลมค่อนข้างแรงในตอนบ่ายและเย็น ทำให้อุณหภูมิไม่สูง อากาศจึงไม่ร้อนมากนัก

ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ซึ่งจะน่าความชื้นจากทะเลอันดามันพัดผ่านอ่าวไทยเข้าสู่ภาคตะวันออก ท่าให้อากาศจะชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกทั่วไป

2.1.3.3.2 อุณหภูมิ

เนื่องจากจังหวัดระยองเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกที่ได้รับอิทธิพลจากลมทะเลอยู่เสมอ จึงทำให้อากาศไม่ร้อนอบอ้าวมากนักในฤดูร้อน และฤดูหนาวอากาศก็ไม่หนาวจัด โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 28.3องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25.0 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ 12.5 องศาเซลเซียส ที่สถานีอากาศเกษตรห้วยโป่ง เมื่อวันที่ 30 ธันวาคม 2518 ส่วนอุณหภูมิสูงที่สุดวัดได้ 40.0 องศาเซลเซียส สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2544

2.1.3.3.3 ฝน

สำหรับฝนที่ตกในจังหวัดระยองส่วนใหญ่เป็นฝนที่เกิดในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดปกคลุมระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยจังหวัดระยองมีปริมาณฝนรวมเฉลี่ยตลอดปี 1,383.2มิลลิเมตร และมีจ่านวนวันฝนตกเฉลี่ย 119 วัน เดือนที่มีฝนตกหนาแน่นมากที่สุดในรอบปีคือเดือนพฤษภาคม กันยายนและเดือนตุลาคม โดยมีปริมาณฝนอยู่ในช่วง 190–260 มิลลิเมตร สำหรับปริมาณฝนสูงที่สุดใน 24 ชั่วโมง ที่เคยตรวจได้คือ 193.0 มิลลิเมตร ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง เมื่อวันที่ 9 กันยายน 2539

2.1.3.3.4 พายุหมุนเขตร้อน

ตามสถิติเท่าที่มีการเก็บข้อมูลไม่ปรากฏว่ามีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนเข้าสู่จังหวัดระยองโดยตรง อย่างไรก็ตามจังหวัดระยองได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันที่เคลื่อนตัวผ่าน ซึ่งส่งผลให้มีฝนตกหนักและน้ำท่วมได้ในบางพื้นที่ ซึ่งพายุดีเปรสชันที่เคยเคลื่อนผ่านและท่าความเสียหายเป็นพายุที่มีถิ่นกำเนิดบริเวณทะเลจีนใต้ตอนล่างโดยพายุนี้ได้เคลื่อนตัวผ่านประเทศกัมพูชาเข้าสู่จังหวัดตราดและเคลื่อนผ่านบริเวณจังหวัดระยองจากสถิติในคาบ 68 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2494 – 2561 พบว่ามีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่านจังหวัดระยอง 2 ลูก ซึ่งมีกำลังแรงเป็นพายุดีเปรสชันขณะเคลื่อนผ่าน โดยเคลื่อนตัวผ่านเข้ามาในเดือนตุลาคม พ.ศ.2502 และ 2528 (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2562)

2.2 แนวคิดการระบายน้ำแบบยั่งยืน (SUDS)

การระบายน้ำแบบยั่งยืน (SUDS)

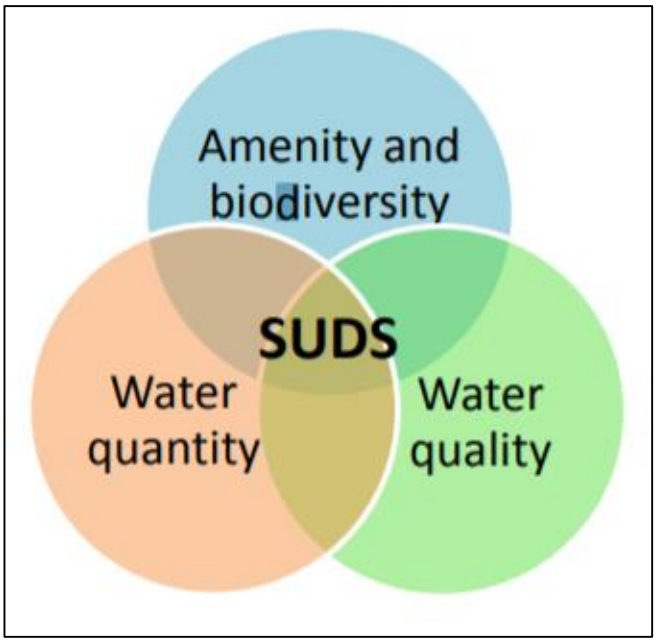
ในขณะที่ไม่มีข้อกำหนดที่เข้มงวดว่าอะไรไม่ใช่ระบบระบายน้ำทิ้งชุมชนอย่างยั่งยืน (SUDS) เราต้องเข้าใจธรรมชาติหรือที่เรียกว่าเทคนิควิศวกรรมสีเขียว ที่ออกแบบให้สามารถเลียนแบบกระบวนการทางธรรมชาติของน้ำฝน ถ้าเราเข้าใจในส่วนนี้แล้วเราก็จะเข้าใจระบบระบายได้อย่างเข้าถึงมัน ซึ่งทุกวันนี้เรามีระบบการระบายน้ำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ท่อระบายน้ำฝน ท่อระบายบนดิน ลำราง เป็นต้น พื้นฐานของแนวคิดของ SUDS ไม่ได้เป็นเทคนิคเฉพาะทางเป็นวิธีการออกแบบทั่วไปในการเข้าถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 ระบบแบบบูรณาการการจัดการพายุที่ทำให้เกิดน้ำท่วมโดยพิจารณาจากจำนวนครั้งในการเกิดและป้องกัน

2.2.2 ความสามารถในการรับมือกับการไหลบ่าของน้ำในกรณีฝนตกมาก

2.2.3 สามารถจัดการหลายหน้าที่และอำนวยความสะดวกระบบนิเวศ โดยมาตรวัดปริมาณน้ำฝนเพื่อเพิ่มคุณลักษณะการจัดการน้ำในพื้นที่สาธารณะ

2.2.4 ต้นทุนและการบำรุงรักษาได้ง่าย



ภาพที่ 2-1 ประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้รับบริหารจัดการระบายน้ำแบบยั่งยืน SUDS

กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) ได้อธิบายความรู้เกี่ยวกับการระบายน้ำ โดยแบ่งเกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำภายใน แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ เกณฑ์กำหนดทั่วไป เกณฑ์ด้านอุทกวิทยาและเกณฑ์ด้านชลศาสตร์ ดังนี้

1. เกณฑ์กำหนดทั่วไปจะแบ่งพื้นที่รับน้ำหรือระบายน้ำ แบ่งตามขอบเขตของพื้นที่ปิดล้อม โดยการระบายน้ำในแต่ละพื้นที่ปิดล้อมจะเป็นอิสระต่อกัน

2. การปรับปรุงคลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น จะปรับปรุงเฉพาะในเขตคลองเดิม โดยหลีกเลี่ยงการขยายคลอง ซึ่งต้องจัดสรรที่ดินใหม่

3. การปรับคลองในพื้นที่เกษตรกรรมหรือบริเวณที่ไม่มีบ้านเรือน อาจใช้การขยายความกว้างคลองที่ไม่เกินเขตคลอง ถ้ามีความจำเป็นและหลีกเลี่ยงไม่ได้ทำให้สามารถระบายน้ำในปัจจุบันได้ดีแล้วยังรองรับสำหรับอนาคตด้วย

4. ก่อนเกิดฝนตกจะต้องรักษาระดับน้ำในคลองให้ต่ำไว้เพื่อให้คลองมีปริมาตรว่างที่จะรับปริมาณน้ำฝนที่จะระบายลงคลองเมื่อเกิดฝนตก

5. ถ้าระดับน้ำภายนอกของสูงกว่าระดับน้ำภายในคลองจะปิดประตูน้ำและทำการสูบน้ำออกอย่างเดียวแต่ถ้าระดับน้ำภายนอกอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำภายในก็จะเปิดประตูน้ำช่วยระบาย

6. ถ้าภายในพื้นที่มีบ่อน้ำหรือหนองน้ำสาธารณะจะพิจารณาใช้ประโยชน์จากบ่อน้ำดังกล่าวไว้เป็นพื้นที่ชะลอน้ำหรือเก็บกัก น้ำชั่วคราวเพื่อประโยชน์ในการลดขนาดของการระบายน้ำ

7. การวางท่อระบายน้ำจะพิจารณาจากขนาดความกว้างของถนนด้วยเนื่องจากถนนบางสายอาจมีท่อขนาดเล็กถ้าวางท่อขนาดใหญ่ลงไปอาจจะมีพื้นที่วางท่อไม่พอหรือถ้าวางท่อระบายน้ำได้แต่อาจวางท่อสำหรับสาธารณูปโภคอื่น ๆ ไม่ได้

8. การวางท่อระบายน้ำที่ต่อลงคลองระดับก้นท่ออาจอยู่ต่ำกว่าก้นคลองซึ่งทำให้ต้องทำการปรับปรุงคลองตามมาดังนั้นการวางแผนและออกแบบท่อระบายน้ำจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกันกับระดับก้นคลอง

9. การวางแนวท่อระบายน้ำสายหลักจะพิจารณาวางบนถนนเดิมเป็นหลักสำหรับถนนผังเมืองในอนาคตจะวางท่อระบายน้ำสายหลักเฉพาะที่จำเป็นจริง ๆ เนื่องจากความไม่แน่นอนว่าจะได้ก่อสร้างเมื่อใด

2.3 ระบบสนับสนุนงานเกี่ยวกับทางระบายน้ำ

ระบบสนับสนุนงานเกี่ยวกับทางระบายน้ำ ระบบสนับสนุนงานเกี่ยวกับทางระบายน้ำ (รูปแบบ GIS/PasCAL ทางระบายน้ำ) ระบบสนับสนุนงานเกี่ยวกับทางระบายน้ำของพาสโค เป็นระบบควบคุมแผนที่ทางน้ำเสียและข้อมูลต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องกับทางระบายน้ำ เป็นระบบที่เชื่อมต่อประสานกันระหว่างแผน

ที่และข้อมูลควบคุม สามารถปรับเปลี่ยนและแก้ไขข้อมูลได้สะดวก ทำให้การควบคุมดูแลงานของหน่วยงานท้องถิ่นเป็นไปอย่างราบรื่น (บริษัท พาสโค (ประเทศไทย) จำกัด, 2557)

2.3.1 ข้อดีของการติดตั้งระบบควบคุมทางระบายน้ำ (PasCAL ทางระบายน้ำ) สนับสนุนงานที่เกี่ยวกับการควบคุมทางระบายน้ำทั้งหมด เช่น การติดต่อประสานงาน งานสถิติ รายงาน แผนภาพต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้ทันทีหลังการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์ มีข้อมูลเน็ตเวิร์คและ เครื่องมือสำหรับปรับเปลี่ยนและจัดท้าข้อมูลที่จ้าเป็น สามารถน้าข้อมูลที่ได้ไปเสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานควบคุมระบบน้ำประปา หน่วยงานด้าน GIS (บริษัท พาสโค (ประเทศไทย) จำกัด, 2557)

2.3.1.1 ใช้ ArcGIS ของบริษัท ESRI ในการจัดท้าข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) พื้นฐาน

2.3.1.2 ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ด้วยเครื่องมือครบครัน เช่น แสดงข้อมูลด้วยแผนที่, จัดพิมพ์ และปรับปรุง

2.3.1.3 ควบคุมการเชื่อมประสานการทำงานเหมือนระบบควบคุมน้ำประปา นอกจากนี้พาสโคยังมีการวิเคราะห์และศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างโดยอ้างอิงจากข้อมูลแผนผัง ท่อน้ำเสีย ปัจจุบันพาสโคได้มีการศึกษาและวางแผนงานเกี่ยวกับระบบการติดตั้งท่อน้ำเสีย เพื่อให้ทนต่อแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เพื่อสนับสนุนการบริหารงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.3.2 ควบคุมการก่อสร้างระบบควบคุมทางระบายน้ำของพาสโค สนับสนุนงานควบคุมงานก่อสร้างที่เกี่ยวกับท่อน้ำเสีย เช่น ท่อน้ำฝาท่อระบายน้ำ การติดตั้ง เป็นต้น มีการเชื่อมต่อกันระหว่างข้อมูลแผนที่และ Attribute สามารถแสดงผลการสืบค้นในรูปแบบตารางและแผนที่ได้สามารถจัดเตรียมข้อมูลและจัดพิมพ์แผนผังรายงาน ตารางสถิติได้ นอกจากนี้ ยังสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลใหม่โดยอ้างอิงจากข้อมูลแผนที่และ Attribute (บริษัท พาสโค (ประเทศไทย) จำกัด, 2557)

2.3.2.1 จัดทำแผนภาพแนวทางน้ำ

2.3.2.2 ทิศทางการไหลบน - ล่าง

2.3.2.3 ควบคุมระบบชำระล้าง

2.3.2.4 ควบคุมขอบเขตการบริหารจัดการด้านการเงิน

2.3.2.5 ควบคุมงานก่อสร้าง

2.3.2.6 ควบคุมงานทำความสะอาด

2.3.2.7 จัดเก็บ (แผนภาพงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว เอกสารเกี่ยวกับระบบน้ำเสีย การสำรวจ รูปภาพต่าง ๆ เป็นต้น)

2.3.2.8 เชื่อมโยงข้อมูล Touch Panel กับหน่วยประมวลผลกลาง

2.3.3 สนับสนุนการวางแผนงาน สามารถคำนวณโครงสร้างและค่าใช้จ่ายการก่อสร้างโดยอ้างอิงจากตำแหน่งตามแผนผัง สามารถตั้งค่าข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณ เช่น วิธีการก่อสร้างชนิดของท่อ การปรับแก้โดยแยกเป็นรายการแต่ละปีได้ และสนับสนุนงานศึกษาตรวจสอบข้อมูลด้านทิศทางการไหล ปริมาณที่รองรับ แผนผัง เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการจัดทำระบบแผนผังทรัพย์สินจากข้อมูลด้านราคา และการก่อสร้างของแนวท่อระบายน้ำที่สร้างไว้เป็นระยะเวลานานอีกด้วย (บริษัท พาสโค (ประเทศไทย) จำกัด, 2557)

2.3.4 สนับสนุนการสำรวจ วิเคราะห์ ทำการศึกษาข้อมูลที่ยังไม่สามารถแก้ไขหรือหาข้อสรุปได้ โดยการจำลองโมเดลข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ และมีการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) เพื่อใช้ในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาและวางแผนงานเพื่อรับมือกับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว นอกจากนี้ ยังมีการเสนอผลการวิเคราะห์ถึงสาเหตุและวิธีการแก้ไขในจุดที่ยังไม่ชัดเจนโดยอ้างอิงระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) และข้อมูลภูมิประเทศ (บริษัท พาสโค (ประเทศไทย) จำกัด, 2557)

2.4 หลักการแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศ

เรดาร์ตรวจอากาศเทคโนโลยีการตรวจอากาศที่ดีที่สุดต่อระยะการตรวจอากาศด้วยสายตาไกลออกไปนับเป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตร กรมอุตุนิยมวิทยา (2551) เป็นหน่วยงานที่มีเรดาร์ตรวจอากาศครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทยและได้เผยแพร่ภาพเรดาร์ตรวจอากาศสู่สาธารณชนทาง Web site ของกรมอุตุนิยมวิทยา ภาพเรดาร์ตรวจอากาศเหล่านั้นกำหนดตามวัตถุประสงค์และเทคนิคการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังนั้นการแปลความจึงอยู่ในกรอบเฉพาะ กองข่าวอากาศ คปอ. และหน่วยข่าวอากาศนอกที่ตั้งดอนเมืองได้ใช้ประโยชน์จากภาพเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อการตรวจอากาศ แจ้งเตือนสภาพอากาศรุนแรง และพยากรณ์อากาศตามเส้นทางบิน แต่กรอบการแปลความของผู้ใช้ส่วนใหญ่ยังยึดกับการแปลความตามเรดาร์ตรวจอากาศในยุคก่อนเพื่อป้องกันความ

ผิดพลาดและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปจากข้อเท็จจริง จึงควรทำความเข้าใจต่อประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.4.1 ค่าความรุนแรงของการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ วัดปริมาณน้ำฝนโดยค่าระดับความรุนแรงที่มีแถบสีชมพูอ่อน ค่าความเข้มของฝน (dBZ) อยู่ระหว่าง 56.5 – 66.5 และความแรงของฝนมากกว่า 100 มม./ชม. เป็นต้น ดังภาพที่ 2-2 และคำอธิบายในตารางที่ 2-1

ภาพที่ 2-2 ค่าความรุนแรงของการสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

ตารางที่ 2-1 ค่าความแรงที่ได้จากการสะท้อน (Reflectivity) ของเป้าจากเรดาร์ตรวจอากาศ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

dBZ	คำอธิบาย
-30	หมอกบางมาก (ขนาดของเม็ดน้ำเล็กมาก ไม่มีฝน เรดาร์ตรวจอากาศไม่สามารถตรวจ
20	ค่าความสะท้อนต่ำกว่า -15 ถึง -20 dBZ
30	ฝนกำลังอ่อนที่สุด (เกือบจะไม่สามารถตรวจพบฝนตก)
40	ฝนกำลังอ่อน (ความแรงของฝนประมาณ 3 มม./ชม.)
50	ฝนกำลังปานกลาง (ความแรงของฝนประมาณ 12 มม./ชม.)
55	ฝนกำลังแรง (ความแรงของฝนประมาณ 50 มม./ชม.)
>55	ฝนกำลังแรงมาก (ความแรงของฝนประมาณ 100 มม./ชม.)
75	ลูกเห็บหรือน้ำแข็ง

2.4.2 เกณฑ์ความแรงของอัตราการตกของฝนในการตรวจฝนของเรดาร์ตรวจวัดเป็นความแรงมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์ความแรงของอัตราการตกของฝนในการตรวจฝนของเรดาร์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

ฝนกำลังอ่อน	ฝนกำลังปานกลาง	ฝนกำลังแรง	ฝนกำลังแรงมาก
0.1 – 5.0	5.1 – 25.0	25.1 – 50.0	50.1 ขึ้นไป

2.4.3 การพิจารณาแปลความพื้นที่การตกของฝนมีหลักในการพิจารณาที่สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ

2.4.3.1 ลักษณะเป็นชั้น ๆ ตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป

2.4.3.2 ค่าการสะท้อนบริเวณตรงกลางมีค่าตั้งแต่ 20 dBZ หรือมากกว่า

2.4.4 หลักการวิเคราะห์

นำภาพเรดาร์ที่อยู่ใกล้สถานีตรวจอากาศ (มากที่สุด) เปรียบเทียบค่าการสะท้อนที่อยู่ไกลจากสถานีตรวจอากาศโดยรอบ เช่น หากต้องการวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนตกหรือแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนบริเวณกรุงเทพ ให้พิจารณาภาพเรดาร์ของดอนเมืองเป็นเรดาร์ตัวใกล้และใช้เรดาร์ตรวจอากาศที่สถานีที่ระยองและหัวหินเป็นเรดาร์ตัวไกลเป็นต้นจากลักษณะคุณสมบัติของลำคลื่นของเรดาร์ตรวจอากาศจะลอยสูงขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นจึงเป็นประโยชน์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนตกและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝน ทั้งนี้เพราะเรดาร์ตรวจใกล้จะตรวจปรากฏการณ์ใต้ฐานเมฆในขณะที่เรดาร์ตัวไกลจะการตรวจเข้าไปในเนื้อเมฆ แสดงว่าหากเรานำภาพเรดาร์มาวิเคราะห์ร่วมกันและพิจารณาจากค่าการสะท้อน (dBZ) จะทำให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝน อย่างไรก็ตามจำเป็นจะต้องติดตามผลการตรวจอย่างต่อเนื่องตัวอย่างการวิเคราะห์โอกาสเกิดฝนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนของเรดาร์ตรวจอากาศดอนเมือง (เรดาร์ตัวใกล้) พิจารณาเฉพาะกลุ่มฝนบริเวณจังหวัดสมุทรสาคร บริเวณอ่าวไทย และบริเวณจังหวัดเพชรบุรีโดยมีเรดาร์สนามบินสุวรรณภูมิ, ระยอง, หัวหิน (เรดาร์ตัวไกล) ประกอบการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ผลการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนของการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

สถานีเรดาร์	กลุ่มฝน จ.สมุทรสาคร	กลุ่มฝนบริเวณอ่าวไทย	กลุ่มฝน จ.เพชรบุรี
ดอนเมือง(0530Z)	30 dBZ	40 dBZ	ไม่พบ
สุวรรณภูมิ(0530Z)	40 dBZ	40 dBZ	30 dBZ
ระยอง(0550Z)	40 dBZ	40 dBZ	20 dBZ
หัวหิน(0530Z)	36 dBZ	40 dBZ	ไม่พบ

2.5 ทฤษฎีแบบจำลอง EPASWMM 5

รูปแบบการจัดการน้ำของ EPASWMM5 เป็นแบบจำลองการไหลของน้ำฝนและไหลบ่าแบบไดนามิก ที่ใช้สำหรับการจำลองปริมาณและคุณภาพน้ำทิ้งในระยะยาวในพื้นที่เขตเมืองใหญ่ องค์ประกอบการไหลเวียนของ SWMM ทำงานบนพื้นที่เก็บข้อมูลย่อยที่ได้รับการตกตะกอนและสร้างการไหลของกระแสน้ำและสารมลพิษ ส่วนเส้นทางของ SWMM จะส่งน้ำไหลบ่าไหลผ่านระบบท่อช่องอุปกรณ์เก็บ

ข้อมูล/บำบัดน้ำปั๊มและเครื่องควบคุม SWMM จะติดตามปริมาณและคุณภาพของน้ำท่าที่สร้างขึ้นภายในแต่ละช่วงย่อยและอัตราการไหล ความลึกของการไหล และคุณภาพของน้ำในแต่ละท่อและช่องในช่วงระยะเวลาจำลองซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลายเวลา สำหรับการแก้ไขข้อมูล ป้อนข้อมูลพื้นที่ศึกษาการจำลองแบบ Hydrologic ไฮดรอลิกและการดูผลลัพธ์ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงพื้นที่การระบายน้ำที่มีรหัสสีและแผนที่ระบบลำเลียงกราฟชุดลำดับเวลา ตารางแปลงข้อมูล และการวิเคราะห์ความถี่เชิงสถิติ การคำนวณในแบบจำลอง SWMM จะพิจารณาลักษณะทางกายภาพที่ก้าวเวลา (Time Step) การคำนวณใด ๆ ตามสมการการสมดุลมวล สมดุลพลังงาน และสมดุลโมเมนตั้ม ส่วนประกอบของปริมาณนหลัก ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.5.1 ปริมาณน้ำท่า (Surface Runoff) สามารถแสดงหลักการคำนวณได้โดยแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อยจะถูกพิจารณาเป็น Non-linear ปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflows) มาจากปริมาณน้ำฝนและน้ำที่ไหลออกมาจากพื้นที่รับน้ำย่อยที่อยู่ทางเหนือน้ำ ส่วนปริมาณน้ำไหลออก (Out Flows) จากพื้นที่รับน้ำย่อยที่พิจารณา ได้แก่ น้ำที่ซึมลงใต้ดิน (Infiltration) ปริมาณการระเหย (Evaporation) และปริมาณน้ำท่า (Surface Runoff) ความจุของ (Nonlinear Reservoir) นี้ คือ ปริมาตรเก็บกักสูงสุด (Maximum Depression Storage) ปริมาณน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ (Q) จะเกิดขึ้นเมื่อระดับน้ำใน Nonlinear Reservoir นี้ เป็นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (dp)

2.5.2 ปริมาณน้ำซึมลงใต้ดิน (Infiltration) เป็นกระบวนการที่น้ำฝนจะซึมผ่านผิวดินลงไปชั้นน้ำใต้ดินที่ยังไม่อิ่มตัว (Unsaturated Soil Zone)

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

2.5.4 ปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ (Flow Routing) แบบจำลอง SWMM จะคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำในท่อโดยใช้สมการ Saint Venant เมื่อสภาพการไหลเป็นแบบเปลี่ยนแปลงทีละน้อย (Gradually Varied) และการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) โดยสามารถเลือกใช้ความซับซ้อนในการแก้สมการได้ 3 แบบ คือ การไหลแบบคงที่ (Steady Flow Routing) การไหลที่มีแรงโน้มถ่วงและแรงเสียดทานมี

ความสมดุลกัน ปริมาณของการไหลคงที่ทั้งในระยะทางและช่วงเวลาที่พิจารณา (Kinematic Wave Routing) และการไหลแบบมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของการไหลตามความยาวของลำน้ำและช่วงเวลาที่พิจารณา (Dynamic Wave Routing) (ปฏิพัทธ์ ประชันกลาง และศิรวิทย์ ศรีกอก, (2559)

2.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.6.1 ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ประกอบด้วย 2 คำ คือ“ระบบสารสนเทศ” (Information System) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการรวบรวมจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นขั้นตอน สามารถค้นคืนข้อมูลที่ต้องการให้ภายในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจของผู้บริหาร ส่วนคำว่า “ภูมิศาสตร์” (Geography) มาจากรากศัพท์ “geo” หมายถึง โลกและ “graphy” หมายถึงการเขียน ภูมิศาสตร์จึงหมายถึงการเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับโลก หรือมุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับพื้นที่(Spatial Relationship) (สรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2542)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงหมายถึงกระบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟท์แวร์ (Software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Data) และการออกแบบ (Personnel Design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูลให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ หรือหมายถึง การใช้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บ และการใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ

ซึ่งโดยสรุปแล้วระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้รวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ รวมทั้งการค้นคืนข้อมูล และการแสดงผลข้อสนเทศ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นทั้งระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ของแผนที่เชิงเลข และข้อมูลเชิงคุณลักษณะเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นได้ผลออกมาเป็นข้อสนเทศและน าไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจ (สรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2542)

2.6.2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยหลักการแล้วจะประกอบด้วย 5 ส่วน คือ องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์องค์ประกอบด้านซอฟท์แวร์ หน่วยงานหรือตัวบุคคล วิธีการปฏิบัติงานและข้อมูล ดังนี้

2.6.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้องได้ ได้แก่ เครื่อง คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์, จอภาพ, สายไฟ, ดิจิไทเซอร์เครื่อง printer ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบ GIS ต้องมีองค์ประกอบที่ต่างจากเครื่องประมวลผลอื่น โดยต้อง มีสมรรถนะเพียงพอที่จะจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีปริมาณมากได้

2.6.2.2 ซอฟท์แวร์ (Software) คือโปรแกรมหรือชุดคำสั่งที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เราต้องการ ซอฟท์แวร์ด้าน GIS เช่น Arcview Mapinfo SPANS Geomedia โดยซอฟท์แวร์ด้าน GIS ควรมีลักษณะที่สำคัญ 5 ประการ คือ สามารถป้อนข้อมูลและตรวจสอบข้อมูล สามารถจัดเก็บข้อมูลและจัดการฐานข้อมูล สามารถคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลได้ สามารถรายงานผลข้อมูล และมีระบบอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้

2.6.2.3 บุคลากร (Peopleware) คือ ผู้มีหน้าที่จัดการให้องค์ประกอบทั้ง 4 อย่างข้างต้น ทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ออกมา ซึ่งต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ด้าน GIS และการจัดการฐานข้อมูล

2.6.2.4 วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology หรือ Procedure) คือขั้นตอนการทำงานซึ่งเราเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล

2.6.2.5 ข้อมูล (Data) คือ ข้อมูลจัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบสารสนเทศทุกประเภท โดยระบบย่อมไม่สามารถสร้างข้อสนเทศที่เป็นประโยชน์ได้ถ้าขาดข้อมูลที่ถูกต้อง สมบูรณ์และทันสมัย

ดังนั้น จะเห็นว่าการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการและกำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยนั้น สามารถนำมาใช้ในการหาแนวทางในการดำเนินการป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากอุทกภัยให้เหมาะสมกับพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งการใช้มาตรการทางด้านที่ใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม และมาตรการที่ไม่ใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม รวมถึงมาตรการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมรับมือกับอุทกภัยอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มักเกิด

อุทกภัยเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกของประเทศไทย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วราภรณ์ นาคสั้ว (2544) ได้ศึกษาเรื่องการปรับปรุงระบบระบายน้ำและการทำงานของระบบระบายน้ำหลักในพื้นที่เขตราษฎร์บูรณะและเขตทุ่งครุด้วยแบบจำลอง MOUSE โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา และเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา ซึ่งใช้วิธีการศึกษาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ เอกสารและเทคนิคการใช้แบบจำลอง MOUSE เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่รับน้ำและท่อคลองต่าง ๆ ข้อมูลทางด้านชลศาสตร์ เช่น ความเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ สัมประสิทธิ์ความขรุขระท่อ ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ นำข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประมวลผลสภาพระบบระบายน้ำในปัจจุบัน การศึกษาครั้งนี้พบว่าในหลายพื้นที่ถูกน้ำท่วมขังเนื่องจากการมีระดับพื้นดินต่ำ แบบจำลองให้ผลการคำนวณของตำแหน่งพื้นที่น้ำท่วมสำหรับฝนตกและน้ำหนุนถูกต้องประมาณร้อยละ 70 และเมื่อน้ำหนุนอย่างเดียวทำให้เกิดน้ำท่วมจริงประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด เมื่อสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตเปลี่ยน พื้นที่เกษตรกรรมถูกบุกรุกกลายเป็นชุมชนเมืองมากขึ้น ระดับน้ำสูงสุดจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 5-15 เซนติเมตร จากสภาพปัจจุบัน ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอ 3 ทางเลือกเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ โดยทางเลือก (1) เป็นการปรับปรุงระบบระบายน้ำเดิมเพื่อเพิ่มปริมาณกักเก็บสำหรับฝนที่ตกหนัก ทางเลือกนี้สามารถแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในปัจจุบันในพื้นที่นี้ได้แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาน้ำท่วมในอนาคต ทางเลือก (2) แบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 3 พื้นที่ปิดล้อมเป็นอิสระต่อกัน ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่ถูกควบคุมโดยติดตั้งประตูระบายน้ำ 2 ประตู ปรับปรุงคลองระบายน้ำและติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพิ่มปริมาณร้อยละ 32 ของกำลังสูบน้ำเดิม ส่วนทางเลือก (3) รวมพื้นที่ 3 พื้นที่ปิดล้อมด้วยกันเป็นพื้นที่ปิดล้อมเดียว การปรับปรุงระบบระบายน้ำเหมือนทางเลือก 2 และติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพิ่มร้อยละ 50 ของกำลังการสูบน้ำเดิมสำหรับการระบายน้ำในอนาคต จากการคำนวณพบว่าระบบระบายน้ำในทางเลือก 2 และทางเลือก 3 สามารถระบายน้ำได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

วีรยุทธ ทองวัชรานนท์ (2546) ได้ศึกษาการทดสอบระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบระบายน้ำใต้ดินด้านการลดระดับน้ำใต้ดิน และปริมาณน้ำที่ระบายจากท่อระบายน้ำแปลงแต่ละเส้นและเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของระบบระบายน้ำใต้ดินที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำชลประทาน, น้ำที่ระบาย และดินในพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินภายในพื้นที่การระบายน้ำของท่อระบายน้ำในแปลงจำนวน 7 เส้น และศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำที่ระบายจากท่อระบายน้ำในแปลงแต่ละเส้น หลังจากให้น้ำชลประทาน จากผลการศึกษาพบว่า ระดับน้ำใต้ดินที่สูงขึ้นหลังจากการให้น้ำหรือฝนตก มีความสัมพันธ์กับความลึกของน้ำชลประทานหรือความลึกของน้ำฝน คือ สัดส่วนของปริมาณน้ำชลประทานที่ให้ต่อปริมาณน้ำที่ระบายมีค่าประมาณ 0.45 เมื่อพิจารณาการทำงานของท่อระบายน้ำในแปลงโดยวิธี FAO (1984) พบว่า ท่อระบายน้ำในแปลงแต่ละเส้นทำงานไม่ดี (very poor) โดยมีค่า entrance head loss ประมาณ 0.8 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์คือ 0.30 เมตร, สัดส่วนของค่า entrance head loss ต่อ total head loss มีค่าประมาณ 0.8 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์คือ 0.4 และมีค่า entrance head loss ประมาณ 10 วันต่อเมตร ซึ่งมากกว่าเกณฑ์คือ 1.50 วันต่อเมตร ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี คือ ค่าปฏิกิริยา (pH), ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) ของน้ำใต้ดิน, น้ำที่ระบายจากท่อระบายน้ำในแปลงแต่ละเส้นและดินในแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30, 30-60, 60-90 และ 90-120 ซ.ม. จากผิวดิน พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

สหชัย แก่นอากาศ, สุดารัตน์ คำปลิว และอนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2541) ได้ศึกษาระบบระบายน้ำของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสภาพภูมิประเทศ และจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อวิเคราะห์สภาพอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษา เพื่อศึกษาความเหมาะสมของระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิม และเสนอแนวทางการปรับปรุง และเพื่อเสนอแนวทางเลือกที่เหมาะสม เพื่อแก้ไขและบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีวิธีการศึกษาโดยสำรวจลักษณะภูมิประเทศเดิม โดยการเก็บข้อมูลภาคสนาม ค่าระดับพื้นดิน ข้อมูลน้ำฝน ค่าระดับน้ำ วัดตราการไหล และทดลองหาค่าอัตราการซึมของพื้นที่รับน้ำ เพื่อประเมินสถานการณ์การระบายน้ำและปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้น แล้วนำไปสู่ผลการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาวิธีแก้ไขและนำเสนอรูปแบบระบบระบายน้ำใหม่ที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ พื้นที่ศึกษามีขนาด

พื้นที่ 193 ไร่ ความลาดชันเฉลี่ยของท่อระบายน้ำ 1 : 1500 โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWMM มาเป็นเครื่องมือช่วยทางด้านเทคนิค ผู้วิจัยได้จัดทำแผนที่ภูมิประเทศ และทำแนวระดับหน้าตัดทางยาวและหน้าตัดทางขวางของถนนและท่อระบายน้ำ เพื่อทำการวิเคราะห์ขีดความสามารถในการไหลของน้ำฝนหรือน้ำใช้ที่ระบายออกจากอาคาร เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของท่อระบายน้ำเดิม และได้ทำการออกแบบระบบระบายน้ำใหม่ซึ่งสามารถระบายน้ำทั้งหมดออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการประเมินและออกแบบระบบระบายน้ำ ได้ใช้ฝนออกแบบที่รอบปีการเกิด 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี ของช่วงเวลา 20 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง และผู้วิจัยได้เก็บเก็บข้อมูลสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้น เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543 และได้นำไปวิเคราะห์หาสภาพพื้นที่น้ำท่วมหนักสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนวทางแก้ไข 3 แนวทางคือ (1) การใช้สระเก็บน้ำกักน้ำ เชื่อมท่อให้มากขึ้น และเพิ่มขนาดท่อ/วางท่อระบายน้ำ (2) ทำกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กกั้นน้ำท่วม บริเวณริมตลิ่งห้วยคะตลอดแนวเขตมหาวิทยาลัย (3) แก้ไขปัญหาทั้งจังหวัดมหาสารคาม คือ การปรับปรุงอ่างเก็บน้ำแก่งเลิงจานให้สามารถรองรับน้ำให้ได้มากขึ้น และปรับปรุงระบบประตูน้ำห้วยคะคางที่ระบายลงสู้แม่น้ำชีที่สามารถระบายน้ำหลากได้ดีทั้งภาวะที่ระดับแม่น้ำชีต่ำกว่าระดับน้ำห้วยคะคาง หรือสภาวะที่ระดับน้ำชีสูงกว่าระดับน้ำห้วยคะคาง ซึ่งจะเป็นแนวทางที่จะบรรเทาปัญหาน้ำท่วมหนักในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

สบาย บุตรโยจันโท (2549) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำในเทศบาลนครขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบท่อระบายน้ำในพื้นที่ชุมชนสามเหลี่ยม (เป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของเทศบาลนครขอนแก่น) โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม MapInfo ในการแสดงและสรุปลักษณะทางกายภาพของภูมิประเทศ ซึ่งมีวิธีการศึกษาคือการนำข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาแสดงเป็นรูปภาพหรือแผนที่โดย MapInfo กำหนดแนวและระดับของท่อระบายน้ำเบื้องต้น พร้อมกับกำหนดขอบเขตพื้นที่ระบายน้ำจากแผนที่ที่ได้ สำรวจและรวบรวมข้อมูลระบบระบายน้ำที่มีอยู่ในเขตพื้นที่ชุมชนสามเหลี่ยม ทำการออกแบบระบบท่อระบายน้ำในพื้นที่ โดยกำหนดขนาด ความยาวและระดับของท่อระบายน้ำที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับระบบระบายน้ำเดิม ให้เกิดประสิทธิ์ภาพสูงสุด ผลการศึกษาพบว่าจากากรประเมินระบบน้ำที่มีอยู่เดิมสำหรับคาบกลับที่ 5 ปี 10 ปี และ25 ปี มีอยู่ร้อยละ 11.77 ไม่เพียงพอและต้องออกแบบให้ใหญ่ขึ้น ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MapInfo เพื่อออกแบบระบบท่อระบายน้ำ มีความเร็ว สะดวกและ

สามารถเห็นภาพโดยรวมทั้งระบบได้ดีและมีความเหมาะสมสำหรับการกำหนดแนวทางหลักในการวางท่อระบายน้ำในพื้นที่ชุมชนเมืองที่มีขนาดใหญ่เช่นเทศบาลนครขอนแก่นได้

สมบุญ แซ่จิว (2557) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบระบายน้ำภายใต้ตำบลดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสำรวจ จัดเก็บข้อมูลการระบายน้ำ และเพื่อสร้างแผนที่ของเส้นทางระบายน้ำ และตำแหน่งการกีดขวางทางน้ำ พร้อมทั้งตรวจสอบและออกแบบทางระบายน้ำ ให้ได้วิธีการระบายน้ำที่เหมาะสม ในการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม ในการดำเนินการวิจัยได้มีการรวบรวมและศึกษาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา และข้อมูลทางกายภาพ ข้อมูลแหล่งน้ำ โดยการสำรวจและเก็บข้อมูล สภาพพื้นที่ทางด้านวิศวกรรม เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา เช่น สภาพปัญหาการกีดขวางทางน้ำ และระดับความรุนแรงการกีดขวางทางน้ำ โดยการใช้แบบจำลองข้อมูลรายละเอียดตำแหน่งการกีดขวางทางน้ำ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อนำข้อมูลเข้าสู่ฐานระบบ GIS จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำหลากสูงสุด และการออกแบบพื้นที่หน้าตัดที่เหมาะสม ณ จุดวิกฤติของน้ำ และนำเสนอผลพร้อมทั้งประเมินผลความพึงพอใจ/ ความคิดเห็นของการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในพื้นที่ โดยกลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 47 คน จากการศึกษาพบว่าข้อมูลรายละเอียดตำแหน่งการกีดขวางทางน้ำมีปัญหารวมทั้งหมด 63 จุด โดยสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการทับถมของตะกอนโดยธรรมชาติและการก่อสร้างระบบท่อชนิดต่าง ๆ ที่มีขนาดเล็ก รวมถึงการก่อสร้างอาคารรุกล้ำลำเหมืองสาธารณะผลการออกแบบพื้นที่หน้าตัด และลักษณะทางน้ำขึ้นมาใหม่ โดยใช้วิธี Rational Method ร่วมกับสมการของแมนนิ่ง เพื่อให้ทางน้ำมีความสามารถในการรับอัตราการไหลสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ พบว่าพื้นที่รับน้ำลำเหมืองมีขนาด 2.124 ตารางกิโลเมตร ได้ค่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดเท่ากับ 7.523 ลบ.ม./วินาที

มาโนช ตุ้มทอง (2547) ได้ศึกษาในพื้นที่น้ำท่วมขังของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามหาราช ในช่วงฤดูฝนโดยศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินการจัดการน้ำในปีน้ำปกติระดับความเสียหายที่เกิดขึ้นกรณีถูกใช้เป็นพื้นที่รับน้ำลักษณะเป็นแก้มลิงเพื่อบรรเทาอุทกภัยและความคิดเห็นของราษฎรโดยได้รวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศสภาพภูมิประเทศการใช้ที่ดินจากกรมชลประทานและจากการสำรวจภาคสนามแล้วนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อทำการวิเคราะห์และนำเสนอผลการศึกษาจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวม

ได้พบว่าสามารถแบ่งเป็นหน่วยระบายน้ำหลัก 5 หน่วยระบายน้ำการจัดการน้ำในหน่วยระบายน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะซึ่งการประยุกต์ใช้ GIS เพื่อเป็นเครื่องมือเฝ้าติดตามการจัดการน้ำรายวันและติดตามน้ำท่วมซึ่งสะดวกแก่การมองเห็นสภาพน้ำในหน่วยระบายน้ำเชิงพื้นที่และช่วยให้ง่ายต่อการตัดสินใจ

Chusit Apirumenckul (2001) ได้นำแบบจำลองการระบายน้ำของพื้นที่เมือง Modeling of Urban Sewers (MOUSE) มาแสดงผลของเมือง Dhaka เมืองหลวงของบังคลาเทศซึ่งมีน้ำท่วมขังอยู่หลายปีโดยอาศัยข้อมูลของ Surface Water Modeling Centre ในปี ค.ศ. 1997 ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการระบายน้ำในเมือง Dhaka การป้อนข้อมูลเข้ารวมกับกระบวนการวิเคราะห์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องในระบบระบายน้ำของเมือง Dhaka นอกจากนี้บอกจำนวนกระบวนการทางกายภาพอย่างไร เพื่อตีความสำคัญของการระเหยและการซึมในการที่กักน้ำที่กำหนดไว้ อีกอย่างก็คือ การศึกษาการใช้การควบคุมในเวลาจริงกับระบบระบายน้ำในเมือง เพื่อใช้ประสิทธิภาพที่มีอยู่ของเครื่องอำนวยความสะดวดสบายในระบบที่ถูกประเมินทั้งหมดให้เป็นประโยชน์ ปั้มและประตูน้ำ ที่ถูกจัดการในวิธีที่ดีที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ สุดท้ายแผนการเพื่อจุดประสงค์ในการบรรเทาน้ำท่วมจะถูกจำลองโดย Model

Xin Dongab, Hao Guoa and Siyu Zeng. (2017). ได้ศึกษาการเพิ่มความยืดหยุ่นในอนาคตของระบบระบายน้ำในเมือง: กรณีศึกษาโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่สีเขียวและพื้นที่สีเทา งานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงความหลากหลายของฟังก์ชันความซับซ้อนเชิง Topological และความไม่แน่นอนของระบบระบายน้ำในเมือง (UDSs) และกำหนดรูปแบบใหม่ของความยืดหยุ่นตามความรุนแรงของระบบสามส่วนได้แก่ ความรุนแรงทางสังคมที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมในเขตเมืองความรุนแรงของสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากท่อระบายน้ำล้น, และความรุนแรงทางเทคโนโลยีที่พิจารณาจากการดำเนินงานที่ปลอดภัยของอุปกรณ์ต่อเนื่อง พื้นที่กรณีศึกษาคุนหมิง ประเทศจีนได้รับการออกแบบเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของกลยุทธ์โครงสร้างพื้นฐานพื้นที่สีเขียวและพื้นที่สีเทาในการเพิ่มความยืดหยุ่นของระบบพร้อมกับค่าใช้จ่ายระบบการกำหนดรูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยสีเขียวน้ำจะสามารถซึมผ่านได้ดี และการเก็บข้อมูลจะถูกเปรียบเทียบโดยการวิเคราะห์สถานการณ์ด้วยการพิจารณาถึงความไม่แน่นอนในอนาคตที่เกิดจากการทำให้เป็นเมืองและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การวิจัยนี้มีส่วนช่วยในการประเมินความยั่งยืนของระบบระบายน้ำในเมืองโดยคำนึงถึงความยืดหยุ่นของโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและสีเทา

ภายใต้การเปลี่ยนแปลงในอนาคต การหามาตรการตอบสนองที่มีการปรับตัวสูงในหลาย ๆ สถานการณ์ในอนาคตเป็นสิ่งสำคัญเพื่อสร้างระบบระบายน้ำที่ยั่งยืนในเมืองในระยะยาว

Zhihua Zhu, Zhihe Chen, Xiaohong Chen and Peiying He (2016) ได้ศึกษาแนวทางในการประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วมในระบบระบายน้ำในเขตเมือง โดยมีแนวทางในการประเมินความเสี่ยงจากปัญหาน้ำท่วมในระบบระบายน้ำในเขตเมืองโดยอาศัยรูปแบบการจัดการน้ำฝนวิธีการหาข้อมูลโดยใช้วิธี kriging สามัญและวิธีการจัดกลุ่ม K-means กรณีศึกษาในพื้นที่ย่านที่อยู่อาศัยในกวางโจว ประเทศจีน มีการคัดเลือกดัชนีการประเมินผล 7 ปัจจัย และมีการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 20 ปี เพื่อปรับเทียบและตรวจสอบพารามิเตอร์ของแบบจำลองการไหลของน้ำฝน และความเสี่ยงจากน้ำท่วมในระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษาได้รับการประเมินภายใต้สถานการณ์น้ำฝนที่แตกต่างกัน สรุปผลการศึกษาพบว่า (1) แนวทางที่เสนอโดยไม่มีปัจจัยเชิงอัตนัยสามารถระบุปัจจัยขับเคลื่อนหลัก ได้แก่ ระยะเวลาการท่วมการไหลของน้ำที่ใหญ่ที่สุดและปริมาณน้ำท่วมทั้งหมดในพื้นที่การศึกษานี้ (2) ความเสี่ยงจากการท่วมของแต่ละช่องสามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณและคำนวณเชิงปริมาณได้ หลุมฝังกลบ 1, 8, 11, 14, 21 และ 21 มีความเสี่ยงตามระยะเวลาการบรรเทาอุทกภัย 1 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี 50 ปีและ 100 ปีตามลำดับ (3) พื้นที่ระดับ III, IV และ V เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการคืนน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการเกิดน้ำท่วมในหลายลักษณะ (4) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝนกับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยได้รับการอธิบายโดยแบบลอการิทึม การศึกษาครั้งนี้เสนอแนวทางใหม่และประสบความสำเร็จในการประเมินความเสี่ยงในระบบระบายน้ำในเขตเมืองและมีข้อเสนอแนะให้มีการปรับปรุงระบบระบายน้ำในเมืองและเตรียมความพร้อมในการระบายน้ำท่วม

Naksua (2011) ได้ทำการศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำและการทำงานของระบบระบายน้ำหลักในพื้นที่เขตราษฎร์บูรณะ และเขตทุ่งครุ ซึ่งมักประสบกับปัญหาน้ำท่วมขังในช่วงที่ระดับน้ำทะเลหนุนสูงโดยใช้แบบจำลอง MOUSE ประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำด้วยปริมาณฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปีและช่วงเวลาการตกของฝน 6 ชั่วโมง ทำการสังเคราะห์ปริมาณฝนด้วยวิธี Chicago เพื่อนำเข้าข้อมูลฝนสู่แบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่า ระบบคลองในพื้นที่ไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำได้ทั้งหมด จึงเสนอแนวทางปรับปรุงระบบระบายน้ำเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Seyoum et al. (2012) ได้ทำการจำลองน้ำท่วมในเขตเมือง โดยใช้แบบจำลอง SWMM๕ ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองการไหลในท่อแบบ 1 มิติ โดยใช้สมการของ Saint-Venant และจำลองการไหลแผ่บนดินแบบ ๒ มิติ โดยใช้สมการของ Navier-Stokes ในพื้นที่สุขุมวิท กรุงเทพมหานคร ผลจากการจำลองปรากฏว่าเหตุการณ์ฝนตกหนักในวันที่ 1 ตุลาคม ปี พ.ศ. 2541 ทำให้เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ประมาณ 45-65 เซนติเมตร แนวถนนสุขุมวิทตลอดสาย

Chitwatkulsiri (2015) ได้ทำการพัฒนาระบบการระบายน้ำในเมืองแบบ Real-Time ที่พื้นที่สุขุมวิทเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ เพื่อรายงานข้อมูลที่คาดการณ์เช่น ระดับน้ำในระบบระบายน้ำและแผนที่น้ำท่วมถูกเผยแพร่สู่สาธารณะผ่านอินเทอร์เน็ต

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาสำหรับการจำลองสภาพน้ำท่วมในเขตเมืองพบว่าแบบจำลอง MIKE FLOOD URBAN ให้ผลการคำนวณที่เหมาะสม ประกอบกับงานวิจัยที่แนะนำให้ใช้การคำนวณผสาน 1 มิติ และ 2 มิติ ในการจำลองผสาน 1 มิติ อย่างเดียว ในการทำโครงการนี้จึงเลือกใช้แบบจำลองผสาน 1 มิติ และ 2 มิติ MIKE FLOOD URBAN เพื่อศึกษาระบบระบายน้ำหลักและจำลองสภาพน้ำท่วมในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก

Khongkadae (2016) ศึกษาการทำงานของระบบระบายน้ำในปัจจุบันสำหรับรองรับปริมาณฝนเนื่องจากเหตุการณ์ฝนตกหนักในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบจำลอง MIKE FLOOD URBAN ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยหน่วยงาน DHI ประเทศเดนมาร์ก ที่ประกอบด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff model) แบบจำลองจากการไหลในระบบโครงข่ายท่อและคลอง (Pipe-Netwoek model) แบบ 1 มิติ และจำลองการไหลบนผิวดินแบบ 2 มิติ (2D overland flow model) โดยคัดเลือกพื้นที่ปิดล้อมคลองเตยวัฒนาเป็นพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาพบว่าการจำลองสภาพน้ำท่วมที่ได้มีความสอดคล้องกับข้อมูลสภาพน้ำท่วมจริงในพื้นที่ศึกษา

บทที่ 3

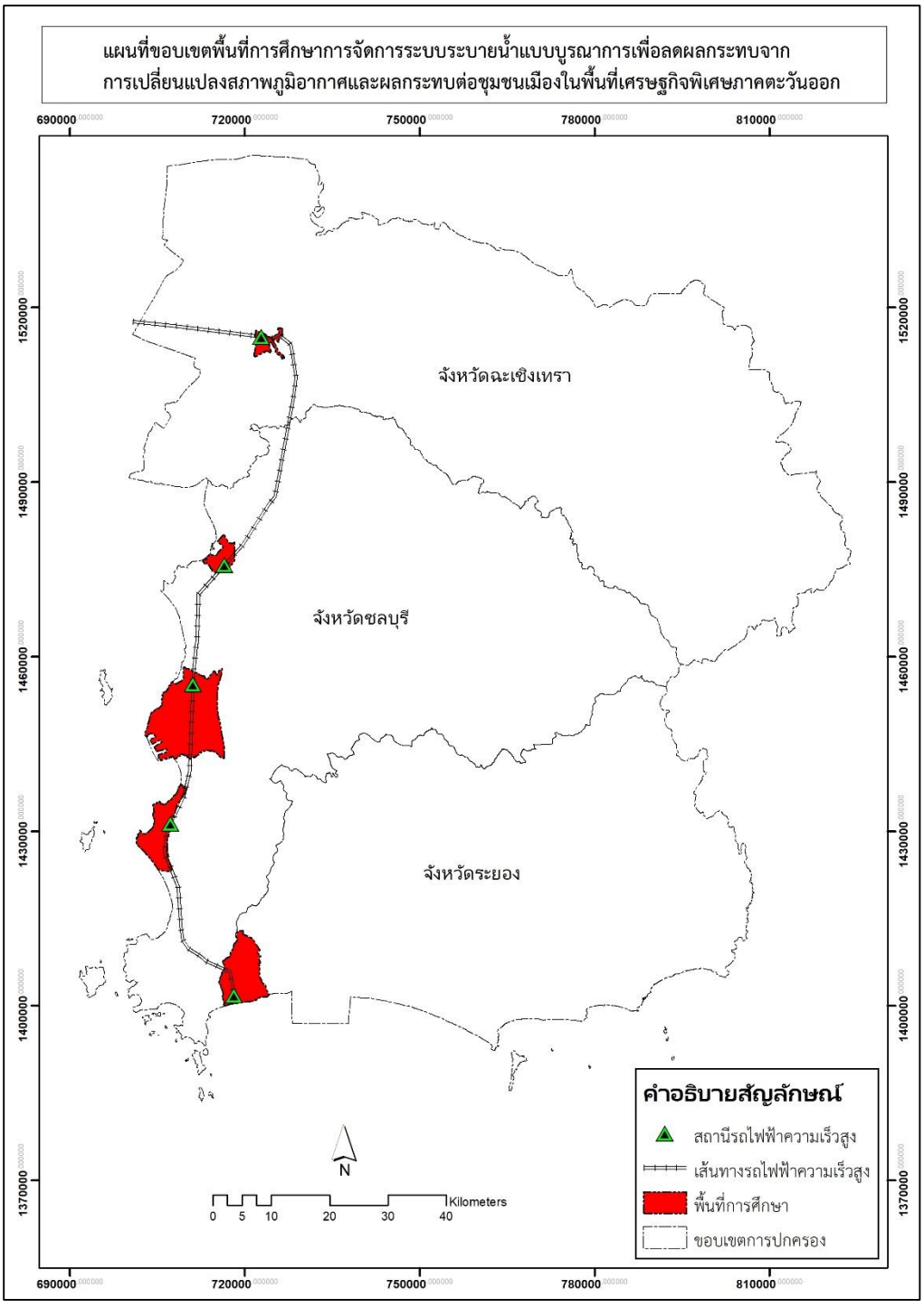
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 รูปแบบการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นวิจัยมีรูปแบบสอดคล้องตามยุทธศาสตร์วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ 20 ปี ด้านการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมในประเด็นยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อมตามแผนงานการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยส่วนแรกเป็นการศึกษาปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและส่วนที่สามเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำออกจากพื้นที่

3.2 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาวิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณเขตชุมชนเมืองที่มีสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงของทั้ง 3 จังหวัด ได้แก่ ชุมชนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา, ชุมชนเทศบาลเมืองบ้านสวน ชุมชนเทศบาลนครแหลมฉบัง และชุมชนเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี และชุมชนเทศบาลตำบลพลา จังหวัดระยอง รวมทั้งหมด 5 สถานี ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 พื้นที่ขอบเขตการศึกษา

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Distance Measurer Laser Point)
2. ข้อมูลความสูงภูมิประเทศรายละเอียด 10 เมตร
3. เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS)
4. ซอฟต์แวร์โปรแกรม ArcGIS 10
5. ซอฟต์แวร์โปรแกรม PCSWMM (ตัวทดลอง 30 วัน)

3.4 วิธีการดำเนินงาน

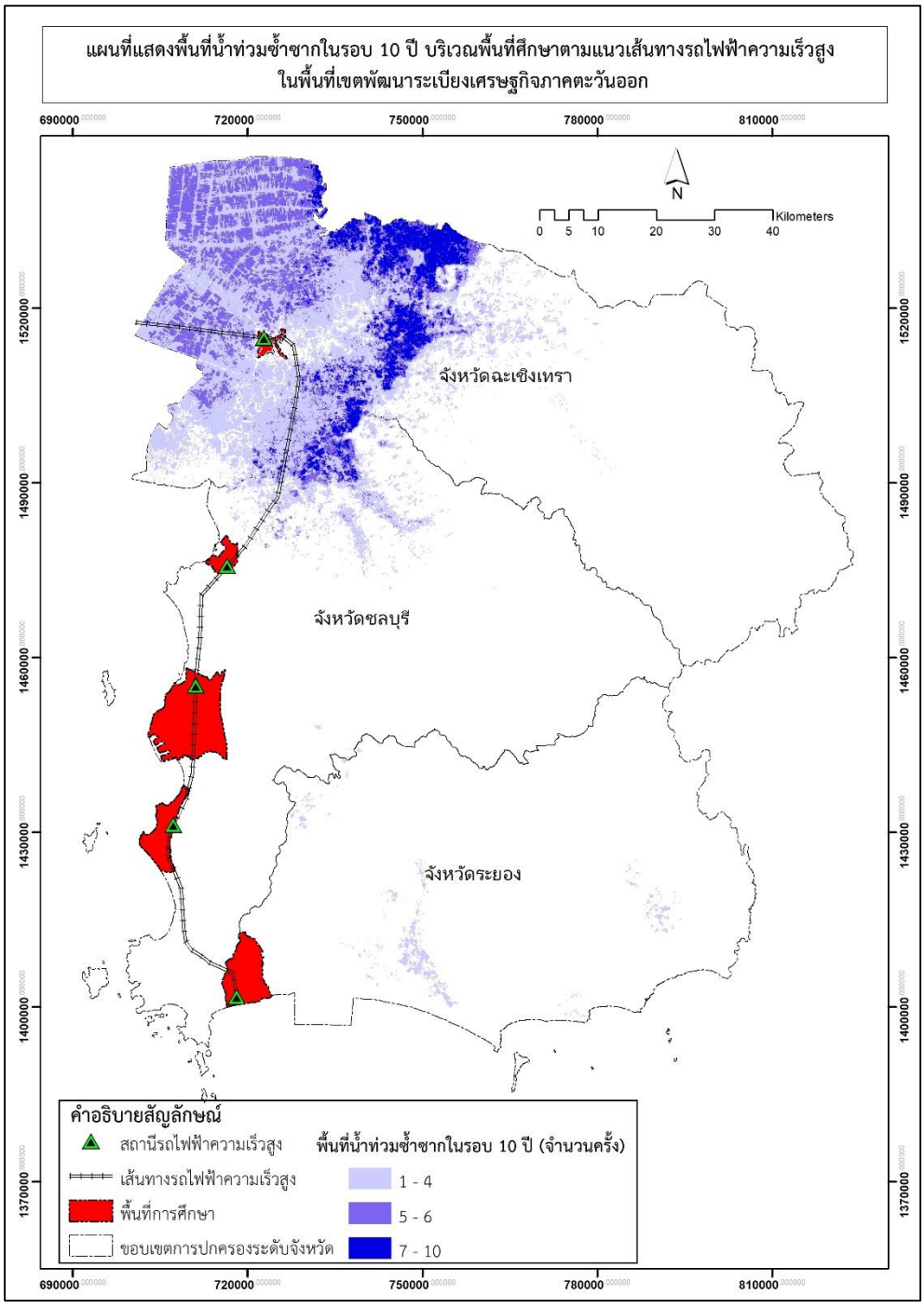
วิธีการดำเนินการการจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก แบ่งวิธีการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 รวบรวมพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากและเก็บข้อมูลระบบระบายน้ำ

การจัดเก็บข้อมูลระบบระบายน้ำจากการลงพื้นที่สำรวจแนวท่อระบายน้ำ เช่น ขนาดและความยาวของแนวท่อ ลักษณะพื้นผิวของท่อ ระดับความลึกของท่อ และพื้นที่รับน้ำ เพื่อจัดเก็บฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ภาพที่ 3-2 การเก็บข้อมูลขนาด ความลึกและตำแหน่งของท่อระบายน้ำ

การรวบรวมข้อมูลน้ำท่วมซ้ำซากในรอบ 10 ปี จากภาพถ่ายดาวเทียมโดยการสกัดข้อมูลน้ำท่วมในแต่ละปีดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 แผนที่น้ำท่วมซ้ำซากในรอบ 10 ปี ในตามแนวสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก

ข้อมูลท่อระบายจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลจุด (Point) ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลของท่อระบายน้ำ

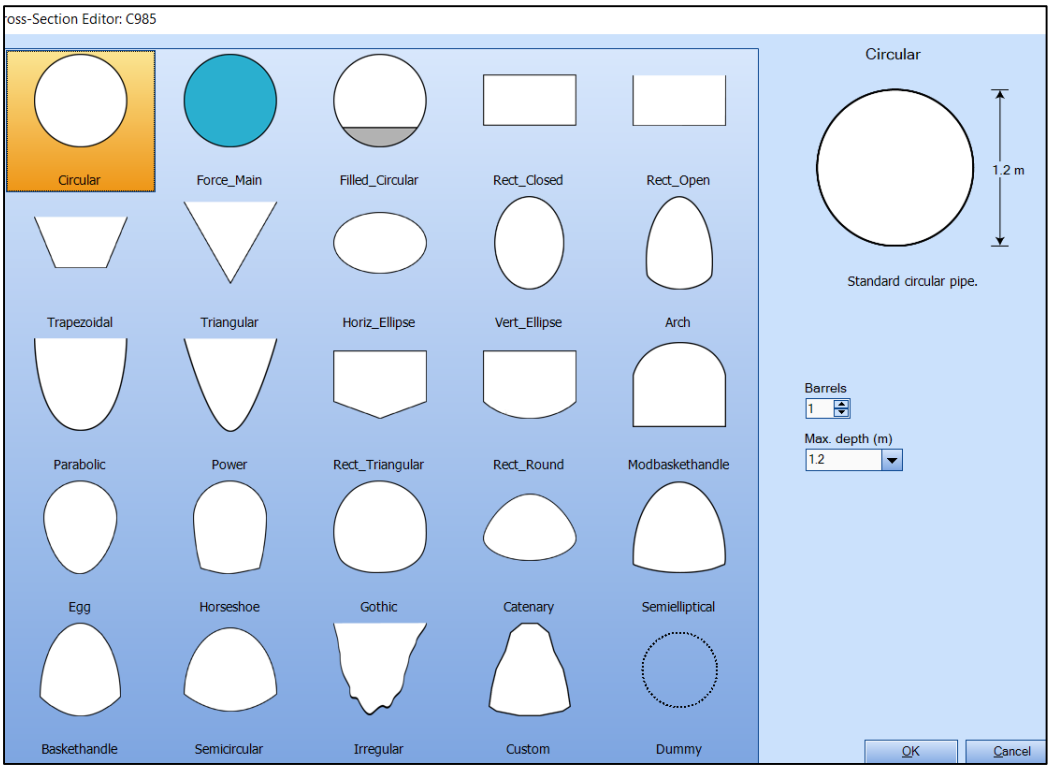
ชื่อฟิลด์	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
Name	String	ชื่อของท่อระบายกำหนดเริ่มต้นเป็น J0
X	Double	พิกัดกริด UTM
Y	Double	พิกัดกริด UTM
Depth	Float	ความลึกของท่อ

ข้อมูลแนวท่อระบายน้ำจัดเก็บในรูปแบบเส้น (Line) ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลของแนวท่อระบายน้ำ

ชื่อฟิลด์	**ชนิดข้อมูล**	**คำอธิบาย**
Name	String	ชื่อของแนวท่อระบายกำหนดเริ่มต้นเป็น C0
Inlet_Node	String	ชื่อของท่อระบายน้ำจุดที่1
Outlet_Node	String	ชื่อของท่อระบายน้ำจุดที่2
Length	Float	ความยาวของท่อ
Cross_section	String	รูปทรงของแนวท่อ เช่น แบบกลม สี่เหลี่ยม
Geom1	Float	เส้นผ่าศูนย์กลาง, กว้าง
Geom2	Float	ยาว
Geom3	Float	สูง

ในส่วนของฟิลด์ Cross_section มีรูปแบบของรูปทรงแนวท่อระบายน้ำ โดยสามารถกำหนดได้หลายโครงสร้างซึ่งในพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี มีโครงสร้างแนวท่อระบายน้ำแบบ Circular, Rect_closed, Rect_open และTrapezoidal ตัวอย่างรูปแบบแนวท่อระบายน้ำ ดังภาพที่ 3-4

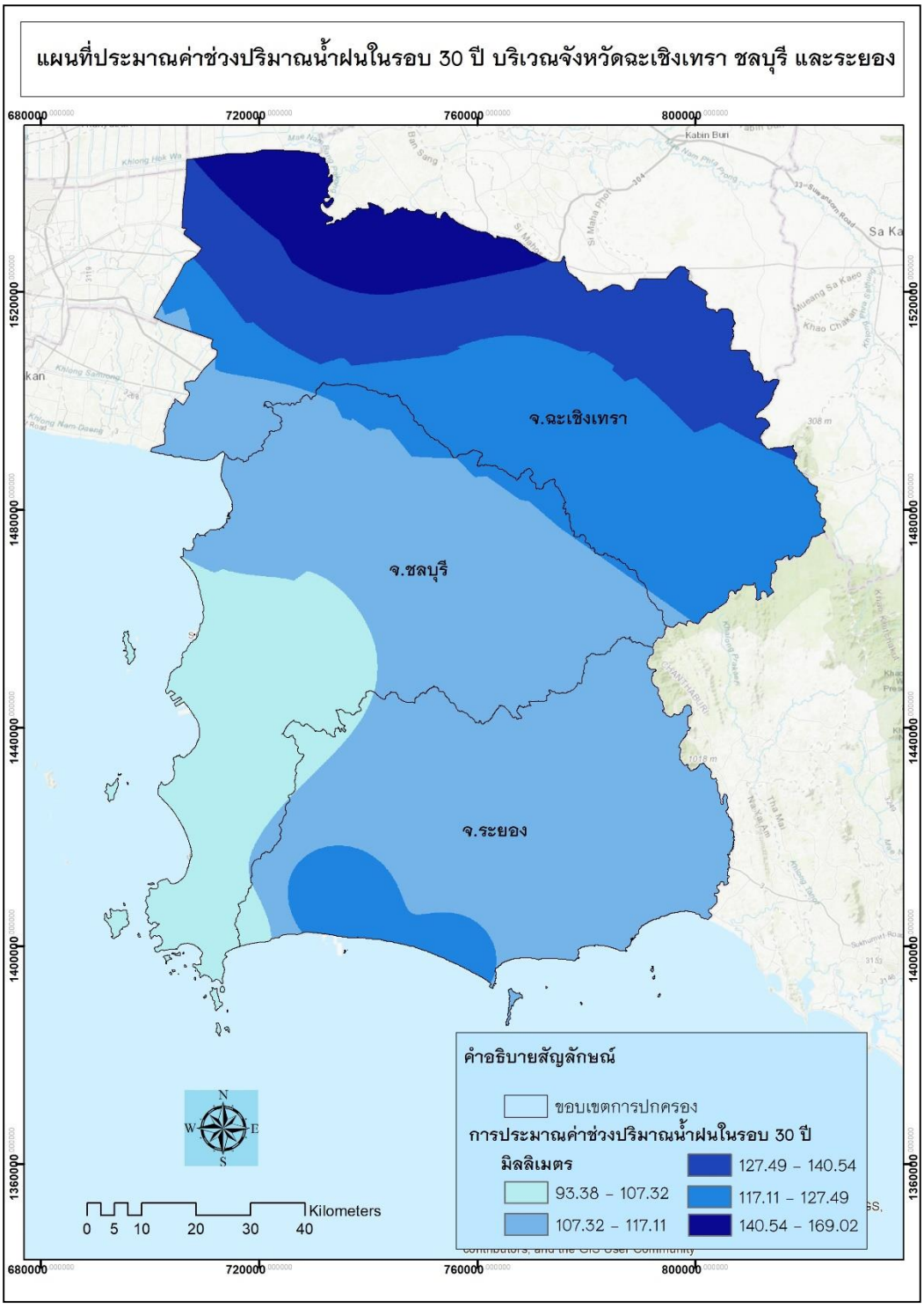


ภาพที่ 3-4 แสดงรูปทรงต่าง ๆ ของแนวท่อระบายน้ำ

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5

การวิเคราะห์แบบจำลอง SWMM 5 โดยใช้โปรแกรม PCSWMM นำเข้าข้อมูลจากการเก็บข้อมูลการระบายน้ำ ได้แก่ ข้อมูลแนวท่อระบายน้ำ (conduit) ท่อระบายน้ำ (Junction) ท่อน้ำทิ้ง (Outfall) พื้นที่ย่อยระบายน้ำ (Subcatchment) และความสูงเชิงเลข (DEM) และสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยสร้างจากตัวแปรทั้ง 3 ค่า ดังนี้

1. ค่าปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในช่วง 30 ปี ของจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยองนำมาเป็นปัจจัยแบบจำลองด้านปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝน กรมอุตุนิยมวิทยา ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 แผนที่ประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในรอบ 30 ปี

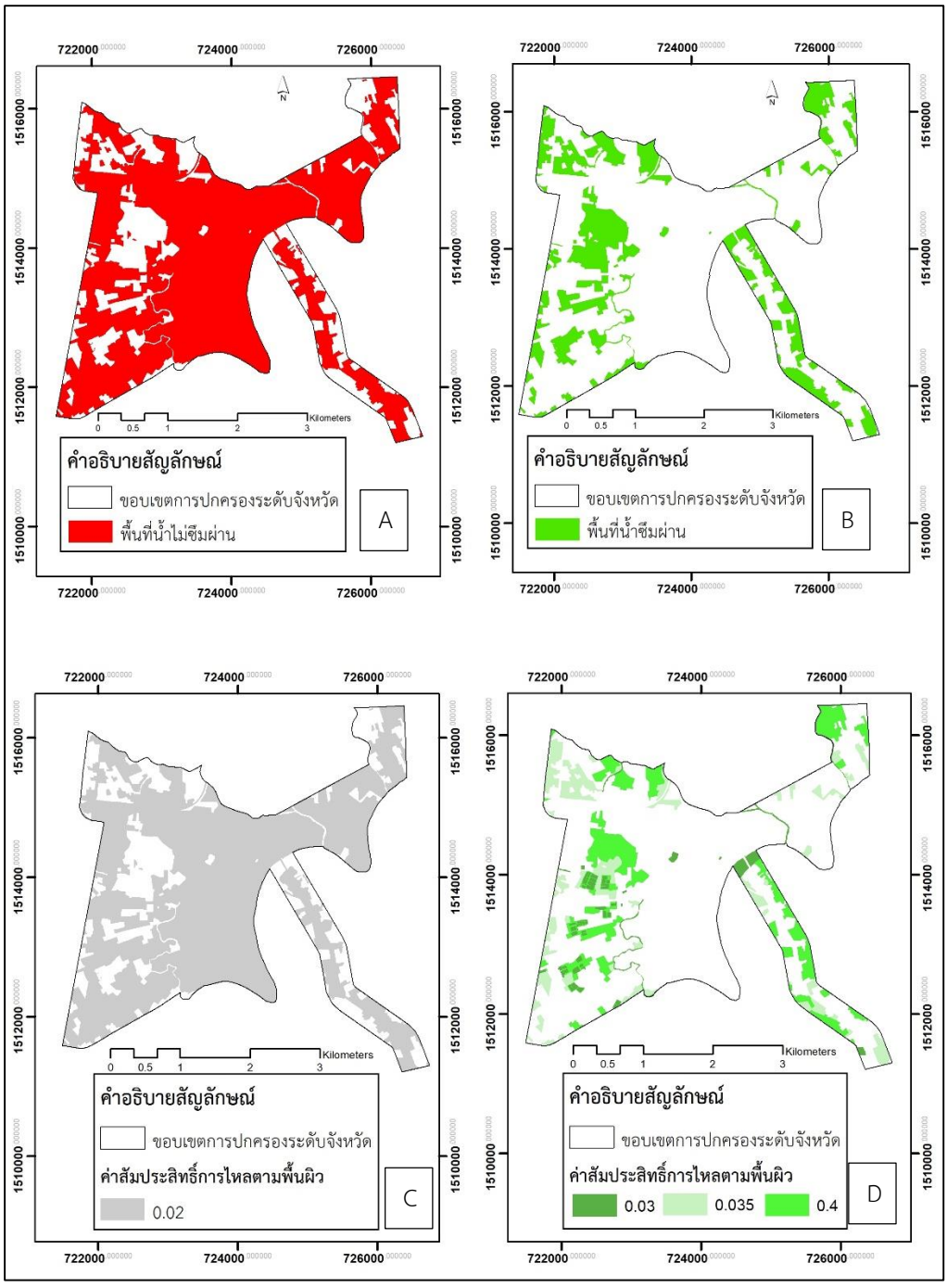
2. ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลบนพื้น 4 ค่าของสิ่งปกคลุมในพื้นที่ คือ พื้นที่ชุมชนหนาแน่นปานกลางที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลเท่ากับ 0.0678 พื้นที่เปิดโล่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลเท่ากับ 0.0113 พื้นที่แหล่งน้ำ 0.0010 และพื้นที่มีต้นไม้ ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลเท่ากับ 0.368 (In-Kyun Jung and et al., 2010) ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว Manning's Overland Coefficients (N) ดัดแปลงมาจาก (In-Kyun Jung and et al., 2010)

Land Cover	**Manning's Coeefficients**
Green space	0.4
Settlement	0.020
Bare soil	0.035
water	0.030

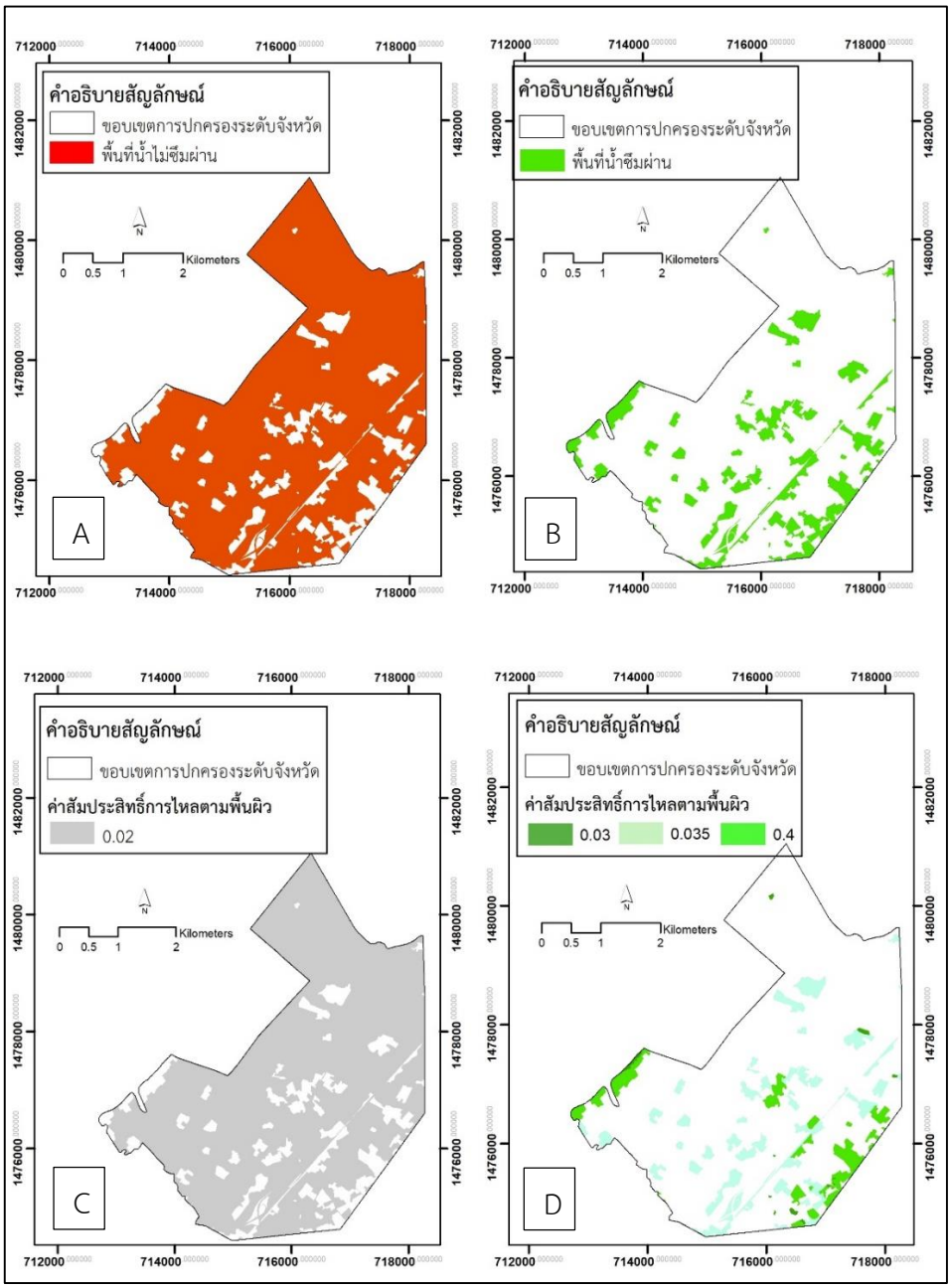
ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว นำไปประยุกต์กับข้อมูลสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่เพื่อสร้างแผนที่การซึมผ่านของน้ำในแต่ละประเภทการใช้ที่ดินของแต่ละพื้นที่ศึกษา 5 พื้นที่ ดังนี้

2.1 พื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยที่ A แผนที่พื้นที่น้ำไม่ซึมผ่าน, B แผนที่พื้นที่น้ำซึมผ่าน, C แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำไม่ซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ, D แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ ดังภาพที่ 3-6



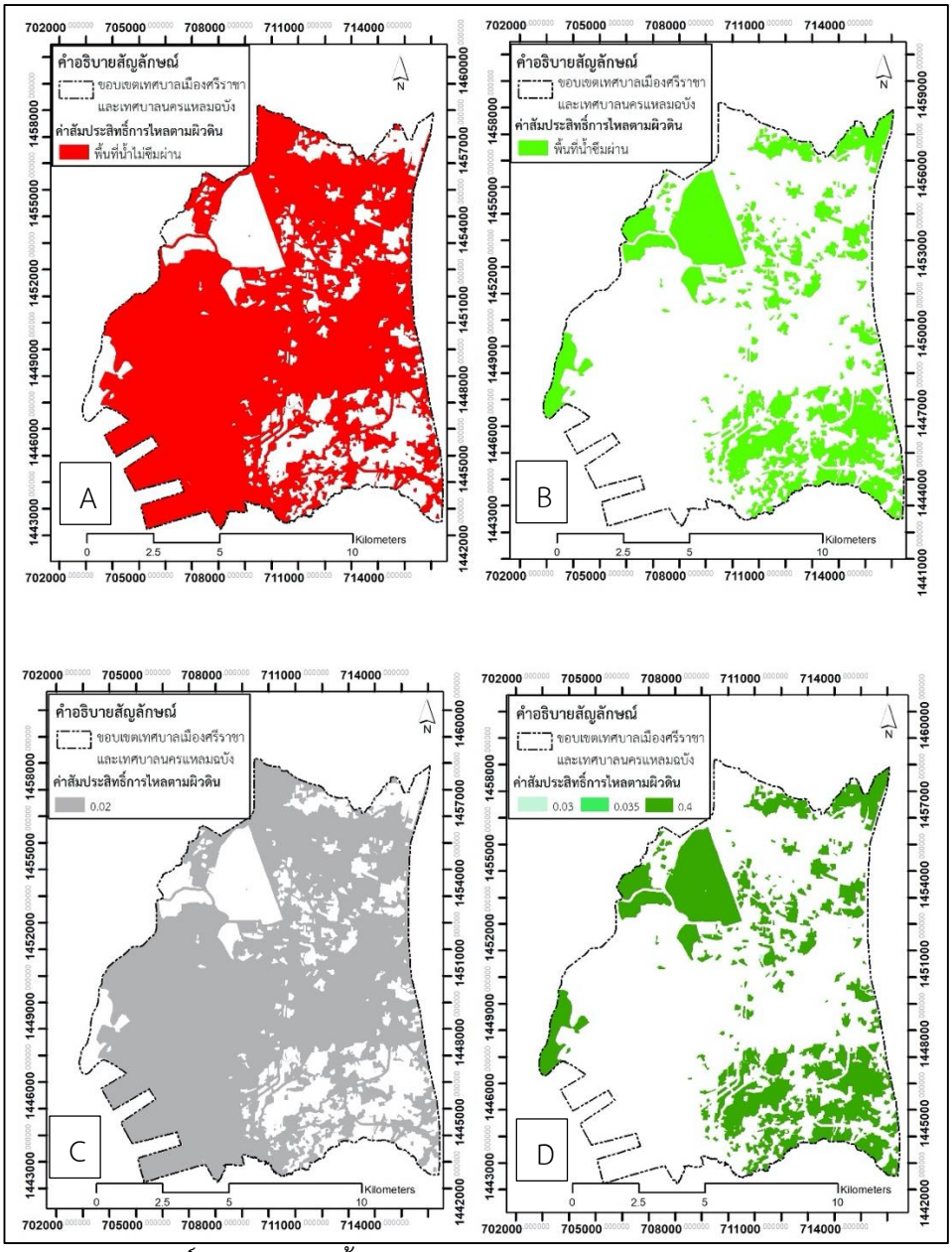
ภาพที่ 3-6 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว พื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา

2.2 พื้นที่ชุมชนเทศบาลตำบลบ้านสวน จังหวัดชลบุรี โดยที่ A แผนที่พื้นที่น้ำไม่ซึมผ่าน, B แผนที่พื้นที่น้ำซึมผ่าน, C แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำไม่ซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ, D แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ ดังภาพที่ 3-7



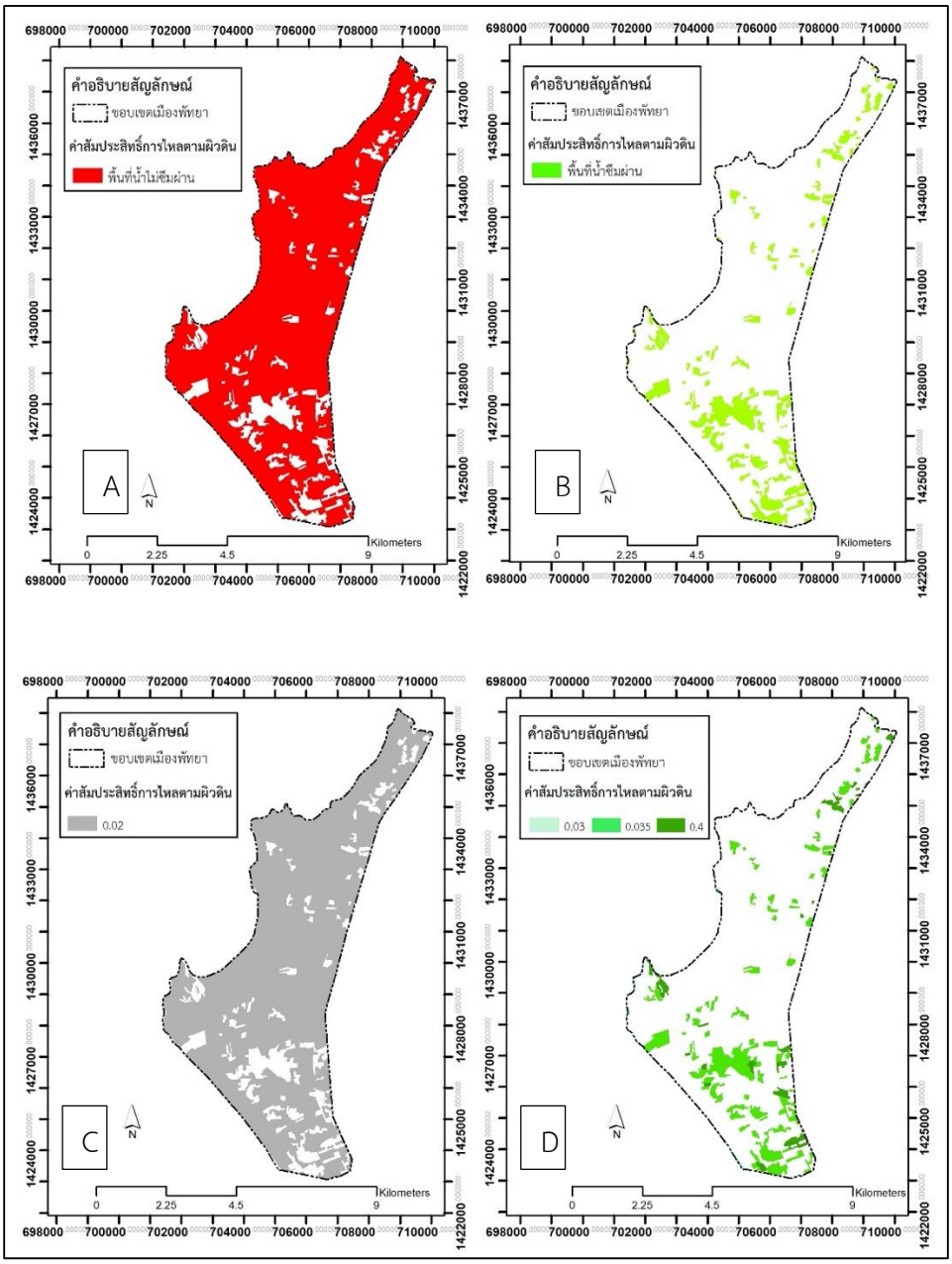
ภาพที่ 3-7 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว พื้นที่ชุมชนเทศบาลตำบลบ้านสวน จังหวัดชลบุรี

2.3 เทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี โดยที่ A แผนที่พื้นที่น้ำไม่ซึมผ่าน, B แผนที่พื้นที่น้ำซึมผ่าน, C แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำไม่ซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ, D แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ ดังภาพที่ 3-8



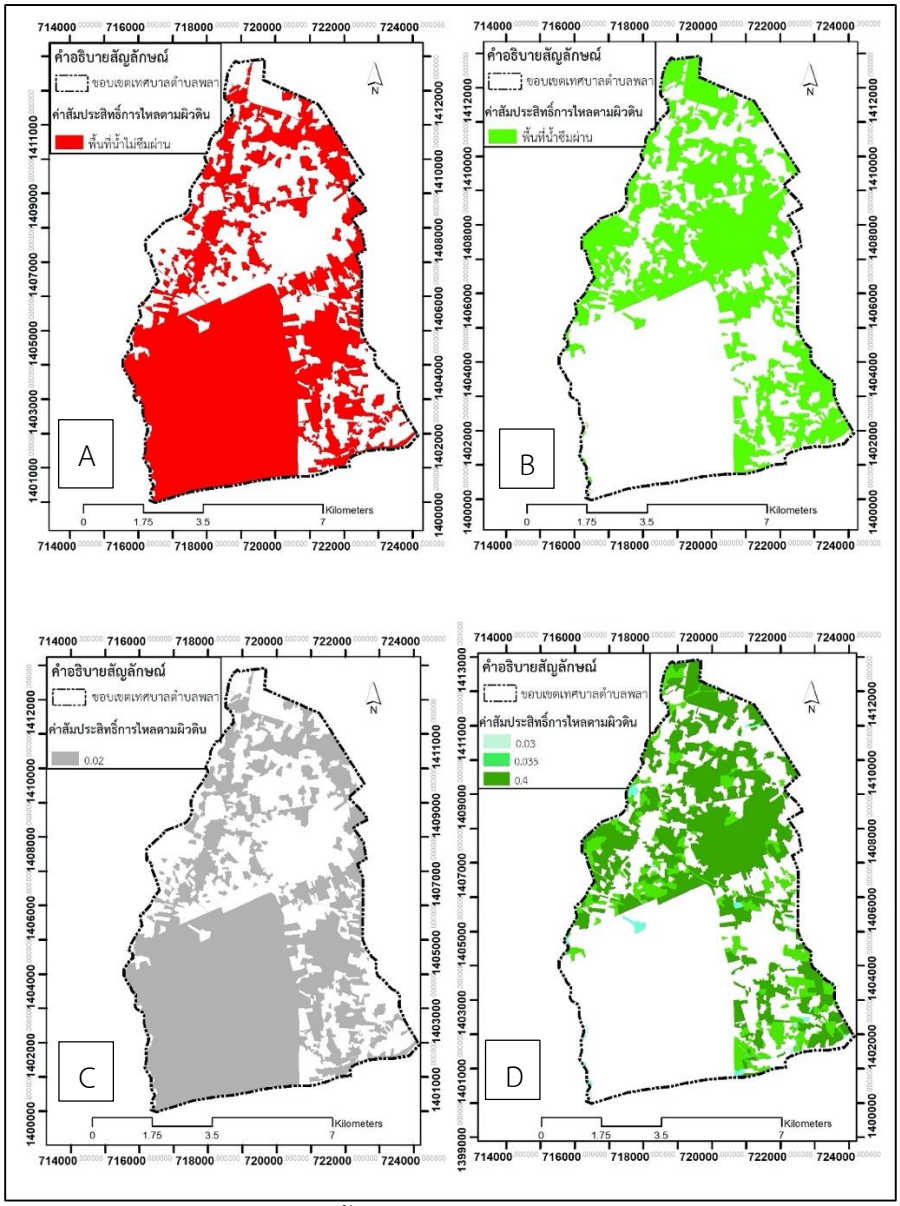
ภาพที่ 3-8 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว เทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี

2.4 เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี โดยที่ A แผนที่พื้นที่น้ำไม่ซึมผ่าน, B แผนที่พื้นที่น้ำซึมผ่าน, C แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำไม่ซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ, D แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ ดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี

2.5 บริเวณเทศบาลตำบลพลา (สนามบินอู่ตะเภา) จังหวัดระยอง โดยที่ A แผนที่พื้นที่น้ำไม่ซึมผ่าน, B แผนที่พื้นที่น้ำซึมผ่าน, C แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำไม่ซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ, D แผนที่พื้นที่ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่น้ำซึมผ่านของแต่ละพื้นที่รับน้ำ ดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-10 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิว บริเวณเทศบาลตำบลพลา (สนามบินอู่ตะเภา) จังหวัดระยอง

3. ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง 2 ค่า คือ พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งของท่อคอนกรีตแบบหยาบและค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งช่วง 0.015 – 0.017 โดยเลือกค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุด 2 ค่า คือ 0.015 และ 0.017 (In-Kyun Jung and et al., 2010)

ส่วนที่ 3 การจำลองน้ำท่วม

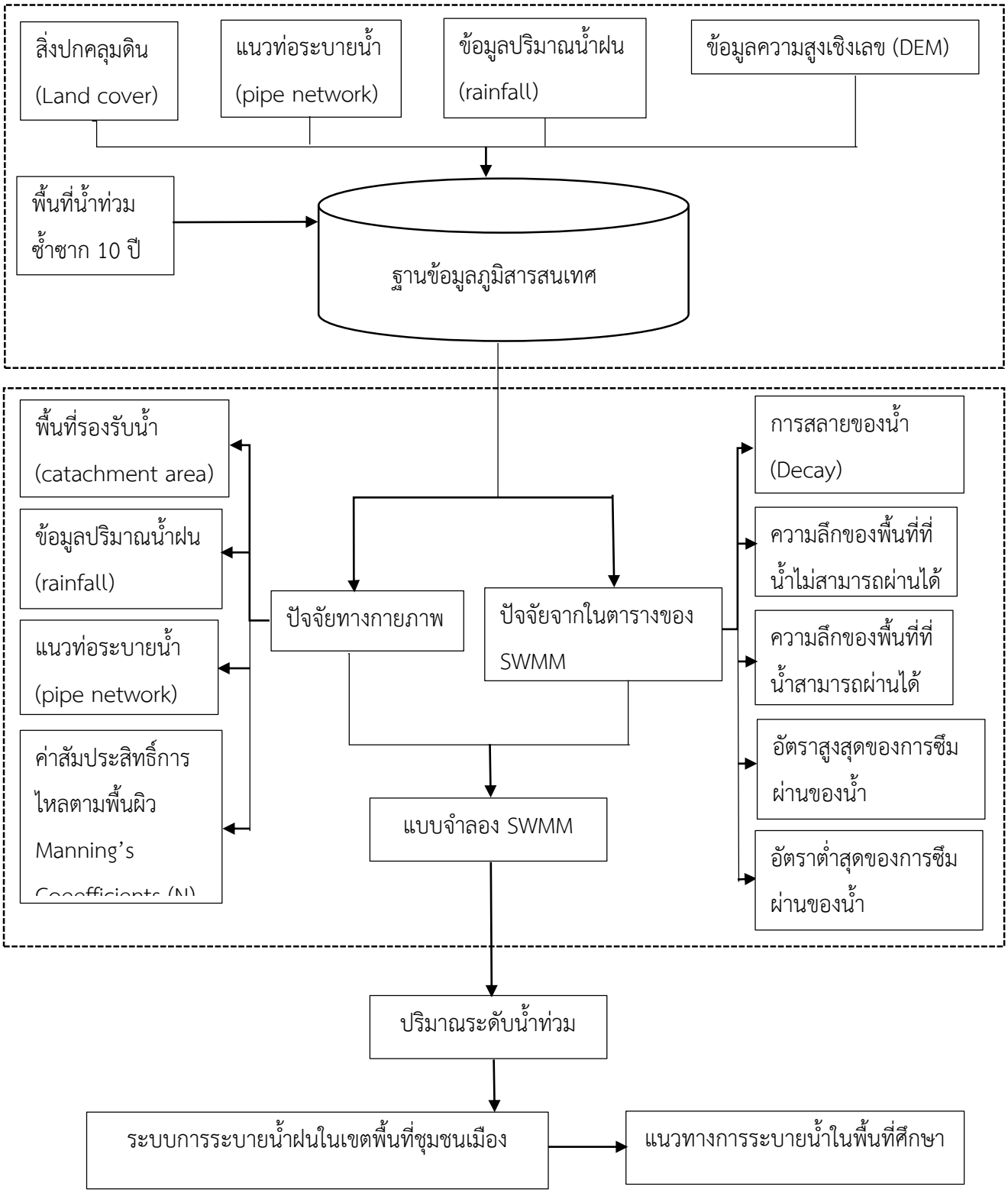
ขั้นตอนส่วนนี้นำค่าปัจจัยทั้งหมดวิเคราะห์โดยมีปัจจัย พื้นที่รับน้ำ (Catchment) ท่อระบายน้ำ (conduits) จุดแยกท่อน้ำ (Junctions) และทางออกน้ำ (outfalls) มาวิเคราะห์กับข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM) โดยพื้นที่รับน้ำที่จำแนกจากการสิ่งปกคลุมในพื้นที่ เช่น พื้นที่สีเขียว พื้นที่ชุมชนเมือง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เปิดโล่งโดยใช้สูตรการแทรกซึมน้ำ (Infiltration) ดังนี้

$$\square\text{-Imperv} = \frac{\sum_{\square=1}^{\square} \square\text{area}_{\square} * \square_{\square}}{\sum_{\square=1}^{\square} \square\square\square\square\square_{\square}} \quad (1)$$

$$\text{Imperv} = \frac{\sum_{\square=1}^{\square} \square\square\square\square_{\square} * \square_{\square}}{\sum_{\square=1}^{\square} \square\square\square\square_{\square}} \quad (2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนของประเภทสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่น้ำไม่ซึมผ่านได้ในพื้นที่รองรับน้ำ *N*area$_i$ คือ พื้นที่สิ่งปกคลุมดินของจำนวนค่า *i* ในพื้นที่น้ำไม่ซึมผ่านได้หน่วยคิดเป็นตารางเมตร M_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามพื้นผิวของจำนวน *i* และ *m* คือ จำนวนของสิ่งปกคลุมของพื้นที่น้ำซึมผ่านได้ในพื้นที่รองรับน้ำและ area$_i$ คือ พื้นที่สิ่งปกคลุมดินของจำนวนค่า *i* ในพื้นที่น้ำซึมผ่านได้หน่วยคิดเป็นตารางเมตร

3.5 ผังขั้นตอนการศึกษา



บทที่ 4

ผลการศึกษา

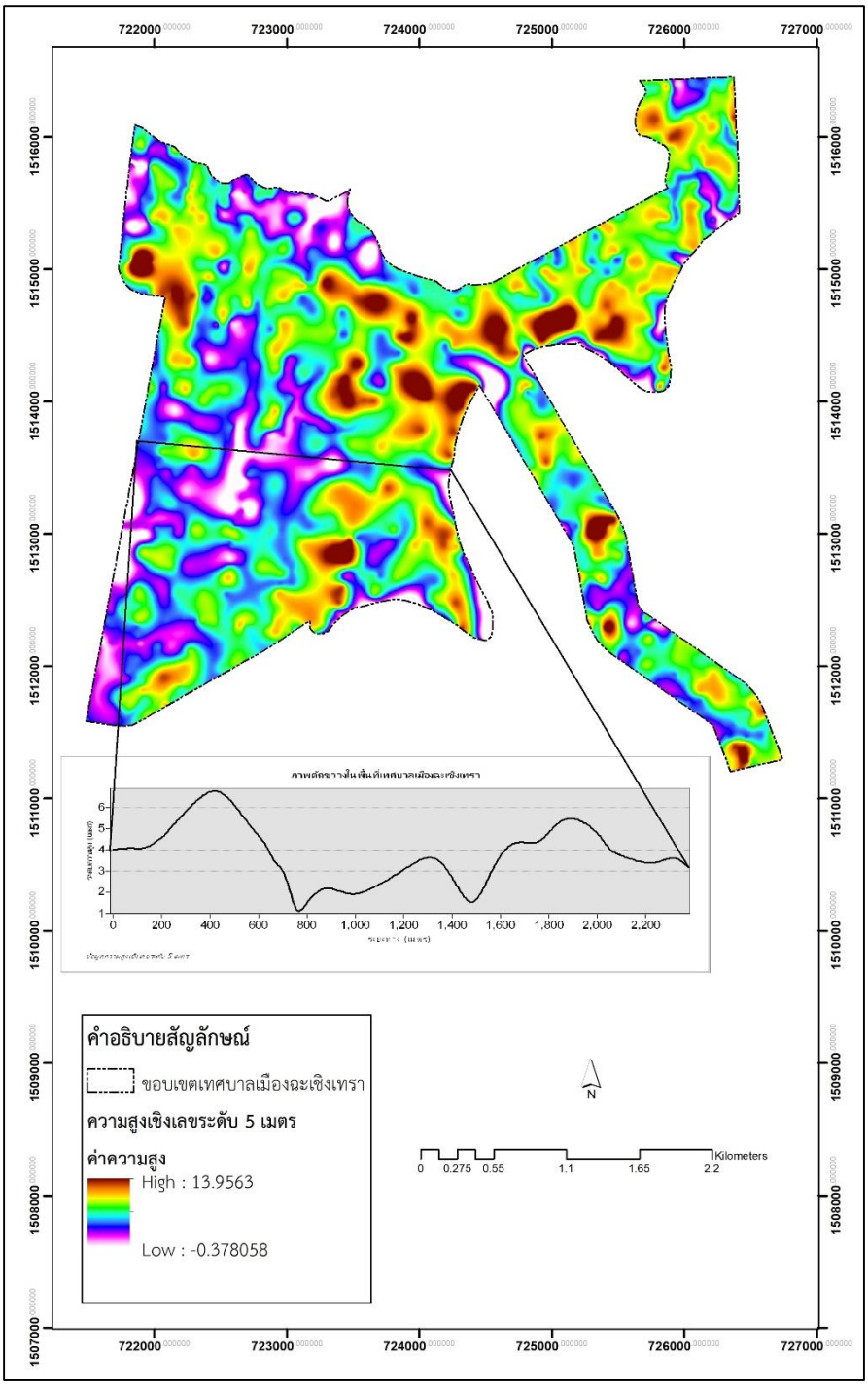
ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก วิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ และแนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำโดยใช้หลักการทางภูมิสารสนเทศโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก

ปัญหาการระบายน้ำในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ในเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ มีลักษณะตามเชิงพื้นที่ดังนี้

4.1.1 ปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา

4.1.1.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบลุ่มและมีแม่น้ำบางปะกงไหลผ่านกลางพื้นที่ทำให้ระดับความสูง – ต่ำ ของระดับแม่น้ำบางปะกงมีผลกระทบต่อการระบายน้ำประกอบกับสภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มจึงทำให้เกิดน้ำท่วมขังเมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากในพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา ดังภาพที่ 4-1



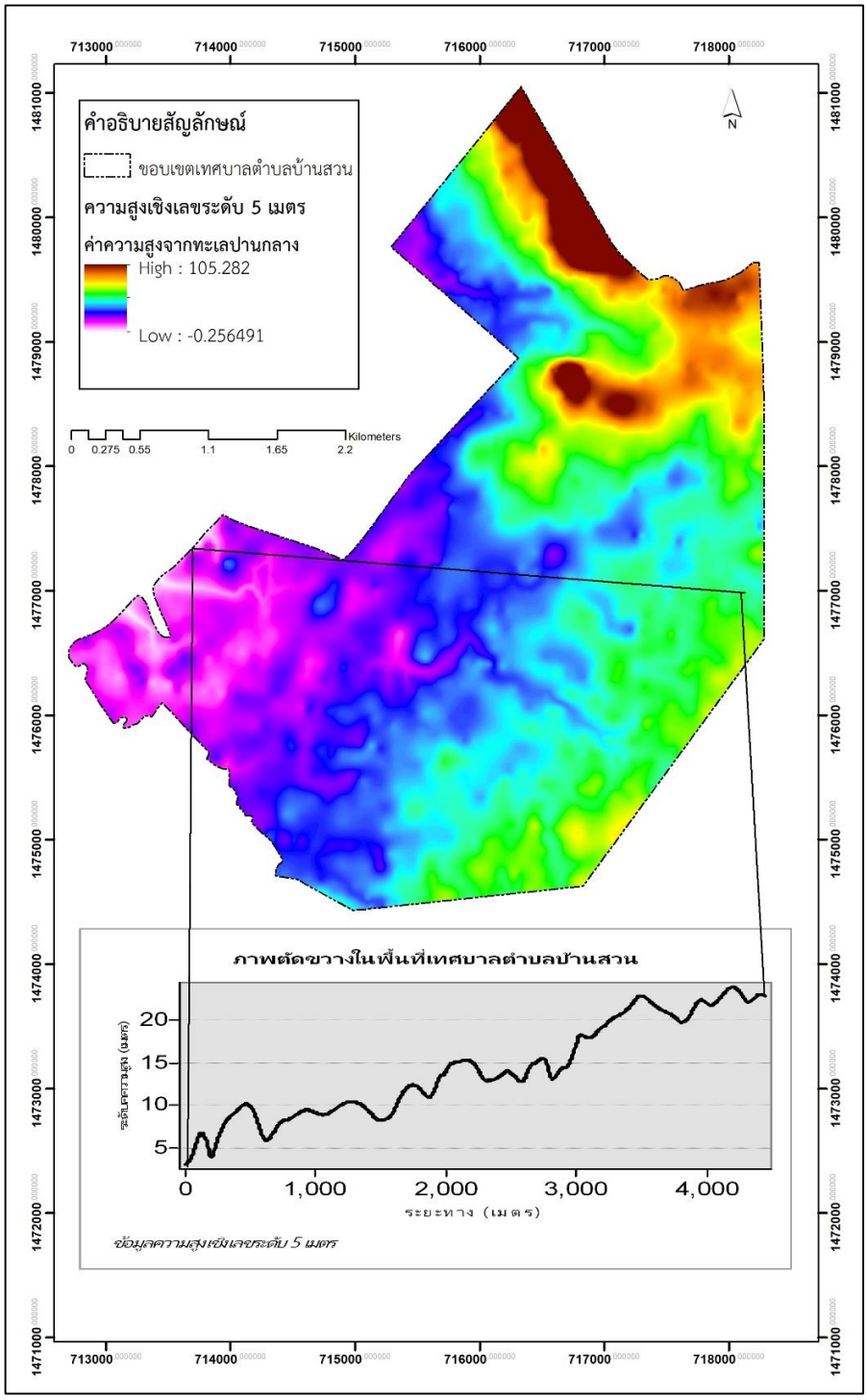
ภาพที่ 4-1 แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา

4.1.1.2 พื้นที่เมืองจากการสำรวจภาคสนามพบว่าบริเวณพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ไม่สามารถระบายน้ำให้ซึมลงสู่ชั้นดินได้ตัวอาคารไม่มีระบบระบายน้ำจากหลังคาส่วนมากปล่อยน้ำทิ้งลงสู่พื้นที่รอบ ๆ ทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ไหลไปยังพื้นที่ต่ำกว่า หรือพื้นที่แอ่ง และไหลลงสู่ท่อระบายน้ำและรอการระบายลงสู่แม่น้ำ คลอง หรือพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

4.1.1.3 ลักษณะท่อระบายน้ำจากการสำรวจพบว่าท่อระบายมีขยะมากและบริเวณที่มีการก่อสร้างจะพบตะกอนดินค้างอยู่ในท่อเป็นจำนวนมากทำให้การระบายน้ำไม่สามารถระบายน้ำได้ทันเวลาเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกสูง

4.1.2 ปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเทศบาลตำบลบ้านสวน

4.1.2.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลซึ่งระดับความสูงของการขึ้นและลงของน้ำทะเลมีผลกระทบน้ำท่วมขังแต่ลักษณะการท่วมขังจะมีระยะเวลาไม่นาน เนื่องจากสภาพความสูงของพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกมีความสูงมากกว่าทางทิศตะวันตกของพื้นที่แบบไล่ระดับ จากภาพที่ 4-2 ทำให้บริเวณพื้นที่ชุมชนทางทิศตะวันตกที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุนและน้ำท่วมเป็นประจำ



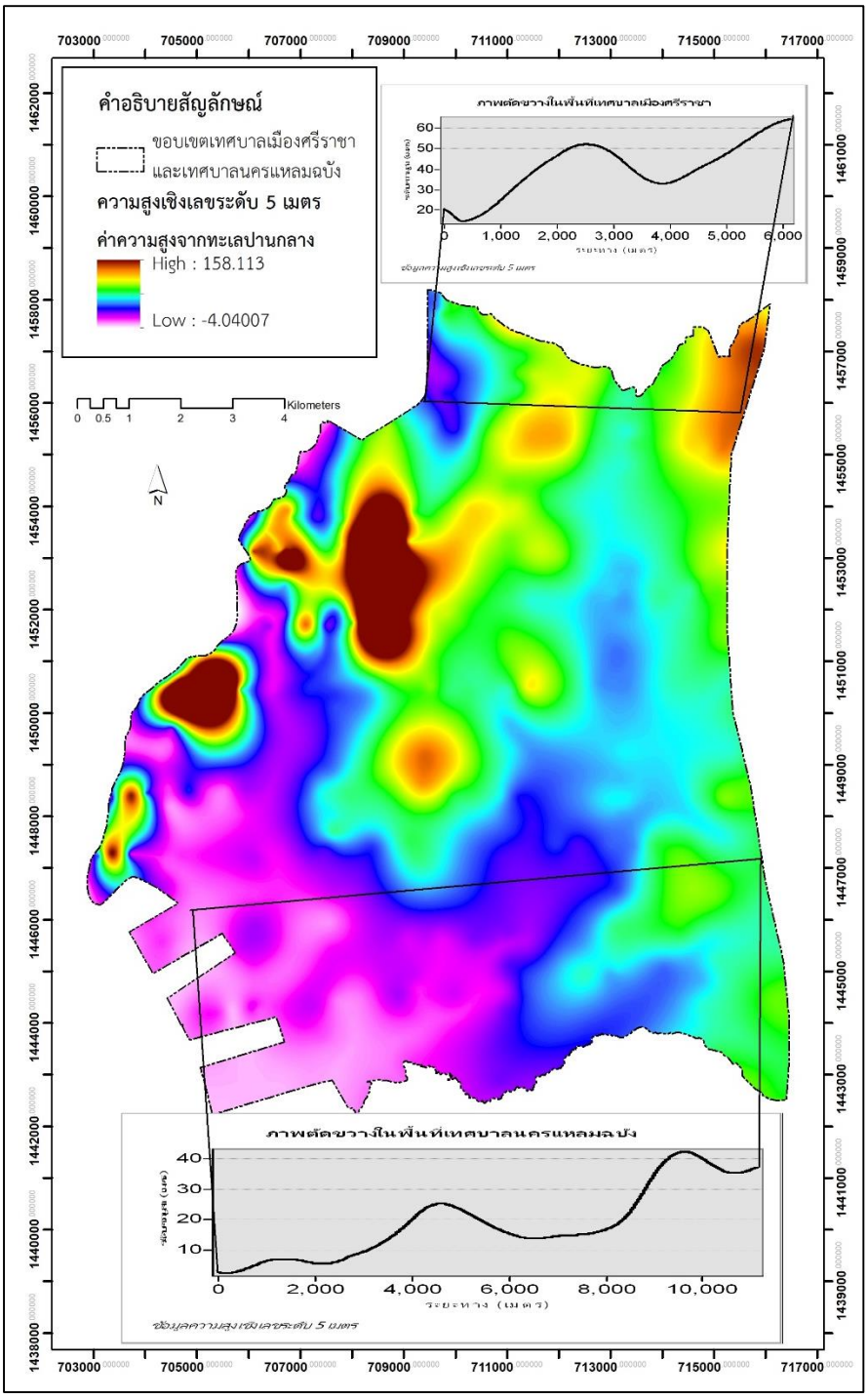
ภาพที่ 4-2 แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลบ้านสวน

4.1.2.2 พื้นที่เมืองจากการสำรวจพบว่าบริเวณฝั่งตะวันออกและตอนกลางของพื้นที่เทศบาลตำบลบ้านสวนเมื่อปริมาณน้ำฝนตกมากและต่อเนื่องการระบายน้ำในชุมชนเมืองในส่วนนี้มีน้ำท่วมขัง เพราะบริเวณพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ไม่สามารถระบายน้ำให้ซึมลงสู่ชั้นดินได้ตัวอาคารไม่มีระบบระบายน้ำจากหลังคาส่วนมากปล่อยน้ำทิ้งลงสู่พื้นที่รอบ ๆ ทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ไหลบนผิวดินไปยังพื้นที่ต่ำและมีสิ่งกีดขวางทางน้ำ เช่น เกาะกลาง ตัวกั้นถนน (Barrier) บนถนนตลอดแนวทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่ไหลบนผิวดินสูงมากขึ้นและท่วมทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด

4.1.2.3 ลักษณะท่อระบายน้ำจากการสำรวจพบว่าท่อระบายมีขยะอุดตันและบริเวณที่มีการก่อสร้างจะพบตะกอนดินค้างอยู่ในท่อเป็นจำนวนมากทำให้การระบายน้ำไม่สามารถระบายน้ำได้ทันเวลาเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกสูง

4.1.3 ปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง

4.1.3.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบลอนลาดหรือเนินลูกฟูกและพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลซึ่งระดับความสูงของการขึ้นและลงของน้ำทะเลมีผลกระทบน้ำท่วมขังแต่ลักษณะการท่วมขังจะมีระยะเวลาไม่นาน ดังภาพที่ 4-3



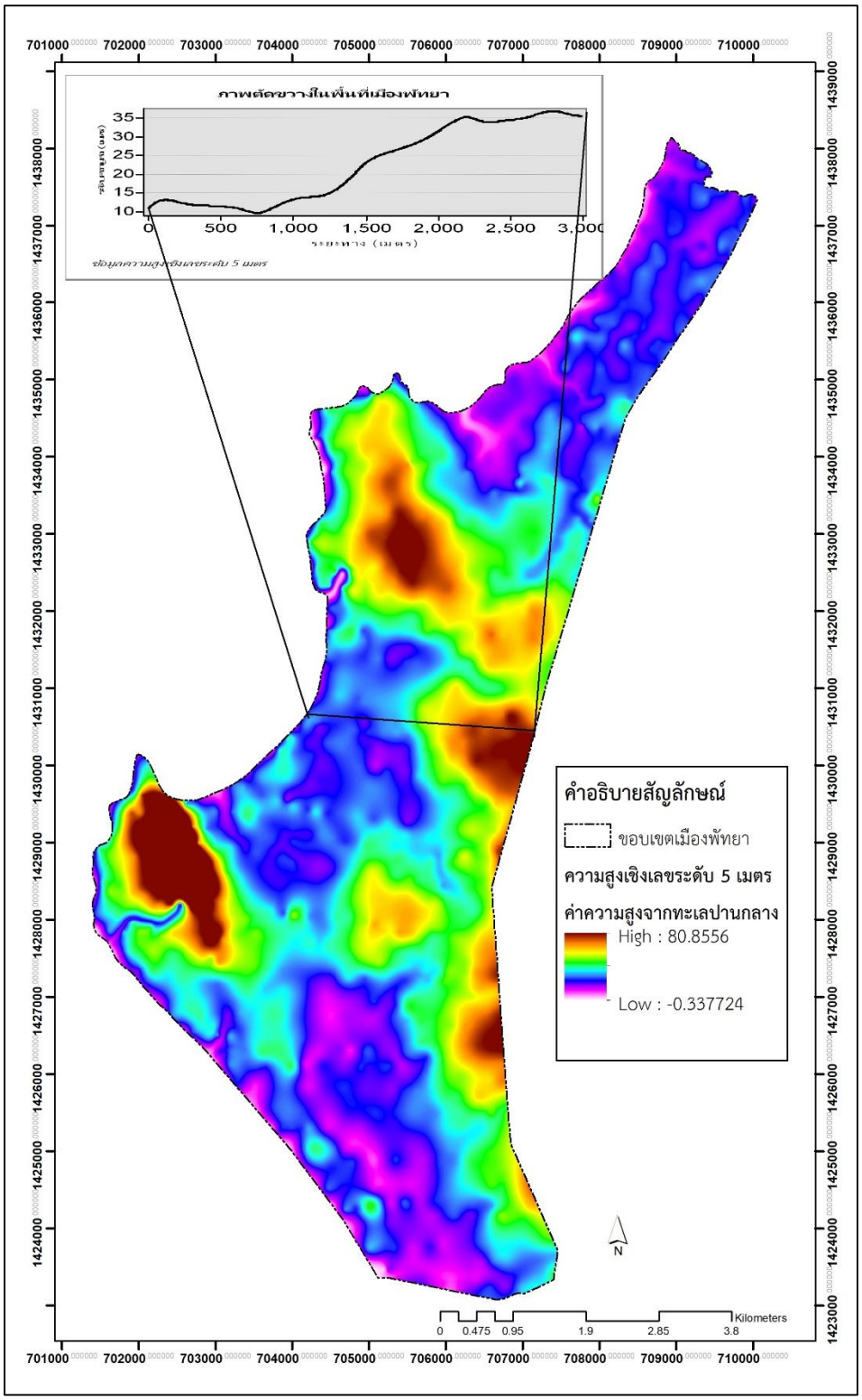
ภาพที่ 4-3 แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง

4.1.3.2 พื้นที่เมืองจากการสำรวจพบว่าบริเวณฝั่งตะวันตกของเทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบังมีปริมาณน้ำฝนที่ไหลสะสมมาจากฝั่งตอนบนของถนนสุขุมวิทและไหลลงมารอการระบายน้ำออกสู่ทะเลทางฝั่งตะวันตก เมื่อปริมาณน้ำฝนตกมากและต่อเนื่องการระบายน้ำในชุมชนเมืองในส่วนนี้มีน้ำท่วมขัง เพราะบริเวณพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ไม่สามารถระบายน้ำให้ซึมลงสู่ชั้นดินได้ตัวอาคารไม่มีระบบระบายน้ำจากหลังคาส่วนมากปล่อยน้ำทิ้งลงสู่พื้นที่รอบ ๆ ทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ไหลบนผิวดินไปยังพื้นที่ต่ำและสิ่งกีดขวางทางน้ำเช่น เกาะกลาง ตัวกั้นถนน (Barrier) บนถนนตลอดแนวทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่ไหลบนผิวดินสูงมากขึ้นและท่วมทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด

4.1.3.3 ลักษณะท่อระบายน้ำจากการสำรวจพบว่าท่อระบายมีขยะอุดตันและบริเวณที่มีการก่อสร้างจะพบตะกอนดินค้างอยู่ในท่อเป็นจำนวนมากทำให้การระบายน้ำไม่สามารถระบายน้ำได้ทันเวลาเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกสูง

4.1.4 ปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองพัทยา

4.1.4.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลและอ่าว ซึ่งระดับความสูงของการขึ้นและลงของน้ำทะเลมีผลกระทบน้ำท่วมขังอย่างรวดเร็ว เนื่องจากบริเวณพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกมีระดับสูงกว่าทางตะวันตกทำให้เกิดการท่วมขังได้อย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 4-4



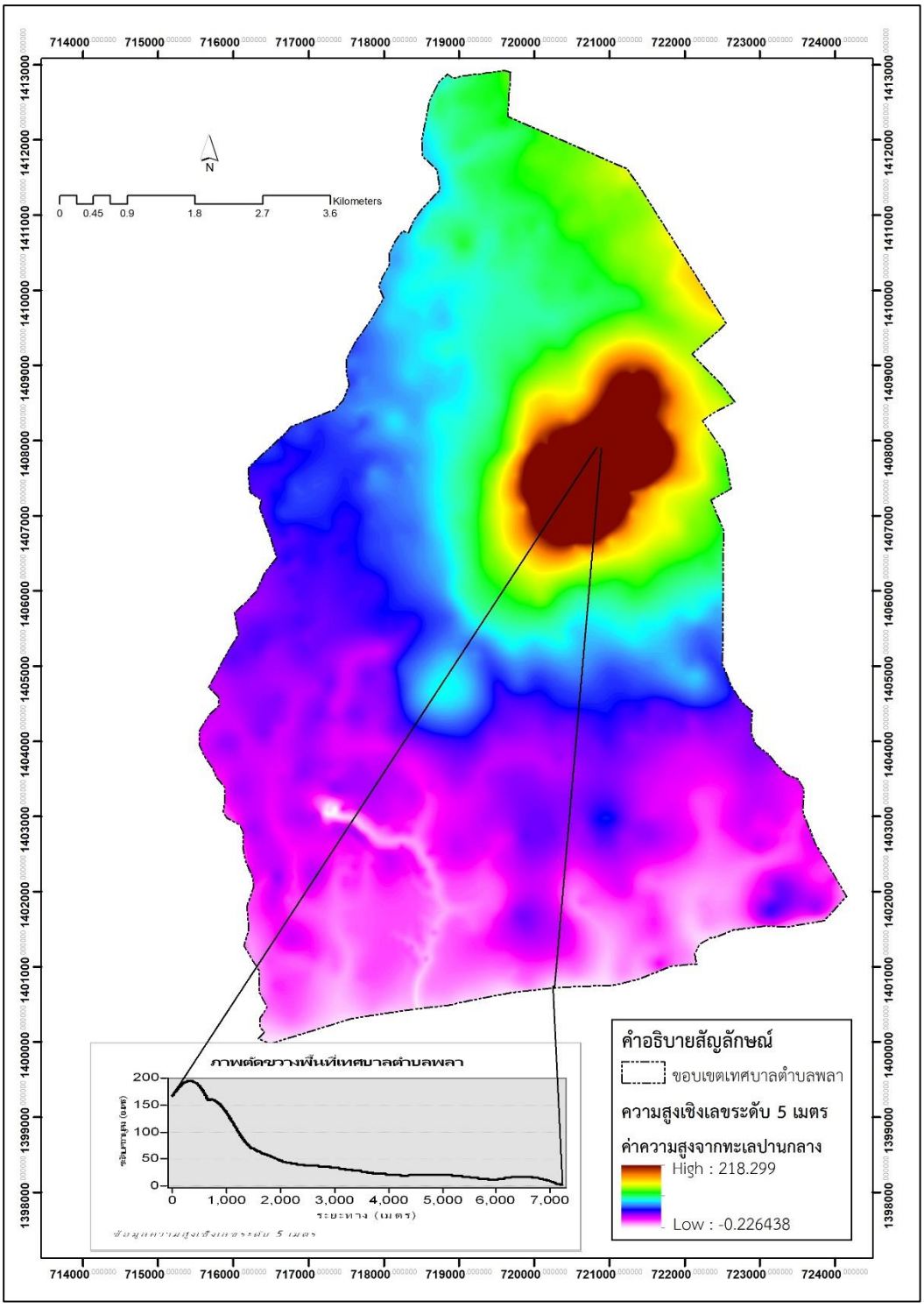
ภาพที่ 4-4 แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เมืองพัทยา

4.1.4.2 พื้นที่เมืองจากการสำรวจพบว่าบริเวณฝั่งตะวันตกของเมืองพัทยามีปริมาณน้ำฝนที่ไหลสะสมมาจากฝั่งตอนบนของถนนสุขุมวิทและรอการระบายน้ำออกสู่ทะเลทางฝั่งตะวันตก เมื่อปริมาณน้ำฝนตกมากและต่อเนื่อง การระบายน้ำในชุมชนเมืองในส่วนนี้มีน้ำท่วมขัง เพราะบริเวณพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ตั้งขวางทางน้ำและไม่สามารถระบายน้ำให้ซึมลงสู่ชั้นดินได้ตัวอาคารไม่มีระบบระบายน้ำจากหลังคาส่วนมากปล่อยน้ำทิ้งลงสู่พื้นที่รอบ ๆ ทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ไหลบนผิวดินไปยังพื้นที่ต่ำและสิ่งกีดขวางทางน้ำเช่น เกาะกลาง ตัวกั้นถนน (Barrier) บนถนนตลอดแนวทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่ไหลบนผิวดินสูงมากขึ้นและท่วมทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด

4.1.4.3 ลักษณะท่อระบายน้ำจากการสำรวจพบว่าท่อระบายมีขยะอุดตันและบริเวณที่มีการก่อสร้างจะพบตะกอนดินค้างอยู่ในท่อเป็นจำนวนมากทำให้การระบายน้ำไม่สามารถระบายน้ำได้ทันเวลาเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกสูง

4.1.5 ปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเทศบาลตำบลพลา

4.1.5.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบชายฝั่งทะเล ซึ่งระดับความสูงของการขึ้นและลงของน้ำทะเลมีผลกระทบน้ำท่วมขังอย่างรวดเร็ว เนื่องจากบริเวณพื้นที่ทางฝั่งเหนือมีระดับสูงกว่าทางใต้ทำให้เกิดการไหลของน้ำอย่างรวดเร็วทำให้ระบายน้ำไม่ทัน ดังภาพที่ 4-5



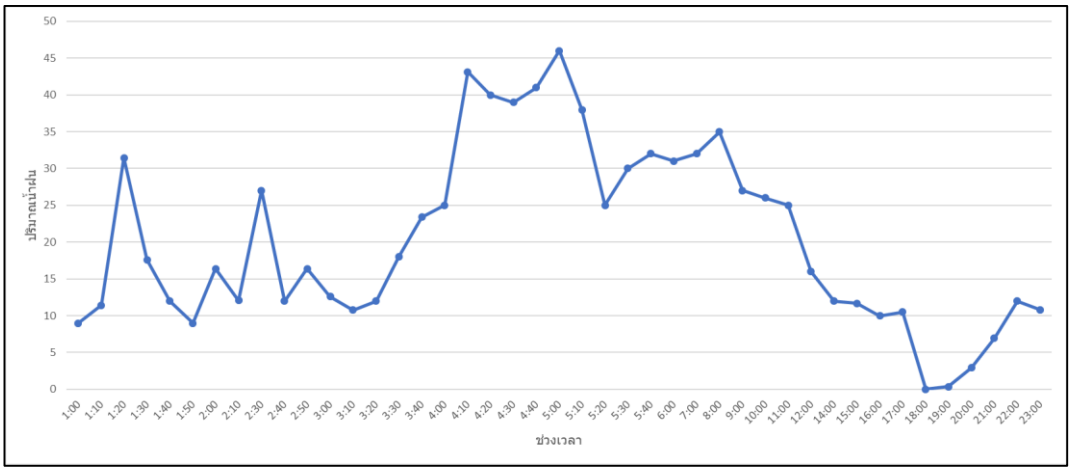
ภาพที่ 4-5 แสดงภาพตัดขวางระดับความสูงในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลพลา

4.1.5.2 พื้นที่เมืองจากการสำรวจพบว่าบริเวณฝั่งทิศเหนือของเทศบาลตำบลพลามีปริมาณน้ำฝนที่ตกไหลมาจากฝั่งตอนบนของถนนสุขุมวิทและรอการระบายน้ำออกสู่ทะเลทางใต้เมื่อปริมาณน้ำฝนตกมากและต่อเนื่อง การระบายน้ำในชุมชนเมืองในส่วนนี้มีน้ำท่วมขังเล็กน้อย เพราะบริเวณพื้นที่เมืองไม่หนาแน่นและมีพื้นที่สีเขียวมากกว่าพื้นที่เมืองปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาสามารถซึมผ่านชั้นดินได้ทำให้ปริมาณน้ำฝนสะสมที่ไหลตามผิวดินน้อยกว่าพื้นที่อื่น ๆ

4.1.5.3 ลักษณะท่อระบายน้ำจากการสำรวจพบว่าท่อระบายมีวัชพืชมากีดขวางการระบายน้ำตามคลองสายหลักที่ระบายออกสู่ทะเล

4.2 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

ผลการวิเคราะห์ระบบการระบายน้ำฝนโดยใช้แบบจำลอง SWMM 5 ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากเรดาร์ตรวจอากาศปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากจากสถานีสัตหีบ วันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2556 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงแสดงปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลา 01.00 น. – 23.00 น. ซึ่งในช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำฝนตกสูงมากที่สุดคือ ช่วงเวลา 05.00 น. มีปริมาณน้ำฝนถึง 40 -46 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 4-6

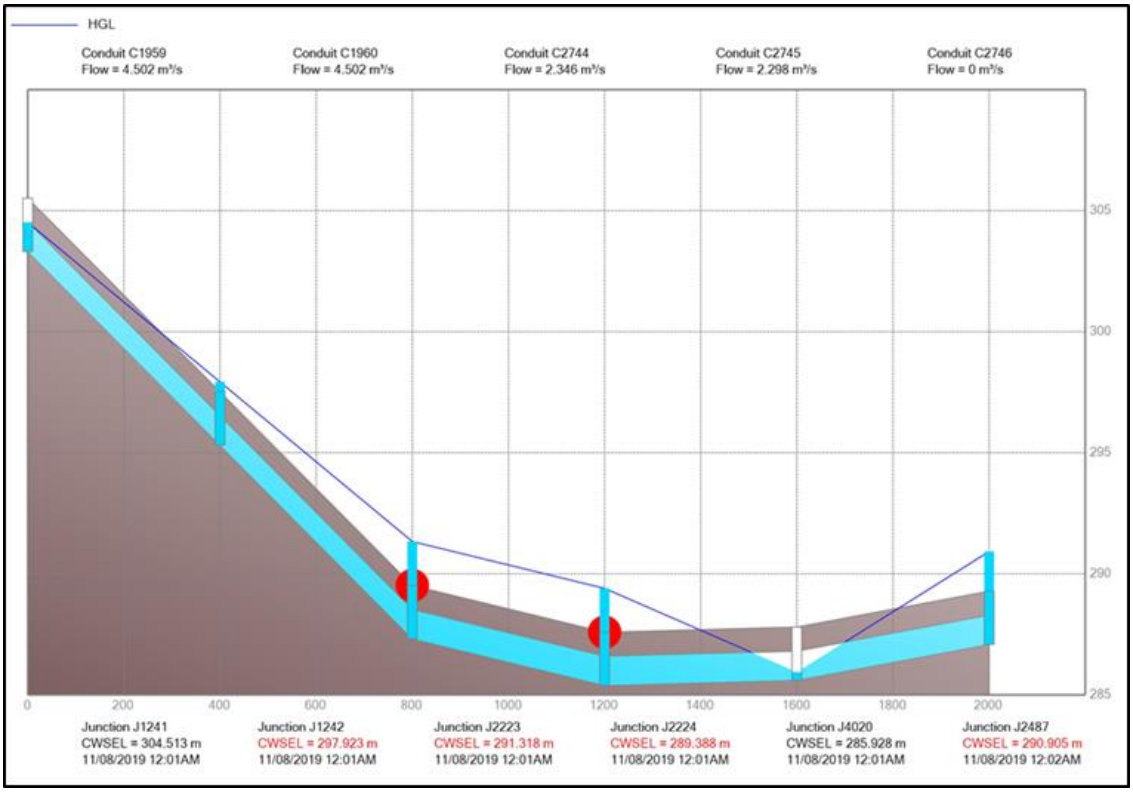


ภาพที่ 4-6 แสดงปริมาณน้ำรายชั่วโมงจากเรดาร์ตรวจอากาศ ณ วันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2556

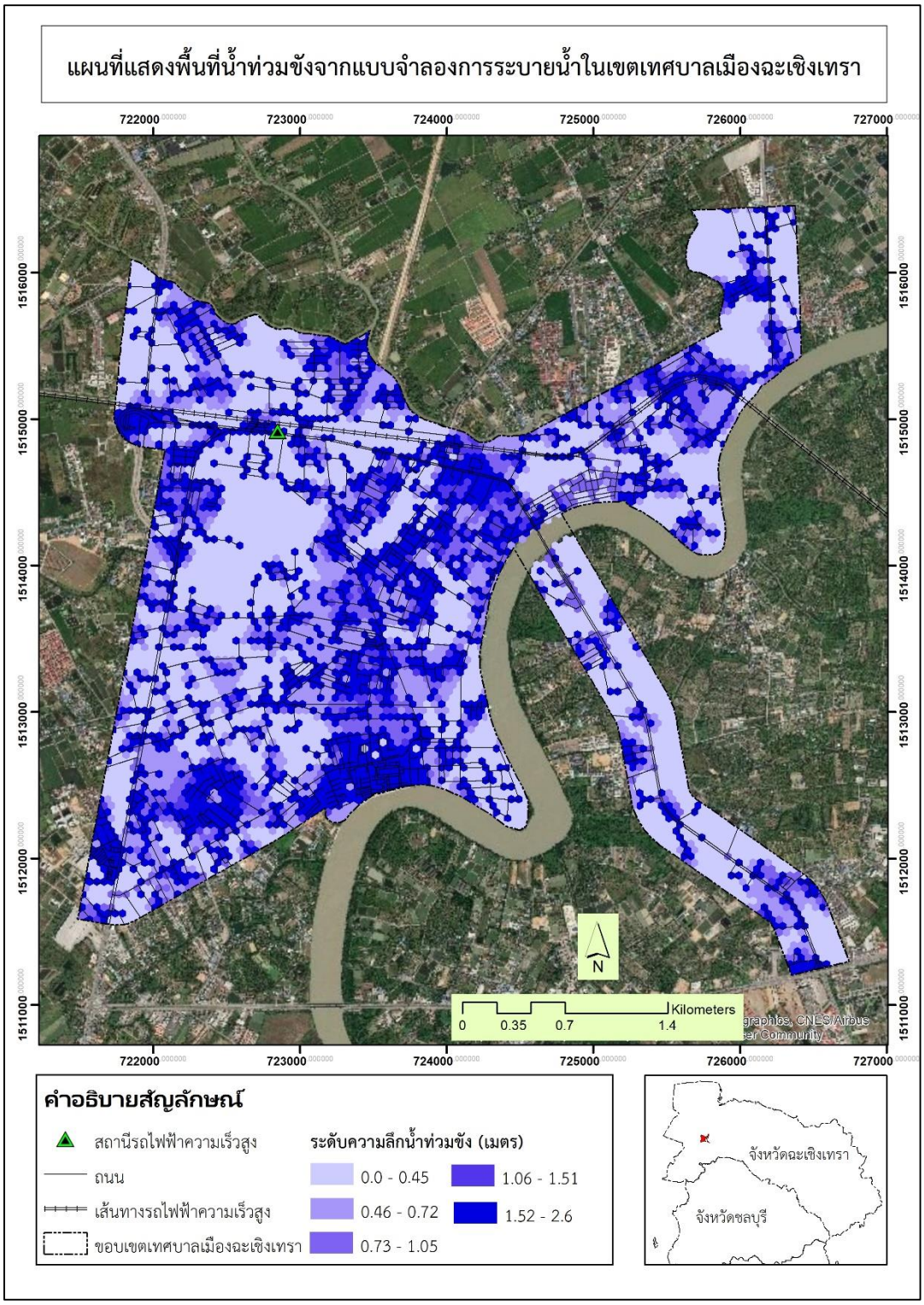
ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบการระบายน้ำฝนแต่ละพื้นที่ได้แก่ พื้นที่ชุมชนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา ชุมชนเทศบาลตำบลบ้านสวน เทศบาลเมืองศรีราชา-เทศบาลนครแหลมฉบัง เมืองพัทยา และเทศบาลตำบลพลา มาวิเคราะห์กับข้อมูลท่อระบายน้ำ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับความสูงเชิงเลข ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามผิวดิน และค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์การระบายน้ำในเชิงพื้นที่ได้ดังนี้

4.2.1 เทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา

การระบายน้ำในพื้นที่นี้จากแบบจำลองการระบายจากภาพตัดขวาง ดังภาพที่ 4-7 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่า 40 มิลลิเมตรขึ้นไป ทำให้ระบายน้ำภายในพื้นที่ไม่สามารถระบายได้ทัน และไหลการสะสมในพื้นที่ที่ต่ำกว่าทำให้น้ำท่วมขัง โดยระดับน้ำขังประมาณ 0.73 – 1.50 เมตร โดยเฉพาะตามซอยหรือแยกซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำติดริมแม่น้ำบางปะกง และถนนศรีโสธรตัดใหม่ซึ่งเป็นถนนสายย่านเศรษฐกิจที่มักจะถูกน้ำท่วมขังพื้นผิวการจราจรแบบชั่วคราวทำให้เกิดการจราจรติดขัด ส่วนพื้นที่จะพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงมีระดับน้ำท่วมขังแบบชั่วคราวบริเวณถนนศุขประยูร (304) หน้าสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงประมาณ 0.30 – 0.45 เมตร จากผลวิเคราะห์นี้พบความแตกต่างของระดับน้ำท่วมขังบริเวณชุมชนเมืองที่มีพื้นที่สีเขียวอยู่รอบ ๆ บริเวณสัญลักษณ์สีฟ้าอ่อนระดับน้ำท่วมขังแทบจะไม่ปรากฏ ดังภาพที่ 4-8



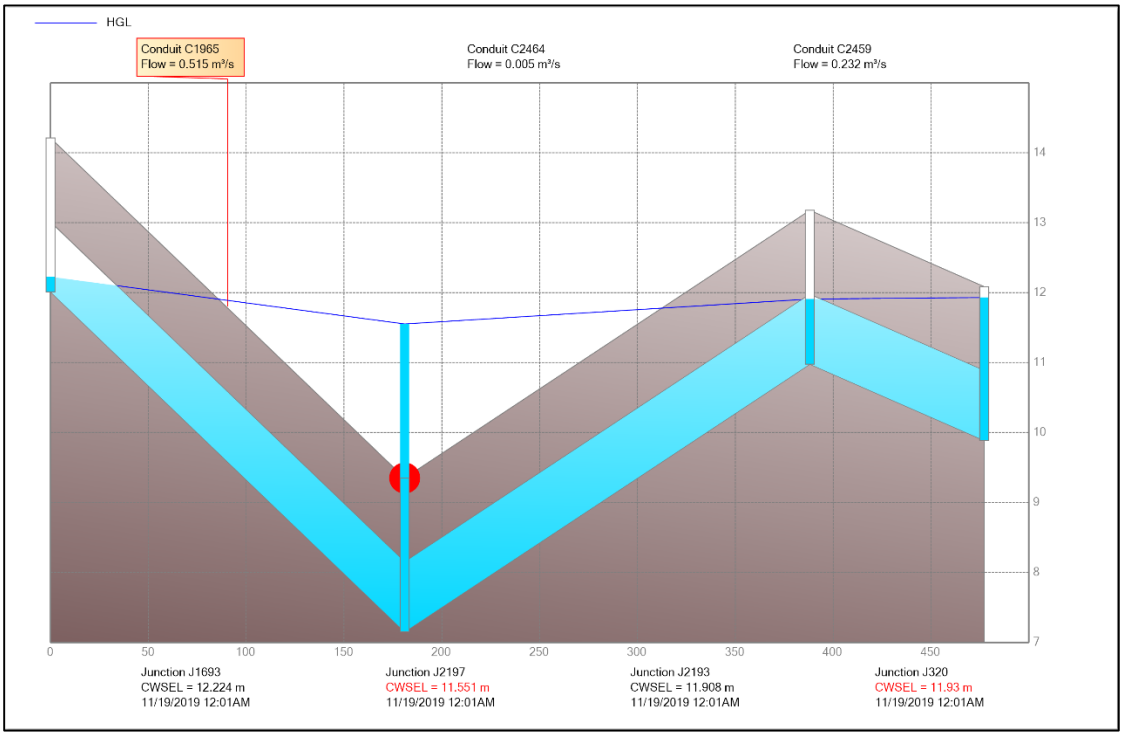
ภาพที่ 4-7 ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง



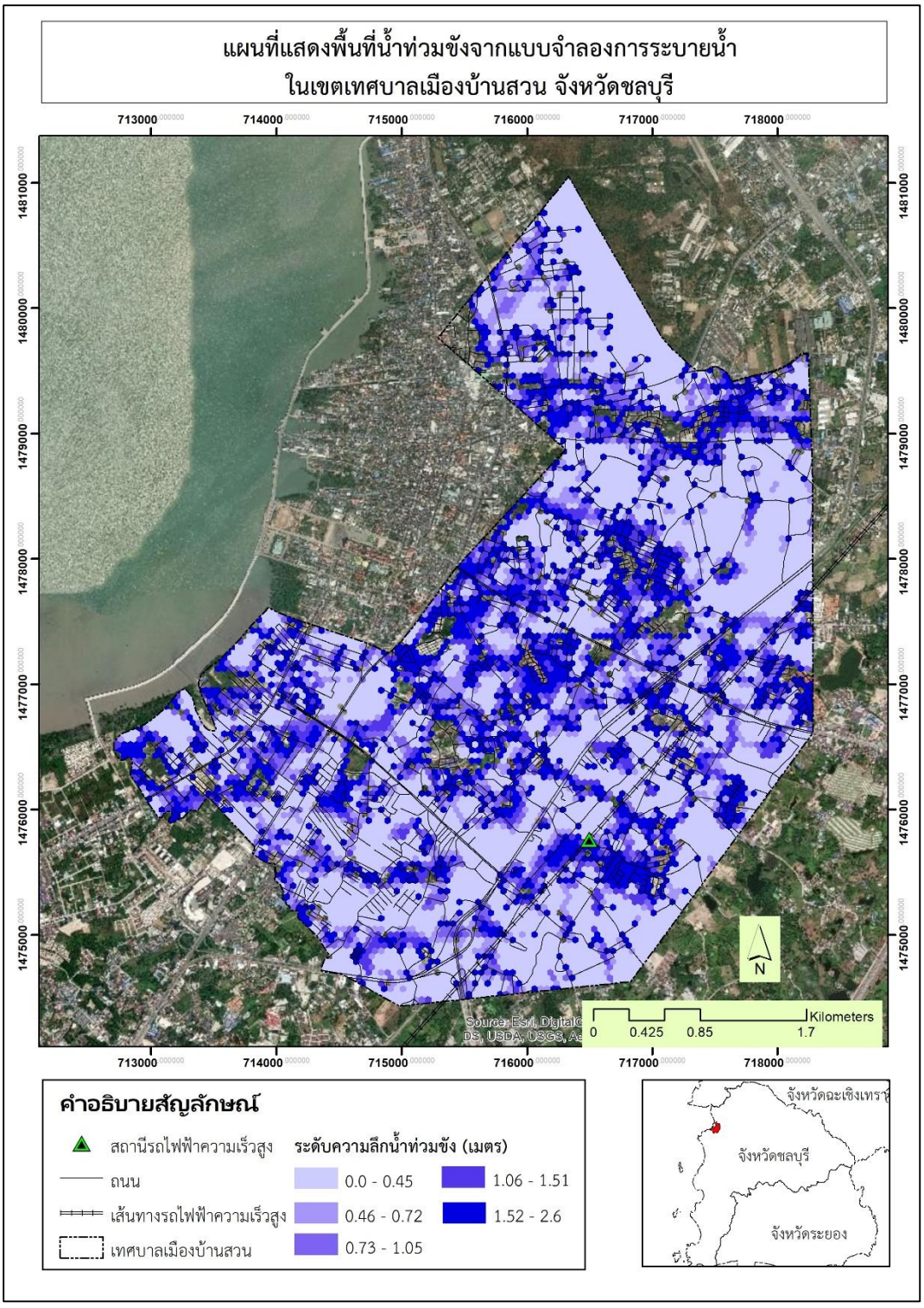
ภาพที่ 4-8 พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา

4.2.2 เทศบาลตำบลบ้านสวน

การระบายน้ำในพื้นที่นี้จากแบบจำลองการระบายจากภาพตัดขวาง ดังภาพที่ 4-9 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่า 50 มิลลิเมตรขึ้นไป ทำให้ระบายน้ำภายในพื้นที่ไม่สามารถระบายได้ทันและไหลการสะสมในพื้นที่ที่ต่ำกว่าทำให้น้ำท่วมขัง โดยระดับน้ำขังประมาณ 0.30 – 0.75 เมตร โดยเฉพาะตามซอยหรือแยกซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำติดริมถนนสุขุมวิทบริเวณหน้าห้างเทสโก้โลตัสถึงเซ็นทรัลพลาซ่าชลบุรีซึ่งเป็นถนนสายย่านเศรษฐกิจที่มักจะถูกน้ำท่วมขังพื้นผิวการจราจรแบบชั่วคราวทำให้เกิดการจราจรติดขัด ส่วนพื้นที่จะพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงบริเวณหน้าสถานีประมาณ ระดับน้ำท่วม 0.05 – 0.1 เมตร จากผลวิเคราะห์นี้พบว่ามีพื้นที่ส่วนใหญ่ยังสามารถดูดซึมน้ำได้เป็นพื้นที่สีเขียวอยู่รอบ ๆ สถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูง บริเวณสัญลักษณ์สีฟ้าอ่อนระดับน้ำท่วมขังแทบจะไม่ปรากฏ ดังภาพที่ 4-10



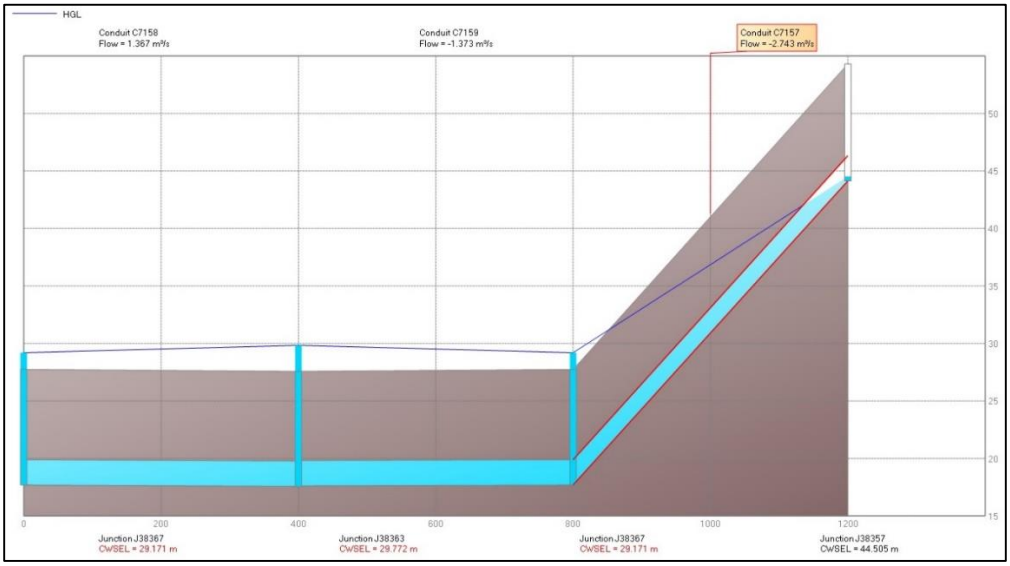
ภาพที่ 4-9 ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง



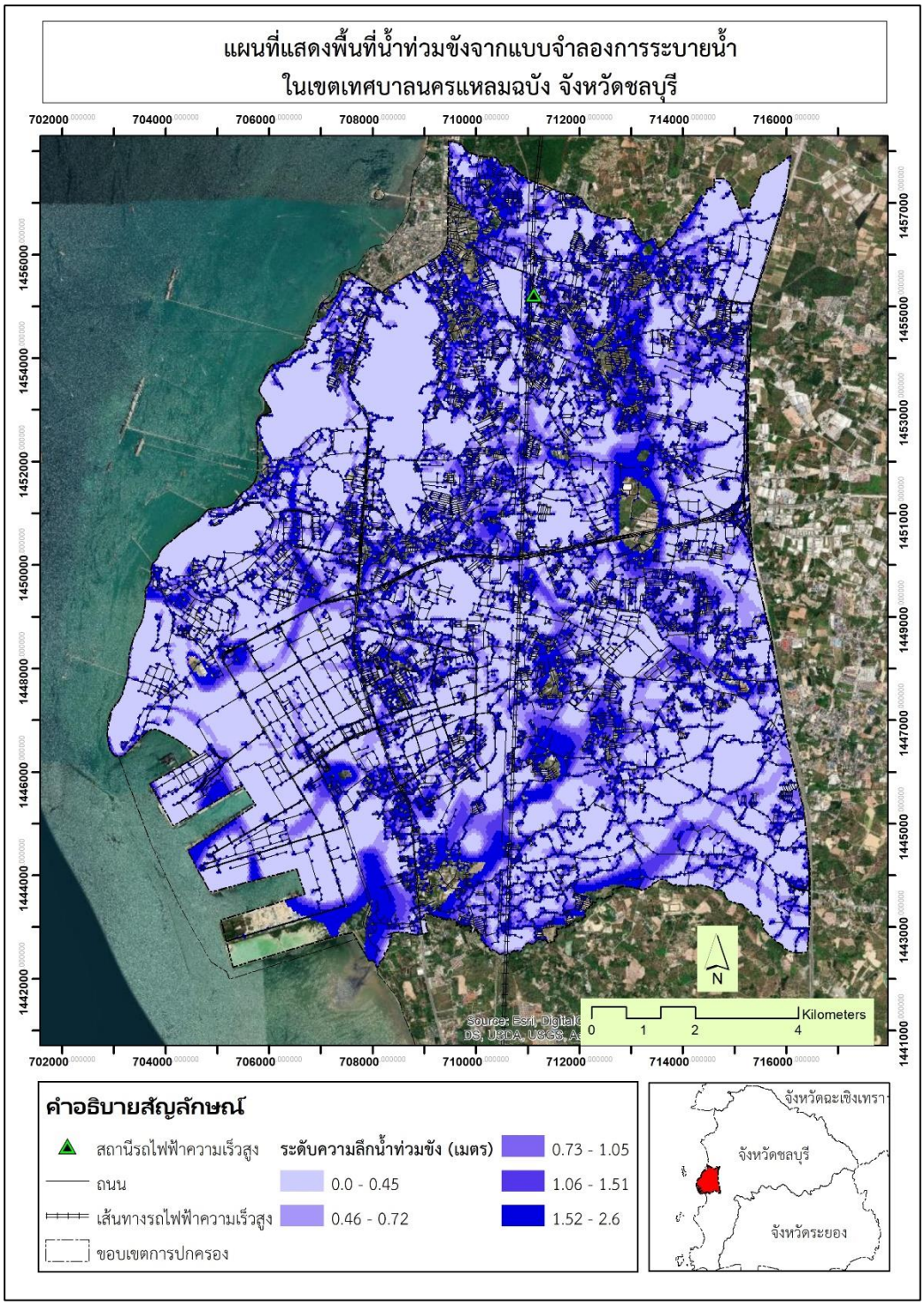
ภาพที่ 4-10 พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลบ้านสวน

4.2.3 เทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง

การระบายน้ำในพื้นที่นี้จากแบบจำลองการระบายจากภาพตัดขวาง ดังภาพที่ 4-11 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่า 50 มิลลิเมตรขึ้นไป ทำให้การระบายน้ำภายในพื้นที่ไม่สามารถระบายได้ทันและไหลการสะสมในพื้นที่ที่ต่ำกว่าทำให้น้ำท่วมขัง โดยระดับน้ำขังประมาณ 0.30 – 0.75 เมตร โดยเฉพาะตามซอยหรือแยกซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำติดริมถนนสุขุมวิทบริเวณหน้าห้างโรบินสันศรีราชา และบริเวณถนนอัสสัมชัญศรีราชา ซึ่งเป็นถนนสายย่านเศรษฐกิจและมีปริมาณรถมากเมื่อถูกน้ำท่วมขังพื้นผิวการจราจรแบบชั่วคราวทำให้เกิดการจราจรติดขัดและเทศบาลนครแหลมฉบังมีระดับน้ำท่วมขังในพื้นที่ ต.ทุ่งสุขลา ถนนสายชากยายจีน มีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 0.25 เมตร และบริเวณหน้าวัดจุกกระเชอ มีระดับน้ำท่วมขังสูงประมาณ 0.30 เมตร ผู้ใช้รถใช้ถนนสามารถใช้งานได้ 1 ช่องทาง เนื่องจากลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งกระทะ ส่วนพื้นที่จะพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตเทศบาลเมืองศรีราชาบริเวณหน้าสถานีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.05 – 0.14 เมตร จากผลวิเคราะห์นี้พบว่ามีพื้นที่ส่วนใหญ่มีพื้นที่รอบข้างที่สามารถดูดซึมน้ำได้เป็นพื้นที่สีเขียวอยู่รอบ ๆ สถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูง บริเวณสัญลักษณ์สีฟ้าอ่อนระดับน้ำท่วมขังแทบจะไม่ปรากฏ ดังภาพที่ 4-12



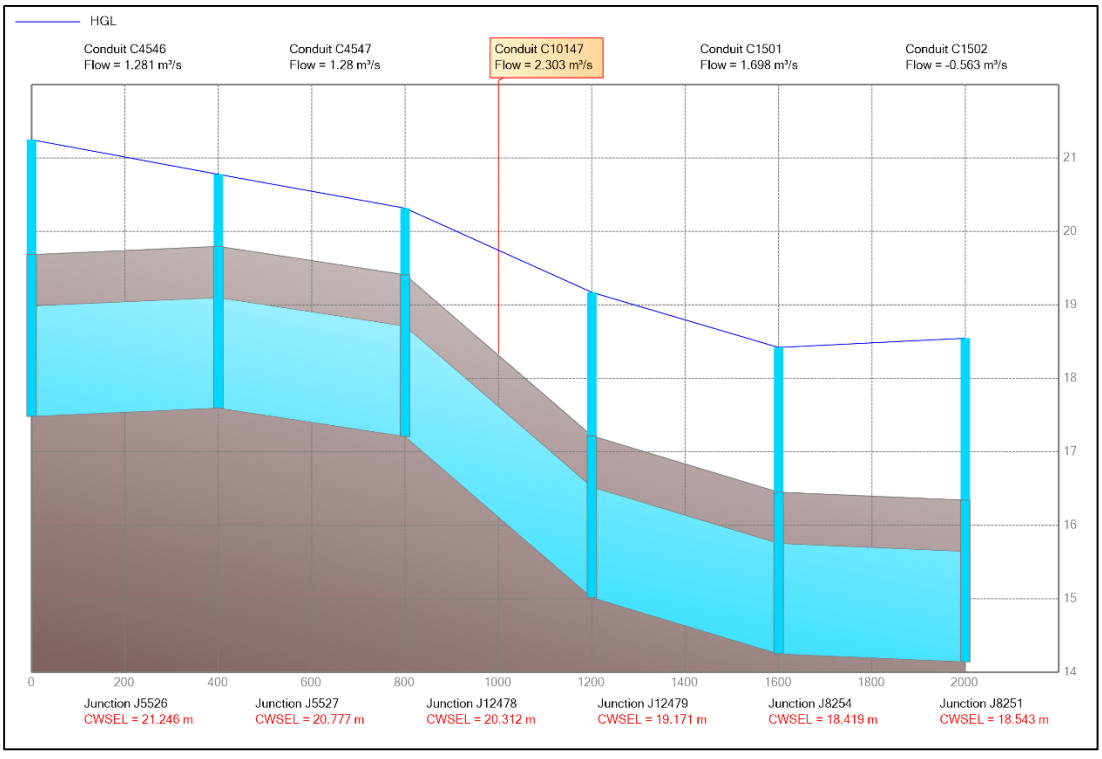
ภาพที่ 4-11 ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง



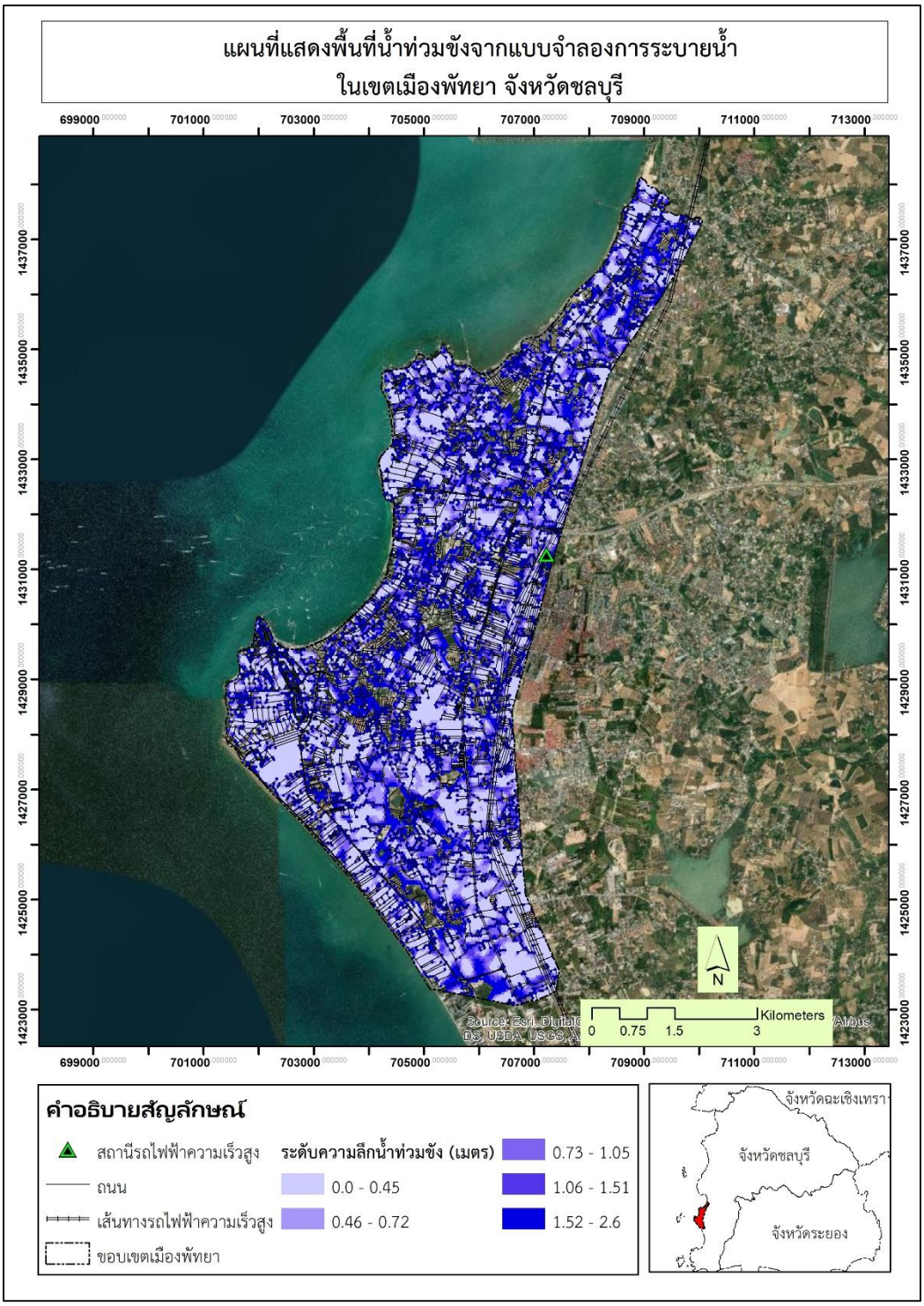
ภาพที่ 4-12 พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง

4.2.4 เมืองพัทยา

การระบายน้ำในพื้นที่นี้จากแบบจำลองการระบายจากภาพตัดขวาง ดังภาพที่ 4-13 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่า 40 มิลลิเมตรขึ้นไป ทำให้การระบายน้ำภายในพื้นที่ไม่สามารถระบายได้ทันและไหลการสะสมในพื้นที่ที่ต่ำกว่าทำให้น้ำท่วมขัง โดยระดับน้ำท่วมขังประมาณ 0.30 – 0.75 เมตร โดยเฉพาะตามซอยหรือแยกซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำบริเวณถนนสุขุมวิท ถนนพัทยากลาง ถนนพัทยาเหนือ ถนนพัทยาใต้ ซอยเขาน้อย ถนนเลียบทางรถไฟ และถนนเลียบชายหาด ซึ่งเป็นถนนสายย่านเศรษฐกิจและไม่สามารถสัญจรผ่านได้ ส่วนพื้นที่จะพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตเมืองพัทยาบริเวณหน้าสถานีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.05 – 0.14 เมตร จากผลวิเคราะห์นี้พบว่ามีพื้นที่ส่วนใหญ่มีพื้นที่รอบข้างที่สามารถดูดซึมน้ำได้เป็นพื้นที่สีเขียวอยู่รอบ ๆ สถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูง บริเวณสัญลักษณ์สีฟ้าอ่อนระดับน้ำท่วมขังแทบจะไม่ปรากฏ ดังภาพที่ 4-14



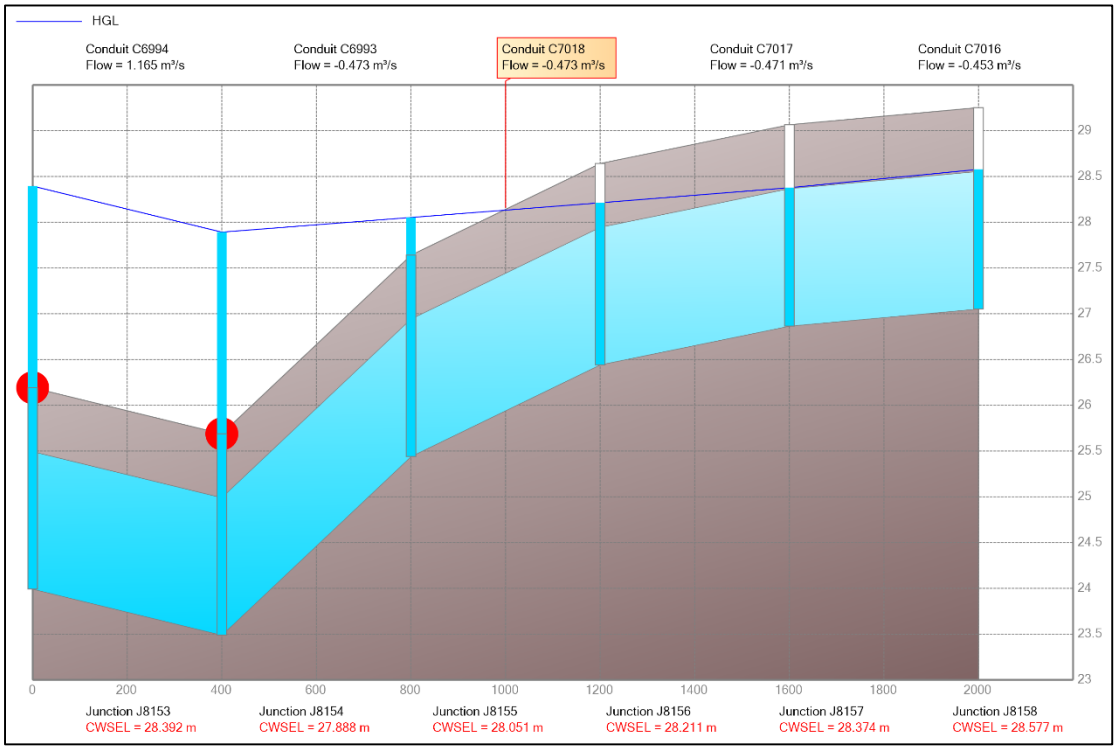
ภาพที่ 4-13 ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง



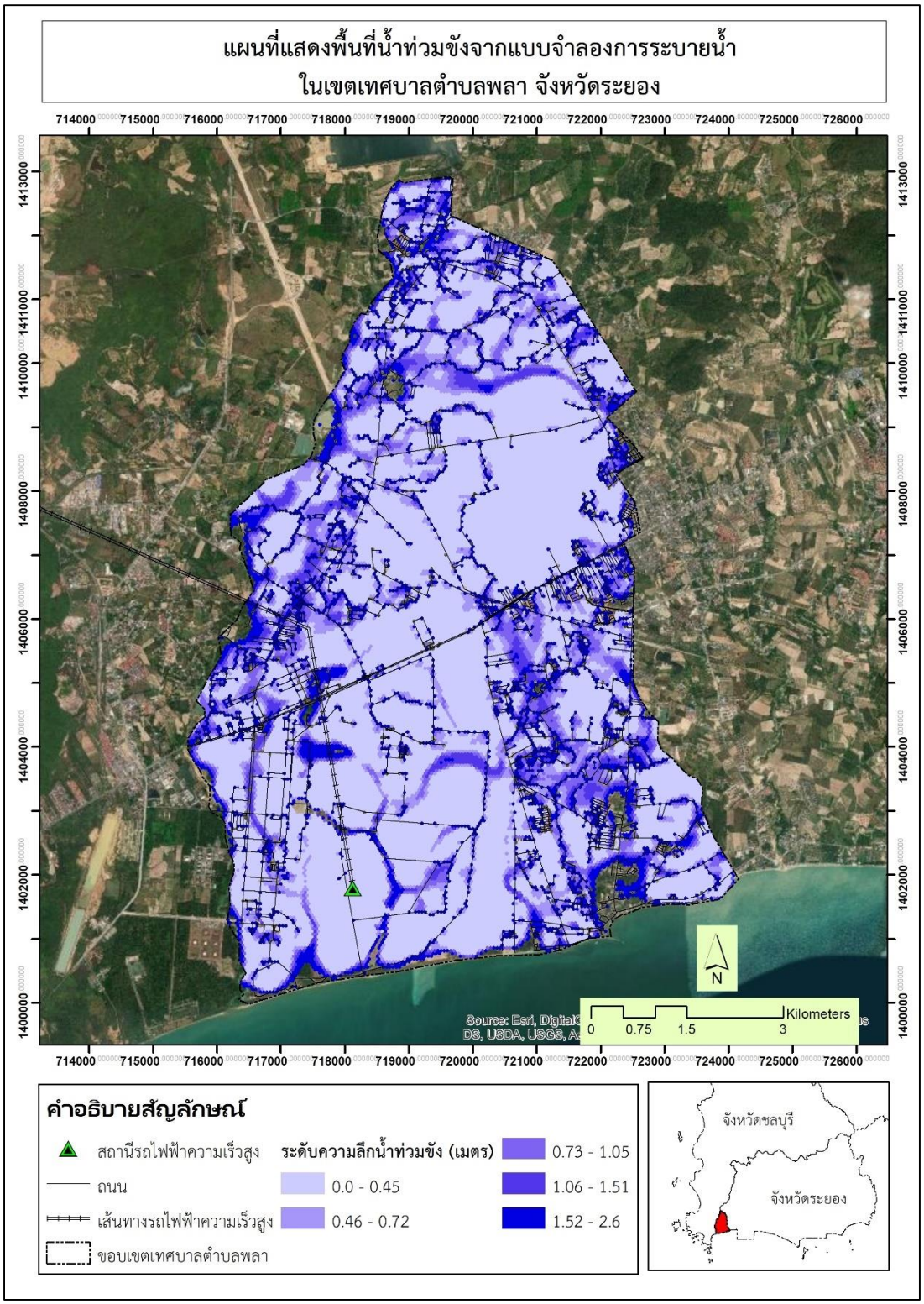
ภาพที่ 4-14 พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเมืองพัทยา

4.2.5 เทศบาลตำบลพลา

การระบายน้ำในพื้นที่นี้จากแบบจำลองการระบายจากภาพตัดขวาง ดังภาพที่ 4-15 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกมากกว่า 40 มิลลิเมตรขึ้นไป ทำให้การระบายน้ำภายในพื้นที่ไม่สามารถระบายได้ทันและไหลการสะสมในพื้นที่ที่ต่ำกว่าทำให้น้ำท่วมขัง โดยระดับน้ำท่วมขังประมาณ 0.30 – 0.40 เมตร โดยเฉพาะตามซอยหรือแยกซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำบริเวณถนนสุขุมวิท และตามพื้นที่ติดริมคลองซึ่งเป็นถนนสายหลักและไม่สามารถสัญจรผ่านได้ ส่วนบริเวณสนามบินอู่ตะเภาและส่วนพื้นที่จะพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตเทศบาลตำบลพลาบริเวณหน้าสถานีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.05 – 0.14 เมตร จากผลวิเคราะห์นี้พบว่ามีพื้นที่ส่วนใหญ่มีพื้นที่รอบข้างที่สามารถดูดซึมน้ำได้เป็นพื้นที่สีเขียวอยู่รอบ ๆ สถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูง บริเวณสัญลักษณ์สีฟ้าอ่อนระดับน้ำท่วมขังแทบจะไม่ปรากฏ ดังภาพที่ 4-16



ภาพที่ 4-15 ภาพตัดขวางจากแบบจำลองการระบายน้ำบริเวณที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากระบายน้ำไม่ทันกับปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง



ภาพที่ 4-16 พื้นที่น้ำท่วมขังจากแบบจำลองการระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลพลา

4.3 แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองในเขตพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ

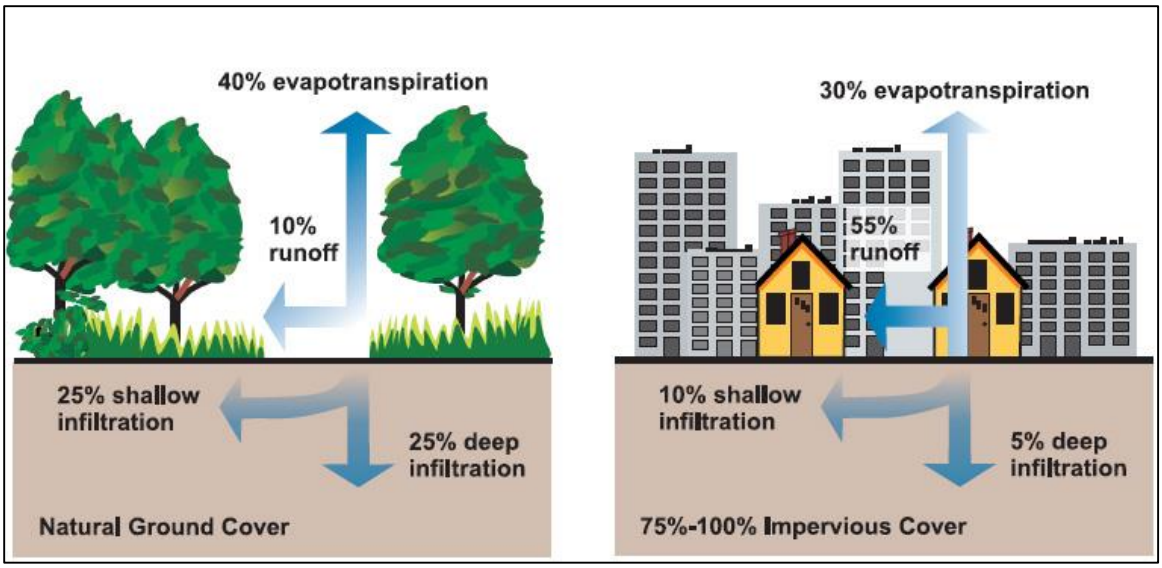
จากการวิเคราะห์โดยการสร้างแบบจำลองน้ำท่วมและระบบระบายน้ำร่วมกับสถานการณ์ปริมาณรายชั่วโมงทำให้ผู้วิจัยเห็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบในพื้นที่ตัวเมืองทั้ง 5 พื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่เทพื้นด้วยคอนกรีตหรือลาดยางมะตอยทำให้การระบายน้ำในพื้นที่เมืองส่วนใหญ่น้ำฝนไม่สามารถซึมผ่านชั้นดินในบริเวณนั้น ๆ และน้ำฝนที่ตกลงพื้นหรือหลังคาบ้านไม่มีระบบจัดการที่ดีทำให้ปริมาณน้ำมีการไหลสะสมในบริเวณพื้นที่ต่ำอย่างรวดเร็วบางส่วนไหลลงท่อระบายน้ำ บางส่วนไหลบนผิวดินและท่วมขัง ส่วนระบบการระบายยด้วยระบบท่อระบายน้ำจากการสำรวจในพื้นที่ศึกษาพบว่าจำนวนของแนวท่อ ขนาดของท่อ และการอุดตันของขยะ มีผลทำให้การระบายน้ำฝนไม่สามารถระบายได้ทันเมื่อมีปริมาณน้ำฝนสูงและตกต่อเนื่อง ซึ่งวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันจะเป็นการขยายขนาดของแนวท่อให้ใหญ่ขึ้นในบางพื้นที่อาจจะช่วยแก้ปัญหาแค่เบื้องต้น ฉะนั้นปัญหาน้ำท่วมขังยังเกิดขึ้นอยู่เป็นประจำและถ้าลองเปรียบเทียบการขยายตัวเมืองที่เพิ่มมากขึ้นกับจำนวนแนวท่อระบายน้ำก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาน้ำท่วมได้ในช่วงมรสุมและบางพื้นที่ในชุมชนเป็นตรอก ซอยและเป็นชุมชนเมืองเก่าไม่สามารถนำแนวท่อขนาดใหญ่ไปใช้ในพื้นที่ได้ ทางผู้วิจัยขอเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการระบายน้ำที่ใช้การปรับสภาพภูมิทัศน์และโครงสร้างของพื้นผิวให้สอดคล้องตามลักษณะภูมิประเทศได้ดังนี้

4.3.1 แนวทางแก้ไขตามสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่

พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงทำให้มีสาเหตุการท่วมอยู่ 2 สาเหตุ คือ ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ไม่สามารถระบายออกได้ทัน และเกิดจากน้ำล้นตลิ่งแม่น้ำและพื้นที่คลองที่อยู่ในพื้นที่ ซึ่งแนวทางแก้ไขออกแบบทางโครงสร้างของระบบการระบายน้ำเพิ่มเติม สถานีสูบน้ำและประตูกันน้ำไหลย้อนเข้าท่อระบายน้ำ ส่วนบริเวณริมแม่น้ำใช้โครงสร้างในการป้องกันน้ำล้นตลิ่งและป้องกันการเซาะตลิ่ง การขุดคลองใหม่เพื่อควบคุมไม่ให้น้ำการไหลผ่านพื้นที่ในปริมาณที่มากเกินขีดจำกัดของสภาพลำน้ำ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2551)

4.3.2 แนวทางแก้ไขทางสิ่งปลูกสร้างภายในเมือง

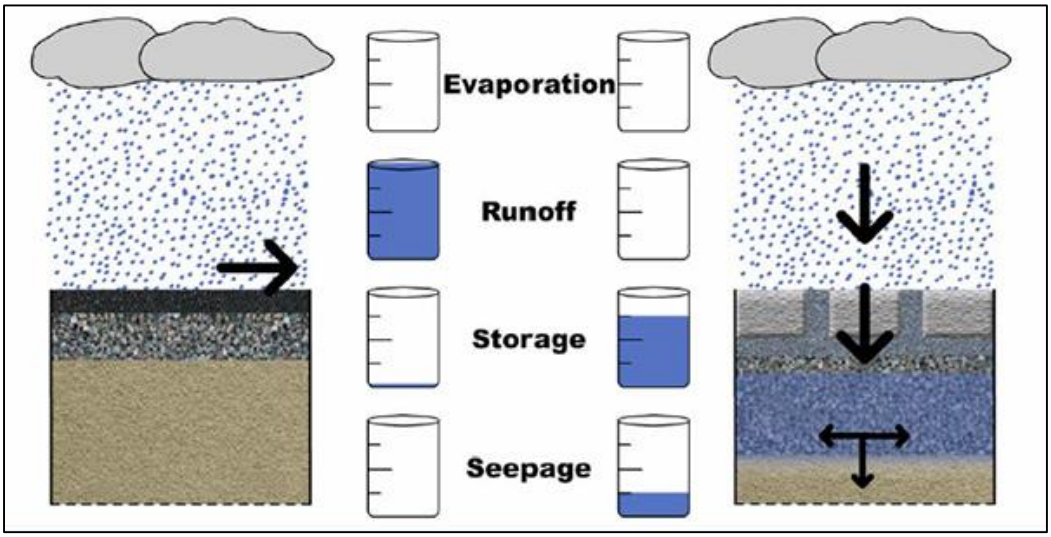
พื้นที่อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างควรแบ่งกระบวนการทางอุทกวิทยาของภูมิทัศน์คือการซึมน้ำ การกักเก็บ และการลำเลียง ซึ่งเป็นหน้าที่ทางกายภาพของพื้นที่อาคารหรือที่อยู่อาศัยซึ่งต้องเพิ่มพื้นที่การซึมน้ำ (Infiltration) การกักเก็บ (Storage) และการไหลบนผิวดิน (runoff) ดังภาพที่ 4-17



ภาพที่ 4-17 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ธรรมชาติ (ทางซ้าย) และพื้นที่ชุมชนเมือง (ทางขวา) (U.S. Environmental Protection Agency, 2003)

จากการสำรวจอาคารส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ระบบระบายน้ำฝนของอาคารจากดาดฟ้าหรือหลังคาจะถูกปล่อยลงสู่พื้นที่รอบด้านไม่มีการกักเก็บทำให้ปริมาณน้ำไหลสะสมบนพื้นผิวมากขึ้นและเกิดน้ำท่วมขังรอการระบายจากท่อระบายน้ำ โดยผู้วิจัยมีแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำท่วมขังในบริเวณพื้นที่ถนนที่มีปริมาณน้ำไหลมาสะสมมากคือการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในบริเวณด้านหน้าของอาคารที่อยู่ติดถนนเพื่อให้น้ำซึมผ่านลงสู่ชั้นดินได้ และการใช้เทคนิคทางโครงสร้างให้พื้นผิวมีช่องว่างยอมให้น้ำไหลผ่านได้เพื่อลดการไหลผ่านพื้นผิวเพื่อให้น้ำไหลลงสู่ชั้นดินได้ทำให้อัตราการไหลสะสมของน้ำบนผิวดินให้ลดลง ดังภาพที่ 4-18 และภาพที่ 4-19

ภาพที่ 4-18 แสดงโครงสร้างที่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้ (JJ Harrison, 2011)



ภาพที่ 4-19 แสดงการเปรียบเทียบโครงแบบไม่ให้น้ำซึมผ่าน (ด้านซ้าย) กับยอมให้ซึมผ่าน (ด้านขวา) (ICPI, 2010)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก ได้ทำการศึกษาระบบระบายน้ำในชุมชนเมือง โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงในช่วงวันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2556 และพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก โดยใช้แบบจำลอง SWMM ในการจำลองระบบระบายน้ำกับปริมาณน้ำฝนภายในชุมชนเมืองในเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ โดยเลือกพื้นที่ศึกษาในชุมชนที่มีการพัฒนาสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงทำให้ได้ผลการศึกษาดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองที่ได้รับอิทธิพลน้ำท่วมซ้ำซาก

5.1.1.1 ลักษณะทางภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดพื้นที่การเกิดน้ำท่วมขังโดยมีรูปแบบการเกิดแตกต่างออกไป เช่น เกิดจากริมแม่น้ำ ริมคลอง ชุมชนที่มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง ชุมชนที่ราบชายฝั่งทะเล และชุมชนที่เป็นแอ่งกระทะ เช่น ชุมชนเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา เป็นต้น

5.1.1.2 พื้นที่ชุมชนเมืองเป็นส่วนที่ทำให้ปริมาณน้ำสูงเพิ่มขึ้น เนื่องจากการระบายน้ำฝนต้องอาศัยท่อระบายน้ำอย่างเดียว จนทำให้เกิดการไหลของน้ำบนผิวดินมากกว่าการซึมลงสู่ชั้นดิน ชุมชนนั้นจึงประสบปัญหาน้ำท่วมขัง บางชุมชนมีปริมาณน้ำฝนไม่ได้ตกมากก็เกิดการท่วมขังแล้ว แต่ถ้าชุมชนที่มีพื้นที่สีเขียวรอบข้างและพื้นที่ที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ชุมชนนั้นจะไม่เกิดปัญหาน้ำท่วมขังซ้ำซาก

5.1.1.3 ลักษณะท่อระบายน้ำส่วนใหญ่อยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งาน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกรณีเกิดพายุนอกฤดูกาลหรือช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากมีขยะ ตะกอน ทราย คราบไขมันจากครัวเรือนอุดตันอยู่ในท่อระบายน้ำมากไป ทำให้การระบายน้ำไม่ทันและเอ่อล้นขึ้นมาบนผิวดินเกิดปัญหาขึ้นภายในชุมชนเมือง

5.1.2 ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการระบายน้ำในเขตพื้นที่เมืองโดยประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

5.1.2.1 ผลจากการใช้แบบจำลอง SWMM 5 และข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงของวันที่ 29 กันยายน พ.ศ.2556 ตั้งแต่ช่วงเวลา 01.00 น. – 23.00 น. และช่วงเวลา 04.00 - 05.00 น. มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดประมาณ 40 - 46 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และการระบายน้ำในเขตชุมชนเมืองของพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 ชุมชนสรุปว่า เทศบาลเมืองฉะเชิงเทราเกิดพื้นที่น้ำท่วมขังและซ้ำซากมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ โดยระดับน้ำท่วมขังตั้งแต่ระดับ 0.73 – 1.50 เมตร และบริเวณพื้นที่ด้านหน้าสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงมีระดับน้ำตั้งแต่ 0.30 - 0.45 เมตร รองลงมาอันดับสองคือพื้นที่เทศบาลตำบลบ้านสวน จังหวัดชลบุรี มีระดับน้ำท่วมขังตั้งแต่ 0.30 - 0.75 เมตร บริเวณถนนสุขุมวิทหน้าห้างเทสโก้โลตัสถึงห้างเซ็นทรัลพลาซ่าชลบุรี แต่บริเวณถนนหน้าสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงมีระดับน้ำท่วมขัง 0.05 – 0.1 เมตร ซึ่งยังไม่กระทบกับการสัญจรบริเวณนั้น และเทศบาลเมืองศรีราชาและเทศบาลนครแหลมฉบัง พบว่ามีระดับน้ำท่วมขังพื้นที่ต่ำติดริมถนนสุขุมวิทบริเวณหน้าห้างโรบินสันศรีราชาและบริเวณถนนอัสสัมชัญศรีราชา ส่วนพื้นที่เทศบาลนครแหลมฉบังบริเวณหน้าวัดจุกกระเชอ มีระดับน้ำท่วมขังสูงประมาณ 0.30 เมตร ผู้ใช้รถใช้ถนนสามารถใช้งานได้ 1 ช่องทาง เนื่องจากลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งกระทะ ส่วนพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตเทศบาลเมืองศรีราชาบริเวณหน้าสถานีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.05 – 0.14 เมตร เมืองพัทยามีระดับน้ำท่วมขังประมาณ 0.30 – 0.75 เมตร โดยเฉพาะตามซอยหรือแยกที่เป็นพื้นที่ต่ำบริเวณถนนสุขุมวิท ถนนพัทยากลาง ถนนพัทยาเหนือ ถนนพัทยาใต้ ซอยเขาน้อย ถนนเลียบทางรถไฟ และถนนเลียบชายหาด แต่พื้นที่สถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตเมืองพัทยาบริเวณหน้าสถานีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.05 – 0.14 เมตร และอันดับสามคือ พื้นที่เทศบาลตำบลพลา จังหวัดระยอง มีระดับน้ำท่วมขังประมาณ 0.30 – 0.40 เมตร โดยเฉพาะตามซอยหรือแยกซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำบริเวณถนนสุขุมวิท และตามพื้นที่ติดริมคลองซึ่งเป็นถนนสายหลัก ส่วนบริเวณสนามบินอู่ตะเภาและส่วนพื้นที่ที่จะพัฒนาเป็นสถานีรถไฟฟ้าความเร็วสูงในเขตเทศบาลตำบลพลาบริเวณหน้าสถานีระดับน้ำท่วมประมาณ 0.05 – 0.14 เมตร

5.1.3 แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนเมืองในเขตพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ

สรุปแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในชุมชนเมืองตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่พัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ สามารถใช้ศาสตร์ทางภูมิศาสตร์ในการแก้ไขให้ตรงตามสภาพพื้นที่และเข้าใจ

ในพื้นที่นั้น ๆ เช่น พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงและมีแม่น้ำสายใหญ่อยู่ในพื้นที่การจัดการระบบระบายน้ำ ต้องมีสถานีสูบน้ำ ลดปริมาณน้ำจากแม่น้ำสายหลัก โดยการขุดคลองลัดใหม่เพื่อเป็นการบายพาสมวลน้ำไม่ให้เข้าสู่พื้นที่ชุมชนมาก การสร้างแก้มลิงในส่วนพื้นที่ที่ห่างจากแม่น้ำเพื่อใช้ในการระบายน้ำและเป็นจุดพักน้ำเพื่อรอการระบายต่อไป การสร้างเสริมตลิ่งริมน้ำให้สูงขึ้นจากเดิม

แนวทางแก้ไขลำดับต่อมาคือ บริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองควรเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายในเมืองให้มากขึ้น เพิ่มช่องทางการระบายน้ำลงสู่ชั้นดิน และใช้นวัตกรรมปรับพื้นที่ที่เป็นคอนกรีต ยางมะตอยทั้งหมดในชุมชนให้มีความสามารถระบายน้ำลงสู่ชั้นดินเพื่อลดการไหลของน้ำบนผิวดินและไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ

5.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในครั้งนี้

ในการเก็บข้อมูลท่อระบายน้ำในชุมชนเมืองมีปริมาณที่มาก เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในแบบจำลองทำให้การประมวลผลใช้เวลานาน จึงทำการแบ่งพื้นที่เป็นส่วน ๆ เพื่อแยกการประมวลผลและนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์แต่ละแบบจำลองมารวมกัน

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต

วิเคราะห์การระบายน้ำแบบทันที (Realtime) โดยนำเทคโนโลยีเซนเซอร์ติดตั้งในระบบท่อระบายน้ำ และวิเคราะห์รวมกับข้อมูล Big data เช่น ปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์ การจราจรบนท้องถนน ระดับน้ำจากแม่น้ำ น้ำขึ้น-น้ำลง กิจกรรมต่าง ๆ ของคนในชุมชนในการสร้างเป็นเมืองอัจฉริยะ (Smart city) ต่อไป

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย (NRMS 13 หลัก) สัญญาเลขที่ 50.2/2562

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การจัดการระบบระบายน้ำแบบบูรณาการเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อชุมชนเมืองในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก
THE INTEGRATED MANAGEMENT OF URBAN DRAINAGE SYSTEMS FOR MITIGATING CLIMATE CHANGE AND URBANIZATION IMPACTS IN THE SPECIAL ECONOMIC EASTERN REGION

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน อาจารย์กฤษณะ อิ่มสวาสดิ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2562

ระยะเวลาการดำเนินการ 1 ปี 0 เดือน ตั้งแต่ วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	423,750.00	บาท	เมื่อ วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561
งวดที่ 2 (40%)	339,000.00	บาท	เมื่อ วันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2562
งวดที่ 3 (10%)	84,750.00	บาท	เมื่อ (วัน/เดือน/ปี)
รวม	847,500.00	บาท	

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. งบดำเนินงาน			-
ค่าตอบแทน	84,750.00	84,750.00	-
ค่าใช้สอย	675,000.00	675,000.00	-
ค่าวัสดุ	3,000.00	3,000.00	-
2. ค่าธรรมเนียมอุดหนุนสถาบัน 10 %	84,750.00	84,750.00	-
รวม	847,500.00	847,500.00	-

.....

(นายกฤษณะ อิ่มสวาสดิ์)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2551). แนวทางการแก้ไขปัญหา อุปสรรค การออกแบบและการก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ชุมชน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/doc_work/modify_flood.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ตุลาคม 2560)

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2551). หลักการแปลความภาพเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.wing2rtaf.net/department/weather/images/commander/1.5%20.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม 2560)

กรีนพีช. (2009). การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและประเทศไทย : วิกฤตหรือโอกาส. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2009/6/climate-change-thailand.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม พ.ศ. 2560)

เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี. (2527). การใช้น้ำและการระบายน้ำ Irrigation and Drainage. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 257

กลุ่มงานป้องกันน้ำท่วม. (2555). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบป้องกันน้ำท่วม. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.dpt.go.th/km_flood/KM_2550/3-2.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 10 สิงหาคม พ.ศ. 2560)

จังหวัดชลบุรี. (2560). ที่ตั้ง และอาณาเขตจังหวัดชลบุรี. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.chonburi.go.th/website/about_chonburi/about5. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 เมษายน พ.ศ. 2561)

โชติชัย สุวรรณาภรณ์. (2552). ผลกระทบ และแนวทางการแก้ไขปัญหา Climate Change. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.spatialhydrology.net/index.php/JOSH/article/viewFile/84/83. (วันที่ค้นข้อมูล 28 กันยายน พ.ศ.2560)

บรรณานุกรม (ต่อ)

เทศบาลเมืองจันทนิมิต. (2554). ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลเมืองจันทนิมิต. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://muangchanthanimit.go.th/index.php/2011-09-09-18-42-56/23-2011-09-09-17-49-48. (วันที่ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม 2560)

เทศบาลเมืองจันทบุรี. (2560). ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลเมืองจันทบุรี. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://chanmunic.go.th/ข้อมูลพื้นฐาน/เกี่ยวกับเทศบาล/. (วันที่ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม 2560)

เทศบาลเมืองท่าช้าง. (2560). ข้อมูลเทศบาลเมืองท่าช้าง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.tccity.go.th/index.php/k2-data-citymenu. (วันที่ค้นข้อมูล 11 ตุลาคม 2560)

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2534). ระบบระบายน้ำ. คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน, พิมพ์ครั้งที่ 3, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, หน้า 86-144.

บริษัท พาสโค (ประเทศไทย) จำกัด. (2557). ระบบสนับสนุนงานเกี่ยวกับทางระบายน้ำ (รูปแบบ GIS/PasCAL ทางระบายน้ำ). การใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่, Japan Services, บริษัท พาสโค (ประเทศไทย) จำกัด. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.pascoth.com/services/gisdesktop/th_pcl_wastewater.html. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 ตุลาคม 2560)

ปฏิพัทธ์ ประชันกลาง และศิรวิทย์ ศรีกอก. (2559). การศึกษาความสามารถในการระบายน้ำของสถาบันวิจัยพัฒนาและสาธิตการศึกษาและโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒองครักษ์ ด้วยโปรแกรม EPASWMM 5. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://ir.swu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/5055/PRO2367.pdf?sequence=1. (วันที่ค้นข้อมูล 28 กันยายน พ.ศ.2560)

บรรณานุกรม (ต่อ)

พงศธร ศิริอ่อน. (2555). การระบายน้ำ. วิศวกรรมระบายน้ำ, วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://kmcenter.rid.go.th/kmc16/wichakarn/data/drainage.htm. (วันที่ค้นข้อมูล 9 ตุลาคม 2560)

พิศุทธ์ วิเชียรฉันท์. (2552). การวางแผนพื้นที่สีเขียวของเมืองเพื่อบรรเทาผลกระทบทางอุทกวิทยา : กรณีศึกษาเทศบาลเมือง จังหวัดจันทบุรี. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/32878/1/pisoot_vi.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 28 กันยายน พ.ศ.2560.

มานิต มานิตเจริญ. (2537). ระบบระบายน้ำ. พจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน, พิมพ์ครั้งที่ 13, รวมสาส์น, 1142 หน้า.

มาโนช ตุ้มทอง. (2547). การจัดการน้ำในพื้นที่น้ำท่วมขังของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามหาราช. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 177 น.

วราภรณ์ นาคสั้ว. (2544). การปรับปรุงระบบระบายน้ำและการทำงานของระบบระบายน้ำหลักในพื้นที่เขตราษฎร์บูรณะและเขตทุ่งครุด้วยแบบจำลอง MOUSE. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วีรยุทธ ทองวัชรานนท์. (2546). การทดสอบระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทาน, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2562). ภูมิอากาศจังหวัดฉะเชิงเทรา. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://climate.tmd.go.th/data/province/ตะวันออก/ภูมิอากาศฉะเชิงเทรา.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 มกราคม พ.ศ. 2562)

บรรณานุกรม (ต่อ)

_____. (2562). ภูมิอากาศจังหวัดชลบุรี. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://climate.tmd.go.th/data/province/ตะวันออก/ภูมิอากาศชลบุรี.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 มกราคม พ.ศ. 2562)

_____. (2562). ภูมิอากาศจังหวัดระยอง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://climate.tmd.go.th/data/province/ตะวันออก/ภูมิอากาศระยอง.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 มกราคม พ.ศ. 2562)

ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี. (2553). ศึกษาระบบจัดการระบายน้ำชุมชนโดยข้อมูลภูมิสารสนเทศ. สืบค้นวันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ.2560, เข้าถึงได้จาก https://www.tci-thaijo.org/index.php/nuej/article/view/26263/22293

สำนักงานแรงงานจังหวัดฉะเชิงเทรา. (2552). ภูมิประเทศจังหวัดฉะเชิงเทรา. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://chachoengsao.mol.go.th/node/55. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 เมษายน พ.ศ. 2561)

สบาย บุตรโยจันโท. (2549). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำในเทศบาลนครขอนแก่น. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมบุญ แซ่จิว. (2557). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบระบายน้ำภายใต้ตำบลดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สรรค์ใจ กลิ่นดาว. (2542). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html. (วันที่ค้นข้อมูล: 4 ตุลาคม 2560)

สหชัย แก่นอากาศ, สุดารัตน์ คำปลิว และอนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง. (2541). การศึกษาระบบระบายน้ำของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. คณะวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

องค์การอนามัยโลก. (มปป). Health Adaptation to Climate Change. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.who.int/globalchange/climate/gefproject/en/. (วันที่ค้นข้อมูล 10 สิงหาคม พ.ศ. 2560)

Apirumanekul C. (2001). Modeling of Urban Flooding in Dhaka City. Master thesis No. WM-00-13, Bngkok, Asian Institute of technology.

Chitwatkulsiri D. (2015). Real Time Urban Drainge System at Sukhumvit Area, Bangkok, Thailand, Master of Enging Thesis, School of Engineering and Technology, Asian Institute of Technology.

Chusit Apirumanekul and Ole Mark. (2001). Modelling of Urban Flooding in Dhaka City. Retrieved Aug 3 , 2017 https://www.dhigroup.com/upload/publications/mouse/Apirumanekul_Modelling_of_Urban.pdf

David, B.G. (1994). Webster's New World Dictionary, Ohio, Dictionary Editorial offices, 1570p.

Estonia-Latvia. (2015). HANDBOOK ON SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS. Retrieved Aug 3 , 2017 http://drainforlife.eu/attachments/article/64/DFL%20SUDS%20Handbook%20final.pdf

In-Kyun Jung and et al. (2010). A grid-based rainfall-runoff model for flood simulationincludingpaddy fields. Retrieved Aug 3, 2017 https://www.researchgate.net/publication/226507866_A_grid-based_rainfall runoff_model_for_flood_simulation_including_paddy_fields.

ICPI. (2010). Permeable Interlocking Concrete Pavement (PICP). Retrieved Aug 3, 2018 https://projects.ncsu.edu/picp/PPTs/SchoolsandUniversities_PPT.pdf

บรรณานุกรม (ต่อ)

IPCC. (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers. Retrieved Aug 3 , 2017 Retrived https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr /AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

JJ Harrison. (2011). Permeable paving demonstration. Retrieved Aug 3, 2018 https://en.wikipedia.org/wiki/Permeable_paving#/media/File:Permeable_paver_demontration.jpg

Khongkadae,L., and Wangwongwiroj, N., (2016). Flood Simulation in Klongtoey-Watthana polder Using Mike Flood Urban Model, Journal of Research and Development, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 39, pp 85-100.

Mashael Al Saud. (2014). Use of Remote Sensing and GIS to Analyze Drainage System in Flood Occurrence, Jeddah - Western Saudi Coast Retrieved Aug 3, 2017 http://cdn.intechopen.com/pdfs/30392.pdf

Minmin Huang and Shuanggen Jin. (2019). A methodology for simple 2-D inundation analysis in urban area using SWMM and GIS. https://doi.org/10.1007/s11069-019-03623-2

Naksua, W., (2011). Improvement of Primary Drainage System and Its Operation in Ratburana and Thungkhru Area using MOUSE Model, Master of Engineering Thesis, Water Resources Engineering Thesis, Water Resources Engineering Division, Department of Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Qianqian Zhou. (2014). A Review of Sustainable Urban Drainage Systems Considering the Climate Change and Urbanization Impacts. Retrieved Aug 3, 2017 http://www.mdpi.com/2073-4441/6/4/976/pdf

Robert J. Muir. (2012). GIS APPLICATIONS IN URBAN DRAINAGE MASTER PLANNING. Retrieved Aug 3 , 2017 http://xpsolutions.com/assets/dms/cs gisappsinurbandrainagemp.pdf

Seyoum,S.D., Vojinovic, Z, Price, R.K. and Weesakul, S., (2012). Coupled 1D and Noninertia 2D Flood Inundation Model for Simulation of Urban Flooding, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 138, pp.23-34.

U.S. Environmental Protection Agency. (2003). Relationship between impervious surfaces andsurface runoff. Retrieved Aug 3 , 2017 https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_runoff#/media/File:Natural_&_impervious_cover_diagrams_EPA.jpg

Xin Dongab, Hao Guoa and Siyu Zeng. (2017). Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure. School of Environment, Tsinghua University, Beijing, 100084, China.

Zhihua Zhu, Zhihe Chen, Xiaohong Chen and Peiying He. (2016). Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems. Department of Water Resources and Environment, Geography and Planning School of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China.