การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสีย ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี

พลอยสิรินทร์ แสงมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พลอยสิรินทร์ แสงมณี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.กาญจนา หริ่มเพ็ง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ พลีรักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา ภุมมะกาญจนะ โรแบร์)

.....กรรมการ

(ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักดี)

.....กรรมการ

(ดร.กาญจนา หริ่มเพ็ง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ พลีรักษ์)

.....กรรมการ

(ดร.จุฑาพร เนียมวงษ์)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 15 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์และดุษฎีนิพนธ์สำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา

มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2559

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักกดี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.กาญจนา หริ่มเพ็ง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ พลีรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน ขอขอบคุณผู้อำนวยการส่วนช่างสุขาภิบาลองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี, นายกเทศมนตรีของเทศบาลเมืองแสนสุข, เทศบาลเมืองศรีราชา เทศบาลตำบลบางพระ และเทศบาลเมืองสัตหีบ, ผู้อำนวยการส่วนจัดการระบบป้องกันและระบายน้ำ เมืองพัทยา รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำทุกแห่งที่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้ ซึ่งให้ความเอื้อเฟื้อเกี่ยวกับข้อมูลที่จำเป็นและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณนางสาวธนวันต์ ผาดำ, นางสาววรรธนะภัฏ อยู่ไทย, นางสาวฉัตรธิดา ชามนตรี, และนางสาวสดใส มุเขวา สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ขอขอบคุณนางสาวน้ำทิพย์ บุญขวาง สำหรับการถ่ายทอดความรู้ในการวิเคราะห์บีโอดีและสารอาหารในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณนายสุชาติ ชายหาด สำหรับความช่วยเหลือในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับความรู้ด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

ขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบคุณนางชลยา แสงมณี (คุณอา) สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนามและเป็นกำลังใจที่สำคัญให้แก่ข้าพเจ้าเสมอมา

กราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด รวมถึงมิตรสหายทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

พลอยสิรินทร์ แสงมณี

56910060: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม;วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
คำสำคัญ: การจัดการน้ำเสีย/การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ/การใช้ประโยชน์ที่ดิน/ปริมาณบีโอดีและสารอาหาร/พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี

พลอยสิรินทร์ แสงมณี: การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGY FOR MONITORING WASTEWATER SITUATION IN THE COAST OF CHONBURI PROVINCE คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ถนอมศักดิ์ บุญภักดี, D.Agr.Sc., กาญจนา หริ่มเพ็ง, Ph.D., ณรงค์ พลีรักษ์, Ph.D. 122 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำ – ปริมาณสารอาหาร (pH, อุณหภูมิ, ออกซิเจนละลายน้ำ, บีโอดี, ไนโตรเจนรวม, ฟอสฟอรัสรวม, ไนเตรท และแอมโมเนีย) ในน้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชน ร่วมกับการจำแนกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และจุดปล่อยทิ้งน้ำเสีย ซึ่งจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกันในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีปริมาณบีโอดีต่ำสุด-สูงสุดเท่ากับ 10.31-129.2 mg/l คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Effluent) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าทุกสถานีมีปริมาณบีโอดีและแอมโมเนีย (NH_3^-) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3)

โดยภาพรวม โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี พบว่าไม่ครอบคลุมพื้นที่บริการโดยเฉพาะพื้นที่ 1 (อบจ.จังหวัดชลบุรี) และพื้นที่ 4 (เทศบาล-เมืองศรีราชา) ทั้งสองแห่งมีปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัดน้อยกว่า 50% ของความสามารถในการรองรับของระบบบำบัด สอดคล้องกับคุณภาพน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ดังกล่าวอย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากท่อรวบรวมน้ำเสียไม่สามารถนำน้ำเสียเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ น้ำเสียส่วนเกินรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งการซึมลงในแหล่งน้ำใต้ดิน บางส่วนไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลในที่สุด

56910060: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: WASTEWATER MANAGEMENT/GEOINFORMATICS/LAND USE/BOD AND NUTRIENT/ THE COAST OF CHONBURI PROVINCE

PLOYSIRIN SANGMANEE: APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGY FOR MONITORING WASTEWATER SITUATION IN THE COAST OF CHONBURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: THANOMSAK BOONPHAKDEE, D.Agr.Sc., KARNJANA HRIMPENG, Ph.D., NARONG PLEERUX, Ph.D. 122 P. 2018.

This paper aims to apply Geoinformation technology for monitoring wastewater situation in the coast of Chonburi Province. Water samples taken from surface waters receiving sewage from residential area and outflow pipes were analysed for pH, Temperature, DO, BOD, TN, TP, NO_3^- and NH_3^-. The highest BOD concentration flowing into coastal water was 129.2 mg/l at Walking Street, Pattaya. According to water quality standard, BOD in effluent samples from wastewater treatment plant was lower than standard for sanitary wastewater treatment, while BOD and NH_3^- concentrations in surface water were higher than those of surface water quality standard (Class3). Land use, and structure of sewage network were integrated into all of those data by GIS. Sewage networks in the coast of Chonburi Province do not yet cover the studied area, especially for Chonburi and Sriracha cities. Therefore, influent flowing to those wastewater treatment plants was only in 50% of capacity. However, deterioration of water quality of surface waters in Chonburi and Sriracha cities was clearly observed. It was due to poor coverage of sewage pipe networks huge causing a huge discharge of untreated municipal wastewater to coastal waters.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
สารบัญ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญภาพ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8
2.1 น้ำเสีย..... 8
2.2 ประเภทของน้ำเสีย..... 8
2.3 ลักษณะของสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย..... 9
2.4 BOD..... 13
2.5 สารอาหาร..... 15
2.6 ไนโตรเจน..... 16
2.7 ฟอสฟอรัส..... 18
2.8 มลภาวะของน้ำจากน้ำทิ้งชุมชนต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ..... 18
2.9 เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ..... 19
2.10 ข้อมูลโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย..... 22
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 34

3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา..... 34

3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ..... 38

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ..... 38

3.4 เกณฑ์มาตรฐานสำหรับตัวอย่างน้ำเสียและน้ำผิวดิน..... 40

3.5 การวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์..... 41

4 ผลการศึกษา..... 46

4.1 คุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณสารอาหารในน้ำ..... 46

4.1.1 น้ำเสียจากชุมชน..... 46

4.1.2 แหล่งน้ำผิวดิน..... 47

4.2 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 59

4.2.1 เมืองขนาดเล็ก..... 60

4.2.2 เมืองขนาดกลาง..... 67

5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา..... 80

5.1 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....
ในเมืองขนาดเล็ก..... 80

5.2 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....
ในเมืองขนาดกลาง..... 88

5.3 โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย..... 97

5.4 สรุปผลการศึกษา..... 98

5.5 ข้อเสนอแนะ..... 102

บรรณานุกรม..... 103

ภาคผนวก.....111

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 122

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3-1 การจำแนกพื้นที่ศึกษาตามขนาดของเมือง…… 35

3-2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน……..
และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3……..…… 41

4-1 คุณภาพน้ำทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างประเภทน้ำทิ้ง…….. 48

4-2 คุณภาพน้ำทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน……..….. 51

4-3 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในพื้นที่การศึกษา……. 57

4-4 ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่……..
ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณภาพน้ำในงานวิจัยครั้งนี้……... 59

5-1 จำนวนประชากรเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเสียในแต่ละพื้นที่…… 87

5-2 จุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี…… 98

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 บีโอดีที่เกิดจากการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์..... 14

2-2 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหาร..... 23

2-3 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุขเหนือ.....
และแสนสุขใต้..... 25

2-4 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา..... 26

2-5 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงปรับปรุงน้ำเสียเมืองพัทยาซอยวัดหนองใหญ่..... 27

2-6 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงปรับปรุงน้ำเสียเมืองพัทยาซอยวัดบุญย์กัญจนาราม..... 27

3-1 พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี..... 34

3-2 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างของการศึกษาครั้งนี้..... 37

3-3 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์สารอาหารในน้ำเสีย..... 40

4-2 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิและปริมาณบีโอดีของจุดเก็บตัวอย่าง.....
ประเภทน้ำทิ้งจากชุมชนสถานี A1-A17..... 53

4-3 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ, ออกซิเจนละลายน้ำและปริมาณบีโอดี.....
ของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1 – B10.....
..... 54

4-4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมของจุดเก็บตัวอย่าง.....
ประเภทน้ำทิ้งจากชุมชน สถานี A1 – A17.....
..... 55

4-5 ค่าเฉลี่ยของรูปไนเตรทของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1 – B9..... 56

4-6 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียของประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1 – B9..... 56

4-7 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....
แสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาล.....
เมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี..... 61

4-8 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในขอบเขตของเทศบาลบางพระ.....
ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี..... 64

4-9 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในขอบเขตของเทศบาลตำบลบางเสร่.....
อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี..... 66

4-10 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริการเทศบาลเมืองสัตหีบ.....
อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี..... 68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-11 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุง……
คุณภาพน้ำ องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี…….. 70

4-12 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุง……
คุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี……... 72

4-13 แผนที่แสดงที่ตั้ง พื้นที่ให้บริการ สถานีสูบน้ำเสีย และแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย……
ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และวัดบุณย์กัญจนาราม)…..
อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี……... 74

4-14 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุง……...
คุณภาพน้ำ เมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี…… 76

4-15 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุง……...
คุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี…… 78

5-1 จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ ประชากรแฝง และประชากรรวมแต่ละเมือง…… 88

5-2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำเสียที่เกิดในพื้นที่/วัน, ความสามารถในการรองรับของ……...
ระบบฯ, ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดและปริมาณน้ำเสียที่ไม่ได้เข้าระบบบำบัด……
ในแต่ละเมือง…… 89

5-3 แผนที่จุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี…… 99

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พื้นที่ชายฝั่งภาคตะวันออกของประเทศไทย เป็นพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น มีชุมชนเมืองขนาดใหญ่หลายแห่ง เช่น ชลบุรี บางแสน ศรีราชา และเมืองพัทยาเป็นที่ตั้งของท่าเรือน้ำลึกและนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ทำให้ชายฝั่งบริเวณนี้แปรสภาพเป็นแหล่งรับของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ของเสียจากชุมชน โรงงานอุสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น ส่งผลให้ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยเกิดความเสื่อมโทรมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบนิเวศแนวปะการัง หญ้าทะเล ป่าชายเลน และปากแม่น้ำ จากสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ตั้งแต่ปี 2550-2559 คุณภาพน้ำทะเลที่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) พารามิเตอร์หลักที่บ่งชี้ถึงปัญหาคุณภาพน้ำทะเลในภาพรวม ได้แก่ แบคทีเรีย กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และไนเตรท-ไนโตรเจน ซึ่งจุดที่พบคุณภาพน้ำทะเลอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก ได้แก่ บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง เจ้าพระยา แม่กลอง และอ่าวไทยตอนใน แม้ว่าผลกระทบเหล่านั้นยังไม่แสดงออกอย่างชัดเจนในลักษณะรุนแรงฉับพลัน (Acute) แต่อาจทำให้เกิดผลเสียหายแบบเรื้อรังต่อระบบนิเวศทางทะเลได้ในที่สุด

สิ่งบ่งชี้ให้เห็นถึงสภาวะที่เสื่อมโทรมลงของชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน คือ การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Eutrophication) ซึ่งเป็นสภาวะที่น้ำทะเลมีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจน คาร์บอน และฟอสฟอรัส (Vizzini & Mazzola, 2004 ; Kemka et al., 2006) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายขนาดใหญ่ (Macro algae) จากสถิติการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2500-2559 รวม 31 ครั้ง (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2559) จากปัญหาปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในทะเลบริเวณด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน ทำให้มีการศึกษาด้านคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีมาอย่างต่อเนื่อง (พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ, 2541; สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2549) ซึ่งสารอาหารที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีมีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำเสียจากชุมชนที่ถูกปล่อยลงสู่ทะเล (Tournoud et al., 2005)

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีต้องรองรับน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลต่าง ๆ หลายแห่ง เช่น เทศบาลเมืองชลบุรี แสนสุข ศรีราชา บางละมุง และเมืองพัทยา รวมกันมากกว่า 250,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2553) และยังมีน้ำเสียอีกไม่น้อยกว่า 300,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ไหลลงสู่ทะเลผ่านคลองขนาดเล็กในเขตอำเภอเมืองชลบุรี คิดเป็นปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไม่น้อยกว่า 8,000 และ 1,000 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (น้ำทิพย์ บุญขวาง และถนอมศักดิ์ บุญภักดี , 2553 ; ศิริพรเพ็ญ อ่อนปานกุล และคณะ, 2553) ดังนั้น การติดตามสถานการณ์น้ำเสียชุมชนที่มีต่อระบบนิเวศวิทยาทางทะเลจึงมีความสำคัญมาก (Nixon, 1995) ในการกำหนดให้มีมาตรการหรือยุทธศาสตร์เพื่อการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมและจัดการทรัพยากรทางทะเลในชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนในให้กลับคืนสู่สภาพปกติ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (GeoInformation Technology) มาใช้เพื่อการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นปรากฏการณ์เชิงพื้นที่ โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีบทบาทในการเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูล จึงทำให้การหาคำตอบเชิงพื้นที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2548) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมเป็นการผสมผสานเทคโนโลยี 3 ชนิด ได้แก่ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) เพื่อศึกษาพื้นที่ก่อนการเข้าสู่พื้นที่จริงผ่านภาพถ่ายดาวเทียม ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System) ใช้เพื่อระบุจุดเก็บตัวอย่างหรือบริเวณที่สนใจ และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้อยู่ในรูปดิจิทัลก่อนนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ต่อไป

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีมีโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Wastewater Treatment Plant) ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลถึง 8 แห่ง ตั้งแต่อำเภอเมืองชลบุรีจนถึงอำเภอสัตหีบ การติดตามสถานการณ์จัดการน้ำเสียในปัจจุบันและการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วอย่างต่อเนื่องควบคู่กับการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่และเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในงานวิจัยครั้งนี้จะนำไปสู่ความเข้าใจที่มากขึ้นสำหรับปัญหาการจัดการน้ำเสียของจังหวัดชลบุรี งานวิจัยนี้เป็นการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสีย ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี เพื่อให้ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในวงกว้าง สำหรับการวางแผนเพื่อจัดการคุณภาพน้ำเสียและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่จังหวัดชลบุรีอย่างมีประสิทธิภาพและครบทุกมิติในเชิงพื้นที่

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดินร่วมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี

2. เพื่อระบุจุดปล่อยน้ำทิ้ง (Point Source) และโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of Sewage Network) ในรูปของแผนที่ (Mapping) เพื่อวางแนวทางในการจัดการปัญหาน้ำเสียที่เหมาะสมต่อไป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จุดปล่อยน้ำทิ้ง โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียที่มีความเป็นปัจจุบัน เพื่อใช้ในการติดตามคุณภาพน้ำทิ้งที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี

2. ผลการวิจัยใช้เป็นข้อมูลในการประเมินศักยภาพในการรองรับน้ำทิ้งจากชุมชน (Carrying Capacity) ของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลได้ เพื่อใช้วางมาตรการในการควบคุมและจัดการน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเล

3. ผลการวิจัยใช้เป็นแนวทางเพื่อปรับปรุงการบริหารจัดการน้ำเสียของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการจัดการน้ำเสียในปัจจุบันของพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี โดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องทั้งจากภาครัฐและเอกชน รวมไปถึงแผนที่ และภาพถ่ายดาวเทียม ประกอบกับข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

2. เก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในพื้นที่ เพื่อศึกษาปริมาณบีโอดี (Biological Oxygen Demand) และปริมาณสารอาหาร (Analysis of Nutrients)

3. จัดทำข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในรูปแผนที่ (Mapping) แสดงจุดที่มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะล โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และอื่น ๆ เพื่อวางแนวทางในการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสม

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีคำจำกัดความที่มีความหมายเฉพาะ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันและเป็นการกำหนดขอบเขตของการศึกษาเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผู้ศึกษาจึงให้นิยามศัพท์ไว้ ดังนี้

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-Information Technology) หมายถึง การบูรณาการความรู้และเทคโนโลยีทางด้านการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) และระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System) เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ โดยการเลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียมที่มีความละเอียดของภาพและประเภทของดาวเทียมหลากหลาย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ วิเคราะห์ข้อมูลและประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ , มปป.)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะของพื้นที่ที่มนุษย์เข้าไปครอบครอง แล้วมีการจัดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ หรือมีการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น การใช้พื้นที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่กักเก็บน้ำ ใช้เป็นที่ตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือเป็นที่ตั้งเขตอุตสาหกรรม (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2548)

แหล่งกำเนิดมลพิษ (Point Source) คือการปล่อยมลพิษที่มีตำแหน่งแน่นอนชัดเจน เช่น โรงงานบำบัดน้ำเสีย โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า สิ่งติดตั้งทางทหาร สถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือสถานที่ท่องเที่ยว งานก่อสร้าง งานเหมืองแร่ ศูนย์วิจัย การทำประมงชายฝั่ง (สุธีลา ตุลยเสถียร และคณะ, 2544) ซึ่งในงานวิจัยนี้ หมายถึงจุดปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำและท่อระบายน้ำเสียลงสู่ทะเลที่สามารถสังเกตได้

น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม รวมถึงน้ำเสีย จากการใช้น้ำของคนงาน โดยน้ำเสียก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ต้องผ่านการบำบัดให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึงน้ำเสียจากชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

น้ำทิ้ง (Effluent) หมายถึง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535)

สิ่งแวดล้อม (Environment) หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์ได้ทำขึ้น (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535)

ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resources) หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น บรรยากาศ ดิน น้ำ ป่าไม้ ทุ่งหญ้า สัตว์ป่า แร่ธาตุ พลังงาน และกำลังแรงงานมนุษย์ เป็นต้น (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน ฯ เล่มที่ 19, 2521)

การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Natural Resources and Environmental Management) หมายถึง กระบวนการจัดการ แผนงาน หรือกิจกรรมในการจัดสรร การใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อสนองความต้องการในระดับต่าง ๆ ของมนุษย์ และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายสูงสุดของการพัฒนา คือ เสถียรภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ประชากรแฝง (Nonregistered Population) หมายถึง ประชากรที่เข้ามาอยู่อาศัย หรือประกอบอาชีพ อยู่ในเขตนั้น ๆ โดยไม่มีการแจ้งย้ายสำมะโนครัว/ทะเบียนราษฎร์ ประกอบด้วยผู้ที่เข้ามาอาศัยอยู่ในเขตนั้น ๆ อย่างถาวรหรือนานกว่าที่กฎหมายกำหนดให้มีการแจ้งย้ายทะเบียนราษฎร์ (ภายใน 15 วัน) และผู้ที่เข้ามาประกอบอาชีพในครัวเรือนและในสถานประกอบการ ในช่วงเวลาทำงานและหลังจากการทำงาน (สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร, 2553)

เมืองขนาดเล็ก (Small Sized Cities) หมายถึง เมืองที่มีจำนวนประชากรตามทะเบียนราฎร์น้อยกว่า 60,000 คน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549)

เมืองขนาดกลาง (Medium Sized Cities) หมายถึง เมืองที่มีจำนวนประชากรตามทะเบียนราฎร์ในช่วง 60,000 – 200,000 คน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549)

ระบบท่อรวม (Combined Sewer) หมายถึง ระบบท่อที่ออกแบบให้น้ำฝนและน้ำเสียไหลรวมมาในท่อเดียวกัน ซึ่งจะมีท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) เพื่อรวบรวมน้ำเสียไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนน้ำเสีย (ที่รวมกับน้ำฝน) ที่เกิดการเจือจางและมีปริมาณมากเกินความต้องการจะปล่อยให้ไหลล้นฝายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

ท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) หมายถึง ท่อที่วางเชื่อมต่อ ณ จุดสุดท้ายของท่อระบายน้ำฝนรวมกับน้ำเสียในระบบท่อรวม ทำหน้าที่ในการดักน้ำเสียไม่ให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ธรรมชาติ โดยรวบรวมน้ำเสียเหล่านั้นเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

ระบบท่อแยก (Separate System) หมายถึง ระบบระบายน้ำที่แยกระหว่างท่อระบายน้ำฝน (Storm Sewer) ซึ่งทำหน้าที่รับน้ำฝนเพียงอย่างเดียวแล้วระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ และท่อ

ระบายน้ำเสีย (Sanitary Sewer) ซึ่งทำหน้าที่ในการรองรับน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม เพื่อส่งต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นน้ำฝนและน้ำเสียจะไม่ไหลปะปนกัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Sewage Structure) หมายถึง ระบบของท่อพร้อมทั้งส่วนประกอบต่าง ๆ สำหรับรวบรวมน้ำเสียจากชุมชนไปยังโรงบำบัดน้ำเสีย (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

สถานีสูบน้ำ (Pump Station) หมายถึง ใช้ร่วมกับท่อแรงดันหรือท่อแรงโน้มถ่วงเพื่อสูบส่งน้ำเสียด้วยแรงดันหรือยกระดับน้ำเสียให้สามารถระบายตามแรงโน้มถ่วงของโลกไปยังระบบบำบัดน้ำเสียได้ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

ระบบท่อระบายน้ำ (Strom Sewer) หมายถึง ระบบท่อและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับรวบรวมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ เช่น อาคารที่พักอาศัย โรงแรม เขตพาณิชยกรรม เพื่อนำน้ำเสียหล่านั้นไปบำบัดหรือระบายสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) หมายถึง เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

ระบบคลองเวียนวน (Oxidation Ditch; OD) หมายถึง รูปแบบของถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงรีหรือวงกลม ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาวของถังเติมอากาศ และการกวนที่ใช้เครื่องกลเติมอากาศตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) รูปแบบของถังเติมอากาศลักษณะนี้จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า แอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำทำให้ไนเตรทไนโตรเจน (NO_3-) ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยแบคทีเรียจำพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrosomonas Spp. และ Nitrobactor Spp.) ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) หมายถึง ระบบประเภทเติมเข้า-ถ่ายออก (Fill-and-Draw Activated Sludge) โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่น ๆ คือ การเติมอากาศ (Aeration) และการตกตะกอน (Sedimentation) จะดำเนินการเป็นไปตามลำดับภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL) หมายถึง ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี ได้ร้อยละ 80-95 (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสีย

น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่ใช้แล้วในกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน บ้านเรือน อาคารพาณิชย์ สถานประกอบการต่าง ๆ ตลอดจนโรงงาน ซึ่งอาจมีทั้งน้ำในดิน น้ำผิวดินและน้ำฝนรวมอยู่ด้วย ชนิดและปริมาณของสิ่งเจือปนในน้ำเสียจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของน้ำเสีย ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องกำจัดออกจากน้ำเสียให้มากที่สุด เพื่อให้น้ำมีสภาพที่ดีขึ้นก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

2.2 ประเภทของน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

สามารถแบ่งประเภทของน้ำเสียตามลักษณะของแหล่งกำเนิดได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำเสียจากแหล่งชุมชน (Domestic Wastewater) มาจาก 2 แหล่ง คือ 1) น้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัย ได้แก่ น้ำเสียจากสิ่งปฏิกูลและกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การประกอบอาหาร การล้างภาชนะและอุปกรณ์ และการชำระร่างกาย 2) น้ำเสียจากสถานประกอบการต่าง ๆ สิ่งเจือปนอยู่ในน้ำเสียประเภทนี้มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ น้ำเสียจากแหล่งชุมชนแต่ละแห่งต่างมีลักษณะและปริมาณแตกต่างกันออกไป

2. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) น้ำเสียจากโรงงานมีลักษณะแตกต่างกันตามแต่ชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตเช่น น้ำหล่อเย็น (Cooling Water) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการระบายความร้อนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ น้ำเสียที่เกิดจากการล้างวัตถุดิบ เครื่องจักรและพื้นโรงงาน เป็นต้น น้ำล้างอาจมีความสกปรกมาก เช่น มีคราบน้ำมันสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดละลายปนอยู่, น้ำจากกระบวนการผลิต (Process Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่เป็นน้ำที่สกปรกค่อนข้างมาก

3. น้ำเสียจากการเกษตร (Agricultural Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียจากการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ที่ทำเป็นลักษณะของอุตสาหกรม เช่น สุกร โค ปลา และกุ้ง เป็นต้นน้ำเสียประเภทนี้จะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ และอาจมีสารเคมีต่าง ๆ

2.3 ลักษณะของสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย

สิ่งสกปรกโดยรวมที่สามารถพบในน้ำเสียเกือบทุกประเภท ลักษณะของน้ำเสียแบ่งออกได้ 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และอุษา วิเศษสุมน, 2540)

ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ

1. ของแข็ง (Solids) หมายถึง สารที่เหลืออยู่เป็นตะกอนภายหลังจากที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ตะกอนที่เกิดขึ้นมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ การตรวจวัดหาค่าของแข็งนี้ทั้งในน้ำดิบที่นำมาทำน้ำประปา น้ำทิ้งจากบ้านเรือน และจากแหล่งอื่น ๆ การตรวจวัดค่าของแข็งจึงมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ สำหรับน้ำเสียจากแหล่งน้ำต่าง ๆ สามารถหาค่าของแข็ง ได้ดังนี้

1.1 ของแข็งทั้งหมด (Total Solid: TS) คือ ปริมาณของแข็งหรือสารทั้งหมดที่อยู่ในน้ำ หาได้จากปริมาณสารที่ระเหยน้ำออกทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

1.2 ของแข็งจมตัวได้ (Settleable Solids) หมายถึง ของแข็งที่จมตัวสู่ก้นภาชนะเมื่อตั้งทิ้งในเวลา 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อลิตร

1.3 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) หมายถึงของแข็งที่สามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน แล้วยังคงเหลืออยู่ หลังจากระเหยไอน้ำจนแห้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

1.4 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) หมายถึง ส่วนที่เหลือค้างบนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน หลังจากกรองน้ำและอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

1.5 ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids : VS) หมายถึง ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ วิเคราะห์โดยนำกระดาษกรองที่วิเคราะห์หาของแข็งที่แขวนลอยแล้ว หรือถ้วยกระเบื้องระเหยที่วิเคราะห์ของแข็งละลายทั้งหมด ไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส น้ำหนักที่หายไปนั่นคือน้ำหนักของของแข็งที่ระเหยง่าย

2. ความร้อน ทำให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำ (Stratification) เร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ และลดระดับการละลายของออกซิเจนในน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็นได้ อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสม สำหรับในกระบวนการบำบัดน้ำเสียควรอยู่ประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส ความร้อนของน้ำเสียทำให้จุลินทรีย์บางชนิดในถังย่อยสลายตายหรือเจริญเติบโตช้าลง

และมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้ จึงควรปรับอุณหภูมิของน้ำเสียให้เหมาะสมก่อนปล่อยสู่ระบบบำบัด

3. อุณหภูมิ (Temperature) คือ ความร้อน-เย็นของน้ำ อุณหภูมิของน้ำจะสูงกว่าอุณหภูมิในบรรยากาศ ยกเว้นในฤดูร้อนอุณหภูมิของน้ำจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำในการเจริญเติบโตของสัตว์และพืชน้ำ ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูง หรืออาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาตัวหนึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำโดยจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส และหยุดการเติบโตที่ 50 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ยังมีผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ พบว่า ออกซิเจนละลายในน้ำได้ 7.54 - 9.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิบรรยากาศ

4. ไขมัน น้ำมันและกรีส (Fat Oil and Grease) สารประกอบนี้เกิดจากการใช้น้ำมันไขมัน ขี้ผึ้ง จนกระทั่งถึงน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งยังไม่มีกรรมวิธีการเก็บรวบรวมน้ำมันหล่อลื่นเหล่านี้สำหรับการขนส่งและการกำจัดอย่างถูกวิธี ส่วนน้ำมันและไขมันที่เกิดจากบ้านเรือนและร้านอาหารจำเป็นต้องมีการสร้างบ่อดักไขมันเพื่อกำจัดไขมันในเบื้องต้น

5. สี (Color) สีของน้ำตามธรรมชาติเกิดจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ใบไม้ ใบหญ้า และซากสัตว์ ซึ่งมีลิกนิน (Lignin) เป็นองค์ประกอบ ส่วนสีของน้ำเสียจะใช้วัดระยะเวลาของน้ำเสียที่อยู่ในบ่อบำบัด (อายุของน้ำเสีย) โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นใหม่ส่วนใหญ่จะมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อน แล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเทาแก่และสีดำในที่สุด แต่บางอุตสาหกรรมมีการเติมสีลงในน้ำเสีย กรณีนี้สีของน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับซัลไฟด์ของโลหะหนักที่มีอยู่ในสีเหล่านั้น

6. ความขุ่น (Turbidity) เกิดจากสิ่งแขวนลอยในน้ำ เช่น ตะกอนแขวนลอย แพลงค์ตอน (Plankton) และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ จะทำให้เกิดการกระจัดกระจายและดูดซึมของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงทะลุผ่าน ทำให้มีผลต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ นอกจากนี้สารเคมีบางอย่างปั่นบ่อเกิดของความขุ่นได้เช่นกันเมื่อสัมผัสกับอากาศ เช่น เหล็ก และแมงกานีส

7. กลิ่น กลิ่นเหม็นของระบบบำบัดน้ำเสียเกิดจากการที่สารอินทรีย์ สารประกอบซัลเฟอร์ (H_2S) และไนโตรเจนถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนจึงเกิดก๊าซซึ่งมีกลิ่นเหม็น ที่สำคัญได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแอมโมเนีย (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และอุษา วิเศษสุมน, 2540) การตรวจวัดปริมาณก๊าซที่ทำให้เกิดกลิ่นที่ให้ผลอย่างแน่นอน ในปัจจุบันใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศแล้วตรวจวัดด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) Mass Spectrometry (MS) หรือ GC-MS เป็นต้น

8. การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) บอกถึงความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิในขณะทำการวัดไม่ได้เป็นการบอกถึงอิออนตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ สารประกอบอนินทรีย์ของกรด ด่าง และเกลือสามารถนำไฟฟ้าได้ดี

ลักษณะน้ำเสียทางเคมี

1. สารอินทรีย์ หมายถึง สารที่มาจากสิ่งมีชีวิต ทั้งสัตว์และพืช มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และอาจมีธาตุไฮโดรเจน และสารอนุพันธ์ของไฮโดรเจน-คาร์บอน เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย ตัวอย่างของสารอินทรีย์ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ปริมาณของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี

2. สารอนินทรีย์ ได้แก่ ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อาจไม่ทำให้น้ำเน่าเหม็นแต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำมากผิดปกติที่เรียกว่าปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) เป็นผลให้ระดับของออกซิเจนในน้ำลดลงช่วงกลางคืน ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของวัชพืชน้ำซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านการสัญจรทางน้ำได้

2.1 ไนโตรเจน เป็นธาตุที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน ธาตุไนโตรเจนในน้ำอยู่ในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท ไนเตรต ก๊าซไนโตรเจน ถ้ามีไนโตรเจนในแหล่งน้ำมากจะทำให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

2.2 ฟอสฟอรัส ในน้ำจะอยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) เช่น สาร PO_4^{3-}, HPO_4^{-2}, H_2PO^{4-}, H_3PO^4 และสารพวกโพลีฟอสเฟต

3. บีโอดี (Biochemical Oxygen Damned: BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน โดยแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าบีโอดีสามารถใช้เป็นตัวกำหนดขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียได้ เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

4. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชั่นสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าซีโอดีมีความสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง และการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกับค่าบีโอดี

5. ทีโอซี (Total Organic Carbon: TOC) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำ

6. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำและน้ำเสียให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต เพื่อไม่ให้เกิดการกัดกร่อนของท่อในการควบคุมให้สารเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปน้ำมีค่า pH อยู่ในช่วง 5-8 ค่า pH เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจนในน้ำ [H+]

7. คลอไรด์ เกิดจากบ้านพักอาศัยและงานอุตสาหกรรม เช่น การผลิตเกลือ การผลิตแก้ว หรือจากการเกษตรกรรม เช่น การใช้ปุ๋ย สารฆ่าแมลง

8. ความกระด้าง (Hardness) หมายถึง น้ำที่ต้องการสบู่ค่อนข้างมาก จึงจะทำให้เกิดฟอง หรือน้ำที่ทำให้เกิดตะกรัน น้ำกระด้างมี 2 ชนิด คือ (1) น้ำกระด้างชั่วคราว หรือน้ำกระด้างคาร์บอเนต (Carbonate Hardness) เกิดจากสารไบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) รวมตัวกับ Ca^{2+} หรือ Mg^{+} สามารถทำให้หายได้โดยการต้ม (2) น้ำกระด้างถาวร หรือความกระด้างที่ไม่ได้เกิดจากคาร์บอเนต เช่น เกิดจาก SO_4^{2-} Cl^{-} ของ Ca^{2+} หรือ Mg^{+} เช่น $MgSO^4$ $CaCl^2$

9. โลหะหนักชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรม เช่น สารตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) สารหนู (As) เป็นต้น ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการทำเกษตรกรรมในเขตชุมชนอาจมีสารพิษจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านซุบโลหะ อู่ซ่อมรถ เป็นต้น

10. สารกัมมันตรังสี (Radioactive Waste) เช่น ยูเรเนียม สตรอนเตรียม ซีเซียม ไอโอดีน เป็นต้น สารกัมมันตภาพรังสีดังกล่าวจะผ่านลงสู่แหล่งน้ำได้โดยวิธีต่าง ๆ เช่น กระบวนการผลิตแร่ยูเรเนียม หรือการชำระล้างเครื่องนุ่งห่มของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการด้านกัมมันตภาพรังสี รวมไปถึงของเสียซึ่งมาจากห้องปฏิบัติการด้านกัมมันตภาพรังสีหรือโรงพยาบาลที่มีการตรวจและรักษาโรคโดยสารกัมมันตภาพรังสี หรือน้ำเสียจากโรงไฟฟ้าปรมาณู เป็นต้น

11. ก๊าซต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ

11.1 ก๊าซออกซิเจน (O_2) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำโดยทั่วไปไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 4 มก.ต่อลิตร ออกซิเจนละลายน้ำเป็นตัวชี้ถึงปฏิกิริยาทางชีววิทยาในน้ำ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และสิ่งเจือปนในน้ำ เช่น เกลือชนิดต่าง ๆ

11.2 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นคล้ายไข่เน่า มีความเป็นพิษไม่ติดไฟ เกิดขึ้นในการย่อยสลายในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน หากรวมตัวกับเหล็กจะเกิดเป็นสีดำของซัลไฟต์ (FeS)

11.3 ก๊าซมีเธน (CH_4) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟได้ง่าย เกิดขึ้นในการย่อยสลายในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

11.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ เมื่อละลายน้ำทำให้น้ำมีความเป็นกรดเล็กน้อย

ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ (กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์, 2540)

1. แบคทีเรีย (Bacteria) คือ จุลินทรีย์เซลล์เดียวที่มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า หากใช้ปัจจัยเรื่องความต้องการออกซิเจนสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่ (1) แอโรบิกแบคทีเรีย (Aerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต (2) แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (Anaerobic Bacteria) คือ แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเป็นองค์ประกอบในการเจริญเติบโต และ (3) แฟคัลเททีฟแบคทีเรีย (Facultative Bacteria) คือ แบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนอิสระ

2. จุลินทรีย์ (Microorganism) โดยทั่วไปสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ ยูแคริโอต (Eucaryotes) ยูแบคทีเรีย (Eubacteria) และอาเคียแบคทีเรีย (Archaebacteria) โดยสองกลุ่มหลังเรียกรวมกันว่ากลุ่มโปรแคริโอต (Procaryotic) ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบและมีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสีย ส่วนจุลินทรีย์ในกลุ่มยูแคริโอต (Eucaryotes) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียได้แก่ รา (Fungi) โปรโตซัว (Protozoa) โรติเฟอร์ (Rotifers) และสาหร่าย (Algae) ชนิดต่าง ๆ

2.4 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

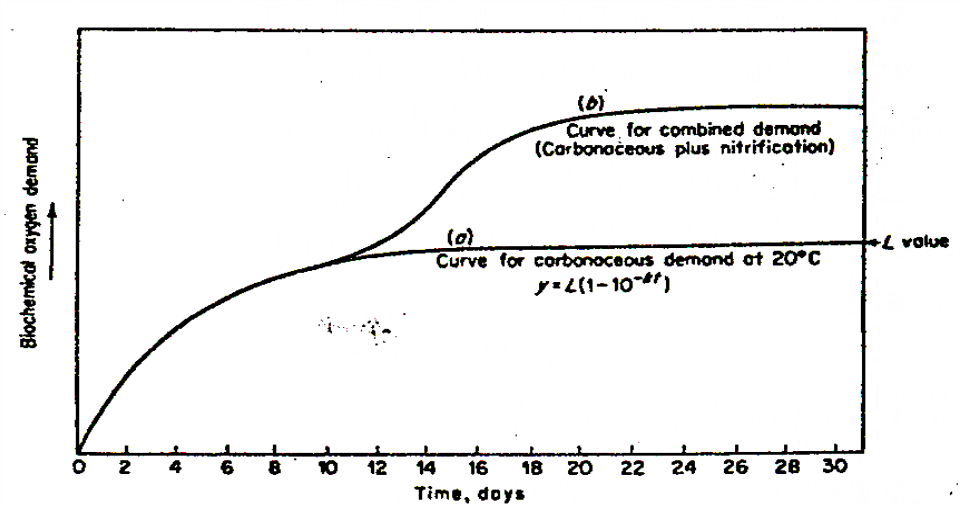
บีโอดี ย่อมาจากคำว่า Biochemical Oxygen Demand คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (เฉพาะชนิดที่ย่อยสลายได้) เป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำในรูปของสารอินทรีย์และการใช้ออกซิเจนละลายในน้ำที่นิยมใช้มากที่สุด คือ บีโอดี ซึ่งเชื่อมโยงหรือคาดการณ์ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำได้ซึ่งสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำจะใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมากเกินไปเป็นผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ซึ่งส่งผลต่อการใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตและอาจเป็นสาเหตุให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic) ได้ในที่สุด (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, ม.ป.ป.) เมื่อออกซิเจนในน้ำมีสภาพเป็นศูนย์ แอโรบิคแบคทีเรียจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ทำให้แอนแอโรบิคแบคทีเรียเจริญเติบโตแทนที่ ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ใช้ออกซิเจนให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นมลพิษ (ประดิษฐ์ บุญตันตราภิวัฒน์, 2537)

จากการออกซิเดชันนี้จะได้พลังงานซึ่งแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิเดชันสารอาหารอาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2549) การใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อาจแสดงได้ด้วยกราฟมาตรฐาน (BOD Curve) (รูปที่ 2-1) การใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 เป็นการออกซิไดส์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ

$$\text{Carbohydrate} + O_2 \xrightarrow{\text{aerobic bacteria}} CO_2 + H_2O \qquad (1)$$

$$\text{Protein} + O_2 \xrightarrow{\text{aerobic bacteria}} CO_2 + NH_3 \qquad (2)$$



ภาพที่ 2-1 บีโอดีที่เกิดจากการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, 2539)

ปริมาณออกซิเจนในตัวอย่างน้ำที่ลดลงเนื่องจากถูกแบคทีเรียใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์จะเป็นปริมาณบีโอดีที่วิเคราะห์ได้

ระยะที่ 2 การออกซิไดส์ของ $NH_3 \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO_3^-$ ตามลำดับ โดยแบคทีเรียออโตโทรฟิก (Autotrophic Bacteria) ซึ่งเรียกว่าไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) การแบ่งตัวของแบคทีเรียพวกนี้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเกิดขึ้นน้อยมาก ดังนั้น ปริมาณออกซิเจน

ที่แบคทีเรียพวกนี้ใช้ในช่วงระยะ 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการหาค่าบีโอดี (วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, 2539) บีโอดีจึงแสดงให้ทราบถึงปริมาณความสกปรกของน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น น้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ นอกจากนี้ บีโอดียังเป็นข้อมูลที่จำเป็นและเป็นประโยชน์อย่างมากในการออกแบบระบบบำบัดน้ำทิ้ง การควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของระบบบำบัด รวมทั้งเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง ทำให้สามารถประเมินศักยภาพของแหล่งรองรับน้ำทิ้งได้ (ประดิษฐ์ บุญตันตราภิวัฒน์, 2537)

ระดับความสกปรกของน้ำเสียชุมชนเมืองอาจกำหนดได้ ดังนี้

BOD มากกว่าหรือเท่ากับ 250 = สกปรกมาก

BOD มากกว่าหรือเท่ากับ 150 = สกปรกปานกลาง

BOD น้อยกว่า 150 = สกปรกต่ำ

(มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2543)

การวิเคราะห์หาบีโอดี โดยทั่วไปเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้เป็นเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส เนื่องจากออกซิเจนในอากาศสามารถละลายได้ในจำนวนจำกัด คือ ประมาณ 9 มิลลิกรัม/ลิตรในน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้น การวิเคราะห์บีโอดีในน้ำเสียซึ่งมีความสกปรกมากจึงจำเป็นต้องทำให้ปริมาณความสกปรกเจือจางลงในระดับซึ่งสมดุลพอดีกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ และเนื่องจำเป็นต้องทำให้น้ำมีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย กล่าวคือ ไม่มีสารพิษแต่มีอาหารเสริมเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, ม.ป.ป.) ซึ่งสาเหตุที่ใช้อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวเพราะที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำทั่วไปและไนตริไฟอิงแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมินี้ ส่วนการเลือกใช้เวลาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 5 วัน เพราะหากใช้เวลาน้อยกว่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจะน้อยมากและเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ออกซิเจนในระยะที่ 2 (วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, 2539)

2.5 สารอาหาร (Nutrient) (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2550)

สารอาหาร เป็นกลุ่มธาตุปริมาณน้อยที่มีความสำคัญมากต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในทะเล โดยพืชทะเลและแพลงก์ตอนพืชในทะเลจะนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อ

ใช้ในการผลิตอินทรีย์สาร เป็นแหล่งพลังงานและเป็นแหล่งอาหารให้แก่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ธาตุอาหารที่มีความสำคัญทางเคมี คือ ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ซิลิคอนจะพบแพร่กระจายในรูปของสารละลายในน้ำและในเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ ยังมีสารอาหารส่วนหนึ่งที่ตกลงสู่พื้นท้องน้ำและสะสมอยู่ในดินตะกอนอีกด้วย กระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในน้ำและดินตะกอน ซึ่งวัฏจักรของสารอาหารจะเริ่มจากแพลงก์ตอนพืชที่นำธาตุอาหารไปใช้ในขั้นตอนการสร้างอินทรีย์สาร จากนั้น จึงถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร และเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงธาตุอาหารจะหมุนเวียนกลับมาอยู่ในรูปของเศษอินทรีย์สารและค่อย ๆ ตกลงไปสู่พื้นท้องน้ำ การหมุนเวียนของสารอาหารมีความสำคัญต่อผลผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำและทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารอาหารที่ระดับความลึกต่าง ๆ แตกต่างกัน โดยจะพบว่าบริเวณผิวหน้าน้ำมักจะมีปริมาณธาตุอาหารต่ำ ในบริเวณที่ลึกจะมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ เนื่องมาจากการจมตัว ของอนุภาคอินทรีย์สารจากบริเวณผิวหน้าน้ำ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารจะเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึก

2.6 ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อสิ่งชีวิต สารประกอบไนโตรเจนในแหล่งน้ำมีอยู่หลายรูปแบบได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท พืชและแพลงก์ตอนพืชใช้สารประกอบไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียและไนเตรทในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างโปรตีนและนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ดังสมการ

$$NH_3 + CO_2 + \text{Green Plants} + \text{Sunlight} \text{ ----> } \text{Protein}$$

$$NO_3 + CO_2 + \text{Green Plants} + \text{Sunlight} \text{ ----> } \text{Protein}$$

สารประกอบไนโตรเจนทั้ง 3 รูป มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องซึ่งถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียเปลี่ยนจากแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2550) กล่าวว่าเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงโปรตีนในร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียโดยอาศัยแซปโปรไฟต์ติคแบคทีเรีย (Saprophytic Bacteria) ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน ดังสมการ

$$\text{Protein (Organic N)} + \text{Bacteria} \text{ -------> } NH_3$$

แอมโมเนีย เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต การย่อยสลายยูเรียโดยแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำใช้แอมโมเนียในรูปของยูเรียเพื่อสร้างโปรตีน ส่วนแอมโมเนียที่เกินความต้องการจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ในสภาวะที่มีออกซิเจน แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์โดย (ไนโตรโซโมแนสแบคทีเรีย) Nitrosomonas Bacteria และไนโตรแบคเตอร์แบคทีเรีย (Nitrobactor Bacteria) ไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ ซึ่งคือ กระบวนการไนตริฟิเคชั่น ส่วนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ไนเตรทจะถูกแบคทีเรียเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และก๊าซไนโตรเจนตามลำดับ ซึ่งคือกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2550)

ไนไตรท์ เป็นสารประกอบระหว่างกลางในกระบวนการไนตริฟิเคชั่น โดยไนไตรท์จะสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ โดยทั่วไปไนไตรท์จะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว แต่ในบางสภาวะหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าอัตราการออกซิไดซ์ไนไตรท์ จะเกิดการสะสมของไนไตรท์ ซึ่งไนไตรท์เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำเช่นเดียวกับแอมโมเนีย โดยไนไตรท์จะลดประสิทธิภาพในการส่งออกซิเจนของเลือดและทำลายเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2550)

ไนเตรท เป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สำคัญที่สุดในวัฏจักรไนโตรเจน ซึ่งเป็นสารอาหารที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างอาหารและพลังงาน นอกจากไนเตรทจะเป็นปุ๋ยสำหรับพืชแล้วส่วนที่เกินความต้องการจะถูกชะลงสู่ดิน แต่เนื่องจากดินไม่สามารถกักเก็บไนเตรทไว้ได้ ทำให้พบไนเตรทในน้ำใต้ดินมาก ทั้งนี้ ไนเตรทจึงมีสำคัญต่อผลผลิตเบื้องต้นในแหล่งน้ำ และยังเป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายของกระบวนการไนตริฟิเคชั่นอีกด้วย (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2550)

การย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนในแหล่งน้ำ จุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลาย ดังนั้น หากมีการปล่อยของเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงลงไปในแหล่งน้ำ อาจทำให้แหล่งน้ำนั้นอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจนได้ สามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาวะความเน่าเสียของน้ำได้ เช่น หากแหล่งน้ำมีค่าแอมโมเนียสูง แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นกำลังเกิดการเน่าเสียซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่ถ้ามีค่าไนเตรทสูง แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นเกิดการเน่าเสียมานานแล้วและไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำอีกต่อไป (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2548)

2.7 ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำสามารถพบได้ในรูปของสารละลายและสารแขวนลอย โดยทั่วไปมี 3 รูปแบบ คือ ฟอสฟอรัสแขวนลอย (Particulate Phosphorus, PP) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved Inorganic Phosphorus, DIP) อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved Organic Phosphorus, DOP) ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมีแหล่งที่มาจากการกัดเซาะจากแม่น้ำจะอยู่ในรูปของ Inorganic Sediments และ Organic Sediments จากกระแสลมที่พัดพาฝุ่นละอองต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำจะอยู่ในรูปของฟอสฟอรัสแขวนลอยเป็นส่วนมาก ส่วนฟอสฟอรัสที่มาจากน้ำทิ้งจะพบในรูปของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำมากกว่าในรูปอื่น ๆ ในกรณีที่มีอนินทรีย์ฟอสฟอรัสไม่เพียงพอหรือมีน้อยเกินไปอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำจะถูกแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียนำไปใช้เป็นสารอาหารต่อไป และจะเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารจากการบริโภคของสัตว์น้ำ เมื่อสัตว์น้ำขับถ่ายหรือตายลง ฟอสฟอรัสจะถูกปลดปล่อยออกสู่แหล่งน้ำอีกครั้ง

โดยปกติแล้ว แหล่งน้ำตามธรรมชาติจะพบฟอสฟอรัสในปริมาณเล็กน้อย แต่ในปัจจุบันกิจกรรมของมนุษย์ทำให้ฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ เข้ามาปะปนในแหล่งน้ำธรรมชาติได้หลายทาง เช่น จากการใช้ผงซักฟอกและการชะล้างของปุ๋ยซึ่งใช้ในการเกษตร เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับรูปร่างของแหล่งน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำ ระยะทางจากแหล่งน้ำที่มีน้ำโสโครกหรืออินทรีย์สารและความสามารถของการย่อยสลายของฟอสเฟตในแหล่งน้ำ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2540)

2.8 มลภาวะของน้ำจากน้ำทิ้งชุมชนต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ

มลภาวะของแหล่งน้ำ คือ การเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำในด้านคุณภาพจากที่เคยเป็นอยู่ไปอยู่ในสภาพที่มีผลเสียต่อระบบนิเวศ กล่าวคือ การถ่ายเทน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำโดยตรง Katz and Gaufin (1953) อ้างโดยเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2540) ได้ศึกษาผลกระทบของน้ำทิ้งจากชุมชนที่เป็นอินทรีย์สารลงไปในแม่น้ำแบบเป็นจุด (Point Source) จะทำให้เกิดผลกระทบต่อส่วนของแม่น้ำที่อยู่ใต้ลงมา (Down Stream) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแม่น้ำมีความสามารถที่จะปรับตัวให้คืนสภาพปกติได้ ถ้าน้ำทิ้งที่ถ่ายเทลงมามีปริมาณไม่มากนักและเป็นประเภทที่ย่อยสลายได้ และหากฟอสฟอรัสมีมากเกินความจำเป็นจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2547) ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชบางชนิดอย่างรวดเร็วในบริเวณชายฝั่ง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง และ

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้นทำให้มีสัตว์น้ำตายจำนวนมาก ส่งผลกระทบต่อการประมงและการท่องเที่ยว (กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2546)

2.9 เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Technology)

2.9.1 นิยามและความหมาย

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ หมายถึง การบูรณาการความรู้และเทคโนโลยีทางด้านการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing : RS) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) และระบบดาวเทียมนำทางโลก (Global Positioning System : GPS) เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่วิทยาการด้านการรับรู้จากระยะไกลซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ บนพื้นโลกและในชั้นบรรยากาศ เพื่อศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติได้โดยการเลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียมที่มีความละเอียดของภาพและประเภทของดาวเทียมหลากหลาย ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้ในแต่ละเรื่อง นอกจากนี้ ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกลเป็นข้อมูลที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ , มปป.)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล สามารถดัดแปลงแก้ไข วิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล เพื่อให้เห็นมิติและความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูลซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหาและประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ (สำนักวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2539) ระบบดาวเทียมนำทางสามารถนำมาใช้กำหนดตำแหน่งเชิงพื้นที่ ติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของได้อย่างแม่นยำ ดังนั้น เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศจึงเป็นวิทยาการที่สำคัญที่หน่วยงานราชการหลายแห่งนำมาพัฒนาประเทศ เช่น การเกษตร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผังเมือง การจราจร ความมั่นคงทางการทหาร ภัยธรรมชาติ และการค้าเชิงธุรกิจ รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งต่าง ๆ เช่น เขตที่เหมาะสมสำหรับการตั้งถิ่นที่อยู่อาศัย พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก เป็นต้น ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศสามารถประกอบการวางแผนการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว กล่าวโดยสรุป คือ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งผลการวิเคราะห์ทำให้เกิด

ความเข้าใจสภาพปัญหาและสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการพื้นที่ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2542)

2.9.2 ลักษณะข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

เป็นการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์บนผิวโลกและจัดเก็บในรูปของตัวเลขเชิงรหัส (Digital Form) โดยแทนปรากฏการณ์เหล่านั้นด้วยลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เรียกว่า Feature ประเภทของ Feature ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ จุด (Point) เส้น (Line) และพื้นที่ (Polygon) (สุเพชร จิรขจรกุล, 2555)

1. จุด (Point) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีตำแหน่งที่ตั้งเฉพาะเจาะจง หรือมีเพียงอย่างเดียว สามารถแทนได้ด้วยจุด (Point Feature) ได้แก่ หมุดหลักเขต บ่อน้ำ อาคาร สิ่งก่อสร้าง เป็นต้น

2. เส้น (Line) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่วางตัวไปตามทางระหว่างจุด 2 จุดแทนด้วยเส้น (Arc Feature) ตัวอย่างลักษณะทางภูมิศาสตร์ เช่น ลำน้ำ ถนน ทางรถไฟ เป็นต้น

3. พื้นที่ (Polygon) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีพื้นที่เดียวกันจะถูกล้อมรอบด้วยเส้นเพื่อแสดงขอบเขต ตัวอย่างข้อมูลที่เป็นพื้นที่ ได้แก่ เขตตำบล อำเภอ จังหวัด เป็นต้น

2.9.3 ฟังก์ชันและการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลมีหลายประเภท ในการเลือกใช้ฟังก์ชั่นต่าง ๆ ต้องคำนึงถึงความถูกต้องและความเหมาะสม การจัดเก็บต้องมีวิธีการที่ถูกต้องและง่ายต่อการวิเคราะห์ฟังก์ชั่นที่นิยมนำมาใช้ มีดังนี้

1. การประมาณค่า (Interpolate) การประมาณค่าเป็นการหาค่าหรือตัวแทนที่ดีที่สุดสำหรับจุดที่ไม่มีการสำรวจ หรือบริเวณที่ไม่ได้เข้าไปสำรวจ ประเทศไทยได้มีการนำเอาวิธีการประมาณค่ามาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การหาพื้นที่รับน้ำฝนโดยอาศัยสถานีตรวจ แล้วทำการประมาณค่าหาบริเวณที่ไม่ได้เป็นจุดตรวจ เป็นต้น (Burrough & McDonnell, 1998)

2. การสร้างแนวกันชน (Buffer) การสร้างแนวกันชนเป็นการกำหนดระยะจาก จุด เส้น หรือ พื้นที่ การกำหนดพื้นที่ที่เราสร้างขึ้นนี้จะใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ว่าพื้นที่ที่ตั้งอยู่ห่างจากหรือมีรัศมีห่างจากแหล่งกิจกรรมอื่นเท่าไร (Michael, 1997) การสร้างแนวกันชนสามารถสร้างจากข้อมูลเชิงเส้นเป็นข้อมูลเชิงเส้น (Vector – Vector) หรือจากข้อมูลเชิงเส้นเป็นข้อมูลเชิงภาพ (Vector – Raster)

3. การวิเคราะห์แบบซ้อนทับ (Overlay Analysis) การวิเคราะห์แบบซ้อนทับในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ในการวางตำแหน่งข้อมูลตั้งแต่ 2 ชั้นข้อมูลขึ้นไป

มาซ้อนทับกัน โดยชั้นข้อมูลนั้นอยู่ในตำแหน่งหรือบริเวณเดียวกัน การวิเคราะห์แบบซ้อนทับมี 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์เชิงคำนวณ เป็นการซ้อนทับที่วิเคราะห์ในลักษณะเงื่อนไขทางตัวเลข เช่น การบวก ลบ คูณ หาร เช่น การนำชั้นข้อมูลหนึ่งไปบวกกับอีกชั้นข้อมูลหนึ่ง และการวิเคราะห์เชิงตรรกศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ในลักษณะเงื่อนไขทางตรรกศาสตร์ เช่น การหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร โดยมีเงื่อนไขของแต่ละชั้นข้อมูลว่าเป็นจริงหรือเท็จ (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2550)

2.9.4 การแปลตีความและการวิเคราะห์ข้อมูล

ธวัช บุรีรักษ์ และบัญชา คูเจริญไพบูรณ์ (2551) ได้กล่าวถึงการแปลตีความและการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม คือ วิธีการสกัดสิ่งที่ต้องการแยกหรือจัดกลุ่มออกมาให้เป็นแต่ละหมวดหมู่ หรือการตรวจสอบสิ่งที่ปรากฏในภาพว่าสิ่งนั้นคืออะไร อาจเรียกว่าการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. หลักในการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา

จรัณธร บุญญานุภาพ (2546) อธิบายว่า การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม เป็นการมุ่งเน้นที่การตีความหมายของกลุ่มจุดภาพ (Group of pixel) ที่รวมกันอยู่อาจแสดงรูปร่างที่มีขนาด (Size and Shape) แตกต่างกัน ตลอดจนความแตกต่างกันในเรื่องของระดับสีหรือสี (Tone or Color) ลักษณะเนื้อภาพ (Texture) ดังนั้น เพื่อให้การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตามีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาให้มีประสิทธิภาพยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผู้แปลตีความเป็นสำคัญ เนื่องจากผู้แปลตีความควรมีความรู้ความชำนาญที่เหมาะสมต่องานแปลตีความและสามารถวิเคราะห์ให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งความพร้อมของอุปกรณ์และข้อมูลเสริมประกอบ เช่น แผนที่ฐาน ข้อมูลจากภาพสนาม หรือ ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะช่วยให้กระบวนการแปลตีความมีสะดวกและความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยองค์ประกอบของการแปลตีความภาพที่สำคัญ มีดังนี้

1.1) ความเข้มของสี (Tone and Color) ระดับความเข้มของสีจะขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนของวัตถุในแต่ละช่วงคลื่น การเรียงตัวของวัตถุ การทำมุมของแสง เช่น ป่าทึบจะมีสีเข้ม ป่าโปร่งจะมีสีจาง น้ำลึกปรากฏสีน้ำเงินเข้ม น้ำตื้นจะมีสีจาง เป็นต้น

1.2) รูปทรงหรือรูปร่าง (Shape) แบ่งเป็นลักษณะของสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จะมีรูปร่างที่ไม่สม่ำสเมอ สิ่งที่เกิดขึ้นจากฝีมือมนุษย์มักปรากฏรูปทรงสม่ำเสมอ เช่น สนามกอล์ฟจะมีรูปร่างต่างจากป่าไม้, บึงจะมีรูปร่างต่างจากอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

1.3) รูปแบบ (Pattern) รูปแบบของวัตถุจะช่วยให้วิเคราะห์ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) ได้ดียิ่งขึ้น ความสม่ำเสมอและความเป็นระเบียบในการเรียงตัวของวัตถุแต่ละชนิดจะมีรูปแบบเฉพาะตัว เช่น พื้นที่ นาข้าว ตึก อาคาร เป็นต้น

1.4) ขนาด (Size) ขนาดของวัตถุที่ปรากฏในภาพ เช่น อ่างเก็บจะมีขนาดพื้นที่น้ำเล็กกว่าเขื่อน, สนามกอล์ฟจะมีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าสวนสาธารณะ เป็นต้น

1.5) เนื้อภาพ (Texture) เนื้อภาพจะแสดงถึงความหยาบละเอียดของวัตถุแต่ละชนิดที่ปรากฏในภาพ เช่น สวนป่าหรือป่าปลูกจะมีลักษณะของเนื้อภาพเรียบเพราะมีความสูงของต้นไม้เท่ากัน พื้นที่ป่าธรรมชาติจะแสดงเนื้อภาพที่หยาบเพราะความสูงของเรือนยอดต้นไม้ไม่เท่ากัน จึงทำให้มองเห็นเนื้อภาพที่หยาบกว่า เป็นต้น

1.6) ถิ่นที่ตั้ง (Site) แหล่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์จะช่วยในการวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี เช่น ป่าชายเลนพบใกล้กับบริเวณปากแม่น้ำ หรือชายฝั่งที่มีน้ำทะเลท่วมถึง

1.7) ความสูงและเงา (Height and Shadow) ขึ้นอยู่กับเวลาของการถ่ายภาพและการทำมุมของดวงอาทิตย์ ทำให้วัตถุที่มีความสูงจะเกิดเงาขึ้น เช่น เงาของต้นไม้ที่ทอดไปนั้นจะช่วยให้ทราบถึงขนาดและรูปร่างเรือนยอด รวมทั้งความสูงของต้นไม้ได้อีกด้วย

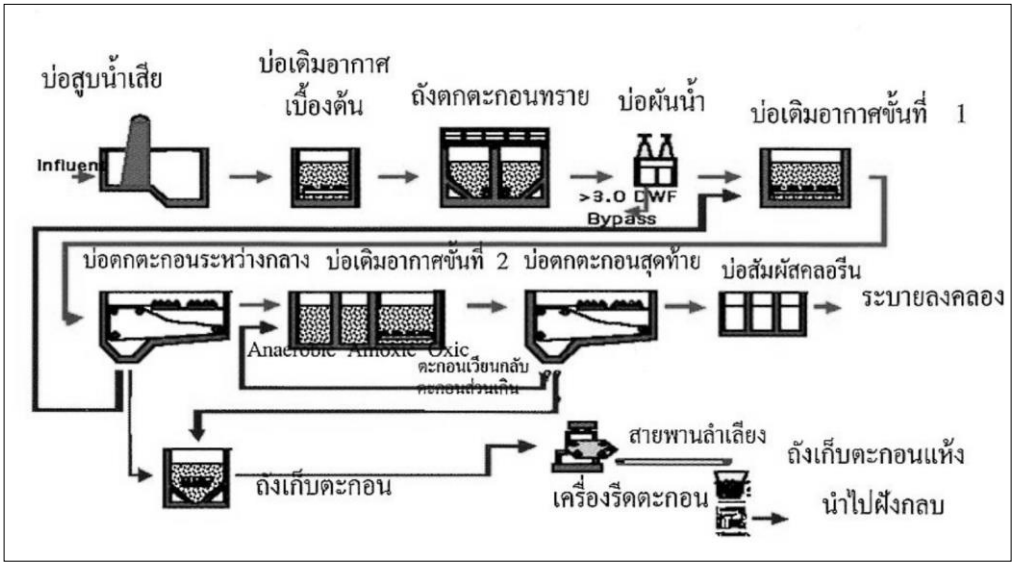
1.8) การรวมกลุ่ม (Association) คือ ความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมข้างเคียง เช่น กลุ่มต้นไม้ที่ขึ้นในบริเวณป่าชายเลนในพื้นที่หนึ่ง ประสบการณ์การณ์ส่วนตัวของตัวผู้แปลจะช่วยบอกได้ว่าเป็นต้นอะไร ขึ้นอยู่ใกล้กับต้นอะไร ในป่าชนิดใด เป็นต้น

2.10 ข้อมูลโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ชลบุรี, 2553)

2.10.1 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี อำเภอเมือง ฯ จังหวัดชลบุรี

1) ข้อมูลทั่วไป ขอบเขตรับผิดชอบของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่บริการ 36 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 4 แห่ง ได้แก่ เทศบาลเมืองชลบุรี เทศบาลตำบลบางทราย เทศบาลเมืองบ้านสวน และเทศบาลตำบลเสม็ด โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตั้งอยู่ที่ 112/500 ต.เสม็ด อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรีถนนพระยาสัจจาบริเวณชายฝั่งทะเล ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 10 ไร่ 2 งาน เป็นระบบประเภทระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) หน่วยงานรับผิดชอบ คือ ฝ่ายสิ่งแวดล้อม กองช่าง องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี

2) ข้อมูลระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) แบบมีระบบกำจัดไนโตรเจน ประกอบด้วยหน่วยบำบัดต่าง ๆ ได้แก่ สถานีสูบน้ำเสีย ถังตกตะกอนทราย บ่อผันน้ำ บ่อเติมอากาศขั้นที่ 1 บ่อตกตะกอนระหว่างกลาง บ่อเติมอากาศขั้นที่ 2 Anaerobic Zone, Anoxic Zone, Oxic Zone บ่อตกตะกอนขั้นสุดท้าย บ่อสัมผัสคลอรีน และเครื่องรีดตะกอน (แสดงในภาพที่ 4-7) โครงข่ายแนวท่อร่วมรวมน้ำเสีย มีความยาวท่อรวบรวมทั้งหมดประมาณ 13 กิโลเมตร มีสถานีสูบน้ำเสีย 2 แห่ง คือสถานีสูบน้ำเสียสังเขป (PS1) ตั้งอยู่บริเวณคลองสังเขป ถนนพิพิธ สูบน้ำเสียตามแนวท่อที่รวบรวมจากพื้นที่ของเทศบาลบางทราย มีเครื่องสูบน้ำจำนวน 3 เครื่อง และสถานีสูบน้ำเสียบางปลาสร้อย (PS2) ตั้งอยู่บริเวณคลองบางปลาสร้อย ถนนพระยาสัจจา มีเครื่องสูบน้ำจำนวน 4 เครื่อง สูบน้ำเสียในพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรี เทศบาลเมืองบ้านสวน และเทศบาลตำบลเสม็ด ความสามารถในการรองรับน้ำเสียตามที่ระบบได้ออกแบบไว้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 22,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย คือ คลองห้วยละมุ ไหลลงทะเลอ่าวไทยบริเวณตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 2-2 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

2.10.2. โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง ฯ จังหวัดชลบุรี

1) ข้อมูลทั่วไป ขอบเขตรับผิดชอบของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข ครอบคลุมพื้นที่บริการ 20.26 ตารางกิโลเมตร ซึ่งแบ่งเป็นพื้นที่ แสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ มีโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ 2 แห่ง คือโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ และโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้ หน่วยงานที่รับผิดชอบระบบบำบัดน้ำเสีย คือ กองช่างสุขาภิบาล

2) ข้อมูลระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย ระบบรวบรวมน้ำเสียก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2538 เป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) มีความยาวรวมทั้งหมด 13.9 กิโลเมตร ประกอบด้วยท่อระบายน้ำเดิมที่ก่อสร้างโดยเทศบาลเมืองแสนสุขและกรมทางหลวง รวมระยะทาง 10.9 กิโลเมตร และท่อรวบรวมน้ำเสียก่อสร้างเพิ่มเติมโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง เป็นระยะทาง 30 กิโลเมตร ซึ่งแบ่งพื้นที่รวบรวมน้ำเสียเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่แสนสุขด้านเหนือและพื้นที่แสนสุขด้านใต้ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำออกแบบระบบให้สามารถรองรับน้ำเสียได้ ดังนี้

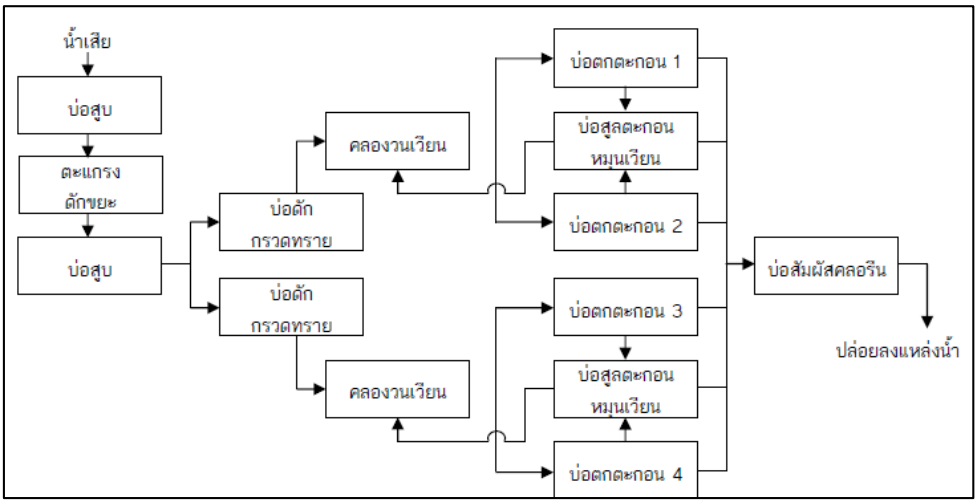
โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ ตั้งอยู่บริเวณคลองบางโปรง เลขที่ 24 ถ.บางแสนสาย 4 เหนือ ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130 ระบบบำบัดน้ำเสียครอบคลุมพื้นที่ด้านเหนือเทศบาลเมืองแสนสุขโดยเริ่มจากเส้นแบ่งเขตลุ่มน้ำตามถนนหมายเลข 3144 จากด้นตะวันออกมาทางตะวันตกผ่านมหาวิทยาลัยบูรพาและชายหาดบางแสน โดยมีแนวเขตด้านเหนือจรดคลองบางโปรง มีความสามารถในการรองรับน้ำเสียที่ออกแบบไว้ 14,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน ระบบบำบัดเป็นชนิดคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัด คือ คลองบางโปรง

โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้ ตั้งอยู่เลขที่ 59 ซอยเนตรดี 5 ถ.เนตรดี ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130 สามารถรองรับน้ำเสียครอบคลุมพื้นที่ทางด้านใต้ของเทศบาลเมืองแสนสุขเริ่มตั้งแต่เส้นแบ่งเขตลุ่มน้ำตามถนนหมายเลข 3144 พื้นที่ส่วนใต้ของตลาดหนองมนส่วนใต้ของมหาวิทยาลัยบูรพา รวมไปถึงย่านอุตสาหกรรมประมงและชุมชนบริเวณหาดวอนนภา มีความสามารถในการรองรับน้ำเสียตามที่ออกแบบไว้ 9,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นชนิดคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย คือชายฝั่งทะเลหาดวอนนภา

2.10.3 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

1) ข้อมูลทั่วไป ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียเทศบาลเมืองศรีราชา มีการออกแบบระบบไว้ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ 1.5 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 36.96% ของพื้นที่การปกครองทั้งหมด 4.05 ตารางกิโลเมตรและรวมพื้นที่เทศบาลตำบลเจ้าพระยาสุรศักดิ์บางส่วน ครอบคลุมประชากรประมาณ 60,000 คน ระบบท่อเป็นชนิดท่อระบายรวม

2) ข้อมูลระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา ตั้งอยู่เลขที่ 92/1 ถ.ศรีราชานคร 3 อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110 หน่วยงานที่รับผิดชอบดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย คือ กองช่างสุขาภิบาล โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ เป็นระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) มีความสามารถในการรองรับน้ำเสียตามที่ออกแบบไว้ 18,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย คือ ทะเลบริเวณสวนสาธารณะศรีราชา

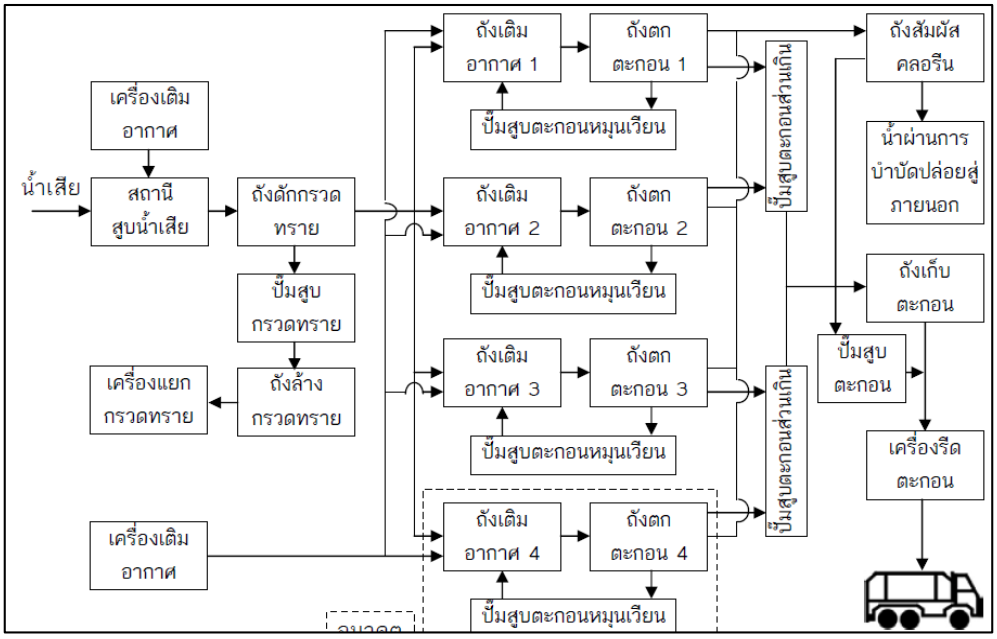


ภาพที่ 2-3 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

2.10.4 เมืองพัทยา (โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

1) ข้อมูลทั่วไป ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียเมืองพัทยาออกแบบให้มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่นาเกลือพัทยาเหนือ-ใต้และนาจอมเทียน รวมพื้นที่ประมาณ 47 ตารางกิโลเมตร มีการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย 2 แห่ง ระบบท่อเป็นชนิดท่อระบายรวม (Combined Sewer)

2) ข้อมูลระบบท่อรวบรวมน้ำเสียโรงปรับปรุงน้ำเสียเมืองพัทยาซอยวัดหนองใหญ่ ตั้งอยู่เลขที่ 171 หมู่ 6 ถ.พระประภานิมิต ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20260 ระบบมีความสามารถในการรองรับน้ำเสียตามที่ออกแบบไว้ 65,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

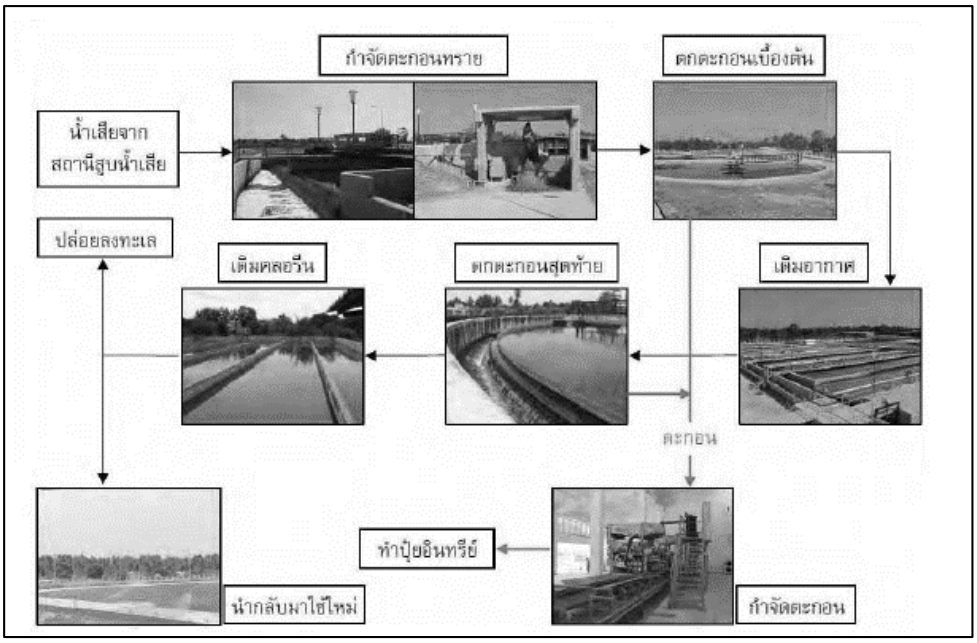


ภาพที่ 2-4 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เทศบาลเมืองศรีราชา อำเภอศรีราชา ฯ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

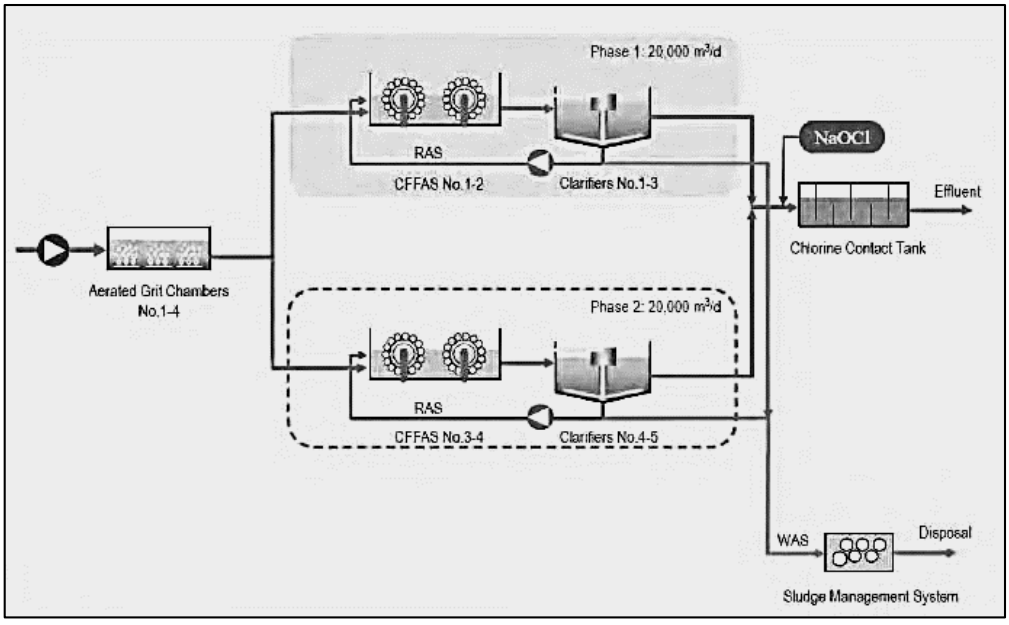
ระบบเป็นชนิดตะกอนเร่ง (Activated Sludge) มีพื้นที่ที่ในการก่อสร้างรวม 80 ไร่ แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย คือ คลองนาเกลือ (ห้วยมาบยายเลย) ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี อีกแห่งคือโรงปรับปรุงน้ำเสียเมืองพัทยาวัดบุญย์กัญจนาราม ตั้งอยู่เลขที่ 391 หมู่ที่ 12 ถ.วัดบุญย์กัญจนาราม ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20260 ระบบมีความสามารถในการรองรับน้ำเสียตามที่ออกแบบไว้ 20,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2537 ระบบเป็นชนิด CFFAS (Combination of Fixed Film and Activated Sludge) แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย คือ ทะเลจอมเทียน บริเวณคลองห้วยใหญ่ หลังวัดนาจอมเทียน

2.10.5 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เทศบาลตำบลบางเสร่ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

1) ข้อมูลทั่วไปและระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย ระบบรวบรวมน้ำเสียเทศบาลตำบลบางเสร่มีการออกแบบระบบไว้ครอบคลุม พื้นที่ 3.3 ตารางกิโลเมตรการออกแบบประมาณการไว้ถึงปี 2569 รองรับอัตราน้ำเสียที่เกิดขึ้น 4,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยท่อรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายรวม (Combined Sewer) ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นระบบแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบขนาดประมาณ 13 ไร่ สามารถรองรับน้ำเสียได้ 5,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หน่วยงานที่รับผิดชอบดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย คือกองช่าง เทศบาลเมืองสัตหีบ



ภาพที่ 2-5 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงปรับปรุงน้ำเสียเมืองพัทยาซอยวัดหนองใหญ่ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)



ภาพที่ 2-6 ผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงปรับปรุงน้ำเสียเมืองพัทยาวัดบุญย์กัญจนาราม (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสียในประเทศไทยส่วนใหญ่มักเกี่ยวกับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เช่นการศึกษาของ วิไลวรรณ สุปรียาภร (2543) พบว่า การขยายตัวของชุมชนในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นและไม่มีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อีกทั้งยังขาดความเอาใจใส่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย ส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาในช่วงปี พ.ศ.2541- 2542 เสื่อมโทรมลง เนื่องจาก ขาดความร่วมมือของประชาชน สอดคล้องกับการศึกษาของสันธิวัฒน์ พิทักษ์พล (2550) ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในลำน้ำชุมชนตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา บริเวณหน้ามหาวิทยาลัยนเรศวร (วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา) ซึ่งเป็นชุมชนที่มีการขยายตัวอย่างมากในระยะเวลา 5 ปี พบว่า ออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 1.96 -12.00 mg/l และบีโอดีมีปริมาณสูงสุด (2.31 mg/l) ในช่วงต้นฤดูฝน กล่าวได้ว่า น้ำฝนช่วงแรกที่ตกจะทำการชะล้างของเสียและสารอินทรีย์ต่าง ๆ จากพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นมากตามไปด้วย แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

สำหรับคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินประเภทแหล่งน้ำปิด พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล (2549) พบว่าปริมาณบีโอดีส่วนใหญ่เกินจากเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 (ไม่เกิน 1.5 mg/l) โดยน้ำที่อยู่ในบริเวณริมฝั่งของอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล จังหวัดระยอง มีปริมาณบีโอดีสูงกว่าบริเวณอื่น เป็นผลมาจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งที่ตั้งอยู่บริเวณต้นน้ำ รวมไปถึงการขยายตัวของชุมชนที่อยู่อาศัยในอำเภอปลวกแดง ทำให้น้ำเสียปริมาณมากที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากพื้นที่ดังกล่าวระบายลงสู่อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล ซึ่งในระยะยาวอาจมีการสะสมของมลพิษในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นได้

สำหรับในพื้นที่เมืองขนาดใหญ่อย่างกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีความหนาแน่นของประชากรสูง การตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินประเภทแม่น้ำและคลองสาขาเป็นสิ่งที่สำคัญมาก จากรายงานการศึกษาสภาวะแวดล้อมในพื้นที่กรุงเทพฯ (สำนักผังเมือง, 2559) ศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติของกรุงเทพฯ โดยเก็บตัวอย่างในคลองรวม 292 จุด และจุดเก็บในแม่น้ำเจ้าพระยา 9 จุด พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 1 mg/l มีทั้งหมด 99 จุด ส่วนปริมาณบีโอดีที่มีค่าสูงกว่า 15 mg/l มีทั้งหมด 124 จุด ซึ่งเป็นคลองที่กระจายอยู่ในเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรมและเขตที่อยู่อาศัยเป็นหลัก สอดคล้องกับกษิดิศ ลือชัย (2553) ศึกษาคุณภาพน้ำของคลองแสนแสบ แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นคลองที่ไหลผ่านกลางพื้นที่ของกรุงเทพฯ ในแนวตะวันออก-ตะวันตก มีเส้นทางการไหลผ่านทั้งเขตชุมชนหนาแน่น

เขตพาณิชยกรรมรวมไปถึงเขตเกษตรกรรม พบว่า คุณภาพน้ำของคลองแสนแสบชั้นใน (บริเวณประตูคลองระบายน้ำแสนแสบจนถึงแยกประตูน้ำ) ค่อนข้างมีความสกปรกสูง

แม่น้ำที่ไหลผ่านเขตชุมชนหนาแน่น มักเป็นแหล่งรองรับสารอินทรีย์จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากบ้านเรือน รวมไปถึงโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชนล้วนเป็นแหล่งมลพิษที่ต้องเฝ้าระวังการปนเปื้อนอย่างต่อเนื่อง Jin and Jinwoo (2012) ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำแกป (Gap) ซึ่งไหลผ่านย่านชุมชนหนาแน่นของเมืองแทจอน (Daejeon) ประเทศเกาหลีใต้ มีประชากรประมาณ 1.5 ล้านคน คุณภาพน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่าง 5 จุด ที่อยู่ในระยะ 100 เมตร จากบริเวณที่มีการปล่อยทิ้งน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ (รองรับน้ำทิ้ง 900,000 ลบ.ม./วัน) พบว่า ปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย (NH_3^-) และไนเตรท (NO^-_3) อยู่ในช่วง 10.1 – 24.5 mg/l, 4.70 – 11.10 mg-N/L และ 1.32 – 1.98 mg-N/L ตามลำดับ ซึ่งบริเวณลุ่มน้ำตอนล่าง แสดงผลคุณภาพน้ำที่เกินจากมาตรฐานเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีบริเวณต้นน้ำที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ พบว่า ปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย (NH_3^-) และไนเตรท (NO^-_3) มีค่าเท่ากับ 0.6, 0.01 และ 0.26 ตามลำดับ โดยพารามิเตอร์ที่มีนัยยะสำคัญอีกตัว คือ คลอไรด์ พบว่า มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามระยะทาง ปริมาณสูงสุดที่สถานีใกล้ท่อน้ำทิ้งจากโรงบำบัด มีค่าเท่ากับ 70.4 mg/l ในขณะที่บริเวณต้นน้ำมีปริมาณเท่ากับ 3.2 mg/l ซึ่งปริมาณคลอไรด์เป็นพารามิเตอร์ที่ถูกใช้ในการชี้วัดคุณภาพของระบบนิเวศในน้ำหลายประเภท (Chang & Carlson, 2005) ชี้ให้เห็นว่า แม่น้ำแกปได้รับมลสารต่าง ๆ จากกิจกรรมของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการวิจัยในประเทศเวียดนามแสดงให้เห็นถึงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดย Trinh et al. (2006) สำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำที่แม่น้ำ To Rich และ แม่น้ำ Nhue ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากเมืองฮานอย (Hanoi) ซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศเวียดนาม มีพื้นที่ประมาณ 3,300 ตร.กม. มีประชากรมากกว่า 7.5 ล้านคน พบว่า ปริมาณบีโอดี เท่ากับ 70 mg /l , DOC 15 mgC/l , Total Phosphorus 3.5 mg P/l , Total Nitrogen 31.6 mg N/l , DO น้อยกว่า 1 mg /l

คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคตะวันออกโดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 ชลบุรี (2561) ได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำและคลองสาขาของลุ่มน้ำบางปะกง ทั้งหมด 13 สถานี พบว่า คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม (62%) โดยพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงปัญหามากที่สุด คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) เมื่อมลสารต่าง ๆ จากบนบกไหลลงสู่คลองขนาดเล็กท้ายที่สุดจะถูกระบายลงระบบนิเวศชายฝั่งทะเล อัญวราภรณ์ นิลทะราช และคณะ (2547) ได้ทำการ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งของอ่าวศรีราชา บริเวณใต้สะพานเกาะลอยและหน้าสถานีสูบน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 4 (ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) และมีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่ามาตรฐาน ฯ บริเวณท่อน้ำทิ้งใต้สะพานเกาะลอยและชายฝั่งทะเลหน้าโรงพยาบาลสมเด็จ ฯ

ซึ่งคุณภาพน้ำทะเลที่เสื่อมโทรมอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลได้ แสดงให้เห็นได้จากการศึกษาของจรรยา เจตน์เจริญ และคณะ (2547) ศึกษาชนิดและความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินบริเวณอ่าวศรีราชา สถานีใกล้ฝั่งและห่างฝั่งเป็นระยะเวลา 1 ปี พบสัตว์ทะเลหน้าดินทั้งหมด 5 ไฟลัม รวม 37 ชนิด ในไฟลัม Annelida มากที่สุด เป็นสัตว์ประเภทไส้เดือนทะเลชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีรายงานว่าอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง เช่น จุดปล่อยทิ้งชุมชนหรือแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ เป็นต้น ส่วนความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินบริเวณสถานีสูบน้ำเสียศรีราชาและท่อใต้สะพานเกาะลอยมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ (เฉลี่ย 91.4 และ 14.8 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ) สภาพพื้นที่บริเวณดังกล่าว พบว่า น้ำทิ้งมีสีคล้ำ ตะกอนดินมีลักษณะเป็นโคลนละเอียดสีดำและมีกลิ่นแก๊สไข่เน่าอย่างชัดเจน สรุปว่า ภาพรวมพบสัตว์หน้าดินที่บ่งชี้สภาวะแวดล้อมที่เป็นพิษโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีการปล่อยน้ำทิ้งชุมชน สอดคล้องกับสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (2558) ได้ตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกทั้งหมด 60 จุด พบว่า คุณภาพน้ำของจุดตรวจ อ่าวชลบุรี, ศรีราชา (เกาะลอย) , พัทยากลาง และท่าเรือสัตหีบ
อยู่ในระดับเสื่อมโทรม ตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (Marine Water Quality Index: MWQI) (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) พบพารามิเตอร์ที่เกินจากมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายใน น้ำ (DO) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH3 -N) บริเวณพื้นที่อ่างศิลาและอ่าวศรีราชา (เกาะลอย), ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO4 -P) บริเวณพื้นที่อ่าวชลบุรี อ่างศิลา บางแสน อ่าวศรีราชา (เกาะลอย) หาดจอมเทียน, ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO3 -N) บริเวณศรีราชา (เกาะลอย) และพัทยาเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานสถาการณ์มลพิษของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) ที่พบว่า ชลบุรีมีคุณภาพน้ำชายฝั่งลดลงจากปี พ.ศ.2558 จึงถูกจัดอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมากซึ่งแนวโน้มของคุณภาพน้ำทะเลในเขตจังหวัดชลบุรีปัจจุบันยังคงอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม

ซึ่งสถานการณ์คุณภาพน้ำชายฝั่งในปัจจุบันของจังหวัดชลบุรี ยังคงมีการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง จากการตรวจวัดของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2561) พบว่า คลองบางโปรงมีคุณภาพน้ำทะเลตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (MWQI) อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก

(กรมควบคุมมลพิษ, 2555) โดยปริมาณแอมโมเนียรวมเท่ากับ 2,713 µg-N/L ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) (ได้กำหนดไว้สำหรับเขตชุมชนไม่เกิน 950 µg-N/L) และปริมาณไนเตรท (NO^-_3) เท่ากับ 403 µg-N/L ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ เช่นกัน (กำหนดไว้ไม่เกิน 60 µg-N/L) หากแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงเกินไปอาจทำให้สัตว์น้ำขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยส่งผลให้พีเอชของเลือดสูงขึ้น ระดับแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาต่าง ๆ ของเอนไซม์ (Lawson, 1995)

การศึกษาของ น้ำทิพย์ บุญขวาง และคณะ (2553) ได้รายงานว่า คลองขนาดเล็กในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (คลองบางโปรง คลองสังเขป และคลองบางปลาสร้อย) มีปริมาณการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจนลงสู่อ่าวชลบุรี ได้แก่ แอมโมเนีย ไนเตรท และไนโตรเจนรวม เท่ากับ 182.2, 126.5 และ 274 ตัน/ปี ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคลองขนาดเล็กที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเลมีศักยภาพสูงในการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจน ตะกอนแขวนลอย รวมถึงมลสารอื่น ๆ ออกสู่อ่าวไทยตอนใน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทะเล สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล และอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ (Red Tide) ในอนาคต สอดคล้องกับ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2559) พบว่า เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจำนวน 25 ครั้ง จากการสำรวจและการรับแจ้งข่าวเครือข่ายในพื้นที่ บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยพบถึง 22 ครั้ง และพบมากที่สุดในจังหวัดชลบุรี ผลกระทบจากปรากฏการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ การขาดแคลนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนที่พืชและแพลงก์ตอนพืชที่บลูมจะมีการหายใจโดยใช้ออกซิเจนในน้ำ ทำให้สัตว์น้ำขาดอากาศหายใจ และเมื่อเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชที่บลูมตายลงพร้อมกันจะทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียจนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (Meybeck et al., 1996) นอกจากนี้ ยังมีรายงานในประเทศจีนว่าประชาชนที่ดื่มน้ำที่มีการบลูมของแพลงก์ตอนพืชและมีการปนเปื้อนของสารไมโครซิสติน (Microcystins) ทำให้เพิ่มโอกาสในการเป็นมะเร็งตับสูงขึ้นอีกด้วย (Yu, 1995; พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ, 2557)

การศึกษาปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Technology) เป็นการบูรณาการเทคโนโลยีด้านการสำรวจ การทำแผนที่ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกัน ซึ่งในปัจจุบันถูกนำมาใช้ในอย่างแพร่หลาย เช่น Beheshti and Michels, (2001) ศึกษาบทบาทของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ด้วยการรวบรวมข้อมูล เทคโนโลยีฐานข้อมูล และระบบปฏิบัติการเพื่อให้ได้

รูปแบบที่ยั่งยืนโดยใช้ชื่อโครงการไอวอย (I-VOIR) และสร้างต้นแบบของระบบฐานข้อมูล GIS บนอินเตอร์เนตของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ระบบนี้ช่วยแก้ปัญหาด้านการสื่อสาร เศรษฐกิจ สังคม การเมืองวัฒนธรรม ซึ่งนำไปสู่ระบบ Open GIS ทำให้ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างเสรี แต่ข้อจำกัดของระบบ GIS คือ จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเพื่อควบคุมระบบการรวบรวมข้อมูล และระบบการจัดการฐานข้อมูล เพื่ออัพเดทข้อมูลให้เป็นปัจจุบันจึงจะทำให้ฐานข้อมูลนั้นมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้งานได้จริง สอดคล้องกับ Hochstein (2005) ใช้ GIS เป็นเครื่องมือในการจัดทำแผนที่มลพิษ โดยใช้แผนที่ประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อแสดงข้อมูลเชิงตำแหน่งและข้อมูลการกระจายตัวทางเคมี (มลพิษ) ผู้ใช้ข้อมูลดังกล่าวไม่จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องแผนที่หรือการอ่านแผนที่มาก่อน เนื่องจากได้จัดทำคำอธิบายต่าง ๆ ให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจเบื้องต้น แผนที่ที่จะประกอบด้วยมลพิษทางอากาศ น้ำ ดิน ซึ่งแบ่งตามภูมิภาค สามารถเรียกใช้ข้อมูลร่วมกันและนำเสนอข้อมูลให้อยู่บนแผนที่ฉบับเดียวกันได้ รวมถึงข้อมูลตาราง แผนภูมิที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นระบบที่สามารถปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมีบทบาทที่สำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่หาตำแหน่งที่เหมาะสมในการตั้งสถานที่ต่าง ๆ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในระยะยาว เช่น งานวิจัยที่ใช้ GIS หาพื้นที่ที่เหมาะสมในการตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย วีระพันธ์ หมั่นสกุล (2554) ได้หาเกณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อเลือกพื้นที่ทำระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติ พบว่า พื้นที่ควรมีความลาดชันไม่เกิน 5% มีระยะห่างจากพื้นที่ความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยมากกว่า 1 กิโลเมตร เป็นดินเหนียวถึงดินร่วนเหนียวขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้ ห่างจากแหล่งน้ำผิวดินมากกว่า 300 เมตร ไกลจากป่าธรรมชาติมากกว่า 600 เมตร และห่างไม่น้อยกว่า 50 เมตรจากป่าชายเลน มีการใช้ที่ดินเป็นนาร้าง หรือพื้นที่รกร้างไม่มีการพัฒนา และจำเป็นต้องอยู่ใกล้ท่อระบายน้ำเพื่อสะดวกในการรวบรวมน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์พบพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดอยู่บริเวณฝั่งตะวันตกของแม่น้ำบางปะกง เหมาะเป็นที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งและแบบพื้นที่ชุ่มน้ำ

นอกจากนี้ การวางนโยบายและยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวระบบ GIS ถูกนำไปใช้เช่นเดียวกัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2547) ศึกษาภายใต้โครงการวางแผนพัฒนาทรัพยากร สภาพแวดล้อมชุมชน และการท่องเที่ยวของหมู่เกาะสีชังอย่างยั่งยืน โดยศึกษาทรัพยากรธรรมชาติและสภาพสังคม รวมไปถึงศักยภาพในการรองรับของพื้นที่ของเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี มีการสำรวจและจัดทำฐานข้อมูลทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ในทุกด้าน

ไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เพื่อทราบถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ข้อมูลทรัพยากรทางทะเล ข้อมูลด้านสังคมและประชากร ผลการศึกษาใช้เป็นแนวทางในการจัดการสิ่งแวดล้อมและพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะในส่วนการศึกษาโครงสร้างพื้นฐาน ระบบสาธารณูปโภคและจัดการทรัพยากรน้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำ แนวท่อปะปา สถานีสูบน้ำ และเส้นทางระบายน้ำ รวมไปถึงการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและคาดการณ์ปริมาณน้ำเสียในอนาคตอีกด้วย

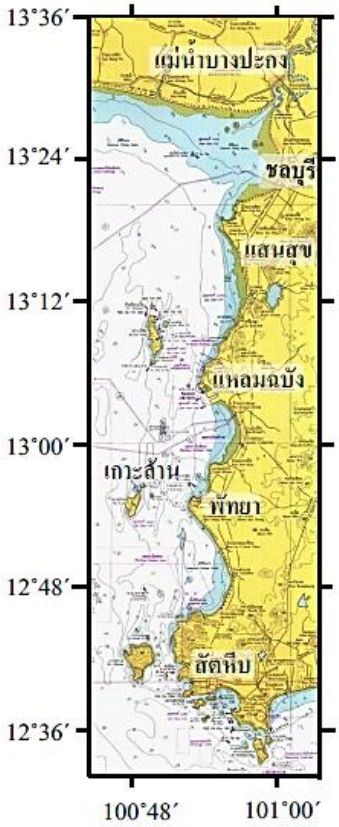
ยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศศาสตร์ยังนำมาวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยต่อการกระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในการศึกษาของธัญญรัตน์ ไชยคราม และสุเพชร จิรขจรกุล (2557) ได้รวบรวมข้อมูลสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปในเวลา 1 ปี จำนวน 9 ชนิด จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ 9 แห่ง ของกรมควบคุมมลพิษในพื้นที่จังหวัดระยอง และนำค่าสถิติที่ได้รับมาประมวลผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) พบว่า ในจังหวัดระยองมีสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี 5 ชนิด ได้แก่ สารเบนซีน, สาร 1,3-บิวทาไดอีน, สารไวนิลคลอไรด์ และสาร 1,2-ไดคลอโรมีเธน ซึ่งพบเพียง 2 หมู่บ้านที่มีความเสี่ยงจากสารคลอโรฟอร์ม จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ พบว่ามีหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารอินทรีย์ระเหยที่เกินค่ามาตรฐาน 4 ชนิด ในระดับเสี่ยงมาก จำนวน 158 หมู่บ้าน จำเป็นต้องให้ความสำคัญและเฝ้าระวังภัยที่อาจเกิดผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่ดังกล่าวได้

นอกจากนี้ ยังมีการนำเทคนิครีโมทเซนซิ่ง (Remote Sensing) มาใช้สำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดินโดย สุทัศน์ สุรวาณิช และคณะ (2560) ใช้ข้อมูลค่าสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Reflectance Value) ในช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น (Visible Band) และช่วงคลื่นใกล้อินฟาเรด (Near Infrared Band) และใช้เทคนิค NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ในการวิเคราะห์ระดับพลังงานแสงที่พืชพรรณสะท้อนออกมา (ยางและปาล์มน้ำมัน) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของคลอโรฟิลพืช กล่าวได้ว่า เมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์สู พืชพรรณย่อมเจริญเติบโตได้ดี ประสิทธิภาพของคลอโรฟิลพืชจึงสูงขึ้นด้วย ซึ่งค่า NDVI ของแต่ละจุดสีภาพ (Pixel) สามารถพยากรณ์ความอุดมสมบูรณ์โดยทางอ้อมได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตของยางน้ำมันปาล์มมีความสัมพันธ์กับค่า NDVI ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งสรุปค่า NDVI ที่วัดจากพืชสามารถบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ในการปลูกพืชได้โดยทางอ้อม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งเป็นแหล่งรองรับหรืออยู่ใกล้กับท่อระบายน้ำเสียจากชุมชนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ของจังหวัดชลบุรี ได้แก่ อำเภอเมืองชลบุรี อำเภอศรีราชา อำเภอบางละมุง เมืองพัทยา และอำเภอสัตหีบ ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดที่ 13° 22′ N ถึงลองติจูดที่ 100° 59′ E (ภาพที่ 3-1) ซึ่งมีการจำแนกเป็น 7 พื้นที่ตามขนาดของเมืองโดยใช้จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์เป็นปัจจัยหลักในการจำแนก (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549) (แสดงในตารางที่ 3-1) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2559 – สิงหาคม ปี พ.ศ.2560 จุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดมี 27 สถานี แสดงในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-1 พื้นที่ศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 3-1 การจำแนกพื้นที่ศึกษาตามขนาดของเมือง

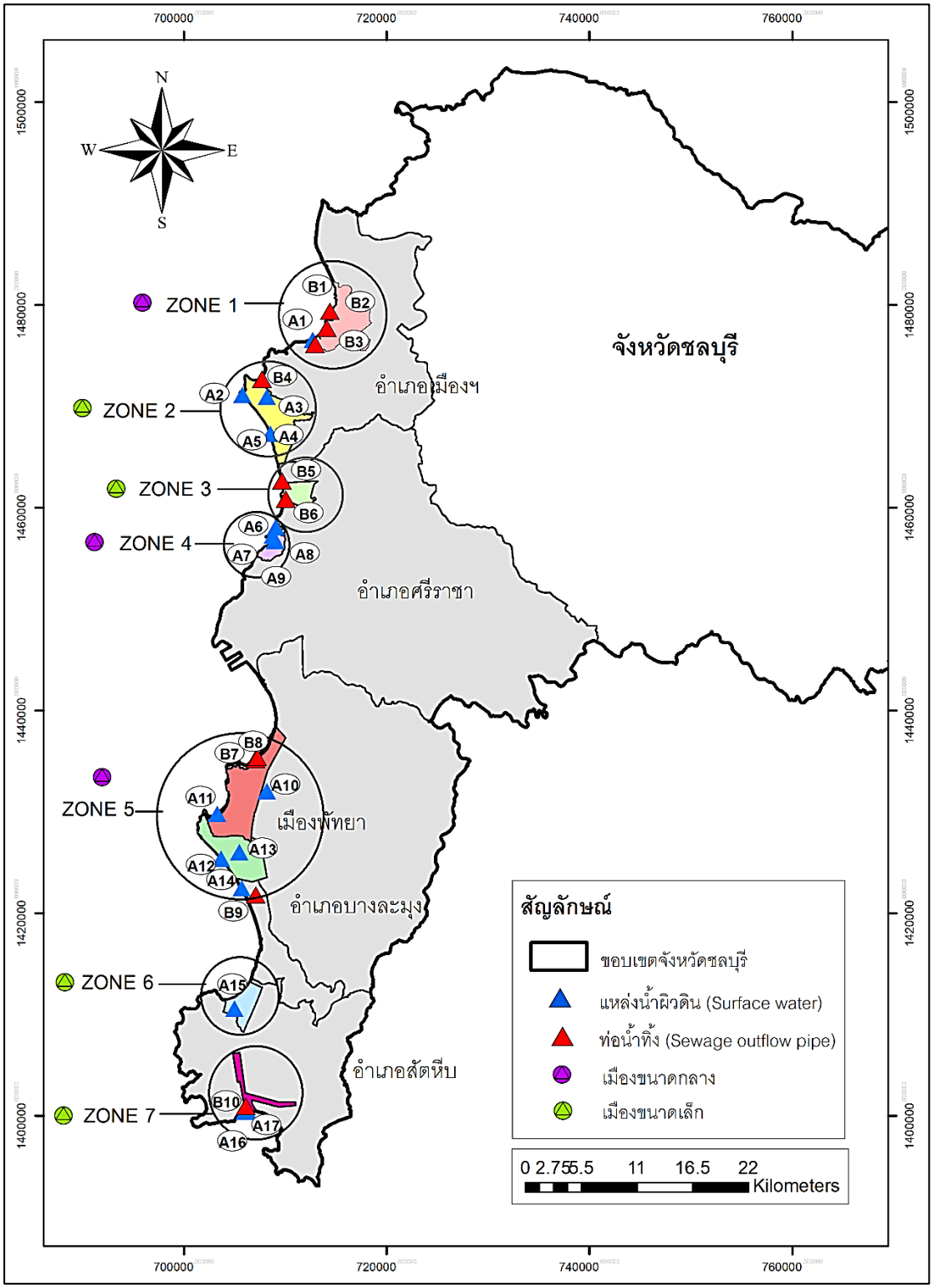
*ขนาดเมือง	พื้นที่	ขอบเขตรับผิดชอบ	พื้นที่ (ตร.กม)	**ประชากร (คน)	ความหนาแน่น (คน/ตร.กม)	หมายเหตุ
	2	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข (5 สถานี ได้แก่ A2-A5 และB4)	20.26	46,425	2,270	ประชากรแฝง > 100,000 คน (เทศบาลเมืองแสนสุข, 2559)
เมืองขนาดเล็ก (ประชากรน้อยกว่า 60,000 คน)	3	เทศบาลตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา (2 สถานี ได้แก่ B5 และB6)	7.5	13,252	1,767	N/A
	6	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เทศบาลตำบลบางเสร่ (1 สถานี ได้แก่ A15)	3.3	11,167	1,419	ประชากรแฝง > 25,000 คน (เทศบาลตำบลบางเสร่, 2557)
	7	เทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ (3 สถานี ได้แก่ A16-A17 และB10)	6.22	23,045	3,704	ประชากรแฝง > 40,000 คน (สถานีตำรวจภูธรสัตหีบ, 2558)

หมายเหตุ * หมายถึง ขนาดเมืองจำแนกโดยใช้จำนวนประชากรเป็นปัจจัยหลักตามเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549), ** หมายถึง จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในแต่ละพื้นที่ (กรมการปกครอง, 2560), N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

*ขนาดเมือง	พื้นที่	ขอบเขตรับผิดชอบ	พื้นที่ (ตร.กม)	**ประชากร (คน)	ความหนาแน่น (คน/ตร.กม)	หมายเหตุ
เมืองขนาดกลาง (ประชากร 60,000 - 200,000 คน)	1	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี (4 สถานี ได้แก่ A1, B1-B3)	36	129,033	3,500	ประชากรแฝง > 300,000 คน (อบจ.ชลบุรี, 2559)
	4	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เทศบาลเมืองศรีราชา (4 สถานี ได้แก่ A6 – A9)	4.05	68,924	5,902	ประชากรแฝง > 45,000 คน (ทบ.ศรีราชา, 2559)
	5	เมืองพัทยา (โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) (8 สถานี ได้แก่ A10-A14, B7-B9)	53.44	118,511	2,218	ประชากรแฝง > 400,000 คน (เมืองพัทยา, 2560)

หมายเหตุ * หมายถึง ขนาดเมืองจำแนกโดยใช้จำนวนประชากรเป็นปัจจัยหลักตามเกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549), ** หมายถึง จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในแต่ละพื้นที่ (กรมการปกครอง, 2560), N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูล



ภาพที่ 3-2 แผนที่จุดเก็บตัวอย่าง สัญลักษณ์ A1-A17 และ B1-B10 คือ จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดินบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี

3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำในแหล่งน้ำผิวดินให้ครอบคลุมพื้นที่แนวชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2559 – สิงหาคม ปี พ.ศ.2560 เลือกวันเก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ระดับน้ำขึ้นลงมีความแตกต่างกันน้อย (น้ำตาย) เพื่อลดผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ BOD และสารอาหารจากการขึ้นลงของน้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บโดยใช้ขวดน้ำพลาสติค (Polyethylene) ความจุ 1.5 ลิตร ใช้วิธีแบบจ้วง (Grab Sampling) บริเวณปลายท่อน้ำเสียและน้ำผิวดินในคลองขนาดเล็ก จากนั้น บันทึกชื่อสถานี วัน-เดือน-ปี ลงบนขวดเก็บตัวอย่างทุกครั้งและนำไปแช่แข็งเพื่อรอการนำส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป ทำการวัดคุณภาพน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างในพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำ YSI85

1.2 ความเป็นกรด – เบส โดยใช้เครื่อง pH Meter

1.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำ YSI85

1.4 ระบุตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง GPS

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติติการ

3.3.1 การวิเคราะห์บีโอดี (Biological Oxygen Demand)

บีโอดี เป็นการวัดความสกปรกของน้ำ คิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจน (O_2) ที่ลดลงเนื่องจากจุลชีพจำพวกแบคทีเรีย (Bacteria) นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic) โดยการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายโดยวิธีเอไซด์โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification of Iodometric Method) ตามวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างของ Tchobanoglous and Schroeder (1987) ใช้วิธีโดยตรง (Direct Method) สำหรับตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินและใช้วิธีเจือจาง (Dilution Method) สำหรับตัวอย่างน้ำเสีย เพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอที่แบคทีเรียจะใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ สารละลายมาตรฐานที่ใช้คือสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทเพื่อหาปริมาณไอโอดีน จึงจำเป็นจะต้องหาความเข้มข้นที่แน่นอนเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าความต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำที่วัดได้วันแรก (DO_0) กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำเดียวกันที่เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) 20±1ºC เป็นเวลา 5 วัน (DO_5) โดยตัวอย่างที่ใช้ได้ต้องมีปริมาณออกซิเจนละลายเหลืออยู่อย่างน้อย 1 มิลลิกรัม/ลิตรและมีการใช้ออกซิเจนไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัม/ลิตร

การคำนวณหาปริมาณบีโอดี

$$DO\ (mg/l) = \frac{\text{ml. } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้ไตเตรต} \times 0.025 \times 8 \times 1000}{\text{ml ของตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการไทเทรต}}$$

การหาปริมาณบีโอดี มีพื้นฐานมาจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) โดยบีโอดี คือ ผลต่างของออกซิเจนที่ละลายน้ำในวันเริ่มต้น ซึ่งเรียกว่า Day zero (DO_0) กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของตัวอย่างเดียวกันภายหลังจากการบ่มเมื่อผ่านไป 5 วัน ดังนั้น วิธีเจือจางที่ไม่ต้องเติมหัวเชื้อ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2543) สามารถหาปริมาณบีโอดี โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

BOD_5 (mg/l) = $(DO_0 - DO_5)$ x อัตราส่วนการเจือจาง

BOD_5 คือ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

DO_0 คือ ค่าออกซิเจนที่ไตเตรตได้ในวันเริ่มต้น (mg/l)

DO_5 คือ ค่าออกซิเจนที่ไตเตรทได้ในวันที่ 5 (mg/l)

อัตราเจืองจาง คือ $\frac{\text{ปริมาตรน้ำเต็มขวดบีโอดี (300ml.)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$

3.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร (Analysis of Nutrients)

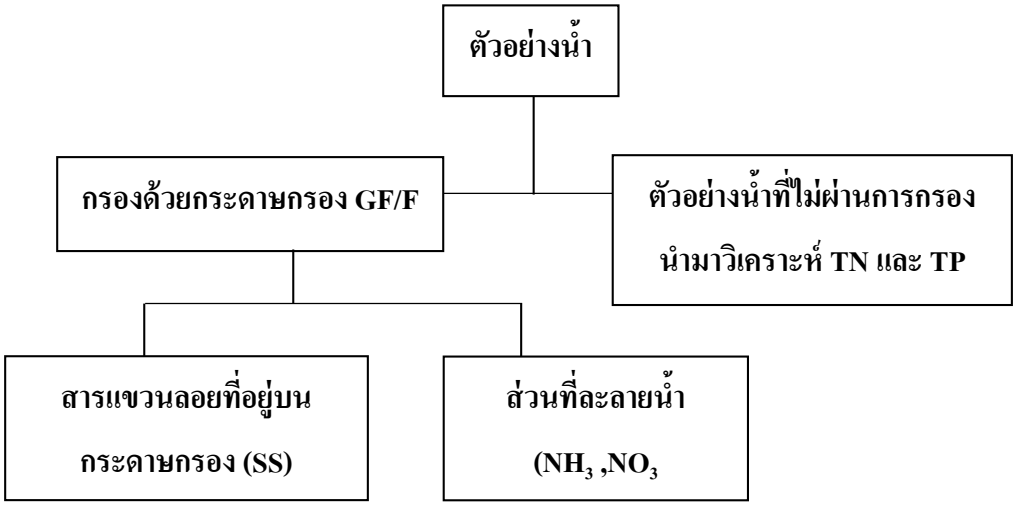
ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอยและแอมโมเนีย (NH_3-) ไนเตรท (NO_3) ไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ตามวิธีของ Grasshoff et al. (1983) น้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/F จะถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารละลายน้ำ ส่วนน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการกรองจะถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารรวม

การคำนวณปริมาณน้ำเสียในแต่ละพื้นที่

ปริมาณน้ำเสีย = จำนวนประชากรทั้งหมด x ปริมาณน้ำเสียที่ประชากรใช้/คน/วัน

จำนวนประชากรทั้งหมด คือ ประชากรตามทะเบียนราษฎร์รวมกับประชากรแฝง

ปริมาณน้ำเสียที่ประชากรใช้/คน/วัน คือ พื้นที่เมืองขนาดเล็กประชากร 1 คน จะใช้น้ำในปริมาณ 120 ลิตร/วัน, พื้นที่เมืองขนาดกลางประชากร 1 คน จะใช้ น้ำในปริมาณ 200 ลิตร/คน/วัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



ภาพที่ 3-3 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์สารอาหารในน้ำ

3.4 เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตัวอย่างน้ำเสียชุมชนจะศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความเป็นกรด – เบส (pH), อุณหภูมิ (Temperature), บีโอดี BOD, ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) และฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) สำหรับตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (แสดงในตารางที่ 3-2) ซึ่งมีลักษณะเป็นคลองขนาดเล็กที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตพาณิชยกรรมในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความเป็นกรด – เบส (pH), อุณหภูมิ (Temperature), ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, บีโอดี, ไนเตรท (NO_3-) และแอมโมเนีย (NH_3-) โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) เนื่องจากการสำรวจภาคสนามพบว่า แหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษามีลักษณะทางกายภาพและการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำใกล้เคียงกับแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 มากที่สุด ซึ่งมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อ

โรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนหรือใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมทางการเกษตร (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535)

ตารางที่ 3-2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

มาตรฐานคุณภาพน้ำ	**pH**	**Temp (°C)**	**DO (mg/L)**	**BOD_5 (mg/L)**	**TN (mg/L)**	**TP (mg/L)**	***NO^-_3 (mg-N/L)**	***NH^-_3 (mg-N/L)**
มาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	5.5 – 9.0	$\leq$ 40	$\geq$ 2	$\leq$ 20	$\leq$ 20	$\leq$ 2	-	-
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3)	5.0 – 9.0	n’	$\geq$ 4.0	$\leq$ 2.0	-	-	$\leq$ 5.0	$\leq$ 0.5

หมายเหตุ * หมายถึง ปริมาณไนเตรท (NO^-_3) และแอมโมเนีย (NH^-_3) มีหน่วยเป็นมิลลกรัมต่อลิตร ในหน่วยไนโตรเจน, n’ = เป็นไปตามธรรมชาติแต่ไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 3 องศาเซลเซียส ,$\geq$ = มากกว่าหรือเท่ากับ, $\leq$ = น้อยกว่าหรือเท่ากับ, - = ไม่ปรากฏค่ามาตรฐาน

3.5 การวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geography Information system) มีความแตกต่างจากโปรแกรมอื่นที่สามารถใช้ทำแผนที่ หรือจัดทำฐานข้อมูลเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ เป็นการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute data) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณ (Arithmetic Operation) ซึ่งจะแปลงรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลเพื่อนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ (สุเพชร จิรขรกุล, 2555) ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีรายละเอียด ดังนี้

3.5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1) ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง ปี พ.ศ.2559 ดาวเทียมควิกเบิร์ด (Quick Bird) รายละเอียดภาพ (Resolution) 2.8 เมตร (Multispectral) และดาวเทียมเวิล์ดวิลทู (WorldView-2) ความละเอียดภาพ 0.5 เมตร (Panchromatic)

2) ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ L7018 ได้แก่ ระวาง 5135I, 5135II, 5134I, 5134II ปี พ.ศ. 2557 จากกรมแผนที่ทหารใช้เป็นแผนที่ฐานอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์กับชั้นข้อมูลอื่น

3) ข้อมูลขอบเขตเทศบาลและขอบเขตพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละพื้นที่ จากองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ได้แก่ องค์การบริการส่วนจังหวัดชลบุรี เทศบาลเมืองแสนสุข เทศบาลตำบลบางพระ เทศบาลเมืองศรีราชา เมืองพัทยา เทศบาลตำบลบางเสร่ และเทศบาลเมืองสัตหีบ

4) ข้อมูลแนวท่อระบายน้ำ สถานีสูบน้ำเสีย ท่อดักน้ำเสีย และข้อมูลอื่น ๆ จากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในข้อ 2 รับผิดชอบดูแล

5) ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งโรงแรมจากฐานข้อมูลของกูเกิลแมพ (Google Map)

3.5.2 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

1) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมควิกเบิร์ด (Multispectral) ค่าความละเอียด 2.8 เมตร และดาวเทียมเวิล์ดวิลทู (Panchromatic) ความละเอียด 0.5 เมตร มีค่าพิกัดในระบบ UTM อ้างมาตรฐานตามระบบพิกัด (Datum) WGS 1984 ในพื้นที่บริเวณ 47N ทำการต่อภาพโดยการต่อภาพ (Mosaic) และปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) โดยอาศัยจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCPs) เช่น เส้นตัดของถนนสองเส้นหรือเส้นตัดของทางน้ำ โดยจุดค่าพิกัดที่เลือกควรกระจายทั่วทั้งภาพ อย่างน้อย 4 จุดกระจายทั่วทั้ง 4 มุมของภาพ จากนั้นจึงป้อนค่าพิกัดลงในภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อปรับภาพให้เข้าสู่ระบบพิกัดแผนที่

2) การนำเข้าข้อมูล (Input Data) เป็นกระบวนการแปลงข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งพิกัดของจุดเก็บตัวอย่าง, ขอบเขตพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ, แนวท่อระบายน้ำ, ท่อดักน้ำเสีย และตำแหน่งที่ตั้งโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอยู่ในรูปของแผนที่กระดาษให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลระบบพิกัดเดียวกันโดยใช้วิธีลากบนจอภาพ (Head up Digitize) เป็นการตัดลอกลายจากภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งเดิมเป็นข้อมูลเชิงจุดภาพ (Raster) ให้อยู่ในระบบข้อมูลเวกเตอร์ (Vector) ในรูปแบบจุด (Point) เส้น (Line) หรือพื้นที่ (Polygon) ด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างชั้นข้อมูล (Layer) ที่จำเป็นต้องใช้วิเคราะห์ขึ้นมา (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2550) โดยมีการกำหนดรหัสพิกัดทางภูมิศาสตร์ (X,Y) ให้กับข้อมูลดังกล่าว นอกจากนี้ ต้องนำเข้าข้อมูลเชิงคุณลักษณะโดยการแปลงข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบของตารางเพื่อนำมาใช้ประกอบกับข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ มีแหล่งที่มาทั้งแหล่งปฐมภูมิ (Primary Source) หมายถึง ข้อมูลที่ผู้วิจัยทำการลงภาคสนามและเก็บข้อมูลเองโดยตรง และข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ (Secondary Source) ที่น่าเชื่อถือ เช่น หน่วยงานการปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ศึกษาหรือหน่วยงานราชการอื่น ๆ

3.5.3 การจำแนกและแปลความด้วยสายตา (Visual Interpretation)

การกำหนดรูปแบบการใช้ที่ดินโดยใช้ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของ Anderson, Hardy, Roach, and Witmer (1976) และระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2555) แบ่งเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่พาณิชยกรรม, พื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัย, พื้นที่ศาสนสถาน, พื้นที่สถานที่ราชการ และพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งอ้างอิงหลักในการแปลตีความจากสิ่งที่คุ้นเคยและพบเห็นในชีวิตประจำวันก่อน จากสิ่งที่เห็นชัดเจนไปหาสิ่งที่ยากที่สุด โดยแปลตีความจากกลุ่มใหญ่แล้วจึงพิจารณาแยกรายละเอียดในแต่ละประเภทเรียงลำดับเป็นระบบให้ครบวงจรในแต่ละประเภทเพื่อไม่ให้เกิดความสับสน ซึ่งการแปลตีความในงานวิจัยนี้ จะทำการแยกพื้นที่ที่มองเห็นรูปร่างได้อย่างชัดเจนออกก่อน นั่นคือ ถนน แหล่งน้ำ และพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง หลังจากนั้น จึงทำการแยกระหว่างพื้นที่ชุมชนที่อยู่อาศัยกับพื้นที่พาณิชยกรรมซึ่งทำได้ยาก เนื่องจากพื้นที่ทั้งสองประเภทปะปนกันจนไม่สามารถจำแนกได้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมเพียงอย่างเดียว ต้องอาศัยการสำรวจภาคสนามและความคุ้นเคยพื้นที่ของผู้วิจัยร่วมด้วย

ในการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา ต้องพิจารณาองค์ประกอบของข้อมูลดาวเทียมด้านต่าง ๆ ดังนี้ ความเข้มของสี ขนาด รูปร่าง เนื้อภาพ รูปแบบ ความสูงและเงา พื้นที่ความเกี่ยวพัน ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (จรัณธร บุญญานุภาพ, 2546) จากนั้นจัดสร้างฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์อยู่ในรูปแบบ Shape file ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.5 เพื่อดำเนินการจัดทำแผนที่สำหรับการสำรวจภาคสนาม เช่น แผนที่ขอบเขตบริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตำแหน่งจุดทิ้งน้ำเสีย เพื่อนำแผนเหล่านี้ไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องว่าสภาพความเป็นจริงตรงกับข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิที่ได้มาหรือไม่ (อัชฌา ก.บัวเกษร, มปป.)

3.5.4 การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

การตรวจสอบความถูกต้องของสภาพพื้นที่จริงในภูมิประเทศ คือการกำหนดจุดตัวอย่าง (Sample Point) ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ที่แปลความได้จากภาพดาวเทียมกับสภาพความเป็นจริงในภูมิประเทศ การกำหนดจุดตัวอย่างควรให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้เป็นตัวแทนของทุกกลุ่มประเภทข้อมูล ซึ่งการสุ่มตัวอย่างอาจทำได้ทั้งวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบจุด หรือแบบพื้นที่ก็ได้ ซึ่งการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธี Confusion Matrix Accuracy โดยเปรียบเทียบกับการสำรวจในภาคสนาม (Ground Truth Survey) วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบจุดสามารถประมาณจุดตัวอย่างจำนวนน้อยที่สุดที่ควรนำมาตรวจสอบตามหลักการของ Binomial Probability Theory (Congalton et al., 1998) จากนั้น จึงทำการปรับแก้

ข้อมูลให้มีความถูกต้องซึ่งกำหนดไว้มากกว่าร้อยละ 80 (สำนักงานโยบายและแผนทรัพยากรทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) จำนวนจุดภาพที่ใช้ตรวจสอบมีสมการ ดังนี้

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2}$$

โดยที่ p = เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คาดหวังของแผนที่

q = 100-p

Z = 2 ซึ่งมาจากค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐานปกติของ 1.96 สำหรับระดับความเชื่อมั่นทั้งสองข้างที่ 95%

E = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมให้

เมื่อได้จำนวนตัวอย่างที่น้อยที่สุดแล้วให้ทำการออกสำรวจภาคสนามจับพิกัดตามตัวอย่างและนำมาสร้างตารางในการคำนวณความถูกต้องโดยค่าความถูกต้องรวมสามารถหาได้จากสมการ

$$\text{ค่าความถูกต้องรวม} = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_{ii}}{n}$$

3.5.5 การปรับแก้ข้อมูล (Up to date and Editing)

เป็นการปรับแก้ข้อมูลให้มีความถูกต้อง คือ การนำแผนที่ฉบับต้นร่างมาปรับเทียบความถูกต้องกับข้อมูลในพื้นที่จริง โดยการนำพื้นที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้พิจารณาไปก่อนหน้านี้มาซ้อนทับกับภาพถ่ายดาวเทียมและเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนามที่ จากนั้นทำการดิจิไทซ์ปรับแก้ขอบเขตพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่อีกรอบเพื่อให้แผนที่ให้มีความ-ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (จรัณธร บุญญานุภาพ, 2546)

3.5.6 การซ้อนทับแผนที่

การซ้อนทับแผนที่ด้วยการนำชั้นข้อมูล (Layer) ต่าง ๆ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน จุดปล่อยทิ้งน้ำเสีย ท่อระบายน้ำ ท่อดักน้ำเสีย สถานีสูบน้ำเสีย ตำแหน่งที่ตั้งโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตำแหน่งที่ตั้งโรงแรม และแหล่งน้ำผิวดิน เป็นต้น เข้าสู่ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และใช้ฟังก์ชั่นการซ้อนทับ (Overlay Analysis) โดยการนำพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ มาซ้อนทับกันและทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ร่วมกับผลคุณภาพน้ำทิ้งและน้ำในแหล่ง

น้ำผิวดินแต่ละสถานี เพื่อระบุจุดปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล (Point Source) ทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับคุณภาพน้ำในแต่ละพื้นที่ได้มากยิ่งขึ้น

3.5.7 การประมวลผลขั้นสุดท้าย (Finalization)

เป็นการนำข้อมูลที่แก้ไขแล้วมาประมวลเข้าด้วยกันและจัดทำเป็นรายงานสรุป ซึ่งผลสรุปที่ได้จากการแปลตีความภาพจะต้องอยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะให้อยู่ในรูปแบบของแผนที่ (Mapping) เช่น แผนที่แสดงจุดปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล (Point Source) ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี เป็นต้น

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 คุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณสารอาหารในน้ำ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณสารอาหารในน้ำของน้ำเสียจากชุมชนและน้ำในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี มีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ความเป็นกรดด่าง, ปริมาณบีโอดีม, ไนโตรเจนรวม, ฟอสฟอรัสรวม, ไนเตรท และแอมโมเนียผลการศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 น้ำเสียจากชุมชน (Sewage Outflow Pipe)

4.1.1.1 น้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำมี 9 สถานี แสดงในตารางที่ 4-1 โดยความเป็นกรด – ด่าง มีความแตกต่างอยู่ในช่วงแคบ โดยมีค่าสูงสุด 7.53 ที่สถานี A14 และต่ำสุด 6.8 ที่สถานี A12 อุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกันไม่มาก สูงสุด 33 ^{o}C ที่สถานี A17 และต่ำสุด 29.5 ^{o}C ที่สถานี A8 (แสดงในภาพที่ 4-2) ปริมาณบีโอดีสูงสุด (129.2±0. mg/l) ที่สถานี A17 และมีปริมาณต่ำสุด (10.31 mg/l) ที่สถานี A6 ในขณะเดียวกัน ปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุด (6.07±0.112 mg/l) ที่สถานี A7 (แสดงในภาพที่ 4-4) และมีปริมาณต่ำสุด (1.15±0.4mg/l) ที่สถานี A2 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงสุด (2.38±0.16 mg/l) ที่สถานี A14 และมีปริมาณต่ำสุด (0.57±0.01 mg/l) ที่สถานี A2

4.1.1.2 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ มี 8 สถานี (แสดงในตารางที่ 4-1) ความเป็นกรด – ด่าง มีการผันแปรอยู่ในช่วงแคบ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.43) ที่สถานี A3 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (6.9) ที่สถานี A4 (แสดงในภาพที่ 4-2) อุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงสุด (33 ^{o}C) ที่สถานี A1 และมีค่าต่ำสุด (27.8±2.4 ^{o}C) ที่สถานี A9 ปริมาณบีโอดีสูงสุด (19.9±1.6 mg/l) ที่สถานี A10 และมีปริมาณต่ำสุด (5.2±0.3 mg/l) ที่สถานี A1 ในขณะเดียวกัน ปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุด (8.5±0.13 mg/l) ที่สถานี A1 และมีปริมาณต่ำสุด (1.64±0.04 mg/l) ที่สถานี A9 (แสดงในภาพที่ 4-4) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงสุด (2.35±0.23 mg/l) ที่สถานี A13 และมีปริมาณต่ำสุด (0.13±0.03 mg/l) ที่สถานี A9

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (A1 – A17) สามารถสรุปได้ว่า ความเป็นกรด – ด่าง, อุณหภูมิของน้ำ และปริมาณไนโตรเจนรวม

ของทุกสถานีเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (แสดงในตารางที่ 3-2) ในทางกลับกัน ปริมาณบีโอดีจากการติดตามคุณภาพน้ำเสียโดยแต่ละสถานีจะทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง (ตารางที่ 4-1, 4-2) พบว่า สถานีส่วนใหญ่ปริมาณบีโอดีมีความแตกต่างกันไม่มาก ยกเว้นสถานี A7, A8, A14 และ A6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (แสดงในภาพที่ 4-2) นอกจากนี้ สถานีที่มีปริมาณบีโอดี (จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้ง) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ได้แก่ สถานี A1, A3, A4, A5, A9, A10 และ A13 ในส่วนของฟอสฟอรัสรวม สถานีที่มีปริมาณเกินจากเกณฑ์มาตรฐานฯ ได้แก่ A7, A10, A13 และ A14 ซึ่งรายละเอียดจะอภิปรายลำดับต่อไปในบทที่ 5

4.1.2 แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water)

จุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดินในพื้นศึกษา มี 10 สถานี (แสดงในตารางที่ 4-2) มีลักษณะเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนต่าง ๆ ทั้งน้ำทิ้งที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ความเป็นกรด – ด่าง มีการผันแปรอยู่ในช่วงแคบ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.8 ที่สถานี B9 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.9 ที่สถานี B4 อุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกันไม่มาก มีค่าสูงสุดเท่ากับ 35.7 ที่สถานี B6 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 27.8 ^{o}C ที่สถานี B2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดเท่ากับ 3.8 mg/l ที่สถานี B6 และมีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 0.25 ที่สถานี B1 ในส่วนของปริมาณบีโอดีเฉลี่ยสูงสุด 175±2.1 mg/l ที่สถานี B1 และมีปริมาณเฉลี่ยต่ำสุด 2.66±0.2 mg/l ที่สถานี B6 ในขณะเดียวกัน ปริมาณไนเตรท (NO_3-) เฉลี่ยสูงสุด (0.65±0.04 mg-N/L) ที่สถานี B9 และมีปริมาณเฉลี่ยต่ำสุด (0.01±0.02 mg-N/L) ที่สถานี B7 (แสดงในภาพที่ 4-5) ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-) เฉลี่ยสูงสุด (2.33±0.12 mg-N/L) ที่สถานี B8 และมีปริมาณเฉลี่ยต่ำสุด (0.07±0.03 mg-N/L) ที่สถานี B7

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำประเภทแหล่งน้ำผิวดิน (B1 – B10) สรุปได้ว่า ความเป็นกรด – ด่าง อุณหภูมิ และปริมาณไนเตรทของทุกสถานีเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (แสดงในตารางที่ 3-2) ในทางกลับกัน ทุกสถานีมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ฯ (4 mg/l) เช่นเดียวกับบีโอดี (จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้ง) พบว่า ทุกสถานีมีปริมาณบีโอดีเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ (ไม่เกิน 2 mg/l) และสถานีที่มีปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-) เกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ (ไม่เกิน 0.5 mg/l) ได้แก่ สถานี B1-B6 และ B8 ซึ่งรายละเอียดจะอภิปรายต่อไปในบทที่ 5

ตารางที่ 4-1 คุณภาพน้ำทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างประเภทน้ำเสียและน้ำทิ้ง (Sewage Outflow Pipe)

สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่เก็บตัวอย่าง	pH	Temp (^{o}C)	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
A1	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำอบจ.ชลบุรี	9/6/2559	7.0	33	5.2±0.3	N/A	N/A
		18/8/2560	7.2	28.5	7.35±0.2	8.5±0.13	0.66±0.13
*A2	ท่อแสนสุขเหนือ	9/8/2560	7.1	31.2	13.51±0.31	1.154±0.4	0.57±0.01
		**22/8/2560	7.5	29.5	22.5±1.4	N/A	N/A
A3	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ	**12/5/2560	7.1	30.07	9.19±0.2	8.48±0.31	1.71±0.34
		**22/8/2560	7.43	30.1	11.33±1.5	N/A	N/A
A4	ท่อแสนสุขใต้	9/8/2560	7.2	29.9	19.9±1.6	2.68±0.06	1.42±0.04
		**22/8/2560	6.9	28.6	20.5±1.7	N/A	N/A
A5	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้	**12/5/2560	7.12	30.07	9.52±0.5	3.84±0.23	1.65±0.21
		**22/8/2560	7.41	30.4	9.55±0.6	N/A	N/A
*A6	ท่อถนนใหม่	21/8/2560	6.9	29.5	10.31±0.31	N/A	N/A
มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**$\leq$ 40**	**$\leq$ 20**	**$\leq$ 20**	**$\leq$ 2**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), * หมายถึง น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ, ** หมายถึง ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย, x^{a} = ไม่มีค่าเฉลี่ยเนื่องจากวิเคราะห์ได้เพียงครั้งเดียว, N/A = ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่เก็บตัวอย่าง	pH	Temp (^{o}C)	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
*A7	สถานีสูบน้ำเสียศรีราชา	9/6/2559	7	30.2	65.3±1.5	6.07±0.12	2.05±0.05
		21/8/2560	6.8	29.2	21.6±0.8	N/A	N/A
*A8	ท่อใต้สะพานเกาะลอย	9/6/2559	7.2	31.1	65.4±0.3	N/A	N/A
		21/8/2560	7.3	29.5	23.5±0.2	N/A	N/A
A9	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ	**10/6/2559	6.86	27.8	5.95±0.8	1.64±0.04	0.13±0.03
	ศรีราชา	**7/7/2560	7.2	25.4	12.3±0.2	N/A	N/A
A10	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ	8/6/2559	6.7	25.6	17.47±1.2	1.68±0.18	2.19±0.06
	หนองใหญ่	**15/9/2560	7.4	33.5	12.5±0.3	N/A	N/A
*A11	ท่อ Walking street	11/5/2559	7.23	29.7	126.6±10.3	4.33±0.137	1.25±0.01
*A12	ท่อหน้าโรงแรมแกรนด์	11/5/2559	6.8	30.3	12.07±0.1	1.57±0.01	1.77±0.15
มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**$\leq$ 40**	**$\leq$ 20**	**$\leq$ 20**	**$\leq$ 2**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), * หมายถึง น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ, ** หมายถึง ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย, x^{a} = ไม่มีค่าเฉลี่ยเนื่องจากวิเคราะห์ได้เพียงครั้งเดียว, N/A = ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่เก็บตัวอย่าง	pH	Temp (^{o}C)	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
A13	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำวัดบุณ ฯ	**15/5/2559	7.33	32.5	14.94±0.1	7.63±0.66	2.35±0.23
		**15/8/2560	7.15	30.1	15.64±0.5	N/A	N/A
*A14	ท่อหน้าร้านลุงไสว 1	11/5/2559	7.53	29.5	66±5.2	3.92±0.007	2.38±0.16
A15	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำบางเสร่	13/9/2560	6.9	31.8	N/A	N/A	N/A
		**15/5/2560	6.8	31.7	7.28±0.3	1.92±0.03	1.19±0.03
*A16	ท่อ1 หน้าฐานทัพเรือ	9/8/2559	7.1	31	75.6±0.3	1.928±0.31	0.58±0.02
		20/8/2560	7.4	26.4	35.6±0.1	N/A	N/A
*A17	ท่อ2 ชุมชนเทศบาลสัตหีบ	9/8/2559	7.4	33	129.2±0.2	1.586±0.011	0.74±0.07
		20/8/2560	6.9	30.2	117.8±1.3	N/A	N/A
มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**$\leq$ 40**	**$\leq$ 20**	**$\leq$ 20**	**$\leq$ 2**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), * หมายถึง น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ, ** หมายถึง ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย, x^{a} = ไม่มีค่าเฉลี่ยเนื่องจากวิเคราะห์ได้เพียงครั้งเดียว, N/A = ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-2 คุณภาพน้ำทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water)

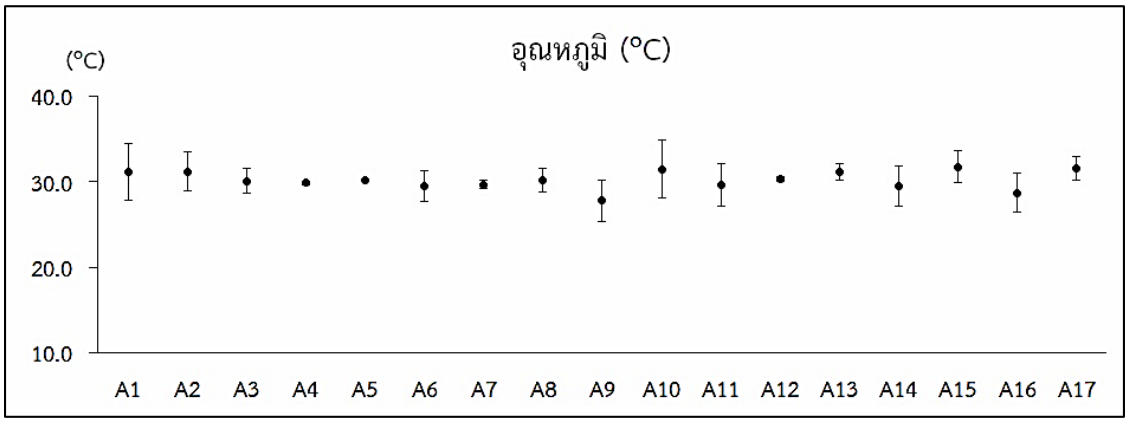
สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่เก็บตัวอย่าง	pH	Temp(^{o}C)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO^{-}_{3} (mg-N/l)	NH_3- (mg-N/l)
B1	คลองสังเขป	26/2/2559	7.33	28.2	0.34	60.3±1.2	0.18±0.015	1.89±0.17
		18/8/2560	7.4	30.3	0.25	175±2.1	N/A	N/A
B2	คลองบางปลาสร้อย	26/2/2559	7.4	27.8	0.47	22.9±0.5	0.34±0.01	2.1±0.02
		18/8/2560	7.2	28.4	1.02	31.92±0.4	N/A	N/A
B3	คลองห้วยละมุ	9/6/2559	7.2	35.6	1.9	18.8±0.2	0.46±0.01	1.22±0.03
		18/8/2560	7.4	29.7	1.18	31.54±0.4	N/A	N/A
B4	คลองบางโปรง	9/6/2559	7.7	33.2	3.4	9.4±0.3	0.17±0.06	2.16±0.14
		9/8/2559	6.9	32.4	1.59	11.6±0.01	N/A	N/A
B5	คลองสาธารณะ	9/6/2559	7.2	31.7	0.56	21.05±0.3	0.06±0.03	1.83±0.005
		21/8/2560	7.3	28.7	2.03	5.88±0.3	N/A	N/A
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**ธ'**	**4.0**	**$\leq$ 2.0**	**$\leq$ 5**	**$\leq$ 0.5**

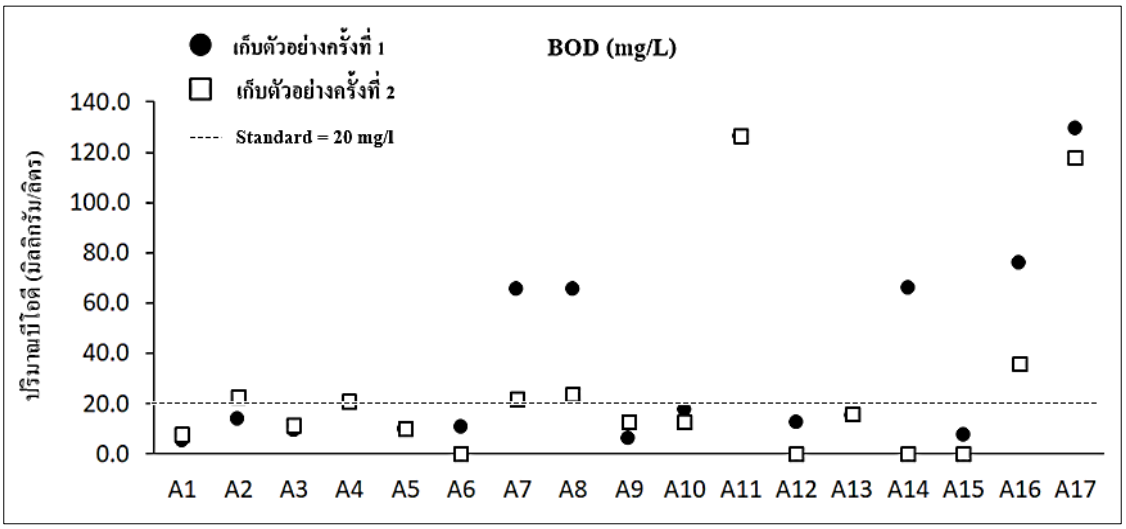
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), ธ' = เป็นไปตามธรรมชาติแต่ไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 3 องศาเซลเซียส, $\leq$ = น้อยกว่าหรือเท่ากับ, N/A = ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่เก็บตัวอย่าง	pH	Temp(°C)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO^-_3 (mg-N/l)	NH_3- (mg-N/l)
B6	คลองห้วยสุครีบ	9/6/2559	7.1	35.7	3.8	16.4±0.2	0.46±0.04	1.92±0.04
		21/8/2560	6.9	28.6	3.1	2.66±0.2	N/A	N/A
B7	คลองนกยาง	29/4/2559	7.3	30.4	0.74	175±1.2	0.01±0.02	0.07±0.03
		8/6/2559	7.4	31.2	0.3	26.7±1.2	N/A	N/A
B8	คลองมาบยายเลีย	29/4/2559	7.1	30	1.22	125.5±2.1	0.04±0.01	2.33±0.12
		8/6/2559	7.4	31.2	1.43	15.8±0.2	N/A	N/A
B9	คลองห้วยใหญ่	11/5/2559	7.8	27.7	2.3	5.6±0.2	0.65±0.04	0.3±0.01
		9/8/2559	7.1	31.2	1.4	11.5±0.3	N/A	N/A
B10	อ่างเก็บน้ำหนองตะเคียน	20/8/2560	7.3	30.3	3.1	9.03±0.1	N/A	N/A
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**ธ'**	**4.0**	**$\leq$ 2.0**	**$\leq$ 5**	**$\leq$ 0.5**

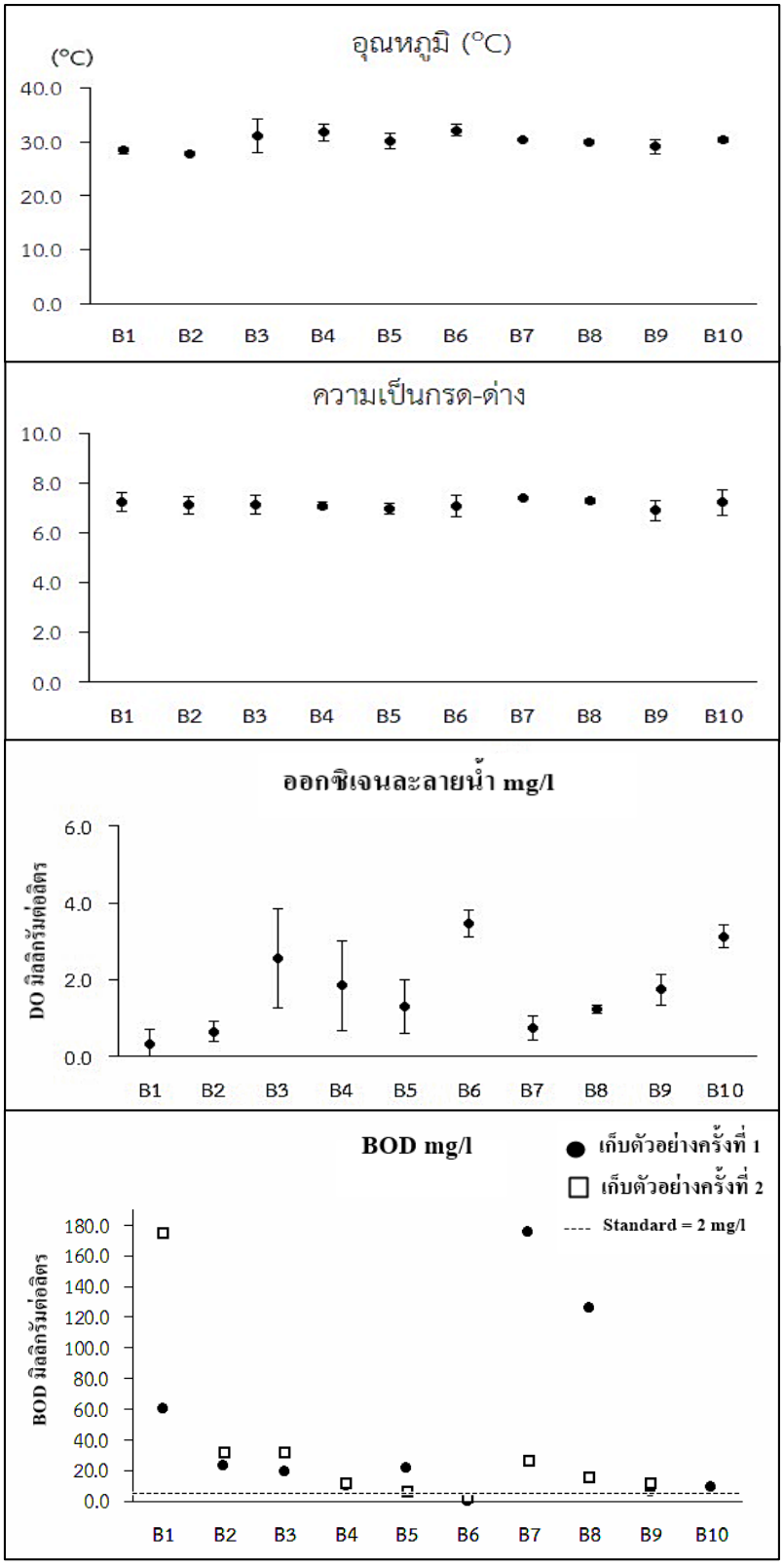
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), ธ' = เป็นไปตามธรรมชาติแต่ไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 3 องศาเซลเซียส, $\leq$ = น้อยกว่าหรือเท่ากับ, N/A = ไม่มีข้อมูล



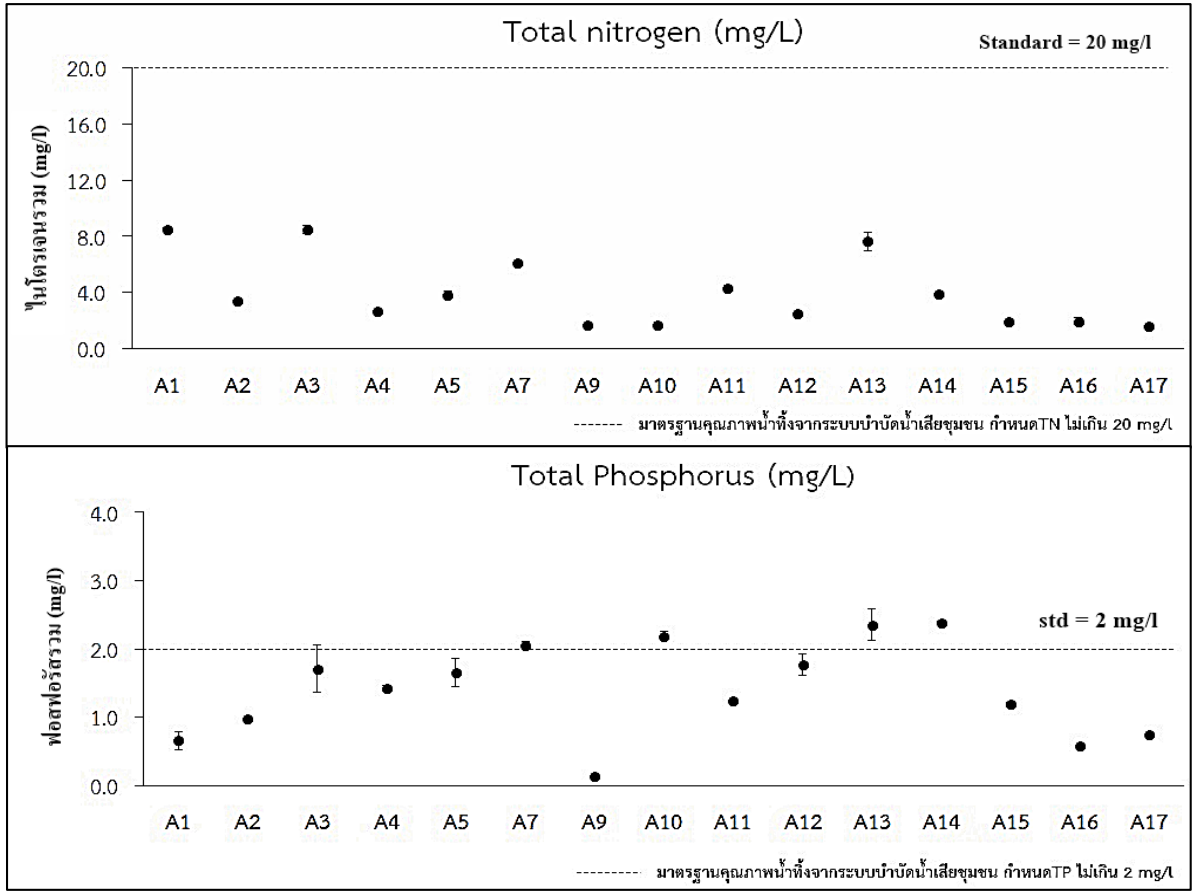


ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย (± SD) ความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ (^{o}C) และปริมาณบีโอดีของจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากชุมชน (สถานี A1-A17)

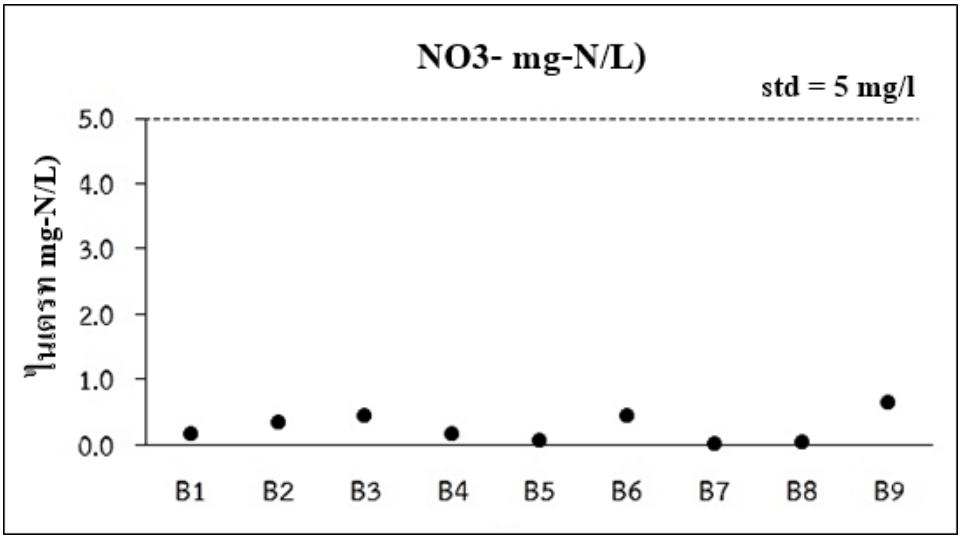
หมายเหตุ เส้นประ หมายถึง ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



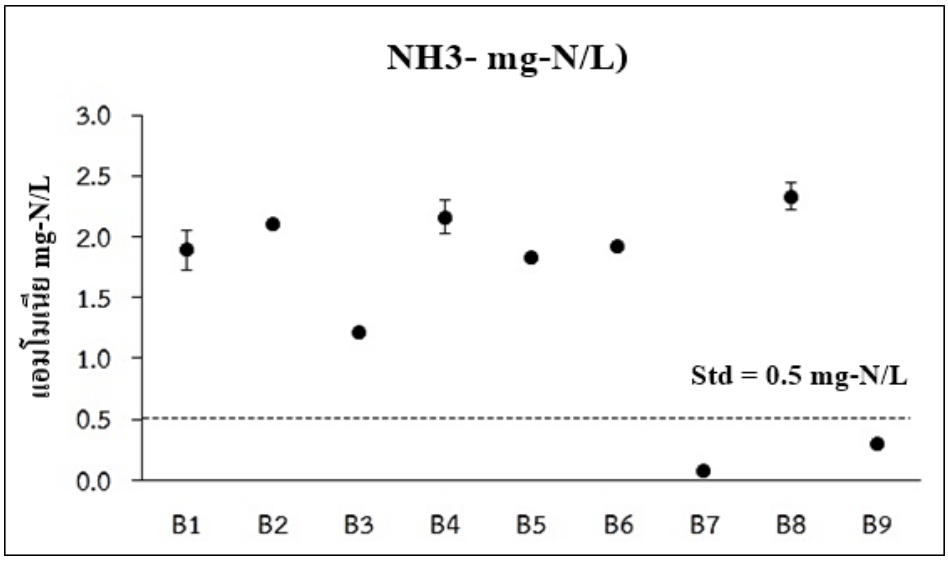
ภาพที่ 4-3 ค่าเฉลี่ย (± SD) ความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ (°C), ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) และปริมาณบีโอดีของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน (สถานี B1 – B10)



ภาพที่ 4-4 ค่าเฉลี่ย (± SD) ของปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) และฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) ของจุดเก็บตัวอย่างประเภทน้ำทิ้งจากชุมชน (สถานี A1 – A17) (หมายเหตุ: เส้นประ หมายถึง ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน



ภาพที่ 4-5 ค่าเฉลี่ย (± SD) ของรูปไนเตรท (NO_3-) ของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1 – B9 (หมายเหตุ: เส้นประ หมายถึงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



ภาพที่ 4-6 ค่าเฉลี่ย (± SD) ของปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-) ของประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1 – B9

<u>หมายเหตุ</u> เส้นประ หมายถึงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในพื้นที่การศึกษา

ขนาดเมือง *1	**พื้นที่**	**พื้นที่ให้บริการ**	**พื้นที่** *2 (ตร. กม)	**ประชา-กร** *3 (คน)	**ความหนาแน่น** (คน/ตร. กม)	**ประชากรแฝง** *4 (คน)	**ปริมาณน้ำเสีย/วัน** *5 (ลบ.ม/วัน)	**การรองรับของโรงบำบัดฯ** *6 (ลบ.ม/วัน)	**ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ** *7 (ลบ.ม/วัน)	**ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย** *8
เมืองขนาดเล็ก (ประชากรน้อยกว่า 60,000 คน)	พื้นที่ 2	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข (เหนือ/ใต้)	20.26	46,425	2,270	100,000	17,517	14,000 (เหนือ) 9,000 (ใต้)	6,500 (เหนือ) 7,500 (ใต้)	AS (OD)
	พื้นที่ 3	เทศบาลตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา	7.5	13,252	1,767	N/A	1,590	ไม่มีโรงบำบัด		-
	พื้นที่ 6	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่	3.41	11,167	1,419	25,000	4,342	5,400	4,000	AL
	พื้นที่ 7	เทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ	6.22	23,045	3,704	40,000	7,565	ไม่มีโรงบำบัด		-

หมายเหตุ 1* ขนาดเมือง จำแนกโดยใช้จำนวนประชากรเป็นปัจจัยหลัก (เกณฑ์และมาตรฐานผังเมือง, 2549), *2 ขนาดพื้นที่จากหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น, *3 ที่มา: กรมการปกครอง (2560), *4 ที่มา: แสดงในตารางที่ 3-1, *5 วิธีคำนวณในหัวข้อ 3-3, *6 สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (2553), *7 ข้อมูลจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง, *8 AS = Activated Sludge (แอกทิเวเต็ดสลัดจ์), AL = Aerated Lagoon (บ่อเติมอากาศ), OD = Oxidation Ditch (คลองวนเวียน), SBR = Sequencing Batch Reactor (เอสบีอาร์), N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ขนาดเมือง *1	พื้นที่	พื้นที่ให้บริการ	พื้นที่ *2 (ตร. กม)	ประชา-กร *3 (คน)	ความหนาแน่น (คน/ตร. กม)	ประชากรแฝง *4 (คน)	ปริมาณน้ำเสีย/วัน *5 (ลบ.ม/วัน)	การรองรับของโรงบำบัดฯ *6 (ลบ.ม/วัน)	ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ *7 (ลบ.ม/วัน)	ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย *8
เมืองขนาดกลาง (ประชากร 60,000 - 200,000 คน)	พื้นที่ 1	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี	36	129,033	3,500	300,000	85,807	22,500	10,900	AS
	พื้นที่ 4	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา	4.05	68,904	5,902	45,000	22,781	18,000	5,000	AS (OD)
	พื้นที่ 5	เมืองพัทยา (โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม)	53.44	118,511	2,218	400,000	103,702	65,000 (หนองใหญ่) 20,000 (วัดบุณฯ)	80,000 (หนองใหญ่) 15,000 (วัดบุณฯ)	AS (หนองใหญ่) และ AS (SBR) วัดบุณฯ)

หมายเหตุ 1* ขนาดเมือง จำแนกโดยใช้จำนวนประชากรเป็นปัจจัยหลัก (เกณฑ์และมาตรฐานผังเมือง, 2549), *2 ขนาดพื้นที่จากหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น, *3 ที่มา: กรมการปกครอง (2560), *4 ที่มา: แสดงในตารางที่ 3-1, *5 วิธีคำนวณในหัวข้อ 3-3, *6 สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (2553), *7 ข้อมูลจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง, *8 AS = Activated Sludge (แอกทิเวเต็ดสลัดจ์), AL = Aerated Lagoon (บ่อเติมอากาศ), OD = Oxidation Ditch (คลองวนเวียน), SBR = Sequencing Batch Reactor (เอสบีอาร์), N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาสามารถสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งเป็นการจำลองข้อมูลจากสภาพพื้นที่จริงของพื้นที่ศึกษา เพื่อรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในลักษณะจุด (Point) เส้น (Line) และพื้นที่ (Polygon) เป็นข้อมูลดิจิทัลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-4 ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณภาพน้ำในงานวิจัยครั้งนี้

ฐานข้อมูล	ชนิดข้อมูล
All_Station (จุดเก็บตัวอย่าง)	Point
Plant (โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย)	Point
Pump_Station (สถานีสูบน้ำเสีย)	Point
Hotel (โรงแรม)	Point
Point_Source (จุดระบายน้ำทิ้งลงสู่ทะเล)	Point
Road (ถนน)	Line
Sewage_Structure (แนวท่อรวบรวมน้ำเสีย)	Line
Strom_Sewer (แนวท่อระบายน้ำ)	Line
Pressure_Pipe (แนวท่อแรงดัน)	Line
Canel (คลอง)	Line
Plant_Boundary (ขอบเขตให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ)	Polygon
Municipality_Zone (ขอบเขตเทศบาล)	Polygon
Commercial_Zone (เขตพาณิชย์กรรม)	Polygon
Settlement_Zone (เขตชุมชนที่อยู่อาศัย)	Polygon
Religion_Zone (เขตศาสนสถาน)	Polygon
Institution_Zone (เขตสถานที่ราชการ)	Polygon
Mangrove_zone (เขตป่าชายเลน)	Polygon
Water_Body (แหล่งน้ำปิด)	Polygon
Other_Zone (พื้นที่อื่น ๆ)	Polygon

ผลการศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี สามารถจำแนกพื้นที่ศึกษาตามขนาดของเมือง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เมืองขนาดเล็ก (พื้นที่ 2, 3, 6 และ 7) และเมืองขนาดกลาง (พื้นที่ 1, 4 และ 5) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-3

4.2.1 เมืองขนาดเล็ก (ประชากรน้อยกว่า 60,000 คน)

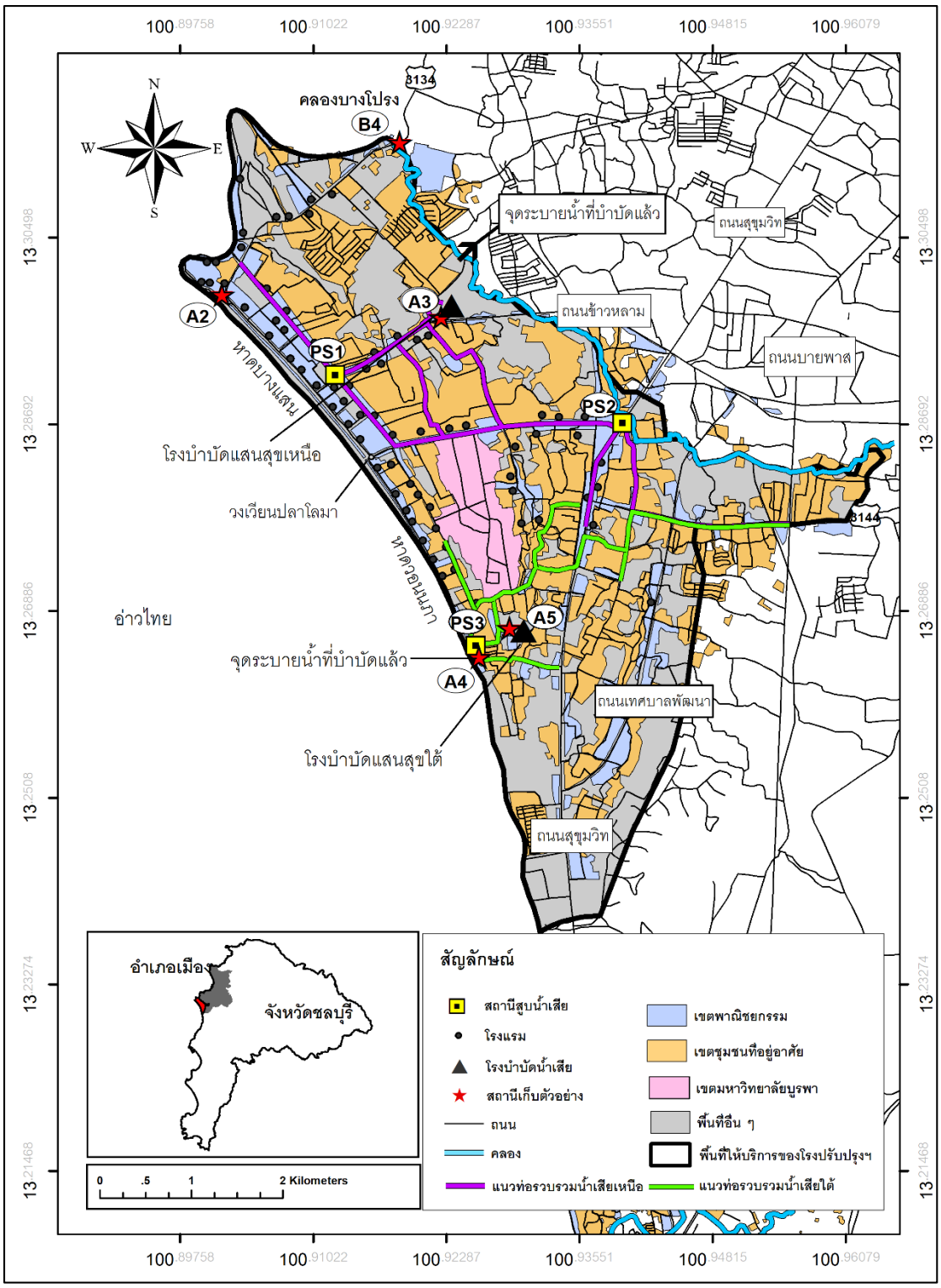
4.2.1.1 พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่บริการ 20.26 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ 46,425 คน (กรมการปกครอง, 2560) แบ่งพื้นที่รวบรวมน้ำเสียเป็น 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่บางแสนเหนืออยู่ในพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ และพื้นที่บางแสนใต้อยู่ในพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้ ใช้ถนนลงหาดบางแสนในการแบ่งพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-7)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ลักษณะชุมชนในพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุข มีการกระจายตัวไปทางทิศตะวันออกและทิศใต้ ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณตลาดหนองมน โดยเฉพาะรอบมหาวิทยาลัยบูรพาซึ่งเป็นสถานศึกษาที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ประมาณ 648 ไร่ ห่างจากชายหาดบางแสนประมาณ 800 เมตร ด้วยเหตุนี้ ทำให้มีหอพัก คอนโดมิเนียม และหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุข โดยเฉพาะสองฝั่งของถนนลงหาดบางแสนและถนนข้าวหลาม นอกจากนี้ ยังมีชุมชนเก่าแก่ที่ตั้งรกรากมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 4 เป็นชุมชนที่ประกอบอาชีพประมง ตั้งอยู่บริเวณเขาสามมุข (เทศบาลเมืองแสนสุข, 2559)

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า กระจายตัวตลอดแนวถนนสายสำคัญในพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-7) เช่น ถนนสุขุมวิท โดยเฉพาะพื้นที่ตลาดหนองมน ถนนลงหาดบางแสน และถนนเทศบาลพัฒนา (เลี่ยงเมือง) พบห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ 1 แห่ง คือ ห้างแหลมทองบางแสน นอกจากนี้ ยังมีโรงแรม ที่พัก ร้านอาหารหลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนบางแสนสาย 1 หน้าหาดบางแสนไปจนถึงแหลมแท่น และหาดวอนนภา

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียเป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) เชื่อมกับท่อระบายน้ำที่อยู่ใต้ถนนสายหลัก ความยาวประมาณ 14.7 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา (แสดงในภาพที่ 4-7) พื้นที่แสนสุขเหนือ ความยาวท่อระบายน้ำ 9,512 เมตร มีสถานีสูบน้ำเสีย 2 แห่ง ได้แก่ (1) สถานีสูบน้ำเสียบางแสนสาย 2 ซอย 12 (PS1)



ภาพที่ 4-7 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือและ แสนสุขใต้ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A2-A5 และ B4 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PS1-3 คือ สถานีสูบน้ำเสีย)

สูบน้ำเสียตามแนวท่อที่รวบรวมจากถนนบางแสนสาย 2 เข้าบ่อสูบน้ำเสียภายในโรงบำบัดน้ำแสนสุขเหนือ (2) สถานีสูบน้ำเสียสุขุมวิท (PS2) ทำหน้าที่สูบยกระดับน้ำจากแนวท่อรวบรวมน้ำเสียบริเวณฝั่งตะวันออกของถนนสุขุมวิทเพื่อเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียแสนสุขเหนือ ส่วนพื้นที่แสนสุขใต้ความยาวท่อระบายน้ำ 5,167 เมตร มีสถานีสูบน้ำเสีย 1 แห่ง (PS3) ตั้งอยู่บริเวณทางแยกซอยหลังโรงน้ำปลากับถนนบางแสนสายล่างทำหน้าที่สูบน้ำเสียเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียแสนสุขใต้

4. แหล่งน้ำ มีแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญคือ คลองบางโปรง (B4) (หรือคลองบ่อตะเคียน) (แสดงในภาพที่ 4-7) เป็นคลองที่ไหลผ่านเขตชุมชนบ้านจัดสรรหลายแห่ง รวมไปถึงโรงงานอุตสาหกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีปากคลองไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา บริเวณปากคลองในอดีต พบว่าเป็นพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม ซึ่งในปัจจุบันบริเวณดังกล่าวได้เปลี่ยนสภาพไปเนื่องจากการขยายตัวของโรงงานผลิตเครื่องปรุงรสอาหารขนาดใหญ่และการขยายตัวของบ้านจัดสรรหลายแห่งสองฝั่งคลอง

5. พื้นที่อื่น ๆ ในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข ได้แก่ พื้นที่รกร้างว่างเปล่า, สุสาน, ป่ารกชัฏ, เขตศาสนสถาน รวมไปถึงแหล่งน้ำปิดขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

4.2.1.2 พื้นที่เทศบาลตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ขอบเขตรับผิดชอบของเทศบาลตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่บริการ 7.5 ตารางกิโลเมตร ห่างจากจังหวัดชลบุรี 17 กิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในพื้นที่ 13,252 คน (กรมการปกครอง, 2560)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในย่านการค้าบนถนนสายหลัก อีกส่วนอาศัยอยู่บริเวณชุมชนชายทะเลบางพระรวมไปถึงถนนเลียบทางรถไฟปรากฏชุมชนที่อยู่อาศัยกระจุกตัวรวมกัน ห่างออกไปทางทิศเหนือ 2 กิโลเมตร มีสถาบันอุดมศึกษาขนาดใหญ่ คือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก มีจำนวนนักศึกษาทั้งสิ้น 1,386 คน (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 2560) จากตำแหน่งที่ตั้งดังกล่าว คาดว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ชุมชนที่อยู่อาศัยในเขตเทศบาลตำบลบางพระมีการกระจายตัวไปยังทิศตะวันออกของถนนสุขุมวิทมากกว่าทางทิศใต้ เพื่อรองรับกับกิจกรรมของประชากรแฝงซึ่งเป็นนักศึกษาและเจ้าหน้าที่ของสถาบันดังกล่าว

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณถนนสุขุมวิท (แสดงในภาพที่ 4-8) โดยมีตลาดบางพระเป็นศูนย์กลางของย่านพาณิชย์กรรม และมีการกระจายตัวออกไปทางทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษาบนถนนเทศบาลสาย 7 นำไปสู่ย่านชุมชนรอบ

อ่างเก็บน้ำบางพระ ส่วนทางด้านทิศตะวันตกมีร้านอาหารและที่พักขนาดเล็กหลายแห่งบนถนนเลียบชายทะเลบางพระ นอกจากนี้ ยังพบโรงงานผลิตอาหารสัตว์ขนาดใหญ่ตั้งอยู่บนถนนสุขุมวิททางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา

3. โครงข่ายท่อระบายน้ำในเขตเทศบาลตำบลบางพระส่วนใหญ่สร้างตามแนวของถนนที่มีอยู่เดิม พบว่า ท่อระบายน้ำมีความยาวรวม 33,850 เมตร (สำนักงานเทศบาลตำบลบางพระ, 2554) กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะบริเวณที่มีประชากรและสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ถนนเลียบทางรถไฟ และถนนเทศบาลสาย 7

4. แหล่งน้ำ มีแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำบางพระ ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา เป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อใช้ทำน้ำประปาให้แก่พื้นที่หลายแห่งในจังหวัดชลบุรี สามารถเก็บกักน้ำได้ 117 ล้านลูกบาศก์เมตร (ไทยวอทเตอร์, 2561) และยังมีคลองชลประทานชื่อคลองห้วยสุครีบ (B6) (แสดงในภาพที่ 4-8) ทำหน้าที่ระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำบางพระไปยังอ่าวไทย มีความยาว 4,300 เมตร สามารถรองรับน้ำได้ 600,000 ลูกบาศก์เมตร (ผู้จัดการออนไลน์, 2554)

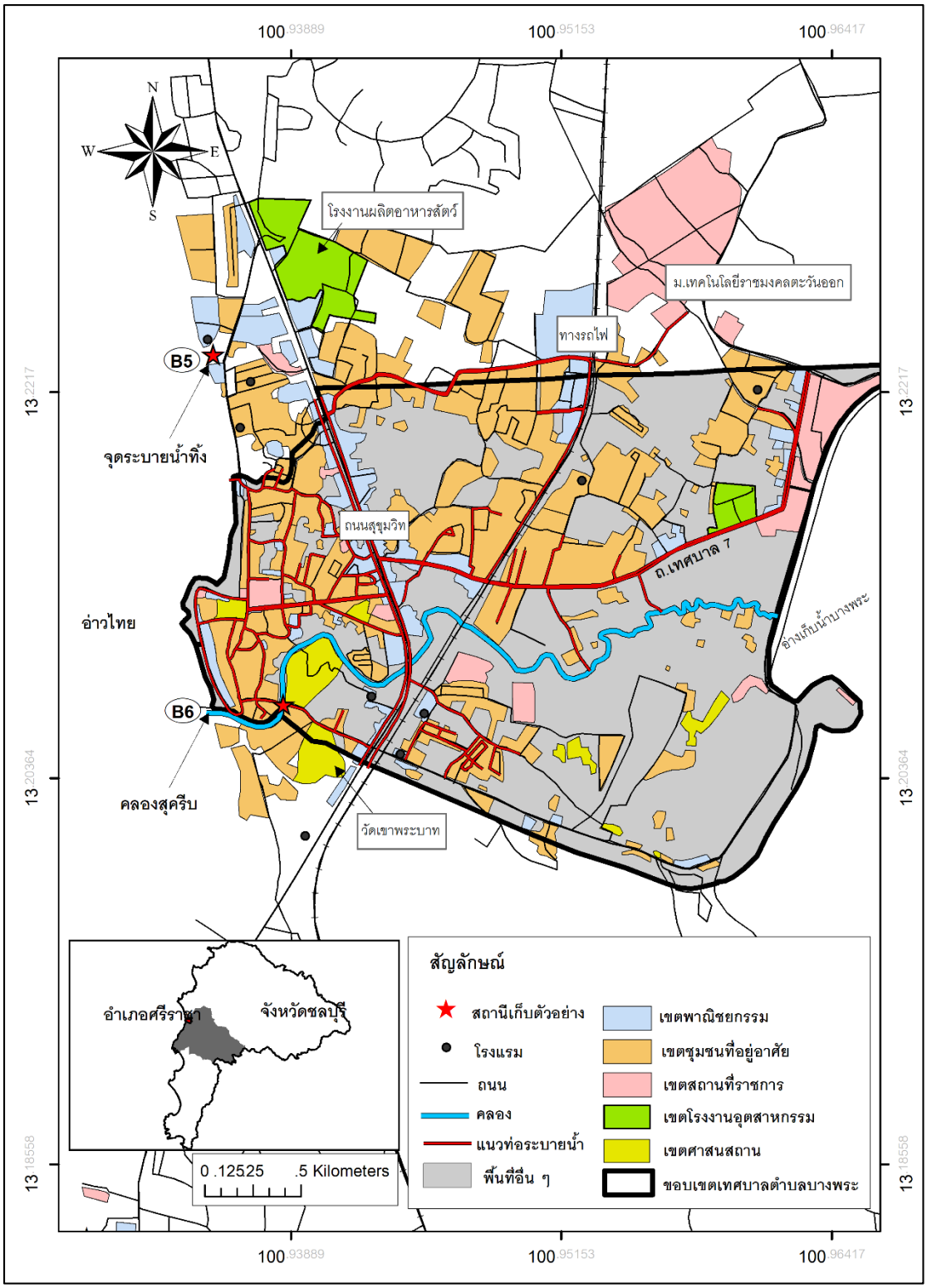
5. พื้นที่อื่น ๆ ในเขตเทศบาลตำบลบางพระ พบว่ามีลักษณะการใช้ที่ดินประเภทศาสนสถานหลายแห่ง ได้แก่ วัดบางพระวรวิหาร, วัดวิเวการาม เป็นต้น รวมไปถึงพื้นที่รกร้างว่างเปล่า, ป่ารกชัฏ, สถาบันราชการ และแหล่งน้ำปิดขนาดเล็ก ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

4.2.1.3 พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 3.7 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 47% ของพื้นที่เทศบาลตำบลบางเสร่ (7.8 ตารางกิโลเมตร) ประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในพื้นที่ 11,167 คน (กรมการปกครอง, 2560)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า กระจายตัวทั่วตอนกลางของพื้นที่ศึกษาตามถนนสายหลัก และกระจุกตัวหนาแน่นโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเล ประชากรดั้งเดิมในพื้นที่ประกอบอาชีพทำการประมงมาตั้งแต่อดีต สิ่งปลูกสร้างของชุมชนดังกล่าวมีลักษณะยื่นออกไปในทะเลประมาณ 50 เมตร อีกส่วนหนึ่งอาศัยอยู่ในย่านพาณิชยกรรมบริเวณใจกลางของพื้นที่ พบบ้านจัดสรรและคอนโดมิเนียมเพียงไม่กี่แห่งกระจายตัวรอบนอกใกล้กับถนนสุขุมวิท

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า กระจายตัวบริเวณถนนสายหลักของพื้นที่ในลักษณะของอาคารพาณิชย์กึ่งอยู่อาศัย ศูนย์กลางของย่านพาณิชยกรรมอยู่บริเวณตลาดแม่เตย



ภาพที่ 4-8 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในขอบเขตของเทศบาลบางพระ ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ B5 และ B6 คือจุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดิน)

และตลาดอาหารทะเลสด นอกจากนี้ บริเวณสะพานปลาเพทายยังเป็นศูนย์รวมของการค้าขายที่สำคัญ พบร้านอาหารขนาดเล็กหลายแห่งบริเวณชายฝั่งทะเล รวมไปถึงโรงแรมและที่พักขนาดเล็กมีอยู่ไม่กี่แห่งในพื้นที่ ส่วนหนึ่งแปรสภาพมาจากบ้านเรือนของประชาชนเพื่อรองรับกิจกรรมการท่องเที่ยว ซึ่งตำบลบางเสร่เพิ่งได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียเป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) เชื่อมกับท่อระบายน้ำที่อยู่ใต้ถนนสายหลัก ความยาวประมาณ 4.7 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของพื้นที่ศึกษา มีสถานีสูบน้ำเสีย 6 แห่ง (PS1-PS6) กระจายอยู่ตามแนวท่อรวบรวมน้ำเสียโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเล (แสดงในภาพที่ 4-9) ทำหน้ารวบรวมน้ำเสียจากพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งแบ่งเป็น 6 ส่วน ครอบคลุมทั่วพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

4. แหล่งน้ำ มีแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญเพียงแห่งเดียว มีลักษณะเป็นคลองสาธารณะความกว้างประมาณ 3 เมตร ซึ่งน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำจะถูกระบายลงคลองดังกล่าว (แสดงในภาพที่ 4-9)

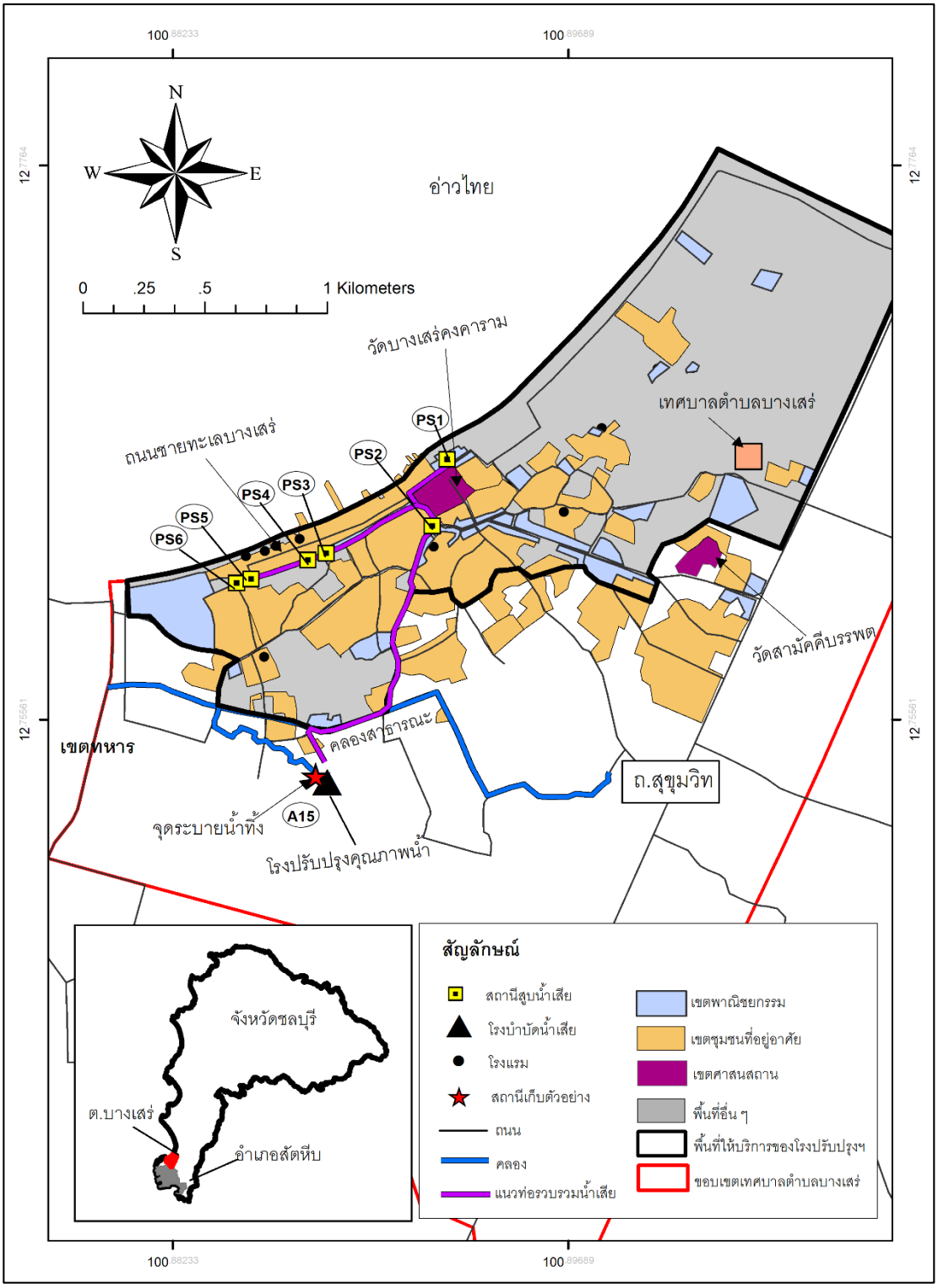
5. พื้นที่อื่น ๆ ในเขตเทศบาลตำบลบางเสร่ พบว่า ยังมีพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์เป็นบริเวณกว้าง มีการใช้ที่ดินประเภทศาสนสถาน 2 แห่ง ได้แก่ วัดบางเสร่คงคาราม และวัดสามัคคีบรรพต รวมไปถึงพื้นที่ป่ารกชัฏ, สถาบันราชการ และแหล่งน้ำขนาดเล็ก ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

4.2.1.4 พื้นที่ 7 เทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

เทศบาลเมืองสัตหีบ ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 6.22 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ใต้สุดของอ่าวไทยรูปตัวก.ฝั่งตะวันออก ห่างจากจังหวัดชลบุรีเป็นระยะทางประมาณ 95 กิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในพื้นที่ 23,045 คน (กรมการปกครอง, 2560)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ลักษณะชุมชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่เทศบาลสัตหีบกระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษาตามแนวถนนสายหลัก (ถนนสุขุมวิท) หมู่บ้านจัดสรรส่วนใหญ่ตั้งอยู่นอกเขตเทศบาล ฯ ทางฝั่งตะวันออกของตำบลสัตหีบ นอกจากนี้ ยังมีชุมชนเก่าแก่ตั้งรกรากมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 6 (ประมาณ พ.ศ. 2464) เรียกว่า ชุมชนชายทะเลสัตหีบ ปัจจุบันบางส่วนได้แปลี่ยนสภาพเป็นที่พักขนาดเล็กและร้านอาหารเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวจากต่างถิ่น

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า ย่านพาณิชยกรรมกระจายตัวตลอดสองฝั่งถนนสุขุมวิทในแนวเหนือจรดใต้มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างอำเภอสัตหีบกับอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง ศูนย์กลางของเขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นตอนใต้ของพื้นที่



ภาพที่ 4-9 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในขอบเขตของเทศบาลตำบลบางเสร่ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A15 คือจุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำทิ้ง, PS1- PS6 คือสถานีสูบน้ำเสีย)

บริเวณถนนเทศบาลสาย 11, สาย 9 และสาย 13 ในลักษณะของอาคารพาณิชย์และตลาดขนาดกลาง ได้แก่ ตลาดเช้าสัตหีบ ตลาดโสภณสัตหีบ เป็นต้น

3. แหล่งน้ำ มีแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญ ได้แก่ คลองหลังอำเภอ (คลองสัตหีบ) และอ่างเก็บน้ำหนองตะเคียน (B10) (แสดงในภาพที่ 4-10) สำหรับคลองหลังอำเภอมีความยาวประมาณ 300 เมตร และไหลผ่านเขตพื้นที่ทางการทหารภายในกองเรือยุทธการก่อนที่จะออกสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ ส่วนอ่างเก็บน้ำหนองตะเคียนมีลักษณะเป็นบ่อน้ำขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในสวนสาธารณะกรมหลวงชุมพร มีเนื้อที่ประมาณ 241 ไร่ สามารถรองรับน้ำได้ถึง 912,450 ลูกบาศก์เมตร (เทศบาลเมืองสัตหีบ, 2559)

4. โครงข่ายท่อระบายน้ำ คาดว่าแนวท่อระบายน้ำของเทศบาล ฯ อยู่ใต้ถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ถนนเทศบาลสาย 11, สาย 7 และ สาย 9 แต่ไม่อาจจำแนกให้เห็นอย่างชัดเจนได้ เนื่องจากเทศบาลเมืองสัตหีบไม่มีข้อมูลในส่วนนี้

5. เขตทหาร พบว่า เขตพื้นที่ทางการทหารครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่บริเวณฝั่งตะวันออกและตะวันตกของพื้นที่ ได้แก่ กองเรือยุทธการและฐานทัพเรือสัตหีบ

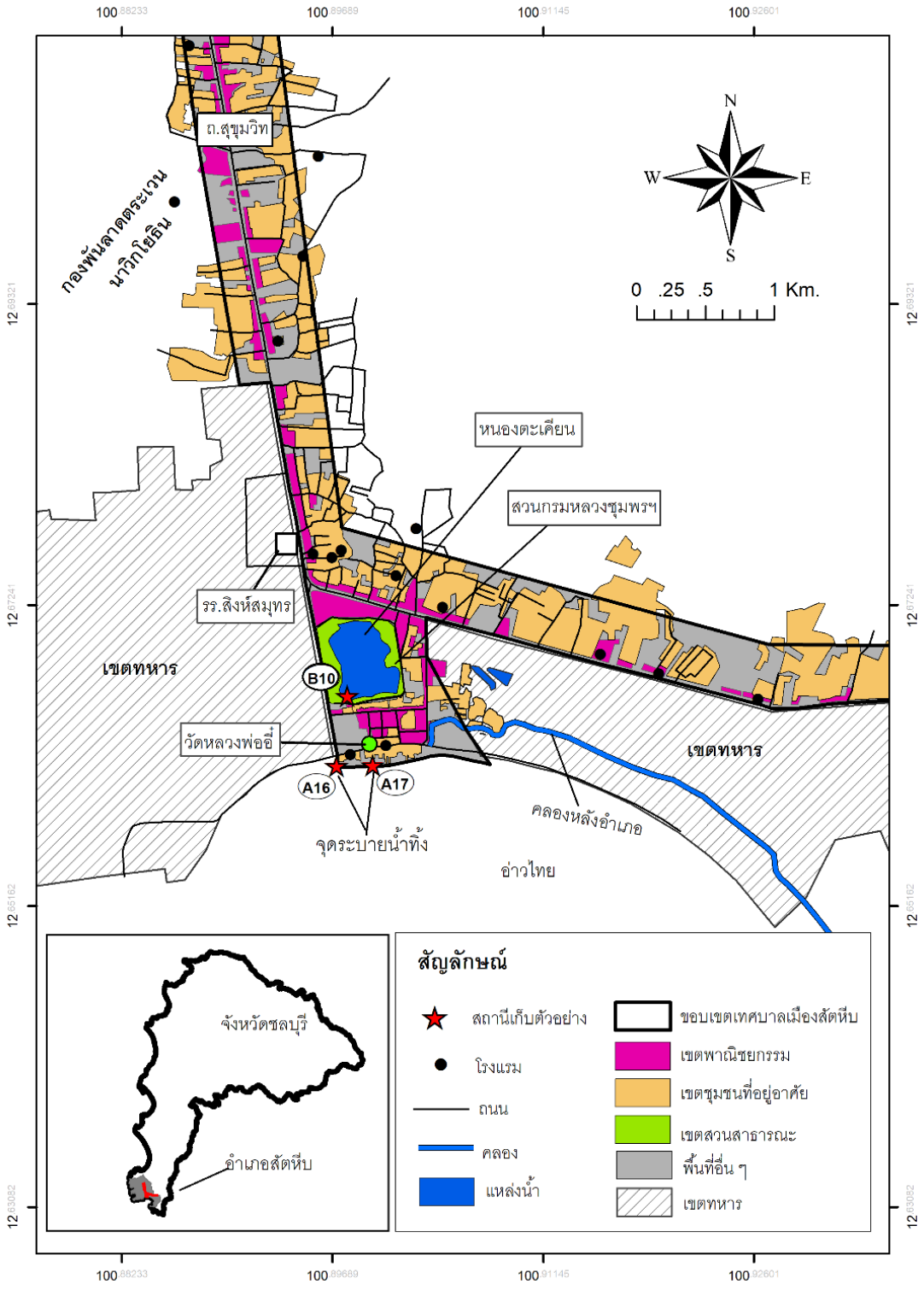
6. พื้นที่อื่น ๆ ในส่วนของโรงพยาบาลมีเพียงแห่งเดียว คือ โรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ รวมไปถึงสถานที่ราชการ, เขตศาสนสถาน, พื้นที่รกร้างว่างเปล่า และแหล่งน้ำขนาดเล็ก ซึ่งไม่มีนัยยะสำคัญในพื้นที่เทศบาลเมืองสัตหีบโดยตรง จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

4.2.2 เมืองขนาดกลาง (ประชากร 60,000 - 200,000 คน)

4.2.2.1 พื้นที่ 1 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 36 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่าง ๆ ได้แก่ เทศบาลเมืองชลบุรี เทศบาลตำบลบางทรายบางส่วน เทศบาลเมืองบ้านสวนบางส่วน และเทศบาลตำบลเสม็ดบางส่วน ประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในพื้นที่ 129,033 คน (กรมการปกครอง, 2560)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในบริเวณย่านการค้าบนถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนวชิรปราการ, ถนนพระยาสัจจา และถนนเศรษฐกิจ (แสดงในภาพที่ 4-11) บางส่วนอาศัยอยู่บริเวณแนวชายฝั่งทะเล เรียกว่า ชุมชนชายทะเล ลักษณะชุมชนกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณฝั่งตะวันตกของถนนวชิรปราการใกล้กับตลาดใหม่และตลาดท่าเรือพลี



ภาพที่ 4-10 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริการเทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A2-A5และ B4 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน)

ถัดลงมาทางตอนใต้มีหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่หลายแห่งตามแนวถนนพระยาสัจจา และถนนเศรษฐกิจซึ่งเป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างอำเภอเมืองชลบุรีกับอำเภอบ้านบึง

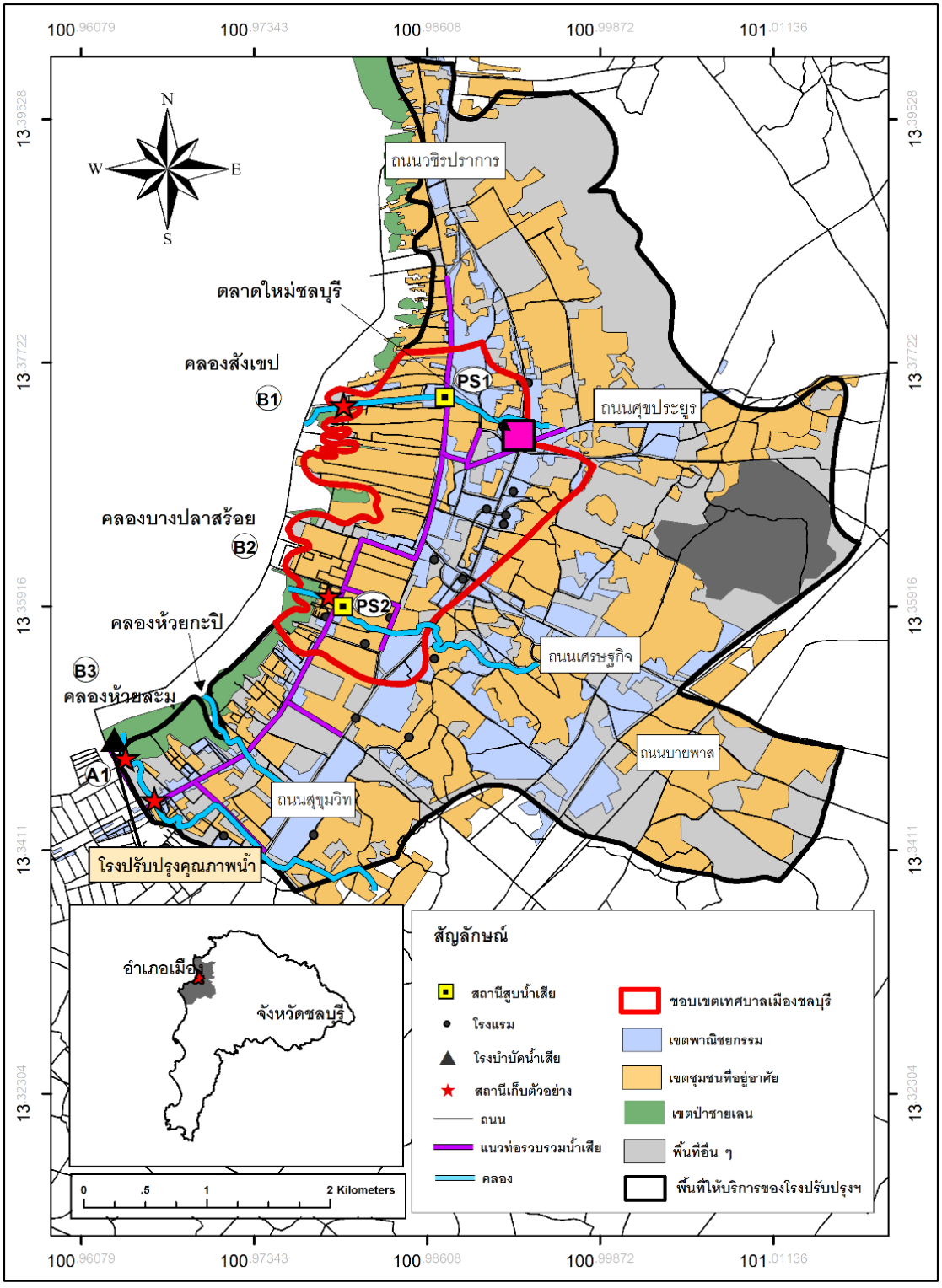
2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นตามแนวถนนสุขุมวิท มีตลาดขนาดใหญ่หลายแห่ง เช่น ตลาดใหม่ชลบุรี ตลาดประมงท่าเรือพลี ตลาดหน้าศาล และตลาดเมืองใหม่ มีห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ เช่น ห้างเฉลิมไทย ห้างโลตัสเอ็กเพรส และห้างเซ็นทรัลพลาซ่าชลบุรี นอกจากนี้ พบว่าโรงแรมที่พักหลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนสายหลักในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ถนนวชิรปราการ เป็นต้น

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย มีความยาวประมาณ 6 กิโลเมตร ทอดตัวเลียบชายฝั่งทะเลในทิศเหนือจรดใต้ มีสถานีสูบน้ำเสียมี 2 แห่ง ได้แก่ (1) สถานีสูบน้ำเสียสังเขป (PS1) (แสดงในภาพที่ 4-11) ตั้งอยู่บริเวณคลองสังเขป ถนนพิพิธ สูบน้ำเสียตามแนวท่อที่รวบรวมจากพื้นที่ของเทศบาลบางทราย (2) สถานีสูบน้ำเสียบางปลาสร้อย (PS2) ตั้งอยู่บริเวณคลองบางปลาสร้อย ถนนพระยาสัจจา สูบน้ำเสียในพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรี บางส่วนของเทศบาลเมืองบ้านสวนและบางส่วนของเทศบาลตำบลเสม็ด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลบริเวณคลองห้วยละมุ (B3)

4. แหล่งน้ำ พบแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญ 4 แห่ง ลักษณะเป็นคลองขนาดเล็ก ได้แก่ คลองสังเขป (B1), คลองบางปลาสร้อย (B2), คลองห้วยกะปิ และคลองห้วยละมุ (B3) (แสดงในภาพที่ 4-11) คลองทั้ง 4 สาย เป็นแหล่งน้ำที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัย และเขตพาณิชยกรรมที่สำคัญของพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรี มีปากคลองออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางทิศตะวันตกของพื้นที่

5. เขตป่าชายเลน พบว่า ป่าชายเลนกระจายตัวตลอดแนวชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา เรียกว่าป่าชายเลนเมืองใหม เป็นป่าชายเลนผืนสุดท้ายของอำเภอเมือง มีเนื้อที่ประมาณ 300 ไร่ (คู่มือท่องเที่ยว สำหรับคนรักการท่องเที่ยวทั่วไทย, 2554) นอกจากนี้ป่าชายเลนเมืองใหม่ยังเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากคลองขนาดเล็กทั้ง 4 สาย (ในข้อ 2) ทั้งน้ำที่ผ่านการบำบัดและยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

6. พื้นที่อื่น ๆ ได้แก่ พื้นที่รกร้างว่างเปล่า, ป่ารกชัฏ, สถาบันราชการ และเขตศาสนสถาน รวมไปถึงแหล่งน้ำขนาดเล็ก ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน



ภาพที่ 4-11 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A1 และ B1-B3 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PS1-2 คือ สถานีสูบน้ำเสีย)

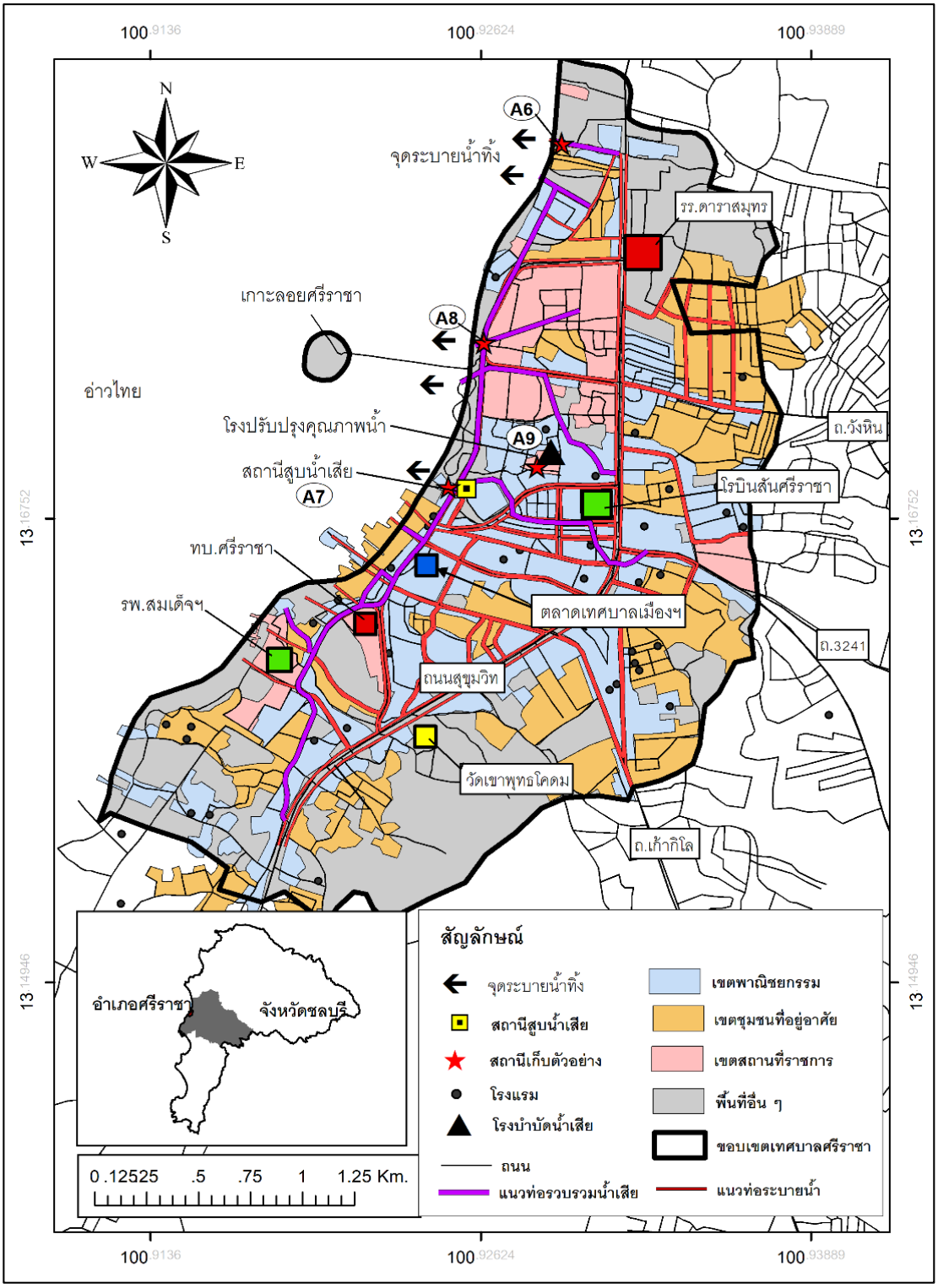
4.2.2.2 พื้นที่ 4 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา
อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

พื้นที่ให้ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ 1.5 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 36.96% ของพื้นที่เทศบาลเมืองศรีราชา (ซึ่งมีพื้นที่ 4.05 ตารางกิโลเมตร) มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ประมาณ 68,000 คน (รวมถึงบางส่วนของพื้นที่บางส่วนของเทศบาลตำบลเจ้าพระยาสุรศักดิ์)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณใจกลางย่านการค้าในตลาดเทศบาล ฯ ลักษณะชุมชนมีการกระจายตัวไปทางทิศตะวันออกของถนนสุขุมวิทบริเวณตลอดสองฝั่งถนนวังหินและถนนเก้ากิโล รวมไปถึงชุมชนชายทะลที่ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของถนนเจิมจอมพล เป็นหมู่บ้านชาวประมงที่มีมาตั้งแต่สมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น (สุชาติ เถาทอง, 2544) สิ่งปลูกสร้างของชุมชนดังกล่าวมีลักษณะยื่นออกไปในทะเลประมาณ 200-300 เมตร นอกจากนี้ ยังพบคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่กระจายตัวไปทางทิศใต้ตลอดแนวถนนสุขุมวิท รวมไปถึงหมู่บ้านจัดสรรหลายแห่งบนถนนเก้ากิโลที่กระจายตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ คาดว่าเพื่อรองรับการจ้างงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง ซึ่งจากตำแหน่งที่ตั้งอยู่ห่างจากเทศบาลเมืองศรีราชาเพียง 8 กิโลเมตร มีโรงงานจำนวนทั้งสิ้น 140 แห่ง อัตราการจ้างงานรวมมากกว่า 60,000 คน (สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง, 2561)

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษาโดยเฉพาะบริเวณถนนสายหลัก เช่น ถนนสุขุมวิท ถนนทางหลวงหมายเลข 3241 และถนนสุรศักดิ์สงวน (แสดงในภาพที่ 4-13) ศูนย์กลางของย่านพาณิชยกรรมอยู่บริเวณตลาดสดเทศบาลเมืองศรีราชา มีร้านอาหารขนาดใหญ่กระจายตัวเลียบชายฝั่งทะเลบริเวณถนนเจิมจอมพลในส่วนของโรงแรมที่พักกระจายตัวบริเวณตอนกลางของพื้นที่ใกล้กับถนนสุขุมวิท มีโรงพยาบาลเอกชนขนาดใหญ่ ได้แก่ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา และโรงพยาบาลพญาไทศรีราชา

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียเป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) โดยเชื่อมต่อกับแนวท่อระบายน้ำ มีความยาวรวมกันประมาณ 20,189 เมตร มี 6 สาย ได้แก่ ถนนสุขุมวิท, ถนนเทศบาล 1, ถนนเจิมจอมพล, ถนนศรีราชานคร, ถนนสุรศักดิ์ 1 และถนนสุรศักดิ์สงวน โดยแนวท่อทุกสายทำหน้าที่ระบายน้ำฝนและน้ำเสียลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยตรง ยกเว้นแนวท่อระบายน้ำบนถนนเจิมจอมพลช่วงต้นบริเวณแยกโรงเรียนดาราสมุทรและถนนสุขุมวิทช่วงปลายบริเวณโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ฯ ที่จะรวบรวมน้ำลงท่อดักน้ำเสีย เพื่อสูบเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ต่อไป



ภาพที่ 4-12 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A6, A8-A9 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง, A7 คือ สถานีสูบน้ำเสีย)

มีสถานีสูบน้ำเสีย 1 แห่ง (A7) ตั้งอยู่บนถนนเจิมจอมพล ใกล้กับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ทำหน้าที่สูบน้ำเสียจากบริเวณที่มีระดับต่ำกว่าขึ้นไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ นอกจากนี้ ยังมีจุดระบายน้ำฝนลงสู่ชายฝั่งทะเลหลายจุดบนถนนเจิมจอมพล (ในภาพที่ 4-12)

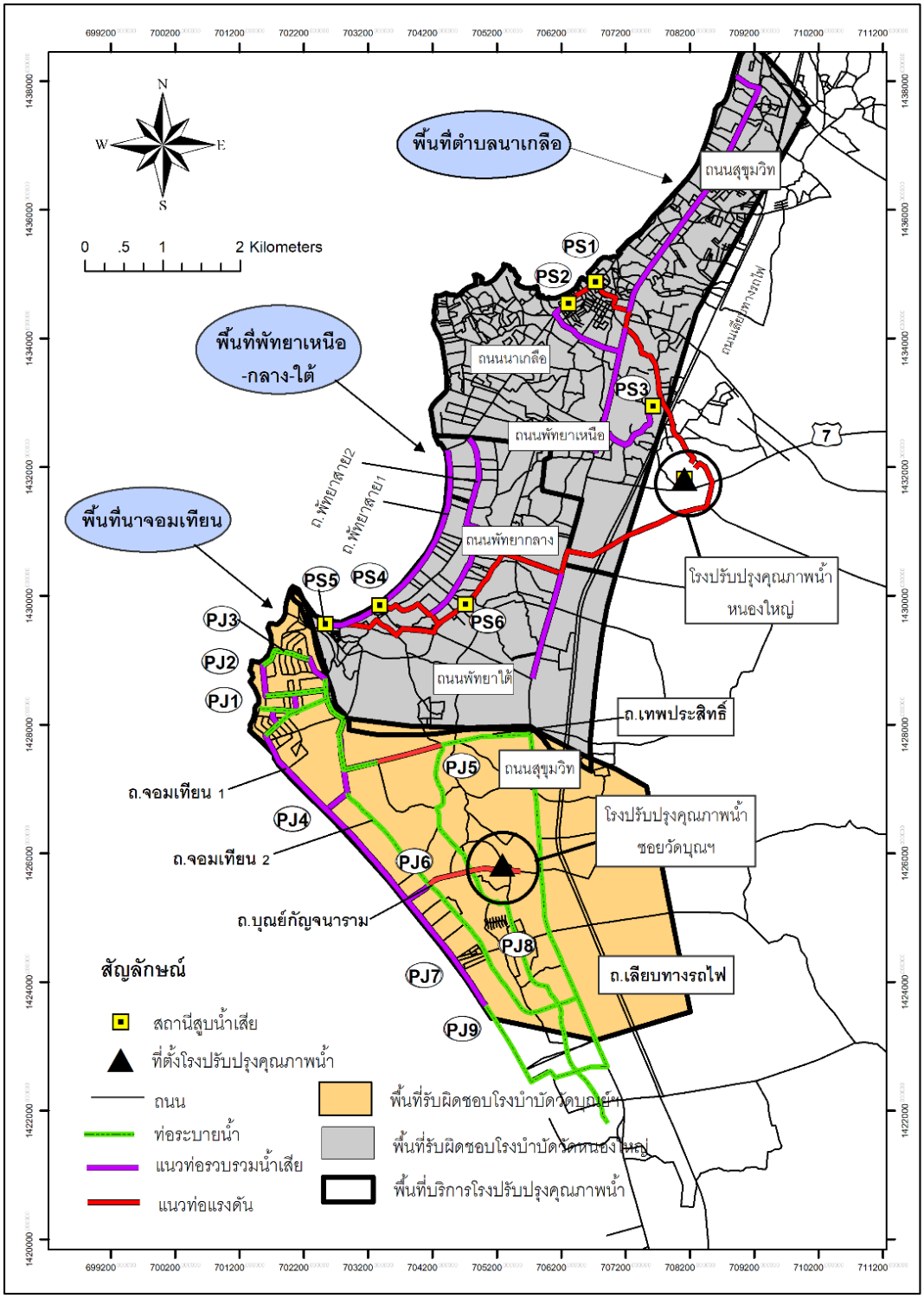
4. เขตสถานที่ราชการ พบว่า มีสถานที่ราชการที่สำคัญหลายแห่งกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา เช่น สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 2, โรงเรียนศรีราชา, สำนักทางหลวงที่ 14 และสำนักงานสวัสดิการคุ้มครองแรงงาน เป็นต้น บางส่วนกระจายตัวลงไปทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ สำนักงานเทศบาลเมืองศรีราชาและโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา

5. พื้นที่อื่น ๆ ในเขตเทศบาลเมืองศรีราชา พบว่ามีลักษณะการใช้ที่ดินประเภทศาสนสถานที่สำคัญหลายแห่ง ได้แก่ วัดคาทอลิกพระหฤทัยพระเยซูเจ้าศรีราชา, สุสานสว่างประทีบธรรมสถานศรีราชาและวัดเขาพุทธโคดม เป็นต้น รวมไปถึงสถานที่พักผ่อนหย่อยใจบริเวณเกาะลอย พื้นที่รกร้างว่างเปล่า และป่ารกชัฏ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

4.2.2.3 พื้นที่ 5 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 53.4 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ 118,511 คน (กรมการปกครอง, 2560) แบ่งพื้นที่รวบรวมน้ำเสียเป็น 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ อยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่) ตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันออก (แสดงในภาพที่ 4-13) ตั้งอยู่เลขที่ 171 หมู่ 6 ถ.พระประภานิมิต ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20260 ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ 32.6 ตารางกิโลเมตร ในส่วนของพื้นที่นาจอมเทียน อยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ตั้งอยู่บริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่เลขที่ 391 หมูที่ 12 ถ.วัดบุญย์กัญจนาราม ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20260 ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ 15 ตารางกิโลเมตร

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ในเขตพื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณพื้นที่รอยต่อระหว่างตำบลนาเกลือและเมืองพัทยา บางส่วนอาศัยอยู่ในย่านการค้า



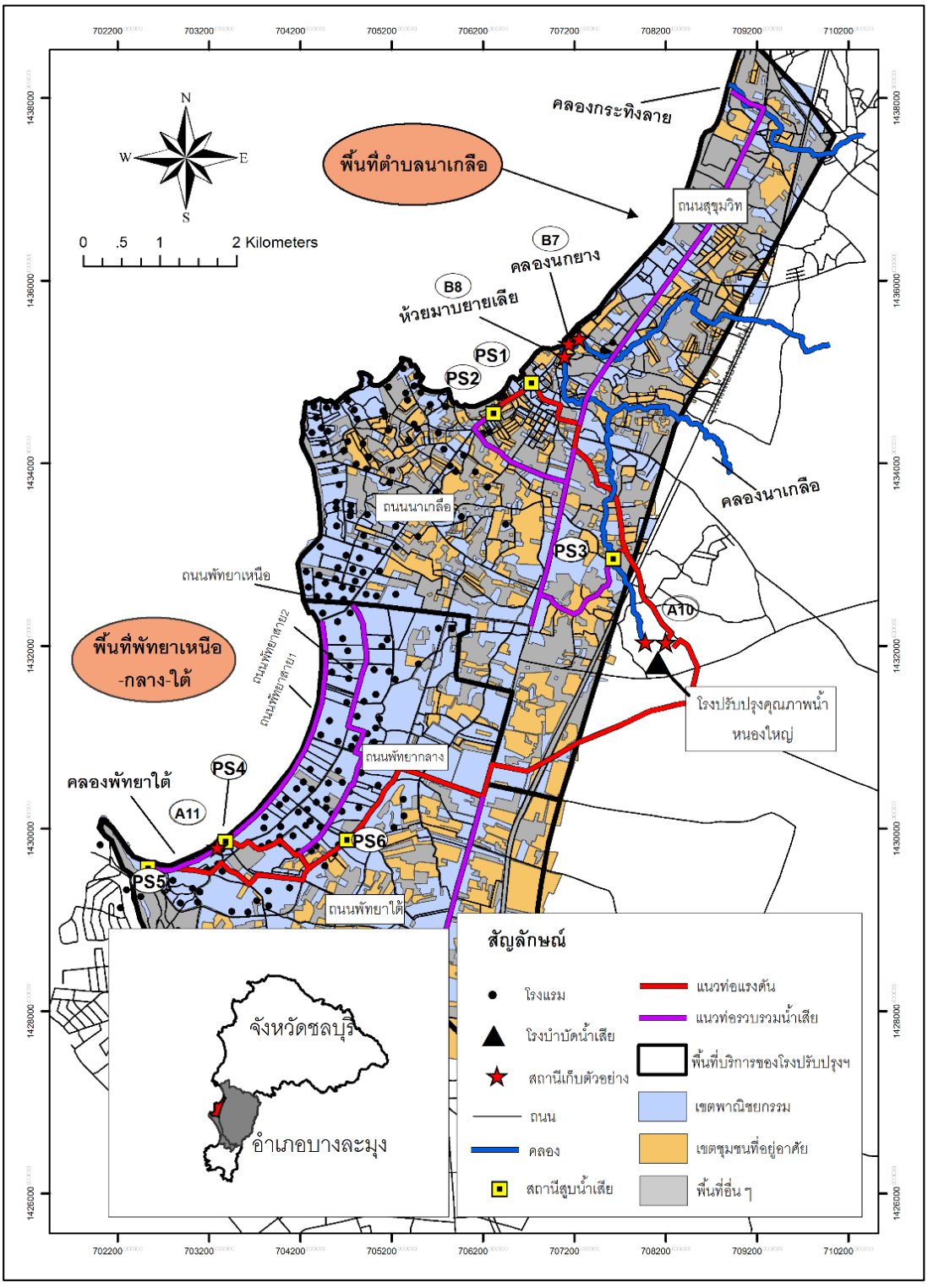
ภาพที่ 4-13 แผนที่ที่ตั้งพื้นที่ให้บริการ สถานีสูบน้ำเสีย และแนวท่อรวบรวมน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ PS1-6 และ PJ1-9 คือ สถานีสูบน้ำเสียของโรงปรับปรุง ฯหนองใหญ่และวัดบุณย์ ฯ)

ลักษณะชุมชนในพื้นที่เมืองพัทยากระจายตัวตลอดฝั่งตะวันออกของถนนสุขุมวิท มีคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนพัทยา-นาเกลือ, พัทยาสาย 2 รวมไปถึงหมู่บ้านจัดสรรหลายแห่งกระจายตัวออกไปทางทิศตะวันออกบนถนนทางหลวงหมายเลข 7, ถนนเลียบทางรถไฟและทางตอนใต้ของพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-14) ในส่วนพื้นที่นาจอมเทียน พบว่า มีหมู่บ้านจัดสรรหลายแห่งกระจายตัวอยู่บริเวณตลอดแนวฝั่งตะวันออกของถนนเลียบทางรถไฟ (แสดงในภาพที่ 4-15) และบางส่วนบริเวณถนนจอมเทียนสาย 2 และซอยชัยพฤกษ์ โดยภาพรวมลักษณะชุมชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่นาจอมเทียนกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ ยังมีคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่หลายแห่งตั้งอยู่บริเวณเขาพระตำหนัก และชายฝั่งทะเลทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนจอมเทียนสาย 1 และสาย 2 ซึ่งเป็นรอยต่อของเมืองพัทยาและตำบลนาจอมเทียน

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า ในเขตพื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นตลอดแนวชายฝั่งหาดพัทยา ศูนย์กลางของย่านพาณิชยกรรมอยู่บริเวณถนนพัทยาสาย 1, สาย 2 และถนนสุขุมวิท รวมไปถึงกระจายตัวไปทางทิศตะวันออกของฝั่งสุขุมวิท (แสดงในภาพที่ 4-14) พบตลาดหลายแห่ง เช่น ตลาดเก่านาเกลือ-พัทยา ตลาดโพธิสาร ฯลฯ มีห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ เช่น เซ็นทรัลเฟสติวัล พัทยา บีช และห้างสรรพสินค้าดิอเวนิว นอกจากนี้ ทางทิศตะวันตกของพื้นที่มีโรงแรมและร้านอาหารขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวตลอดแนวชายฝั่งทะเลบนถนนพัทยา-นาเกลือ พื้นที่นาจอมเทียน พบว่า เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณเขาพระตำหนักและกระจายตัวลงไปทางทิศใต้ตลอดแนวชายฝั่งบริเวณถนนจอมเทียนสาย 1 และสาย 2 รวมไปถึงถนนสุขุมวิททางทิศใต้มุ่งสู่ตำบลนาจอมเทียนในลักษณะของโรงแรม อาคารพาณิชย์ และร้านอาหารขนาดใหญ่ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าย่านพาณิชยกรรมแทรกผสานกับย่านชุมชนที่อยู่อาศัยเป็นบริเวณกว้าง (แสดงในภาพที่ 4-15) บริเวณทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างเมืองพัทยากับพื้นที่นาจอมเทียน

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำ พบว่า เป็นระบบท่อรวม (Combined Sewerage System) ซึ่งจะรวบรวมน้ำฝนและน้ำเสียในท่อเดียวกัน โดยใช้หลักการวดังนี้ ในวันที่ฝนไม่ตกหากน้ำเสียมีปริมาณน้อยกว่า 2.5 เท่าของน้ำเสียเฉลี่ย น้ำที่เข้าสู่ระบบท่อรวมจะถูกรวบรวมไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ในวันฝนตกหากน้ำฝนและน้ำเสียรวมกันปริมาณมากกว่า 2.5 เท่าของน้ำเสียเฉลี่ย น้ำเสียจะถูกเจือจางโดยน้ำฝนโดยไม่ผ่านการบำบัดและปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเล (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2560) แบ่งเป็น 2 พื้นที่ ดังนี้

พื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ พบว่า แนวท่อรวบรวมน้ำเสียอยู่บริเวณถนนเกษมสุวรรณไปจนถึงสถานีสูบน้ำเสียถนนพัทยาสาย 3 (PS6) (แสดงในภาพที่ 4-14) รวมระยะทาง 180 เมตร

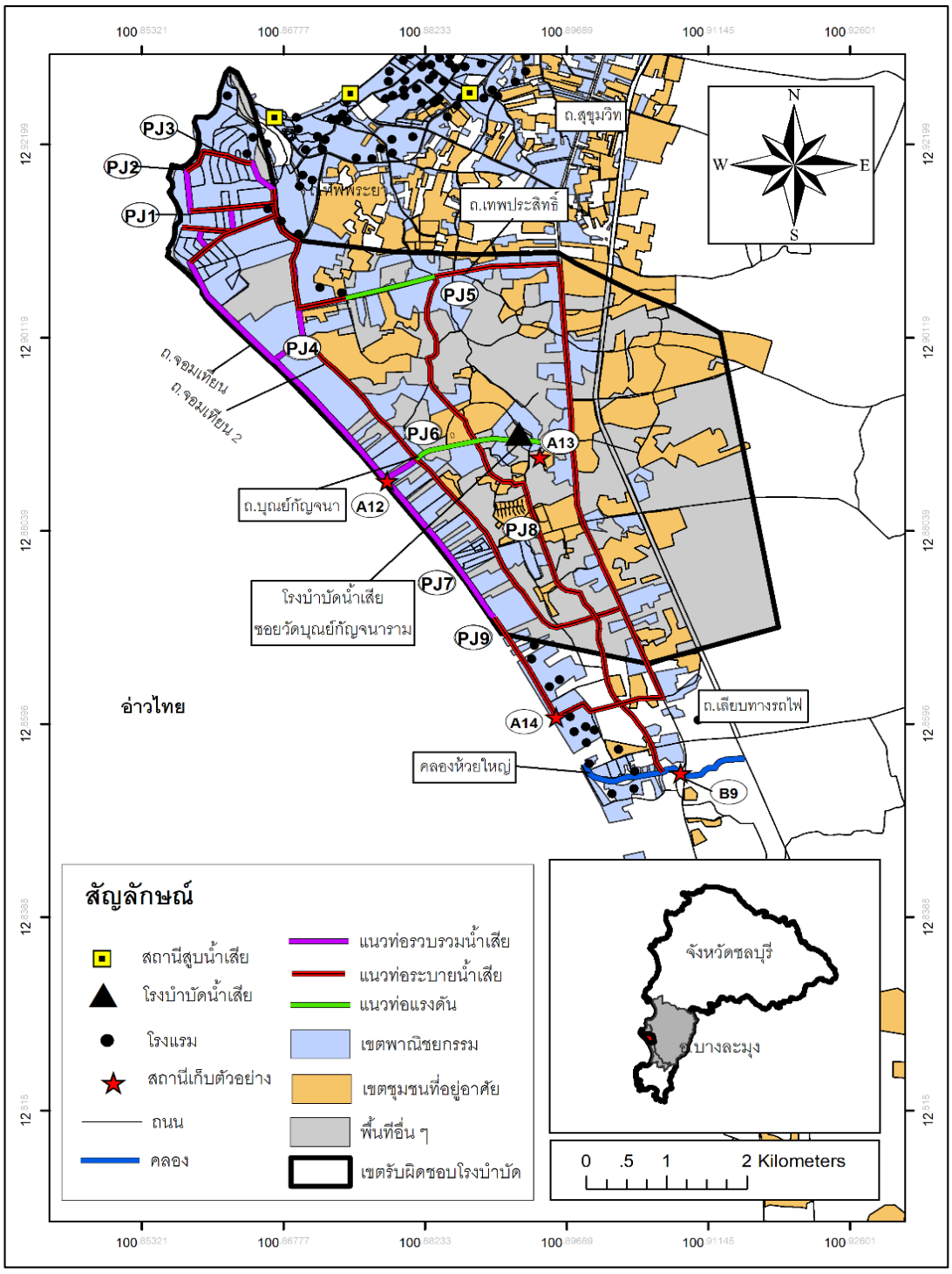


ภาพที่ 4-14 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A10-A11 และ B7-B8 คือจุดเก็บ ตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PS1-6 คือ สถานีสูบน้ำเสีย)

แนวท่อแรงดัน มีทั้งหมด 4 แนว มีความยาวประมาณ 10,580 เมตร และสถานีสูบน้ำเสีย มีทั้งหมด 6 แห่ง ได้แก่ สถานีลานโพธิ์ (PS1), สถานีคลองปึกพลับ (PS2), สถานีหนองใหญ่ (PS3), สถานีหาดพัทยา (PS4), สถานีคลองพัทยาใต้ (PS5) และสถานีถนนพัทยาสาย3 (PS6) น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายน้ำทิ้งผ่านห้วยมาบยายเลีย (B8) ลงสู่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยพื้นที่นาจอมเทียน พบว่า แนวท่อรวบรวมน้ำเสีย มีทั้งหมด 7 แนว บริเวณถนนสุขุมวิท ถนนเทพประสิทธ์, ถนนวัดบุณย์กัญจนาราม, แนวท่อแรงดันจากสถานีสูบน้ำเสียปากซอยบุณย์กัญจนาราม, ถนนชัยพฤกษ์ และถนนสุดผังเมือง สถานีสูบน้ำ มี 9 แห่ง (แสดงในภาพที่ 4-15) ได้แก่ สถานีสูบน้ำเสียโรงแรมเอเชีย (PJ1), สถานีสูบน้ำเสียราชวรุณ (PJ2), สถานีสูบน้ำเสียเมาเท่นบีช (PJ3), สถานีหาดจอมเทียนโค้งดงตาล (PJ4), สถานีถนนเทพประสิทธิ์ (PJ5), สถานีถนนบุณย์กัญจนาราม (PS6), สถานีซอยชัยพฤกษ์ 1 (PJ7), สถานีซอยชัยพฤกษ์ 4 (PJ8) และสถานีตรงข้ามซอยจอมเทียน 17 (PJ9) น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายไปยังบริเวณหลังวัดนาจอมเทียนตามแนวถนนเทพประสิทธิ์-ซอยชัยพฤกษ์ 3 ลงสู่ชายฝั่งทะเลผ่านคลองห้วยใหญ่ (B9)

4. แหล่งน้ำผิวดิน พบคลองขนาดเล็ก 5 แห่ง ได้แก่ คลองกระทิงลาย ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของพื้นที่นาเกลือ เป็นคลองสาธารณะที่สำคัญของชุมชนหนองเกตุน้อย มีหน้าที่ระบายน้ำฝนออกสู่ทะเลบริเวณหาดกระทิงลาย, คลองนกยาง (B7) (แสดงในภาพที่ 4-14) เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งโดยตรงจากชุมชนบริเวณที่ว่าการอำเภอบางละมุงซึ่งเป็นเขตชุมชนที่อยู่อาศัยแออัด, ห้วยมาบยายเลีย (B8) ไหลผ่านเขตที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมบริเวณชุมชนวัดหนองใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ซอยวัดหนองใหญ่) กล่าวคือ ห้วยมาบยายเลียเป็นลำน้ำสาขาของคลองนาเกลือ มีต้นน้ำไหลมาจากอ่างเก็บน้ำมาบประชันซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่ไปทางทิศตะวันออกประมาณ 10 กิโลเมตร, คลองพัทยาใต้ ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา เคยเป็นเส้นทางระบายน้ำที่สำคัญของเมืองพัทยาปากคลองอยู่บริเวณท่าเรือแหลมบาลีฮาย (พัทยานิวส์, 2016) แต่ในปัจจุบันเหลือความยาวเพียง 800 เมตร เนื่องจากถูกสิ่งปลูกสร้างโดยรอบรุกล้ำพื้นที่คลองจึงทำให้เกิดน้ำท่วมเมืองพัทยาเมื่อมีฝนตกหนัก เส้นทางการระบายน้ำฝนและน้ำเสียในพื้นที่ดังกล่าวจึงถูกระบายผ่านสถานีสูบน้ำคลองพัทยาใต้ (PS5) ซึ่งทำหน้าที่สูบน้ำลงสู่ทะเลบริเวณปลายสะพานท่าเทียบเรือบาลีฮาย (แสดงในภาพที่ 4-14)

สำหรับพื้นที่นาจอมเทียน มีแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญเพียงแหล่งเดียว ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ (B9) (แสดงในภาพที่ 4-15) มีเส้นทางไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณตำบลห้วยใหญ่ แหล่งต้นน้ำมาจากอ่างเก็บน้ำห้วยชากนอก ห่างจากพื้นที่ศึกษาไปทางทิศตะวันออกประมาณ 4 กิโลเมตร ปากคลองไหลออกสู่อ่าวไทยทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 4-15 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A12-A14และ B9 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PJ1-9 คือ สถานีสูบน้ำเสีย)

5. พื้นที่อื่น ๆ เช่น สถาบันราชการ, เขตศาสนถาน, พื้นที่รกร้างว่างเปล่า, ป่ารกชัฏและแหล่งน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งเป็นแหล่งรองรับหรืออยู่ใกล้กับท่อระบายน้ำเสียจากชุมชน/เทศบาลที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา ร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ สามารถอภิปรายและสรุปผลได้ ดังนี้

5.1 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมืองขนาดเล็ก

5.1.1 พื้นที่ 2 พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

จากผลคุณภาพน้ำเสียชุมชน (ตารางที่ 4-1) สถานี A2-A5 ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ปริมาณบีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 9.19 - 19.9 mg/l และ 9.55 - 22.5 mg/l ตามลำดับ ซึ่งการติดตามคุณภาพน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเลทั้ง 2 ครั้ง พบว่า เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) ยกเว้นสถานี A2 (ครั้งที่2) ที่เกินจากมาตรฐาน ฯ เพียงเล็กน้อย (22.5 mg/l) ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม มีค่าอยู่ในช่วง 1.154 - 8.48 mg/l และ 0.57-1.65 mg/l ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ในทางกลับกัน แหล่งน้ำผิวดินบริเวณสถานีคลองบางโปรง (B4) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 3.4 และ 1.59 mg/l ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองครั้งต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (ตารางที่ 3-2) ปริมาณบีโอดีครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 9.4 และ 11.6 mg/l ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) มีค่าเท่ากับ 2.16 mg-N/L ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์มีค่าเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) (กรมควบคุมมลพิษ, ตรวจวัดวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2561) บริเวณจุดเชื่อมคลองพานทองและคลองสัตตพงษ์ อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นคลองที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยเป็นระยะทางกว่า 10 กิโลเมตร (ชุมชนบริเวณตำบลพานทองจนถึงนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ ปากคลองไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกง) พบว่า ปริมาณบีโอดี (7.4 mg/l) และแอมโมเนีย (NH_3^-)

(4.80 mg-N/L) มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ฯ เช่นกัน (ตารางที่ 3-2) สอดคล้องกับ รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2561) พบว่า คลองบางโปรงมีคุณภาพน้ำทะเลอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก ตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (MWQI) (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) โดยมีปริมาณแอมโมเนียรวมเท่ากับ 2,713 µg-N/L ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) (สำหรับเขตชุมชนไม่เกิน 950 µg-N/L) และปริมาณไนเตรท (NO_3^-) เท่ากับ 403 µg-N/L ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ เช่นกัน (ไม่เกิน 60 µg-N/L) หากแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงเกินไปจะทำให้สัตว์น้ำขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อย ส่งผลให้พีเอชของเลือดสูงขึ้น ระดับแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาต่าง ๆ ของกระบวนการหลั่งเอนไซม์ของสิ่งมีชีวิต (Lawson, 1995) ซึ่งน้ำทิพย์ บุญขวาง (2553) ได้รายงานว่าคลองขนาดเล็กในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (คลองบางโปรง คลองสังเขป และคลองบางปลาสร้อย) มีปริมาณการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจนลงสู่อ่าวชลบุรี ได้แก่ แอมโมเนีย ไนเตรท และไนโตรเจนรวม เท่ากับ 182.2, 126.5 และ 274 ตัน/ปี ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคลองขนาดเล็กที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณชายฝั่งทะเลมีศักยภาพสูงในการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจน ตะกอนแขวนลอย รวมถึงมลสารอื่น ๆ ออกสู่อ่าวไทยตอนใน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทะเล สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลและอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ได้ในอนาคต จากการสำรวจและรับแจ้งจากเครือข่าย พบว่า เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจำนวน 25 ครั้ง ซึ่งเกิดในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยถึง 22 ครั้ง และพบมากที่สุดในจังหวัดชลบุรี (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2559)

พื้นที่ให้บริการโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ครอบคลุมพื้นที่บริการ 20.26 ตารางกิโลเมตร เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (แสดงในภาพที่ 4-7) พบว่า เขตพาณิชยกรรมแทรกตัวอยู่ในเขตชุมชนที่อยู่อาศัยตลอดแนวถนนสุขุมวิท โดยเฉพาะพื้นที่ตลาดหนองมนและถนนลงหาดบางแสน ยังมีโรงแรมและร้านอาหารขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนหน้าหาดบางแสนไปจนถึงแหลมแท่น ดังการศึกษาของ ปวีณา เปรมเจริญ (2554) พบว่าในพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุขมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมเพื่อการอยู่อาศัย การพาณิชย์ และการบริการ โดยมีการกระจายตัวไปตามที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยว สถาบันการศึกษา และเส้นทางคมนาคมโดยเฉพาะตามแนวถนนสายหลัก แสดงให้เห็นว่าลักษณะการใช้ที่ดินของเทศบาลเมืองแสนสุขมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของประชากรแฝง (นักท่องเที่ยวและนักศึกษา) ในพื้นที่อย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากหาดบางแสนเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งของประเทศไทย มีความยาวประมาณ 2.5 กิโลเมตร พื้นที่รวมกว่า 76 ไร่ และมีจำนวนนักท่องเที่ยวในแต่ละปีมากกว่า 1.8 ล้านคน (กรมการท่องเที่ยว, 2558)

จากกิจกรรมการท่องเที่ยวดังกล่าว ส่งผลให้ประชากรแฝงมากกว่าประชากรตามทะเบียนราษฎร์เป็นเท่าตัว (ภาพที่ 5-1) โดยมีประชากรรวมในพื้นที่ประมาณ 146,000 คน (กรมการปกครอง, 2560)

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 17,517 ลบ.ม./วัน (ตารางที่ 5-1) ในขณะที่ระบบบำบัดสามารถรองรับน้ำได้ 23,000 ลบ.ม/วัน ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัดประมาณ 14,000 ลบ.ม./วัน และน้ำเสียที่ไม่ถูกนำเข้าสู่ระบบกว่า 3,571 ลบ.ม./วัน (ภาพที่ 5-2) แสดงให้เห็นว่า ความสามารถการรองรับของระบบบำบัดในโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ ยังคงเพียงพอสำหรับการรองรับกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุข ในส่วนโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย พบว่า ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ยกเว้นบริเวณชุมชนสองฝั่งแนวคลองบางโปรงและทางตอนใต้ของพื้นที่บริเวณถนนเทศบาลพัฒนา (ถนนเลี่ยงเมือง) ซึ่งมีการกระจายตัวของเขตพาณิชยกรรมและเขตชุมชนที่อยู่อาศัยแยกจากศูนย์กลางของพื้นที่ศึกษา โดยที่โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมไปยังพื้นที่ดังกล่าว

5.1.2 พื้นที่ 3 เทศบาลตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา

จากผลคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (แสดงในตารางที่ 4-2) คลองสาธารณะ (B5) และคลองสุครีบ (B6) ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความแตกต่างกันไม่มาก (0.56 – 3.8 mg/l) ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) ส่วนปริมาณบีโอดีทั้ง 2 ครั้ง มีค่าอยู่ในช่วง 2.66 – 21.05 mg/l และปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) มีค่าเท่ากับ 1.83 และ 1.92 mg-N/L ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์มีค่าเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ สาเหตุที่ปริมาณบีโอดีและแอมโมเนีย (NH_3^-) มีค่าสูง กล่าวคือ คลองสาธารณะเป็นลำรางสายสั้น ๆ ทำหน้าที่ระบายน้ำทิ้งจากฝั่งตะวันออกของถนนสุขุมวิทไปยังชายฝั่งทะเลบริเวณฝั่งตะวันตก (แสดงในภาพที่ 4-8) จากการสำรวจภาคสนามพบว่า มีโรงงานผลิตอาหารสัตว์ขนาดใหญ่ตั้งอยู่บนถนนสุขุมวิททางตอนเหนือของพื้นที่ เมื่อสัมภาษณ์ประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ให้ข้อมูลว่า บางครั้งน้ำในคลองสาธารณะมีสีน้ำตาลส่งกลิ่นเหม็น และมีฟองสีขาว เมื่อพิจารณาจากตำแหน่งที่ตั้งจึงคาดว่าโรงงานดังกล่าวอาจใช้คลองสาธารณะในการระบายน้ำทิ้งลงสู่ชายฝั่งทะเลบางพระบริเวณทิศตะวันตกของพื้นที่

สำหรับคลองห้วยสุครีบ มีความยาวประมาณ 4,300 เมตร สามารถรองรับน้ำได้ 600,000 ลูกบาศก์เมตร (ศูนย์ข่าวศรีราชา, 2554) ซึ่งรับน้ำจากห้วยขนาดเล็กอีกหลายสาย (เช่น ห้วยกุ่ม ห้วยกุ และห้วยปราบ ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากเขาเขียวที่ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่) ที่จะไหลมารวมกันบริเวณคลองดังกล่าว (สมชัย วงศ์สวัสดิ์, 2541) สาเหตุที่ปริมาณบีโอดีและปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) ในคลองห้วยสุครีบมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

(ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 3-2) เมื่อเปรียบเทียบกับระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) (กรมควบคุมมลพิษ, ตรวจวัดวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2561) ผลคุณภาพน้ำของคลองห้วยสุคริบขัดแย้งกับคุณภาพน้ำของคลองโพล้ บ้านท่ากระพัก ต.ปากน้ำประแสร์ อ.แกลง จังหวัดระยอง มีปากคลองไหลลงสู่แม่น้ำประแสร์ ซึ่งมีลักษณะเชิงพื้นที่ใกล้เคียงกับเทศบาลตำบลบางพระ กล่าวคือ เป็นพื้นที่ชนบท ความหนาแน่นของประชากรต่ำ และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมมากกว่าพาณิชยกรรม คุณภาพน้ำของคลองโพล้ พบว่า ปริมาณบีโอดี (1.8 mg/l) และแอมโมเนีย (NH_3^-) (0.26 mg-N/L) มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-8) พบว่า ขอบเขตของเทศบาลบางพระครอบคลุมพื้นที่ 7.5 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ 13,252 คน (กรมการปกครอง, 2560) (ตารางที่ 4-3) แสดงให้เห็นว่า คุณภาพน้ำของคลองห้วยสุคริบมีความสัมพันธ์กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเขตพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยบริเวณฝั่งตะวันตกของถนนสุขุมวิท ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าฝั่งตะวันออกอย่างเห็นได้ชัด (แสดงในภาพที่ 4-8) โดยลักษณะการใช้ที่ดินตลอดแนวคลอง พบว่า มีเขตพาณิชยกรรมแทรกตัวอยู่ในเขตชุมชนที่อยู่อาศัยซึ่งกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณถนนสุขุมวิท รวมไปถึงมีร้านอาหารและที่พักขนาดเล็กหลายแห่งกระจายตัวครอบคลุมบริเวณชุมชนชายทะเลบางพระ สอดคล้องกับรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทางระบายน้ำภายในเขตเทศบาลตำบลบางพระ (สำนักงานเทศบาลตำบลบางพระ, 2554) รายงานว่า ตำแหน่งอาคารและบ้านเรือนของประชาชนกระจุกตัวหนาแน่นในชุมชนวัดหลวงบางพระ ชุมชนท้ายบ้าน และชุมชนพร้อมใจ (ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล)

เมื่อพิจารณาจากตำแหน่งที่ตั้งทำให้คลองห้วยสุคริบกลายเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนดังกล่าวและระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลบริเวณฝั่งตะวันตกของพื้นที่ จากการศึกษาครั้งนี้สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 1,590 ลบ.ม./วัน (แสดงในตารางที่ 5-1) แต่ปัจจุบันเทศบาลตำบลบางพระยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียเป็นของตนเอง ซึ่งในอนาคตหากมีการเพิ่มจำนวนนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกอาจทำให้เทศบาลตำบลบางพระมีจำนวนประชากรแฝงและปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันได้ ด้วยเหตุนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเฝ้าระวังคุณภาพน้ำทิ้งในแหล่งน้ำผิวดินดังกล่าวอย่างต่อเนื่องและวางแผนรับมือกับประเด็นนี้ในอนาคตต่อไป

5.1.3 พื้นที่ 6 พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลบางเสร่ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

จากผลคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (แสดงในตารางที่ 4-1) สถานี A15 ปริมาณบีโอดีเท่ากับ 7.28 mg/l, ปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม มีค่าเท่ากับ 1.92 mg/l และ 0.58 mg/l ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-9) พบว่า ขอบเขตของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลบางเสร่ ครอบคลุมพื้นที่ 3.4 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 47% จากพื้นที่ทั้งหมดของเทศบาลตำบลบางเสร่ (ซึ่งมีพื้นที่ 7.5 ตารางกิโลเมตร) มีประชากรตามทะเบียนราษร์ประมาณ 11,000 คน (กรมการปกครอง, 2560) (ตารางที่ 4-3) อีกส่วนเป็นประชากรแฝงประมาณ 25,000 คน จากการศึกษาครั้งนี้สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 4,342 ลบ.ม./วัน (แสดงในตารางที่ 5-1) ในขณะที่ระบบบำบัดสามารถรองรับน้ำได้ 54,000 ลบ.ม/วัน (ภาพที่ 5-2) กล่าวได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียสามารถรองรับกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่เทศบาลตำบลบางเสร่ได้ รวมไปถึงคุณภาพน้ำเสียในพื้นที่บางเสร่มีความสกปรกไม่มากนัก เนื่องจากข้อมูลของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลบางเสร่รายงานว่า ปริมาณบีโอดี,ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม ของน้ำเข้าระบบบำบัด มีค่าเท่ากับ 31.32, 8.94 และ 2.38 mg/l ตามลำดับ (สำนักงานเทศบาลตำบลบางสร่, 2560)

ตำบลพื้นที่บางเสร่เป็นเมืองที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก พบว่า เขตชุมชนที่อยู่อาศัย กระจายตัวครอบคลุมตอนกลางของพื้นที่ศึกษาและกระจุกตัวหนาแน่นเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเล ประชากรดั้งเดิมในพื้นที่ประกอบอาชีพทำการประมงมาตั้งแต่อดีต อีกส่วนหนึ่งอาศัยอยู่ในย่านพาณิชยกรรมบริเวณใจกลางของพื้นที่ มีบ้านจัดสรรและคอนโดมิเนียมเพียงไม่กี่แห่งกระจายตัวอยู่รอบนอกใกล้กับถนนสุขุมวิท (แสดงในภาพที่ 4-9) พื้นที่บางเสร่เริ่มเป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยวไม่กี่ปีที่ผ่านมาสำหรับผู้ที่ต้องการหลีกเลี่ยงความแออัดจากหาดพัทยา ทำให้ปัจจุบันย่านที่อยู่อาศัยบางส่วนได้แปรสภาพเป็นที่พักขนาดเล็ก หรือร้านอาหารเพื่อรองรับกิจกรรมการท่องเที่ยวที่กำลังพัฒนาขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมในพื้นที่เทศบาลบางเสร่

โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียเป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) ซึ่งเมื่อไม่นานมานี้พื้นที่บางเสร่เคยเกิดเหตุการณ์น้ำทะเลกลายเป็นสีดำตลอดความยาวชายหาด 1.5 เมตร กระจายไปในทะเลประมาณ 100 เมตร และมีสัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมาก (ไทยรัฐ, 2561) สาเหตุคาดว่าเกิดจากฝนตกหนักจนทำให้บ่อพักน้ำเสียไม่สามารถรองรับได้ น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจึงล้นออกมาสู่ชายหาด ลักษณะเช่นนี้เป็นกรณีตัวอย่างของปัญหาที่อาจเกิดกับระบบท่อรวมซึ่งเป็นระบบที่ไม่มีการแยกท่อน้ำฝนออกจากท่อน้ำเสีย ในอนาคตทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาเปลี่ยนไปใช้

ระบบท่อแยก (Separate System) จะเป็นการแก้ไขปัญหาในระยะยาวได้ดีที่สุด (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537) สำหรับโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย พบว่า ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของพื้นที่ศึกษา เฉพาะเขตชุมชนที่อยู่อาศัยหนาแน่นเท่านั้น ซึ่งบริเวณรอบนอกของพื้นที่เทศบาลตำบลบางเสร่ยังมีพื้นที่ว่างเปล่าเป็นจำนวนมาก ในอนาคตหากมีขยายตัวของเมืองเพิ่มขึ้น เช่น การสร้างโรงแรม คอนโด หรือหมู่บ้านจัดสรร อาจส่งผลให้ระบบบำบัดน้ำเสียไม่เพียงพอต่อปริมาณน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นได้

5.1.4 พื้นที่ 7 เทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

จากผลคุณภาพน้ำเสีย (แสดงในตารางที่ 4-1) สถานี A16-A17 ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 มีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 75.6 และ 129.2 mg/l ตามลำดับ ส่วนในครั้งที่ 2 มีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 35.6 และ 117.8 ซึ่งทั้งสองครั้งเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) ในส่วนของปริมาณไนโตรเจนรวมเท่ากับ 1.92 และ 1.58 mg/l ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าเท่ากับ 0.58 และ 0.74 mg/l ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ในทางกลับกัน แหล่งน้ำผิวดิน (แสดงในตารางที่ 4-2) อ่างเก็บน้ำหนองตะเคียน (B10) มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 3.1 mg/l ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 3-2) และปริมาณบีโอดีมีค่าเท่ากับ 9.03 mg/l ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน ฯ

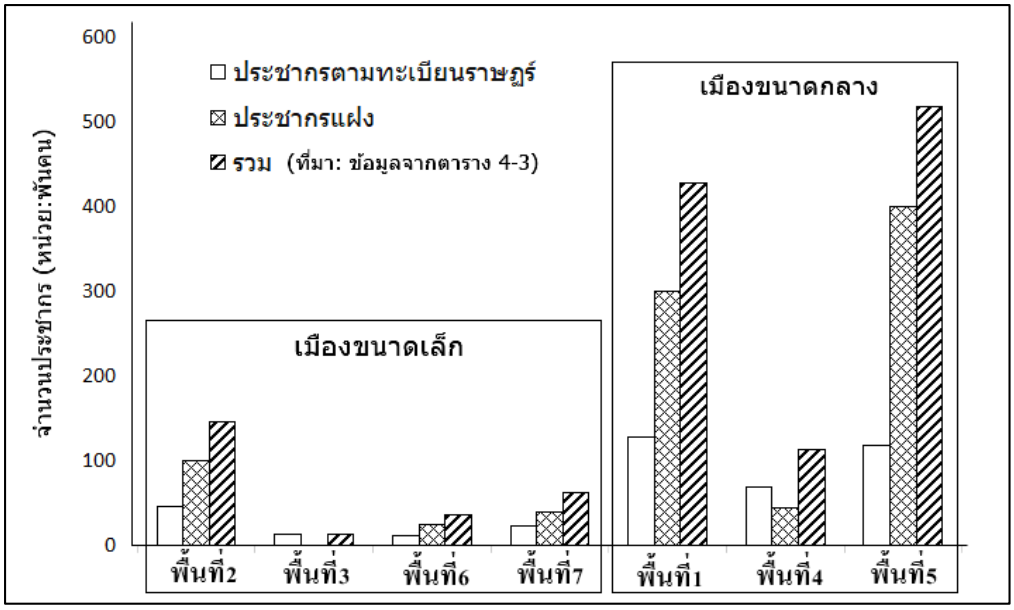
สาเหตุที่ปริมาณบีโอดีของน้ำเสีย มีค่าสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (ตารางที่ 3-2) ทั้งท่อบริเวณหน้าฐานทัพเรือสัตหีบ (A16) และท่อบริเวณชุมชนหน้าวัดหลวงพ่ออี๋ (A17) เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-10) กล่าวคือ เทศบาลเมืองสัตหีบครอบคลุมพื้นที่ 6.22 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์กว่า 23,000 คน (กรมการปกครอง, 2560) (ตารางที่ 4-3) ตั้งอยู่ระหว่างเมืองพัทยาและอำเภอแกลง จังหวัดระยอง ประกอบกับการย้ายถิ่นฐานของข้าราชการทหารเรือทำให้เขตชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตพาณิชยกรรมมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับกับประชากรแฝงที่เข้ามาอาศัยอยู่ในพื้นที่ (ประมาณ 40,000 คน) จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 7,565 ลบ.ม./วัน (ตารางที่ 5-1) ในขณะที่เทศบาลเมืองสัตหีบในปัจจุบันยังไม่มีโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นของตนเอง จึงกล่าวได้ว่า ท่อระบายน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลทั้งสองแห่ง (A16 และ A17) ทำหน้าที่รับน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดมาจากเขตชุมชนที่อยู่อาศัยและย่านพาณิชย์กรรมที่กระจุกตัวหนาแน่นทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา คาดว่าแนวท่อระบายน้ำของเทศบาล ฯ อยู่ใต้ถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ถนนเทศบาลสาย 11, สาย 7 และสาย 9 แต่ไม่อาจจำแนกให้เห็นได้อย่างชัดเจน

เนื่องจากเทศบาลเมืองสัตหีบไม่มีข้อมูลโครงข่ายท่อระบายน้ำ จึงไม่สามารถทราบเส้นทางการลำเลียงน้ำทิ้งได้ว่ามาจากส่วนใดของพื้นที่ศึกษา

ในส่วนของอ่างเก็บน้ำหนองตะเคียน เป็นแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญของพื้นที่ มีความจุประมาณ 9 แสนลูกบาศก์เมตร (สำนักงานเทศบาลเมืองสัตหีบ, 2559) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาณบีโอดีมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ฯ สอดคล้องกับ พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล, (2549) ที่ทำการตรวจสอบอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง พบว่า จากการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 1ปี ปริมาณบีโอดีส่วนใหญ่เกินเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 (ไม่เกิน 1.5 mg/l) โดยพบว่า น้ำที่อยู่ในบริเวณริมฝั่งของอ่างเก็บน้ำทั้งสองฝั่ง มีปริมาณบีโอดีสูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งปัญหาด้านคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลเป็นผลมาจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งที่ตั้งอยู่บริเวณต้นน้ำ รวมไปถึงการขยายตัวของชุมชนที่อยู่อาศัยในอำเภอปลวกแดงทำให้น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากพื้นที่ดังกล่าวปริมาณมากระบายลงสู่อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล ในระยะยาวอาจมีการสะสมของมลพิษในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นได้ จากข้อมูลข้างต้นกล่าวได้ว่า อ่างเก็บน้ำหนองตะเคียนทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนซึ่งตั้งอยู่ทั้งในและรอบนอกเขตเทศบาลเมืองสัตหีบ น้ำเสียส่วนหนึ่งถูกระบายมาจากชุมชนที่อยู่อาศัยด้านหลังโรงเรียนสิงห์สมุทร (ศูนย์ข่าวศรีราชา, 2558) (แสดงในภาพที่ 4-10) ในอดีตเกิดเหตุการณ์ที่สัตว์น้ำตายลงอย่างฉับพลัน เนื่องจากน้ำเสียปริมาณมากถูกระบายลงสู่อ่างเก็บน้ำหนองตะเคียน (ผู้จัดการออนไลน์, 2549) ด้วยลักษณะทางกายภาพเป็นแหล่งน้ำปิดไม่มีช่องทางระบายน้ำออกไปภายนอก สอดคล้องกับการศึกษาการจัดการน้ำเสียของชุมชนในเขตเทศบาลเมืองพะเยาของ วิไลวรรณ สุปรียาภร (2543) พบว่า ปริมาณน้ำเสียที่ระบายลงสู่กว๊านพะเยาซึ่งไม่ได้ผ่านการบำบัดน้ำเสีย ส่งผลทำให้คุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาในช่วงปีพ.ศ. 2541- 2542 เสื่อมโทรมลง จากข้อมูลดังกล่าว หน่วยงานท้องถิ่นในพื้นที่เทศบาลเมืองสัตหีบควรเฝ้าระวังอย่างสม่ำเสมอเพราะหากมีสารพิษอันตรายรั่วไหลลงไปอาจทำให้สะสมอยู่ในอ่างเก็บน้ำและส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศดังกล่าวได้

ตารางที่ 5-1 จำนวนประชากรเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเสียในแต่ละพื้นที่

พื้นที่	ประชากรรวม คน	ปริมาณน้ำเสีย/วัน (ลบ.ม/วัน)	การรองรับของระบบ (ลบ.ม/วัน)	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม/วัน)	น้ำเข้าระบบ %	น้ำไม่เข้าระบบ (ลบ.ม/วัน)	BOD Influence mg/l	BOD Effluent mg/l	ประสิทธิภาพการบำบัด	แนวท่อครอบคลุม
1 (เมืองชล ฯ)	429,033	85,807	22,500	10,900	48%	74,907	38.23	5.88	84%	ไม่ครอบคลุม
2 (บางแสน)	146,425	17,571	14,000 (แสนสุขเหนือ)	6,500	46%	3,571	41.65	10.26	75%	ครอบคลุม
			9,000 (แสนสุขใต้)	7,500	83%		37.53	9.5	74%	ครอบคลุม
3 (บางพระ)	13,252	1,590	ไม่มีโรงบำบัด			1,590	ไม่มีโรงบำบัด			
4 (ศรีราชา)	113,904	22,781	18,000	4,000	74%	17,781	31.3	9.12	70%	ไม่ครอบคลุม
5 (พัทยา)	518,511	103,702	65,000 (หนองใหญ่)	80,000	123%	8,702	53.32	14.98	71%	ครอบคลุม
			20,000 (วัดบุญย์ ฯ)	15,000	75%		50.22	14.65	70%	ครอบคลุม
6 (บางเสร่)	36,167	4,340	5,400	4,000	74%	340	31.32	7.28	76%	ไม่ครอบคลุม
7 (สัตหีบ)	63,045	7,565	ไม่มีโรงบำบัด			7,565	ไม่มีโรงบำบัด			



ภาพที่ 5-1 จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ ประชากรแฝง และประชากรรวมของแต่ละเมือง พื้นที่ 2 คือ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข, พื้นที่ 3 คือ เทศบาลตำบลบางพระ, พื้นที่ 6 คือ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่, พื้นที่ 7 คือ เทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ, พื้นที่ 1 คือ พื้นที่องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี, พื้นที่ 4 คือ พื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา และพื้นที่ 5 เมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม)

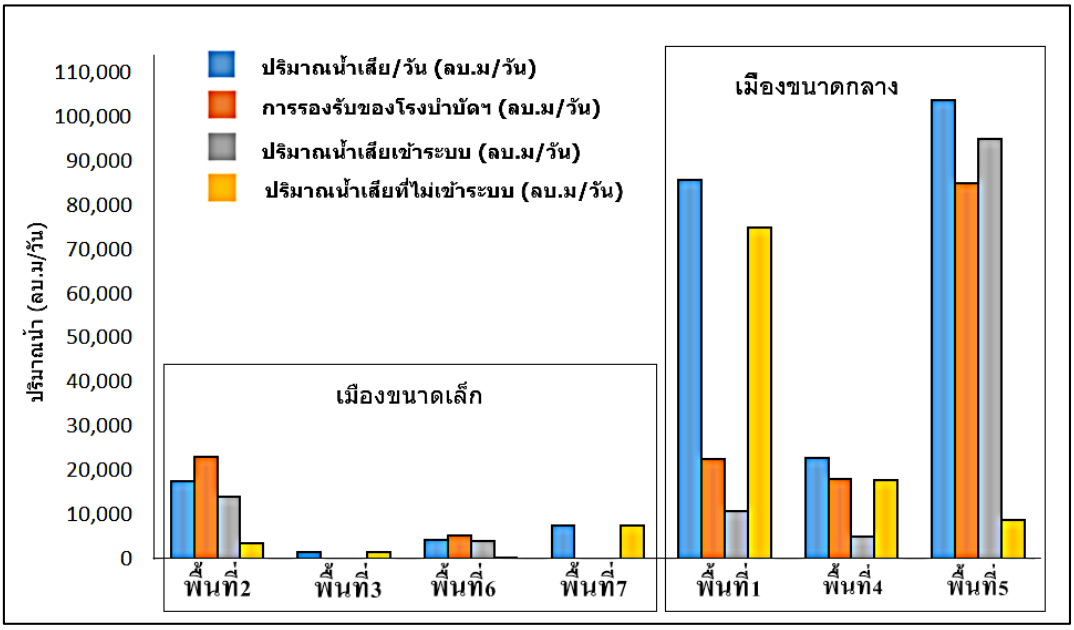
5.2 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมืองขนาดกลาง

5.2.1 พื้นที่ 1 พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

จากผลคุณภาพน้ำทิ้ง (แสดงในตารางที่ 4-1) สถานี A1 ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 5.2 และ 7.3 mg/l ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 8.5 mg/l และ 0.66 mg/l ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) ในขณะที่แหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1-B3 (ตารางที่ 4-2) ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.34 -1.18 mg/l ซึ่งทั้งสองครั้ง พบว่า ทุกสถานีมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 3-2) ส่วนปริมาณบีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 18.8-175 mg/l และปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) มีค่าอยู่ในช่วง 1.22-2.1 mg-N/L ทั้งสอง

พารามิเตอร์มีค่าเกินจากเกณฑ์มาตรฐานฯ สอดคล้องกับ รายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก ครั้งที่ 2/2561 (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2561) ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำและคลองสาขาของลุ่มน้ำบางปะกงทั้งหมด 13 สถานี พบว่า คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม (62%)

โดยพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงปัญหามากที่สุด คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) คลองสังเขป (B1) และคลองบางปลาสร้อย (B2) มีเส้นทางไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตพาณิชยกรรมของพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรีเป็นระยะทางกว่า 2 กิโลเมตร สาเหตุที่คุณภาพน้ำของคลองทั้งสองแห่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) กล่าวคือ ชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตพาณิชยกรรมบริเวณใกล้เคียงลำคลองมีการระบายน้ำเสียลงสู่คลองทั้งสองสายโดยตรง เนื่องจากแนวท่อรวบรวมน้ำเสียมิได้ครอบคลุมไปยังชุมชนดังกล่าว (โดยเฉพาะชุมชนริมทะเล) ส่วนคลองห้วยละมุ (B3) ตั้งอยู่นอกเขตเทศบาล ฯ เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ จึงมีคุณภาพน้ำดีกว่าคลองสังเขปและคลองบางปลาสร้อย ซึ่งคลองทั้ง 3 สายมีปากคลองออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 5-2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำเสียที่เกิดในพื้นที่, ความสามารถในการรองรับของระบบ ฯ , ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด และปริมาณน้ำเสียที่ไม่ได้เข้าระบบบำบัดในแต่ละพื้นที่

สอดคล้องกับ รายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) ตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกทั้งหมด 60 จุด พบว่า คุณภาพน้ำของอ่าวชลบุรี, ศรีราชา (เกาะลอย), พัทยากลาง และท่าเรือสัตหีบอยู่ในระดับเสื่อมโทรม ตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (Marine Water Quality Index) (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ฯ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายใน น้ำ (DO) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH3 -N) บริเวณพื้นที่อ่างศิลาและอ่าวศรีราชา (เกาะลอย), ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO4 -P) บริเวณพื้นที่อ่าวชลบุรี อ่างศิลา บางแสน อ่าวศรีราชา (เกาะลอย) หาดจอมเทียน ซึ่งสอดคล้องกับ รายงานสถาการณ์มลพิษของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) พบว่า ชลบุรีมีคุณภาพน้ำชายฝั่งลดลงจากปี พ.ศ. 2558 จึงถูกจัดอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก

เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-11) พบว่า เขตพาณิชยกรรมแทรกตัวอยู่ในเขตชุมชนที่อยู่อาศัยตามแนวถนนสายหลัก เช่น ถนนสุขุมวิท ถนนวชิรปราการและถนนเศรษฐกิจ โดยเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันตกของถนนวชิรปราการใกล้กับตลาดใหม่และตลาดท่าเรือพลี เขตชุมชนที่อยู่อาศัยมีลักษณะกระจุกตัวหนาแน่นตามแนวชายฝั่งทะเล สอดคล้องกับ ภูวไนย พลไชย (2547) พบว่า ชุมชนแออัดชายทะเลในเขตเทศบาลเมืองชลบุรีมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและพื้นที่ชายฝั่งทะเลมากกว่าชุมชนบริเวณอื่น เนื่องจากประชากรในชุมชนแออัดชายทะเลส่วนใหญ่เป็นชาวประมงดั้งเดิมที่สืบทอดการประกอบอาชีพมาจากบรรพบุรุษ

พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 36 ตารางกิโลเมตร มีประชากรท้องถิ่นและประชากรแฝงรวมกันประมาณ 429,000 คน (ตารางที่ 4-3) จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 85,807 ลบ.ม./วัน (ตารางที่ 5-1) ในขณะที่ระบบบำบัดสามารถรองรับน้ำได้เพียง 22,500 ลบ.ม/วัน และมีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัดประมาณ 10,900 ลบ.ม./วัน (ภาพที่ 5-2) แสดงให้เห็นว่า ความสามารถการรองรับของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งมีน้ำเสียที่ไม่ถูกนำเข้าสู่ระบบบำบัดกว่า 74,900 ลบ.ม./วัน (ตารางที่ 5-1) สำหรับโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (ภาพที่ 4-11) ท่อดักน้ำเสียวางตัวในแนวเหนือจรดใต้บริเวณตอนกลางของเทศบาลเมืองชลบุรี สถานีสูบน้ำเสีย PS1 ทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียจากทิศเหนือ (เทศบาลตำบลบางทราย) ส่วนสถานีสูบน้ำเสีย PS2 จะรวบรวมน้ำเสียที่เกิดจากพื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนวชิรปราการและลำเลียงต่อไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ที่ตั้งอยู่ทางตอนใต้ ในขณะที่เขตชุมชนที่อยู่อาศัยขนาดใหญ่ทางฝั่งตะวันตกของถนนวชิรปราการไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ท่อดักน้ำเสียได้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีระดับต่ำกว่าทางฝั่งตะวันออก จากการสำรวจภาคสนาม พบว่า น้ำในคลองสังเขป (B1)

มีความสกปรกสูง (ปริมาณบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 117.6 mg/l) มีลักษณะเป็นสีดำและส่งกลิ่นเหม็น รวมไปถึงยังพบสิ่งปฏิกูลและขยะเป็นจำนวนมาก โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียโดยภาพรวม พบว่า ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่บริเวณถนนวชิรปราการและส่วนหนึ่งของถนนพระยาสัจจาเท่านั้น สำหรับพื้นที่เขตพาณิชยกรรมและชุมชนที่อยู่อาศัยที่การกระจายออกไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้สองฝั่งถนนเศรษฐกิจนั้น แนวท่อรวบรวมน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมไปยังบริเวณดังกล่าว

5.2.2 พื้นที่ 4 พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

จากผลคุณภาพน้ำเสียชุมชน (สถานี A6-A9) ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ปริมาณบีโอดี มีค่าอยู่ในช่วง 5.95 – 65.4 mg/l ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) มีเพียงสถานี A6 และ A9 ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ฯ ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมของสถานี A7 และ A9 มีค่าเท่ากับ 1.64, 6.07 mg/l และ 0.13, 2.05 mg/l ตามลำดับ (แสดงในตารางที่ 4-1) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสรวมของสถานี A7 มีค่าสูงเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ส่วนน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ (A9) ทุกพารามิเตอร์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ฯ เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพน้ำเสียชุมชนในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ท่อบริเวณสถานีสูบน้ำเสียศรีราชา (A7) และท่อใต้สะพานเกาะลอย (A8) (แสดงในภาพที่ 4-12) ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้ง พบว่า มีปริมาณบีโอดีสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) สอดคล้องกับ อัญวราภรณ์ นิลทะราช และคณะ, (2547) ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งของอ่าวศรีราชา ซึ่งตรงกับสถานี A7 และ A8 ของการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ประเภทที่ 4 (ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) และมีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่ามาตรฐาน ฯ บริเวณท่อน้ำทิ้งใต้สะพานเกาะลอยและชายฝั่งทะเลหน้าโรงพยาบาลสมเด็จ ฯ

ผลกระทบของคุณภาพทะเลที่เสื่อมโทรมที่มีต่อระบบนิเวศทางทะเล แสดงให้เห็นได้จากการศึกษาของ จรรยา เจตน์เจริญและคณะ (2547) ศึกษาชนิดและความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดิน บริเวณสถานี A7 และ A8 ของการศึกษาครั้งนี้ เป็นระยะเวลา 1 ปี พบสัตว์ทะเลหน้าดินทั้งหมด 5 ไฟลัม รวม 37 ชนิด ซึ่งพบในไฟลัม Annelida มากที่สุด เป็นสัตว์ประเภทไส้เดือนทะเลชนิดต่าง ๆ ที่มีรายงานว่าอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง เช่น บริเวณจุดปล่อยทิ้งชุมชนหรือแพเลี้ยงหอยแมลงภู่ เป็นต้น ส่วนความหนาแน่นของสัตว์หน้าดิน พบว่า บริเวณสถานี

สูบน้ำเสียศรีราชาและท่อใต้สะพานเกาะลอย มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ (เฉลี่ย 91.4 และ 14.8 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ) เนื่องจากสภาพพื้นที่ดังกล่าว น้ำทิ้งมีสีคล้ำ ตะกอนดินมีลักษณะเป็นโคลนละเอียดสีดำและมีกลิ่นแก๊สไข่เน่าอย่างชัดเจน โดยภาพรวม
พบสัตว์หน้าดินที่บ่งชี้สภาวะแวดล้อมที่เป็นพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีการปล่อยน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งจากการสำรวจภาคสนาม ปัจจุบันยังพบลักษณะทางกายภาพของชายฝั่งทะเลใกล้เคียงกับอดีตเมื่อ 14 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2547) หากชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวศรีราชายังมีสภาพเสื่อมโทรมเช่นนี้ในระยะยาวอาจส่งผลกระทบต่อชนิด ความหลากหลายของสัตว์หน้าดิน และระบบนิเวศทางทะเลบริเวณดังกล่าวได้ ส่วนคุณภาพน้ำของท่อถนนใหม่ (A6)

เมื่อพิจารณาจากปริมาณบีโอดีมีค่าเท่ากับ 10.31 mg/l หากเปรียบเทียบกับสถานีอื่น ๆ ซึ่งเป็นน้ำที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ พบว่า มีปริมาณบีโอดีต่ำที่สุด (แสดงในตารางที่ 4-1) ข้อมูลจำเพาะที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ กล่าวคือ จุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวเป็นลักษณะท่อระบายน้ำขนาดใหญ่อยู่ใต้ถนนที่เพิ่งสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2559 (ใกล้แยกโรงเรียนดาราสมุทร) (แสดงในภาพที่ 4-12) จากการศึกษาโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียประกอบกับข้อมูลจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา สามารถอธิบายได้ว่า ท่อดังกล่าวเป็นท่อระบายน้ำฝนส่วนขยายที่เชื่อมเข้ากับโครงข่ายท่อระบายน้ำที่มีอยู่เดิม ทำหน้าที่รองรับน้ำเสียบางส่วนที่ถูกรวบรวมมาจากพื้นที่เทศบาลตำบลเจ้าพระยาสุรศักดิ์ ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวจะถูกระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ กล่าวคือ ตำบลสุรศักดิ์มีจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ 45,000 คน (กรมการปกครอง, 2560) คำนวณปริมาณน้ำเสียได้ 9,000 ลบ. ม./วัน (ตัวเลขนี้รวมกับปริมาณน้ำเสียของพื้นที่ 4 ในตารางที่ 5-1) ไม่มีข้อมูลชี้แจงได้ว่าท่อระบายน้ำนี้ลำเลียงน้ำเสียมาจากส่วนใดของพื้นที่เทศบาลตำบลเจ้าพระยาสุรศักดิ์ แต่จากผการศึกษาในครั้งนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเฝ้าระวังคุณภาพน้ำเสียจากท่อระบายน้ำดังกล่าวในระยะยาวต่อไป

จากการวิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ พบว่า เขตพาณิชยกรรมกระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณถนนสายหลัก เช่น ถนนสุขุมวิทและถนนสุรศักดิ์สงวน ประชากรท้องถิ่นจะอาศัยอยู่บริเวณใจกลางย่านการค้าในตลาดเทศบาล ฯ (แสดงในภาพที่ 4-12) ลักษณะชุมชนมีการกระจายตัวไปทางทิศตะวันออกของถนนสุขุมวิทตลอดสองฝั่งถนนวังหินและถนนเก้ากิโล รวมไปถึงชุมชนชายทะลที่กระจุกตัวหนาแน่นบริเวณฝั่งตะวันตกของถนนเจิมจอมพล ซึ่งน้ำเสียจากชุมชนดังกล่าวถูกระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยตรง เนื่องจากความลาดชันของพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลมีระดับต่ำกว่าแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย ฉะนั้นแนวท่อรวบรวมน้ำเสียจึงไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียจากชุมชนชายฝั่งทะเลเข้ามายังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำได้

สำหรับพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพเทศบาลเมืองศรีราชาครอบคลุมพื้นที่ 1.5 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์และประชากรแฝงรวมกันประมาณ 113,000 คน (ตารางที่ 4-3) สำหรับโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (แสดงในภาพที่ 4-12) วางตัวในแนวเหนือจรดใต้ของพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนเจิมจอมพล โดยสถานีสูบน้ำเสีย (A7) ทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียจากแนวท่อระบายน้ำบนถนนเจิมจอมพลช่วงต้นบริเวณแยกโรงเรียนดาราสมุทร และถนนสุขุมวิทช่วงปลายบริเวณโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ฯ เข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ในขณะที่แนวท่อระบายน้ำสายอื่น ๆ จะระบายน้ำฝนและน้ำเสียลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยตรง (ในภาพที่ 4-12) จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 22,781 ลบ.ม./วัน (แสดงในตารางที่ 5-1) ในขณะที่ระบบบำบัดสามารถรองรับน้ำได้ถึง 18,000 ลบ.ม/วัน, ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัดประมาณ 5,000 ลบ.ม./วัน และมีน้ำเสียที่ไม่ถูกนำเข้าสู่ระบบบำบัดกว่า 17,781 ลบ.ม./วัน

สรุปได้ว่า โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่บริการ เนื่องจากนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบได้น้อยกว่า 50% เบื้องต้นควรพิจารณาเพิ่มจำนวนสถานีสูบน้ำเสียเพื่อสามารถรวบรวบน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด ฯ ได้มากกว่าปัจจุบัน ซึ่งความสามารถในการรองรับของระบบบำบัด ฯ (พื้นที่ 4) ยังสามารถรวบรวมปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบเพิ่มขึ้นได้อีกเป็นเท่าตัว (แสดงในภาพที่ 5-2) อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการขยายแนวท่อให้ครอบคลุมพื้นที่และนำน้ำเสียเข้าระบบได้เต็มศักยภาพ 100% แต่ในอนาคตความสามารถการรองรับของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของเทศบาลเมืองศรีราชายังคงไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาถึงประเด็นนี้และดำเนินการแก้ไขต่อไป

5.2.3 พื้นที่ 5 เขตให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

คุณภาพน้ำเสียชุมชน สถานี A10-A14 (ตารางที่ 4-1) ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในช่วง 1.57-7.63 mg/l เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 3-2) ส่วนปริมาณบีโอดีจากเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 12.07 – 126.6 mg/l มีเพียงสถานี A10 และ A13 ที่เป็นไปตามาตรฐาน ฯ ทั้งสองครั้ง เนื่องจากเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมอยู่ในช่วง 1.25-2.38 mg/l ซึ่งสถานี A13 และ A14 เกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ในขณะที่แหล่งน้ำผิวดินสถานี B7-B9 (แสดงในตารางที่ 4-2) ทุกสถานีมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.3 -2.4 mg/l ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 3-2) ปริมาณบีโอดีอยู่

ในช่วง 5.6-175 mg/l ซึ่งทุกสถานีเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ทั้งสองครั้ง ส่วนปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) อยู่ในช่วง 0.3-2.33 mg-N/L มีเพียงสถานี B8 ที่เกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และคุณภาพน้ำทิ้งของทั้งสองพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่พัทยา-นาเกลือ และนาจอมเทียน พบว่า สถานีท่อ Walking Street (A11) มีปริมาณบีโอดีสูงถึง 126.6 mg/l เป็นน้ำเสียที่ถูกรวบรวมมาจากถนนพัทยาสาย 1 (แสดงในภาพที่ 4-14) ซึ่งเป็นเขตพาณิชยกรรมหนาแน่น มีลักษณะเป็นอาคารพาณิชย์ กึ่งพักอาศัยจำนวนมาก รวมไปสถานประกอบการต่าง ๆ เช่น ที่พักขนาดเล็ก ร้านอาหาร สถานบันเทิง และห้างสรรพสินค้า ฯลฯ ในขณะที่ท่อหน้าโรงแรมแกรนด์พัทยา (A12) มีปริมาณบีโอดีเพียง 12.07 mg/l ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ถูกรวบรวมมาจากถนนจอมเทียนสาย 1 (แสดงในภาพที่ 4-15) ซึ่งถนนสายดังกล่าว เป็นที่ตั้งของโรงแรมและคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่หลายแห่ง กล่าวได้ว่า สาเหตุที่พื้นที่นาจอมเทียนมีคุณภาพน้ำทิ้งดีกว่าพื้นที่พัทยา-นาเกลือ เนื่องจากการที่โรงแรมต่าง ๆ มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite Treatment) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ติดตั้งเพื่อบำบัดน้ำเสียจาก บ้านพักอาศัย อาคารชุด โรงเรียน หรือสถานที่ประกอบการ เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสกปรกของน้ำเสียก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ซึ่งเป็นไปตามกฎหมายกำหนดไว้ว่า อาคารสำหรับใช้เป็นโรงแรมจำต้องมีระบบระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียภายในเป็นของตนเอง (กรมการปกครอง, 2551) จึงทำให้น้ำเสียที่ออกมาจากเขตพาณิชย์กรรมในบริเวณดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ในทางกลับกัน สถานีท่อหน้าร้านลุงไสว 1 (A14) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อระบายน้ำออกสู่ชายฝั่งทะเลโดยตรง มีปริมาณบีโอดีสูงถึง 66 mg/l เนื่องจากท่อดังกล่าวอยู่นอกพื้นที่รับผิดชอบโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดบุญย์กัญจนาราม (เมืองพัทยา, 2560) น้ำเสียจึงไม่ถูกรวบรวบเข้าสู่ท่อดักน้ำเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบ (Influence) ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดบุญย์กัญจนาราม พบว่า มีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 50.22 mg/l ซึ่งใกล้เคียงกับสถานี A14

ในส่วนของแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ คลองนกยาง (B7), คลองมาบยายเลีย (B8) และคลองห้วยใหญ่ (B9) ทุกสถานีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 100.8, 67.87 และ 7.72 mg/l ตามลำดับ ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 3-2) กล่าวคือ คลองนกยาง (แสดงในภาพที่ 4-14) ไหลผ่านชุมชนที่อยู่อาศัยแออัดบริเวณที่ว่าการอำเภอบางละมุง ส่วนคลองมาบยายเลียไหลผ่านเขตที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมบริเวณชุมชนวัดหนองใหญ่ สาเหตุที่มีปริมาณบีโอดีสูง เนื่องจากคลองนกยางและคลองมาบยายเลียทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่บริเวณสองฝั่งคลอง สำหรับคลองมาบยายเลีย เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ซอยวัดหนองใหญ่) และบางส่วนเป็นน้ำเสีย

ที่ยังไม่ผ่านการบำบัด แต่คลองนกยางรองรับน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดแต่อย่างใด (ปริมาณบีโอดีสูงเป็นอันดับสองของแหล่งน้ำผิวดินในการศึกษาครั้งนี้) เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาสภาวะแวดล้อมในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (สำนักผังเมือง, 2559) ทำการศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติของกรุงเทพฯ แบ่งเป็นจุดเก็บในคลองต่าง ๆ รวม 292 จุด และแม่น้ำเจ้าพระยา 9 จุด พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 1 mg/l มีทั้งหมด 99 จุด ส่วนปริมาณบีโอดีที่มีค่าสูงกว่า 15 mg/l มีทั้งหมด 124 จุด ซึ่งเป็นคลองที่กระจายอยู่ในเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม รวมไปถึงเขตที่อยู่อาศัยเป็นหลัก จากรายงานดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าคลองนกยางและคลองมาบยายเลียมีคุณภาพน้ำต่ำกว่าคลองหลายแห่งในกรุงเทพฯ

สอดคล้องกับ Jin Hur and Jinwoo choo (2012) ซึ่งได้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำ 18 สถานี ของแม่น้ำแกป ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำมากกว่า 662 ตร.กม ไหลผ่านย่านชุมชนหนาแน่นของเมืองแทจอน ประเทศเกาหลีใต้ มีประชากรกว่า 1.5 ล้านคน พบว่า คุณภาพน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่าง 5 จุดที่อยู่ในระยะ 100 เมตร จากบริเวณที่มีการปล่อยน้ำทิ้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ (รองรับน้ำทิ้ง 900,000 ลบ.ม./วัน) พบว่า ปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย (NH_3^-) และไนเตรท (NO^-_3) มีค่าอยู่ในช่วง 10.1 – 24.5 mg/l, 4.70 – 11.10 mg-N/L และ 1.32 – 1.98 mg-N/L ตามลำดับ ซึ่งบริเวณลุ่มน้ำตอนล่างแสดงผลคุณภาพน้ำที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ฯเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีบริเวณต้นน้ำที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ พบว่า ปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย (NH_3^-) และไนเตรท (NO^-_3) มีค่าเท่ากับ 0.6, 0.01 และ 0.26 ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าแม่น้ำแกปมีแนวโน้มที่จะได้รับมลสารต่าง ๆ จากกิจกรรมของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการวิจัยในประเทศเวียดนาม Trinh et al. (2006) สำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำที่แม่น้ำทูริช (To Rich) และแม่น้ำฮุย (Nhue) ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียมาจากเมืองฮานอย ซึ่งมีประชากรมากกว่า 7.5 ล้านคน แสดงให้เห็นคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน พบว่า ปริมาณบีโอดี เท่ากับ 70 mg /l, ฟอสฟอรัสทั้งหมด 3.5 mg/l, ไนโตรเจนทั้งหมด 31.6 mg N/l, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 1 mg/l แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำของคลองนกยางและคลองมาบยายเลียควรได้รับการฟื้นฟูสภาพน้ำเป็นการเร่งด่วนเพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศในระยะยาว

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 103,702 ลบ.ม./วัน (แสดงในตารางที่ 5-1) โดยเมืองพัทยาแบ่งพื้นที่รวบรวมน้ำเสียเป็น 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ อยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่) และพื้นที่นาจอมเทียนอยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) (แสดงในภาพที่ 4-13) ในขณะที่ระบบบำบัดซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม สามารถรองรับน้ำได้ 65,000 และ 20,000 ลบ.ม/วัน ตามลำดับ

มีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัด 80,000 และ15,000 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4-3) แสดงให้เห็นว่า ความสามารถการรองรับของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ซอยวัดหนองใหญ่ ไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งโดยรวมเมืองพัทยามีน้ำเสียที่ไม่ถูกนำเข้าสู่ระบบบำบัดกว่า 8,702 ลบ.ม./วัน (แสดงในตารางที่ 5-) สำหรับโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำในพื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ พบว่าท่อดักน้ำเสียอยู่บริเวณถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ถนนพัทยาสาย 1 และ สาย 2 (แสดงในภาพที่ 4-14) มีสถานีสูบน้ำเสียทั้งหมด 6 แห่ง ส่วนพื้นที่นาจอมเทียนซึ่งมีแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย 7 แนว และมีสถานีสูบน้ำเสีย 9 แห่ง (แสดงในภาพที่ 4-15) สรุปได้ว่าภาพรวมโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียของเมืองพัทยาค่อนข้างครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่

พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 53.4 ตารางกิโลเมตร เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-14 และ 4-15) พบว่า พื้นที่ตำบลนาเกลือและพัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ ลักษณะที่อยู่อาศัยในพื้นที่เมืองพัทยามีลักษณะเป็นหมู่บ้านจัดสรรเป็นส่วนใหญ่กระจายตัวตลอดแนวถนนเลียบทางรถไฟไปทางทิศใต้ของพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-14) เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นตลอดแนวชายฝั่งหาดพัทยา ศูนย์กลางของย่านพาณิชยกรรมอยู่บริเวณถนนพัทยาสาย 1 และสาย 2 สอบคล้องกับ สกาวรัตน์ วีระเสถียร (2556) รายงานว่า ทิศทางการขยายตัวของอาคารสูงในเมืองพัทยามีลักษณะเป็นแนวยาวจากทิศเหนือจรดใต้ตามรูปร่างของเมืองพัทยา ในปี พ.ศ. 2540, 2546 และ 2554 มีการขยายตัวซ้อนทับกันบริเวณเขตพัทยากลางและพัทยาใต้ ส่วนพื้นที่นาจอมเทียน พบว่า เขตชุมชนที่อยู่อาศัยมีลักษณะเป็นหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บริเวณตลอดแนวฝั่งตะวันออกของถนนเลียบทางรถไฟ (แสดงในภาพที่ 4-15) เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณเขาพระตำหนักและกระจายตัวลงไปทางทิศใต้ตลอดแนวชายฝั่งทะเล บริเวณถนนจอมเทียนสาย 1 และสาย 2 รวมไปถึงถนนสุขุมวิทในลักษณะของโรงแรม อาคารพาณิชย์ และร้านอาหารขนาดใหญ่ ซึ่งการศึกษาของ สกาวรัตน์ วีระเสถียร (2556) พบว่า อาคารสูงประเภทคอนโดมิเนียมและโรงแรม กระจายตัวอยู่บริเวณพื้นที่ราบตอนบนของหาดพัทยาลงมาทางทิศใต้จนถึงหาดนาจอมเทียน เมื่อพิจารณาจากปัจจัยทางกายภาพในบริเวณดังกล่าว พบว่า ยังมีพื้นที่โล่งจำนวนมาก เป็นไปได้ว่าจะมีการก่อสร้างอาคารสูงประเภทคอนโดมิเนียมและโรงแรมบริเวณดังกล่าวในอนาคต

กล่าวได้ว่า ลักษณะการใช้ที่ดินของเมืองพัทยามีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการท่องเที่ยวอย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากเมืองพัทยาเป็นเมืองท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงมากที่สุดในระดับโลก หาดพัทยาเหนือมีความยาวจรดพัทยาใต้ประมาณ 3 กิโลเมตร ซึ่งสามารถทำกิจกรรม

ได้หลากหลาย เช่น เล่นน้ำ ดำน้ำดูปะการัง รวมไปถึงสถานที่ท่องเที่ยวในรูปแบบอื่น ๆ เช่น ปราสาทสัจธรรม พิพิธภัณฑ์ระดับโลกริบลี่ และตลาดน้ำสี่ภาค เป็นต้น เมืองพัทยาเป็นเมืองท่องเที่ยวที่มีการให้บริการแบบครบวงจรสามารถตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ทุกรูปแบบ (รุ่งระวี วีระเวสส์, 2016) ซึ่งในปี พ.ศ. 2558 เมืองพัทยามีจำนวนนักท่องเที่ยวมากกว่า 9.2 ล้านคน และมีผู้มาเยือนกว่า 9.8 ล้านคน (กรมการท่องเที่ยว, 2558) ส่งผลให้เมืองพัทยามีประชากรแฝงมากกว่าประชากรตามทะเบียนราษฎร์เป็นเท่าตัว (ภาพที่ 5-1) โดยมีประชากรรวมกว่า 518,000 คน (กรมการปกครอง, 2560) สอดคล้องกับ (สุชาติ เชี่ยงฉิน, 2016) ทำการศึกษาเมืองพัทยาโดยใช้วิธี SWOT Analysis พบว่า เมืองพัทยามีจุดแข็งและโอกาสในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวบันเทิง รวมไปถึงการลงทุนด้านธุรกิจการโรงแรม ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ เป็นต้น เนื่องจากธุรกิจดังกล่าวส่งผลต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การค้าและการลงทุนของเมืองพัทยามาอย่างต่อเนื่อง ชี้ให้ว่าเมืองพัทยามีศักยภาพและความพร้อมสูงมากในการแข่งขันด้านการค้าและอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวกับประเทศในกลุ่มสมาคมเศรษฐกิจอาเซียนและประชาคมโลก

จากการอภิปรายข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในอนาคตเมืองพัทยาจะมีการขยายตัวทั้งด้านเศรษฐกิจ การลงทุน และอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันอย่างมาก ดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการตรวจจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำทิ้งและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับพิจารณาขยายโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย ท่อระบายน้ำ และเพิ่มจำนวนโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย เพื่อให้เมืองพัทยามีศักยภาพเพียงพอที่จะรองรับกับการขยายตัวของเมืองรวมไปถึงปริมาณน้ำเสียที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต

5.3 โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of Sewage Network)

จากการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่า โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of sewage network) ทุกพื้นที่เป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) ระบายน้ำที่อยู่ใต้ถนนสายหลัก โดยทั่วไปจะรวบรวมน้ำฝนและน้ำเสียจากชุมชนไว้ในท่อเดียวกัน ส่วนน้ำเสีย (รวมกับน้ำฝนจนเกิดการเจือจาง) ที่เกินความสามารถในการรองรับได้ของระบบบำบัดจะถูกปล่อยให้ไหลล้นฝายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537) สำหรับท่อชนิดท่อแยก (Separate System) ซึ่งไม่มีการใช้ระบบนี้ในพื้นที่ศึกษา เป็นระบบที่แยกระหว่างท่อระบายน้ำฝนและท่อระบายน้ำเสีย โดยท่อระบายน้ำฝนทำหน้าที่รับน้ำฝนเพียงอย่างเดียวและระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ส่วนท่อระบายน้ำเสียทำหน้าที่ในการรองรับน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมเพื่อส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย ดังการศึกษาของ Brombach and Fuchs (2005) ศึกษาโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย

ระหว่างระบบท่อแบบแยกและระบบท่อแบบรวม พบว่า ระบบท่อแยกให้ผลการวิเคราะห์ในพารามิเตอร์สารอาหารที่ดีกว่า ในขณะที่พารามิเตอร์กลุ่มโลหะหนัก และ COD ระบบท่อรวมกลับมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีกว่า ซึ่งแตกต่างจาก Baffrey et al, 2013 ศึกษาระบบการจัดการน้ำเสียของระบบบำบัด 31 แห่ง ในพื้นที่ภาคตะวันออกของกรุงมะนิลา พบว่า ระบบท่อรวมมีความเสี่ยงและใช้ต้นทุนในการดูแลรักษาที่มากกว่า ในขณะที่ระบบท่อแยกมีแนวที่จะโน้มเผชิญกับปัญหาเรื่องปริมาณน้ำฝนไหลบ่าน้อยกว่าระบบท่อรวม อย่างไรก็ตาม ผลวิจัยชี้ ให้เห็นว่าระบบทั้งสองแบบล้วนมีประสิทธิภาพเช่นกัน ซึ่งการเลือกใช้ระบบท่อแบบใดย่อมขึ้นอยู่กับบริบทในพื้นที่นั้น ๆ

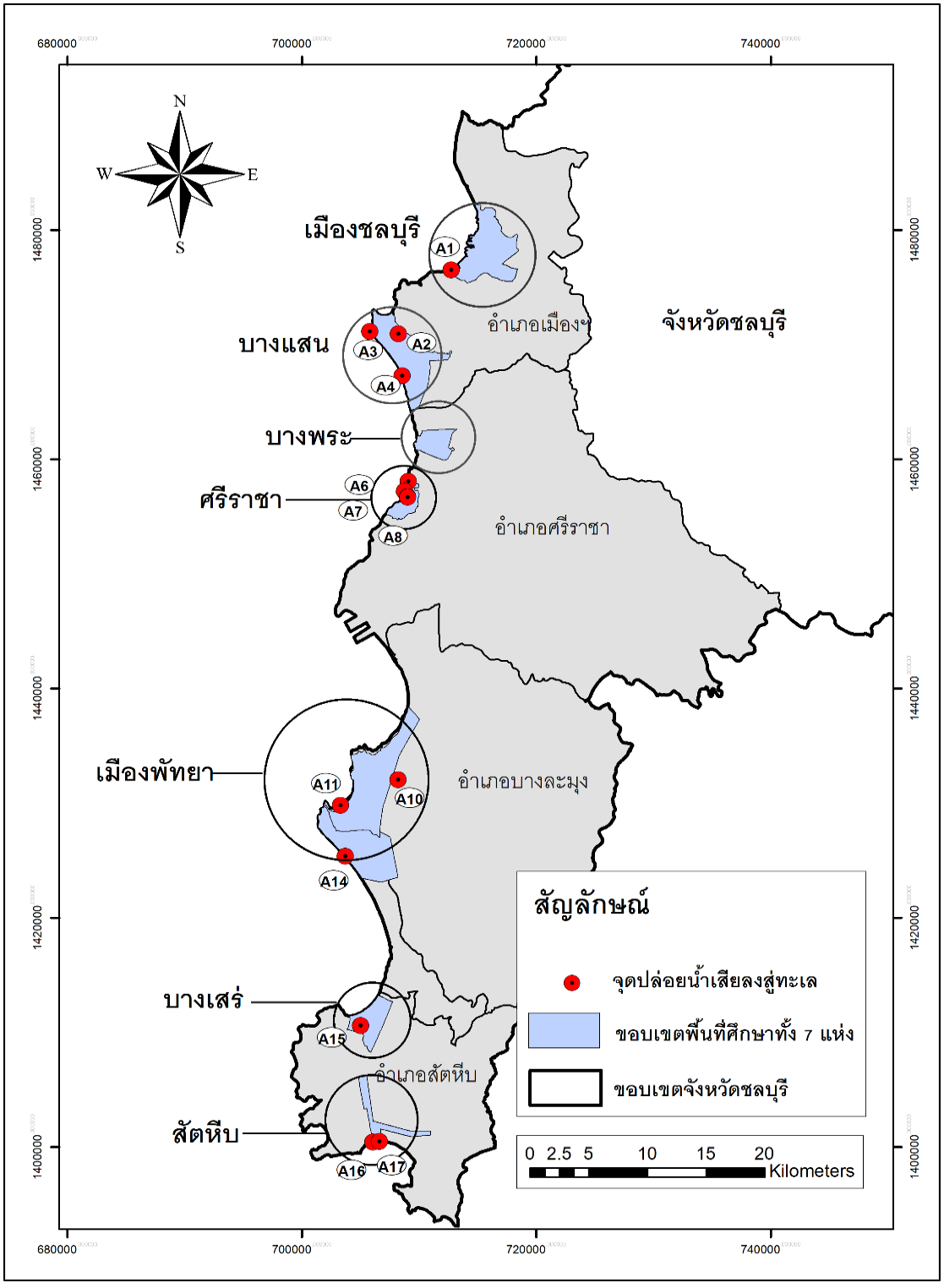
5.4 สรุปผลการศึกษา

5.4.1. คุณภาพน้ำทิ้งและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีสามารถระบุจุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) หมายถึงจุดปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (สุธีลา ตุลยเสถียร และคณะ, 2544) และท่อระบายน้ำเสียลงสู่ทะเลที่สามารถสังเกตได้ มี 13 จุด ได้แก่ A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A10, A11, A14, A15, A16 และ A17 (แสดงในภาพที่ 5-3)

ตารางที่ 5-2 จุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

สถานี	พื้นที่	ประเภทน้ำทิ้ง
A1	องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี	ผ่านการบำบัดแล้ว
A2	เทศบาลเมืองแสนสุข	ไม่ผ่านการบำบัด
A3 และ A4	เทศบาลเมืองแสนสุข	ผ่านการบำบัดแล้ว
A6, A7 และ A8	เทศบาลเมืองศรีราชา	ไม่ผ่านการบำบัด
A10	เมืองพัทยา	ผ่านการบำบัดแล้ว
A11 และ A14	เมืองพัทยา	ไม่ผ่านการบำบัด
A15,	เทศบาลตำบลบางเสร่	ผ่านการบำบัดแล้ว
A16 และ A17	เทศบาลเมืองสัตหีบ	ไม่ผ่านการบำบัด



ภาพที่ 5-3 แผนที่จุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ได้แก่ 13 สถานี ดังนี้ A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A10, A11, A14, A15, A16 และ A17

1) น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งมีปริมาณบีโอดีเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ได้แก่ พื้นที่ 4 เทศบาลเมืองศรีราชา (A8), พื้นที่ 5 เมืองพัทยา (A14) และพื้นที่ 7 เทศบาลเมืองสัตหีบ (A16, A17) (แสดงในตารางที่ 4-1)

2) คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Effluent) ซึ่งสถานีน้ำออกจากระบบบำบัดของทุกพื้นที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ได้แก่ สถานี A1, A3, A5, A9, A10, A13 และA15 ยกเว้นพื้นที่ 3 เทศบาลตำบลบางพระและ พื้นที่ 7 เทศบาลเมืองสัตหีบ เนื่องจากไม่มีโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในพื้นที่ดังกล่าว

3) คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินทุกสถานี (B1-B10) (แสดงในตารางที่ 4-2) มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี และแอมโมเนีย (NH_3^-) ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ยกเว้นสถานี B7 และ B9 ที่ปริมาณแอมโมเนียเป็นไปตามมาตรฐาน ฯ

5.4.2. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา สรุปโดยสังเขปได้ว่า

1) เขตพาณิชยกรรม (Commercial Zone) ทุกพื้นที่มีการกระจายตัวไปตามแนวถนนสายหลัก มีบางส่วนที่แทรกตัวอยู่ในเขตชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณใจกลางเมือง (Downtown) ซึ่งเป็นชุมชนเก่าแก่ที่ตั้งรกรากมายาวนาน ได้แก่ พื้นที่ 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี และพื้นที่ 4 เทศบาลเมืองศรีราชา ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวกลายเป็นย่านการค้าที่สำคัญ เช่น ตลาดใหม่ชลบุรี ตั้งอยู่บริเวณใจกลางของพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรี (แสดงในภาพที่ 4-11) และพื้นที่ 2 บริเวณตลาดหนองมน (แสดงในภาพที่ 4-7)

2) เขตชุมชนที่อยู่อาศัยชายฝั่งทะเล (Coastal Settlement Zone) มีลักษณะเป็นชุมชนแออัด ยื่นลงไปในทะเลประมาณ 50 - 200 เมตร ในพื้นที่ 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี, พื้นที่ 3 เทศบาลตำบลบางพระ, พื้นที่ 4 เทศบาลเมืองศรีราชาและพื้นที่ 7 เทศบาลเมืองสัตหีบ จากตำแหน่งที่ตั้งส่งผลให้ประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถเข้าถึงระบบสาธารณูปโภคได้ (โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย) ซึ่งสร้างขึ้นภายหลังการเกิดชุมชนกล่าวได้ว่า ชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล หรือปากคลองต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ (Point Source) ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเล (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2559) ปัจจุบันยังไม่มีการจัดการกับปัญหาดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมในทุกพื้นที่

3) เขตชุมชนที่อยู่อาศัย (Settlement zone) มีลักษณะเป็นหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่ที่กระจุกตัวรวมกันห่างออกไปจากศูนย์กลางของเมืองไม่มากนัก (5-15 กิโลเมตร) ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของเมืองทำให้เกิดเป็นพื้นที่ชานเมือง (Suburban) เพื่อรองรับกับประชากรแฝงที่ย้ายถิ่นฐานเข้ามาอาศัยในพื้นที่ โดยมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งที่ตั้งของสถานศึกษา, นิคมอุตสาหกรรม หรือสถานที่ท่องเที่ยว ได้แก่ พื้นที่ 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี, พื้นที่ 3 เทศบาลตำบลบางพระ, พื้นที่ 4 เทศบาลเมืองศรีราชา และพื้นที่ 5 เมืองพัทยา จากลักษณะดังกล่าวอาจนำไปสู่การขยายตัวของเมืองอย่างไร้ทิศทาง (Urban Sprawl) ได้ในอนาคต เนื่องจากเป็นการขยายตัวโดยปราศจากการวางแผนสำหรับการรองรับด้านสาธารณูปโภค เส้นทางคมนาคม รวมไปถึงการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (John, 2010)

4) การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานเพื่อการอยู่อาศัย การพาณิชย์ และการบริการ ลักษณะการใช้ที่ดินดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมและจำนวนของประชากรแฝงในพื้นที่อย่างมีนัยยะสำคัญ เช่น พื้นที่ 5 เมืองพัทยา พบว่า นักลงทุนรายใหญ่มีแนวโน้มพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์แบบผสมผสาน (Mixed-use Real Estate) ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 เป็นต้นมา เป็นการผสมผสานอสังหาริมทรัพย์เพื่อการอยู่อาศัยและพาณิชยกรรมรวมอยู่ในอาคารเดียวกัน (ประชาชาติธุรกิจ, 2561) ซึ่งเป็นผลดีต่อการพัฒนาเมืองในระยะยาว เนื่องจากเป็นการใช้ประโยชน์จากที่ดินได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (Howard Blackson, 2018)

5.4.3. ความสามารถการรองรับของระบบบำบัดน้ำเสีย

1) ปริมาณน้ำเข้าระบบ น้อยกว่า 50 % ของความสามารถในการรองรับของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ พื้นที่ 2 เทศบาลเมืองแสนสุข (เฉพาะโรงปรับปรุง ฯ แสนสุขเหนือ), พื้นที่ 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี และ 4

2) ปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัด มากกว่า 50 % ของความสามารถในการรองรับของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ พื้นที่ 2 เทศบาลเมืองแสนสุข (เฉพาะโรงปรับปรุง ฯ แสนสุขใต้), พื้นที่ 6 เทศบาลตำบลบางเสร่ และพื้นที่ 5 เมืองพัทยา (เฉพาะโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) (แสดงในตารางที่ 5-1)

3) ปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัด มากกว่า 100 % ของความสามารถในการรองรับของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเองพัทยาซอยวัดหนองใหญ่

5.4.4. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of sewage network)

จากการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่า แนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of Sewage Network) ทุกพื้นที่เป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) ระบายน้ำที่อยู่ใต้ถนนสายหลักโดยทั่วไป

จะรวบรวมน้ำฝนและน้ำเสียจากชุมชนไว้ในท่อเดียวกัน ส่วนน้ำเสีย (รวมกับน้ำฝนจนเกิดการเจือจาง) ที่เกินความสามารถในการรองรับได้ของระบบบำบัดจะถูกปล่อยให้ไหลล้นฝายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537) และโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีไม่ครอบคลุมพื้นที่บริการในพื้นที่ 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี และพื้นที่ 4 เทศบาลเมืองศรีราชา (ทั้งสองแห่งมีปริมาณน้ำเข้าระบบน้อยกว่า 50%) (แสดงในตารางที่ 5-1) รวมไปถึงสถานีสูบน้ำเสียบางแห่งมีน้อยเกินไป (พื้นที่ 4) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ดังกล่าวอย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากโครงข่ายรวบรวมน้ำเสียไม่สามารถนำน้ำเสียเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ตามที่โรงบัดบัดออกแบบไว้ จึงมีน้ำเสียส่วนเกินที่ไม่ถูกบำบัดรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งการซึมลงในแหล่งน้ำใต้ดิน บางส่วนไหลลงแหล่งน้ำผิวดินและระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลในที่สุด

5.5 ข้อเสนอแนะ

1) หน่วยงานผู้มีหน้าที่รับผิดชอบโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำควรพิจารณาความเหมาะสมของการจัดการในปัจจุบัน ประเด็นของการใช้ระบบท่อรวม/ท่อแยก การขยายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย การเพิ่มสถานีสูบน้ำเสีย และโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ในบางพื้นที่) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในการจัดการปัญหาน้ำเสียให้มีความสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและการขยายตัวของเมือง

2) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำทิ้ง แหล่งน้ำผิวดิน และชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีอย่างต่อเนื่อง

3) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรแบ่งตามประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้เป็นเกณฑ์ในการเก็บค่าบริการ เช่น กลุ่มที่ 1 อาคารที่พักอาศัย หอพัก ฯลฯ กลุ่มที่ 2 สถานประกอบธุรกิจขนาดย่อม โรงพยาบาล ฯลฯ และกลุ่มที่ 3 ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535) จะทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณภาพน้ำทิ้งได้ดีมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์. (2540). *มลพิษทางน้ำ*. นครปฐม: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

กรรณิการ์ สิริสิงห. (2549). *เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ. วิศาลการพิมพ์.

กรมการท่องเที่ยว. (2558). *จำนวนนักท่องเที่ยวในเมืองพัทยาและเทศบาลเมืองแสนสุข ปี พ.ศ. 2558*. วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.tourism.go.th/

กรมการปกครอง. (2561). *จำนวนประชากรปี พ.ศ. 2561*. วันที่ค้นข้อมูล 3 มิถุนา 2561, เข้าถึงได้จาก http://stat.dopa.go.th/

กรมควบคุมมลพิษ. (2555*). ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล; อ้างอิงพารามิเตอร์ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง*. วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก www.pcd.go.th/

กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. (2546). *การเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). *น้ำเสียและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย*. วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก www.pcd.go.th/info_serv/water_water.htm

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559*. วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560, เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). *รายงานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำที่สำคัญทั่วประเทศ. วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561*, เข้าถึงได้จาก http://iwis.pcd.go.th/IWIS/report/main1.php

กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) ตรวจวัด วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2561*.วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://iwis.pcd.go.th/index.php

กรมพัฒนาที่ดิน. (2555). *มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน*.วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560, เข้าถึงได้จาก www.lddservice.or

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2549). *เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549*. กรุงเทพฯ: พิมพลักษณ์.

กษิดิศ ลือชัย. (2553). *มาตรการทางกฎหมายในการป้องกันและควบคุมมลพิษทางน้ำในคลองแสนแสบในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์นิติศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, คณะนิติศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จรรยา เจตน์เจริญ. อลงกต อินทรชาติ และสุภารัตน์ จิตรแจ้ง. (2547). *การศึกษาชนิดและความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินและผลกระทบคุณภาพน้ำและดินตะกอนบริเวณจุดปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมฉบังถึงอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี.* ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา คณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.

จรัณธร บุญญานุภาพ. (2546). *ปฏิบัติการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.* พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2547). *รายงานขั้นสุดท้ายโครงการวางแผนพัฒนาทรัพยากรสภาพแวดล้อมชุมชนและการท่องเที่ยวของหมู่เกาะสีชังอย่างยั่งยืน.* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชฎา ณรงค์ฤทธิ์. (2547). *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม.* พิษณุโลก: ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ฐาปนา บุณยประวิตร และธนภณ พันธเสน. (2553) การปรับปรุงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2549 เพื่อหยุดยั้งการกระจัดกระจายของเมือง. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48* (หน้า 154-161). กรุงเทพฯ.

เทศบาลเมืองแสนสุข. (2559). *ประวัติและพัฒนาการของชุมชนตั้งเดิมในท้องถิ่น.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก https://saensukcity.go.th/

ไทยวอเตอร์. (2561). *ปริมาณความจุในการกักเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำบางพระ.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก www.thaiwater.net/

ไทยรัฐ. (2561). *ฝนตกหนัก ทำสัตหีบ-บางเสร่ วิกฤติ หาดดำปี๋ น้ำทะเลเน่าเหม็น.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก https://www.thairath.co.th/

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และอุษา วิเศษสุมน. (2540). *คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัช บุรีรักษ์ และบัญชา คูเจริญไพบูรณ์. (2551). *การแปลความหมายในแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ.* กรุงเทพฯ: อักษรวัฒนา.

น้ำทิพย์ บุญขวาง ถนอมศักดิ์ บุญภักดี และณัทธมน สุทธโสม. (2553). บทบาทของคลองขนาดเล็กในการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจนลงสู่อ่าวไทยตอน. ใน *การประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชุมชนสังคมมีความสุข* (หน้า 112-118). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

ประชาชาติธุรกิจ. (2561). *ปีพ.ศ. 2561-2568 มิกซ์ยูสครองเมือง.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก https://prachachat.net/property/news-99497

ประดิษฐ์ บุญตันตราภิวัฒน์. (2537). *คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.* กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปวีณา เปรมเจริญ. (2554). *การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาการชำที่ดินในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. (2536). *แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย.

ผู้จัดการออนไลน์. (2549). *อ่างหนองตะเคียนเน่า ปลาตายเป็นเบือ.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก. https://mgronline.com/

ผู้จัดการออนไลน์. (2554). *อ่างเก็บน้ำบางพระระบายน้ำลงทะเลเพื่อควบคุมสถานการณ์น้ำ.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก. https://mgronline.com/

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535. (2535, 4 เมษายน). *ราชกิจจานุเบกษาฉบับกฤษีกา.*หน้า 278.

พิชาญ สว่างวงศ์, สุชนา วิเศษสังข์, ปราโมทย์ โศจิสุภร, คเชนทร เฉลิมวัฒน์, สมถวิล จริตควร และถนอมศักดิ์ บุญภักดี. (2541). *การศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง 2537-2540, NRCT-JSPS.* รายงานวิจัยโครงการวิจัยร่วม NRCT-JSPS. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.*ชลบุรี:*

พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล. (2549). *คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล.* กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ และรัฐชา ชัยชนะ. (2557) ผลกระทบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำและการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส. *วิศวกรรมสาร มก,* 27 (88), 57-67.

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. (ม.ป.ป.). *การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

ภูวไนย พลไชย. (2547). *ปัญหาและความต้องการของชุมชนแออัดในเขตเทศบาลเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาอักษรศาสตร์, คณะอักษรศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2543). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ* (พิมพ์ครั้งที่4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. (2560). *จำนวนนักศึกษาทั้งหมดปี 2560.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://academic.rmutto.ac.th/

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2559). *แหล่งมลพิษ: โครงการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา.* วันที่ค้นข้อมูล 20 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://slb-gis.envi.psu.ac.th/main/

มนูวดี หังสพฤกษ์. (2532). *สมุทรศาสตร์เคมี*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมืองพัทยา. (2560). *ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม).* ชลบุรี: ส่วนจัดการและระบบป้องกันและระบายน้ำ, ศาลาว่าการเมืองพัทยา.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. (2548). *คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางประมง*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์. (2539). *การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี*. ขอนแก่น: โรงพิมพ์แก่นคำออฟเซ็ทการพิมพ์, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รุ่งระวี วีระเวสส์. (2559). ศักยภาพการแข่งขันการท่องเที่ยวของเมืองพัทยาในตลาดโลก: วิเคราะห์ด้วยดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ. *Dusit Thani College Journal*,*10* (1), 260-268.

วิเชียร ฝอยพิกุล. (2550*). การจัดการข้อมูลพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.* นครราชสีมา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

วิไลวรรณ สุปรียาพร. (2543). *การจัดการน้ำเสียของชุมชนในเขตเทศบาลเมืองพะเยา*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชากการจัดการมนุษย์และสิ่งแวดล้อม, คณะมนุษย์ศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วีระพันธ์ หมั่นสกุล. (2554). *การหาพื้นที่สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติของเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา*. วิทยานิพนธ์ภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สกาวรัตน์ วีระเสถียร. (2556). *การวิเคราะห์ลักษณะทิศทางการขยายตัวของอาคารสูงในเมืองพัทยา.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์, คณะอักษรศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. (2561). *รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ปี 2561.* เข้าถึงได้จาก www.bims.buu.ac.th/

สรรค์ใจ กลิ่นดาว. (2542). *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: หลักการเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล. (2550). คุณภาพน้ำบางประการของน้ำในลำน้ำบริเวณแหล่งชุมชนตำบลแม่กาอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา. *วารสารเกษตรนเรศวร*, *10*(2), 111-126.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 19. (2521). *การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.* กรุงเทพฯ : โครงการสารานุกรมไทยฯ สนามเสือป่า.

สุชาติ เซี่ยงฉิน. (2559). การศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเมืองพัทยาสู่ประชาคมอาเซียน. *The Journal of King Mongkut,* 760-772.

สุชาติ เถาทอง. (2544). *ศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาพื้นถิ่นภาคตะวันออก*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สุเพชร จิรขจรกุล. (2555). *เรียนรู้ระบบสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.1 Desktop.* นนทบุรี: เอ.พี. กราฟิคดีไซน์และการพิมพ์.

สุธีลา ตุลยเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และสถิต วงศ์สวรรค์. (2544). *มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย).* กรุงเทพฯ : รวมสาร์น.

สมชัย วงศ์สวัสดิ์. (2541). *แหล่งน้ำบาดาลจังหวัดระยอง-ชลบุรีและความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อการอุตสาหกรรม.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก. http://library.dmr.go.th/Document/J-Index/2530/2395.pdf

สำนักงานเทศบาลตำบลบางพระ. (2554). *ท่อระบายน้ำของเทศบาลตำบลบางพระ.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://bangphrachon.go.th/

สำนักงานเทศบาลตำบลบางพระ. (2554*). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทางระบายน้ำภายในเขตเทศบาลตำบลบางพระ.* ชลบุรี: คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานเทศบาลตำบลบางเสร่. (2560). *รายงานสรุปผลการดำเนินงานการบริหารจัดการและบำรุงรักษาระบบบำบัดเทศบาลตำบลบางเสร่ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ประจำเดือนพฤษภาคม 2560.* ชลบุรี: สำนักงานจัดการน้ำเสียบางเสร่.

สำนักงานเทศบาลเมืองสัตหีบ. (2559). *ความจุของอ่างเก็บน้ำหนองตะเคียน.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.sattahipmunicipality.go.th/

สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง. (2561). *อัตราการจ้างงานรวมของนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบังปี พ.ศ. 2561.* เข้าถึงได้จาก http://www.ieat.go.th/laemchabang/

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2561). *ความหมายของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http:// gistda.or.th/main/th/node/815

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13. (2553). *รายงานการติดตามตรวจสอบและประเมินผลประสิทธิภาพระบบรวบรวม และระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชน เขตพื้นที่ภาคตะวันออก ปีงบประมาณ 2553.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก www.reo13.go.th/

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี). (2561). *รายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (แม่น้ำและคลองสาขา) ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก ครั้งที่ 2/2561.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก. www.mnre.go.th/reo13/th/news/detail/9469

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (มปป.) *เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.gistda.or.th/

สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร. (2553). *รายงานการศึกษาสภาวะแวดล้อมในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (ด้านคุณภาพน้ำ).* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://cpd.bangkok.go.th:90/

สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2539). *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.* สงขลา: สำนักวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัญวราภรณ์ นิลทะราช และนภัสวรรณ์ หัตถกิจพาณิชกุล (2547). *การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมบริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี.* ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา คณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.

อัฌชา ก.บัวเกษร. (มปป.). *รีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เบื้องต้น.* ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

Anderson, J. R., Hardy, R. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (1976). *A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. Professional Paper964 A revision of the land use classification system as presented in U.S.* Circular 671 United States Government Printing Office, Washington: Geological Survey.

Baffrey. R., Adis. A., & Aranzamendez, G. (2013) *Manila Water's Separate Sewer and Combined Sewer-Drainage Systems*. Retrieved from: https://www.scribd.com/

Beheshti, R., & Michels, R. (2001). The global GIS: a case study. *Automation in Construction, 10,* 597-603.

Brombach, H., Weiss, G., & Fuchs, S. (2005). A new database on urban runoff pollution: comparison of separate and combined sewer systems. *Water Sci Technol, 51*(2), 119-128.

Burrough, Peter A., & McDonnell, Rachael A. (1998). *Principles of Geographical Information System for Land Resource Assessment.* NewYork: Oxford University Press.

Hochstein, C., & Szczur, M. (2005). *TOXMAP: A GIS-Based Gateway to Environmental Health Resources.* Retrieved from www.ncbi.nlm.nih.gov/

Hodge, M.M. (2008). *Wastewater Treatment in Las Vegas, Santa Barbara, Honduras***.** Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Horne, A.J., & Goldman, C.R. (1994). *Limnology: Phosphorus* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

Howard Blackson. (2018). *Why design matters, Sandiego! North park community plan update issues.* Retrieved from https://howardblackson.com/

Jin, H., Soon-Jin, Hwang & Jae-Ki, Shin. (2008) Using Synchronous Fluorescence Technique as a Water Quality Monitoring Tool for an Urban River. *Water Air Soil Pollute, 191,* 231–243.

Mannina Giorgio & Viviani Gaspare. (2009). Separate and combined sewer systems: a long-term modelling approach. *Water Sci Technology, 60(*3),555-565.

Meybeck, M., Kuusisto, E., Ma¨kela¨, A., & Ma¨lkki, E. (1996). Water quality. In J., Bartram, R., Balance, (Eds.), *Water Quality Monitoring* (pp. 9-33). London: E and FN Spon.

Michael, N. Demers. (1997). *Fundamentals of Geographic Information Systems* (3rd ed.). Madison, WI: JP.

Nixon, S.W. (1995). Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia,41*, 199-219.

Parr, J. (2004). The Polycentric Urban Region: A Closer Inspection. *Regional Studies, 38*(3), 231-240.

Tchobanoglous, G., & Schroeder, E. D. (1987). *Water quality: Characteristic-modeling modification.* California: Addison-Wesley Publishing.

Tournoud, MG., Perrin, JL., Gimbert, F., & Picot, B. (2005). Spatial evolution of nitrogen and phosphorus loads along a small Mediterranean river: implication of bed sediments. *Hydrol Process, 19*(18), 3581–3592.

Trinh, A.D., Georges,V., Marie, P.B., Nicolas, P., Vu, D.L., & Le, L.A. (2006). Experimental Investigation and modeling approach of the impact of urban wastewater on a tropical river ; a case study of Nhue River, Hanoi, Viet Nam. *Journal of Hydrology*. *334,* 347 – 358.

Vizzini, S., & Mazzola, A. (2004). Stable isotope evidence for the environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin, 49*, 61–70.

Yu, S.-Z. (1995). Primary prevention of hepatocellular carcinoma. *J. Gastroenterol. Hepatol, 10*, 674-682.

ภาคผนวก

EnvironmentAsia
The 4th EnvironmentAsia International Conference

An application of Geographic Information Systems for Wastewater Management Based on Land Use Characteristic in Chonburi Province

Ploysirin Sangmanee, Thanomsak Boonphakdee * and Namthip Boonkhwang

Graduate of Environmental Science Program, Faculty of science, Burapha University, Thailand

Abstract

This paper aims to identify source of wastewater in residential area of Chonburi municipality and tourism area in Pattaya city. The steps taken into this study include BOD, structure of sewage network, wastewater treatment plant, outflow pipes, land use and then we integrated all of those data by GIS. BOD values of the wastewater from municipalities were 19 - 60 mg/l and of Pattaya city was 18 mg/l.

According to land use classification, it clearly showed that human activities were different between the two areas and wastewater quality in Pattaya city was better than that of Chonburi municipality. It was likely due to untreated wastewater in Chonburi municipality, had poor design of sewage network which were not covered the whole area yet. Expansion of the sewage network in each municipality is needed to receive wastewater that has increased with urban sprawls. Improvements of wastewater network and water quality will help us to access effective wastewater management in these areas.

Keywords: GIS; wastewater management; land use; Chonburi Province

1. Introduction

Chonburi Province is situated between 12° 30′ and 13° 43′ N and 100° 45′ and 101° 45′ E on the eastern coast of Thailand covering a total area of 4,363 square kilometers. As such, this coastal region has become a major economic ecosystem for fishing, recreation, tourism and most notably, human settlement. Due to these factors, the province's population is growing rapidly, with currently more than 1.4 million residents (National Statistical, 2016).

The rapid urbanization process as a result to the change of land use pattern and utility in the area, Firstly, a growing population directly influences how much additional water is required for personal and household uses. Secondly, population growth expands economic activities, such as agriculture and industry, which also requires additional demand of water. Overall, population growth results in an increasing demand for water and also increases water pollution. According to BOI, (2015), Thailand's water demand is approximately 5.3 million cubic meters per day

(Pariyada et al., 2013). Pattaya city consumes water at the amount of 70 million cubic meter per year (Provincial Waterworks Authority, 2016). Demand for water in Thailand was estimated at 70 billion cubic meters annually in the next 10 years. The larger amount of water being consumed, the poorer treatment of wastewater which can lead to the discharge of untreated or partially treated sewage directly to the sea or indirectly via small rivers which finally reach the sea (WWDR, 2015).

Coastal water quality problems are caused by wastewater released from various origins and human activities including houses, communities, industries and agriculture. For instance, this can be seen from high nutrients and low dissolved oxygen found in the marine water at the estuaries which receive water released from rivers and canals (Thaiwater, 2017). Highly deteriorated water quality was found in the inner Gulf of Thailand at the estuaries of 4 major rivers (ChaoPhraya, ThaChin, MaeKlong and BangPakong) as well as their adjacent areas (Thailand State of Pollution Report, 2010). Detected water quality problems were low dissolved oxygen in coastal water, and high values of nutrients (ammonia, nitrate and phosphate). Major detected problem in small canal and certain tourist beaches were high values of total coliform bacteria (World Bank, 2011).

This study aims to identify the source of wastewater in Chonburi municipality and tourism areas in Pattaya city including BOD, Nutrient analysis and Land use classification by integrating GIS tools, in order to understand the status of management and finding a way to access effective wastewater management in these areas.

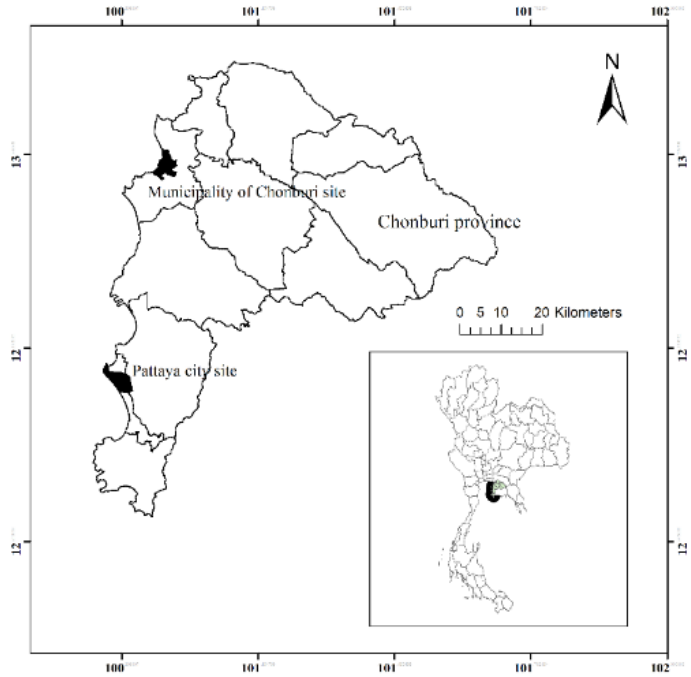


Figure 1. Location of Chonburi Province and map of sampling sites.

2. Materials and Methods

2.1. Study sites

Two study sites in Chonburi Province were selected (Fig. 1). Area of Chonburi municipality of (13°21′43″N 100°58′45″E) and Pattaya city (12°55′39″N 100°52′31″E), which are known for different anthropogenic activities: local settlements and tourism areas. A total area of 7.59 and 22.2 km^2, respectively.

2.2. Sampling and Analysis

Wastewater sampling and measurements of water parameters were done at 4 stations in 4 canel which receiving wastewater in Chonburi municipality and Pattaya city; Sungkep, Bangplasoy, Lamu and Khuy yai canels in Pattaya city during the dry (February to May) and wet seasons (May to October) in 2016. Wastewater samples were collected at outflow pipe nearshore. Water samples for BOD analysis were churned directly into 300 mL glass BOD bottles, and kept on ice and in the dark. Then samples were transported to the laboratory and incubation began the same day as sample collection. Water parameters (water temperature, pH, dissolved oxygen concentration, Conductivity) were measured with YSI 85 multiparameter with proper calibration as described by the manufacturer. For the concentrations of total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP), water samples were taken at the surface. Water samples were then immediately filtered through a Whatman GF/F glass fiber filter (Whatman Inc., Clifton, NJ, USA) and stored in separate 50 mL polyethylene bottles. The filtered samples were kept frozen until analysis. Ammonia, nitrite + nitrate, and phosphate concentrations were determined colorimetrically (Grasshoff et al., 1983) with a continuous flow system Auto Analyzer 3 (BRAN+LUEBBE, Germany) (Natthamon and Thanomsak, 2013)

2.3 Land use classification methods

A modification of the Anderson scheme level I method was used to classify land use (Ashraf *et al.*, 2009; Anderson *et al.*, 1976). Ten different land use pattern were identified such as; settlement zone, commercial zone, road, route pipe, wastewater treatment plant, outflow source, pump station, river, hotels and boundary plant. In this research, ArcGIS 10.2 and a GIS method called Overlay were implemented. This method enables the comparison of two site maps (Chonburi municipality and Pattaya city) with using high-resolution imagery from Google Earth (2016) image resolution 0.5 x 0.5 m. (Agisilaos *et al.*, 2013). This is after digitizing a topographical map and Google Earth image (Fig.3 and 4). In addition, geospatial data including municipality boundaries and roads were used to produce GIS layers from source such as Royal Thai Survey Department (RTSD, 2006) topographic map (sheet no. 5135 I and 5134 I, scale: 1/50,000) as reference. Ultimately, it helped us to understand the wastewater management situation in this area, the position of route pipe, outflow source and the structure of the sewage network.

3. Results and Discussion

3.1 BOD

BOD concentrations of Chonburi municipality wastewater (Sungkep canal, Bangplasoy canel, Lamu canel) were significantly higher than Pattaya city (Khuy yai) (Table 1). Sungkep canal has received untreate wastewater from high-*density* residential *areas* of Chonburi municipality (Fig.3). Bangplasoy canal has received wastewater from settlement zone and commercial zone in low-*density* residential *areas. Therefore BOD* concentration were lower than Sungkep canal. Lamu canal has received treated wastewater from wastewater treatment plant showing BOD values lower than other stations in Chonburi municipality. Results from Pattaya city, Khuy yai canal which was outflow source from wastewater treatment plant has the lowest BOD.

3.2 Total Nitrogen (TN) and total Phosphorus (TP)

The balanced relationship among carbon, nitrogen and phosphorus in wastewater is crucial due to the effectiveness of biodegradation processes (Yan Sun *et al.*, 2016). These parameters can be a guide for treatment system design and configuration in order to achieve maximum nutrient removal efficiency. For efficient wastewater treatment, it has been widely stated that the BOD: N: P ratio should be in the range between 100:10:1 and 100:5:1 for aerobic treatment and 250:5:1 for anaerobic treatment (Tchobanoglous, 1991). High concentration of individual substance and unfavorable nutrient ratios can reduce the degradation efficient of micro-organism (Winkler *et al.*, 2008).

Nitrogen and Phosphorus concentration in Sungkep canal were highest. TN and TP in Sungkep, Bangplasoy, Lamu and Khuy yai canals ranged from 8.4 to 1.1 mg/L and 2.1 – 0.5 mg/L, respectively (Fig. 2a - b). TN and TP concentrations in Khuy yai canal (Pattaya city) were significantly lower approximately 70% than those in Sungkep canel (Chonburi municipality) due to wastewater in Pattaya city (Fig.4 only in boundary of plant) were treated on-site, (commercial establishments such as hotels, restaurants and shopping malls are well equipped with wastewater treatment facilities. On the other hand, wastewater in the settlement zone of Chonburi (Fig. 3) were not treated. Similar to the comparison of BOD removal in 4 stations (Fig. 2d), the greater removal efficiencies of nutrient were observed especially in Khuy yai canal. Compared to the criteria on the national discharge standard (Table 2), the average TN values of wastewater effluent in this study were satisfied.

Table 1. Wastewater effluent quality and nutrients from different sources in this study

Parameter	Sungkep	Bangplasoy	Lamu	Khuy Yai
pH	7.3	7.4	7.0	7.0
Temperature (°C)	28.1	33.2	35.6	30.2
Conductivity (µs/cm)	27.06	19.56	23.7	7.8
DO (mg/L)	0.3	3.4	1.9	0.6
BOD (mg/L)	60.3	22.9	19.4	18.3
DIP (mg/L) *	1.298 ± 0.177	0.660 ± 0.020	0.559 ± 0.052	0.119 ± 0.017
DOP (mg/L) *	0.549 ± 0.015	0.355 ± 0.009	0.041 ± 0.013	0.211 ± 0.029
PP (mg/L) *	0.273 ± 0.255	0.137 ± 0.119	0.422 ± 0.056	0.172 ± 0.030
TP (mg/L) *	2.120 ± 0.154	1.152 ± 0.115	1.022 ± 0.038	0.502 ± 0.017
DIN (mg/L) *	2.076 ± 0.180	2.441 ± 0.008	1.691 ± 0.040	0.957 ± 0.016
DON (mg/L) *	3.769 ± 0.236	2.268 ± 0.119	0.074 ± 0.074	0.119 ± 0.027
PN (mg/L)*	2.537 ± 0.064	0.567 ± 0.140	0.130 ± 0.147	0.098 ± 0.016
TN (mg/L) *	8.409 ± 0.087	5.277 ± 0.025	1.895 ± 0.093	1.174 ± 0.007

* = Mean ± Standard Division, n=3

Table 2. Water characteristics discharged into irrigation system, Pollution Control Committee, 2010.
Source: APHA, 1998

Parameter	Parameter Permitted level in the effluent
pH	5.5 – 9.0
BOD (mg/L)	< 20
SS (mg/L)	< 30
Fat, Oil and Grease (mg/L)	< 5
Total P (mg/L)	< 2
Total N (mg/L)	< 20

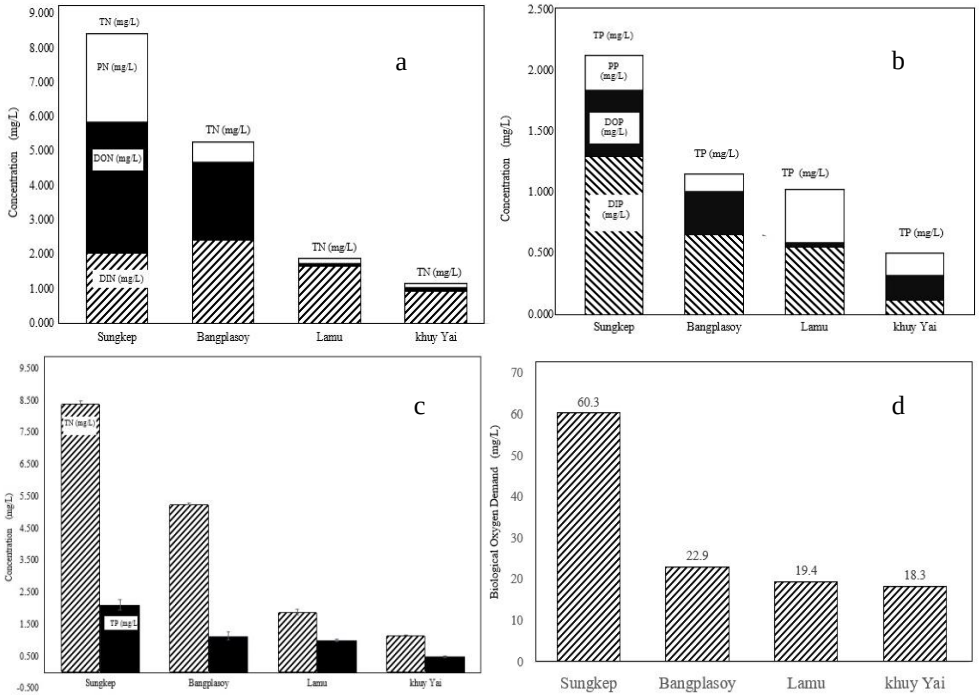


Figure 2. Concentrations of Total Nitrogen (TN) (a), Total Phosphorus (TP) (b), TN and TP (c) and BOD in wastewater in 4 sampling stations

3.3 Land use classification analysis

Land use classification analysis of Chonburi municipality is showed in Fig. 3. A boundary of treated wastewater covers 7.59 km^2 (gray area) in Chonburi municipality including Bang Sai subdistrict municipality, Bansuan subdistrict municipality and Mueng Chonburi municipality. Wastewater treatment plant located on coastline close to Lamu canal, capacity at wastewater at 22,500 m^3 per day, however it operates only 15,000 m^3 due to insufficient development of sewer collectors. The structure of the sewage network was observed on the north-south 4.5 km. along the shoreline, 2 pump stations at Sungkep and Bangplasoy canals. It serves some 80,000 - 100,000 residents in the existing town center. The water quality of Sungkep and Bangplasoy canals were highly polluted by phosphate, nitrogen and BOD pollutants due to untreated wastewater from fresh markets in high-*density* residential *areas* of municipality.

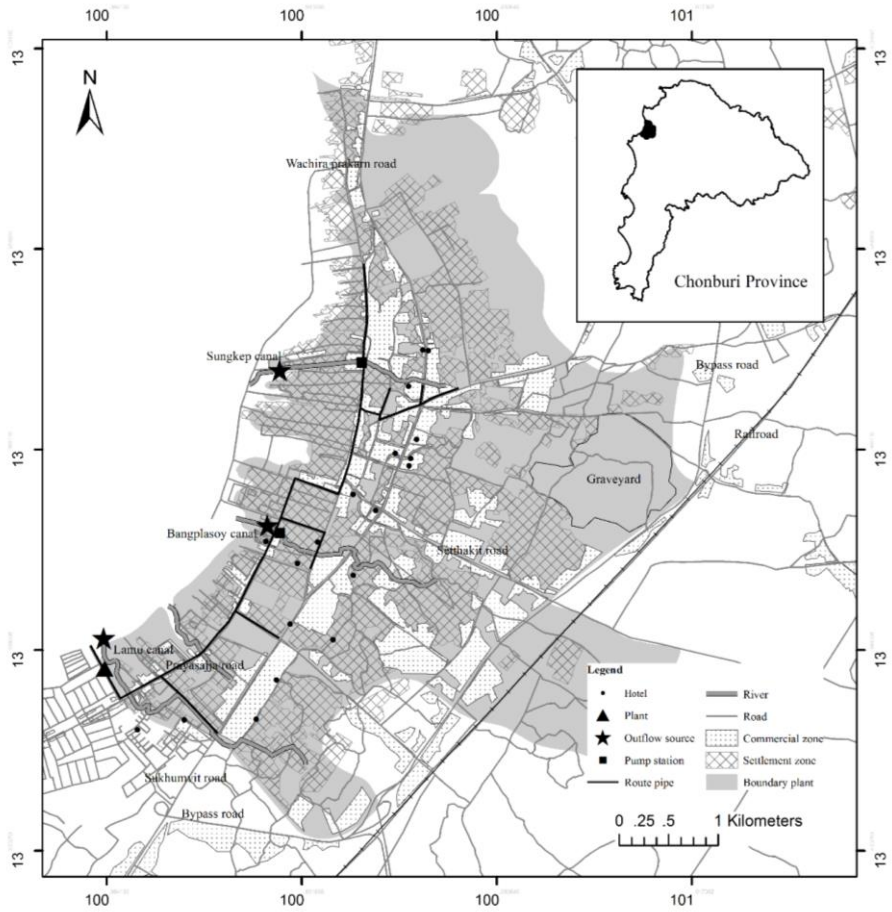


Figure 3. Land use classification analysis of municipalities in Chonburi city

Land use classification analysis of Pattaya city is showed in Fig.4. A boundary of treated wastewater covers 22 km^2 (gray area) in south side of Pattaya city (Na-jomtien shoreline). Wastewater treatment plant located on Bonkanchana road which was designed for a capacity of 20,000 m^3 per day, but actually treated 21,134 m^3 approximately 106% of carry capacity in 2010. Structure of the sewage network was observed on the north-south 6 km. along the shoreline, which the boundary of wastewater treatment plant covered is more than that of Chonburi municipality, 6 pump station at Jomtien, Bonkanchana, Chaiyaphruek and Thepprasit roads. It serves 130,000 - 150,000 residents in Pattaya city.

Wastewater quality in Pattaya city were significant better than that of Chonburi municipality due to installation of on-site wastewater treatment and sewage system according to the standards, determining regulations and criteria that business operators shall establish wastewater and waste management guidelines in order to request operating permit (Pollution Control Committee, 1996) but the carry capacity of plant is in need of improvement.

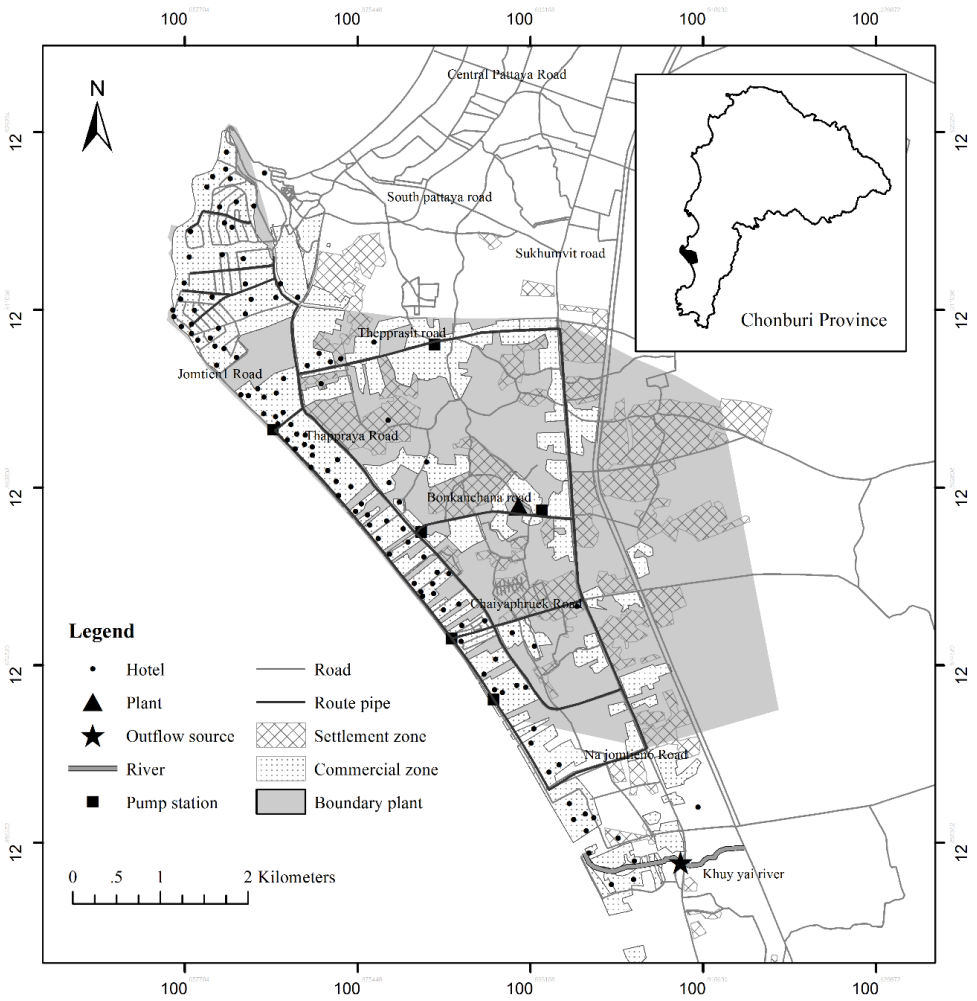


Figure 4. Land use classification analysis of Pattaya City.

4. Conclusion

According to land use classification analysis, it clearly showed that human activities were different between the two areas and wastewater quality of Pattaya city was better than that of Chonburi municipality. It was due to untreated wastewater in municipality, as poor design of sewage network which hasn't covered the whole area yet.

However, this study represented status of wastewater management, wastewater quality, sewage structure, outflow source in Chonburi Province. Thus improvements of wastewater network and water quality will help us to access effective wastewater management in this area.

Acknowledgments

The authors wish to thank NRCT for financial support and Graduate program in environmental Science, Burapha University for equipment.

References

Agisilaos E, Roido M. Management of natural resources and protection of coastal urban area of Glyfada. Land use policy 2013; 35: 04-212.

Anderson RJ, Hardy EE, Roach TJ, Witmer ER. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data 1976. USGS professional paper 964. Washington, DC.

American Public Health Association (APHA). American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). 1998.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition. United Book Press, Inc., Baltimore, Maryland.

Ashraf, MD, Yasushi Y. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. Applied Geography 2009; 29: 390-401.

Board of Investment (BOI). 2015. *Water supply*. Retrieved April 10, 2017, from *http://www.boi.go.th/*

Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K. Methods of Seawater Analysis. Verlag Chemic. Weinheim. Germany 1983; 419.

National Statistical. 2016. Retrieved April 10, 2017, from *http://www.nso.go.th/*

Natthamon S, Thanomsak B. Temporal Variability of Nutrient Budgets in the Inner Gulf of Thailand. The Second Environment Asia International Conference on "Human Vulnerability and Global Environmental Change" Thai Society of Higher Education Institutes on Environment 15-17 May 2013.

Pariyada C, Pornsiri K. Wastewater Production, Treatment, and Use in Thailand 5th egional Workshop on Safe Use of Wastewater in Agriculture Bali, Indonesia 2013.

Phattraporn S, Janchidfa K, Phengphit N, Chayhard S, Perera R, The Effects of Land Use Change and Climate Change on Water Resources in the Eastern Region of Thailand. Journal of Agricultural Technology 2016; 12(7.1): 1695-1722.

Pollution Control Committee. 1996. *Building Effluents Standards*. Retrieved April 10, 2017, from *http://www.pcd.go.th/*

Pollution Control Committee. 2010. *Water Characteristics Discharged into Irrigation System*. Retrieved April 10, 2017, from *http://www.pcd.go.th/*

Provincial Waterworks Authority (PWA). 2016. *Urban water demand*. Retrieved April 10, 2017, from *http://en.pwa.co.th/*

Royal Thai Survey Department (RTSD). 2009. Topographic map (sheet no. 5135 I and 5134 I, scale: 1/50,000). Royal Thai Armed Forces Headquarters. Thailand.

Sylla L, Xiong D, Zhang. HY, Bangoura ST. A GIS technology and method to assess environmental problem from land use/cover change: Conakry, Coyah and Dubreka region case study. The Egyptian journal of remote sensing and space science 2012; 15: 31-38.

Tchobanoglous G, Franklin. LB. Metcalf & Eddy. 1991. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse third ed. McGraw-Hill Inc., New York.

Thailand State of Pollution Report. 2010. *Coastal Water*. Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. ISBN 978-974-286-920-5.

Thaiwater. 2017. Thailand's leading international exhibition on water and wastewater technology, Bangkok, Thailand. Retrieved April 10, 2017, from *http://www.thaiwater.net/*

World Bank. 2011. *Thailand environment monitor: integrated water resources management a way forward*. Washington, DC.

World Water Development Report (WWDR). 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO

Wosten HM, De Willigen P, Tri NH, Lien TV, Smith SV. Nutrient dynamics in mangrove areas of the red river estuary in Vietnam. Estuarine. Coastal and Shelf Science 2003; 57: 65-72.

Winkler S, Gasser M, Scha¨ttle W, Kremmel D, Kletzmayr P, Matsche N. Upgrading of wastewater treatment plants for nutrient removal under optimal use of existing structures. Water science and Technology-WST 2008; 57.9.

Yan S, Zhuo C, Guangxue W, Qianyuan W, Feng Z, Zhangbi N, Houg, Y. Characteristics of water quality of municipal wastewater treatment plants in China: implications for resources utilization and management. Journal of Cleaner Production 2016; 131: 1-9.