รายงานการวิจัย

แบบจำลองคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา

Water Quality Model of Physico-chemical and BOD in Songkhla Old-Town Bay

ธิวาริ โอภิธากร และคณะ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
พ.ศ. 2557

ชื่องานวิจัย แบบจำลองคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา
ผู้วิจัย ธิวาริ โอภิธากร และคณะ
คณะ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิทยาเขตสตูล
ปี 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลาและเพื่อพัฒนาแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา ขอบเขตพื้นที่วิจัยกำหนดในอ่าวเมืองเก่าสงขลาและบริเวณใกล้เคียงในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีกับค่าบีโอดีพิจารณาเป็นช่วงเวลาตามฤดูกาล ได้แก่ (1) 1 ฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม) (2) ก่อนฤดูฝน (เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม) (3) ก่อนฤดูฝน (เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม) และ (4) ฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม) ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีกับค่าบีโอดีที่ถูกคัดเลือกวิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสอง โดยพิจารณาค่า R^2 มากกว่า 0.5 การทวนสอบทำโดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำชายฝั่งอ่าวเมืองเก่าสงขลาโดยการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลในช่วงก่อนฤดูฝนและฤดูฝน ผลการทวนสอบด้วยความสัมพันธ์ที่ได้จากคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา พบว่าค่า pH ความเค็ม และ DO สามารถใช้ในการประเมินแนวโน้มค่าบีโอดีได้ พารามิเตอร์การตรวจวัดทางกายภาพ-เคมีที่ถูกคัดเลือกมีความสอดคล้องกับบีโอดีในทางทฤษฎี ตรวจวัดได้ง่าย ไม่มีขั้นตอนซับซ้อน และเวลาที่ใช้ในการประเมินผลน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจวัดด้วยบีโอดี

Research Title Water Quality Model of Physico-chemical and BOD in Songkhla Old-Town Bay
Researcher Thiwari Ophithakorn and others
Faculty Songkhla Rajabhat University Satun Campus
Year 2016

Abstract

The main objectives of this research were to study correlation between physico-chemical water quality and BOD in Songkhla old-town bay and to develop the correlation model of the physico-chemical water quality and BOD in Songkhla old-town bay. The scope of this research area defined in the Songkhla old-town bay and nearby Songkhla Lake. Analysis of the relationship between physico-chemical water quality and BOD considered periodic season including (1) dry season (February to March), (2) before rainy season (April to May), (3) before rainy season (July to August) and (4) rainy season (November to December). The correlation between physico-chemical water quality and BOD were selected from values of multiple correlation coefficient square which is considered by $R^2 > 0.5$. Verification was carried out by analyzing the water quality in the coast of Songkhla old-town bay by sampling sea water in before rainy season and rainy season. The results of the verification by the correlation from physico-chemical water quality and BOD founded that pH, Salinity and DO could be used to assess trends of BOD. The physico-chemical parameters, that were selected, were theoretically associated with BOD, easy to detect, uncomplicated procedure and less evaluation time when compare to the measurement with BOD.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย สัญญาเลขที่ 66/2557 ในการทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยฉบับรายงานความก้าวหน้าและงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารและคณะทำงานของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและประสานงานอย่างดีเยี่ยมเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ซึ่งที่มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอบูชาและระลึกถึงพระคุณของบิดามาดา และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้

คณะผู้วิจัย
กุมภาพันธ์ 2559

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	vi
สารบัญตาราง	viii
สารบัญภาพ	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 อ่าวเมืองเก่าสงขลา	4
2.2 แบบจำลอง	5
2.3 สารอินทรีย์	6
2.4 คุณภาพน้ำอ่าวเมืองเก่าสงขลา	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	12
3.1 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	12
3.2 การสำรวจสภาพทางกายภาพของแหล่งน้ำ	12
3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำและตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ	13
3.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล/ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	17
4.1 สภาพทางกายภาพบริเวณชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา	17
4.2 การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลา	23
4.3 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลา	25
4.4 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและค่าบีโอดี	26
4.5 แบบจำลองความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี	32
4.6 การปรับค่า และทวนสอบความถูกต้อง	35
4.7 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง	37
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	42
5.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำในอ่าวเมืองเก่าสงขลา	42

5.2 การพัฒนาแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำในอ่าวเมืองเก่าสงขลา 43
บรรณานุกรม 45
ภาคผนวก 48
ประวัติผู้เขียน 49

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	3
2.1 คุณภาพน้ำในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	9
3.1 เกณฑ์การสำรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพ	12
3.2 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำและวิธีการวิเคราะห์	14
4.1 จุดตรวจสภาพน้ำตามรายงานคุณภาพน้ำพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	18
4.2 จุดตรวจสภาพน้ำชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา	19
4.3 สภาพน้ำทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา	23
4.4 อัตราส่วนปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยในช่วงเดือนต่างๆ เทียบกับช่วงฤดูฝน	25
4.5 คุณภาพน้ำชายฝั่งอ่าวเมืองเก่าสงขลา	26
4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ปี 2547-2557	28
4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ปี 2547-2557	29
4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ปี 2547-2557	30
4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม ปี 2547-2557	31
4.10 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมี	32
4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ในปี 2558	36
4.12 ทวนสอบความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมี	37
4.13 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่า pH	38
4.14 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่า ความเค็ม	38
4.15 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่า DO	39
4.16 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับ pH ความเค็ม และ DO	41

สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่	หน้า
1.1 ตำแหน่งสำรวจคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16	3
2.1 ตำแหน่งที่ตั้งอ่าวเมืองเก่าสงขลา	4
2.2 การสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์	5
2.3 แบบจำลองของบีโอดี	6
2.4 มลพิษทางน้ำที่เกิดจากสารอินทรีย์	7
2.5 ประมาณความสกปรกจากชุมชนในรูปบีโอดี	10
ภาพประกอบที่ 2.6 คุณภาพน้ำบริเวณโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา	11
2.7 สารอินทรีย์ในตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	11
3.1 เส้นทางการสำรวจ	12
3.2 จุดเก็บตัวอย่าง	13
3.3 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง	16
4.1 ตำแหน่งจุดตรวจสภาพน้ำตามรายงานคุณภาพน้ำพื้นที่ทะเลสาบสงขลา	17
4.2 ตำแหน่งจุดตรวจสภาพน้ำโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา	18
4.3 ภาพถ่ายสภาพทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาช่วงก่อนฤดูฝน	19
4.4 ภาพถ่ายสภาพทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาในช่วงฤดูฝน	21
4.5 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2547-2557	24
4.6 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูแล้งเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม	33
4.7 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูก่อนฤดูฝนเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม	33
4.8 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูก่อนฤดูฝนเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม	34
4.9 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม	34
4.10 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีตลอดปี	35

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อ่าวเมืองเก่าสงขลาเป็นพื้นที่เชื่อมต่อกับพื้นที่ของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (ภาคีคนรักเมืองสงขลาสมาคม, 2557) ที่มีการใช้ประโยชน์ทั้งเป็นแหล่งน้ำใช้ด้านการประมง การคมนาคม และแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนต่างๆ โดยรอบ รวมทั้งการเป็นที่ตั้งของท่าเรือขนาดเล็กและอยู่ในทำเลใกล้เคียงกับที่ตั้งของท่าเรือน้ำลึกเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ ซึ่งล้วนอาจเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนและการสะสมของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำทั้งสิ้น มีรายงานผลการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่างรวมไปถึงพื้นที่ปากอ่าวทะเลสาบ กล่าวว่า ทะเลสาบสงขลามีปริมาณของสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมลงและทรัพยากรสัตว์น้ำลดลง สาเหตุสำคัญส่วนหนึ่งมาจากน้ำทิ้งชุมชน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และโรงงานอุตสาหกรรม (Riumcharoen et al., 2008)

ด้วยเหตุผลนี้การศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมและความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์กับสภาวะแวดล้อม และเป็นแนวทางในการหาวิธีการจัดการควบคุมมลพิษทางน้ำที่ถูกระบายลงสู่อ่าวเมืองเก่าสงขลาจึงมีความสำคัญ เนื่องจากการวิเคราะห์แหล่งของมลพิษและปริมาณสารอินทรีย์เป็นองค์ความรู้ที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อประชาชนในพื้นที่เมืองเก่าสงขลาและพื้นที่โดยรอบที่จะได้ตระหนักและเฝ้าระวังอันตรายที่อาจเกิดขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์ทะเล มนุษย์ และสิ่งแวดล้อม เพื่อการฟื้นฟูแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความสำคัญยิ่งของชุมชน เป็นการปกป้องแหล่งอาหาร พัฒนาแหล่งท่องเที่ยว และรักษาเส้นทางคมนาคมที่สำคัญไว้ให้ดำรงอยู่

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกวิธีการใช้แบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ปัญหาความเสื่อมโทรมของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง โดยอาศัยหลักการที่ว่าสภาพแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่อ่าวเมืองเก่าย่อมมีผลกระทบ มีความเชื่อมโยงและมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลา โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ BOD และคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี เช่น อุณหภูมิ DO pH TS SS NO_3-N NO_2-N เป็นต้น ซึ่งมีการวิเคราะห์เพื่อการเฝ้าระวังจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 อยู่อย่างต่อเนื่อง มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง อันนำไปสู่ความเข้าใจสภาพแวดล้อมที่แตกต่างโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาที่มีผลกระทบโดยตรงต่ออ่าวเมืองเก่าสงขลา และเป็นพื้นฐานการวิเคราะห์ขยายผลแหล่งที่มาของปัญหามลพิษจากพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลาและบริเวณโดยรอบซึ่งมีอิทธิพลต่อกันโดยตรง เพื่อเป็นองค์ความรู้และแนวทางในการแก้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ : แบบจำลอง (Model) ปัจจัยทางกายภาพเคมี (Physico-chemical Factor) สารอินทรีย์ (Organic Matter) อ่าวเมืองเก่าสงขลา (Songkhla Old-Town Bay) ทะเลสาบสงขลา (Songkhla Lake)

1.2 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การเป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมการประมง การเป็นพื้นที่รองรับน้ำจากอุตสาหกรรม การเกษตร และชุมชน รวมถึงเป็นพื้นที่เชื่อมต่อกับทะเลสาบสงขลาและท่าเรือน้ำลึกสงขลา ซึ่งมีการคมนาคมทางน้ำเป็นสำคัญ มีผลต่อปริมาณของสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำ การศึกษาแบบจำลองความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์เมื่อคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีเปลี่ยนไป และผลกระทบที่อาจเกิดจากสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียงอ่าวเมืองเก่าสงขลาในทะเลสาบสงขลาตอนล่างได้

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา
2. ได้แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา ซึ่งแบบจำลองที่พัฒนาได้เป็นแนวทางการพัฒนาวิธีการทำนายค่าบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลาเพื่อความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.5.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

อ่าวเมืองเก่าสงขลาและบริเวณใกล้เคียงในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (อ้างอิงตามตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ SK11 SK12 SK13 SK14 และ SK15 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.1 โดยตำแหน่งของอ่าวเมืองเก่าสงขลา เป็นบริเวณติดชายฝั่ง ตำบลบ่อยาง ตั้งอยู่ระหว่างตำแหน่ง SK13 SK14 และ SK15 ซึ่งได้รับผลกระทบจากมลพิษที่ปล่อยโดยตรงจากพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลา และมลพิษจากตำแหน่ง SK13 SK14 และ SK15 ซึ่งเป็นพื้นที่โดยรอบเป็นสำคัญ โดยมีตำแหน่ง SK11 และ SK12 เป็นตำแหน่งอ้างอิงเพิ่มเติม

ภาพประกอบที่ 1.1 ตำแหน่งสำรวจคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16
ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2552

1.5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อม ซึ่งได้จากงานวิจัย วิทยานิพนธ์ รายงานต่างๆ จากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในอ่าวเมืองเก่าสงขลา

1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 12 มีนาคม 2558 ถึง 11 มีนาคม 2559 สามารถแสดงแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัยได้ดังตารางที่ 1.1

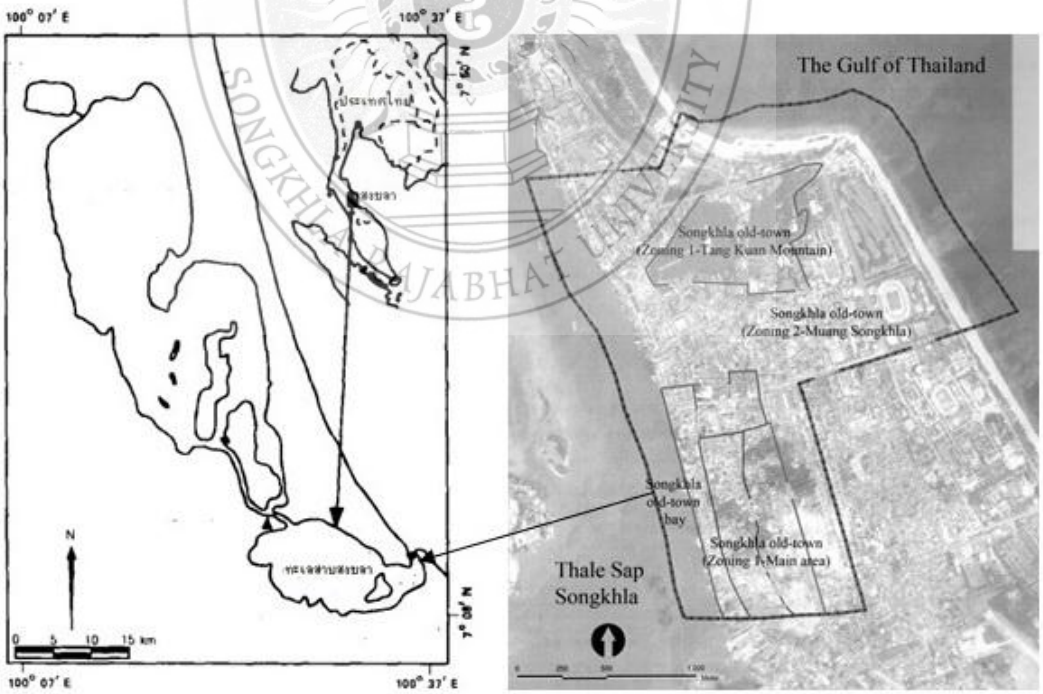
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

กิจกรรม	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
สำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูล												
วิเคราะห์ตัวอย่าง												
พัฒนาแบบจำลอง												
วิเคราะห์และประมวลผล												
จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์												

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อ่าวเมืองเก่าสงขลา

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เป็นลุ่มน้ำทะเลสาบที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ติดต่อพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ สงขลา พัทลุง และนครศรีธรรมราช มีพื้นที่รวม 1,017 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็นทะเลสาบตอนบน (491 ตารางกิโลเมตร) ทะเลสาบตอนกลาง (336 ตารางกิโลเมตร) และทะเลสาบตอนล่าง (190 ตารางกิโลเมตร) (Chesoh, & Lim, 2008) สภาพความเค็มของน้ำในทะเลสาบสงขลามีการเปลี่ยนแปลงความเค็มเป็นน้ำกร่อยขึ้นกับฤดูกาล ที่ความลึกเฉลี่ยประมาณ 1.2 เมตร (Angsupanich, & Rakkheaw, 1997) เป็นแหล่งนิเวศทางทะเลที่สำคัญ มีการทำประมง การเลี้ยงกุ้ง การทำการเกษตร การเลี้ยงสัตว์เพื่อการค้า โรงงานอุตสาหกรรม แหล่งท่องเที่ยว และที่ตั้งของชุมชนโดยรอบพื้นที่ (Chesoh, & Lim, 2008; Riumcharoen et al., 2008) ในส่วนของทะเลสาบสงขลาตอนล่างตลอดจนถึงปากทะเลสาบ เป็นพื้นที่ที่มีทางออกติดต่อสู่อ่าวไทย (Angsupanich, & Rakkheaw, 1997; Chesoh, & Lim, 2008; Riumcharoen et al., 2008) ส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่ของอ่าวเมืองเก่าสงขลา (ภาคีคนรักเมืองสงขลาสมาคม, 2557) ซึ่งเป็นแหล่งนิเวศทางทะเลที่สำคัญ มีการทำประมง ท่าเรือ แหล่งท่องเที่ยว และที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.1



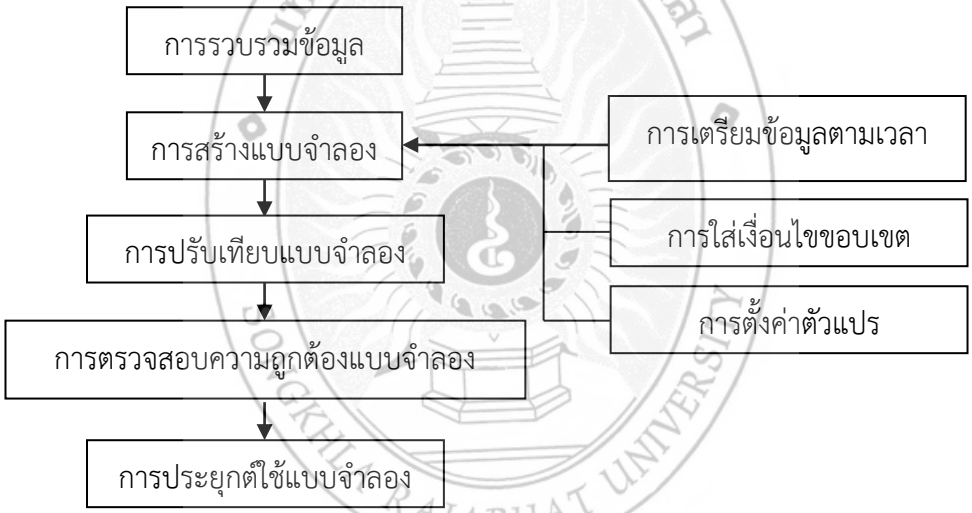
ภาพประกอบที่ 2.1 ตำแหน่งที่ตั้งอ่าวเมืองเก่าสงขลา
ที่มา: ดัดแปลงจาก ภาคีคนรักเมืองสงขลาสมาคม, 2557; Angsupanich, & Rakkheaw, 1997

2.2 แบบจำลอง

แบบจำลองเป็นตัวแทนของระบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อการคาดการณ์ หรือทำหน้าที่อธิบายระบบ ให้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลง หรือผลกระทบได้ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ แบบจำลองเหมือนของจริง ซึ่งมีรูปแบบเหมือนของจริงทุกประการ แบบจำลองเลียนแบบของจริง ซึ่งมีองค์ประกอบตัวแทนเพียงชุดเดียว และแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์ ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็นตัวแทน (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2539)

โดยทั่วไปวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาแบบจำลอง มักทำเพื่อสร้างสถานการณ์อุดมคติขึ้นให้สามารถจำลองสถานการณ์จริง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ลำดับกระบวนการที่เกิดขึ้น รวมถึงใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบได้ (Pimpan, & Jindal, 2009)

ในการสร้างแบบจำลอง มีขั้นตอนเป็นลำดับ และมีการทวนสอบผลเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการประมวลผล ในประเทศไทยรูปแบบในการพัฒนาแบบจำลองที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ รูปแบบในการพัฒนาแบบจำลอง โดยกรมควบคุมมลพิษ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.2

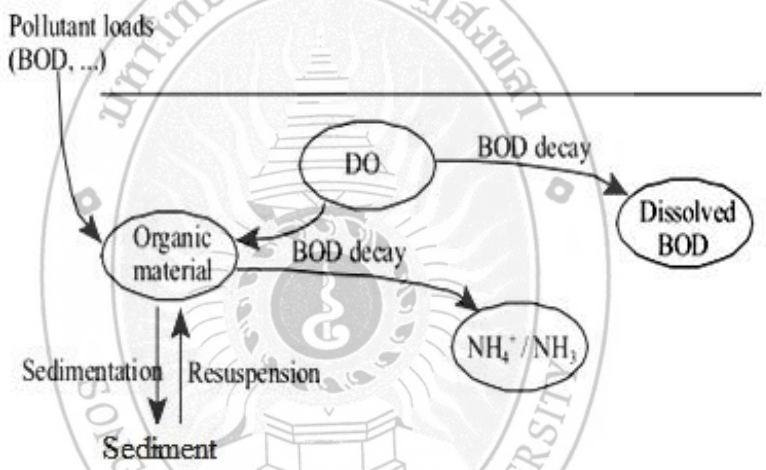


ภาพประกอบที่ 2.2 การสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์
ที่มา: ดัดแปลงจาก กรมควบคุมมลพิษ, 2552

การใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระบบนิเวศ วัฏจักรต่างๆ ในธรรมชาติ ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช หรือการพึ่งพาอาศัยกันของสิ่งมีชีวิตมักถูกเลือกเป็นแนวทางหนึ่ง เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ของสิ่งแวดล้อม แบบจำลองสามารถอธิบายกระบวนการทำงานของระบบที่มีอย่างพื้นที่ลุ่มน้ำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น สามารถจำแนกองค์ประกอบย่อยจำนวนมากได้และสามารถนำมารวมกันในรูปแบบที่เป็นลำดับ แสดงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับระบบ และประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ ของระบบได้ นอกจากนี้ยังใช้เพื่อการตัดสินใจในการพัฒนาระบบ เกิดความคิดใหม่ และสามารถคาดการณ์สิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2539) ดังนั้นการนำแบบจำลองมาใช้อาจเพื่อจำลองสถานการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นให้สามารถเข้าถึงได้

ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง โปรแกรมถือเป็นองค์ประกอบสำคัญ STELLA เป็นโปรแกรมหนึ่งที่นิยมใช้ในการศึกษา โดยการใช้ภาพสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนการทำงานของระบบ โปรแกรมนี้ได้รับการพัฒนาโดยบริษัท High Performance Systems (HPS) ซึ่งเดิมได้นำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์ระบบทางเศรษฐศาสตร์ ต่อมาได้มีการนำมาประยุกต์ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อศึกษาชลศาสตร์ และพลวัตระบบของพื้นที่ชุ่มน้ำ (Zhang, & Mitsch, 2005; Pimpan, & Jindal, 2009; Kumar, & Zhao, 2011)

แบบจำลองของ BOD ในแหล่งน้ำ สามารถแสดงแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในรูป BOD ในน้ำมาจากการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ และจากการแขวนลอยของจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว การลดลงของสารอินทรีย์ในน้ำเกิดจากการตกจมของอนุภาคสารอินทรีย์ และการย่อยสลายทางชีวภาพทำให้เกิดค่า BOD และเป็นผลให้เกิดการใช้ออกซิเจนละลายในน้ำ รวมถึงได้ผลผลิตจากการย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวกแอมโมเนียด้วย (Radwan et al., 2003) ดังภาพประกอบที่ 2.3

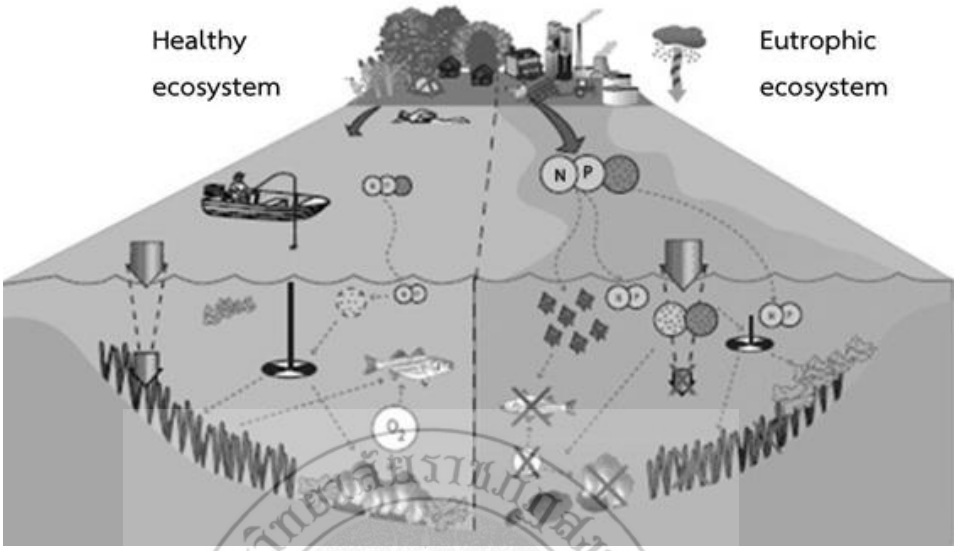


ภาพประกอบที่ 2.3 แบบจำลองของบีโอดี
ที่มา: ดัดแปลงจาก Radwan et al., 2003

2.3 สารอินทรีย์

สารอินทรีย์เป็นสารประกอบที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ (AWWARF, 1993) เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่เกิดขึ้นภายในและโดยรอบแหล่งน้ำ (Kanokkantapong et al., 2006) สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ สารอินทรีย์ธรรมชาติที่มาจากการย่อยสลายของพืช จุลินทรีย์ เชื้อรา และดิน ถูกชะละลายลงสู่แหล่งน้ำ และสารอินทรีย์ซึ่งเกิดจากมวลสารต่างๆ การย่อยสลายของแพลงก์ตอนและจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่าปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำมาจากการกระทำของมนุษย์เป็นสำคัญ (Filella, 2009)

สารอินทรีย์ก่อให้เกิดปัญหามากมายเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ เป็นตัวลดการส่องผ่านของแสงในน้ำ เป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์ เป็นสาเหตุการเพิ่มขึ้นของวัชพืชน้ำอย่างรวดเร็ว และลดคุณภาพชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ (Pinney et al., 2000; Bojcevska, & Tonderski, 2007; Li et al., 2008) ดังภาพประกอบที่ 2.4



ภาพประกอบที่ 2.4 มลพิษทางน้ำที่เกิดจากสารอินทรีย์
ที่มา: http://coastalscience.noaa.gov/news/feature/01112008a.html อ้างโดย Ophithakorn, 2014

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ได้มีการรายงานด้วยค่า Biochemical oxygen demand (BOD) เป็นพื้นฐาน โดยนิยามว่าเป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษพืชผักผลไม้ วัชพืช สบู่ สารซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์และทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดน้อยลง บริเวณใดที่มีค่า BOD มาก หมายถึงบริเวณนั้นมีค่าของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือมีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2552) ค่า BOD ที่วัดได้เป็นค่าที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ โดยใช้เวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นการวัดความต้องการออกซิเจนทั้งหมดโดยปฏิกิริยาจะเกิดจากการย่อยสลายเฉพาะสารอินทรีย์คาร์บอน ไม่ใช่ปริมาณของสารอินทรีย์ทั้งหมดโดยตรง แต่สามารถบ่งชี้ปริมาณของสารอินทรีย์ได้ ในการวิเคราะห์ BOD นอกจากนี้ยังมีค่าพารามิเตอร์อื่นๆ อีกมากมายที่สามารถแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำได้ เช่น การวิเคราะห์การย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมดด้วย Ultimate BOD (UOD) หรือการวิเคราะห์ Chemical oxygen demand (COD) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ เป็นต้น สำหรับค่า UOD เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน โดยจุลินทรีย์นานถึง 20 วัน เพื่อใช้เป็นตัวแทนของปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำด้วย (มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2556) และสำหรับค่า COD เป็นการวัดปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำด้วยการใช้สารเคมีในกระบวนการออกซิไดส์ซึ่งมีความรุนแรงกว่าการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยจุลินทรีย์มาก โดยบอกเป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการเช่นเดียวกับ BOD แต่กระทำได้ภายในเวลาน้อยกว่า 3 ชั่วโมง ดังนั้นจากตัวอย่างคำนิยามพบว่านอกจากการวัดค่า BOD ที่นิยมใช้

กันอย่างแพร่หลายแล้ว ในการประเมินคุณภาพน้ำ อาจสังเกตพบการวัดปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในแหล่งน้ำด้วยการใช้ค่า UOD หรือ COD ได้ด้วยเช่นกัน

2.4 คุณภาพน้ำอ่าวเมืองเก่าสงขลา

ตามมาตรฐานการจัดแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดินยังกำหนดค่า BOD สำหรับการจัดประเภทไว้ ดังนี้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2552)

แหล่งน้ำประเภทที่ 1 แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท ถือได้ว่าคุณภาพน้ำดีมากหรือดีเยี่ยม ใช้สำหรับกิจกรรมการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ

แหล่งน้ำประเภทที่ 2 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์ได้ คุณภาพน้ำดี BOD ไม่เกิน 1.5 mg/L ใช้สำหรับกิจกรรมการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

แหล่งน้ำประเภทที่ 3 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์ได้ คุณภาพน้ำพอใช้ BOD ไม่เกิน 2 mg/L ใช้สำหรับกิจกรรมการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตร

แหล่งน้ำประเภทที่ 4 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์ได้ คุณภาพน้ำพอใช้ BOD ไม่เกิน 4 mg/L ใช้สำหรับกิจกรรมการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อนและการอุตสาหกรรม

แหล่งน้ำประเภทที่ 5 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์ได้ เพื่อการคมนาคม ถือได้ว่าคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้รายงานคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ในรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาโดยการแบ่งพื้นที่ของทะเลสาบสงขลาตอนล่างไว้ 3 ส่วน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548)

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

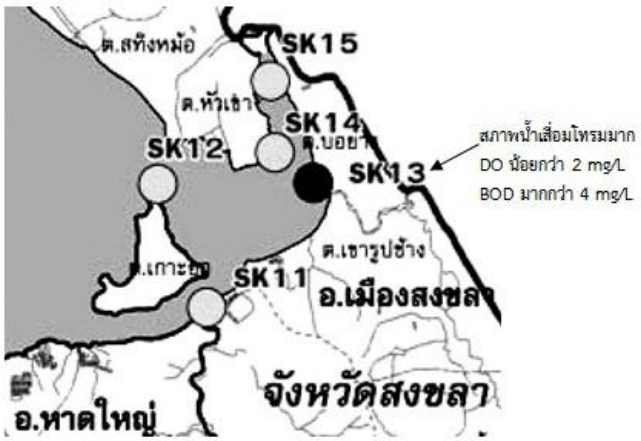
ส่วนที่	พื้นที่	ลักษณะกายภาพ	คุณภาพน้ำ
1	บริเวณชุมชนหัวเขาแดงและชุมชนเกาะยอ	แหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่นและมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำนวนมาก โดยเฉพาะการเลี้ยงปลาในกระชังที่มีพื้นที่การเพาะเลี้ยงแออัด บางครั้งเกิดปัญหาการขาดแคลนออกซิเจน เมื่อน้ำนิ่งและมีการระบายที่ไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปลาในกระชังตายเป็นจำนวนมาก	พอใช้
2	เขตเมืองสงขลา	ย่านธุรกิจและย่านที่อยู่อาศัยที่หนาแน่นตลอดริมฝั่งทะเลสาบและมีกิจกรรมการขนส่งทางน้ำหนาแน่น มีท่าเทียบเรือขนส่งจำนวนมาก รวมทั้งอู่ซ่อมเรือขนาดต่างๆ กิจกรรมเหล่านี้มีส่วนก่อให้เกิดของเสียที่ระบายทิ้งสู่แหล่งน้ำ	พอใช้
3	บริเวณชายทะเล	ได้รับอิทธิพลของคลื่นลมจากทะเลที่ช่วยหมุนเวียนมวลน้ำและแลกเปลี่ยนออกซิเจน	คุณภาพน้ำต่ำกว่าน้ำทะเลทั่วไป

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548

ด้วยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของคุณภาพน้ำอ่าวเมืองเก่าสงขลาคือผลกระทบจากน้ำเสียชุมชนในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีรายงานว่าลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีระบบบำบัดน้ำเสียรวม 2 แห่ง คือ เทศบาลนครหาดใหญ่ และเทศบาลนครสงขลา แต่ปัญหาน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการที่ระบบท่อรวบรวมยังไม่ครบทั้งพื้นที่ทำให้มีความสามารถในการบำบัดรวมได้เพียงประมาณ 7% ของประชากรทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ได้รับการออกแบบเพื่อเน้นการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปค่า BOD และสารแขวนลอย ไม่มีหน่วยบำบัดสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิด Eutrophication นอกจากนี้น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมมีความเข้มข้นน้อยกว่าค่าแนะนำในการออกแบบ และมักเกิดการหลุดล้นของสารแขวนลอยสู่สิ่งแวดล้อมบ่อยครั้งด้วย (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) โดยสามารถแสดงปริมาณน้ำเสีย และค่าความสกปรกจากพื้นที่โดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา ลุ่มน้ำย่อยฝั่งตะวันออกที่ 3 เขตอำเภอสิงหนคร และลุ่มน้ำย่อยฝั่งตะวันออกที่ 4 เขตอำเภอเมืองสงขลา ได้ดังภาพประกอบที่ 2.5

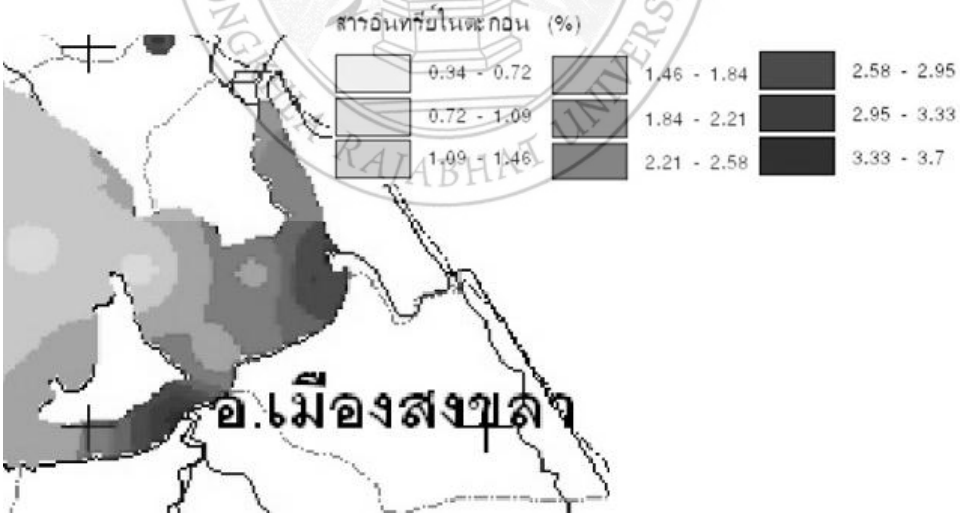
ภาพประกอบที่ 2.5 ประมาณความสกปรกจากชุมชนในรูปบีโอดี
ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548

พื้นที่บริเวณใกล้เคียงอ่าวเมืองเก่าสงขลาในเขตพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีคลองสองสายที่ระบายลงสู่ทะเลสาบ ได้แก่ คลองสำโรง และคลองพะวง (Riumcharoen et al., 2008) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้คุณภาพน้ำทะเลสาบเสื่อมโทรมและทรัพยากรสัตว์น้ำลดลง (Chesoh, & Lim, 2008; Riumcharoen et al., 2008) จากรายงานสถานการณ์คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่จังหวัดสงขลา ปี 2547-2551 พบว่าคลองสำโรง (SK13) เป็นคลองหนึ่งในคลองที่มีสภาพเสื่อมโทรมมาก และพื้นที่โดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา (SK14 และSK15) เป็นพื้นที่ที่มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2552) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.6



ภาพประกอบที่ 2.6 คุณภาพน้ำบริเวณโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา
ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2552

นอกจากนี้สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้รายงานปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิด BOD ตามแบบจำลอง BOD ที่ได้นำเสนอไว้ในภาพประกอบที่ 2.3 พบว่าพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลาจัดเป็นพื้นที่ที่มีผลกระทบจากปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนในระดับที่สูงกว่า 2.21% (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่บริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลาได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.7

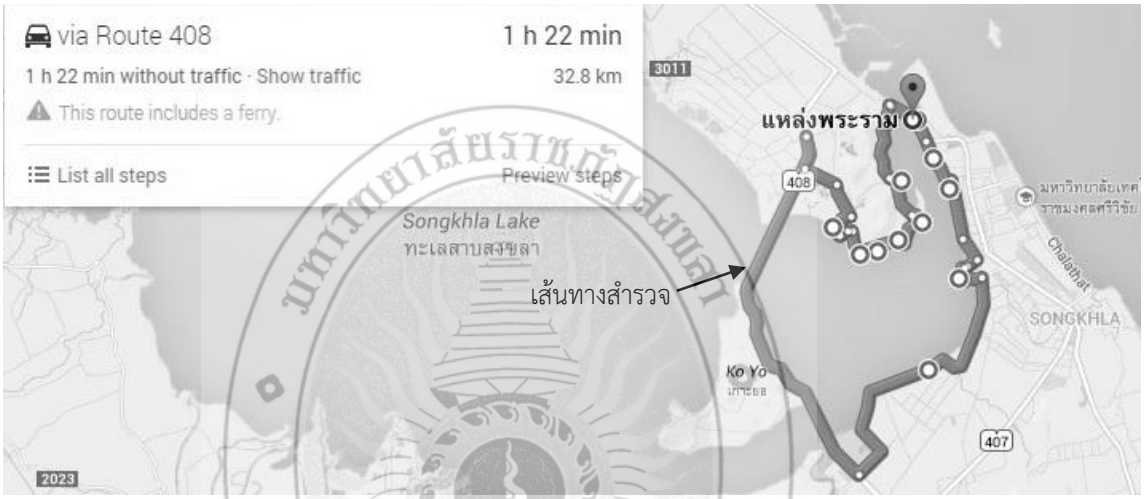


ภาพประกอบที่ 2.7 สารอินทรีย์ในตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนล่าง
ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ตามเส้นทางรอบทะเลสาบสงขลา โดยมีเส้นทางการสำรวจเป็นระยะทางรวมประมาณ 32.8 กิโลเมตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.1



ภาพประกอบที่ 3.1 เส้นทางการสำรวจ
ที่มา: ดัดแปลงจาก Google Maps, 2014

3.2 การสำรวจสภาพทางกายภาพของแหล่งน้ำ

การสำรวจสภาพทางกายภาพของแหล่งน้ำโดยทั่วไปดำเนินการ 4 ครั้ง คือ ในช่วงก่อนฤดูฝน วันที่ 5 มิถุนายน 2558 และวันที่ 23 กรกฎาคม 2558 และในช่วงฤดูฝน วันที่ 22 ตุลาคม 2558 และวันที่ 19 พฤศจิกายน 2558 โดยสำรวจขยะลอยน้ำ ใบไม้กิ่งไม้ ซากพืชตามธรรมชาติ สี กลิ่น และสภาพน้ำอื่นๆ เช่น คราบน้ำมันลอยน้ำ เป็นต้น ทำโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า ด้วยการยืนหันหน้าออกจากฝั่งแล้วสังเกตสภาพพื้นที่ในแนว 180 องศากับชายฝั่ง ระยะทางห่างออกจากฝั่งโดยประมาณ 0-100 เมตร โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 3.1

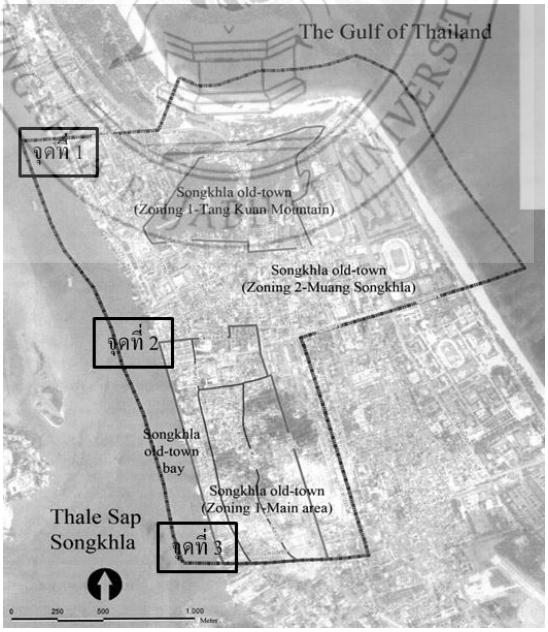
ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การสำรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพ

คุณภาพน้ำ	ขยะลอยน้ำ	ใบไม้ตามธรรมชาติ	คราบน้ำมัน	สี	กลิ่น	คะแนน
ดีมาก	ไม่มีขยะ	น้อยกว่า 10% ของพื้นที่	ไม่มีคราบน้ำมัน	ไม่มีสีคล้ำ มีความใสมองเห็นในน้ำชัดเจน	ไม่มีกลิ่นเน่าเหม็น ดมแล้วยังคงความสดชื่นมาก	5

คุณภาพน้ำ	ขยะลอยน้ำ	ใบไม้ตามธรรมชาติ	คราบน้ำมัน	สี	กลิ่น	คะแนน
ดี	มีน้อยกว่า 10% ของพื้นที่	มีน้อยกว่า 20% ของพื้นที่	มีน้อยกว่า 10% ของพื้นที่	ไม่มีสีคล้ำ แต่ไม่ใสมากนัก	ไม่มีกลิ่นเน่าเหม็น ดมแล้วยังคงความสดชื่นอยู่บ้าง	4
ปานกลาง	มีประมาณ 11-20%ของพื้นที่	มีประมาณ 21-30%ของพื้นที่	มีประมาณ 11-20%ของพื้นที่	ไม่มีสีคล้ำ ไม่ใส ยังคงเป็นธรรมชาติ	ไม่มีกลิ่นเน่าเหม็น แต่ดมแล้วไม่สดชื่น	3
เริ่มเสื่อมโทรม	มีประมาณ 21-50%ของพื้นที่	น้อยกว่า 10% ของพื้นที่	น้อยกว่า 10% ของพื้นที่	เริ่มมีสีคล้ำเล็กน้อย	เริ่มมีกลิ่นเน่าเหม็นเล็กน้อย	2
เสื่อมโทรม	มีประมาณ 51-80%ของพื้นที่	มีประมาณ 51-80%ของพื้นที่	มีประมาณ 51-80%ของพื้นที่	มีสีคล้ำ	มีกลิ่นเน่าเหม็น	1
เสื่อมโทรมมาก	มีมากกว่า 80% ของพื้นที่	มีมากกว่า 80% ของพื้นที่	มีมากกว่า 80% ของพื้นที่	มีสีคล้ำมาก	มีกลิ่นเน่าเหม็นมาก	0

3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำและตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำทะเลเก็บในภาชนะพลาสติกชนิด Polyethylene (Hajisamoh, 2013) การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชายฝั่งอ่าวเมืองเก่าสงขลาทำโดยวิธีการแบบจ้วง (Grab sampling) โดยการจุ่มขวดเก็บตัวอย่างน้ำโดยตรง แต่ต้องทำการกลั้วขวดเก็บตัวอย่างด้วยน้ำตัวอย่างที่เก็บก่อนทุกครั้ง (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2553) โดยแบ่งตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างจากระยะทางจากถนนชลเจริญถึงถนนกำแพงเพชร อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เป็น 3 ตำแหน่ง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.2



ภาพประกอบที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่าง

ที่มา: ดัดแปลงจาก ภาคีคนรักเมืองสงขลาสมาคม, 2557

การเก็บตัวอย่างน้ำดำเนินการ 4 ครั้ง คือ ในช่วงก่อนฤดูฝน วันที่ 5 มิถุนายน 2558 และวันที่ 23 กรกฎาคม 2558 และในช่วงฤดูฝน วันที่ 22 ตุลาคม 2558 และวันที่ 19 พฤศจิกายน 2558 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ-เคมี เช่น อุณหภูมิ DO pH และเก็บรักษาตัวอย่างโดยการแช่เย็นที่ 4°C จนกระทั่งนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ-เคมีอื่นๆ เช่น TS SS NO_3-N NO_2-N กับสารอินทรีย์ในรูป BOD โดยการส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีระบุในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำและวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	เครื่องมือวิเคราะห์
อุณหภูมิอากาศ (°C)	Direct measurement	เครื่องวัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved oxygen meter) รุ่น PDO-520 ยี่ห้อ Lutron ประเทศไต้หวัน
อุณหภูมิน้ำ (°C)	Direct measurement	เครื่องวัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved oxygen meter) รุ่น PDO-520 ยี่ห้อ Lutron ประเทศไต้หวัน
pH	Electrometric method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
ความเค็ม (ppt)	Electrical conductivity method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
Conductivity (ms/cm)	Electrometric method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
Turbidity (FAU)	Photometric method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
DO (mg/L)	Direct measurement	เครื่องวัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved oxygen meter) รุ่น PDO-520 ยี่ห้อ Lutron ประเทศไต้หวัน
TS (mg/L)	Dried at 103-105°C	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
SS (mg/L)	Dried at 103-105°C	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
TDS (mg/L)	Dried at 103-105°C	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
TP (mg/L)	Photometric method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
NO_2-N (mg/L)	Photometric method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
NO_3-N (mg/L)	Cadmium reduction method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
NH_3-N (mg/L)	Titrimetric method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ
BOD (mg/L)	5-Days BOD test Azide modification method	ส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ

หมายเหตุ รายละเอียดเครื่องมือและหมายเลขใบรับรองการสอบเทียบดูในภาคผนวก

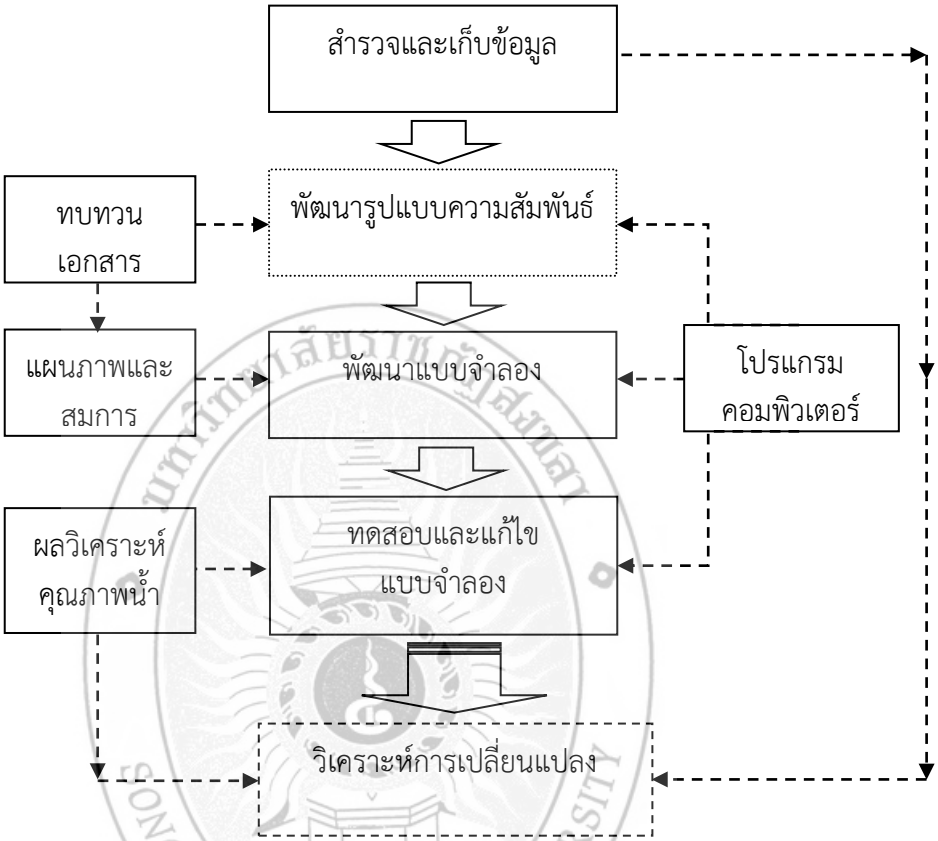
3.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงปริมาณของลักษณะทางกายภาพ-เคมี เช่น อุณหภูมิ DO pH TS SS NO_3-N NO_2-N กับสารอินทรีย์ในรูป BOD ในระบบอ่าวเมืองเก่าสงขลา โดยใช้หลักการจำลองความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจริงของระบบจากสภาวะแวดล้อมโดยรอบพื้นที่อ้างอิงตามตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ SK11 SK12 SK13 SK14 และ SK15 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 จากข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อม ซึ่งได้จากงานวิจัย วิทยานิพนธ์ รายงานต่างๆ จากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลหลักในการพัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา โดยอาศัยหลักการที่ว่าสภาพแวดล้อมจากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่อ่าวเมืองเก่าย่อมมีผลกระทบ มีความเชื่อมโยงและมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลามากกว่าตำแหน่งของสถานีที่ห่างไกลออกไป ยกตัวอย่างเช่น ในการศึกษาพลวัตระบบของออกซิเจนละลายของคลองอู่ตะเภาในบริบทของสารอินทรีย์ละลายน้ำ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของ DO และ DOC มีการเปลี่ยนแปลงจากต้นน้ำสถานีอ่างเก็บน้ำสะเดาถึงปลายน้ำสถานีบ้านนารังนก และพบว่าการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของ DO และ DOC ในแบบจำลองอาศัยการวิเคราะห์อิทธิพลของคุณภาพน้ำตามลำดับสถานีต่อเนื่องกัน โดยในตำแหน่งสถานีที่ตั้งอยู่ใกล้กันย่อมมีอิทธิพลและมีความเชื่อมโยงกันมากกว่าสถานีที่ห่างไกลออกไป ยกเว้นในบางกรณีที่สถานีเหล่านั้นถูกรบกวนด้วยแหล่งมลพิษอื่นที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยน DO และ DOC โดยตรง อันเป็นเหตุให้มีค่าสูงหรือต่ำแตกต่างจากบริเวณใกล้เคียงมาก เช่น บริเวณที่มีคลองสาขามาบรรจบซึ่งมีการเพิ่มของปริมาณสารอินทรีย์จากคลองสาขา หรือบริเวณอ่างเก็บน้ำสะเดาที่มีค่า DO สูงมาก เนื่องจากไม่มีผลกระทบของการปนเปื้อนมลพิษในแหล่งน้ำ เป็นต้น (Toha et al., 2012) โดยหลังจากทำการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองจากข้อมูลทุติยภูมิของพื้นที่โดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาแล้ว จะดำเนินการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในอ่าวเมืองเก่าสงขลา เพื่อใช้ในการทดสอบแบบจำลองที่ได้ นอกจากนี้จะทำการปรับค่า และทวนสอบความถูกต้อง ของแบบจำลอง ก่อนนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในอ่าวเมืองเก่าสงขลาในสถานการณ์ต่างๆ ต่อไป ยกตัวอย่างเช่น ในสถานการณ์ที่แตกต่างจากสถานการณ์ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ได้แก่ สถานการณ์ที่มีค่าสูงสุดในรอบปี หรือสถานการณ์ที่ค่าต่ำสุดในรอบปี เป็นต้น โดยสรุปขั้นตอน ดังนี้

1. สำรวจพื้นที่บริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลาและบริเวณใกล้เคียงในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและค่าบีโอดีในบริเวณใกล้เคียงอ่าวเมืองเก่าสงขลาในทะเลสาบสงขลาตอนล่างอ้างอิงตามตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ SK11 SK12 SK13 SK14 และ SK15 จากข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16
3. พัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ด้วยโปรแกรม STELLA
4. วิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลา
5. นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลามาพัฒนาแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและค่าบีโอดี

6. ทำการปรับค่า และทวนสอบความถูกต้อง
7. ประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง

โดยมีขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.3



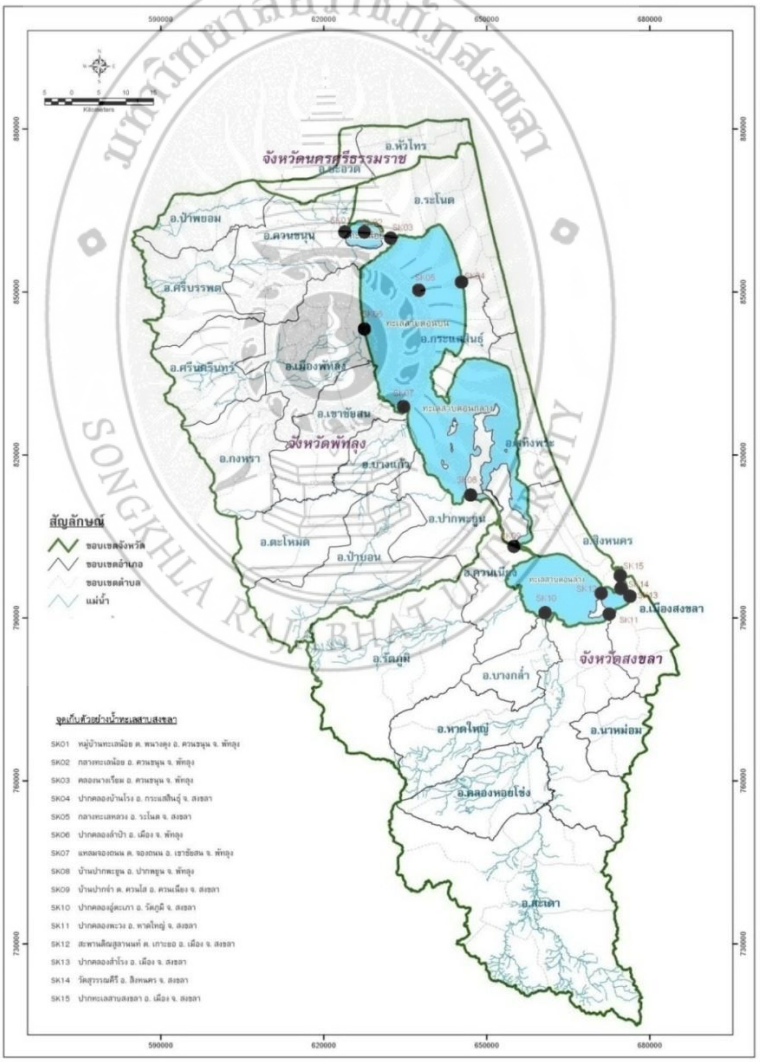
ภาพประกอบที่ 3.3 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล/ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 สภาพทางกายภาพบริเวณชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ได้กำหนดพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างตามรายงานคุณภาพน้ำ เพื่อการตรวจวัดและเฝ้าระวังคุณภาพทะเลสาบสงขลา โดยสามารถแสดงตำแหน่งของจุดตรวจสภาพน้ำได้ดังภาพประกอบที่ 4.1 โดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่โดยตรงจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ตามหนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ ศธ 0560/1336 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังตั้งแต่ปี 2547-2557 แผนที่และตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง



ภาพประกอบที่ 4.1 ตำแหน่งจุดตรวจสภาพน้ำตามรายงานคุณภาพน้ำพื้นที่ทะเลสาบสงขลา
ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2556

โดยพื้นที่สำคัญที่ครอบคลุมอ่าวเมืองเก่าสงขลา มี 5 จุด ได้แก่ ปากคลองพะวง (SK11) สะพานเกาะยอ (SK12) ปากคลองสำโรง (SK13) วัดสุวรรณคีรี (SK14) และปากทะเลสาบสงขลา (SK15) ดังแสดงตามตารางที่ 4.1 โดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลพิกัดโดยตรงจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ตามหนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ ศธ 0560/1336 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังตั้งแต่ปี 2547-2557 แผนที่และตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างและแสดงตำแหน่งจุดตรวจคุณภาพน้ำได้ดังภาพประกอบที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 จุดตรวจสภาพน้ำตามรายงานคุณภาพน้ำพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

จุดตรวจ	สถานที่	รหัสจุดตรวจ	พิกัด GPS (UTM)	
			X	Y
1	ปากคลองพะวง	SK11	672474	790145
2	สะพานเกาะยอ	SK12	672582	790645
3	ปากคลองสำโรง	SK13	646071	794258
4	วัดสุวรรณคีรี	SK14	674394	794764
5	ปากทะเลสาบสงขลา	SK15	674599	797580

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2556

ภาพประกอบที่ 4.2 ตำแหน่งจุดตรวจสภาพน้ำโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา
ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2556

ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจสภาพทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา โดยกำหนดจุดสำรวจทั้งหมด 8 จุด ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน

สวนสาธารณะเกาะยอ สวนป่าเปรม สวนสองทะเล ท่าแพขนานยนต์สงขลา ท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ โดยมีรายละเอียดของพิกัดดังแสดงตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จุดตรวจสภาพน้ำชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา

จุดสำรวจ	สถานที่	พิกัด GPS (UTM)	
		X	Y
1	ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง	673842	798545
2	ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน	674631	795733
3	สวนสาธารณะเกาะยอ	670717	793623
4	สวนป่าเปรม	672469	790718
5	สวนสองทะเล	674112	799010
6	ท่าแพขนานยนต์สงขลา	674414	798249
7	ท่าเรือแหล่งพระราม	675128	796689
8	ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์	675527	795233

สามารถแสดงภาพถ่ายทางกายภาพของชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา โดยแสดงภาพถ่ายในฤดูร้อนและฤดูฝนดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.3 และภาพประกอบที่ 4.4 ตามลำดับ

ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง

ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน

ภาพประกอบที่ 4.3 ภาพถ่ายสภาพทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาช่วงก่อนฤดูฝน (วันที่ 5 มิถุนายน 2558 และวันที่ 23 กรกฎาคม 2558)

สวนสาธารณะเกาะยอ

สวนป่าเปรม

สวนสองทะเล

ท่าแพขนานยนต์สงขลา

ท่าเรือแหล่งพระราม

ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์

ภาพประกอบที่ 4.3 ภาพถ่ายสภาพทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาในช่วงก่อนฤดูฝน (วันที่ 5 มิถุนายน 2558 และวันที่ 23 กรกฎาคม 2558) (ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง

ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน

สวนสาธารณะเกาะยอ

สวนป่าเปรม

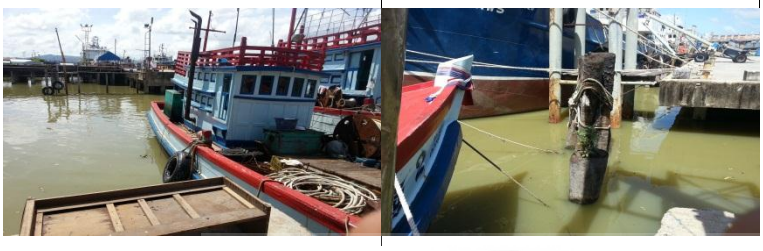
สวนสองทะเล

ท่าแพขนานยนต์สงขลา

ภาพประกอบที่ 4.4 ภาพถ่ายสภาพทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาในช่วงฤดูฝน (วันที่ 22 ตุลาคม 2558 และวันที่ 19 พฤศจิกายน 2558)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ท่าเรือแหล่งพระราม



ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์

ภาพประกอบที่ 4.4 ภาพถ่ายสภาพทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลาในช่วงฤดูฝน (วันที่ 22 ตุลาคม 2558 และวันที่ 19 พฤศจิกายน 2558) (ต่อ)

ผลการสำรวจสภาพทางกายภาพโดยทั่วไปในช่วงก่อนฤดูฝนและฤดูฝนเหมือนกันโดยพบว่า จุดสำรวจบางแห่งมีขยะลอยน้ำน้อยมาก แต่มีใบไม้กิ่งไม้ ซากพืชตามธรรมชาติ สภาพสี กลิ่น และสภาพน้ำโดยรวมเป็นปกติ ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง สวนสาธารณะเกาะยอ สวนป่าเปรม สวนสองทะเลท่าแพขนานยนต์สงขลา จุดสำรวจบางแห่งพบว่าในน้ำมีขยะ สีน้ำมีสภาพคล้ำดำและมีกลิ่นเหม็นโดยเฉพาะท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ จุดสำรวจบางแห่งสามารถพบคราบน้ำมันลอยน้ำที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยเฉพาะในจุดที่มีการคมนาคมทางน้ำและจุดจอดเรือ เป็นสำคัญ ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน ท่าแพขนานยนต์สงขลา ท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์

สามารถให้คะแนนการสำรวจสภาพทางกายภาพของแหล่งน้ำโดยทั่วไปในช่วงก่อนฤดูฝนและในช่วงฤดูฝน โดยสำรวจขยะลอยน้ำ ใบไม้กิ่งไม้ ซากพืชตามธรรมชาติ สี กลิ่น และสภาพน้ำอื่นๆ เช่น คราบน้ำมันลอยน้ำ เป็นต้น ทำโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า ด้วยการยืนหันหน้าออกจากฝั่งแล้วสังเกตสภาพพื้นที่ในแนว 180 องศากับชายฝั่ง ระยะทางห่างออกจากฝั่งโดยประมาณ 0-100 เมตร ตามเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ สภาพดีมาก ได้คะแนน 5 คะแนน สภาพดี ได้คะแนน 4 คะแนน สภาพปานกลาง ได้คะแนน 3 คะแนน สภาพเริ่มเสื่อมโทรม ได้คะแนน 2 คะแนน สภาพเสื่อมโทรม ได้คะแนน 1 คะแนน และสภาพเสื่อมโทรมมาก ได้คะแนน 0 คะแนน โดยผลจากการเปรียบเทียบการสำรวจสภาพทางกายภาพโดยทั่วไปทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า จุดสำรวจในหลายแห่งมีขยะลอยน้ำน้อยมาก ในขณะที่ใบไม้กิ่งไม้ ซากพืชตามธรรมชาติยังคงมีโดยทั่วไป และบางแห่งขยะลอยน้ำและใบไม้ตามธรรมชาติลดลงในฤดูฝน ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน สวนสาธารณะเกาะยอ สวนป่าเปรม สวนสองทะเล ท่าแพขนานยนต์สงขลา สีของน้ำในฤดูฝนขุ่นกว่าในฤดูร้อนอย่างเห็นได้ชัดในทุกจุดสำรวจ ทั้งนี้ด้วยสภาพของคลื่น ลมที่มีความรุนแรงขึ้น ในขณะที่กลิ่นของน้ำยังคงมีสภาพเป็นปกติเกือบทุกจุดสำรวจ ยกเว้นบางจุดสำรวจที่สภาพน้ำมีขยะ สีดำคล้ำและมีกลิ่นเหม็นโดยเฉพาะท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ จุดสำรวจบางแห่ง

ยังคงพบคราบน้ำมันลอยน้ำที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในฤดูฝน ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน ท่าแพขนานยนต์สงขลา ในขณะที่ท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ ยังคงมีคราบน้ำมันลอยน้ำในปริมาณมาก ผลการสำรวจพบว่าจากการพิจารณาอันดับคะแนนรวมของสภาพน้ำทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา แหล่งเสื่อมโทรมมากสุด ได้แก่ ท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ ในขณะที่บริเวณที่ยังคงมีสภาพน้ำเป็นปกติและมีคุณภาพดีที่สุด ได้แก่ สวนสองทะเล รองลงมาเป็นสวนป่าเปรม และท่าแพขนานยนต์สงขลา ผลคะแนนรวมการสำรวจสภาพทางกายภาพของแหล่งน้ำแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

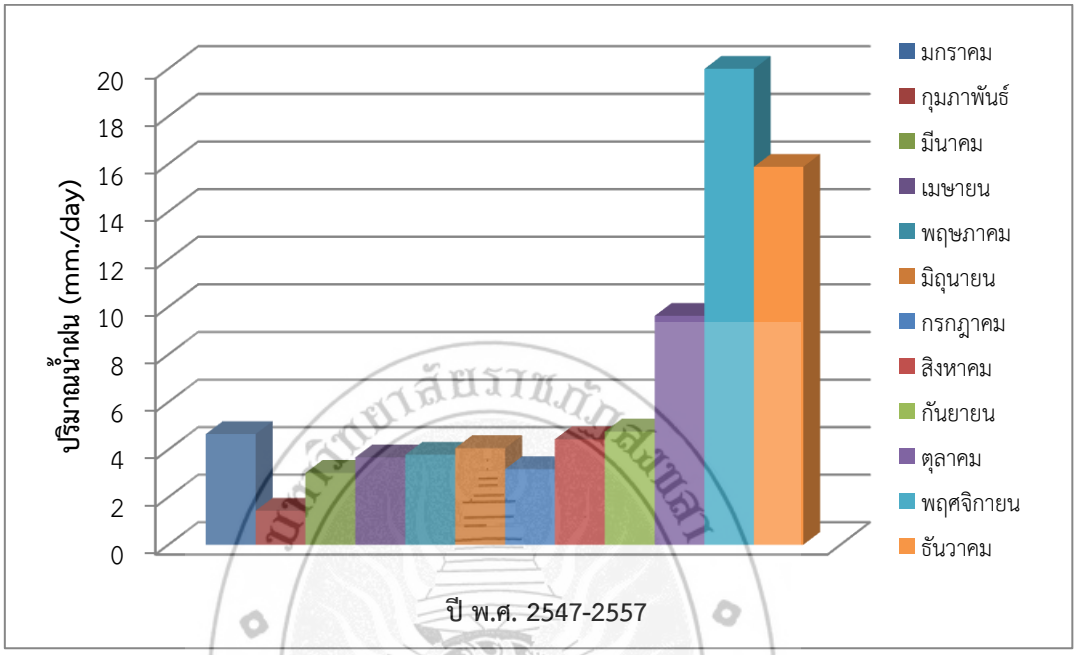
ตารางที่ 4.3 สภาพน้ำทางกายภาพชายฝั่งโดยรอบอ่าวเมืองเก่าสงขลา

ฤดูร้อน							
จุดสำรวจ	สถานที่	ขยะลอยน้ำ	ใบไม้ตามธรรมชาติ	คราบน้ำมัน	สี	กลิ่น	คะแนนรวม
1	ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง	3	3	3	3	3	15
2	ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน	2	3	2	3	3	13
3	สวนสาธารณะเกาะยอ	4	3	4	4	4	19
4	สวนป่าเปรม	4	3	4	4	4	19
5	สวนสองทะเล	4	4	4	4	4	20
6	ท่าแพขนานยนต์สงขลา	3	4	3	4	4	18
7	ท่าเรือแหล่งพระราม	0	3	1	0	0	4
8	ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์	0	3	1	0	0	4
ฤดูฝน							
จุดสำรวจ	สถานที่	ขยะลอยน้ำ	ใบไม้ตามธรรมชาติ	คราบน้ำมัน	สี	กลิ่น	คะแนนรวม
1	ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง	4	4	4	3	4	19
2	ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน	4	4	4	3	4	19
3	สวนสาธารณะเกาะยอ	4	3	5	3	4	19
4	สวนป่าเปรม	5	4	5	3	4	21
5	สวนสองทะเล	5	5	5	3	4	22
6	ท่าแพขนานยนต์สงขลา	5	5	4	3	4	21
7	ท่าเรือแหล่งพระราม	0	3	1	0	0	4
8	ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์	0	3	1	0	0	4

4.2 การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลา

อ่าวเมืองเก่าสงขลาเป็นพื้นที่รองรับน้ำจากอำเภอเมืองสงขลาก่อนออกสู่ทะเลหลวง ปริมาณน้ำที่เข้าสู่อ่าวเมืองเก่าสงขลาจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่อำเภอเมืองสงขลา รวมถึงปริมาณน้ำที่มาจากทะเลสาบสงขลาโดยรอบ การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลา ทำให้สามารถวิเคราะห์สภาพการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่าวเมืองเก่าสงขลาและช่วงฤดูกาลได้ โดยสามารถแสดงปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยในแต่ละวันในเดือนต่างๆ ในรอบปี จาก

ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2547-2557 ของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออกดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.5



ภาพประกอบที่ 4.5 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2547-2557

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก, 2558

โดยสมมุติฐานแล้วปริมาณน้ำฝนอาจมีส่วนช่วยในการเจือจางสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ หรือปริมาณน้ำฝนที่เป็นน้ำชะอาจมีส่วนเพิ่มความสกปรกของสารอินทรีย์จากชายฝั่งลงแหล่งน้ำได้เช่นกัน ทั้งนี้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากพื้นที่จริงอาจไม่สอดคล้องตามสมมุติฐานเนื่องจากปัจจัยกระทบอื่นๆ เช่นกัน เช่น การมีน้ำเสียจากหลายแหล่ง การมีกิจกรรมต่างๆ ที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณ หรือการมีมรสุมพัดผ่านในแต่ละช่วงฤดู เป็นต้น ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนโดยประมาณระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยในแต่ละฤดูเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนสามารถแสดงให้เห็นว่าช่วงฤดูร้อนมีความแตกต่างกับช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกมากกว่าถึงประมาณ 8 เท่า โดยน้ำฝนอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำและทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ของแบบจำลอง และแม้ว่าในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมจะมีอัตราส่วนของฝนที่ตกเท่ากับช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมก็ตาม แต่ปริมาณการสะสมของปริมาณน้ำฝนที่ต่อเนื่องก็อาจมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำและทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ของแบบจำลองด้วยเช่นกัน โดยผลปรากฏว่าในฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม มีอัตราส่วนปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยเทียบกับช่วงฤดูฝน 1:8 เท่า ในขณะที่ช่วงก่อนฤดูฝนทั้งช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมและช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม มีอัตราส่วนปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยเทียบกับช่วงฤดูฝนเท่ากันที่ 1:5 เท่า ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำฝนมีอาจผลกระทบต่อการ

เปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำภายในช่วงเดือนตั้งแต่เมษายนถึงสิงหาคมแตกต่างกันน้อยมาก และแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับช่วงฤดูร้อน ซึ่งหากใช้สมมุติฐานดังกล่าวแล้วการแบ่งช่วงของการวิเคราะห์จึงอาจพิจารณาช่วงการสำรวจลดลงเหลือ 3 ช่วงจากเดิม 4 ช่วง ได้เช่นกัน สามารถแสดงอัตราส่วนตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจวิเคราะห์ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 คือ ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม โดยวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี 2547 ถึง 2557 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อัตราส่วนปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยในช่วงเดือนต่างๆ เทียบกับช่วงฤดูฝน

ช่วงการสำรวจ	ฤดู (กำหนดตามรายงานคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16)	ระหว่างเดือน	อัตราส่วนปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยเทียบกับช่วงฤดูฝน (เท่า)
1	ฤดูร้อน	กุมภาพันธ์ถึงมีนาคม	1:8
2	ก่อนฤดูฝน	เมษายนถึงพฤษภาคม	1:5
3	ก่อนฤดูฝน	กรกฎาคมถึงสิงหาคม	1:5
4	ฤดูฝน	พฤศจิกายนถึงธันวาคม	1:1

4.3 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวเมืองเก่าสงขลา

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำชายฝั่งอ่าวเมืองเก่าสงขลาทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี โดยอ้างอิงพารามิเตอร์ตามรายงานคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชายฝั่งในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมเพื่อใช้เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำในช่วงก่อนฤดูฝน และทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชายฝั่งในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายนเพื่อใช้เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝน การเก็บตัวอย่างน้ำดำเนินการ 4 ครั้ง คือ ในช่วงก่อนฤดูฝน วันที่ 5 มิถุนายน 2558 และวันที่ 23 กรกฎาคม 2558 และในช่วงฤดูฝน วันที่ 22 ตุลาคม 2558 และวันที่ 19 พฤศจิกายน 2558 โดยกำหนดจุดสำรวจทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์สงขลา ท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ pH ความเค็ม Conductivity Turbidity DO TS SS TDS TP NO_2-N NO_3-N NH_3-N และBOD พบว่ามีความแตกต่างกันของคุณภาพน้ำในช่วงก่อนฤดูฝนและในฤดูฝนในทุกจุดเก็บตัวอย่าง และแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยค่าความสกปรกในรูป BOD ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษาความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีอื่นๆ มีค่าสูงสุดในจุดที่ 2 ท่าเรือแหล่งพระราม และมีค่าสูงในช่วงก่อนฤดูฝนมากกว่าในฤดูฝน โดยสามารถแสดงผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทางกายภาพ-เคมีทั้งหมดที่ทำการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คุณภาพน้ำชายฝั่งอ่าวเมืองเก่าสงขลา

พารามิเตอร์	ฤดู	จุดเก็บตัวอย่าง		
		จุดที่ 1 ท่าแพขนานยนต์สงขลา	จุดที่ 2 ท่าเรือแหล่งพระราม	จุดที่ 3 ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์
อุณหภูมิอากาศ (°C)	ก่อนฤดูฝน	30.5	29.7	30.0
	ฤดูฝน	33.0	32.8	34.4
อุณหภูมิน้ำ (°C)	ก่อนฤดูฝน	30.2	30.1	29.6
	ฤดูฝน	30.3	31.0	30.2
pH	ก่อนฤดูฝน	8.10	7.40	8.00
	ฤดูฝน	7.4	7.4	7.2
ความเค็ม (ppt)	ก่อนฤดูฝน	28.4	23.6	27.6
	ฤดูฝน	3.8	2.6	2.3
Conductivity (ms/cm)	ก่อนฤดูฝน	47.5	40.3	46.3
	ฤดูฝน	7.4	5.1	4.6
Turbidity (FAU)	ก่อนฤดูฝน	16	31	7
	ฤดูฝน	22	25	26
DO (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	7.6	5.2	5.9
	ฤดูฝน	3.2	3.2	2.8
TS (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	29,610	25,140	28,520
	ฤดูฝน	3,729	2,579	2,320
SS (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	11	37	17
	ฤดูฝน	29	29	30
TDS (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	29,600	25,100	28,500
	ฤดูฝน	3,700	2,550	2,290
TP (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	0.11	0.11	0.12
	ฤดูฝน	11	11	10
NO_2-N (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	0.15	0.16	0.13
	ฤดูฝน	0.67	0.44	0.63
NO_3-N (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	2.75	3.59	1.86
	ฤดูฝน	24.36	4.23	9.30
NH_3-N (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	0.4	5.3	0.7
	ฤดูฝน	0.3	0.1	0.7
BOD (mg/L)	ก่อนฤดูฝน	0.8	4.8	1.1
	ฤดูฝน	0.9	0.7	0.6

4.4 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและค่าบีโอดี

ตามตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ SK11 SK12 SK13 SK14 และ SK15 จากข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 สามารถแสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและค่าบีโอดี โดยการสร้างแผนภาพการกระจาย เพื่อดูลักษณะการกระจายและแนวโน้มของจุดเทียบกับแนวเส้นตรง และพิจารณาสัมประสิทธิ์การทำนาย เพื่อวิเคราะห์ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรตามว่าสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้นได้ถูกต้องเท่าไร ซึ่งในการวิจัยเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสอง (R^2) ในการพิจารณา โดยจากข้อมูล

คุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 สามารถวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี แบ่งออกเป็น 4 ช่วง ตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจวิเคราะห์ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 คือ ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม และช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม โดยวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี 2547 ถึง 2557 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี โดยอ้างอิงพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ pH ความเค็ม Conductivity Turbidity DO TS SS TDS TP NO_2-N NO_3-N NH_3-N และBOD ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองระหว่างค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี โดยในการศึกษาจะพิจารณาค่า R^2 มากกว่า 0.5 เป็นสำคัญ และพิจารณาเพิ่มเติมในการศึกษานี้ว่าควรมีค่า R^2 มากกว่า 0.5 จำนวน 2 ครั้งขึ้นไป เพื่อหลีกเลี่ยงการเลือกความสัมพันธ์ที่อาจเกิดขึ้นโดยบังเอิญ พบว่าช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม พารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดี ได้แก่ BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-DO BOD-TS BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_2-N และ BOD-NH_3-N ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดี ได้แก่ BOD-pH BOD-DO BOD-TP และBOD-NH_3-N ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม พารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดี ได้แก่ BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-Turbidity BOD-DO BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_2-N และBOD-NH_3-N และช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-TP BOD-NO_2-N และBOD-NH_3-N สามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีได้ดังตารางที่ 4.6 ตารางที่ 4.7 ตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9 ตามลำดับ

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ปี 2547-2557

ปี	BOD-อุณหภูมิอากาศ	BOD-อุณหภูมิน้ำ	BOD-pH	BOD-ความเค็ม	BOD-Conductivity	BOD-Turbidity	BOD-DO
2547	0.1563	0.1354	0.0326	0.3939	0.0281	0.5606	0.9117
2548	0.0001	0.0471	0.1368	0.0051	0.0165	0.0008	0.9322
2549	0.1466	0.3026	0.0138	0.1237	0.1331	0.0077	0.7768
2550	0.1033	0.1011	0.0143	0.0003	0.0050	0.1209	0.8386
2551	0.2475	0.0335	0.4806	0.1687	0.2727	0.3809	0.8249
2552	0.1865	0.3433	0.0046	0.3402	0.3425	0.1344	0.0121
2553	0.0462	0.0344	0.3964	0.1897	0.1833	0.0026	0.8664
2554	-	0.7783	0.0990	0.8642	0.9061	0.0000	0.1253
2555	-	0.4398	0.2398	0.5119	0.5581	0.3929	0.0378
2556	-	0.3204	0.4806	0.2771	0.2660	0.0143	0.4961
2557	-	0.0888	0.0158	0.0609	0.0550	0.3153	0.3908
ปี	BOD-TS	BOD-SS	BOD-TDS	BOD-TP	BOD-NO_2	BOD-NO_3	BOD-NH_3
2547	0.4591	0.4908	0.3466	0.7457	0.0106	0.0066	0.0106
2548	0.0755	0.0358	0.0766	0.9580	0.0170	0.0011	0.9920
2549	0.0317	0.1099	0.0251	0.9540	0.0461	0.0627	0.9675
2550	0.0382	0.4210	0.0085	0.8102	0.0615	0.0057	0.8967
2551	0.0960	0.0017	0.0961	0.8312	0.1562	0.1370	0.5231
2552	0.3452	0.0008	0.3324	0.3101	0.6987	0.0276	0.2037
2553	0.3107	0.0299	0.1430	0.8820	0.0390	0.0518	0.7656
2554	0.8730	0.2066	0.8247	0.0153	0.6664	0.6922	0.0008
2555	0.5235	0.0427	0.5253	0.0379	0.0134	0.0000	0.0000
2556	0.2914	0.0218	0.2899	0.9623	0.0000	0.0020	0.9480
2557	0.0401	0.5518	0.0407	0.1191	0.3373	0.0341	0.0000

- ไม่มีรายงานการตรวจวัด

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ปี 2547-2557

ปี	BOD-อุณหภูมิอากาศ	BOD-อุณหภูมิน้ำ	BOD-pH	BOD-ความเค็ม	BOD-Conductivity	BOD-Turbidity	BOD-DO
2547	-	-	-	-	-	-	-
2548	-	-	-	-	-	-	-
2549	-	-	-	-	-	-	-
2550	-	-	-	-	-	-	-
2551	-	-	-	-	-	-	-
2552	0.0070	0.5358	0.5981	0.1649	0.2830	0.0926	0.4079
2553	0.0418	0.1120	0.0207	0.6989	0.7100	0.0090	0.1589
2554	-	0.2148	0.0581	0.0528	0.0518	0.0129	0.3665
2555	-	0.3634	0.7229	0.2604	0.2760	0.0200	0.8974
2556	-	0.0969	0.4695	0.0229	0.0027	0.0014	0.9205
2557	-	0.0099	0.0147	0.0209	0.0133	0.6944	0.2407
ปี	BOD-TS	BOD-SS	BOD-TDS	BOD-TP	BOD-NO_2	BOD-NO_3	BOD-NH_3
2547	-	-	-	-	-	-	-
2548	-	-	-	-	-	-	-
2549	-	-	-	-	-	-	-
2550	-	-	-	-	-	-	-
2551	-	-	-	-	-	-	-
2552	0.0119	0.4387	0.0073	0.6159	0.4596	0.0184	0.2909
2553	0.2857	0.0000	0.2944	0.0091	0.3491	0.0653	0.0782
2554	0.0572	0.2095	0.0703	0.3876	0.0082	0.0831	0.9353
2555	0.0022	0.2054	0.2840	0.6155	0.0178	0.0305	0.0000
2556	0.0052	0.0020	0.0052	0.9488	0.0336	0.0469	0.9978
2557	0.2684	0.5487	0.2689	0.9686	0.0000	0.2374	0.0000

- ไม่มีรายงานการตรวจวัด

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ปี 2547-2557

ปี	BOD-อุณหภูมิอากาศ	BOD-อุณหภูมิน้ำ	BOD-pH	BOD-ความเค็ม	BOD-Conductivity	BOD-Turbidity	BOD-DO
2547	0.3091	0.3091	0.2013	0.3983	0.3997	0.8696	0.6276
2548	0.0810	0.1129	0.4682	0.1475	0.0664	0.9417	0.9605
2549	0.0379	0.1085	0.8082	0.4551	0.9367	0.2846	0.8198
2550	0.0837	0.1180	0.4063	0.0059	0.0730	0.3407	0.9006
2551	0.0119	0.4687	0.0032	0.0008	0.0856	0.0309	0.6386
2552	0.0503	0.2626	0.5870	0.6812	0.6735	0.3485	0.9157
2553	0.6265	0.0518	0.0579	0.0073	0.0084	0.1097	0.6190
2554	-	0.0024	0.0151	0.2249	0.2112	0.0055	0.7415
2555	-	0.7272	0.1569	0.0282	0.0272	0.5980	0.6891
2556	-	0.5795	0.1335	0.6188	0.6056	0.0874	0.0890
2557	-	0.0268	0.0020	0.3488	0.3988	0.8214	0.3544
ปี	BOD-TS	BOD-SS	BOD-TDS	BOD-TP	BOD-NO_2	BOD-NO_3	BOD-NH_3
2547	0.4996	0.2044	0.5318	0.0043	0.0380	0.0553	0.8845
2548	0.2450	0.1995	0.1081	0.9287	0.0325	0.0329	0.9042
2549	0.4068	0.5445	0.0903	0.9700	0.0162	0.0137	0.9743
2550	0.0381	0.0588	0.0382	0.9853	0.0481	0.2307	0.9366
2551	0.0122	0.0864	0.0002	0.8475	0.6892	0.0157	0.0786
2552	0.2136	0.0005	0.6784	0.9655	0.1156	0.0282	0.0139
2553	0.0891	0.0814	0.0551	0.9095	0.8632	0.0357	0.6968
2554	0.2329	0.1974	0.2339	0.0678	0.0013	0.0517	0.0075
2555	0.0795	0.2348	0.0735	0.2077	0.0006	0.0150	0.0000
2556	0.8980	0.0755	0.8976	0.2053	0.4315	0.2458	0.4745
2557	0.1232	0.2861	0.1234	0.2526	0.0001	0.0001	0.0000

- ไม่มีรายงานการตรวจวัด

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม ปี 2547-2557

ปี	BOD-อุณหภูมิอากาศ	BOD-อุณหภูมิน้ำ	BOD-pH	BOD-ความเค็ม	BOD-Conductivity	BOD-Turbidity	BOD-DO
2547	0.0016	0.3789	0.3669	0.3701	0.0336	0.0053	0.8364
2548	0.1370	0.1192	0.0036	0.1204	0.1247	0.1370	0.4482
2549	0.0522	0.0025	0.9403	0.7709	0.0014	0.0982	0.3309
2550	0.2405	0.8331	0.7270	0.8197	0.8080	0.4335	0.4233
2551	0.3406	0.0436	0.1424	0.2425	0.0216	0.0366	0.0002
2552	0.0175	0.6255	0.7769	0.7465	0.0933	0.7651	0.0459
2553	-	0.0154	0.0000	0.2007	0.0891	0.0790	0.1652
2554	-	-	-	-	-	-	-
2555	-	0.1626	0.2483	0.0359	0.0185	0.2459	0.0048
2556	-	0.0112	0.2581	0.0420	0.0354	0.0822	0.0127
2557	*	*	*	*	*	*	*
ปี	BOD-TS	BOD-SS	BOD-TDS	BOD-TP	BOD-NO_2	BOD-NO_3	BOD-NH_3
2547	0.0000	0.2319	0.0140	0.8858	0.8411	0.3866	0.9562
2548	0.0175	0.2267	0.0149	0.4790	0.0436	0.1361	0.9234
2549	0.0302	0.0276	0.0085	0.8311	0.0661	0.0128	0.8228
2550	0.4206	0.4802	0.4202	0.0294	0.3275	0.0024	0.0028
2551	0.1379	0.4515	0.0062	0.1765	0.1642	0.0156	0.0156
2552	0.6106	0.0208	0.8138	0.0001	0.7909	0.7477	0.5350
2553	0.1541	0.0738	0.1448	0.8353	0.0000	0.0003	0.4536
2554	-	-	-	-	-	-	-
2555	0.1944	0.0018	0.1944	0.0380	0.0545	0.0198	0.0000
2556	0.0430	0.0466	0.0428	0.0092	0.2777	0.3035	0.0000
2557	*	*	*	*	*	*	*

- ไม่มีรายงานการตรวจวัด

* ยังไม่มีข้อมูลในฐานข้อมูล

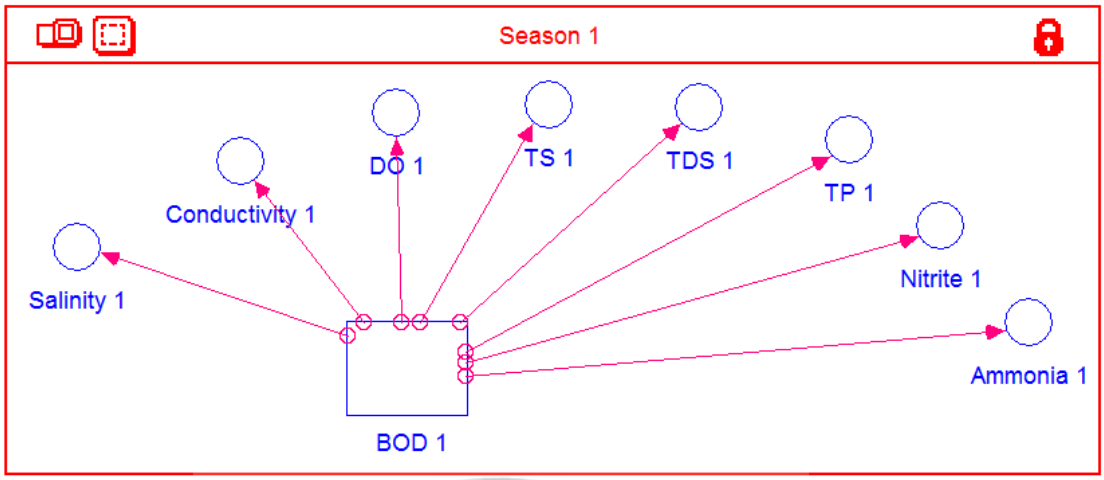
ผลจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองระหว่างค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี โดยในการศึกษาจะพิจารณาค่า R^2 มากกว่า 0.5 เป็นสำคัญ ($R^2 < 0.5$ regression analysis was not performed; AWWARF, 1993) และพิจารณาเพิ่มเติมว่าควรมีค่า R^2 มากกว่า 0.5 จำนวน 2 ครั้งขึ้นไป เพื่อหลีกเลี่ยงการเลือกความสัมพันธ์ที่อาจเกิดขึ้นโดยบังเอิญ พบว่าค่าของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดีดังแสดงผลในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมี

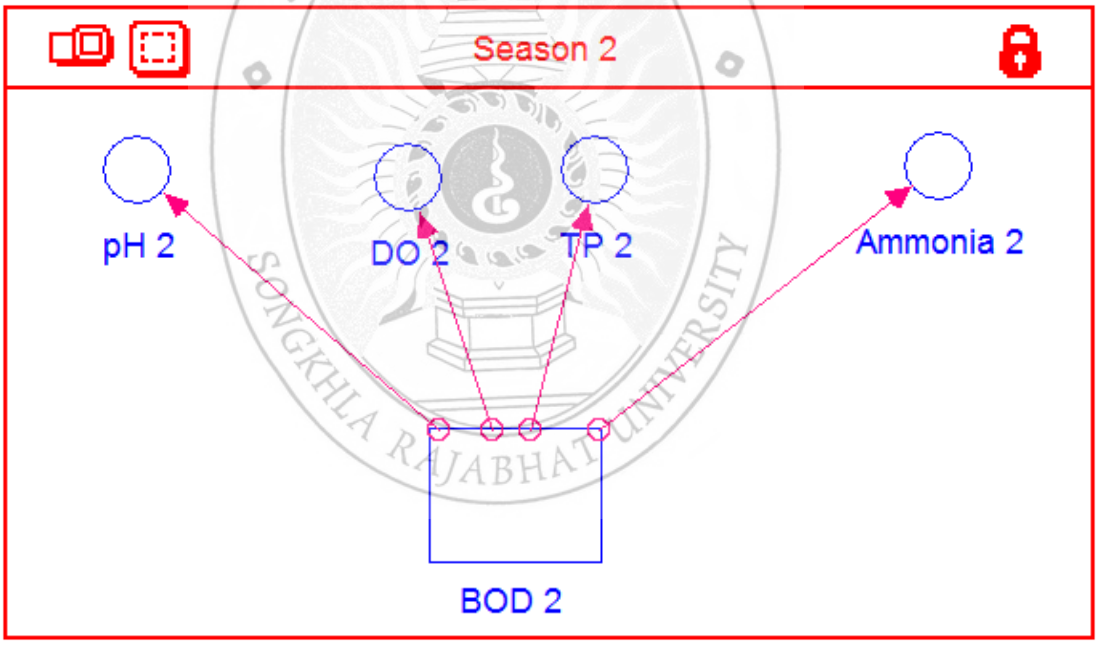
ช่วงการสำรวจ	ฤดู (กำหนดตามรายงานคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16)	ระหว่างเดือน	ความสัมพันธ์
1	ฤดูร้อน	กุมภาพันธ์ถึงมีนาคม	BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-DO BOD-TS BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_2-N BOD-NH_3-N
2	ก่อนฤดูฝน	เมษายนถึงพฤษภาคม	BOD-pH BOD-DO BOD-TP BOD-NH_3-N
3	ก่อนฤดูฝน	กรกฎาคมถึงสิงหาคม	BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-Turbidity BOD-DO BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_2-N BOD-NH_3-N
4	ฤดูฝน	พฤศจิกายนถึงธันวาคม	BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-TP BOD-NO_2-N BOD-NH_3-N

4.5 แบบจำลองความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี

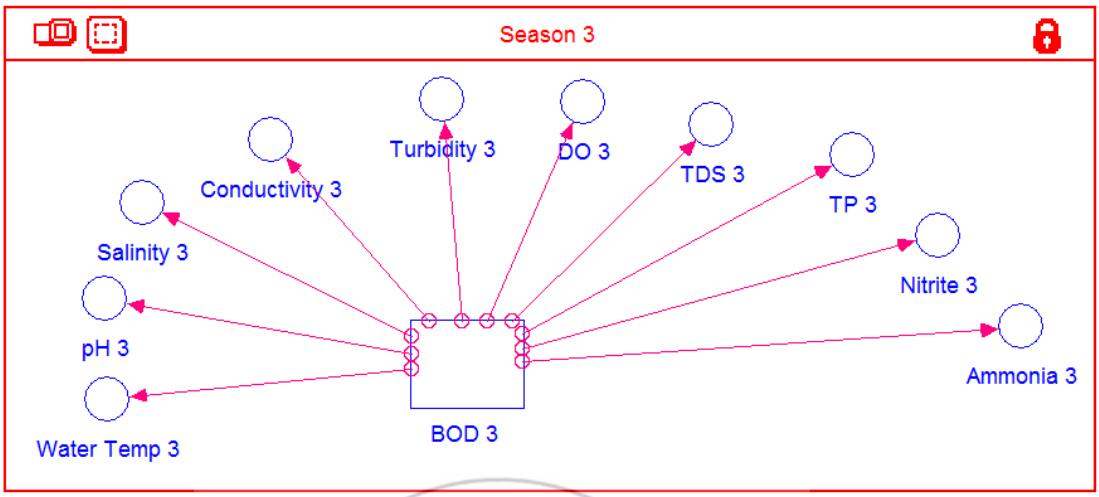
จากการศึกษาสามารถเขียนแบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในแต่ละฤดูกาล 4 ช่วง ตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจวิเคราะห์ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 คือ ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม ดังภาพประกอบที่ 4.6 ภาพประกอบที่ 4.7 ภาพประกอบที่ 4.8 และภาพประกอบที่ 4.9 ตามลำดับ



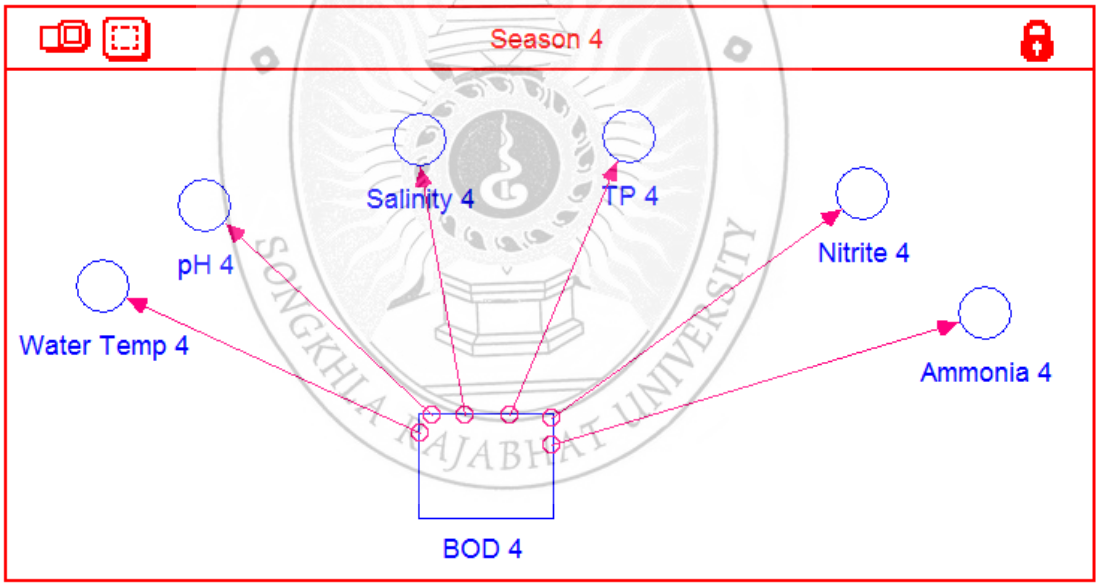
ภาพประกอบที่ 4.6 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูแล้งเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม



ภาพประกอบที่ 4.7 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูก่อนฤดูฝนเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม

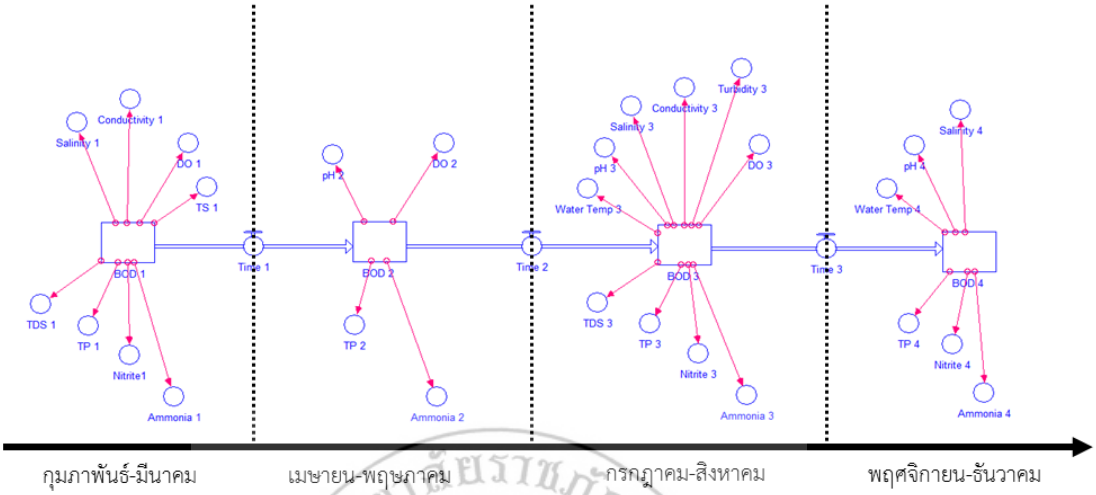


ภาพประกอบที่ 4.8 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูก่อนฤดูฝนเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม



ภาพประกอบที่ 4.9 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในฤดูฝนเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม

จากแบบจำลองที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีในแหล่งน้ำตลอดทั้ง 4 ช่วงฤดู ได้แก่ TP และ NH_3-N รองลงมาเป็นค่า pH ความเค็ม DO และ NO_2-N ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่าบีโอดีใน 3 ช่วงฤดู โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงฤดูได้ดังภาพประกอบที่ 4.10



ภาพประกอบที่ 4.10 แบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ตลอดปี

4.6 การปรับค่า และทวนสอบความถูกต้อง

ตามตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ ท่าแพขนานยนต์ ท่าเรือแหล่งพระราม และ ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ ในพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลา สามารถแสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและค่าบีโอดี โดยการสร้างแผนภาพการกระจาย เพื่อดูลักษณะการกระจายและแนวโน้มของจุดเทียบกับแนวเส้นตรง และพิจารณาสัมประสิทธิ์การทำนาย เพื่อวิเคราะห์ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรตามว่าสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้นได้ถูกต้องเท่าไร ซึ่งในการวิจัยเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสอง (R^2) ในการพิจารณา โดยจากข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้จากห้องปฏิบัติการ สามารถวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง คือ ช่วงที่ 1 ในช่วงก่อนฤดูฝน วันที่ 5 มิถุนายน 2558 และวันที่ 23 กรกฎาคม 2558 และช่วงที่ 2 ในช่วงฤดูฝน วันที่ 22 ตุลาคม 2558 และวันที่ 19 พฤศจิกายน 2558 สามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในปี 2558 ได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองของพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในปี 2558

ช่วงที่	BOD-อุณหภูมิอากาศ	BOD-อุณหภูมิน้ำ	BOD-pH	BOD-ความเค็ม	BOD-Conductivity	BOD-Turbidity	BOD-DO
1	0.6816	0.0334	0.9958	0.9921	0.9921	0.8127	0.5926
2	0.2500	0.0056	0.5714	0.9796	0.9729	0.2570	0.5714
ช่วงที่	BOD-TS	BOD-SS	BOD-TDS	BOD-TP	BOD-NO_2	BOD-NO_3	BOD-NH_3
1	0.9718	0.9762	0.9716	0.1941	0.5043	0.6740	0.9998
2	0.9746	0.5714	0.9748	0.5714	0.1199	0.7015	0.2500

หมายเหตุ ช่วงที่ 1 ก่อนฤดูฝน เดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม
ช่วงที่ 2 ฤดูฝน เดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน

ผลจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองระหว่างค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี โดยในการศึกษาจะพิจารณาค่า R^2 มากกว่า 0.5 เป็นสำคัญ และการเปรียบเทียบกับข้อมูลแบบจำลองความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีจากการศึกษาสามารถเขียนแบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในแต่ละฤดูกาล 4 ช่วง ตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจวิเคราะห์ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 คือ ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม และช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม แบบจำลองที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีในแหล่งน้ำตลอดทั้ง 4 ช่วงฤดู ได้แก่ TP และ NH_3-N รองลงมาเป็นค่า pH ความเค็ม DO และ NO_2-N โดยในการทวนสอบด้วยความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในปี 2558 ซึ่งสภาพแวดล้อมได้มีการเปลี่ยนแปลงไปแล้วตามสภาพการพัฒนาของพื้นที่และกาลเวลา โดยในการศึกษาไม่ได้ทำการพิจารณาปรับค่าใดๆ ทั้งนี้เพื่อให้สมการที่ได้ทั้งหมดในการวิจัยเป็นสมการที่ได้จากค่าจริงตามธรรมชาติ และพิจารณาคัดเลือกความสัมพันธ์จากข้อมูลตามรายงานคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 และความสัมพันธ์จากการทวนสอบปี 2558 ที่ซ้ำซ้อนกันในแต่ละช่วงฤดูเป็นขั้นตอนการทวนสอบและคัดเลือกสมการความสัมพันธ์ของอ่าวเมืองเก่าสงขลา พบว่าความสัมพันธ์ที่มีความสำคัญที่สามารถบ่งชี้ความเชื่อมโยงของสภาพน้ำด้วยสภาพทางกายภาพ-เคมี เพื่อวิเคราะห์บีโอดีหรือความสกปรกของสารอินทรีย์ในน้ำ ในช่วงก่อนฤดูฝน คือ pH ความเค็ม Conductivity Turbidity DO TDS NO_2-N และ NH_3-N และในช่วงฤดูฝน คือ pH ความเค็ม DO TP ดังนั้นความสัมพันธ์ที่มีความสำคัญที่สามารถบ่งชี้ความเชื่อมโยงของสภาพน้ำด้วยสภาพทางกายภาพ-เคมี เพื่อวิเคราะห์บีโอดีของสารอินทรีย์ในน้ำอ่าวเมืองเก่าสงขลา คือ pH ความเค็ม DO สามารถแสดงการทวนสอบได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ทวนสอบความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมี

ช่วงการสำรวจ	ฤดู	ระหว่างเดือน	ความสัมพันธ์จากข้อมูลตามรายงานคุณภาพน้ำของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16	ความสัมพันธ์จากการทวนสอบปี 2558	ความสัมพันธ์ที่ได้จากการปรับค่าและทวนสอบ
1	ก่อนฤดูฝน	กรกฎาคมถึงสิงหาคม	BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-Turbidity BOD-DO BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_2-N BOD-NH_3-N	BOD-อุณหภูมิอากาศ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-Turbidity BOD-DO BOD-TS BOD-SS BOD-TDS BOD-NO_2-N BOD-NO_3-N BOD-NH_3-N	BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-Turbidity BOD-DO BOD-TDS BOD-NO_2-N BOD-NH_3-N
2	ฤดูฝน	พฤศจิกายนถึงธันวาคม	BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-TP BOD-NO_2-N BOD-NH_3-N	BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-DO BOD-TS BOD-SS BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_3-N	BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-DO BOD-TP

4.7 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง

ตัวอย่างสมการที่ได้จากข้อมูลแต่ละชุดในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ในช่วงฤดูกาลต่างๆ จากพื้นที่ครอบคลุมอ่าวเมืองเก่าสงขลา 5 จุด ได้แก่ ปากคลองพะวง (SK11) สะพานเกาะยอ (SK12) ปากคลองสำโรง (SK13) วัดสุวรรณคีรี (SK14) และปากทะเลสาบสงขลา (SK15) ตั้งแต่ปี 2547-2557 พร้อมค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองได้ดังตารางที่ 4.13 ถึง 4.15

ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่า pH

ปี	ช่วงฤดูกาล	สมการความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่า pH	ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสอง
2549	ก่อนฤดูฝน	BOD=-10.379pH+69.611	0.8082
	ฤดูฝน	BOD=-3.5341pH+29.253	0.9403
2550	ฤดูฝน	BOD=4.7571pH-26.397	0.7270
2552	ก่อนฤดูฝน	BOD=-1.7575pH+16.427	0.5981
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-4.1491pH+35.973	0.5870
	ฤดูฝน	BOD=-2.1918pH+18.946	0.7769
2555	ก่อนฤดูฝน	BOD=-4.7536pH+40.003	0.7229

ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่าความเค็ม

ปี	ช่วงฤดูกาล	สมการความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่าความเค็ม	ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสอง
2549	ฤดูฝน	BOD=-0.7327Salinity+7.395	0.7709
2550	ฤดูฝน	BOD=-0.3958Salinity+7.6154	0.8197
2552	ก่อนฤดูฝน	BOD=-0.3295Salinity+11.24	0.6812
2553	ฤดูฝน	BOD=-0.176Salinity+6.9875	0.7465
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-0.2663Salinity+11.349	0.6989
2554	ฤดูแล้ง	BOD=-0.2712Salinity+3.096	0.8642
2555	ฤดูแล้ง	BOD=-0.1874Salinity+2.3581	0.5119
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-0.0836Salinity+3.15	0.6188

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่า DO

ปี	ช่วงฤดูกาล	สมการความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับค่า DO	ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสอง
2547	ฤดูแล้ง	BOD=-0.9908DO+8.2703	0.9117
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-2.3241DO+14.354	0.6276
	ฤดูฝน	BOD=-1.0943DO+8.505	0.8364
2548	ฤดูแล้ง	BOD=-1.0564DO+7.335	0.9322
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-1.1532DO+7.8161	0.9605
2549	ฤดูแล้ง	BOD=-0.7473DO+4.8141	0.7768
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-1.6019DO+9.6882	0.8198
2550	ฤดูแล้ง	BOD=1.0768DO+7.4289	0.8386
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-7.3746DO+23.151	0.9006
2551	ฤดูแล้ง	BOD=-1.2871DO+8.8597	0.8249
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-0.8977DO+6.0613	0.6386
2552	ก่อนฤดูฝน	BOD=-2.0583DO+12.95	0.9157
2553	ฤดูแล้ง	BOD=-2.4244DO+15.821	0.8664
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-2.6739DO+18.293	0.6190
2554	ก่อนฤดูฝน	BOD=-1.8307DO+13.154	0.7415
2555	ก่อนฤดูฝน	BOD=-1.3966DO+9.3821	0.8974
	ก่อนฤดูฝน	BOD=-1.1813DO+8.3569	0.6891
2556	ก่อนฤดูฝน	BOD=4.7358DO+27.491	0.9205

การวิเคราะห์ pH เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำที่เป็นผลมาจากการปนเปื้อนของกรดต่างๆ เช่น คาร์บอนิก แอซิติก หรือเกลือต่างๆ เช่น เหล็กซัลเฟต และอลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งมีผลในเชิงปริมาณในการทำปฏิริยากับด่างในน้ำด้วย โดยจะแสดงอิทธิพลต่อคุณสมบัติของน้ำในด้านการกัดกร่อน อัตราการเกิดปฏิกิริยา ความจำเพาะเจาะจงต่อสารเคมี และกระบวนการทำงานทางชีวภาพในน้ำ (APHA, 2012) ค่า pH เกี่ยวข้องโดยตรงกับสารละลายน้ำต่างๆ และความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่แตกตัวได้ในน้ำซึ่งบ่งบอกความบริสุทธิ์ของน้ำ ค่า pH ของน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่มักจะมีความเป็นด่างเล็กน้อย แต่ในน้ำที่ถูกปนเปื้อนโดยกรดหรือด่างจำนวนมากเช่นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจทำให้ค่า pH สูงหรือต่ำกว่านี้ได้ (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544) และด้วยการวิเคราะห์บีโอดีเป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำโดยการวัดหาออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ซึ่งส่วนหนึ่งของกระบวนการย่อยสลายเป็นกระบวนการทำงานทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ในน้ำ การเปลี่ยนแปลง pH ในน้ำย่อมส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติด้วยเช่นกัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบีโอดีและ pH จึงมีสอดคล้องกับข้อมูลทางทฤษฎีและตามหลักการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ DO เป็นการวิเคราะห์ความสามารถการละลายน้ำของออกซิเจนในน้ำ และด้วยการวิเคราะห์บีโอดีเป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำโดยการวัดหาออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย โดยการวิเคราะห์จะประกอบด้วยการวัด DO ก่อนและหลังจากการเก็บตัวอย่างไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20°C เป็นเวลา 5 วัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, และเพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, 2536) ดังนั้นการวิเคราะห์ DO จึงเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ BOD ในน้ำ การเปลี่ยนแปลง DO ในน้ำย่อมมาจากผลกระทบในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติด้วยเช่นกัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบีโอดีและ DO จึงสอดคล้องกับข้อมูลทางทฤษฎีและตามหลักการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

ค่าความเค็มในน้ำ เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเกลือแร่ในน้ำที่เพิ่มขึ้น การตรวจวัดค่าความเค็มในน้ำใช้การคำนวณด้วยสมการด้วยการวัดตามวิธี Electrical conductivity method ตาม Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, 2012) นอกจากนี้ค่าความเค็มในน้ำอาจมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเกลือแร่ในน้ำจากหลายแหล่ง เช่น อาจมาจากการพัดพาจากพื้นลงสู่ทะเลหรือมหาสมุทร หรืออาจมาจากสิ่งสกปรก โดยเฉพาะสิ่งขับถ่ายจากมนุษย์และสัตว์ พบว่าในปัสสาวะของมนุษย์มีคลอไรด์อยู่ในปริมาณสูงมาก เฉลี่ยประมาณ 6 กรัมต่อคนต่อวัน ในน้ำโสโครกมีปริมาณคลอไรด์ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคลอไรด์จากการวัดความเค็มในน้ำนอกจากเป็นตัวแทนของเกลือที่มีอยู่ในน้ำแล้วยังมีความสอดคล้องกับน้ำสกปรกด้วยเช่นกัน (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544) ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของบีโอดีและค่าความเค็มจึงสอดคล้องกับข้อมูลทางทฤษฎีและตามหลักการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

นอกจากนี้ด้วยเหตุที่ค่า DO มีความสัมพันธ์กับความสามารถการละลายน้ำของออกซิเจนหรือค่า Solubility ของออกซิเจนในน้ำ การละลายของออกซิเจนในน้ำที่มีเกลือแร่มากจะน้อยกว่าในน้ำที่มีความสะอาด โดยทั่วไปการละลายของออกซิเจนในน้ำจืดจะค่อยๆ ลดลงเมื่อน้ำนั้นเข้าใกล้ทะเล ซึ่งสรุปได้ว่าการละลายของออกซิเจนขึ้นกับอุณหภูมิและปริมาณของคลอไรด์ในน้ำ (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544) ดังนั้นความสัมพันธ์ของ DO กับค่าความเค็ม จึงสอดคล้องกับข้อมูลทางทฤษฎีและตามหลักการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้วย

ด้วยความสอดคล้องทางทฤษฎีและตามหลักการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการของบีโอดี pH ค่าความเค็ม และDO ดังที่กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าทุกพารามิเตอร์มีความเชื่อมโยงกันทั้งในมิติที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสกปรกในน้ำและตามขั้นตอนหรือกระบวนการในการวิเคราะห์ ดังนั้นการประเมินค่าบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลาจึงสามารถใช้การวัดค่า pH ความเค็ม และ DO เป็นตัวแทนเพื่อประเมินค่าบีโอดีของพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลาได้ ความสัมพันธ์ที่ปรากฏซ้ำๆ ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำจากอดีตถึงปัจจุบัน จากข้อมูลแต่ละชุดในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ในช่วงฤดูกาลต่างๆ จากพื้นที่ครอบคลุมอ่าวเมืองเก่าสงขลา 5 จุด ได้แก่ ปากคลองพะวง (SK11) สะพานเกาะยอ (SK12) ปากคลองสำโรง (SK13) วัดสุวรรณคีรี (SK14) และปากทะเลสาบสงขลา (SK15) ตั้งแต่ปี 2547-2557 ถือได้ว่าความสัมพันธ์ของบีโอดีกับค่า pH บีโอดีกับความเค็ม และบีโอดีกับค่า DO ที่ปรากฏมีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะเลือกใช้เป็นตัวแทนเบื้องต้นในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยการตรวจวัดทางกายภาพอย่างง่ายที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน

และเวลานานในการประเมินผล ซึ่งการตรวจวัดด้วย pH ความเค็ม และ DO ยังสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือในการตรวจวัดคุณภาพน้ำในแบบภาคสนามที่รวดเร็วและได้ผลทันทีด้วย

โดยในการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีโอดีในพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลา โดยใช้ชุดข้อมูลในการวิเคราะห์ในพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลา 3 จุด ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ ท่าเรือแหล่งพระราม และ ท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ ในปี 2558 สามารถใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาดังตารางที่ 4.16 ซึ่งสามารถใช้ค่า pH ความเค็ม และ DO ในการคำนวณเพื่อหาค่าบีโอดีได้ เช่น ในสถานการณ์สมมุติ สถานการณ์ที่มีค่าสูงสุดในรอบปี หรือสถานการณ์ที่ค่าต่ำสุดในรอบปี เป็นต้น

ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของค่าบีโอดีกับ pH ความเค็ม และ DO

ความสัมพันธ์	ช่วงฤดูกาล	สมการ	ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสอง
ค่าบีโอดีกับค่า pH	ก่อนฤดูฝน	BOD=-5.8721pH+48.231	0.9958
	ฤดูฝน	BOB=1pH-6.600	0.5714
ค่าบีโอดีกับค่าความเค็ม	ก่อนฤดูฝน	BOD=-0.8629Salinity+25.129	0.9921
	ฤดูฝน	BOB=0.1905Salinity+0.181	0.9796
ค่าบีโอดีกับค่า DO	ก่อนฤดูฝน	BOD=-1.3895DO+10.895	0.5926
	ฤดูฝน	BOD=0.5DO-0.8	0.5714

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำในอ่าวเมืองเก่าสงขลา

สภาพทางกายภาพโดยทั่วไปสรุปได้ว่าจุดสำรวจหลายแห่งมีขยะลอยน้ำปริมาณน้อย และมีใบไม้กิ่งไม้ ซากพืชตามธรรมชาติโดยทั่วไป ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน สวนสาธารณะเกาะยอ สวนป่าเปรม สวนสองทะเล และท่าแพขนานยนต์สงขลา จุดสำรวจบางแห่งพบคราบน้ำมันลอยน้ำ ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ฝั่งหัวเขาแดง ท่าเทียบเรือบ้านแหลมสน และท่าแพขนานยนต์สงขลา กลิ่นของน้ำมีสภาพเป็นปกติเกือบทุกจุด ยกเว้นท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ มีคราบน้ำมันลอยน้ำในปริมาณมาก สภาพน้ำมีขยะ สีดำคล้ำและมีกลิ่นเหม็น

ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนโดยประมาณระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยในแต่ละฤดูเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนสามารถแสดงให้เห็นว่าช่วงฤดูร้อนมีความแตกต่างกับช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกมากกว่าถึงประมาณ 8 เท่า ในขณะที่ก่อนฤดูฝนทั้งช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมและช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม มีอัตราส่วนปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยเทียบกับช่วงฤดูฝนเท่ากันที่ประมาณ 5 เท่า โดยน้ำฝนอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำและทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ของแบบจำลอง

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำชายฝั่งอ่าวเมืองเก่าสงขลาทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี โดยอ้างอิงพารามิเตอร์ตามรายงานคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 โดยการวิเคราะห์พิจารณาตามช่วงเวลา 4 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม โดยมีพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ pH ความเค็ม Conductivity Turbidity DO TS SS TDS TP NO_2-N NO_3-N NH_3-N และBOD ซึ่งได้ความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองระหว่างค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี โดยในการศึกษาจะพิจารณาค่า R^2 มากกว่า 0.5 เป็นสำคัญ และพิจารณาเพิ่มเติมว่าควรมีค่า R^2 มากกว่า 0.5 จำนวน 2 ครั้งขึ้นไป เพื่อหลีกเลี่ยงการเลือกความสัมพันธ์ที่อาจเกิดขึ้นโดยบังเอิญ พบว่าจากแบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในแต่ละฤดูกาล 4 ช่วง ตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจวิเคราะห์ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 คือ ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม พารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดี ได้แก่ BOD-ความเค็ม BOD-Conductivity BOD-DO BOD-TS BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_2-N และ BOD-NH_3-N ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดี ได้แก่ BOD-pH BOD-DO BOD-TP และBOD-NH_3-N ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม พารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดี ได้แก่ BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-

Conductivity BOD-Turbidity BOD-DO BOD-TDS BOD-TP BOD-NO_2-N และBOD-NH_3-N และช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม BOD-อุณหภูมิน้ำ BOD-pH BOD-ความเค็ม BOD-TP BOD-NO_2-N และBOD-NH_3-N

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา ผลการศึกษาทำให้ทราบความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา ซึ่งบรรลุตามวัตถุประสงค์การวิจัยและเป็นประโยชน์ตามความคาดหมาย

กระบวนการในการวิจัยเป็นเพียงการหาความสัมพันธ์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี ซึ่งพารามิเตอร์แต่ละตัวยังมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ตัวอื่นนอกจากบีโอดีได้ด้วย สมการที่ได้จากความสัมพันธ์ดังกล่าวยังไม่มีความซับซ้อนจริงตามธรรมชาติ จึงควรมีการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพิ่มเติมด้วย หรือประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในแบบสมการที่มีตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัว

5.2 การพัฒนาแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำในอ่าวเมืองเก่าสงขลา

จากการศึกษาความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหพหุคูณยกกำลังสองระหว่างค่าบีโอดีกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี สามารถเขียนแบบจำลองแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในแต่ละฤดูกาล 4 ช่วง ตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจวิเคราะห์ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 คือ ช่วงที่ 1 ฤดูแล้ง เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ก่อนฤดูฝน เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ช่วงที่ 3 ก่อนฤดูฝน เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ช่วงที่ 4 ฤดูฝน เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม โดยแบบจำลองที่ได้แสดงพารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีในแหล่งน้ำตลอดทั้ง 4 ช่วงฤดู ได้แก่ TP และ NH_3-N รองลงมาเป็นค่า pH ความเค็ม DO และ NO_2-N

ผลจากการทวนสอบด้วยความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางกายภาพ-เคมี พบว่า ความสัมพันธ์ที่มีความสำคัญที่สามารถบ่งชี้ความเชื่อมโยงของสภาพน้ำด้วยสภาพทางกายภาพ-เคมี โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชายฝั่งในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมเพื่อใช้เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำในช่วงก่อนฤดูฝน และทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชายฝั่งในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายนเพื่อใช้เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝน เพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพ-เคมีมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าของบีโอดี ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ pH ความเค็ม Conductivity Turbidity DO TS SS TDS TP NO2-N NO3-N NH3-N และBOD โดยใช้ชุดข้อมูลในการวิเคราะห์ในพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลา 3 จุด ได้แก่ ท่าแพขนานยนต์ ท่าเรือแหล่งพระราม และท่าเรือข้างโรงแรมเลคอินน์ พบว่าความสัมพันธ์ที่ปรากฏมีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะเลือกใช้เป็นตัวแทนเบื้องต้นในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คือ BOD-pH BOD-ความเค็ม และ BOD-DO โดยการตรวจวัดทางกายภาพอย่างง่ายที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน และใช้เวลาไม่นานในการประเมินผล ซึ่งการตรวจวัดด้วย pH ความเค็ม และ DO ยังสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือในการตรวจวัดคุณภาพน้ำในแบบภาคสนามที่รวดเร็วและได้ผลทันทีด้วย โดยได้สมการตัวแทนและสามารถใช้ค่า pH ความเค็ม และ DO ในการประเมินแนวโน้มค่าบีโอดีได้

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา ผลการศึกษาทำให้ได้สมการแสดงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลา ซึ่งแบบจำลองที่พัฒนาได้เป็นแนวทางการพัฒนาวิธีการทำนายค่าบีโอดีในอ่าวเมืองเก่าสงขลาเพื่อความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น แม้ว่าจะไม่ใช้การค้นพบสิ่งใหม่ในวงการวิชาการ และเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาก็เป็นเทคนิคที่มีการใช้กันอยู่แล้วในปัจจุบัน แต่ด้วยเหตุผลที่ยังไม่เคยมีการศึกษาในพื้นที่อ่าวเมืองเก่าสงขลา และทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยจึงเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปต่อยอดและพัฒนาพื้นที่ศึกษาเพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำและการพัฒนาท้องถิ่นต่อไปในอนาคตได้ ซึ่งบรรลุตามวัตถุประสงค์การวิจัยและเป็นประโยชน์ตามความคาดหมาย

กระบวนการในการวิจัยเป็นเพียงกระบวนการพิสูจน์ว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติอ่าวเมืองเก่าสงขลา มีความสัมพันธ์คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและบีโอดี สมการที่ได้ในการวิจัยนี้เป็นเพียงกลุ่มสมการที่แสดงถึงจำนวนความถี่ของความสัมพันธ์ที่เกิดซ้ำๆ โดยพิสูจน์พบความสัมพันธ์ซ้ำๆ ของบีโอดีกับ pH บีโอดีกับความเค็ม และบีโอดีกับ DO แต่สมการที่ได้จากความสัมพันธ์ดังกล่าวยังไม่มีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้เพื่อการคำนวณค่าบีโอดีได้ ควรมีการทำซ้ำด้วยจำนวนตัวอย่างมากกว่านี้เพื่อพิสูจน์สมการของบีโอดีกับ pH บีโอดีกับความเค็ม และบีโอดีกับ DO นอกจากนี้สมการที่ได้ยังมีความจำเพาะเจาะจงต่อพื้นที่และไม่สามารถนำไปใช้ทำนายในแหล่งน้ำธรรมชาติอื่นได้ทุกที่ด้วย

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ สิริสิงห. (2544). **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์** (พิมพ์ครั้งที่ 3). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม: ม.ป.พ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2552). **คู่มือการสร้างภาพแบบจำลองคุณภาพน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE11**. โครงการประเมินศักยภาพการรองรับมลพิษในคลองอู่ตะเภา.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ. (2536). **ปฏิบัติการอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย** (พิมพ์ครั้งที่ 1). สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. (2539). **Environmental impact assessment modeling**. เอกสารจัดทำเพื่อประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม, 11-15 มีนาคม 2539, ศูนย์วิจัยฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, หน้า 189-232.

ภาคีคนรักเมืองสงขลาสมาคม. (2557). ความเป็นมาของโครงการพัฒนาเมืองเก่าสงขลา. **สารภาคีคนรักเมืองสงขลาสมาคม**, ฉบับที่ 1 (เดือนพฤษภาคม).

มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. (2556). **การดูแลระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล**. เอกสารประกอบการอบรมวิชาการ. บริษัท แซน.อี.68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียรส์ จำกัด.

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก. (2558). **ปริมาณน้ำฝน**. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2558, จาก : http://www.songkhla.tmd.go.th/rain/sklstat/static.htm

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16. (2552). **สถานการณ์คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่จังหวัดสงขลา**. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2558, จาก : http://reo16.mnre.go.th/reo16/doc_announce/detail/25

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16. (2556). **แผนที่และตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง**. ข้อมูลอนุเคราะห์ตามหนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ ศธ 0560/1336 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังตั้งแต่ปี 2547-2557 แผนที่และตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2548). ทรัพยากรน้ำ**. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เล่มที่ 5**. โครงการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. (2553). **วิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ**. กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

American Public Health Association (APHA), (Ed.), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). (2012). **Standard methods for the examination of water and wastewater** (22nd edition). Washington DC.

Angsupanich, S. & Rakkheaw, S. (1997). Seasonal variation of phytoplankton community in Thale Sap Songkhla, A lagoonal lake in southern Thailand. **Netherlands Journal of Aquatic Ecology**, 30 (4), 297-307.

AWWARF. (1993). **Characterization of natural organic matter and its relationship to treatability**. American Water Works Association. U.S.A.

Bojcevska, H. & Tonderski, K. (2007). Impact of loads, season, and plant species on the performance of a tropical constructed wetland polishing effluent from sugar factory stabilization ponds. **Ecological Engineering**, 29, 66-76.

Chesoh, S. & Lim, A. (2008). Forecasting fish catches in the Songkhla Lake basin. **ScienceAsia**, 34, 335-340.

Filella, M. (2009). Fresh water: which NOM matters? **Environmental Chemistry Letters**, 7, 21-35.

Google Maps. (2014, 17 November). **ทะเลสาบสงขลา**. สืบค้นวันที่ 17 พฤศจิกายน 2557, จาก : https://www.google.co.th/maps/place/ทะเลสาบสงขลา/

Hajisamoh, A. N. (2013). Contamination of organotin compounds in coastal water of southern Thailand. **Journal of Science and Technology**, 17(1), 11-19.

Kanokkantapong, V., Marhaba, T. F., Pavasant, P., & Panyapinyophol, B. (2006). Characterization of haloacetic acid precursors in source water. **Journal of Environmental Management**, 80, 214-221.

Kumar, J. L. G. & Zhao, Y.Q. (2011). A review on numerous modeling approaches for effective, economical and ecological treatment wetlands. **Journal of Environmental Management**, 92 (3), 1-7.

Li, J., Wen, Y., Zhou, Q., Xingjie, Z., Li, X., Yang, S. & Lin, T. (2008). Influence of vegetation and substrate on the removal and transformation of dissolved organic matter in horizontal subsurface-flow constructed wetlands. **Bioresource Technology**, 99, 4990–4996.

Ophithakorn, T. (2014). **Simulation Model of Dissolved Organic Matter Reduction in Constructed Wetland for Hat Yai Municipality Wastewater Treatment.** Doctor of Philosophy Thesis in Environmental Management, Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University. Thailand (copy).

Pimpan, P. & Jindal, R. (2009). Mathematical modeling of cadmium removal in free water surface constructed wetlands. **Journal of Hazardous Materials**, 163, 1322-1331.

Pinney, M. L., Westerhoff, P. K. & Baker, L. (2000). Transformations in dissolved organic carbon through constructed wetlands. **Water Research**, 34 (6), 1897-1911.

Radwan, M., Willems, P., El-Sadek, A. & Berlamont, J. (2003). Modelling of dissolved oxygen and biochemical oxygen demand in river water. **International Journal of River Basin Management**, 1 (2), 97–103.

Riumcharoen, C., Booncrongcheep, J., Chusuwan, W. & Sompongchaiyakul, P. (2008). **Water and Sediment Quality in Pak Panang Bay and Off Songkhla Lake Mouth**. Southern Marine and Coastal Resources Research Center. Technical Paper no. 24/2008.

Toha, J., Ophithakorn, T., Kritdatikarn, P. & Suksaroj, T. (2012). **System Dynamics of Dissolved Oxygen of Klong U-taphao in the Context of Dissolved Organic Matter**. Proceedings of the 1 st Phayao Research Conference, January 12-13, Phayao, Thailand.

Zhang, L. & Mitsch, W. J. (2005). Modelling hydrological processes in created freshwater wetlands: an integrated system approach. **Environmental Modelling & Software**, 20, 935-946.

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก

รายละเอียดเครื่องมือ และอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการวิเคราะห์

ลำดับที่	สารมลพิษ	เอกสารอ้างอิง หมายเลข และชื่อวิธีตรวจวัดวิเคราะห์	ชื่อเครื่องมือหลัก ยี่ห้อและหมายเลขเครื่อง	หมายเลขใบรับรองการสอบเทียบ
1	BOD	SM, 5210 B. 5-Days BOD test , Azide Modification Method	Incubator : Lovibond , ET618 , S/N.11782 0703	ECT0042/2015
2	pH	SM, 4500-H+ B. Electrometric Method	pH-meter : OHOUS, Startter 300, S/N. B303732046	pH-089A
3	SS	SM, 2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	Balance : Sartorius , BP 2215 , S/N.0603-44 Oven : Binder , ED53 , S/N.04-59879	B0029/2015 ETC0041/2015
4	TDS	SM, 2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	Balance : Sartorius , BP 2215 , S/N.0603-44 Oven : Binder , ED53 , S/N.04-59879	B0029/2015 ETC0041/2015

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	ดร.ธิวาริ โอภิธากร
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Thiwari Ophithakorn (Ph.D.)
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
หน่วยงานสังกัด	โครงการจัดตั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิทยาเขตสตูล

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ 2557	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปีที่จบ 2548	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปีที่จบ 2544	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) สาขาวิชาเคมี-ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประวัตินักวิจัยร่วม 1

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาวนราวดี บัวขวัญ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Narawadee Buakwan
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
หน่วยงานสังกัด	โครงการจัดตั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิทยาเขตสตูล

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ 2556	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปีที่จบ 2547	ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศศ.ม.) สาขาวิชานโยบายและการวางแผนสังคม มหาวิทยาลัยทักษิณ
ปีที่จบ 2540	บริหารธุรกิจบัณฑิต (บธ.บ.) สาขาวิชาการจัดการบุคคล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ประวัตินักวิจัยร่วม 2

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	นายอาชารินทร์ แป้นสุข
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Mr. Acharin pansuk
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
หน่วยงานสังกัด	โครงการจัดตั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิทยาเขตสตูล

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ 2555	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชานิเทศศาสตร์นวัตกรรม มหาวิทยาลัยเกริก
ปีที่จบ 2545	นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต (นศ.ม.) สาขาวิชาวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ มหาวิทยาลัยเกริก
ปีที่จบ 2544	ศิลปศาสตรบัณฑิต (ศศ.บ.) สาขาวิชานิเทศศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครศรีธรรรมราช

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY