



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม

อนุรักษ์วิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง

Coastal Aquaculture Land Use Suitability for Adaptation of Temperature Change
in Bangpakong Watershed

นามผู้วิจัย นางสาวปัทมาพร พงษ์เจริญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สิทธิชัย ตันชนะสฤณี, วท.ค.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พุฒพล สุวรรณชัย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชนันท์ เอ็มพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
เพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง

Coastal Aquaculture Land Use Suitability for Adaptation
of Temperature Change in Bangpakong Watershed

โดย

นางสาวปัทมาพร พงษ์เจริญ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2556

ปัทมาพร พงษ์เจริญ 2556: พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
เพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ปรินญาวิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชา
อนุรักษ์วิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สิทธิชัย ต้นธนะสกุลย์, วท.ศ. 125 หน้า

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคำแนะนำที่ตั้งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบันในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง เปรียบเทียบกับผลการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งโดยใช้แบบจำลอง Weight-Rating Score Models ตลอดจนศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและจัดทำภาพฉายอนาคตของอุณหภูมิซึ่งมีผลกระทบกับกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เพื่อประโยชน์ในการปรับตัวและรองรับผลกระทบในอนาคต

ผลการวิจัยพบว่า ลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปี พ.ศ. 2553-2554 รวมทั้งสิ้นประมาณ 165,095.95 ไร่ (264.15 ตร.กม.) โดยมีการกระจายตัวหนาแน่นบริเวณสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกง การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ด้วยแบบจำลอง Weight-Rating Score Models พบว่า มีพื้นที่ความเหมาะสมสูงเท่ากับ 3,245,823.61 ไร่ (5,193.32 ตร.กม.) พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง 538,491.51 ไร่ (861.586 ตร.กม.) พื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง 98,081.03 ไร่ (156.93 ตร.กม.) พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ 52,261.64 ไร่ (83.62 ตร.กม.) พื้นที่ความเหมาะสมต่ำ 409,162.69 ไร่ (654.66 ตร.กม.) โดยเมื่อนำพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบันวิเคราะห์ร่วมกับระดับความเหมาะสม พบว่า ตั้งอยู่บนพื้นที่ความเหมาะสมสูง 135,937.60 ไร่ (217.50 ตร.กม.) พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง 19,141.69 ไร่ (30.63 ตร.กม.) พื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง 218.66 ไร่ (0.35 ตร.กม.) ตลอดจนตั้งอยู่บนพื้นที่ห้ามเลี้ยงประมาณ 9,798 ไร่ (15.68 ตร.กม.) และเมื่อพิจารณาร่วมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พบว่า ตั้งอยู่บนชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ประมาณ 164,501.60 ไร่ (263.20 ตร.กม.) และชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 ประมาณ 594.35 ไร่ (0.95 ตร.กม.) ส่วนชั้นคุณภาพลุ่มน้ำอื่นๆ ไม่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ด้านการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกทศวรรษและทุกช่วงเดือน และเมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s พบว่า ทั้งอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2 - 3 องศาเซลเซียส แนวทางการปรับตัวเพื่อรองรับผลกระทบในอนาคตแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับมหภาค โดยการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ เพื่อลดปัญหาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และระดับจุลภาค โดยการจัดการการเลี้ยง โดยการเพิ่มความลึกของบ่อและเพิ่มเครื่องตีน้ำ เป็นต้น

Pattamaporn Pongcharoen 2013: Coastal Aquaculture Land Use Suitability for Adaptation of Temperature Change in Bangpakong Watershed. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Associate Professor Sittichai Tantanasarit, Ph.D. 125 pages.

This research has its principal purpose to scrutinize specific locations and distribution of the current coastal aquaculture areas in Bangpakong watershed, the secondly to evaluate the level of land suitability for coastal aquaculture using the Weight-Rating Score Models by comparing with present coastal aquaculture area. Finally, to analyze the temperature change and its trend of an impact on coastal aquaculture activities that is for the benefit of adaptation in the future.

The research indicates that the coastal aquaculture area of Bangpakong watershed in 2010 - 2011 was about 165,095.95 rai (264.15 sq.km.) that was being densely distributed around both sides of Bangpakong river. The simulation of the level of land suitability by using the Weight-Rating Score Models showed that there were 3,245,823.61 rai (5,193.32 sq.km.) of high suitability area, 538,491.51 rai (861.59 sq.km.) of rather high suitability area, 98,081.03 rai (156.93 sq.km.) of medium suitability area, 52,261.64 rai (83.62 sq.km.) of rather low suitability area and 409,162.69 rai (654.66 sq.km.) of low suitability area. Additionally, by analyzing the similar approach to the existing coastal aquaculture area, it demonstrates that there are 135,937.60 rai (217.50 sq.km.) of high suitability area, 19,141.69 rai (30.63 sq.km.) of rather high suitability area, 218.66 rai (0.35 sq.km.) of medium suitability area including 9,798 rai (15.68 sq.km.) for some restricted aquaculture areas. According to watershed class, the majority of such area around 164,501.60 rai (263.20 sq.km.) is classified to be in the 5th watershed class and about 594.35 rai (0.95 sq.km.) of such area is classified to be the 4th watershed class. The other watershed classes, however, have no coastal aquaculture area. Furthermore, the study of temperature change and trend of an impact on coastal aquaculture revealed that the minimum and maximum temperatures of Bangpakong watershed have risen every decades and months. In addition, by considering the lowest and highest recorded temperatures during 2010s to 2090s, the annual temperature tends to averagely rise 2 - 3 degrees Celsius. This research conclusively divides approaches for the adaptation to such future impact into two main categories namely the macro level by increasing forest area, in order to mitigating the higher temperature problem, as well as the micro level such as farm management, increasing of pond depth and providing more aerator.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สิทธิชัย ดันธนะสฤณดี ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.พุทธรพล สุวรรณชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.วิชานินิยม ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ดร.ไพสานต์ เพ็ชรพลาย ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ผศ.ดร.เมธิ แก้วนิน ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย และ ผศ.ดร.สมนิมิตร พุกงาม เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (START) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนคณาจารย์คณะวนศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ คุณเอกชัย เชิดตระกูล ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูล คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง ที่ให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมทุกคนที่ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการเรียนมาด้วยกัน ท้ายสุดขอขอบคุณกลุ่มภูมิสารสนเทศประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง ที่อนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ

ปัทมาพร พงษ์เจริญ

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	64
อุปกรณ์	64
วิธีการ	64
ผลและวิจารณ์	74
ผล	74
วิจารณ์	108
สรุปและข้อเสนอแนะ	112
สรุป	112
ข้อเสนอแนะ	115
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	117
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	125

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยตามภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบต่างๆ จากการย่อส่วนผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศโลก 4 แบบลงบนพื้นที่ประเทศไทย	25
2	เนื้อที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลจำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี พ.ศ. 2544 - 2550	33
3	ผลผลิตของฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลจำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี พ.ศ. 2544 - 2550	33
4	มูลค่ากุ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลจำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี พ.ศ. 2544 - 2550	33
5	การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2549	63
6	รายการข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์	66
7	ระดับความเหมาะสมในแต่ละค่าคะแนน	67
8	ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) ของตัวแปรหลักและตัวแปรย่อย	68
9	การกำหนดตัวแปร (factor) ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) และค่าคะแนนระดับความเหมาะสม (rating) ของแต่ละตัวแปร	69
10	รายการข้อมูลแรสเตอร์ (raster data) และข้อมูลเชิงทิศทาง (vector data) ที่ใช้ในการวิเคราะห์	71
11	การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554	74
12	พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554	75
13	ระดับความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในความเหมาะสมระดับต่างๆ	82
14	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)	86
15	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	จำนวนวันที่มีอากาศเย็น (cold day) และจำนวนวันที่มีอากาศร้อน (hot day) ในรอบปี ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)	90
17	ขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในลุ่มน้ำบางปะกงในอีก 90 ปีข้างหน้า	94

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กิจกรรมการจัดการลุ่มน้ำที่หลากหลายและกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ	7
2	ขั้นตอนการดำเนินการในการจัดการลุ่มน้ำ	8
3	กรอบแนวคิดในการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แห่งชาติ พ.ศ. 2553 - 2562	14
4	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทยแบ่งตามภาคการผลิต ปี พ.ศ. 2548	22
5	ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแวนนาไม (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	30
6	ลักษณะทั่วไปของกุ้งกุลาดำ (<i>Penaeus monodon</i>)	30
7	ลักษณะทั่วไปของบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล	37
8	สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำบางปะกง	59
9	สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำบางปะกง	60
10	ขั้นตอนในการศึกษา	65
11	พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554	76
12	ระดับความเหมาะสมของความลาดชัน (slope)	78
13	ระดับความเหมาะสมของความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation)	78
14	ระดับความเหมาะสมของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	80
15	ระดับความเหมาะสมของลักษณะเนื้อดิน (texture)	80
16	ระดับความเหมาะสมของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (annual rainfall)	81
17	ระดับความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำ บางปะกงเปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	83
18	พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นต่างๆ	84
19	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)	87
20	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)	92
22	ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)	93
23	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	95
24	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับมากที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	96
25	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	97
26	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	98
27	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม	100
28	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับมากที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม	101
29	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม	102
30	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม	103

พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง

Coastal Aquaculture Land Use Suitability for Adaptation of Temperature Change in Bangpakong Watershed

คำนำ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) และการเกิดสภาวะโลกร้อน (global warming) เป็นหัวข้อที่มีการกล่าวถึงอย่างเข้มข้นในช่วงทศวรรษนี้ เนื่องจากเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม แม้ว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ แต่ก็สามารถส่งผลกระทบเนื่องให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงและสร้างความเสียหายในวงกว้างได้ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) กล่าวว่า อุณหภูมิของประเทศไทยในช่วง 40 ปีที่ผ่านมาสูงขึ้นประมาณ 1 องศาเซลเซียส ซึ่งคาดว่าในอนาคตอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการศึกษาของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2552) ซึ่งทำนายว่า ในอนาคตประเทศไทยจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีฤดูร้อนที่ยาวนานและคลุมพื้นที่กว้างมากขึ้น มีแนวโน้มว่าปริมาณฝนจะสูงขึ้น แต่ฤดูแล้งจะแล้งจัดกว่าเดิม เนื่องจากระยะเวลาและพื้นที่ที่มีอากาศร้อนเพิ่มมากขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศมีผลโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ และสัตว์น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็นทำให้อุณหภูมิในร่างกายเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมอยู่เสมอ

การศึกษานี้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงซึ่งมีความสำคัญด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของประเทศไทย โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดำเนินการที่พึงและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง รวมถึงการประเมินความเหมาะสมเชิงพื้นที่เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบันกับระดับความเหมาะสมเชิงพื้นที่ ตลอดจนพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมหรือพื้นที่ห้ามเลี้ยงตามกฎหมาย และด้วยสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในปัจจุบันที่อุณหภูมิพื้นผิวโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change)

ตลอดจนภัยพิบัติที่มีความถี่และความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการศึกษา แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตและการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เพื่อประโยชน์ ในการกำหนดแนวทางป้องกันและลดผลกระทบได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง อีกทั้งประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาค เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งถือเป็นภูมิภาคที่เปราะบางที่สุดแห่งหนึ่งของโลกต่อผลกระทบดังกล่าว เพราะมีพื้นที่แนวชายฝั่งยาว มีการกระจุกตัวของประชากร มีกิจกรรมทางเศรษฐกิจตามพื้นที่ชายฝั่ง และมีสภาพเศรษฐกิจที่พึ่งพิงเกษตรกรรมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างมาก การศึกษาความเหมาะสม ครั้งนี้จึงพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตร่วมด้วย ทั้งนี้ แนวทางการแก้ไข ปัญหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีแนวทางที่สำคัญและต้องดำเนินการควบคู่กันไป คือ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ ภาคส่วนต่างๆ เพื่อชะลอการสะสมของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก (mitigation) ตลอดจนการรับมือและปรับตัวเพื่อรองรับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (adaptation) กิจกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเป็นเพียงกิจกรรมหนึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมนี้อาจช่วยลดผลกระทบได้ไม่มากนัก ความตระหนักรู้เพื่อหาแนวทางการปรับตัว เพื่อรองรับผลกระทบดังกล่าวจึงเป็นการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมเชิงรุกและเตรียมพร้อม รับมือกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ วางแผน พัฒนา ควบคุม ตลอดจนหาแนวทางการปรับตัวที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ในลุ่มน้ำบางปะกงเพื่อรักษาความมั่นคงทางอาหารต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาดำรงที่ตั่งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง
2. เพื่อประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง
3. เพื่อกำหนดพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงโดยศึกษาดำเนินการที่ตั้งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบัน ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับระดับความเหมาะสมเชิงพื้นที่ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial analysis) ภายใต้อัตราความเหมาะสมของปัจจัยกายภาพซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ยาก ตลอดจนทำการศึกษาระดับของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง เพื่อกำหนดพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต (ค.ศ. 2010 - 2099) โดยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในการศึกษานี้จำแนกตามชนิดสัตว์น้ำ เนื่องจากมุ่งเน้นศึกษาชนิดสัตว์น้ำชายฝั่งที่มีสัดส่วนพื้นที่การเพาะเลี้ยงมากที่สุดและเป็นชนิดสัตว์น้ำที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ กุ้งทะเล ซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่การเลี้ยงประมาณร้อยละ 98 ของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงประเภทที่เลี้ยงในบ่อดิน ทั้งนี้ กรมควบคุมมลพิษ (2555) ได้ให้นิยามว่า สัตว์น้ำชายฝั่งหมายความว่า สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำทะเลหรือมีวงจรชีวิตส่วนใหญ่อยู่ในน้ำทะเลและสามารถดำรงชีวิตตามธรรมชาติอย่างปกติ (ความถี่มากกว่า 30 ส่วนในพันส่วน) เช่น ปลา กุ้ง ปู แมงดาทะเล หอย เต่า กระ ตะพาบน้ำ จระเข้ รวมทั้งไข่ของสัตว์น้ำนั้น โดยสัตว์น้ำชายฝั่งที่นิยมนำมาเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงในประเทศไทย ได้แก่ กุ้งกุลาดำ กุ้งขาวแวนนาไม ปลากะพงขาว เป็นต้น

ด้านการศึกษาและจัดทำภาพฉายอนาคต (scenario) ของอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2552) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) ดำเนินการศึกษานบนสมมุติฐานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคตตามแบบจำลอง IPCC B2 scenarios กล่าวคือ แบบจำลอง B2 กล่าวว่า แต่ละประเทศจะให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความเสมอภาคทางสังคมมากขึ้น และได้รับอิทธิพลจากการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับภูมิภาคมากกว่ากระแสโลกาภิวัตน์ (IPCC, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่มีการส่งเสริมจากรัฐบาล และได้บรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (2550-2554) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550; อ้างตามยุทธ, 2553)

การตรวจเอกสาร

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ที่ดิน (land) ตามประมวลกฎหมายที่ดินมาตรา 1 หมายถึง พื้นที่ดินทั่วไป และให้หมายความรวมถึง ภูเขา ห้วย หนอง คลอง บึง ทะเลสาบ เกาะ และที่ชายทะเลด้วย ส่วนในประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ มาตรา 100 ระบุไว้ว่า อสังหาริมทรัพย์ ได้แก่ ที่ดินกับทรัพย์อันติดอยู่กับที่ดินนั้น หรือประกอบเป็นอันเดียวกับที่ดินนั้น อนึ่งคำว่า อสังหาริมทรัพย์ ให้รวมหมายถึง สิทธิทั้งหลายอันเกี่ยวกับกรรมสิทธิ์ในที่ดิน (กาญจน์เขจร, 2532) ส่วน FAO (1976) ได้ให้นิยามไว้ว่า ที่ดิน หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆ ทางกายภาพของสิ่งแวดล้อม (physical environment) ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ดิน อุทกวิทยา รวมทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นอยู่ติดกับผิวโลก ซึ่งสอดคล้องกับ สมเจตน์ (2524) และดรรรชนี (2531) ที่ได้กล่าวว่า ที่ดิน หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆ ทางกายภาพของสิ่งแวดล้อม ทั้งลักษณะทางธรณีวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะแผ่นดิน ดินฟ้าอากาศ ลักษณะทางอุทกวิทยา รวมไปถึงพืชพรรณ สัตว์ และแมลง ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในดินในท้องที่นั้นด้วย

ลักษณะทั่วไปของที่ดิน (general land characteristics) มี 4 ประการ คือ 1) เคลื่อนย้ายไม่ได้ (immobility) 2) มีจำนวนจำกัด (finiteness) 3) มีสมบัติเฉพาะทางกายภาพ (physical characteristics) เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ดิน โครงสร้างใต้ผิวดิน และองค์ประกอบแร่ธาตุต่างๆ สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น และ 4) สามารถเลือกใช้ได้หลายรูปแบบหรือหลายวิธี และสามารถใช้ที่ดินหลายรูปแบบเข้าด้วยกันในผืนเดียวกันได้ (alternatives and combined uses) (ดรรรชนี, 2531)

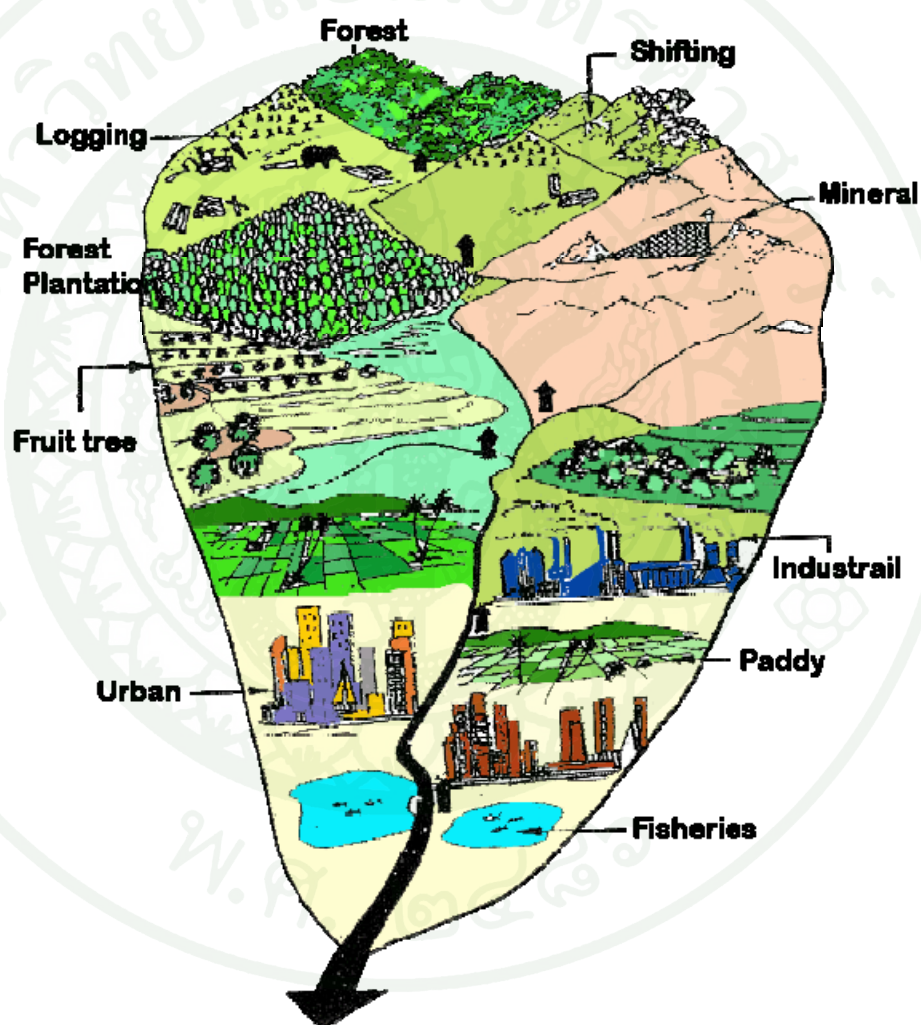
สมพร (2552) กล่าวว่า สิ่งปกคลุมดิน (land cover) หมายถึง ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ (biophysical cover) เช่น ป่าไม้ ทุ่งหญ้า แหล่งน้ำ เป็นต้น ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) หมายถึง กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมักเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง เช่น การเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ ยกตัวอย่างเช่น ทุ่งหญ้า (grassland) จัดเป็นสิ่งปกคลุมดิน ในขณะที่สนามเทนนิส (tennis court) หมายถึง การใช้ประโยชน์จากทุ่งหญ้า จึงจัดเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดิน สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ (recreational area) จัดเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่อาจจะประกอบไปด้วยสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกันหลายอย่าง เช่น ชายหาด สิ่งก่อสร้าง สวนสาธารณะ

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) หมายถึง การนำที่ดินมาใช้สนองความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย เป็นต้น (สถิตย์, 2521 และดรชนี, 2531) การใช้ที่ดินแต่ละแบบมีผลต่อสมรรถนะในการให้ผลผลิตที่ดินและการเกิดความเสี่ยงของที่ดิน เพราะว่าที่ดินแต่ละบริเวณมีศักยภาพในการให้ผลผลิตแตกต่างกัน เนื่องจากคุณสมบัติและองค์ประกอบแตกต่างกันไป ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของที่ดินเหล่านี้เป็นตัวกำหนดศักยภาพในการให้ผลผลิตและความเหมาะสมของการใช้ที่ดินนั้นๆ การใช้ที่ดินเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดจำเป็นต้องใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับสมรรถนะที่ดินและจำนวนของประชากรที่ความสามารถของที่ดินจะรองรับได้ (carrying capacity) เพราะการใช้ที่ดินไม่ถูกต้องจะเป็นการทำลายคุณภาพ (quality) ของดินที่จะส่งผลให้ศักยภาพของที่ดินลดลง (สมเจตน์, 2524)

เกษม (2551) กล่าวว่า การจัดการลุ่มน้ำมีมโนทัศน์หรือแนวความคิด (concept) สำคัญคือ เป็นการกำหนดพื้นที่ให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติแบบยั่งยืน (sustainable resources utilization) โดยอาศัยหลักการทางอนุรักษ์วิทยา (conservation) แต่เป็นการใช้หลักการทางอนุรักษ์ปฏิบัติ (conservation in practices) หมายถึงว่า ให้มีการกำหนดเขตที่ดิน (land zoning) เป็นเขตๆ ตั้งแต่ให้มีกิจกรรมต่างๆ เขตพัฒนา และเขตที่ต้องสงวนไว้มิให้มีการใช้ทรัพยากรเลย เนื่องจากทรัพยากรต่างๆ มีสมบัติแตกต่างกัน บางประเภทเปราะบาง บางประเภทบึกบึน/แข็งแรง บางประเภทปรับตัว/พริ้วไปได้ บางประเภทเปลี่ยนแปลงง่าย และบางประเภทก็เปลี่ยนแปลงยาก จึงจำเป็นต้องใช้หลักการทางอนุรักษ์วิทยาปฏิบัติ คือ แบ่งเขต แบ่งพื้นที่ กำหนดแนวเขต ฯลฯ มิให้มีการใช้อย่างสะเปะสะปะ นอกจากนี้ ผู้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติเองต่างก็มีลักษณะนิสัยแตกต่างกัน การศึกษาหลายระดับ ฐานะทางสังคม ฐานะทางเศรษฐกิจ สภาพร่างกาย เชื้อชาติ และวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน การไม่มีกฎระเบียบควบคุมทรัพยากรธรรมชาติในลุ่มน้ำ คงจะไม่สามารถจัดการให้ทรัพยากรลุ่มน้ำให้ผลแบบยั่งยืน (sustained yields) ได้ การแบ่งเขตพื้นที่หรือการกำหนดพื้นที่ให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอันเป็นหลักการทางอนุรักษ์วิทยาปฏิบัติที่สำคัญ เป็นเรื่องที่ต้องกระทำ อีกทั้งต้องมีกฎหมาย ข้อมห้าม ระเบียบปฏิบัติ และมาตรการข้อมห้ามก็จะเป็นการดี ดังเช่นรัฐบาลได้ทำการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเป็นชั้นที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีมาตรการการใช้ที่ดินในเฉพาะชั้นลุ่มน้ำนั้นๆ

การจัดการลุ่มน้ำเป็นเรื่องของการจัดการ/จัดสรรที่ดิน ให้มีการใช้ประโยชน์ตามสมรรถนะที่ดินนั้นๆ เพราะที่ดินหนึ่งจะมีสรรพสิ่งหลากหลายมากมาย (ภาพที่ 1) จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดให้ชัดเจนว่า ที่ใดควรจะทำอะไรได้ ที่ใดทำอะไรไม่ได้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ที่ต้องทำเช่นนี้ มีหลักการสำคัญหนึ่ง ก็คือ การพังทลายของดิน เป็นกระบวนการที่ชะล้างธาตุอาหารและดินให้เลื่อนไหลลงสู่

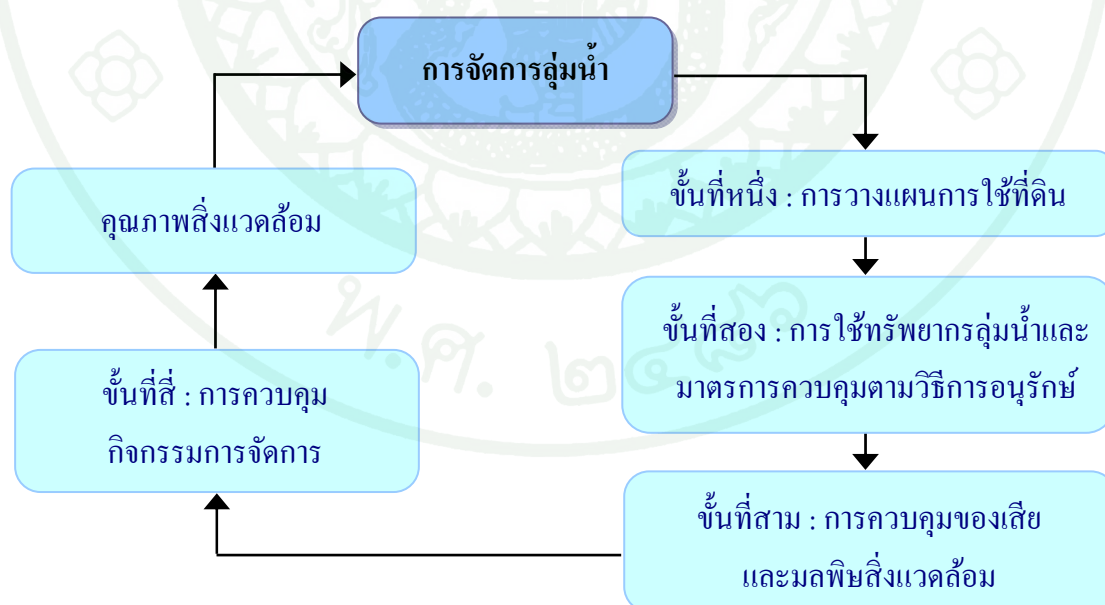
ที่ต่ำ นอกจากสร้างความเสียหายภายใน (internalities) แล้ว ยังสร้างความเสียหายต่อพื้นที่อื่นๆ (externalities) ดังนี้ จึงมีงานการแบ่งเขตพื้นที่ลุ่มน้ำตามหลักการอนุรักษ์ปฏิบัติ เช่น การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตามชั้นความสูง (elevation classes) ตามชั้นความลาดชัน (slope classes) ตามชั้นลักษณะแผ่นดิน (landform classes) ตามชั้นลักษณะที่ดิน (land classification) ตามชั้นปริมาณน้ำฝน (rainfall classes หรือ isohyetal zones) และเป็นชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (watershed classification)



ภาพที่ 1 กิจกรรมการจัดการลุ่มน้ำที่หลากหลายและกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ

ที่มา: เกษม (2551)

ในสภาพความเป็นจริงแล้ว พื้นที่ลุ่มน้ำหนึ่งๆ ประกอบด้วย พื้นที่สูง (highland)/ต้นน้ำ (headwater) ที่ดอน (upland) ที่ราบ (lowland) และ/หรือที่ราบลุ่ม (flatland) ความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศเช่นนี้จำเป็นต้องมีการวางแผนการจัดการแบบผสมผสาน ซึ่งตรงกับภาษาอังกฤษว่า integrated management กล่าวคือ เป็นการผสมผสานของหน่วยพื้นที่สูง ที่เนิน และที่ราบเข้าด้วยกัน เพราะตามลักษณะพื้นที่เหล่านี้มักเกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้ง่าย การวางแผนแบบนี้เป็นการวางแผนพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละเขต (zone) ให้รองรับกัน ซึ่งพื้นที่ต้นน้ำมักมีกิจกรรมต่างๆ และสร้างปัญหาต่อพื้นที่ตอนล่างเสมอ แต่ถ้ามีการวางแผนป้องกันบริเวณต้นน้ำดีแล้ว การใช้ทรัพยากรของพื้นที่ตอนบนก็ไม่เกิดปัญหาต่อพื้นที่ตอนล่างได้ หรือถ้าเกิดก็จะเกิดได้น้อยที่สุด อย่างไรก็ตามการจัดการลุ่มน้ำจึงเปรียบเสมือนตัวนำหรือผู้กำหนดขอบข่ายของงาน/กิจกรรมที่จะเกิดภายในลุ่มน้ำ ถ้าไม่ดำเนินการดังกล่าวแล้ว มักก่อให้เกิดปัญหาต่อผลผลิต (yields) ของลุ่มน้ำด้อยลง/เสื่อมลง ดังนั้น การทำการแบ่งเขต/กำหนดแนวเขตการใช้ประโยชน์ทรัพยากรลุ่มน้ำ จึงเป็นหลักการที่จะรองรับแนวคิดดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ทีเดียว ซึ่งหลักการจัดการลุ่มน้ำ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ขั้นแรก ได้แก่ การวางแผนการใช้ที่ดิน/การแบ่งเขตลุ่มน้ำ ขั้นที่สอง ได้แก่ การใช้ทรัพยากรลุ่มน้ำ และมาตรการการควบคุมตามวิธีการอนุรักษ์ และขั้นที่สาม ได้แก่ การควบคุมของเสียและมลพิษสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องดำเนินการอย่างมีขั้นตอน รายละเอียดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการในการจัดการลุ่มน้ำ

ที่มา: เกษม (2551)

นอกจากนี้ เกษม (2551) ได้กล่าวถึงการวางแผนการใช้ที่ดินว่า พื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละแห่งแต่ละพื้นที่นั้นมีลักษณะทั้งสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา แตกต่างกัน จึงทำให้ดินแต่ละแห่งหรือแต่ละจุดมีสมรรถนะในการนำมาใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันไป ลุ่มน้ำบางแห่งอาจมีสมรรถนะของดินที่สามารถทำได้เพียงการเกษตรเพียงอย่างเดียว หรือทำการป่าไม้อย่างเดียวก็ได้ แต่ในขณะเดียวกัน พื้นที่ลุ่มน้ำบางแห่งอาจมีสมรรถนะที่จะแบ่งทำได้หลายๆ อย่างคละกันไปได้ ในทำนองเดียวกัน ดินแต่ละประเภทยังอาจมีความเหมาะสมเฉพาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เช่น ดินที่มีสมรรถนะเหมาะสมทางการเกษตรนั้น อาจเหมาะสมในการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว หรือปลูกไม้ผล หรือพื้นที่ที่มีสมรรถนะเหมาะสมต่อการเป็นที่พักผ่อน อาจใช้เป็นสวนสาธารณะหรือสวนป่า เป็นต้น การจัดการลุ่มน้ำจึงจำเป็นต้องแบ่งชั้นประเภทที่ดินทั้งลุ่มน้ำตามสมรรถนะการใช้ประโยชน์ก่อนอื่นใดทั้งสิ้น การแบ่งประเภทและการวางแผนการใช้ที่ดินให้ถูกต้องตามสมรรถนะนั้นๆ ก็จะทำให้การจัดการลุ่มน้ำได้รับผลตอบแทนตามวัตถุประสงค์อย่างแน่นอน แต่ก็มีข้อน่าสังเกตว่า การแบ่งประเภทที่ดินนั้นผู้ดำเนินการจะต้องใช้ความรู้และความชำนาญเฉพาะ เช่น ต้องมีความรู้ทางปฐพีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศ และการทำแผนที่ ตลอดจนสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น สาขาวิชาวนศาสตร์ พฤกษศาสตร์ นิเวศวิทยา เป็นต้น

ทรัพยากรลุ่มน้ำที่มีภายในลุ่มน้ำ ได้แก่ ดินและที่ดิน ป่าไม้ หิน แร่ โบราณสถาน น้ำและแหล่งน้ำ ฯลฯ แหล่งนี้มีสมบัติและการนำมาใช้แตกต่างกัน ในอดีตที่ผ่านมา การควบคุมแบบผสมผสานคือ ให้ดำเนินการมาใช้ในเวลา สถานที่ และด้วยมาตรการที่เกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน ซึ่งมีน้อยมากหรือไม่เลย ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ตามมาอย่างต่อเนื่องและรุนแรง การนำหลักการใช้/การจัดการแบบผสมผสานมาประยุกต์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติแล้ว จะได้วิธีการสถานที่และการดำเนินการตามความเหมาะสมของเวลา กล่าวคือ ทรัพยากรใดจะถูกใช้ก่อนหลังต้องกำหนดหรือวางระเบียบ/กฎหมายให้ชัดเจน ดังนั้น โดยหลักการแล้วการใช้พื้นที่ลุ่มน้ำเป็นหน่วยวางแผน การใช้ทรัพยากรธรรมชาติแล้ว ต้องดำเนินการ (1) ประเภท/ชนิดของทรัพยากร (2) ประเภท/ชนิดใดต้องใช้ก่อนหลัง (3) ระบุพื้นที่ที่จะมีการใช้อย่างชัดเจนเพราะจะเป็นแหล่งเกิดปัญหา (point source) (4) กำหนดมาตรการหรือระเบียบวิธีการใช้ (5) กำหนดจุดที่เกิดปัญหา (point effects) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีแผนที่กำหนดจุดปฏิบัติ (action map) เอาไว้เสมอในแต่ละลุ่มน้ำ (6) จำเป็นต้องระบุผู้รับผิดชอบของงานแต่ละงาน และสุดท้ายคือ (7) งบประมาณค่าใช้จ่ายซึ่งต้องระบุเอาไว้ด้วย จึงเป็นการใช้พื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อการวางแผนการใช้ทรัพยากรลุ่มน้ำที่สมบูรณ์จริงๆ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิ (temperature) หมายถึง ระดับความร้อนหนาวของอากาศและสิ่งต่างๆ ซึ่งอาจวัดได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ แต่หากจะให้ถูกต้องตามความหมายที่แท้จริงแล้ว อุณหภูมิคือ ตัววัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ของอนุภาคในสสารใดๆ ซึ่งสอดคล้องกับความร้อนหรือเย็นของสสารนั้น ส่วนคำว่า ความร้อน หมายถึง ปริมาณของพลังงานที่จะทำให้วัตถุต่างๆ ร้อนขึ้น แม้ว่าอุณหภูมิและความร้อนจะมีความหมายต่างกัน แต่อุณหภูมิและความร้อนมีความสัมพันธ์ต่อกัน กล่าวคือ เมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นหรือลดลง อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นหรือต่ำลงเช่นเดียวกัน โดยอุณหภูมิอากาศเกิดขึ้นจากการปลดปล่อยพลังงานความร้อนของพื้นผิวดินให้กับบรรยากาศ พลังงานความร้อนดังกล่าวเป็นพลังงานที่เปลี่ยนรูปจากพลังงานรังสีดวงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน ที่เรียกว่า ความร้อนรู้สึก (sensible heat) พลังงานชนิดนี้เกิดจากกระบวนการนำความร้อนจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงให้กับอากาศที่อยู่ติดกับพื้นผิว และอากาศจากพื้นผิวจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่อยู่สูงขึ้นไป ด้วยกระบวนการพาความร้อน ดังนั้นอุณหภูมิอากาศในที่นี้หมายถึง อุณหภูมิอากาศ ที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน 1 - 2 เมตรขึ้นไป โดยทั่วไปการวัดอุณหภูมิอากาศตามมาตรฐานสากลของอุตุนิยมวิทยาได้กำหนดให้วัดอุณหภูมิอากาศที่ระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 2 เมตร อุณหภูมิอากาศ (air temperature) เป็นปัจจัยพื้นฐานในการศึกษาสภาพอากาศ (weather) (รังสรรค์, 2547)

อุณหภูมิน้ำ (water temperature) เกิดจากแสงแดดที่ส่องกระทบพื้นผิวน้ำ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แสงแดดที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง และแสงสะท้อน ซึ่งเป็นแสงแดดที่ส่องกระทบสิ่งเจือปนในบรรยากาศ แล้วสะท้อนลงสู่พื้นผิวน้ำ แสงเมื่อกระทบพื้นผิวน้ำ ส่วนหนึ่งจะส่องทะลุผ่านลงไปใต้น้ำถ้าผิวน้ำเรียบและมุมที่แสงทำกับผิวน้ำแคบแสงจะส่องผ่านลงไปได้ลึก ส่วนแสงอีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ ปริมาณของแสงที่สะท้อนกลับนี้ขึ้นอยู่กับมุมที่แสงตกกระทบกับผิวน้ำ ชนิดของแสง ลักษณะของพื้นผิวน้ำ และสภาพของท้องฟ้า โดยแสงส่วนที่ส่องผ่านลงไปใต้น้ำส่วนมากถูกดูดกลืนโดยน้ำ ส่วนที่เหลือจะแพร่กระจายในน้ำ แสงส่วนที่ถูกดูดกลืนจะเปลี่ยนรูปจากพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนเมื่อสะสมอยู่ในน้ำมากพอก็จะทำให้น้ำร้อนขึ้น

1. ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas)

ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) เป็นก๊าซที่ช่วยอบอุ่นบรรยากาศของโลกให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากสามารถเก็บกักความร้อนที่ผิวโลกเอาไว้ได้และช่วยรักษาอุณหภูมิของโลกไม่ให้เย็นเกินไปสำหรับสิ่งมีชีวิตในสภาพธรรมชาติ โดยทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวโลกเท่ากับ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการดำรงชีวิต ถ้าในชั้นบรรยากาศไม่มีก๊าซเรือนกระจกเลย อุณหภูมิที่ผิวโลกจะเย็นลงต่ำได้ถึง -18 องศาเซลเซียส แต่ปัญหาที่โลกประสบอยู่ขณะนี้ คือ การมีก๊าซเรือนกระจกสะสมในชั้นบรรยากาศในปริมาณที่มากเกินไป โดยเฉพาะก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์ผลิตขึ้นมานับตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2393) ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจแบ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาติและก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม องค์ประกอบที่สำคัญของก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน โดยก๊าซที่มีเป็นส่วนน้อย คือ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ ส่วนก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม คือ Halocarbons, CFC และ HCFC-22 โมเลกุล เป็นต้น โดยกิจกรรมที่มีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การหายใจของพืช สัตว์ และการสลายตัวของสารอินทรีย์ การเผาไหม้ การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีก๊าซเรือนกระจกเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น (ต้นสกุล, 2549)

ในชั้นบรรยากาศแต่ละชั้นประกอบด้วยก๊าซและสารประกอบบางชนิดซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวกรองรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์ โดยก๊าซที่สามารถยอมให้รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านทะลุลงมาได้ แต่ไม่ยอมให้รังสีคลื่นยาวที่ผิวโลกส่งกลับออกนอกชั้นบรรยากาศได้ ก๊าซเหล่านี้เป็นก๊าซโมเลกุลใหญ่ เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และโอโซน ซึ่งแม้มีปริมาณอยู่ในบรรยากาศเพียงเล็กน้อยก็สามารถดูดกลืนรังสีในช่วงอินฟราเรด ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวที่ผิวโลกสะท้อนกลับสู่ชั้นบรรยากาศ (reradiate) ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกอบอุ่น เหมาะแก่การดำรงชีวิต เราเรียกก๊าซจำพวกนี้ว่า “ก๊าซเรือนกระจก” (นิพนธ์และคณิตา, 2552)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) กล่าวว่า ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas; GHG) เป็นก๊าซธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สะสมเป็นชั้นหนาอยู่ในชั้นบรรยากาศ ทำหน้าที่ดูดซับ สะท้อน และกระจายรังสีความร้อน ทำให้ผิวโลกและน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซเรือนกระจกหลักตามพิธีสารเกียวโต คือ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ มีเทน และโอโซน สารประกอบที่มีฮาโลคาร์บอน คลอไรด์ และโบรไมด์ นอกจากนี้ ยังอาจรวมซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs) และเปอร์ฟลูโอโรคาร์บอน (PFCs)

2. ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect)

ปรากฏการณ์เรือนกระจก คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดจากการสะสมตัวของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยภูมิอากาศของโลกจะถูกขับเคลื่อนด้วยพลังงานจากดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบผิวโลก พลังงานบางส่วนจะสูญเสียไปในการทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยโลกจะสะท้อนและแผ่กระจายพลังงานบางส่วนที่เหลืกลับคืนสู่บรรยากาศในรูปความร้อน แต่ก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในชั้นบรรยากาศของโลกจะช่วยกันกักเก็บพลังงานความร้อนเหล่านี้เอาไว้ด้วยการดูดซับ การสะท้อน หรือการแผ่กระจายพลังงานความร้อนกลับสู่พื้นโลกอีกครั้ง ดังนั้นบรรยากาศในชั้นนี้จึงกระทำตัวเสมือนเป็นเรือนกระจก กล่าวคือยอมให้พลังงานในช่วงคลื่นสั้น เช่น รังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาได้ แต่ไม่ยอมให้พลังงานในช่วงคลื่นยาว (รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นความร้อน) ผ่านออกไป ปรากฏการณ์เรือนกระจกจึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนอยู่ภายในชั้นบรรยากาศ ทำให้โลกร้อนมากขึ้น ยิ่งมีมากขึ้นเท่าไร ความร้อนก็จะถูกกักไว้ในชั้นบรรยากาศมากขึ้น โลกก็จะร้อนมากขึ้นเท่านั้น (ต้นสกุล, 2549)

3. ภาวะโลกร้อน (global warming)

ภาวะโลกร้อนเกิดจากการที่ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกที่ผิดปกติขึ้น ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้มีสมบัติยอมให้รังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นสั้นหรือในรูปของแสงสว่างทะลุผ่านได้ แต่เมื่อรังสีคลื่นสั้นเหล่านี้กระทบกับผิวโลก และสูญเสียพลังงานไปบางส่วนกลายเป็นรังสีคลื่นยาวหรือคลื่นความร้อน ซึ่งไม่สามารถทะลุผ่านชั้นก๊าซเรือนกระจกออกไปได้ ดังนั้นความร้อนจึงถูกกักเก็บไว้ในชั้นบรรยากาศและส่งผลกระทบต่อระบบและวัฏจักรน้ำของโลกเปลี่ยนไป ปรากฏการณ์ที่ตามมาก็คือ ความสมดุลของพลังงานโลกเปลี่ยนแปลงไป ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศบริเวณผิวโลกสูงขึ้น (นิพนธ์ และคณิตา, 2552)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) กล่าวว่า ภาวะโลกร้อน (global warming) เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นไปสะสมอย่างต่อเนื่องในชั้นบรรยากาศ จนเกิดสภาพเรือนกระจก (greenhouse effects) หนาปกคลุมผิวโลก เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ส่องทะลุลงมาถึงผิวโลกจะ พลังงานความร้อนกลับไปสู่ชั้นบรรยากาศแต่เมื่อสะท้อนกลับขึ้นไปในบรรยากาศที่มีก๊าซเรือนกระจก ขวางไว้ จึงสะท้อนกลับลงมาถึงผิวโลกใหม่อีกครั้ง ทำให้อุณหภูมิของผิวโลกสูงมากขึ้นจากปกติ ซึ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) เรียกว่า โลกร้อน ทำให้สภาพภูมิอากาศของผิวโลกเปลี่ยนแปลงไป

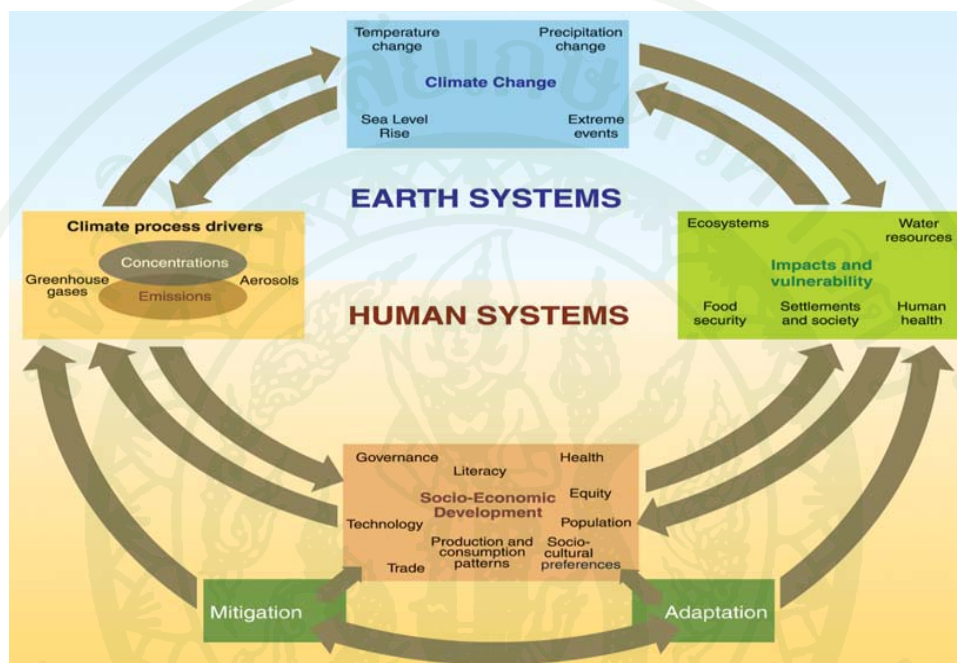
4. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change)

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศที่มีผลกระทบต่อปริมาณของเมฆ ฝน ความกดอากาศ ซึ่งมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและฝีมือมนุษย์ ผลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจก ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ภัยแล้ง การผันแปรของลมฟ้าอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อแหล่งพลังงาน ระดับน้ำทะเล ที่อยู่อาศัยของมนุษย์ การเกษตร ระบบนิเวศ สุขภาพอนามัย เป็นต้น (ตันสกุล, 2549) ส่วนอำนาจ (2553) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) เป็นลักษณะอากาศที่มีการเบี่ยงเบนไปจากค่าปกติ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน การแก้ไขให้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกลับมามีเดิมก็ต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานเช่นกัน

ตามคำจำกัดความของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงใดๆ ของภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดจากก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ก๊าซเรือนกระจกมีคุณสมบัติในการดูดกลืนความร้อน ทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายออกไปนอกบรรยากาศโลกได้ ทำให้โลกร้อนขึ้นจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (กัณห์วิทย์, 2553)

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552) กล่าวว่าในแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2553 - 2562 ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลโดยตรงหรือโดยอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศโลกและเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ยังได้เสนอกรอบแนวคิดที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของระบบที่เป็นธรรมชาติของโลก (earth systems) และระบบที่เกิดจากมนุษย์ (human systems) ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกิจกรรมในการพัฒนาของมนุษย์ สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกจึงมีความเชื่อมโยงกับบริบทการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละประเทศและของโลก ในขณะเดียวกันสถานการณ์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศหลักๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำทะเล และสภาพอากาศรุนแรง ซึ่งเมื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศนี้แล้ว ก็จะทำให้เราสามารถคาดการณ์ผลกระทบต่อระบบและภาคส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2553 - 2562

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552)

สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามกรอบแนวคิดของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่มีอยู่ในปัจจุบัน (greenhouse gas concentrations) ซึ่งเป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอดีตของประเทศ ที่พัฒนาแล้ว ตั้งแต่สมัยปฏิวัติอุตสาหกรรมในช่วงศตวรรษที่ 19 และอีกส่วนหนึ่ง ได้แก่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas emissions) ของประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งเริ่มในปลายศตวรรษที่ 20 รวมกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศพัฒนาแล้วที่ยังคงดำเนินอยู่ต่อไป ทั้งนี้ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศกำลังพัฒนาเพิ่งเริ่มจะส่งผลต่อความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 เป็นต้นมา

กรอบแนวคิดของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ได้แบ่งระบบและภาคส่วนที่จะได้รับผลกระทบออกเป็น 5 ด้านหลักๆ ได้แก่ ระบบนิเวศ ทรัพยากรน้ำ ความมั่นคงทางอาหาร การตั้งถิ่นฐานของประชากรและสังคม และสุขภาพ ทั้งนี้ ผลกระทบที่ระบบและภาคส่วนเหล่านี้จะได้รับนอกจากจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยแล้ว ยังขึ้นอยู่กับศักยภาพของระบบหรือภาคส่วนนั้นๆ ในการรับมือและปรับตัวต่อผลกระทบ และศักยภาพดังกล่าวก็ขึ้นอยู่กับบริบทในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละประเทศและของโลกนั่นเอง จะเห็นว่าตามกรอบแนวคิดของ IPCC แนวทางการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถจำแนกได้ 2 มาตรการที่จะต้องดำเนินการควบคู่กันไป มาตรการแรก ได้แก่ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อชะลอการสะสมของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก (mitigation) และอีกมาตรการที่สำคัญคือ การรับมือและปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (adaptation)

อย่างไรก็ดี แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งในอดีตปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณไม่มาก แต่การพัฒนาเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของประชากร และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ได้ส่งผลให้ประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต เนื่องจากการพัฒนาประเทศยังคงดำเนินต่อไป นอกจากนี้ ยังมีพื้นฐานทางเศรษฐกิจที่ต้องพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติของประเทศ โดยมีประชากรจำนวนมากประกอบอาชีพเกษตรกรรม และมีอุตสาหกรรมการผลิตและบริการ ซึ่งส่วนใหญ่ต้องใช้วัตถุดิบทางการเกษตรหรือทรัพยากรธรรมชาติ ทำให้ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบระดับรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ การมีส่วนร่วมแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับนานาชาติประเทศในฐานะที่เป็นสมาชิกของประชาคมโลกโดยการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในภาคส่วนต่างๆ จึงควรเป็นไปในแนวทางที่จะไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการพัฒนาและการแก้ไขปัญหาเร่งด่วนในด้านต่างๆ ของประเทศ เช่น ปัญหาความยากจน การกระจายรายได้ และการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน เป็นต้น

5. สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ยงยุทธ (2553) กล่าวถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่า เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases; GHGs) เข้าสู่บรรยากาศจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศโลกตามธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้มีอยู่ในธรรมชาติ แต่เป็นสารที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม ได้แก่ Perfluorocarbons (PFCs) Hydrofluorocarbons (HFCs) และ Sulfur Hexafluoride (SF_6) เป็นต้น ก๊าซเรือนกระจกมีคุณสมบัติในการดูดกลืนความร้อนทำให้โลกอบอุ่น สิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ในโลกได้ แต่หากมีก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปจะทำให้บรรยากาศโลกดูดกลืนความร้อนไว้มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น เกิดภาวะที่เรียกว่า ภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น การปกคลุมของเมฆ และการเปลี่ยนทิศทางลม เป็นต้น และเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและภัยพิบัติธรรมชาติในปัจจุบัน

อำนาจ (2553ก) กล่าวถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่า เกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติและมนุษย์ การเปลี่ยนแปลงโดยสาเหตุทางธรรมชาติส่วนมากใช้ระยะเวลาที่นานจึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ได้แก่

1) การเคลื่อนที่ของเปลือกโลกที่มีผลทำให้ระดับความสูงต่ำของพื้นที่เปลี่ยนแปลงหรือตำแหน่งบนผิวโลกเปลี่ยนไปหรือมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งธรรมชาติสู่บรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย กระบวนการเหล่านี้อาจใช้เวลาเป็นล้านปีถึงหลายร้อยล้านปี จากการประมาณการของนักวิทยาศาสตร์ การเคลื่อนที่ของเปลือกโลกนี้มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2443 - 2543 ลดลงประมาณ 0.00002 องศาเซลเซียส

2) การเปลี่ยนแปลงแนววงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงการเอียงของแกนโลกจากเส้นตั้งฉากกับระนาบการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ การแกว่งไปมาของแกนโลกขณะหมุนรอบตัวเอง ปรากฏการณ์เหล่านี้มีลักษณะการเกิดเป็นวงจรหรือรอบ (cycle) ซึ่งแต่ละรอบใช้เวลาตั้งแต่ 20,000 ปีถึงประมาณ 100,000 ปี นักวิทยาศาสตร์ได้ประเมินไว้ว่า ปรากฏการณ์เหล่านี้โดยรวมมีผลทำให้อุณหภูมิของโลกในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2443 - 2543 ลดลง 0.02 องศาเซลเซียส

ส่วนปัจจัยจากการกระทำของมนุษย์ มักเกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่ง IPCC ประเมินว่า ในเวลาตั้งแต่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา กิจกรรมดังกล่าวส่งผลให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.8 องศาเซลเซียส ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์ปล่อยออกสู่บรรยากาศนั้นเป็นเหตุให้ภาวะเรือนกระจกตามสภาวะธรรมชาติ (natural greenhouse effect) มีความรุนแรงขึ้น (enhanced greenhouse effect) ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น ที่เรียกว่า ภาวะโลกร้อน (global warming) และมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามมา ซึ่งจากความรู้และหลักฐานที่มีในปัจจุบัน เราสามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุหลักของการเกิด enhanced greenhouse effect ดังกล่าว ส่วนสาเหตุที่มาจากธรรมชาติมีน้อยมาก

6. ผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

นิพนธ์ และคณะ (2552) ได้อธิบายถึงผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม การเกษตรกรรม สุขภาพอนามัย และเศรษฐกิจ ไว้ดังนี้

6.1 ผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

6.1.1 ผลกระทบต่อการปกคลุมของธารน้ำแข็งและหิมะ: แถบละติจูดสูงและพื้นที่สูงที่ใน 1 ปีมีน้ำแข็งปกคลุมอยู่ถึง 9 เดือน ซึ่งปัจจุบันจากการที่อุณหภูมิสูงขึ้น หิมะและน้ำแข็งเหล่านี้จะละลายอย่างรวดเร็ว แม้ว่าการละลายทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้าในอากาศมากขึ้นและทำให้มีหิมะตกลงมามากขึ้นก็ตาม แต่อัตราการละลายมีมากกว่าอัตราการตกและสะสม ทำให้พื้นที่น้ำแข็งลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมา พื้นผิวได้น้ำแข็งก็จะดูดซับความร้อน เมื่อความร้อนสะสมมากขึ้น น้ำแข็งก็จะละลายเพิ่มมากขึ้นอีก การละลายของน้ำแข็งเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นบนผิวโลก

6.1.2 ผลกระทบต่อการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล: เมื่อโลกร้อนขึ้น น้ำในมหาสมุทรจะร้อนขึ้นและเกิดการขยายตัว พืดน้ำแข็งขั้วโลกและธารน้ำแข็งจะละลาย ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น หมู่เกาะที่มีระดับต่ำจะตกอยู่ในภาวะเสี่ยงอันตราย ความสมดุลของระบบนิเวศในทะเลเองก็อยู่ในสภาพที่เสี่ยงต่อการถูกทำลายเช่นกัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำในมหาสมุทร การไหลเวียนของน้ำ กระแสน้ำอุ่น - น้ำเย็นที่ผันแปร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของมหาสมุทรมีอิทธิพลต่อสภาพภูมิอากาศบนผิวโลกด้วยเช่นกัน ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีผลทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ปรากฏการณ์ที่เด่นชัดที่สุดคือ การขยายตัวของน้ำในมหาสมุทรเนื่องจากความร้อน ตามด้วยการ

ละลายของธารน้ำแข็งแถบภูเขาและการละลายของแผ่นน้ำแข็งแถบขั้วโลก นอกจากนี้ ระดับน้ำทะเลที่ขึ้นสูงยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศชายฝั่ง เช่น การสูญเสียพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำนานาชนิด การรुक้าของน้ำเค็มเข้าสู่แหล่งน้ำจืดที่ส่งผลเสียหายต่อการเกษตร และจากการที่น้ำทะเลหนุนยังทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่งและท่วมบ้านเรือนอีกด้วย

6.1.3 ผลกระทบต่อปะการัง: สีสันที่สวยงามของปะการังมาจากสาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็กที่พึ่งพาอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อชั้นในของปะการัง หากอุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนเพียง 2 - 3 องศาเซลเซียส สาหร่ายนั้นจะตายไป เมื่อไม่มีอาหาร ปะการังก็จะตายและกลายเป็นสีขาว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปะการังฟอกสีหรือการเปลี่ยนสีของปะการัง การศึกษาวิจัยที่สถาบันสมุทรศาสตร์แห่งฟลอริดา (Florida Institute of Oceanography) ระบุว่า เกิดการฟอกสีของปะการังสูงสุดในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาในออสเตรเลีย จีน ญี่ปุ่น ไทย ปานามา มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินเดีย อินโดนีเซีย เกาหลี ประเทศในบริเวณทะเลแดง เปอโตริโก จาไมกา โดยเฉพาะแนวปะการัง Great Barrier Reef นอกชายฝั่งของออสเตรเลีย ซึ่งเป็นแหล่งอาศัยของปะการังพันธุ์หายากที่ใกล้สูญพันธุ์

6.1.4 ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศ: อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 1.0 - 3.5 องศาเซลเซียสในอีก 100 ปีข้างหน้า จะทำให้เขตภูมิอากาศในปัจจุบันเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะพื้นที่ในเขตอบอุ่น องค์ประกอบและการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงเพื่อตอบสนองต่อเงื่อนไขใหม่ ขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การทำลายป่า และแรงกดดันต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ จะส่งผลกระทบต่อชนิดและการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ต่างๆ พันธุ์พืชและสัตว์ที่ไม่สามารถปรับตัวได้ทันทั่วทั้งที่อาจสูญพันธุ์ ซึ่งเป็นการสูญเสียที่ไม่อาจกลับคืนมาได้

6.1.5 ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ: แหล่งน้ำจะได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำทะเลหนุน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแหล่งน้ำต่างๆ เองด้วย กล่าวคือ อาจเกิดความแห้งแล้งของแหล่งน้ำในบางพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นย่อมเป็นการเร่งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของพืชให้สูงขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มความต้องการน้ำของพืชให้สูงขึ้นตามไปด้วย อาจทำให้เกิดปัญหาดินแห้งและปัญหาในการจัดสรรน้ำเพื่อการชลประทานตามมา นอกจากนี้ ยังทำให้แผ่นดินตามชายฝั่งมีระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและมีฝนตกหนักขึ้น ในขณะที่แผ่นดินที่อยู่ลึกเข้าไปในใจกลางทวีปจะมีปริมาณน้ำน้อยลงและความแห้งแล้งมากขึ้น

6.1.6 ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ: นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่าสภาวะโลกร้อนทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นตลอดศตวรรษที่ผ่านมาซึ่งส่งผลถึงความดันบรรยากาศด้วย การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้น้ำแข็งขั้วโลกเกิดการละลายตัวอย่างช้าๆ น้ำแข็งที่ละลายนอกจากจะกัดเซาะหน้าดินจนพังทลายแล้วยังทำให้น้ำจืดปริมาณมหาศาลไหลไปรบกวนกระแสเทอร์โมฮาไลน์ของโลกจนเกิดเป็นความแปรปรวนของภูมิอากาศโลก ส่งผลให้เกิดพายุฤดูร้อนบ่อยครั้งขึ้นและมีความรุนแรงมากขึ้น แผ่นดินตามชายฝั่งจะมีความชุ่มชื้นมากขึ้น เมื่อมีฝนตกหนักขึ้น จนเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม ดินอันอุดมสมบูรณ์จะถูกพัดพาไปตามลำน้ำเกิดเป็นความชุ่มชื้นที่เมื่อตกตะกอนจะสร้างความชื้นให้แก่แหล่งน้ำ เมื่อสายน้ำชุ่มไหลออกสู่ชายฝั่งจะทำลายปะการัง แหล่งอาศัยและอนุบาลสัตว์น้ำ นอกจากนั้นแล้วตะกอนดินที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูง ยังช่วยเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามชายฝั่ง เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลงจะเกิดการเน่าเสีย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

6.2 ผลกระทบต่อผลิตผลทางเกษตรกรรม

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการเกษตรสัมพันธ์กับปริมาณน้ำซึ่งจะมีผลต่อผลิตผลด้านการเกษตร เพราะต้องอาศัยปริมาณน้ำฝนและแสงแดดที่แน่นอน รวมถึงความชื้นของดินและอุณหภูมิเฉลี่ยที่พอเหมาะด้วย นอกจากนี้ ผลกระทบยังอาจเกิดขึ้นกับการทำประมง เนื่องจากแหล่งน้ำที่เคยอุดมสมบูรณ์ตลอดทั้งปี เช่น แม่น้ำสายเล็กๆ ทะเลสาบ ห้วย หนอง คลอง บึง อาจแห้งขอดลงในบางฤดูกาล ส่งผลกระทบต่อการขยายพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ซึ่งจะทำให้จำนวนและความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำลดลงอย่างมาก ตัวอย่างเช่น ความหลากหลายทางชีวภาพและความอุดมสมบูรณ์ในแหล่งน้ำแถบลุ่มแม่น้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะลดลงอย่างต่อเนื่องหากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังคงดำเนินต่อไป

6.3 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม อากาศที่ร้อนและมีความชื้นสูงจะบั่นทอนสุขภาพในการทำงานของมนุษย์ ก่อให้เกิดความกดดันต่อสภาพร่างกายและจิตใจ ร่างกายจึงมีภูมิคุ้มกันที่ต่ำลงจนง่ายต่อการรับเชื้อโรคที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศโดยอุณหภูมิและความชื้นที่สูงเกินไปอาจทำให้ร่างกายปรับตัวไม่ทันจนเกิดการเสียชีวิตได้ และยังเป็นสาเหตุให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคเขตร้อน และแพร่ขยายไปสู่ประเทศ

ที่อยู่เหนือขึ้นไปที่ไม่เคยมีการระบาดมาก่อน เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาของพาหะนำโรค เช่น โรคมาลาเรีย โรคไข้เลือดออก โรคสมองอักเสบ ที่มีผู้เป็นพาหะ เพราะยิ่งอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นก็ยิ่งเหมาะแก่การนำพาโรคและออกหากินบ่อยขึ้น นอกจากนี้ สภาพอากาศที่ร้อนขึ้นก็ยังทำให้แบคทีเรียในอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกว่าปกติ มีโอกาสในการแพร่ระบาดสูง

6.4 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

รายงานผลการศึกษาของนักเศรษฐศาสตร์พบว่า เมื่อโลกร้อนขึ้น 2 - 3 องศาเซลเซียส จะสร้างความสูญเสียต่อผลผลิตโลก 3% รวมถึงทำให้เกิดต้นทุนทางการเงินที่เกิดจากปัญหาสุขภาพของมนุษย์และต่อสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังจะทำให้เกิดภาวะที่ไม่เท่าเทียมกันระหว่างประเทศ ร่ำรวยกับประเทศยากจน โดยประเทศยากจนต้องแบกรับภาระมากกว่า เพราะได้รับผลกระทบรุนแรงกว่า ขณะที่ผลกระทบที่เป็นปัจจัยเสี่ยงทางเศรษฐกิจโดยตรงของไทยคือ ปัญหาที่เกิดจากความเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดภาวะแห้งแล้ง ฝนไม่ตกตามฤดูกาล โดยหลายฝ่ายคาดการณ์ว่าน้ำในแม่น้ำสายต่างๆ จะมีปริมาณลดลง 25% สภาพการณ์ดังกล่าวจะสร้างปัญหาต่อเกษตรกรและชาวประมง ปัจจัยการผลิตและความอุดมสมบูรณ์ในธรรมชาติจึงมีทิศทางที่ลดลงโดยความเสื่อมโทรมของสภาวะแวดล้อมจะเป็นตัวเร่งทำลายความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติและความสำเร็จของปัจจัยในการผลิตอาหาร ในที่สุดธรรมชาติจะไม่สามารถผลิตอาหารได้อย่างเพียงพอ ซึ่งจะสร้างความยากลำบากให้กับประชากรโลกและคนไทยในภายหลัง

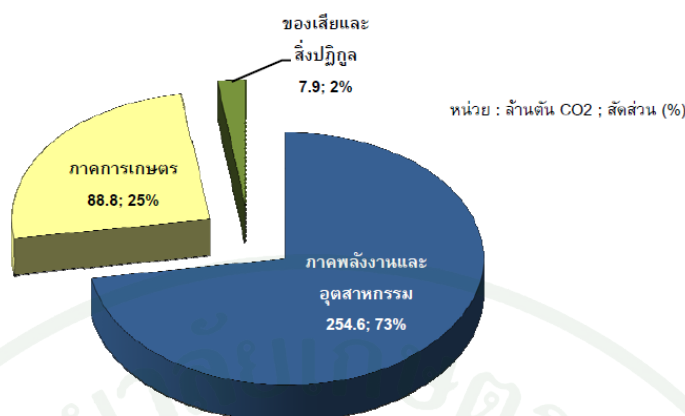
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) กล่าวเกี่ยวกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (impact of climate change) ว่า ผลของโลกร้อนได้ก่อให้เกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศของโลก ทำให้มีการระเหยของน้ำจากแผ่นดินและน้ำทะเลมากขึ้น เกิดภูมิอากาศที่รุนแรง เมื่อร้อนจะร้อนจัด เมื่อแห้งแล้งจะแห้งแล้งจัด เป็นต้น แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากอาจเป็นผลดีต่อพืช คือ มีปุ๋ยคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น พืชจึงเติบโตได้ดีขึ้น แต่ผลผลิตพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว แต่มีปัจจัยอื่น เช่น น้ำที่มากพอเพียงสำหรับการคายระเหย และการเกิดภัยธรรมชาติที่ทำลายผลผลิตพืชได้เป็นปริมาณมาก กล่าวโดยภาพรวมแล้วสภาพโลกร้อนของชั้นบรรยากาศต่าง แผ่นดิน และผิวน้ำของโลกนั้น การเพิ่มความร้อนเป็นทางออกที่ง่ายที่สุดสำหรับสภาพภูมิอากาศในการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกิน การเพิ่มอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรง และมีผลกระทบต่อเนื่อง ทำให้บางส่วนของโลกมีอุณหภูมิร้อนและชื้นมากขึ้น บางพื้นที่มีอากาศหนาวเย็นจัดกลับมีอุณหภูมิที่เหมาะสมมากขึ้น ในขณะที่บางพื้นที่

ร้อนน้อยลง ผลกระทบนี้จะรุนแรงมากในประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศยากจนที่ประชากรขาดความรู้ เทคโนโลยี บุคลากร และงบประมาณ กล่าวโดยสรุปคือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะทำให้เกิดทั้งผลเสียและผลดีต่อผลผลิตทางการเกษตร แต่จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มว่าผลเสียจะมีมากกว่าผลดี ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะคุกคามความสามารถในการผลิตพืชผลทางการเกษตรให้เพียงพอต่อการบริโภคของประชากรที่จะเพิ่มขึ้น จึงส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของคนไทย

7. สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552) กล่าวถึงข้อมูลจากสถาบันทรัพยากรโลก (World Resources Institute; WRI) ว่า ก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในช่วงปี พ.ศ. 2493 - 2543 มีปริมาณสูงถึงกว่าหนึ่งล้านล้านตัน CO₂ ในจำนวนนี้เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ไทยปล่อยคิดเป็น 3.8 พันล้านตัน ซึ่งคิดเป็นปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 0.35 และจัดเป็นชาติที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 42 ของโลก โดยหากพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2548 จะพบว่า ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 367 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 0.95 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาทั่วโลก และจัดเป็นอันดับที่ 24 ของโลก โดยเมื่อคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัว ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 5.6 ตันต่อคน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 5.8 ตันต่อคน และจัดเป็นอันดับที่ 71 ของโลก สำหรับประเทศไทย ภาคส่วนที่มีบทบาทสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ภาคพลังงานและอุตสาหกรรม

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ประกอบด้วย 3 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ จากข้อมูลของสถาบันทรัพยากรโลก (World Resources Institute; WRI) ในปี พ.ศ. 2548 ภาคเศรษฐกิจของไทยที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ ภาคพลังงานและอุตสาหกรรม ซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันคิดเป็นร้อยละ 72.47 โดยปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นหลัก ถัดมาคือ ภาคการเกษตร ซึ่งปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์เป็นหลัก คิดเป็นร้อยละ 25.28 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของไทย และสุดท้ายคือ กิจกรรมกำจัดของเสียและสิ่งปฏิกูล ซึ่งปล่อยก๊าซมีเทนและ CO₂ คิดเป็นร้อยละ 2.3 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทยแบ่งตามภาคการผลิต ปี พ.ศ. 2548

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552)

ภาคเกษตรกรรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทำหน้าที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเก็บไว้ในมวลชีวภาพ เช่น ในต้นไม้ ในดิน และในซากสัตว์ ก๊าซมีเทนมีที่มาจากการทำงานข้าวในสภาพขังน้ำ การขาดการจัดการอาหารและของเสียจากปศุสัตว์ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างเหมาะสม ก๊าซไนตรัสออกไซด์เกิดจากการใช้ปุ๋ยในโตรเจน รวมทั้งการให้อาหารสัตว์บกและสัตว์น้ำมากเกินไป ตกค้าง และเกิดการแปรสภาพเป็นก๊าซไนตรัสออกไซด์ สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสาเหตุมาจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมและวัชพืช นอกจากนี้ การขยายพื้นที่เกษตรกรรมเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งเป็นแหล่งเก็บกักก๊าซคาร์บอนตามธรรมชาติ ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงและลดลงของพันธุ์พืชคลุมดินที่มีความหลากหลายและมีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับน้ำตามธรรมชาติ นำมาซึ่งการชะล้างพังทลายและความเสื่อมโทรมของดิน

อย่างไรก็ดี โดยทั่วไปการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคเกษตรกรรมถือว่า อยู่ในระดับที่น้อยมากเมื่อเทียบกับก๊าซที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคการผลิตพลังงาน การคมนาคมขนส่งและอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่ที่เกิดจากการเผาวัสดุการเกษตร เช่น ฟางข้าว ตอซังข้าวโพด และการเผาใบอ้อยก่อนตัดจะถูกดูดซับกลับเข้าไปในชีวมวลอีกครั้ง เมื่อถึงฤดูกาลเพาะปลูกต่อไป เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวประมาณร้อยละ 6 ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวในโลก จึงมีการประเมินว่า ประเทศไทยน่าจะมีส่วนในการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในสัดส่วนร้อยละ 6 เช่นกัน สำหรับก๊าซไนตรัสออกไซด์นั้น มีที่มาจากทั้งจากการใช้ปุ๋ยเคมี โดยระหว่างปี พ.ศ. 2545 - 2550 ประเทศไทยใช้ปุ๋ยในโตรเจนประมาณ 1.13 ล้านตันต่อปี หรือประมาณร้อยละ 1 ของปุ๋ยในโตรเจนที่ใช้ในโลกแต่ละปี

แม้ในปัจจุบันการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตรจะถือว่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับภาคพลังงานและอุตสาหกรรมและภาคการขนส่ง แต่เนื่องจากสินค้าเกษตรเป็นสินค้าส่งออกที่มีความสำคัญของไทยซึ่งต้องพึ่งพาตลาดต่างประเทศ จึงมีความจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาโลกร้อน ทั้งในด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการดูดซับก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศมาตรึงไว้ในดินพืชซากสัตว์และดิน (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

8. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไทยในอนาคต

ยงยุทธ (2533) กล่าวถึงรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ใน The Fourth IPCC Assessment Report ซึ่งคาดคะเนว่าในอนาคต (ประมาณ 100 ปี) อุณหภูมิของโลกจะสูงขึ้นประมาณ 4 - 6 องศาเซลเซียสจากปัจจุบันตามรูปแบบการพัฒนาต่างๆ เป็นผลให้ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง กล่าวคือ มีฝนตกมากในฤดูฝน และมีความแห้งแล้งยาวนานในฤดูแล้ง อุณหภูมิสูงสุดจะเพิ่มสูงขึ้น แต่อุณหภูมิต่ำสุดจะลดลง (IPCC, 2007) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการกระจายและแหล่งที่อยู่อาศัย (ecological niche) ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดเพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพสิ่งแวดล้อมใหม่หรือสูญพันธุ์ไปหากไม่สามารถปรับตัวได้ สำหรับประเทศไทยคาดคะเนว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะสูงขึ้นประมาณ 2.0 - 5.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเพิ่มก๊าซเรือนกระจก โดยคาดคะเนว่าปริมาณ CO₂-equivalent emissions ในปี ค.ศ. 2020 จะเพิ่มเป็น 535 ล้านตัน หรือคิดเป็น 2 เท่าของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยในปี ค.ศ. 1994 และจะมีผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพและฤดูกาลของประเทศไทย

อำนาจ (2553ก) กล่าวถึงรายงานของ IPCC (2007) ซึ่งพบว่า อุณหภูมิบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.1 - 0.3 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ปริมาณน้ำฝนรวมมีแนวโน้มลดลง ระดับน้ำทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 1 - 3 มิลลิเมตรต่อปี และมีโอกาสที่จะเกิดสภาวะความรุนแรงของสภาพอากาศเพิ่มขึ้น (ฝนตกหนัก อากาศที่ร้อน เป็นต้น)

ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2554) กล่าวถึง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและฝนในประเทศไทยว่า ข้อมูลตรวจวัดจาก สถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศบ่งชี้ว่า อุณหภูมิในประเทศไทยในรอบ 55 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2498 - 2552) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99% หรือค่า $p < 0.001$) โดยค่าเฉลี่ย รายปีของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.86, 0.95 และ 1.45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของไทย (0.95 องศาเซลเซียส) มีอัตรา ที่สูงกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก (0.69 องศาเซลเซียส) ส่วนอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ย ในอ่าวไทยและทะเลอันดามันในรอบ 50 ปี (พ.ศ. 2510 - 2549) มีแนวโน้มสูงขึ้นประมาณ 0.1 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ อย่างไรก็ตาม แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญไม่ปรากฏใน ปริมาณฝนสะสมรายปีของประเทศไทยในช่วงเวลาเดียวกัน (พ.ศ. 2498 - 2552)

นอกจากนี้ ยังได้กล่าวถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทยในอนาคตว่า ลักษณะ ภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในอนาคตคาดการณ์ได้ด้วยการสร้างเหตุการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ (climate change scenario) จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (เรียกว่า General Circulation Model หรือ GCM) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีความเป็นไปได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับ แนวทาง การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของโลกในอนาคต ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ซึ่งรูปแบบการพัฒนาที่ เป็นไปได้ตาม Special Report on Emission Scenarios หรือ SRES Scenarios ของ IPCC ประกอบด้วย การพัฒนาโดยให้ความสำคัญกับเศรษฐกิจเป็นสำคัญ (แบบ A) หรือให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมด้วย (แบบ B) รวมทั้งการมีความร่วมมือกันในระดับนานาชาติ (แบบ 1) หรือภูมิภาค (แบบ 2) ซึ่งความ แตกต่างของการพัฒนาเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกอาจเพิ่มขึ้น 2 - 4 องศาเซลเซียส ภายใน ปี ค.ศ. 2099 หรือ พ.ศ. 2642

การสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต 30 - 100 ปี ด้วยการลดขนาดผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศโลกจาก 4 แบบลงบนพื้นที่ประเทศไทย ตาม รูปแบบของการพัฒนาในอนาคตแบบต่างๆ พบว่า ทุกแบบจำลองให้ผลสอดคล้องกัน คือ อุณหภูมิ โดยรวมเพิ่มขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่างกัน บางแบบจำลองแสดงการเพิ่ม ถึง 4 องศาเซลเซียสในอีกประมาณ 100 ปีข้างหน้า (ตารางที่ 1) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน ยังไม่เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนนัก แต่แบบจำลองส่วนมากคาดว่าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของประเทศไทยตามภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบต่างๆ จากการย่อส่วนผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศโลก 4 แบบลงบนพื้นที่ประเทศไทย

แบบจำลอง	ความละเอียดเชิงพื้นที่	ปีฐาน (ค.ศ.)	ปีอนาคตที่สร้างภาพจำลอง (ค.ศ.)	ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ณ ปีสุดท้ายที่ศึกษาเทียบกับปีฐาน (องศาเซลเซียส)
GFDL-R30	0.5°lat. x 0.5°long	1965-1990	2010 - 2029 และ 2040 - 2059	B2	0.56 (อุณหภูมิเฉลี่ย)
MM5-RCM	45 x 45 km ² และ 15 x 15 km ²	1970-1990	2010 - 2039	A2	0.8-1.0 (อุณหภูมิสูงสุด)
				A1B	0.4-0.8 (อุณหภูมิสูงสุด)
PRECIS ²	25 x 25 km ²	1980-1989	2010 - 2099	A2	2.0-4.0 (อุณหภูมิสูงสุด)
RegCM3 ²	20 x 20 km ²	1961-2000	2031 - 2070	A1B	2.0-2.5 (อุณหภูมิเฉลี่ย)

หมายเหตุ : ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สร้างจากแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมตาม SRES Scenarios

ที่มา: ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2554)

ด้านการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวพื้นพบว่า การตรวจวัดอุณหภูมิผิวพื้นในประเทศไทย ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 55 ปี โดยผ่านเครือข่ายสถานีตรวจอากาศผิวพื้นสำหรับติดตามตรวจสอบและพยากรณ์ลมฟ้าอากาศ อุทกวิทยา และการเกษตร ของกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และหน่วยงานอื่นๆ โดยมีจำนวนสถานีเพิ่มขึ้นจนครอบคลุมทุกจังหวัดของประเทศ ทั้งนี้ สถานีตรวจวัดอุณหภูมิผิวพื้นที่อนุกรมข้อมูล ทั้งอุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิสูงสุด มีความสมบูรณ์และมีระยะเวลาตรวจวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 - 2552 มีจำนวน 24 สถานี โดยสถานีส่วนใหญ่เป็นสถานีหลักที่รหัสสถานีขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก เพื่อให้อ้างอิงและแลกเปลี่ยนข้อมูล ซึ่งคุณภาพของข้อมูลในคาบเวลารายวันและรายเดือนอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นและระยะยาว จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99% ($p < 0.001$) โดยในรอบ 55 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 0.86, 0.95 และ 1.45 องศาเซลเซียส ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงต่อทศวรรษมีค่าเท่ากับ 0.156, 0.174 และ 0.263 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยเฉลี่ยรายปี ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Vose *et al.* (2005) และ Limsakul and Goes (2008) ที่พบว่า ช่วงอุณหภูมิในรอบวันในหลายภูมิภาคของโลก รวมทั้งประเทศไทยลดลงอย่างนัยสำคัญเนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดเกือบสองเท่า เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยเฉลี่ยรายปีในภาพรวมแล้ว ร้อยละ 92 ของจำนวนสถานีทั้งหมด มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตราระหว่าง 0.09 - 0.36 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ต่อมา Limsakul *et al.* (2011) ได้วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยเฉลี่ยรายปีในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2513 - 2549 จากข้อมูลรายวันที่ตรวจวัดจากสถานีพื้นผิวจำนวน 65 สถานี และพบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยเฉลี่ยรายปีในภาพรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.25 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก พบว่า รูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2538 - 2552 มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก ($r = 0.76$; $p < 0.001$) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทย (0.174 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ) มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก (0.126 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายปี (0.156 และ 0.263 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ) ของประเทศไทย มีอัตราการเพิ่มที่สูงกว่าของโลก (0.14 และ 0.20 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Vose *et al.* (2005)

นอกจากนี้ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552) ได้กล่าวไว้ในแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2553 - 2562 ว่า ประเทศไทยได้มีการศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตโดยใช้สมมติฐานในกรณีที่มนุษย์ยังคงดำเนินกิจกรรมในการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและยังคงดำรงชีวิตโดยไม่ได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อร่วมกันลดหรือควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก งานศึกษาดังกล่าวแบ่งภาพฉายอนาคตของสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ (1) ข้อมูลต่อเนื่อง 30 ปี (พ.ศ. 2553 - 2582) (2) ข้อมูลปี พ.ศ. 2593 - 2602 และ (3) ข้อมูลปี พ.ศ. 2623 - 2632 ผลการศึกษาพบว่า ประเทศไทยมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังนี้

1) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยคาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในทุกภาคจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1 องศาเซลเซียสในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2582 และเพิ่มขึ้นประมาณ 2.0 องศาเซลเซียสในช่วงปี พ.ศ. 2593 - 2602 โดยจะเพิ่มขึ้นถึง 4 องศาเซลเซียสโดยประมาณ ในช่วงปี พ.ศ. 2623 - 2632

2) จำนวนวันที่มีอากาศร้อน (วันที่มีอุณหภูมิมากกว่า 35 องศาเซลเซียส) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกภูมิภาค เช่น จากเดิมในช่วงปี พ.ศ. 2513 - 2532 ไทยเคยมีวันที่อากาศร้อนประมาณ 38% โดยเฉลี่ยต่อปี และจะเพิ่มขึ้นเป็น 47% ในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2582 เพิ่มขึ้นเป็น 57% ในช่วงปี พ.ศ. 2593 - 2602 และเพิ่มขึ้นเป็น 71% ในช่วงปี พ.ศ. 2623 - 2632

3) จำนวนวันที่มีอากาศเย็น (วันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส) มีแนวโน้มที่จะลดลงเช่นกัน จากเดิมในช่วงปี พ.ศ. 2513 - 2532 ไทยเคยมีวันที่อากาศเย็นประมาณ 3% โดยเฉลี่ยต่อปี ก็จะลดลงเป็น 2% ในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2582 ลดลงเป็น 1% ในช่วงปี พ.ศ. 2593 - 2602 และลดลงเป็น 0.03% ในช่วงปี พ.ศ. 2623 - 2632

4) จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายปีลดน้อยลงในทุกภาค แต่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (มม./ปี) จะเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้แนวโน้มความหนาแน่นของฝนเฉลี่ยรายปี (มม./วัน) เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าฝนจะตกหนักขึ้นแต่จำนวนวันที่ฝนตกจะลดลง

5) อุณหภูมิบนพื้นผิวน้ำทะเลที่อุ่นขึ้นอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ลมมรสุมมีกำลังรุนแรงเพิ่มขึ้น (ความเร็วลมและความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้น) อันมีส่วนทำให้เกิดพายุรุนแรงและบ่อยครั้งขึ้น

กุ้งกุลาดำ หอยนางรม หอยแครง หอยแมลงภู่ ฯลฯ และสัตว์น้ำที่นำเข้าจากแหล่งอื่น (exotic species) เช่น ปลาไน ปลานิล กุ้งขาว เป็นต้น ผลผลิตสัตว์น้ำของประเทศไทยปี พ.ศ. 2545 - 2549 มีผลผลิตรวมเฉลี่ยปีละ 1,321,001 ตัน มีอัตราเพิ่มร้อยละ 2.25 ต่อปี เป็นผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดปีละ 449,245 ตัน/ปี และจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 738,250 ตัน/ปี ในบรรดาสัตว์น้ำจืด สัตว์น้ำที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ปลานิล ปลาดุก และปลาตะเพียน ตามลำดับ ส่วนสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้แก่ กุ้งทะเล หอยทะเล และปลาทะเล ตามลำดับ ผลกระทบที่ทำให้ผลผลิตสัตว์น้ำลดลงเนื่องจากภัยธรรมชาติที่ทำให้เกิดน้ำท่วมและสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ด้านพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยปี พ.ศ. 2545 - 2549 มีพื้นที่รวมเฉลี่ย 1,395,149 ไร่ มีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 5.97 ต่อปี เป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดปีละ 859,462 ไร่ และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งปีละ 535,687 ไร่ สัตว์น้ำจืดที่มีพื้นที่เพาะเลี้ยงมากที่สุด ได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน และปลาสลิด ตามลำดับ ส่วนสัตว์น้ำชายฝั่งที่มีพื้นที่เพาะเลี้ยงมากที่สุด ได้แก่ กุ้งทะเล หอยทะเล และปลาทะเล ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ซึ่งจากการศึกษาสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พบว่าการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย ซึ่งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจะจำแนกประเภทการเลี้ยงออกเป็น การเลี้ยงในบ่อดิน กระชัง ร่องสวน และนา เป็นต้น ส่วนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย จะแบ่งตามชนิดสัตว์น้ำ ประกอบด้วย กุ้งทะเล ปลาน้ำกร่อย และหอยทะเล โดยเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่การเลี้ยงกุ้งทะเลกับการเลี้ยงปลาน้ำกร่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งถือเป็นการเลี้ยงบนแผ่นดิน พบว่าพื้นที่การเลี้ยงกุ้งทะเล มีสัดส่วนพื้นที่การเลี้ยงมากกว่าร้อยละ 98 การศึกษาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในครั้งนี้จึงกำหนดขอบเขตการศึกษาที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นหลัก เนื่องจากมีสัดส่วนครอบคลุมพื้นที่เกือบทั้งหมด และเป็นกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

1. การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2553) ได้ให้ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานสินค้าเกษตรไว้ว่า กุ้งทะเล (marine shrimp) หมายถึง กุ้งทะเลในสกุลฟิเนียส (*Penaeus* spp.) เมตาฟิเนียส (*Metapenaeus* spp.) และลิโตฟิเนียส (*Litopenaeus* spp.) เช่น กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*), กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ลักษณะทั่วไปของกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมแสดงในภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 5 ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)



ภาพที่ 6 ลักษณะทั่วไปของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)

เกือบครึ่งศตวรรษที่เกษตรกรไทยมีการเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นอาชีพ โดยเริ่มจากการเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิมในแถบกันอ่าวไทยบริเวณ 3 สมุทร ซึ่งมีพัฒนาการจนเข้าสู่ระบบการเลี้ยงเชิงพาณิชย์เมื่อ 2 ทศวรรษที่ผ่านมา ทั้งนี้ผลจากความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีองค์รวมอย่างต่อเนื่องและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้ซื้อและผู้บริโภค ประเทศไทยได้ก้าวขึ้นสู่ตำแหน่งผู้นำด้านการผลิตกุ้งทะเล และการส่งออกสินค้ากุ้งและผลิตภัณฑ์ของตลาดโลกมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 - 2553 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553)

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมา กุ้งกุลาดำเป็นกุ้งทะเลเพียงชนิดเดียวที่มีการเลี้ยงแบบพัฒนากันอย่างแพร่หลาย ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 - 2544 ประเทศไทยเป็นผู้นำในการผลิตและการส่งออกติดต่อกันและสามารถส่งออกได้สูงสุดในปี พ.ศ. 2543 มีมูลค่าถึง 107,891 ล้านบาท แต่ในปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยต้องสูญเสียความเป็นผู้นำในการผลิตแก่ประเทศจีนซึ่งสามารถผลิตได้ถึง 280,000 ตัน ในขณะที่ประเทศไทยมีผลผลิตลดลงเหลือเพียง 250,000 ตัน มูลค่าลดลงเหลือประมาณ 73,947 ล้านบาท แต่ยังคงครองอันดับหนึ่งในการส่งออก เนื่องจากประเทศจีนมีการบริโภคภายในประเทศมาก แต่ในปี พ.ศ. 2546 ประเทศจีนผลิตกุ้งทะเลทั้งหมดจากการเพาะเลี้ยงได้ 400,000 ตัน ในขณะที่ประเทศไทยผลิตกุ้งได้ประมาณ 350,000 ตัน ใกล้เคียงกับผลผลิตในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งเป็นผลผลิตจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งอื่นๆ รวมประมาณ 180,000 ตัน ในขณะที่เป็นการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมถึง 170,000 ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2545 ซึ่งประเทศไทยผลิตกุ้งขาวแวนนาไมได้เพียง 20,000 ตันเท่านั้น โดยแนวโน้มสัดส่วนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านราคาเป็นสำคัญ เพราะเป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกลุ่มเดียวกันทั้งประเทศ หากราคากุ้งขาวแวนนาไมตกต่ำกว่าราคากุ้งกุลาดำมาก จะทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงกุ้งกุลาดำมากขึ้น แต่เมื่อใดที่กุ้งขาวขนาด 60 ตัว/กิโลกรัมราคาไม่ต่ำมาก หรือราคากุ้งขาวกับกุ้งกุลาดำไม่แตกต่างกันมาก เกษตรกรจะหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น เพราะเลี้ยงง่าย ให้ผลผลิตสูง ใช้เวลาสั้นกว่า และต้นทุนในการผลิตต่ำกว่ากุ้งกุลาดำมาก (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

กรมควบคุมมลพิษ (2555) กล่าวถึงสถานการณ์บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (กุ้งทะเล) ว่า การเลี้ยงกุ้งทะเลในปัจจุบันของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยมีสัดส่วนของผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 97 เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งทะเลชนิดอื่น เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งเชบิว เป็นต้น โดยผลผลิตส่วนใหญ่มาจากพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (อ่าวไทย) คิดเป็นร้อยละ 32.09 ของผลผลิตทั้งหมด (158,657 ตัน) รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก มีผลผลิต 133,806 ตัน คิดเป็นร้อยละ 27.06 ในส่วนของพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันตก (อันดามัน) มีผลผลิตสูงเป็นอันดับ 3 จำนวน 122,623 ตัน คิดเป็นร้อยละ 24.80 ของผลผลิตทั้งหมด สำหรับผลผลิตจากพื้นที่ภาคกลางมีสัดส่วนน้อยที่สุด จำนวน 79,153 ตัน คิดเป็นร้อยละ 12.17 ของผลผลิตทั้งหมด นอกจากนี้ ยังมีการเลี้ยงกุ้งทะเลระบบความเค็มในพื้นที่น้ำจืดในพื้นที่อื่นๆ จากสถิติผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลปี พ.ศ. 2553 พบว่า มีฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลระบบความเค็มในพื้นที่น้ำจืด (ระบบความเค็มต่ำ) จำนวน 2,873 ฟาร์ม คิดเป็นเนื้อที่ทั้งหมด 27,933 ไร่ โดยมีผลผลิตรวม 30,197 ตัน แบ่งออกเป็นกุ้งกุลาดำ 11 ตัน และกุ้งขาวแวนนาไม 30,186 ตัน

อย่างไรก็ดี ผลสำเร็จดังกล่าวทำให้เกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วของการเลี้ยงกุ้งทะเลไปสู่ทุกพื้นที่ชายทะเลและบริเวณใกล้เคียงที่มีน้ำทะเลเข้าถึงทั่วประเทศ ซึ่งอัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็วดังกล่าวย่อมก่อผลกระทบในด้านลบต่อแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่ต้องการระยะเวลาในการสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง ผลกระทบที่ชัดเจนคือ ด้านสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น การบุกรุกป่าชายเลน การปล่อยน้ำทิ้งจากนากุ้ง การเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำและดินในแหล่งเลี้ยงกุ้ง รวมทั้งปัญหาความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกับเกษตรกรทำนาและที่ปลูกพืชอื่นๆ จนคณะรัฐมนตรีมีมติเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม 2541 กำหนดให้ระงับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืด (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553)

กรมประมง (2552) รายงานสถิติผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลประจำปี พ.ศ. 2550 ระบุว่า การเลี้ยงกุ้งในช่วงปี พ.ศ. 2536 - 2543 จำนวนฟาร์มเลี้ยงกุ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตและมูลค่าเพิ่มขึ้นมาโดยตลอด นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ผลผลิตเริ่มลดลงเล็กน้อย มีปริมาณ 280,007 ตัน มูลค่า 65,145 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2547 มีผลผลิต 360,289 ตัน มูลค่า 44,753 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2548 มีผลผลิต 401,250 ตัน มูลค่า 45,978.7 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2549 มีผลผลิต 494,401 ตัน มูลค่า 50,674.9 ล้านบาท สำหรับปี พ.ศ. 2550 จำนวนฟาร์มเลี้ยงลดลงเล็กน้อย จำนวน 30,311 ฟาร์ม เนื้อที่เลี้ยงกุ้งเป็น 427,551 ไร่ เลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา 76,462 ไร่ และแบบพัฒนา 351,049 ไร่ มีผลผลิต 523,226 ตัน มูลค่า 48,504.5 ล้านบาท ปริมาณกุ้งกุลาดำลดลง เนื่องจากประสบปัญหากุ้งขนาดเล็กและราคาตกต่ำ เกษตรกรเริ่มหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมซึ่งให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่ากุ้งกุลาดำ แต่ราคาไม่สู้ดีนัก เป็นผลให้ผลผลิตรวมสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 ร้อยละ 5.83 แต่มูลค่าลดลงร้อยละ 4.28 อย่างไรก็ตาม มูลค่ารวมจากการเพาะเลี้ยงกุ้งยังมีมูลค่าสูงอยู่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้ เมื่อจำแนกตามประเภทการเลี้ยงพบว่า ตั้งแต่ช่วงปลายปี พ.ศ. 2545 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญหาทั้งด้านการเลี้ยงและราคาทั้งตกต่ำ เกษตรกรจึงหันไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จากการสำรวจพบว่า สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งในปี พ.ศ. 2550 มีผลผลิตกุ้งทะเลรวมเป็น 523,226 ตัน แบ่งเป็นกุ้งขาวแวนนาไม 508,445 ตัน คิดเป็นร้อยละ 97.17 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเลี้ยง เป็นกุ้งกุลาดำ 14,317 ตัน คิดเป็นร้อยละ 2.74 ของผลผลิตกุ้งทะเลจากการเลี้ยง และเป็นกุ้งอื่นๆ 463 ตัน คิดเป็นร้อยละ 0.08 จะเห็นได้ว่าแม้ผลผลิตกุ้งกุลาดำจะลดลงอย่างมาก แต่ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมก็เพิ่มขึ้นอย่างมากเช่นกัน ด้วยเหตุที่กุ้งขาวแวนนาไมมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่สูงกว่ากุ้งกุลาดำ ส่งผลให้ผลผลิตกุ้งรวมสูงขึ้น รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 2 เนื้อที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลจำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี พ.ศ. 2544 - 2550

พื้นที่ : ไร่

ประเภทของการเลี้ยง/ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
ธรรมชาติ Extensive	90,341	40,358	20,508	18,756	--	--	--
กึ่งพัฒนา Semi-Intensive	59,223	88,221	84,512	89,977	92,329	76,962	76,462
พัฒนา Intensive	331,317	336,302	407,599	336,269	356,578	346,610	351,049
พื้นที่รวม	480,881	464,881	512,619	445,002	448,907	423,572	427,551

ที่มา: สถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี 2544 - 2550 (กรมประมง, 2552)

ตารางที่ 3 ผลผลิตของฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลจำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี พ.ศ. 2544 - 2550

ปริมาณ : ตัน

ประเภทของการเลี้ยง/ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
ธรรมชาติ Extensive	3,829	2,504	656.7	561.1	--	--	--
กึ่งพัฒนา Semi-Intensive	3,009	6,572	4,843	8,716	9,529	4,791	4,069
พัฒนา Intensive	273,169	255,848	325,225	351,552	391,721	489,610	519,157
ปริมาณรวม	280,007	264,924	330,725	360,289	401,250	494,401	523,226

ที่มา: สถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี 2544 - 2550 (กรมประมง, 2552)

ตารางที่ 4 มูลค่าจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลจำแนกตามประเภทการเลี้ยง ปี พ.ศ. 2544 - 2550

มูลค่า : ล้านบาท

ประเภทของการเลี้ยง/ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
ธรรมชาติ Extensive	755	499	89	78	--	--	--
กึ่งพัฒนา Semi-Intensive	481	1,154	591	1,092	1,068	458	431
พัฒนา Intensive	63,909	51,288	42,903	43,583	44,910	50,217	48,073
มูลค่ารวม	65,145	52,941	43,583	44,753	45,978	50,675	48,504

ที่มา: สถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี 2544 - 2550 (กรมประมง, 2552)

2. การเลือกสถานที่ในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

สิริ (2542) กล่าวถึงการเลือกสถานที่ในการเลี้ยงกุ้งทะเลว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมาก และจะต้องระมัดระวังในการเลือกก่อนทำการเลี้ยง โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายด้านดังนี้

1) ภูมิประเทศและสภาพอากาศ

ภูมิประเทศที่ดีที่สุดในการเลี้ยงกุ้งควรอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด 1 - 3 เมตร หรืออย่างน้อย 1 เมตร เพื่อประโยชน์ในการถ่ายน้ำและการจับ แต่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำเข้ามากขึ้น ที่ตั้งฟาร์มจะต้องอยู่ใกล้ทะเล หรือแหล่งที่มีทางน้ำเข้าถึง เช่น คลอง แม่น้ำ ฯลฯ มีเส้นทางคมนาคมหรือถนนเข้าออกได้สะดวก ห่างจากชุมชนเมือง พื้นที่ควรเป็นสีเหลืองจืดหรือสีเหลืองปนฟ้า ได้แก่ นาข้าวชลประทาน บ่อปลา หนอง บึง พื้นที่รอบนอกของป่าชายเลน โดยพื้นที่ลุ่มหรือบริเวณป่าชายเลนนั้น ไม่ใช่พื้นที่ที่เหมาะสม เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีสภาพดินเป็นกรด ขาดต่อการสร้างบ่อ ไม่สามารถถ่ายน้ำได้หมด ตลอดจนค่าก่อสร้างมีราคาสูง

ในส่วนของภูมิอากาศ พื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดควรมีฤดูแล้งสั้นหรือไม่มีเลยและมีปริมาณน้ำฝนปานกลางตลอดปี การที่มีช่วงฤดูแล้งยาวนานจะทำให้อุณหภูมิและความเค็มเพิ่มสูง ทำให้เกิดแพลงก์ตอนมาก และมีผลต่อออกซิเจนที่ละลายในน้ำในช่วงกลางวัน

2) สภาพดิน

ประเภทดินเป็นสิ่งที่ต้องระมัดระวังในการเลือกสถานที่ตั้งฟาร์ม เพราะกุ้งจะใช้เวลาส่วนมากอยู่ที่พื้นก้นบ่อระหว่างการเลี้ยงปกติ ดินพื้นก้นบ่อที่มีส่วนผสมของดินอยู่ 90% และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5 - 8.5 ถือว่าเป็นสภาพที่ดีมาก ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ดินทรายหรือดินตะกอนเพราะจะมีการสึกกร่อนและรั่วซึมของน้ำได้ และง่ายต่อการสะสมของเสียในดิน พื้นที่บริเวณป่าชายเลนหรือพื้นที่ซึ่งมีสภาพเป็นกรดจะไม่เหมาะกับการสร้างบ่อเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากมีสารอินทรีย์และสารที่เป็นกรดอยู่มาก ทำให้ต้องมีการถ่ายน้ำมาก และต้องปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่นต่ำ บ่อที่สร้างบริเวณป่าชายเลนจะต้องเผชิญกับปัญหาของไฮโดรเจนซัลไฟด์และสารสะสมของแอมโมเนียที่พื้นก้นบ่อ วิธีที่ดีที่สุดคือ ควรปล่อยให้บริเวณป่าชายเลนเป็นที่กรองของเสียตามธรรมชาติ และย่อยสลายของเสียในบริเวณดินที่เป็นกรดนั้น ดินจะผลิตกรดออกมา เมื่อดินแห้งแล้วกรดก็จะไหลออกที่ผิวดินทำให้การควบคุม pH ทำได้ยาก และการเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนก็จะยากตามไปด้วย

3) น้ำ

ที่ตั้งฟาร์มจะต้องมีน้ำที่มีคุณภาพดีและปริมาณที่เพียงพอ ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา คือ pH และความเค็ม ช่วง pH ที่เหมาะสมคือ 7.5 - 8.5 และช่วงความเค็มที่เหมาะสมคือ 15 - 18 ส่วนในพันส่วน แต่กุ้งสามารถมีชีวิตรอดได้ในช่วงความเค็ม 5 - 32 ส่วนในพันส่วน ควรหลีกเลี่ยงน้ำจากแหล่งที่มีมลภาวะ มีตะกอนและของเสียมาก เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เขตชุมชน

4) โครงสร้างพื้นฐาน

ทางเข้าฟาร์มจะต้องมีทางเข้าที่ติดตลอดทั้งปี ทั้งถนน น้ำ และระบบสื่อสารโทรคมนาคม สิ่งอำนวยความสะดวก และการขนส่งอุปกรณ์ หรือผลิตภัณฑ์ได้ง่าย และที่สำคัญคือ ไม่ควรจะอยู่ห่างจากฟาร์มเพาะลูกกุ้งเกิน 3 - 6 ชั่วโมง และไม่ควห่างจากโรงงานแปรรูปเกิน 10 ชั่วโมง

5) ไฟฟ้า

ควรเลือกสถานที่ที่สามารถหากระแสไฟฟ้าได้ถูกและเชื่อถือได้ บริเวณที่มีไฟฟ้าเข้าถึงจะสามารถปฏิบัติงานและใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าเพื่อให้งานสามารถทำงานในฟาร์ม

6) ความปลอดภัย

พื้นที่ที่มีความปลอดภัย จะส่งผลต่อสภาพการทำงาน ผลผลิต และเสียค่าใช้จ่ายน้อย

7) แรงงานและปัจจัยอื่นๆ

พื้นที่ซึ่งมีแรงงาน อุปกรณ์ และอาหาร ที่แน่นอนไว้ใจได้ จะทำให้การปฏิบัติงานราบเรียบและประสบผลสำเร็จ

นอกจากหลักเกณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2553) กล่าวถึงประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: การปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร

พ.ศ. 2551 ก็ได้กล่าวถึงคำแนะนำที่สำคัญสำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลด้านการพิจารณาเลือกสถานที่ไว้ในรายละเอียดแนบท้ายประกาศฯ ว่า การเลือกสถานที่เลี้ยงนับว่าเป็นปัจจัยแรกที่สำคัญในการประกอบอาชีพการเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งสถานที่เลี้ยงกุ้งทะเลควรเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้ชายทะเล มีสาธารณูปโภคพร้อม และคุณภาพน้ำหรือดินมีความเหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทะเล โดยมีคำแนะนำดังนี้

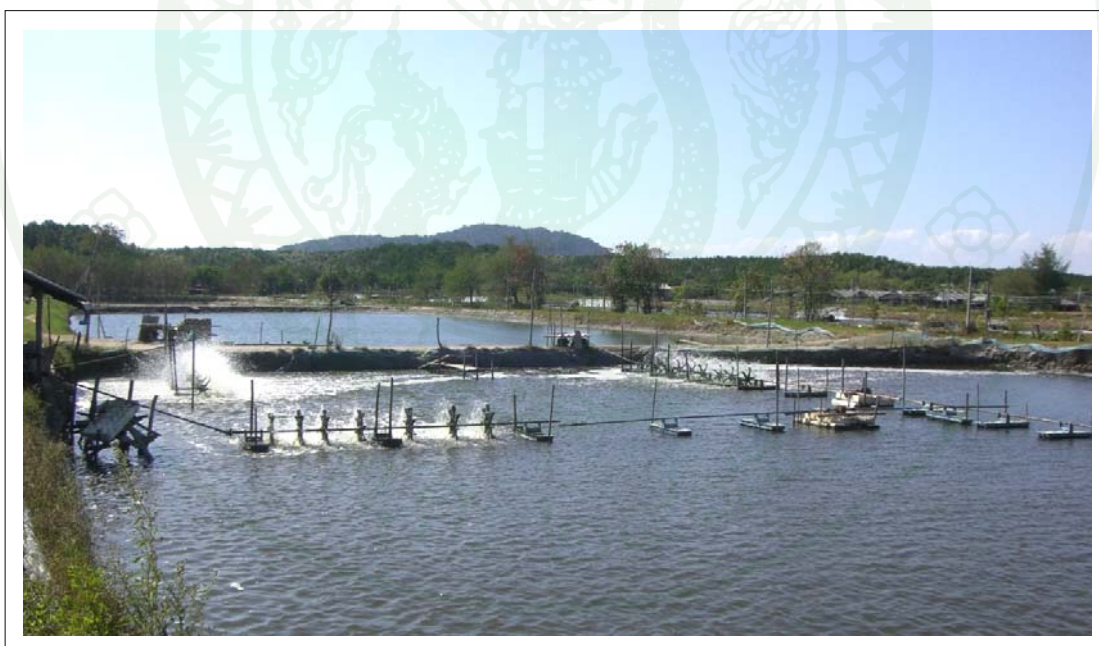
1) เกษตรกรต้องขึ้นทะเบียนผู้เลี้ยงสัตว์น้ำตามข้อกำหนดของกรมประมง เพื่อขอขึ้นทะเบียนผู้เลี้ยงกุ้งทะเล เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการรับความช่วยเหลือจากทางราชการ

2) ต้องทำการเลี้ยงกุ้งในพื้นที่ที่ถูกต้องตามกฎหมาย และไม่อยู่ในเขตอนุรักษ์ป่าชายเลน รวมถึงต้องมีเอกสารแสดงสิทธิในการใช้ประโยชน์และครอบครอง หรือเช่าพื้นที่อย่างถูกต้องตามกฎหมาย

3) สถานที่เลี้ยงกุ้งควรมีความเหมาะสมทางวิชาการ เพื่อความพร้อมในการจัดการการเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ คำแนะนำในการเลือกสถานที่ตามหลักวิชาการ มีดังต่อไปนี้

- น้ำในบ่อเลี้ยงควรมีความลึกที่เหมาะสม มีการจัดการเพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอ
- น้ำในบ่อเลี้ยงควรมีคุณภาพที่เหมาะสม
- สถานที่เลี้ยงควรอยู่ใกล้ชายทะเลมีน้ำทะเลขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ มีคุณภาพของน้ำเหมาะสม หรือสามารถทำให้คุณภาพเหมาะสมได้ และเพียงพอต่อการเลี้ยงกุ้งทะเล
- แหล่งน้ำและดินต้องไม่มีสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของวัตถุอันตรายทางการเกษตร และสารปนเปื้อนต่างๆ ที่จะมีผลต่อสุขภาพกุ้งและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค
- สถานที่ตั้งฟาร์มต้องไม่อยู่ในเขตอิทธิพลของแหล่งมลพิษ และมีระบบถ่ายเทน้ำที่ดี
- มีระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานพอเพียง เช่น ระบบไฟฟ้า ประปา มีการคมนาคมที่สะดวก เพื่อขนส่งลูกกุ้ง อาหาร และอยู่ใกล้กับแหล่งจำหน่ายหรือแปรรูป เพื่อให้ผลผลิตมีความสดมากที่สุด
- ควรอยู่ในทำเลที่สามารถหาซื้ออาหารกุ้งได้สะดวกและเพียงพอตลอดทั้งปี

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทยมีกุ้งที่นิยมเลี้ยงอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ กุ้งกุลาดำและ กุ้งขาวแวนนาไม สัดส่วนการเลี้ยงขึ้นอยู่กับกลไกด้านราคาและความต้องการของตลาดเป็นสำคัญ เพราะเกษตรกรผู้เลี้ยงมักเป็นกลุ่มเดียวกัน หากเมื่อใดราคากุ้งขาวแวนนาไมกับกุ้งกุลาดำไม่แตกต่างกันมาก เกษตรกรจะหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกันมากขึ้น เพราะเลี้ยงง่าย ให้ผลผลิตสูง ใช้เวลา การเลี้ยงสั้น ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า และในภาพรวมแล้ว การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะปล่อยลูกกุ้ง จำนวนมากกว่าและให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่การเลี้ยงที่เท่ากัน (ชลอ และพรเลิศ, 2547) การพิจารณาเลือกสถานที่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำหรือกุ้งขาวแวนนาไม จึงมักกล่าวโดยรวมว่า เป็นกุ้งทะเล ตามคำนิยามคำว่า กุ้งทะเล (marine shrimp) ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและ อาหารแห่งชาติ (2553) ที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น หากจะมีข้อแตกต่างในการเลี้ยงกุ้งทะเล 2 ชนิดนี้ก็คือ การจัดการระหว่างการเลี้ยง ได้แก่ อัตราการปล่อยกุ้ง การจัดการเรื่องอาหาร และการจัดการเรื่องน้ำ แต่การเลือกสถานที่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมจะมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาที่ คล้ายคลึงกัน ลักษณะทั่วไปของบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะทั่วไปของบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

3. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งทะเลมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในบริเวณจังหวัดชายทะเลเนื่องจากการเลี้ยงกุ้งเป็นการลงทุนที่ให้ผลคุ้มค่า ในอดีตนั้นการเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยเป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ต่อมาจึงพัฒนาเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยเสริมหรือกึ่งธรรมชาติ ซึ่งเป็นการนำพันธุ์กุ้งจากการเพาะฟักปล่อยเสริมและมีการให้อาหารสมทบ ทำให้กุ้งโตเร็วและมีอัตราการรอดตายสูง จากนั้นจึงเข้าสู่ยุคการเลี้ยงแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่น การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาจำเป็นต้องให้อาหารที่มีคุณภาพสูง อาหารที่เหลือและของเสียจากการขับถ่ายของกุ้ง จำพวกสารอินทรีย์ต่างๆ จึงเป็นแหล่งของธาตุอาหารในบ่อเลี้ยงที่สำคัญ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต ออโรฟอสเฟต แบคทีเรีย และแพลงก์ตอน น้ำทิ้งเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเลี้ยงจะมีอาหารที่เหลือและสิ่งขับถ่ายปะปนออกมาเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะสารอินทรีย์ประเภทสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน และก่อให้เกิดปัญหาการขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำในช่วงที่น้ำไม่มีการไหลเวียน นอกจากนี้ คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม เมื่อเกษตรกรนำน้ำกลับไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งใหม่ก็ทำให้เกิดปัญหาในการเลี้ยงกุ้ง

จากสถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปี 2550 (กรมประมง, 2552) ระบุว่า ประเทศไทยมีเนื้อที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลทั้งสิ้น 427,551 ไร่ แบ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา (intensive) 351,049 ไร่ (ร้อยละ 82.12 ของพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลทั้งหมด) และแบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive) 76,462 ไร่ (ร้อยละ 17.88) จะเห็นว่า การเลี้ยงกุ้งทะเลในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา โดยตีวรรณ (2544) กล่าวว่า การเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหามลพิษทางน้ำ อันเป็นผลมาจากการเลี้ยงโดยขาดระบบการจัดการที่ดี การเลี้ยงกุ้งที่มีความหนาแน่นสูงจะทำให้เกิดการสะสมของมูลสารหรือของเสียมาก เมื่อมีการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจนเกินกว่าอัตราการย่อยสลายที่ธรรมชาติจะรองรับได้ และทำให้คุณภาพน้ำเลวลง โดยของเสียจากนากุ้งแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1) ของเสียที่เป็นของแข็ง (solid matter) ส่วนใหญ่เกิดจากอาหารกุ้งที่ตกค้างในบ่อ สิ่งขับถ่าย แพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรีย

2) ของเสียละลายได้ (dissolved matter) เช่น แอมโมเนีย ยูเรีย คาร์บอนไดออกไซด์ ฟอสฟอรัส กรดอะมิโน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และแบคทีเรีย

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งทะเล โดยการรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550) และศิริวรรณ (2544) พบว่า ค่าความสกปรกของน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแม้ว่าจะมีค่าน้อยกว่าน้ำเสียจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนาเป็นจำนวนมากย่อมก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังนี้

1) ผลกระทบด้านคุณภาพน้ำ: เนื่องจากการรองรับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งรวมถึงตะกอนเลนจากนาุ้งซึ่งมีความเค็มสูง ทำให้แหล่งน้ำจืด แหล่งน้ำใต้ดิน และแหล่งน้ำผิวดิน ถูกรุกล้ำจากน้ำเค็มจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ดังเดิม ปัญหานี้มักพบมากขึ้นในช่วงฤดูกลางเก็บเกี่ยวผลผลิต และการล้างบ่อ อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงกุ้งแบบระบบปิดไม่สามารถป้องกันการแพร่กระจายของเกลือและสะสมของโซเดียมได้ สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินั้นสามารถลดปัญหาความสกปรก เนื่องจากสารอินทรีย์ได้ แต่ไม่สามารถบำบัดความเค็ม นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินจากสารประกอบไนเตรท แหล่งน้ำใกล้เลี้ยงที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งทำให้น้ำมีความเค็มเกินค่ามาตรฐานและสกปรก มีปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนสูง เกิดกระบวนการยูโทรฟิเคชันในน้ำผิวดินและน้ำทะเลชายฝั่งได้

2) ผลกระทบด้านคุณภาพดิน: ความเค็มของเกลือกระจายเข้าไปสู่ดินและลงสู่แหล่งน้ำ ความเค็มทำให้ดินมีโครงสร้างแน่นและแข็ง การซึมน้ำช้า ความเค็มและดินเค็มจะขยายพื้นที่มากขึ้นเมื่อมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างต่อเนื่อง

3) ผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมประเภทอื่น: เนื่องมาจากการขาดการจัดการระบบน้ำที่ดีทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง ทำให้ดินเค็ม ซึ่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่ทำนาข้าวทำให้ผลผลิตตกต่ำจนถึงขั้นไม่สามารถทำนาได้ นอกจากนี้ ยังพบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว ทำให้ข้าวมีการแตกกออ่อนโยบไหม้ เมล็ดลีบ การเจริญเติบโตไม่ดี และไม่สม่ำเสมอ ผลที่ตามมาคือ เกิดความเสียหายด้านเศรษฐกิจของพื้นที่การเพาะปลูกพืชบริเวณข้างเคียง การฟื้นฟูที่ดินทำได้ยาก ใช้ระยะเวลายาวนาน และต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก

4) ผลกระทบต่อพื้นที่ป่าชายเลน: ป่าชายเลนเป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์และพืชหลายชนิด ประเทศต่างๆ หลายประเทศจะต้องสูญเสียป่าชายเลนเพื่อนำพื้นที่ดังกล่าวมาทำเป็นนาุ้งและบ่อปลา เนื่องมาจากการทำนาุ้งส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณป่าชายเลนหรือใกล้กับทะเลมากที่สุดเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตและลดค่าใช้จ่าย

5) ผลกระทบทางสังคม: ความขัดแย้งระหว่างกลุ่มเกษตรกรเลี้ยงกุ้งกับเกษตรกรเพาะปลูกพืช ปัญหาการแย่งน้ำจืด ถึงแม้จะมีการผ่อนผันให้เกษตรกรเลี้ยงกุ้งดำเนินงานต่อไปในระยะเวลาจำกัด แต่ยังคงมีการเลี้ยงกุ้งต่อไป มีเกษตรกรเลี้ยงกุ้งจำนวนหนึ่งได้เปลี่ยนจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไปเป็นเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและปลา

รติวรรณ (2544) กล่าวถึงสาเหตุที่การเลี้ยงกุ้งทะเลก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในหลายประเด็นดังนี้

1) ผลกระทบอันเนื่องมาจากสารอาหารและสารอินทรีย์: สารอาหารและสารอินทรีย์ที่เกิดจากอาหารและสิ่งขับถ่ายของกุ้งและตกค้างสะสมเป็นสาเหตุหนึ่งของสภาพเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ

2) ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน: การปรับเปลี่ยนพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อเป็นพื้นที่ทำนากุ้งนั้นได้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ห่วงโซ่อาหาร และสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยป่าชายเลนเป็นที่อยู่และแหล่งอาหาร

3) ผลกระทบอันเนื่องมาจากสารเคมี: สารเคมีที่ใช้ในนากุ้ง ได้แก่ ยาฆ่าเชื้อโรค ยาปฏิชีวนะ เป็นต้น โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งยังใช้ในปริมาณสูงและไม่ถูกวิธี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ยาปฏิชีวนะซึ่งโดยทั่วไปจะผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะตกค้างในนากุ้งประมาณ 70 - 80% ของปริมาณยาที่ใช้ลงไป นอกจากนี้ยังตกค้างในสัตว์น้ำและถ่ายทอดสู่ผู้บริโภคต่อไป

4) ผลกระทบอันเนื่องมาจากการย้ายถิ่นของสัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์ในท้องถิ่น: เนื่องจากความต้องการบริโภคกุ้งกุลาดำเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้น เกษตรกรในหลายพื้นที่ได้ทำการปรับสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อมแล้วนำกุ้งกุลาดำไปเลี้ยงโดยที่ในอดีตพื้นที่เหล่านี้ไม่ปรากฏสัตว์น้ำชนิดนี้อยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งการกระทำเช่นนี้จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ อีกทั้งยังเป็นการแพร่ระบาดของโรคในสัตว์น้ำได้อีกทางหนึ่ง

5) ผลกระทบอันเนื่องจากระบบการเพาะเลี้ยง: ระบบการเพาะเลี้ยง โครงสร้างของบ่อ การปรับสภาพและการก่อสร้าง ตลอดจนกระบวนการในการเลี้ยง ล้วนเป็นสาเหตุก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ทั้งสิ้น สิ่งก่อสร้างต่างๆ จากการเพาะเลี้ยงอาจส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของดิน ความเร็วของกระแสน้ำ เป็นต้น

4. การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตพื้นที่น้ำจืด

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) มีเหตุผลแรงจูงใจด้านราคาและผลตอบแทนการผลิตที่ดี การเลี้ยงกุ้งทะเลที่ผ่านมาจึงมีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากเดิมที่มักทำการเลี้ยงในบริเวณพื้นที่ใกล้แนวชายฝั่งทะเล ก็เริ่มมีการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลนและเปิดพื้นที่ที่ไม่เคยเป็นแหล่งเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายพื้นที่เข้าไปในเขตน้ำจืดและนาข้าว ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับโรคกุ้งลดลง นอกจากนี้ ผลกำไรจากนาข้าวยังต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงกุ้ง จึงมีการเช่าหรือซื้อที่ดินหรือที่รกร้างในเขตน้ำจืดเพื่อขุดทำบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่กสิกรรมมาเป็นพื้นที่เพื่อทำนากุ้ง นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสภาพดิน ทำให้เกิดการสูญเสียพื้นที่เพาะปลูก อันเป็นแหล่งรายได้หลักของประเทศ การใช้ประโยชน์จากที่ดินโดยไร้ทิศทางและไม่มีขอบเขตจำกัดเช่นนี้นับเป็นอันตรายอย่างยิ่งและจะนำไปสู่ความหายนะต่อทรัพยากรที่ดินและก่อให้เกิดผลเสียหายต่อระบบนิเวศ

การเปิดพื้นที่ใหม่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะให้ผลตอบแทนสูง แต่เมื่อดำเนินการระยะต่อมากล้ามเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม การสะสมธาตุอาหาร สารเคมี และเชื้อโรค ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งประสบปัญหาเกี่ยวกับน้ำเสียและโรคกุ้งระบาดอย่างรุนแรง ซึ่งยังคงระบาดติดต่อกันมาจนถึงปัจจุบันอย่างต่อเนื่องยังไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้เกิดปัญหาการทิ้งร้างพื้นที่จำนวนมาก เมื่อพื้นที่บริเวณชายฝั่งและพื้นที่น้ำกร่อยหายากขึ้นทำให้มีการแพร่กระจายการเลี้ยงกุ้งเข้ามาสู่พื้นที่ในเขตน้ำจืดซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรที่ดินอย่างไร้ทิศทาง และจะก่อให้เกิดผลเสียหายรุนแรงในพื้นที่เกษตรกรรม การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด โดยเฉพาะพื้นที่นาข้าวในจังหวัดต่างๆ จะดำเนินการโดยขุดบ่อมีขนาดพื้นที่ประมาณ 4 ไร่ แต่ละบ่อมีความลึกประมาณ 1.5 - 2 เมตร แล้วนำน้ำเค็มจัดจากทะเลที่มีความเข้มข้นสูงไม่ต่ำกว่า 200 ส่วนในพันส่วน มาผสมกับบ่อเลี้ยงจนมีความเค็มประมาณ 7 ส่วนในพันส่วน แล้วจึงนำลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักมาปล่อยเลี้ยง เป็นระยะเวลาประมาณ 4 เดือนต่อรุ่น การเลี้ยงกุ้งดังกล่าวเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive culture) มีจำนวนกุ้งหนาแน่นประมาณ 20 - 40 ตัว/ตารางเมตร ต้องให้อาหาร ใช้สารเคมีชนิดต่างๆ ทั้งในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นนาทุ่งจะมีการถ่ายเทผลสารออกในรูปของเกลือจากอินทรีย์สาร ปุ๋ย ยา สารเคมี และเชื้อโรคต่างๆ ปะปนมากับน้ำ และรวมทั้งการกำจัดของเสียก้นบ่อออกเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะเกินความสามารถในการรองรับตามธรรมชาติ ทำให้ระบบสิ่งแวดล้อมล้มเหลว เมื่อความเสื่อมโทรมของบ่อถึงจุดหนึ่งจะก่อให้เกิดโรคระบาด ทำให้กุ้งตาย ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดบำบัด

แก้ไข การระบาดของโรคกึ่งได้ทำให้ผู้ประกอบการต้องทิ้งร้างบ่อเลี้ยงและขาดทุนเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้านคือ ผลกระทบต่อคุณภาพดินและน้ำ และการเจริญเติบโตของพืชข้างเคียง

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550) กล่าวถึงผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดว่า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้าน คือ ผลกระทบต่อคุณภาพดินและคุณภาพน้ำ การเจริญเติบโตของพืชข้างเคียง ตลอดจนผลกระทบด้านเศรษฐกิจ สังคม และนโยบายของประเทศ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงกุ้ง การใช้ฮอร์โมนและสารเคมี ทำให้สภาพธรรมชาติเปลี่ยนไป ทำให้เกิดโรคกึ่งระบาดอย่างรุนแรง จนมีผู้เลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวนมากขาดทุนและเลิกกิจการเพาะเลี้ยง แต่ยังคงปล่อยสภาพบ่อเลี้ยงให้เป็นบ่อร้างอยู่ โดยคิดว่าจะกลับมาทำกิจการอีกหากสภาพแวดล้อมเอื้ออำนวยและราคากุ้งเป็นที่น่าสนใจ

อย่างไรก็ดี จากการที่รัฐบาลมีมาตรการโดยคณะรัฐมนตรี ได้มีมติเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม 2541 ให้ยกเลิกการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืด ซึ่งเห็นชอบตามมติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 5/2541 เมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2541 ขอให้นายกรัฐมนตรีใช้อำนาจตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มอบอำนาจให้ผู้ว่าราชการจังหวัดปฏิบัติราชการภายในเขตจังหวัด แทนนายกรัฐมนตรี ออกคำสั่งจังหวัดเพื่อระงับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำในพื้นที่น้ำจืดทุกจังหวัด ผลที่ตามมาคือ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกุลาดำหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแทนกันมาก ซึ่งแท้ที่จริงกุ้งขาวก็จัดเป็นกุ้งทะเลที่ส่งผลต่อพื้นที่น้ำจืดเช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ แม้ว่าความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวจะต่ำกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก็ตาม

การกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งทะเล จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำประเด็นของการประกาศห้ามเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตพื้นที่น้ำจืดมาพิจารณากันพื้นที่ดังกล่าวออก เนื่องจากปัจจุบันรัฐบาลได้มีประกาศฉบับใหม่ล่าสุด คือ คำสั่งนายกรัฐมนตรี ที่ 6/2553 เรื่อง มอบอำนาจให้ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร และผู้ว่าราชการจังหวัด ปฏิบัติราชการแทนนายกรัฐมนตรี ลงวันที่ 24 ธันวาคม 2553 โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554 ประกาศฉบับดังกล่าวมีข้อความโดยสังเขปดังนี้ “เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำในพื้นที่น้ำจืด เป็นเหตุให้เกิดภาวะมลพิษ ทั้งทางน้ำและมลพิษในดิน เกิดสภาวะขาดความสมดุลตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชน และก่อให้เกิดผลเสียหายต่อทรัพย์สินของรัฐและของประชาชน โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางอันเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการ

เกษตรกรรม และเป็นผู้ขำขันของประเทศ ทั้งๆ ที่รัฐได้ลงทุนในด้านสาธารณูปโภค สาธารณูปการ ต่างๆ ไปแล้วเป็นจำนวนมาก เพื่อส่งเสริมการเพาะปลูกและการประมงน้ำจืด โดยปัจจุบันได้มีการ นำสัตว์น้ำประเภทอื่นที่ต้องใช้ความเค็มในการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกันกับกุ้งกุลาดำมาเพาะเลี้ยงในพื้นที่ ดังกล่าวแทน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินของรัฐ และของประชาชนมิได้แตกต่างไปจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ฉะนั้น เพื่อให้การควบคุมการใช้ความเค็ม ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำครอบคลุมยิ่งขึ้น จึงเห็นควรยกเลิกคำสั่งนายกรัฐมนตรี ที่ ๒/๒๕๔๑ ลงวันที่ ๒๒ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๑” และ “ได้มอบอำนาจให้ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร และผู้ว่าราชการ จังหวัดทุกจังหวัดมีอำนาจออกคำสั่งตามความในมาตรา ๕ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและ รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เพื่อระงับการใช้ความเค็มในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในพื้นที่น้ำจืดในเขตกรุงเทพมหานคร และในเขตท้องที่จังหวัดนั้นๆ แล้วแต่กรณี ซึ่งในการสั่งระงับ หากกำลังอยู่ในระหว่างช่วงของการเพาะเลี้ยง ให้ดำเนินการได้ในแต่ละช่วงและจับสัตว์น้ำให้แล้วเสร็จ ภายใน ๑๒๐ วัน นับแต่วันที่ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร หรือผู้ว่าราชการจังหวัด แล้วแต่กรณี ออกคำสั่ง” ผลจากประกาศดังกล่าวจะทำให้เกิดการระงับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำ ในพื้นที่น้ำจืดทุกเขตจังหวัด

5. อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

นิตยา (2546) กล่าวว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัดของสิ่งมีชีวิต ซึ่งหากอยู่ในสภาพที่น้อยเกินไป หรือมากเกินไปจะเป็นสาเหตุให้สิ่งมีชีวิตตาย เป็นไปตามกฎของ “Shelford’s Law of Tolerance” สำหรับสัตว์มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายนอกได้ 2 พวก คือ

1) พวกที่อุณหภูมิภายในร่างกายผันแปรไปตามอุณหภูมิภายนอกเรียกว่า สัตว์เลือดเย็น (poikilothermal animals) สัตว์ในกลุ่มนี้ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์เหล่านี้ส่วนมากพักตัวเมื่ออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส หรือสูงถึง 42 องศาเซลเซียส

2) พวกที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ (แต่มีขอบเขตจำกัด) ถึงแม้อุณหภูมิภายนอกเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม สัตว์กลุ่มนี้เรียกว่า สัตว์เลือดอุ่น (homeothermal animals) ได้แก่ นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม การดำรงชีวิตของสัตว์เลือดอุ่นเป็นไปตามปกติ เมื่ออุณหภูมิภายใน

ร่างกายต่ำกว่า 38 องศาเซลเซียสเล็กน้อย สำหรับนกมีอุณหภูมิร่างกายเฉลี่ยสูงกว่าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมประมาณ 3 - 4 องศาเซลเซียส

อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์เกิดขึ้นทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม สิ่งมีชีวิตที่อยู่บนบกได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของอุณหภูมิมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำ อาจกล่าวโดยสรุปว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตดังต่อไปนี้

1) อิทธิพลต่อกระบวนการสรีรวิทยาต่างๆ ภายในร่างกาย โดยเฉพาะกับพืชและสัตว์เลือดเย็น ซึ่งมีแนวโน้มที่อุณหภูมิภายในร่างกายผันแปรตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เช่น การศึกษาของ Van't Hoff ได้กล่าวว่า “อัตราเมตาบอลิซึมหรืออัตราของปฏิกิริยาใดๆ ก็ตามของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้น 2 - 3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 องศาเซลเซียส” โดยทั่วไปแล้วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะไปเร่งกระบวนการต่างๆ ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตให้เร็วขึ้น เช่น การหายใจหรือการพักเป็นตัวของไข่ จะเร็วขึ้นในอุณหภูมิที่สูงกว่าปกติ แต่การตอบสนองมีขอบเขตจำกัด ถ้าอุณหภูมิสูงมากเกินไป สิ่งมีชีวิตก็จะตาย คำกล่าวของ Van't Hoff นี้เป็นจริงสำหรับสัตว์เลือดเย็นทั่วไป แต่ไม่เป็นจริงสำหรับสัตว์เลือดอุ่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลกระทบต่อระบบการสืบพันธุ์ของพืชและสัตว์ด้วย กล่าวคือ พืชหลายชนิดไม่ผลิดอก ถ้าไม่ผ่านระยะพักตัวในช่วงที่อุณหภูมิลดลงมากๆ

2) อิทธิพลต่อการอพยพย้ายถิ่นและการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง แพลงก์ตอนสัตว์หลายชนิด มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งหรือตามระดับความลึกของน้ำ นกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีการอพยพย้ายถิ่นไปยังที่แห่งอื่นห่างไกลเพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิไม่เหมาะสม เช่น ปลาวาฬ อพยพหนีหนาวจากขั้วโลกเหนือเข้ามายังตอนกลางของทวีปอเมริกาเหนือ

3) อิทธิพลต่อโครงสร้าง ขนาด และรูปร่างของสิ่งมีชีวิต เช่น พืชในเขตหนาวมีเปลือกของลำต้นหนา เพื่อให้ทนทานต่ออุณหภูมิหนาวเย็น และในสัตว์เลือดอุ่นพบว่า สัตว์ในเขตหนาวมีขนาดใหญ่กว่าสัตว์ในเขตร้อน ทั้งนี้ เป็นการเปรียบเทียบถึงสัตว์ประเภทเดียวกัน เช่น กวางป่าในประเทศไทยมีขนาดเล็กกว่ากวางหางขาวในประเทศแคนาดา

4) อิทธิพลต่อการแพร่กระจาย อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการกำหนดการแพร่กระจายของสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตทั่วไปต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งเป็นช่วงที่แคบเพื่อผลิตลูกหลาน เช่น wood frog ที่อาศัยอยู่ทางตอนเหนือของประเทศแคนาดาหรือบริเวณอลาสก้าจะวางไข่ในน้ำที่มีอุณหภูมิเหมาะสมคือ 10 องศาเซลเซียส ส่วน meadow frog วางไข่ในน้ำที่มีอุณหภูมิเหมาะสม 15 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการแพร่กระจายของพืชเห็นได้ชัดเจนในเขตอบอุ่นและเขตร้อน และการแพร่กระจายในระดับความสูงต่างกัน เห็นได้จากชนิดของพืชและสัตว์ตามระดับความสูงของภูเขา เช่น พืชและสัตว์บนภูกระดึง ภูหลวง และเขาใหญ่จะแตกต่างจากที่พบบริเวณเชิงเขา

6. อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่มีอิทธิพลโดยตรงและโดยอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยปกติอุณหภูมิของน้ำจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอย ความขุ่น ฯลฯ แหล่งน้ำในประเทศไทยมีอุณหภูมิผันแปรในช่วง 23 - 32 องศาเซลเซียส และมีการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปอย่างช้าๆ สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาจัดเป็นสัตว์เลือดเย็น ซึ่งไม่สามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่เหมือนสัตว์เลือดอุ่น อุณหภูมิในร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำและสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ แต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม สัตว์น้ำจะทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงจำกัด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเมตาบอลิซึมหรืออัตราของปฏิกิริยาใดๆ จะสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลง กิจกรรมต่างๆ เหล่านั้นก็จะลดลงด้วย โดยเมื่ออุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ขบวนการเมตาบอลิซึมภายในร่างกายสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น ประกอบด้วย การหายใจ การว่ายน้ำ การกิน การย่อยอาหาร การขับถ่าย การเต้นของหัวใจ ฯลฯ ส่งผลให้สัตว์น้ำ มีความต้องการอาหารและออกซิเจนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม อัตราของกิจกรรมเหล่านี้จะแตกต่างกันไปในสัตว์น้ำแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับขบวนการทางชีวเคมีภายในร่างกายและสภาพแวดล้อม และสัตว์น้ำจะไม่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างกะทันหันได้ สำหรับอุณหภูมิในน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลในเขตร้อน คือ 28 - 33 องศาเซลเซียส โดยหากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็ว กุ้งทะเลจะเกิดอาการช็อคเกร็งและมีลักษณะคล้ายเป็นตะคริว

ภิญโญ (2545) กล่าวในวิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของกุ้งว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยง อุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศ สภาพภูมิประเทศ ระดับความสูง ความเข้มของแสงอาทิตย์ กระแสลม ความลึกของน้ำ และความขุ่น ตามกฎของแวนฮอฟฟ์ (Van Hoff's Law) ขบวนการเมตาโบลิซึม ซึ่งได้แก่ การหายใจ การกินและการย่อยอาหาร การขับถ่าย การว่ายน้ำของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้น 2 - 3 เท่าตัว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส และกิจกรรมที่กล่าวมานั้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง โดยกุ้งขาว (*L. vannamei*) จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยในสถานะของน้ำทะเลที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากปกติ (27 - 28 องศาเซลเซียส) 4 องศาเซลเซียส จะเพิ่ม oxidation ของแอมโมเนียอิสระ NH_3 และ NO_2^- ถึง 50% และ 12% ตามลำดับ แต่ถ้าอุณหภูมิลดลง 1 องศาเซลเซียส การ oxidation ของ NO_2^- ลดลง 8% นอกจากนี้ พรเลิศ และคณะ (2537) กล่าวเกี่ยวกับการจัดการเรื่องอาหารในคู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำว่า อุณหภูมิจะมีผลต่อการตอบสนองของกุ้งในเรื่องการกินอาหาร โดยทั่วไปถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงกว่า 32 - 33 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส การกินอาหารของกุ้งจะลดลง 30 - 50 %

พุทธ และคณะ (2554) กล่าวว่า ระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบพัฒนา มีการใช้อาหารในปริมาณมากเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูง ในสถานะปกติ สารอาหารมีการหมุนเวียนแลกเปลี่ยนระหว่างสิ่งมีชีวิต เช่น กุ้ง แพลงก์ตอนพืช จุลินทรีย์ อย่างสมดุล ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้อุณหภูมิน้ำในบ่อและความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลรบกวนสมดุลของระบบนิเวศบ่อเลี้ยง ซึ่งวิธีการ ประสิทธิภาพ และองค์ความรู้เดิมของเกษตรกรไม่สามารถจัดการการเลี้ยง เช่น การให้อาหารกุ้ง การควบคุมสีน้ำ และควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในช่วงปกติได้ ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้เกิดอากาศที่ร้อนจัดผิดปกติในฤดูร้อนในช่วงปี พ.ศ. 2553 ที่ผ่านมา ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวในเขตอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ประสบปัญหาน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีอุณหภูมิสูงเกินไป สภาพแวดล้อมและระบบนิเวศในบ่อเลี้ยงมีความแปรปรวน ส่งผลให้กุ้งขาวในบ่อเครียด อ่อนแอ และตายเป็นจำนวนมาก เกษตรกรได้รับความเสียหาย ผลผลิตตกต่ำลง จึงได้ทำหนังสือแจ้งมายังสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดตรัง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง เพื่อขอให้ช่วยดำเนินการศึกษาวิจัยหาองค์ความรู้ใหม่ในการจัดการเลี้ยงกุ้งขาว ในสภาพภูมิอากาศที่มีความแปรปรวน เพื่อหาแนวทางลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแบบพัฒนา ซึ่งจะทำให้สามารถลดความสูญเสียจากระบบนิเวศที่เปลี่ยนแปลงไป ลดความเครียดจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาโรคกุ้งและสามารถจัดการการเลี้ยงรักษาสมดุลระบบนิเวศและกำลังผลิตและต้นทุนการเลี้ยงกุ้งขาวในบ่อให้อยู่ได้ในระดับเดิม

ระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบพัฒนา แพลงก์ตอนพืชจัดเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งในบ่อเลี้ยงที่มีบทบาทในการควบคุมการหมุนเวียนของสารอาหารที่มีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ (eutrophication) ลดระดับความเป็นพิษจากปริมาณแอมโมเนียซึ่งเป็นสิ่งขับถ่ายจากกุ้ง และเพิ่มออกซิเจนในบ่อเลี้ยงในช่วงเวลากลางวันที่มีการสังเคราะห์แสงซึ่งทำให้กุ้งมีการกินอาหารที่ดีและเติบโตได้เร็วอย่างต่อเนื่อง โดยมีอุณหภูมิและปริมาณความเข้มของแสง เป็นตัวควบคุมระดับกิจกรรม ความเร็ว และสมดุลของธาตุอาหาร การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถทำให้กระบวนการควบคุมดังกล่าวและระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปจนไร้สมดุลและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณและคุณภาพของประชาคมแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton community) โดยอาจมีชนิดที่เป็นพิษมาแทนที่ (succession) เป็นอันตรายและสร้างความเสียหายต่อกุ้งที่เลี้ยงในบ่อได้ Nicklishch *et al.* (2007) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก โดยเฉพาะอุณหภูมิและแสง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีช่วงของอุณหภูมิและความเข้มแสงที่เหมาะสมแตกต่างกัน นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำและดินตะกอน โดยจุลินทรีย์ที่มีบทบาททั้งเป็นแหล่งกำเนิด (source) และแหล่งดูดซับ (sink) สารอาหารพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามความแปรปรวนของระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งเปลี่ยนแปลงรุนแรงมากขึ้น

7. อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ศุภกร (2553) แสดงความคิดในการเชื่อมโยงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบนิเวศในลักษณะของผลกระทบต่อเนื่องที่แผ่ขยายไปในวงกว้าง แนวคิดนี้สามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพียงน้อยนิดอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ยิ่งใหญ่ ภูมิอากาศและระบบนิเวศมีความเกี่ยวพันเชื่อมโยงกันอย่างใกล้ชิด เมื่อสิ่งหนึ่งแปรเปลี่ยนวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันจะเปลี่ยนแปลงตามไปเป็นลูกโซ่ เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นก็จะส่งผลต่อวงจรของน้ำ โดยทำให้ปริมาณไอน้ำระเหยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น ปริมาณฝนที่ตกลงมาอาจจะถี่และบ่อยขึ้น จนอาจก่อให้เกิดปัญหายุภัยพิบัติ เช่น พายุ น้ำท่วม ดินถล่ม การกัดเซาะผิวดิน เมื่อเกิดการกัดเซาะเพิ่มมากขึ้นอาจส่งผลสืบเนื่องถึงปัญหาดินขาดแร่ธาตุ ดินเค็ม และเมื่อแร่ธาตุจากดินถูกพัดพาลงสู่แม่น้ำและทะเลมากขึ้นไป อาจเป็นสาเหตุของการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของแบคทีเรียและสาหร่ายที่สามารถสร้างและปลดปล่อยสารพิษได้ ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ขึ้นปลาตาย และทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

Twilley *et al.* (2001) กล่าวถึง ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่า อาจมีผลต่อการเพิ่มความถี่ของฝนที่ตก และส่งผลกระทบต่อไปยังการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศชายฝั่ง เช่น ในกรณีศึกษาบริเวณอ่าวเม็กซิโก การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในรอบปีและระหว่างปี ทำให้รูปแบบการไหลของน้ำท่า (runoff) จากแผ่นดินเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย หากน้ำท่าไหลลงสู่ชายฝั่งมากขึ้นเนื่องจากฝนตกชุกมากกว่าปกติ ทำให้น้ำท่วมมากและเกิดการเปลี่ยนแปลงของประชาคมสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่ง จากชนิดที่ทนความเค็มในช่วงแคบมาเป็นชนิดที่ทนความเค็มต่ำ และมีช่วงกว้าง ซึ่งในกรณีกลับกันหากฝนแล้ง ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ชายฝั่งจะลดลง ดังนั้น ในพื้นที่ทะเลสาบที่เคยได้รับน้ำจืดในปริมาณมากก็จะมีเปลี่ยนแปลงของประชาคมสิ่งมีชีวิตที่ทนความเค็มต่ำกลายเป็นสิ่งมีชีวิตที่ทนความเค็มได้สูงขึ้น เนื่องจากน้ำทะเลรุกตัวเข้ามาและมีความเค็มสูงขึ้น

Stefan and Eaton (2003) กล่าวถึง ผลกระทบจากโลกร้อนที่สำคัญที่มีต่อระบบนิเวศน้ำจืดประการหนึ่งคือ การลดพื้นที่เหมาะสมของแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และได้รายงานการทำนายผลกระทบดังกล่าวในกรณีที่บรรยากาศของโลกมีการรับบอนด์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปัจจุบันพบว่า ลำธารซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมของสัตว์น้ำชนิดเขตหนาว (cold species) และชนิดเขตเย็น (cool species) ลดลงไปถึง 36 และ 15% ตามลำดับ

8. อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) กล่าวว่า การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยจำแนกตามลักษณะภูมิศาสตร์เป็น 2 เขต คือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในเขตน้ำจืด (inland aquaculture) และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในเขตชายฝั่ง (coastal aquaculture) การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในเขตน้ำจืดกระจายในที่ราบลุ่มใกล้แหล่งน้ำทั่วทุกจังหวัด ในขณะที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกระจุกตัวตามจังหวัดชายฝั่งทะเล ทั้งฝั่งอ่าวไทย และมหาสมุทรอินเดีย

ที่กักขังสัตว์น้ำจืดจำแนกได้ 4 ประเภท คือ บ่อ (pond) นา (field) ร่องสวน (ditch) และกระชัง (cage) ส่วนที่กักขังสัตว์น้ำชายฝั่งจำแนกได้ 4 ประเภท คือ บ่อ (pond) นา (field) กระชัง (cage) และชายฝั่งทะเล (coastal) ลูกพันธุ์สัตว์น้ำเกือบทั้งหมดได้จากโรงเพาะฟัก มีบ้างบางชนิดที่เก็บลูกพันธุ์จากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งในปัจจุบันลูกพันธุ์สัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ลดน้อยถอยลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม

ระบบการจัดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีทั้งแบบพัฒนาและเข้มข้น (intensive) แบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive) และแบบดั้งเดิม (extensive) สัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงมีทั้งสัตว์น้ำชนิดพื้นเมือง (native species) เช่น ปลาดู ปลาตะเพียน ปลาสลิด ปลาดุก ปลาช่อน ปลาสวาย ปลากระรัง ปลากระพงขาว กุ้งก้ามกราม กุ้งกุลาดำ หอยนางรม หอยแครง หอยแมลงภู่ ฯลฯ และสัตว์น้ำที่นำเข้าจากแหล่งอื่น (exotic species) เช่น ปลานิล ปลานิล กุ้งขาว เป็นต้น

ผลผลิตสัตว์น้ำของประเทศไทยปี พ.ศ. 2545 - 2549 มีผลผลิตรวมเฉลี่ยปีละ 1,321,001 ตัน มีอัตราเพิ่มร้อยละ 2.25 ต่อปี เป็นผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดปีละ 449,245 ตัน และจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 738,250 ตัน/ปี สัตว์น้ำที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดในบรรดาสัตว์น้ำจืด ได้แก่ ปลานิล ปลาดุก และปลาตะเพียน ตามลำดับ ส่วนสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้แก่ กุ้งทะเล หอยทะเล และปลาทะเล ตามลำดับ ผลกระทบที่ทำให้ผลผลิตสัตว์น้ำลดลง เนื่องจากภัยธรรมชาติที่ทำให้เกิดน้ำท่วมและสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยปี พ.ศ. 2545 - 2549 มีพื้นที่รวมเฉลี่ย 1,395,149 ไร่ มีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 5.97 ต่อปี เป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดปีละ 859,462 ไร่ และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งปีละ 535,687 ไร่ สัตว์น้ำจืดที่มีพื้นที่เพาะเลี้ยงมากที่สุด ได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน และปลาสลิด ตามลำดับ ส่วนสัตว์น้ำชายฝั่งที่มีพื้นที่เพาะเลี้ยงมากที่สุด ได้แก่ กุ้งทะเล หอยทะเล และปลาทะเล ตามลำดับ

การเกิดก๊าซมีเทนที่พื้นท้องน้ำเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้ทั้งในแหล่งน้ำจืดและทะเล ภายใต้สภาวะการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์ โดยแบคทีเรีย ในที่อุณหภูมิต่ำและไร้ออกซิเจน ปรากฏการณ์เช่นนี้จึงไม่เกิดขึ้นในที่กักขังสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงทั่วไป เนื่องจากคุณภาพน้ำที่ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำเป็นต้องมีออกซิเจนละลายน้ำระดับหนึ่ง เพื่อความปลอดภัยของสัตว์น้ำที่เลี้ยง ดังนั้นก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) กล่าวเพิ่มเติมในประเด็นของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดภาวะโลกร้อน และการเกิดภัยธรรมชาติว่า จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่าวไทย สัตว์ที่ไม่มีการเคลื่อนย้าย หรือเคลื่อนย้ายได้ช้า เช่น หอยต่างๆ จะได้รับผลกระทบเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนสัตว์ที่เคลื่อนย้ายได้ เช่น ปลา จะได้รับผลกระทบน้อย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลกระทบต่อฤดูกาลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีววิทยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่อาหารทั้งในทะเลและน้ำจืด และส่งผลกระทบที่ไม่สามารถทำนายได้ต่อผลผลิตของปลาและการแพร่กระจายของพาหะเชื้อโรคที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งเพาะเลี้ยง (FAO, 2008) นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของทรัพยากรสัตว์น้ำและการประมง เนื่องจากผลจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกระทบต่อระบบนิเวศโดยตรง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิในแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำตามธรรมชาติ และส่งผลกระทบต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของสัตว์น้ำที่เลี้ยง การเติบโต ผลผลิต การสืบพันธุ์ โอกาสในการติดเชื้อโรค และการได้รับสารพิษของสัตว์น้ำ ซึ่งความรุนแรงจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ ชนิดสัตว์น้ำ และแหล่งที่อยู่อาศัย (Ficke *et al.*, 2007)

Handisyde *et al.* (2006) ได้รายงานถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีผลทางตรงต่อปริมาณน้ำจืดสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและอากาศ รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การเพิ่มความถี่ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรุนแรง เช่น พายุ และน้ำท่วม ทั้งหมดที่กล่าวมานี้สามารถส่งผลกระทบเชิงลบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น สร้างความเครียดให้สัตว์น้ำกรณีที่เกิดจากอุณหภูมิและความต้องการออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น เพิ่มโอกาสในการได้รับเชื้อโรคและสารพิษ รวมทั้งเพิ่มอัตราการสระพังของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นพิษ (harmful algal blooms) ของสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงในบ่อ โดยสัตว์เหล่านี้ไม่สามารถหลบหนีไปอาศัยในสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่ดีกว่าได้

Nicklishch *et al.* (2007) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิและแสง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของแพลงก์ตอนพืชและเกิดผลกระทบต่อการสระพังของแพลงก์ตอนพืชในระดับที่รุนแรงแตกต่างกัน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิและความเข้มแสงที่เหมาะสมแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณและคุณภาพต่อประชาคมแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton community)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของความเค็มและอุณหภูมิในแหล่งน้ำกร่อยบริเวณชายฝั่งโดยสามารถส่งผลกระทบต่อผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ต้องอาศัยสิ่งแวดล้อมเหล่านั้น เช่น การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การรุกตัวของน้ำเค็มเข้าไปในเขตน้ำจืด ทำให้ต้องเปลี่ยนสถานที่ในการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนไปเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดที่ทนความเค็มได้มากขึ้น (De Silva and Soto, 2009)

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของระบบสาหร่ายพืชน้ำและทางด้านการประมงโดยทำให้เกิดความไม่เหมาะสมของพื้นที่ขึ้นชั่วคราว เช่น การเกิดสภาวะน้ำท่วมบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำตายหรือหลบหนีออกจากบ่อเพาะเลี้ยง ส่งผลให้ต้นทุนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มสูงขึ้นตามความเสียหายที่เกิดขึ้น เป็นต้น

9. อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคสัตว์น้ำ

สภาวะโลกร้อนอาจนำมาซึ่งความเสี่ยงต่อสุขภาพของสัตว์น้ำในกรณีที่อุณหภูมิน้ำเพิ่มสูงขึ้น และนำไปสู่การเกิดขึ้นของโรคสัตว์น้ำ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวเร่งของการเพิ่มปริมาณของเชื้อโรค โดยเฉพาะภายในตัวของสัตว์น้ำติดเชื้อที่อ่อนแออยู่แล้วหรือแม้กระทั่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็สามารถทำให้ฤดูกาลระบาดของเชื้อโรคยาวนานขึ้น สัตว์น้ำอาจติดเชื้อและแพร่กระจายเชื้อโรคได้มากขึ้น นอกจากนี้ การเกิดขึ้นและความสามารถในการต่อต้านเชื้อโรคจะสัมพันธ์กับความเครียดของปลา ซึ่งโดยทั่วไปความเครียดจะกระตุ้นให้เชื้อโรคเข้าสู่ตัวปลาได้มากขึ้น (Snieszko, 1974) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า สภาวะโลกร้อนทำให้เกิดสภาพมหาสมุทรเป็นกรด (ocean acidification) ซึ่งอาจส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของหอยแมลงภู่มิวนี (*Mytilus edulis*) ทำให้มีการตายมากขึ้น (Bibby *et al.*, 2008)

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะสภาวะโลกร้อน นำไปสู่การอุบัติของโรคสัตว์น้ำชนิดใหม่ๆ โดยเฉพาะในสัตว์น้ำที่อาศัยตามธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น ช่วงที่เกิดสภาวะแห้งแล้ง น้ำทะเลรุกตัวเข้ามาเขตน้ำจืดมากขึ้น ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงและมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ และการติดเชื้อโรคของสัตว์น้ำ นอกจากนี้ กรณีที่อุณหภูมิสูงและ/หรือปริมาณฝนตกมากขึ้นจะส่งผลให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงกุ้งต่ำลงและเกิดภาวะเป็นพิษต่อกุ้งมากขึ้น โดยในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมนี้ กุ้งอาจป่วยเป็นโรคเหงือกดำและยางคักร้อน สังเกตจากเกิดจุดดำหรือน้ำตาลขึ้นที่บริเวณเปลือกได้ (Noyes *et al.*, 2009)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2552) ได้ทำการศึกษาและจัดทำภาพฉายอนาคตสภาพภูมิอากาศ (climate scenario) ของพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) ความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาดตารางกริด 25x25 กิโลเมตร ครอบคลุมช่วงเวลาปีฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 - 1999 เพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบและครอบคลุมช่วงเวลาอนาคตตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 - 2099 ซึ่งประกอบด้วยการจำลองภาพฉายอนาคตที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามแนวทาง A2 และ B2 ตามที่ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) กำหนดขึ้น ผลจากการดำเนินการได้ให้ผลการคาดหมายลักษณะภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นไปจนถึงปลายศตวรรษนี้ ซึ่งต้องนำมาผ่านกระบวนการปรับแต่งทางสถิติ (rescale) อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้ผลที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงการคาดหมายการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิอากาศในพื้นที่ประเทศไทยในทิศทางที่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ราบภาคกลางในเขตลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและภาคอีสานตอนล่าง และระยะเวลาที่จะมีอากาศร้อนในรอบปีก็จะยืดยาวขึ้นด้วยเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทย ส่วนปริมาณฝนรายปีจะเกิดการผันผวนในช่วงต้นศตวรรษและจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่จะมีปริมาณฝนรายปีเพิ่มสูงขึ้นโดยเห็นได้ชัดตั้งแต่ช่วงกลางศตวรรษเป็นต้นไป โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคอีสานในเขตพื้นที่ใกล้เคียงกับแม่น้ำโขงและภาคใต้ ยกเว้นพื้นที่ชายแดนด้านตะวันตก ซึ่งอาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีมากนักในอนาคต ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับทิศทางและความเร็วของลมที่พัดปกคลุมจะเห็นได้ในพื้นที่ใกล้เคียงฝั่งตั้งแต่บริเวณภาคกลางตอนล่างและภาคตะวันออก ตลอดจนในพื้นที่ภาคใต้ โดยความเร็วลมตะวันตกเฉียงใต้จะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ในทุกพื้นที่

ดวงจันทร์ (2551) ได้กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยไว้ว่า ไม่มีใครสามารถระบุชัดเจนว่าในอนาคตประเทศไทยจะต้องเผชิญกับพิบัติภัยอะไรบ้างจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่นักวิทยาศาสตร์มุ่งมั่นศึกษาและพยากรณ์สภาพภูมิอากาศโดยใช้โปรแกรมแบบจำลอง (model) วิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับประเทศและระดับพื้นที่ เช่น โครงการวิจัย “ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทรัพยากรระบบเศรษฐกิจและชุมชนชายฝั่งทะเลในประเทศไทย พื้นที่ศึกษาต้นแบบจังหวัดกระบี่” ดำเนินการโดยศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้โปรแกรม PRECIS จำลองสภาพภูมิอากาศของจังหวัดกระบี่ พบว่า ในช่วง 10 - 25 ปีในอนาคต จังหวัดกระบี่มีแนวโน้มฝนตกลดลงร้อยละ 10 - 20 แทบทุกอำเภอ จากเดิมที่ตก

ในทะเลมากกว่า 1,500 - 2,000 มิลลิเมตรต่อปี ส่วนฝนบนบก 2,000 - 3,000 มิลลิเมตรต่อปี วันที่ฝนเคยตกมากกว่า 50 มิลลิเมตรต่อวัน จะลดลงเหลือ 10 วันต่อปี ทำให้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่มีแนวโน้มความรุนแรงเพิ่มขึ้น และอาจส่งผลให้ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรงขึ้น และพัดพาความชุ่มชื้นของฝนไปตกในประเทศจีน แทนที่จะตกในประเทศไทย หากปริมาณฝนลดลงจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำจืดที่ลดลง ตลอดจนแนวชายฝั่งของจังหวัดกระบี่อย่างน้อย 9 จุด มีความเสี่ยงต่อการกัดเซาะของน้ำทะเลเป็นทวีคูณ นอกจากนี้ หากปีใดเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ก็จะส่งผลให้อุณหภูมิ น้ำทะเลในปีนั้นๆ สูงกว่าปกติ และสร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศทางทะเล เช่น แนวปะการัง ปะการังปลาและสัตว์น้ำบางชนิด ทั้งนี้ ปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อชายฝั่งและทะเลไทยอย่างแน่นอน คือ ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาทางอ่าวไทย ค่าเฉลี่ยและความถี่ของความแปรปรวนของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และปัจจัยทางภูมิอากาศอื่นๆ ยังส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสภาพกายภาพและชีวภาพของบริเวณชายฝั่งทะเล

นงศ์นาค (2545) รายงานผลการศึกษาดัชนีและแนวโน้มของฝนและอุณหภูมิที่ผิดปกติในประเทศไทยว่า ปริมาณฝนรายปีของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง แต่ส่วนใหญ่ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ สำหรับผลการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดสถานะฝนปรากฏว่า จำนวนวันที่มีฝนมีแนวโน้มลดลงเป็นอย่างมาก คือ กว่าร้อยละ 90 ของจำนวนสถานีทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับสัดส่วนฝนที่มากผิดปกติมีแนวโน้มสูงขึ้นเกือบทุกสถานีและสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ด้านผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 และ 99 ของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด ปรากฏว่ามีแนวโน้มสูงขึ้น โดยอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิสูงสุด สำหรับผลการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดอุณหภูมิพบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชัดเจนกว่าสถานะฝน

ดำเนินงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทะเล กรมพัฒนาที่ดิน (2541) ได้ทำการศึกษาและจัดทำแผนที่กำหนดความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่ชายฝั่งทะเล จำนวน 25 จังหวัด เพื่อเป็นข้อมูลทางด้านวิชาการและเป็นแนวทางสำหรับผู้บริหารที่เกี่ยวข้องได้นำไปศึกษาพิจารณาเพื่อวางแผนการใช้ทรัพยากรดินและน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมีความเหมาะสมกับท้องถิ่นแต่ละจังหวัดในระยะยาวแก่รัฐและประชาชนต่อไป โดยดำเนินการในจังหวัดต่อไปนี้คือ ตรัง จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง สตูล ปัจจัยหลัก ที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำประกอบด้วย

1) ปัจจัยด้านกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ (topography) ปฏิภานดิน เนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ความลึกของชั้นตะกอนทะเล และเขตพื้นที่น้ำจืดและน้ำเค็ม ซึ่งเขตพื้นที่น้ำจืดทั้งหมดจะเป็นเขตที่ไม่มีความเหมาะสม (N) สำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ คุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำโดยตรงหรือมีผลทางด้านวิศวกรรมการสร้างบ่อและการกักเก็บน้ำ ตลอดจนการนำน้ำเค็มเข้าสู่บ่อและการระบายน้ำทิ้ง เป็นต้น

2) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อลดความขัดแย้งในการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือป้องกันการเสื่อมโทรมของทรัพยากรและระบบนิเวศ ปัจจัยทางด้านสังคม ได้แก่ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากร ข้อบังคับหรือกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการให้หรือห้ามสำหรับกิจกรรมใดๆ ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่เป็นกีดกันของสังคมหรือมีมาตรการทางกฎหมายบังคับใช้อยู่ ที่นำมาพิจารณาในการประเมินครั้งนี้ คือ ประเภทของป่า ตามกฎหมายในพื้นที่ชายฝั่งทะเลจะมีพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ป่าเศรษฐกิจ ก ป่าเศรษฐกิจ ข ป่าสงวนแห่งชาติ อุทยานแห่งชาติ และวนอุทยานแห่งชาติ สำหรับแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นชายหาดหรือหาดทรายสวยงาม ควรค่าแก่การอนุรักษ์ ตลอดจนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมด้านอื่น เช่น พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืช เป็นต้น ก็ได้พิจารณาจำแนกเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วย จากปัจจัยและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้นำมาสร้างเป็นแบบจำลอง (model) ในการประเมินโดยจำแนกชั้นความเหมาะสมของที่ดินออกเป็น 4 ระดับ ตามหลักวิธีการประเมินคุณภาพที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรสหประชาชาติ (FAO) โดยมีชั้นความเหมาะสม 4 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมาก (very well suited: S1) เหมาะสมปานกลาง (well suited: S2) เหมาะสมน้อย (marginally suited: S3) และไม่เหมาะสม (not suited: N) และจัดทำแผนที่กำหนดความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่ชายฝั่งทะเล จำนวน 25 จังหวัด

ประจวบ (2543) ทำการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเลและพื้นที่ปูป่าชายเลน จังหวัดตราด โดยกำหนดปัจจัยในการคัดเลือกพื้นที่ 6 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าชายเลน ตามมติคณะรัฐมนตรี ปี พ.ศ. 2530 เนื้อดิน สภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน การซึมผ่านของน้ำ ความลาดเอียงของพื้นที่ และพื้นที่น้ำกร่อย/ทะเลท่วมถึง จากนั้นทำการวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แล้วทำการจำแนกระดับความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการเลี้ยงกุ้งทะเลและพื้นที่ปูป่าชายเลนในจังหวัดตราด ซึ่งพบว่า มีพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเลประมาณ 28,600 ไร่ และมีพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการพื้นที่ปูป่าชายเลนประมาณ 68,606.25 ไร่

ชลอ และคณะ (ม.ป.ป.) ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาณการกินอาหาร การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพน้ำ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมน้ำหนัก 12 กรัม ที่เลี้ยงด้วยน้ำเค็ม 25 ส่วนในพันส่วน ในตู้กระจกขนาดความจุ 100 ลิตร ที่อุณหภูมิ 33 ± 1 องศาเซลเซียส กุ้งจะกินอาหารมากกว่าในกลุ่ม 29 ± 1 องศาเซลเซียส ถึง 36.5 % แต่จากการนำมูลของกุ้งที่เลี้ยงจากทั้งสองอุณหภูมิไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป พบว่า ประสิทธิภาพในการย่อยสารอาหารของกุ้งที่เลี้ยงจากทั้งสองอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน ทางสถิติ ดังนั้นในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่อุณหภูมิที่สูงกว่าปกติ ควรจะกำหนดการให้อาหาร เท่ากับอุณหภูมิปกติ และไม่ควรเพิ่มอาหาร เพราะจะทำให้มีของเสียมากจนส่งผลให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง และในระยะต่อมา กุ้งจะเจริญเติบโตช้า อ่อนแอ มีโอกาสป่วยเป็นโรคได้ง่าย นอกจากนี้ยังกล่าวถึงพฤติกรรมการกินอาหารว่า กุ้งขาวกินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ โดยเมื่อจับกุ้งจากบ่อ มาตรวจสอบลำไส้จะพบว่า ในลำไส้ของกุ้งขาวมีอาหารเต็มตลอดเวลา แม้ว่าจะให้อาหารมานานหลายชั่วโมงแล้ว จึงสันนิษฐานได้ว่า เมื่อกุ้งกินอาหารสำเร็จรูปที่ให้หมดแล้ว กุ้งยังสามารถกินอาหารชนิดอื่นที่อยู่ ในบ่อได้อีก เช่น สาหร่าย แพลงก์ตอน สัตว์หน้าดิน ฯลฯ โดยพบว่าในลำไส้จะมี สีต่างๆ จากสีของอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ให้กุ้งกิน โดยเฉพาะเมื่อจับกุ้งมาดูลำไส้ หลังจากให้อาหารหลายชั่วโมง สีของลำไส้มักจะมียีสดำหรือสีเข้มของสาหร่าย แทนที่จะเป็นสีของอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งในช่วงที่อากาศร้อนจัด อุณหภูมิของน้ำตอนบ่ายจะสูงถึง 33 - 34 องศาเซลเซียส ระหว่างเดือนมีนาคม - เมษายน กุ้งจะกินอาหารน้อยมาก จึงควรงดการให้อาหารในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำสูงมากๆ และอาจเลื่อนเวลาให้อาหารเป็นตอนเย็นหรือตอนกลางคืน เมื่ออุณหภูมิน้ำลดต่ำลงอยู่ในระดับที่เหมาะสม กุ้งจะกินอาหารได้ดีขึ้น แต่ในช่วงอากาศหนาว อุณหภูมิที่ต่ำมากในตอนเช้าจะมีผลทำให้การกินอาหารลดลงเช่นกัน ดังนั้นจึงควรเลื่อนเวลาการให้อาหารออกไปเป็นช่วงที่อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น เช่น เลื่อนเวลาจาก 7.00 น. เป็น 8.00 น. สำหรับการให้อาหารมือแรก

พุทธ และคณะ (2554) ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ทำนายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตและระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แบบพัฒนา โดยเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่เลี้ยงกุ้งจังหวัดสงขลา (ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งเป็นชายฝั่งทะเลอ่าวไทยที่เป็นส่วนหนึ่งของมหาสมุทรแปซิฟิก) และจังหวัดตรัง (ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นชายฝั่งทะเลอันดามันที่เป็นส่วนหนึ่งของมหาสมุทรอินเดีย) โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ STELLA เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่งถือเป็นการศึกษครั้งแรกของประเทศไทยที่ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำและดิน ประกอบด้วย ความเค็มของน้ำ อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง สารประกอบไนโตรเจน

และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ไนโตรเจนรวมในตะกอนเลน (Total Nitrogen; TN) ฟอสฟอรัสรวมในตะกอนเลน (Total Phosphorus; TP) ฯลฯ ผลการศึกษามีดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจากสภาวะโลกร้อนอันเป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ รูปแบบสภาพภูมิอากาศของจังหวัดตรังมีการเปลี่ยนแปลง (ร้อนมาก เย็นมาก) ที่กว้างกว่าสภาพภูมิอากาศในเขตจังหวัดสงขลา พื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งในเขตจังหวัดตรังมีโอกาสได้รับผลกระทบที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงกว้างกว่าพื้นที่เลี้ยงกุ้งในจังหวัดสงขลา แต่จะมีผลต่อความเข้มของแสงน้อยกว่า

2) แบบจำลองการเติบโตและผลผลิตกุ้ง พบว่า อุณหภูมิ น้ำ และน้ำหนักกุ้ง มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการกินอาหาร การหายใจ การย่อยอาหาร และการขับถ่ายของเสียในรูปของสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยพบว่าปริมาณอาหารที่เกษตรกรให้กุ้งกินมาก ทำให้มีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed Conversion Ratio; FCR) สูง และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพียงเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลทำให้กุ้งเสียพลังงานและกุ้งโตช้าลง

3) การเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและกิจกรรมของแพลงก์ตอนพืช เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ รวมถึงการดูดซับสารอาหาร ขึ้นกับ ปัจจัยความเข้มของแสง อุณหภูมิ และธาตุอาหารมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชที่บ่อเลี้ยงกุ้งจังหวัดสงขลา ในขณะที่ภูมิอากาศและปริมาณแสงแดดในเขตจังหวัดตรังมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงแสงแดด และอุณหภูมิอากาศร้อนมากกว่าเกษตรกรที่อยู่ในฝั่งอ่าวไทย นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังมีการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนพืช เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจ โดยผลกระทบจะเกิดขึ้นโดยตรงและเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ

4) สารอาหารที่หมุนเวียนอยู่ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มาหลังจากการให้อาหารเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปของสิ่งขับถ่ายและของเหลือที่สัตว์น้ำกินไม่หมดสะสม อยู่ในตะกอนดินและน้ำ ธาตุเหล่านี้จะถูกดูดซับและขับถ่ายหมุนเวียนอยู่ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ผลการศึกษาพบว่า ไนโตรเจนรวมในตะกอนดินมีความเข้มข้นสูงในขณะที่มีน้ำมีความเข้มข้นต่ำ ผลจากการที่อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส ทำให้ไนโตรเจนในน้ำเพิ่มปริมาณมากขึ้น ในขณะที่

อุณหภูมิอากาศลดลง 2 องศาเซลเซียส ไนโตรเจนจะลดลง แต่สำหรับในตะกอนดินแล้ว การลดลงของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ปริมาณไนโตรเจนรวมจะเพิ่มขึ้น ส่วนผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมในระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งในน้ำและตะกอนดิน จะมีค่าความแตกต่างจากผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน ซึ่งพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส ฟอสฟอรัสรวมจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลง 2 องศาเซลเซียส ฟอสฟอรัสรวมในน้ำก็จะลดน้อยลง

5) ผลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใช้ออกซิเจนในน้ำและตะกอนดินของแบคทีเรียในกลุ่มย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ Heterotrophic bacteria และกลุ่ม Nitrifying bacteria ได้รับผลกระทบอย่างชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ออกซิเจนในน้ำและตะกอนดินเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่ออุณหภูมิลดลง 2 องศาเซลเซียส การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในน้ำและตะกอนดินก็จะลดลงเช่นกัน ทั้งนี้ เนื่องจากการหายใจเป็นกิจกรรมที่สิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่มีอุณหภูมิเป็นปัจจัยควบคุมระดับกิจกรรม เมื่อเปรียบเทียบแล้ว กิจกรรมการหายใจของแบคทีเรียในระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งของจังหวัดสงขลามีค่าต่ำกว่าแบคทีเรียในระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งของจังหวัดตรัง เนื่องจากสภาพภูมิอากาศในเขตจังหวัดตรังมีค่าและความแปรปรวนสูงกว่า

6) ผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเลี้ยงกุ้งมีทั้งผลกระทบฉับพลันที่รุนแรงและเสียหายเป็นวงกว้าง ส่งผลกระทบต่อฟาร์มขนาดเล็กมากกว่าฟาร์มขนาดใหญ่ เนื่องจากฟาร์มขนาดเล็กไม่มีความพร้อมในการตั้งรับกับภัยพิบัติ ฟาร์มที่มีขนาดเล็ก (30 - 100 ไร่) เป็นฟาร์มที่ยังสามารถดูแลไม่ให้เกิดผลกระทบและมีกำไรจากการขายกุ้งได้ แต่ภายหลังจากเกิดภัยพิบัติ เกษตรกรจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงฟาร์มให้สามารถกลับมาเลี้ยงกุ้งใหม่อีกครั้งหนึ่ง เช่น การลอกเลน การตากบ่อหรือฆ่าเชื้อ และภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพิ่มขึ้นและลดลง 2 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการเลี้ยงกุ้งในความหนาแน่นต่ำ (60,000 - 80,000 ตัว/ไร่) สามารถปรับตัวเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีกว่าการเลี้ยงแบบหนาแน่นสูง (120,000 - 160,000 ตัว/ไร่)

พื้นที่ศึกษา

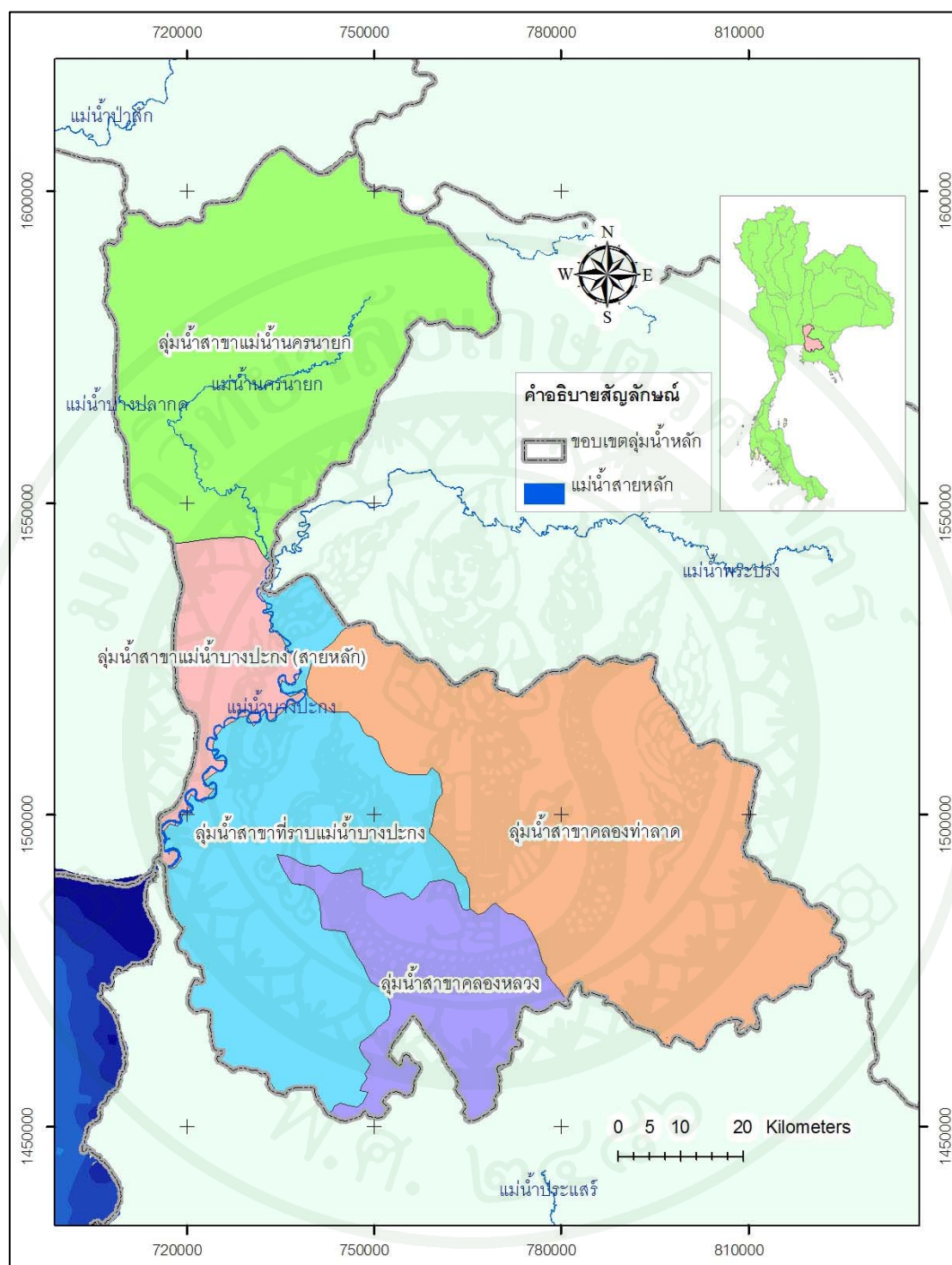
ลุ่มน้ำบางปะกง

1. สภาพทั่วไป

ลุ่มน้ำบางปะกงเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดฉะเชิงเทราและนครนายก บางส่วนของจังหวัดชลบุรี สระบุรี และปราจีนบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 8,614 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 5.4 ล้านไร่ และมีแม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายหลัก มีความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 09 ลิปดาเหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 14 องศา 32 ลิปดาเหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 100 องศา 52 ลิปดาตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 102 องศา 00 ลิปดาตะวันออก ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำป่าสักและลุ่มน้ำมูล ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำปราจีนบุรี และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยาและอ่าวไทย มีระบบนิเวศที่สำคัญ ประกอบด้วย ระบบนิเวศป่าไม้ นิเวศเกษตรกรรม นิเวศเมือง ชุมชนและอุตสาหกรรม นิเวศแหล่งน้ำ และนิเวศชายฝั่งทะเล มีความอุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งผลิตทางการเกษตรที่สำคัญมาตั้งแต่อดีต ทั้งการปลูกข้าว สวนมะม่วง ฝรั่งสุกร และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำบางปะกงแสดงในภาพที่ 8

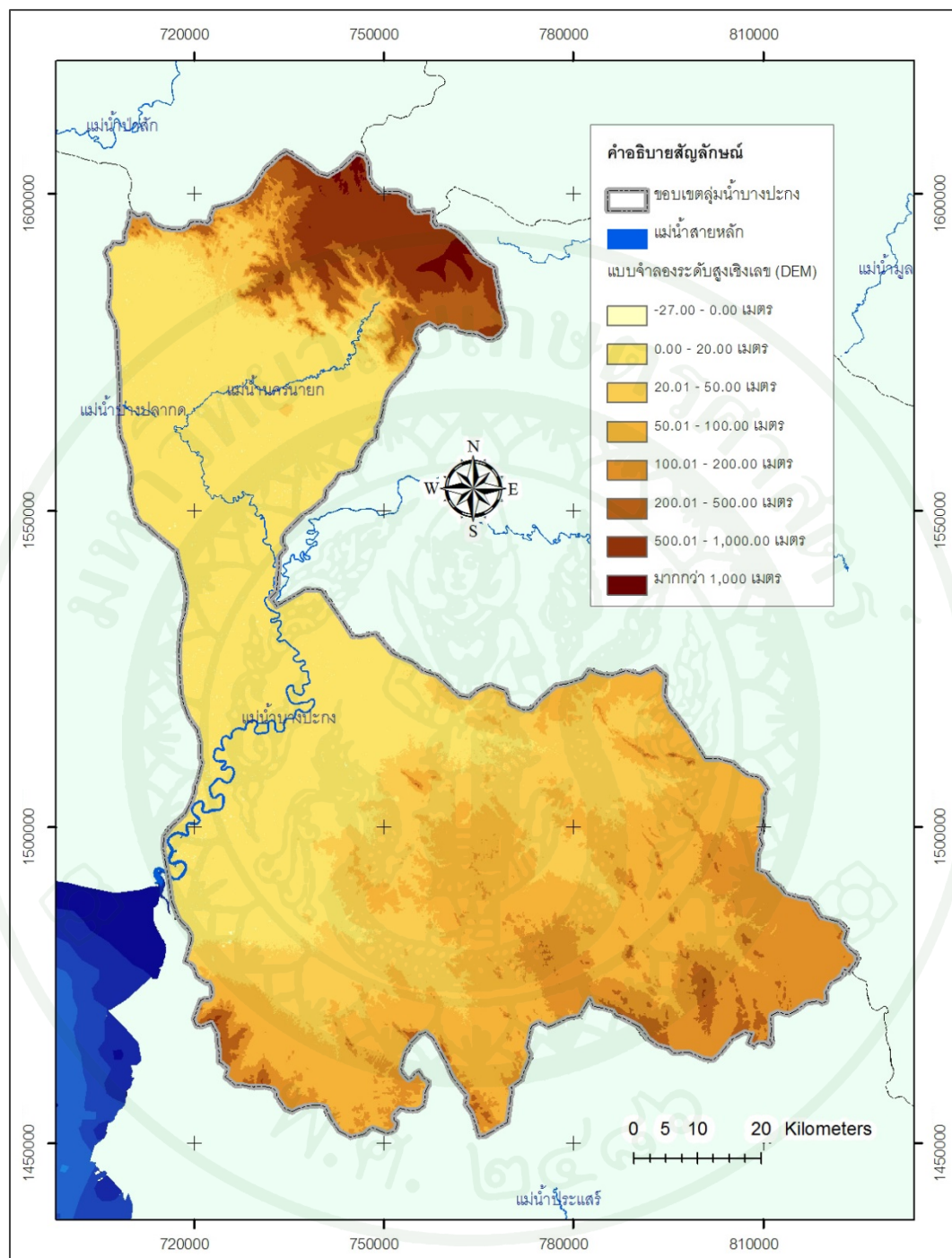
2. สภาพภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำบางปะกงเป็นที่ราบ ตอนเหนือของลุ่มน้ำมีเทือกเขาสูง ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำนครนายก ส่วนทางตอนใต้และทางตะวันออกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำมีเทือกเขาซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา และจันทบุรี และเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาต่างๆ ได้แก่ คลองใหญ่ คลองหลวง และคลองท่าลาด โดยแม่น้ำนครนายกมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมาทางทิศใต้ และมาบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรี ซึ่งไหลเข้ามาทางฝั่งซ้ายที่บริเวณเหนืออำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ก่อนจะไหลลงทางใต้ ผ่านที่ราบต่ำในเขตอำเภอบางคล้า และอำเภอมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา และไหลลงอ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำบางปะกงแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 8 สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำบางปะกง

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550)



ภาพที่ 9 สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำบางปะกง

ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) ของกรมแผนที่ทหาร
มาตราส่วน 1:50,000

3. สภาพอุทกนิยมนิคมวิทยาและอุทกวิทยา

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2556) กล่าวถึงสภาพอุทกนิยมนิคมวิทยาและอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำบางปะกงว่าอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ ยังมีพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่นซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ส่งผลให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน

อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนวัดได้ 35.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคมวัดได้ 20.2 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดปีจะอยู่ระหว่าง 72.7 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 92.0 เปอร์เซ็นต์ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดวัดได้ 40.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 63.0 - 80.0 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 1,100 - 2,600 มิลลิเมตร ลักษณะการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำสาขา พบว่า กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกง (สายหลัก) มีค่าเท่ากับ 1,105.4 มิลลิเมตร/ปี กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำนครนายก มีค่าเท่ากับ 1,609.7 มิลลิเมตร/ปี กลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาด มีค่าเท่ากับ 1,268.6 มิลลิเมตร/ปี กลุ่มน้ำสาขาคลองหลวง มีค่าเท่ากับ 1,159.5 มิลลิเมตร/ปี และกลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกง มีค่าเท่ากับ 1,039.1 มิลลิเมตร /ปี

ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่กลุ่มน้ำบางปะกงรวม 3,498.80 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยรวมของแต่ละกลุ่มน้ำสาขา กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกง (สายหลัก) 171.91 ล้าน ลบ.ม./ปี กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำนครนายก 1,979.45 ล้าน ลบ.ม./ปี กลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาด 790.23 ล้าน ลบ.ม./ปี กลุ่มน้ำสาขาคลองหลวง 190.43 ล้าน ลบ.ม./ปี และกลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกง 366.78 ล้าน ลบ.ม./ปี

4. สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550) ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง พบว่า ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาการใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยพื้นที่เกือบทั้งหมดมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นนาข้าว พืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้น เป็นหลัก โดยมีพื้นที่ส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้เป็นที่เมืองและแหล่งน้ำด้วย ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซตระบบทีเอ็ม พ.ศ. 2547 ประกอบกับการตรวจสอบในภาคสนามเพื่อปรับปรุงข้อมูลเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549 ได้แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงออกเป็น 16 ประเภท โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกพืชไร่มากที่สุด มีเนื้อที่ 1,882,181 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 34.91 อันดับรองลงมาเป็นที่นาข้าว มีเนื้อที่ 1,069,193 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.83 พื้นที่ป่าดิบแล้ง มีเนื้อที่ 858,137 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.92 สวนผสม มีเนื้อที่ 482,743 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.95 บ่อเลี้ยงปลาและกึ่ง มีเนื้อที่ 332,937 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.18 สวนยูคาลิปตัส มีเนื้อที่ 258,162 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.79 ป่าเบญจพรรณ มีเนื้อที่ 145,287 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.69 เมืองและหมู่บ้าน มีเนื้อที่ 103,587 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.92 สวนยาง มีเนื้อที่ 72,118 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.34 แม่น้ำและแหล่งน้ำ มีเนื้อที่ 54,112 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.00 ป่าจาก มีเนื้อที่ 50,975 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.95 ที่รกร้าง มีเนื้อที่ 21,925 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.41 สวนป่าอื่นๆ มีเนื้อที่ 20,881 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.39 ป่าเต็งรัง มีเนื้อที่ 17,025 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.32 ที่โล่ง มีเนื้อที่ 16,868 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.31 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 5 โดยในส่วนของพื้นที่เลี้ยงกุ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งพบว่า ในปี พ.ศ. 2538 มีพื้นที่เลี้ยงกุ้งประมาณ 25,723 ไร่ กระจายตัวในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และชลบุรี ชนิดกุ้งที่นิยมเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นกุ้งกุลาดำ ในขณะที่พื้นที่เลี้ยงกุ้งได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่าตัวในปี พ.ศ. 2543 ซึ่งมีพื้นที่เลี้ยงกุ้งประมาณ 73,659 ไร่ ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และปราจีนบุรี และในปี พ.ศ. 2546 ลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่เลี้ยงกุ้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น 137,611 ไร่ บริเวณพื้นที่เลี้ยงส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา และปราจีนบุรี โดยมีการขยายพื้นที่มากขึ้นไปยังจังหวัดนครนายก ส่วนจังหวัดชลบุรีเริ่มมีพื้นที่เลี้ยงกุ้งลดลงเล็กน้อย

ตารางที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ปี พ.ศ. 2549

การใช้ที่ดิน	เนื้อที่		ร้อยละ
	ตร.กม.	ไร่	
นาข้าว	1,710.71	1,069,193	19.83
บ่อเลี้ยงปลา, กุ้ง	532.70	332,937	6.18
ป่าจาก	81.56	50,975	0.95
ป่าดิบแล้ง	1,373.02	858,137	15.92
ป่าเต็งรัง	27.24	17,025	0.32
ป่าเบญจพรรณ	232.46	145,287	2.69
พืชไร่	3,011.49	1,882,181	34.91
เมือง, หมู่บ้าน	165.74	103,587	1.92
แม่น้ำ แหล่งน้ำ	86.58	54,112	1.00
สนามกอล์ฟ	8.05	5,031	0.09
สวนป่าอื่น	33.41	20,881	0.39
สวนผสม	772.39	482,743	8.95
สวนชุกาฬิปัตส	413.06	258,162	4.79
สวนยาง	115.39	72,118	1.34
ที่โล่ง	26.99	16,868	0.31
ที่รกร้าง	35.08	21,925	0.41
รวม	8,625.87	5,391,168	100.00

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ (personal computer) สำหรับใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล
2. โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS® version 9.1 เพื่อนำเข้าและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และผลิตแผนที่
3. ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน มาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 - 2554 ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ของกรมการปกครอง ปี พ.ศ. 2552 ข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำ มาตราส่วน 1 : 50,000 ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น
4. เครื่องพิมพ์ (printer) และอุปกรณ์เครื่องเขียน

วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการศึกษาดำเนินการที่ตั้งแต่การกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบันในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง เปรียบเทียบกับผลการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งโดยใช้แบบจำลอง Weight-Rating Score Models ตลอดจนศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและจัดทำภาพฉายอนาคตของอุณหภูมิต่อคาดการณ์บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต (ช่วงปี ค.ศ. 2010 - 2099) เพื่อประโยชน์ในการปรับตัวรองรับผลกระทบที่มีต่อกิจกรรมและระบบนิเวศในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในอนาคต ขั้นตอนการศึกษาแสดงในภาพที่ 10 และมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 10 ขั้นตอนในการศึกษา

1. การศึกษาพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสถานการณ์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง และศึกษาตำแหน่งที่ตั้งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในปัจจุบันด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยการจำแนกจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน รายจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1 : 25,000 ซึ่งดำเนินการค้นหาโดยตั้งคำถามให้ระบบ ช่วยสอบถาม (query) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีลักษณะข้อมูลแบบพื้นที่รูปปิด (polygon) เฉพาะพื้นที่เลี้ยง กุ้งทะเล เพื่อศึกษาตำแหน่งที่ตั้งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง รายละเอียด ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดที่นำมาวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายการข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์

จังหวัด	ปี พ.ศ.	มาตรฐาน
นครราชสีมา	2554	1 : 25,000
สระบุรี	2554	1 : 25,000
นครนายก	2554	1 : 25,000
ปทุมธานี	2554	1 : 25,000
ปราจีนบุรี	2553	1 : 25,000
สระแก้ว	2553	1 : 25,000
ฉะเชิงเทรา	2553	1 : 25,000
ชลบุรี	2553	1 : 25,000

2. การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลไปเกี่ยวกับการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำชายฝั่ง

ศึกษาและรวบรวมหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง หลักการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยและแนวคิดอื่นที่เกี่ยวข้อง กับการศึกษา สภาพปัญหาของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบัน ตลอดจนศึกษาและรวบรวมเอกสารรายงานการประชุมของคณะทำงานเพื่อกำหนดพื้นที่ชายฝั่งทะเล

ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง ของกรมประมง เมื่อวันที่ 3 เมษายน 2551 ทำการรวบรวมข้อมูลจาก แหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น งานวิจัย ตำรา เอกสารสิ่งพิมพ์ เอกสารวิชาการ วิทยานิพนธ์ เว็บไซต์ ข้อบังคับ ทางกฎหมาย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาประกอบการพิจารณาในลักษณะของการกันพื้นที่ออก เช่น พื้นที่ป่านุรักษ์ มติคณะรัฐมนตรีที่เกี่ยวข้องกับการประกาศห้ามเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตพื้นที่น้ำจืด มาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เพื่อเป็นข้อมูล สนับสนุนการคัดเลือกปัจจัยในการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

2.2 การคัดเลือกปัจจัย

ข้อมูลจากรายงานการประชุมของคณะทำงานเพื่อประเมินพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่เหมาะสม ในการเลี้ยงกุ้ง ของกรมประมง ซึ่งได้มีการประชุมเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2551 มีการเชิญบุคคลหลายฝ่าย ได้แก่ นักวิชาการประมง อาจารย์มหาวิทยาลัย ผู้บริหารระดับสูงจากบริษัทผู้นำในธุรกิจการเลี้ยง กุ้งทะเล เกษตรกรดีเด่น ผู้แทนสหกรณ์และชมรมที่เกี่ยวข้อง จำนวน 15 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์เฉพาะด้าน มาประชุมเพื่อพิจารณาและให้คำแนะนำความสำคัญ ของปัจจัยในการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทะเล และมีข้อสรุปในการคัดเลือกปัจจัยดังนี้

ก. ระดับความเหมาะสมในแต่ละค่าคะแนน

ระดับความเหมาะสมในแต่ละค่าคะแนนกำหนดให้มี 5 ระดับ โดยค่าคะแนน 1 คะแนน เท่ากับ มีความเหมาะสมต่ำ, ค่าคะแนน 2 คะแนน เท่ากับ มีความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ, ค่าคะแนน 3 คะแนน เท่ากับ มีความเหมาะสมปานกลาง, ค่าคะแนน 4 คะแนน เท่ากับ มีความเหมาะสมค่อนข้างสูง และค่าคะแนน 5 คะแนน เท่ากับมีความเหมาะสมสูง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ระดับความเหมาะสมในแต่ละค่าคะแนน

ค่าคะแนน	ระดับความเหมาะสม
1	เหมาะสมต่ำ
2	เหมาะสมค่อนข้างต่ำ
3	เหมาะสมปานกลาง
4	เหมาะสมค่อนข้างสูง
5	เหมาะสมสูง

ข. คำนวณน้ำหนักความสำคัญ (weighting) ของตัวแปร

ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) ของตัวแปร จะให้ค่าน้ำหนักเปรียบเทียบในกลุ่มตัวแปรหลักก่อน แล้วจึงให้ค่าคะแนนในกลุ่มตัวแปรย่อยโดยการเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน โดยมีผลรวมของค่าคะแนนในกลุ่มตัวแปรหลัก 30 คะแนน จากนั้นจึงให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) ของกลุ่มตัวแปรย่อยโดยการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คำนวณน้ำหนักความสำคัญ (weighting) ของตัวแปรหลักและตัวแปรย่อย

ตัวแปร (factor)	ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting)
ตัวแปรหลัก: สภาพพื้นที่/ลักษณะภูมิประเทศ	15
ตัวแปรย่อย: ความลาดชัน (slope)	6.5
ตัวแปรย่อย: ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation)	8.5
ตัวแปรหลัก: คุณสมบัติดิน	10
ตัวแปรย่อย: ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	5
ตัวแปรย่อย: ลักษณะเนื้อดิน (texture)	5
ตัวแปรหลัก: สภาพอากาศ	5
ตัวแปรย่อย: ปริมาณน้ำฝน (annual rainfall)	5

ค. ค่าคะแนนระดับความเหมาะสม (rating) ของแต่ละตัวแปร

เมื่อให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) ของตัวแปรหลักและตัวแปรย่อยเรียบร้อยแล้ว จะทำการนำข้อมูลสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยแต่ละตัวแปรย่อย คือ 1 ชั้นข้อมูลที่นำมาพิจารณา ตัวแปรย่อยแต่ละตัวจะมีการกำหนดช่วงระดับความเหมาะสมของตัวแปร พร้อมค่าคะแนน (rating) ระดับความเหมาะสมภายในของแต่ละตัวแปร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การกำหนดตัวแปร (factor) ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) และค่าคะแนนระดับความเหมาะสม (rating) ของแต่ละตัวแปร

ตัวแปร (factor)	ค่าน้ำหนัก ความสำคัญ (weighting)	ระดับความเหมาะสม ของแต่ละตัวแปร	ค่าคะแนนระดับ ความเหมาะสม (rating) ของแต่ละตัวแปร
สภาพภูมิประเทศ	15		
1. ความลาดชัน (slope; %)	6.5	< 2.5 2.6 - 5.0 5.1 - 7.5 7.6 - 10.0 > 10.0	5 4 3 2 1
2. ความสูงจากระดับ น้ำทะเลปานกลาง (elevation; ม.รทก.)	8.5	> 1.0 0.5 - 1.0 < 0.5	4 3 2
คุณสมบัติดิน	10		
1. ความเป็นกรด เป็นด่างของดิน (pH)	5	< 4.0 4.1 - 4.9 5.0 - 6.5 6.6 - 8.5 > 8.5	1 3 4 5 1
2. ลักษณะเนื้อดิน (texture)	5	ดินเหนียว ดินเหนียวปนดินร่วน ดินร่วน ดินร่วนปนดินทราย ดินทราย	5 4 3 2 1

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ตัวแปร (factor)	ถ่วงน้ำหนัก ความสำคัญ (weighting)	ระดับความเหมาะสม ของแต่ละตัวแปร (criteria)	ค่าคะแนนระดับความ เหมาะสมของแต่ละปัจจัย (rating)
สภาพอากาศ	5		
ปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปี (annual rainfall; มม.)	5	< 700 701 - 900 901 - 1,100 1,101 - 1,300 > 1,300	1 3 5 3 1

ที่มา: กรมประมง (2551)

2.3 รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย ข้อมูลแรสเตอร์ (raster data) และข้อมูลเชิงทิศทาง (vector data) ซึ่งมีทั้งข้อมูลแบบจุด (point) แบบเชิงเส้น (line) และแบบพื้นที่รูปปิด (polygon) ข้อมูลทั้งหมดจะทำการอ้างอิงจุดควบคุมทางพื้นที่ในระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) พื้นหลักฐานแบบ WGS84 ตลอดจนแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลแรสเตอร์ทั้งหมดที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาดตารางกริด (grid) 25x25 เมตร เนื่องจากเป็นความละเอียดเชิงพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นๆ ที่มาตราส่วน 1 : 50,000 ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) รายการข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 10

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงจะใช้แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM) จากฐานข้อมูล SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission) จากศูนย์วิจัยนานาชาติ CGIAR-CSI (CGIAR International Research Center) ประเทศสหรัฐอเมริกา ความละเอียด 90 เมตรที่บริเวณศูนย์สูตร

ตารางที่ 10 รายการข้อมูลแรสเตอร์ (raster data) และข้อมูลเชิงทิศทาง (vector data) ที่ใช้ในการวิเคราะห์

รายการข้อมูล	มาตราส่วน	ที่มาของข้อมูล
ขอบเขตการปกครอง	1:50,000	กรมการปกครอง
ขอบเขตลุ่มน้ำหลัก, ลุ่มน้ำรอง	1:50,000	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ที่ตั้งสถานีตรวจวัดอากาศ	-	กรมอุตุนิยมวิทยา
แผนที่ลักษณะภูมิประเทศชุด L7018	1: 50,000	กรมแผนที่ทหาร
เส้นชั้นความสูง	1: 50,000	กรมแผนที่ทหาร
ชุดดิน	1: 50,000	กรมพัฒนาที่ดิน
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	1: 50,000	กรมพัฒนาที่ดิน
ลักษณะเนื้อดิน	1: 50,000	กรมพัฒนาที่ดิน
แม่น้ำ, เส้นทางน้ำ	1: 50,000	กรมทรัพยากรน้ำ
เขตพื้นที่ชลประทาน	1: 50,000	กรมชลประทาน
เส้นทางคมนาคม	1: 50,000	กรมแผนที่ทหาร
เขตป่าสงวนแห่งชาติ	1: 50,000	กรมป่าไม้
เขตอุทยานแห่งชาติ	1: 50,000	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	1: 50,000	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
พื้นที่ป่าชายเลนตามมติคณะรัฐมนตรี	1: 50,000	กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง
พ.ศ. 2530		

2.4 นำเข้าชั้นข้อมูลแต่ละตัวแปรเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยแต่ละชั้นข้อมูลที่นำเข้า หมายถึง ตัวแปรแต่ละตัวที่นำมาพิจารณา ซึ่งได้มีการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) และค่าคะแนนระดับความเหมาะสม (rating) ของตัวแปร ซึ่งได้จากการประชุมของคณะผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งได้ดำเนินการจัดช่วงค่าคะแนนของแต่ละตัวแปร (reclassify) ตามค่าคะแนนที่ได้จากการประชุม โดยได้ทำการแปลงเป็นข้อมูลเป็นแรสเตอร์ทั้งหมด เพื่อทำการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (potential surface analysis, PSA) ในขั้นต่อไปโดยใช้แบบจำลอง weight-rating score models ดังสมการที่ 1

$$A = \sum_{i=1}^n W_i R_j \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ	A	คือ	ชั้นข้อมูลความเหมาะสม
	Wi	คือ	ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรที่ i
	Rj	คือ	ค่าคะแนนตามลำดับ j ของตัวแปร
	n	คือ	จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.5 ดำเนินการกันพื้นที่ห้ามเลี้ยงต่างๆ ออก ได้แก่ พื้นที่ป่าชายเลน แนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ เขตห้ามล่าสัตว์ป่า และพื้นที่ระงับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเข้มต่ำ ตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

2.6 การจัดระดับความเหมาะสมของพื้นที่ เมื่อได้ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ที่มีลักษณะข้อมูลแบบแรสเตอร์ (raster data) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นช่องสี่เหลี่ยม เรียกว่า จุดภาพ หรือตารางกริด (grid cell) ซึ่งในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ 1 ค่า ชั้นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นชั้นข้อมูลที่มีความเหมาะสมเชิงพื้นที่สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จากนั้นทำการแบ่งระดับความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ความเหมาะสมต่ำ พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ พื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง และพื้นที่ความเหมาะสมสูง ดังสมการที่ 2

$$\text{ระดับความเหมาะสม} = \frac{\text{ค่าสูงสุด} - \text{ต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้นความเหมาะสม}} \dots\dots\dots (2)$$

2.7 จัดทำแผนที่ระดับความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและพื้นที่ห้ามเลี้ยง

3. การกำหนดพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

3.1 การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต ได้รับการสนับสนุนข้อมูลอุณหภูมิในลักษณะ text files โดยให้ผลการคำนวณอุณหภูมิแบบรายวัน จากศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2552) ซึ่งได้ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) และย่อยส่วนแบบจำลองจากระดับโลกสู่ภูมิภาค

(downscale) รวมถึงทดลองและเปรียบเทียบผลกับแบบจำลองอื่น โดยมีช่วงเวลาปีฐานในการเปรียบเทียบความถูกต้อง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 - 1989 และได้คาดการณ์ลักษณะภูมิอากาศในรอบ 90 ปีข้างหน้าของประเทศไทย ในปี ค.ศ. 2010 - 2099 ดำเนินการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกลุ่มน้ำบางปะกงในอนาคต ตลอดจนทำการวิเคราะห์จำนวนวันที่มีอากาศเย็น (cold day) ซึ่งหมายความว่า จำนวนวันที่มีอุณหภูมิต่ำสุดของวันต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส และจำนวนวันที่มีอากาศร้อน (hot day) ซึ่งหมายความว่า จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดของวันสูงกว่าหรือเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส ตัวแปรทั้งสองถือเป็นดัชนีชี้วัดด้านอุณหภูมิที่สำคัญ แสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละช่วงทศวรรษ

3.2 การจัดทำภาพฉายอนาคต (scenario) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดำเนินการโดยจัดทำภาพฉายอนาคตในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยวิธีการแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (interpolation) โดยวิธี kriging ของอุณหภูมิในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s หรืออีก 90 ปีข้างหน้า เพื่อศึกษาขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอนาคตเปรียบเทียบกับช่วงเวลาปัจจุบัน จากนั้นนำชั้นข้อมูลพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบันมาทำการวิเคราะห์ร่วมกันด้วยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay technique) ผลที่ได้คือ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

3.3 การกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต ซึ่งทำการพิจารณาความเหมาะสมเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำบางปะกงที่มีต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งร่วมกับขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ได้จากการจัดทำภาพฉายอนาคต (scenario) เพื่อเสนอแนวทางการปรับตัวและรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

ผลและวิจารณ์

ผล

1. พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง

การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยทำการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1 : 25,000 ในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ประกอบด้วย นาข้าว มากที่สุด มีพื้นที่ประมาณ 1,240,922.69 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 22.76 รองลงมา ได้แก่ ไม้ยืนต้นและไม้ผล คือ 828,383.20 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.20 และ 794,143.12 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.57 ตามลำดับ การใช้ที่ดินทางการเกษตรกรรมพบว่า พื้นที่เกือบทั้งหมดที่ใช้เพื่อการเกษตรเป็นนาข้าว พืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้นเป็นหลัก ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554

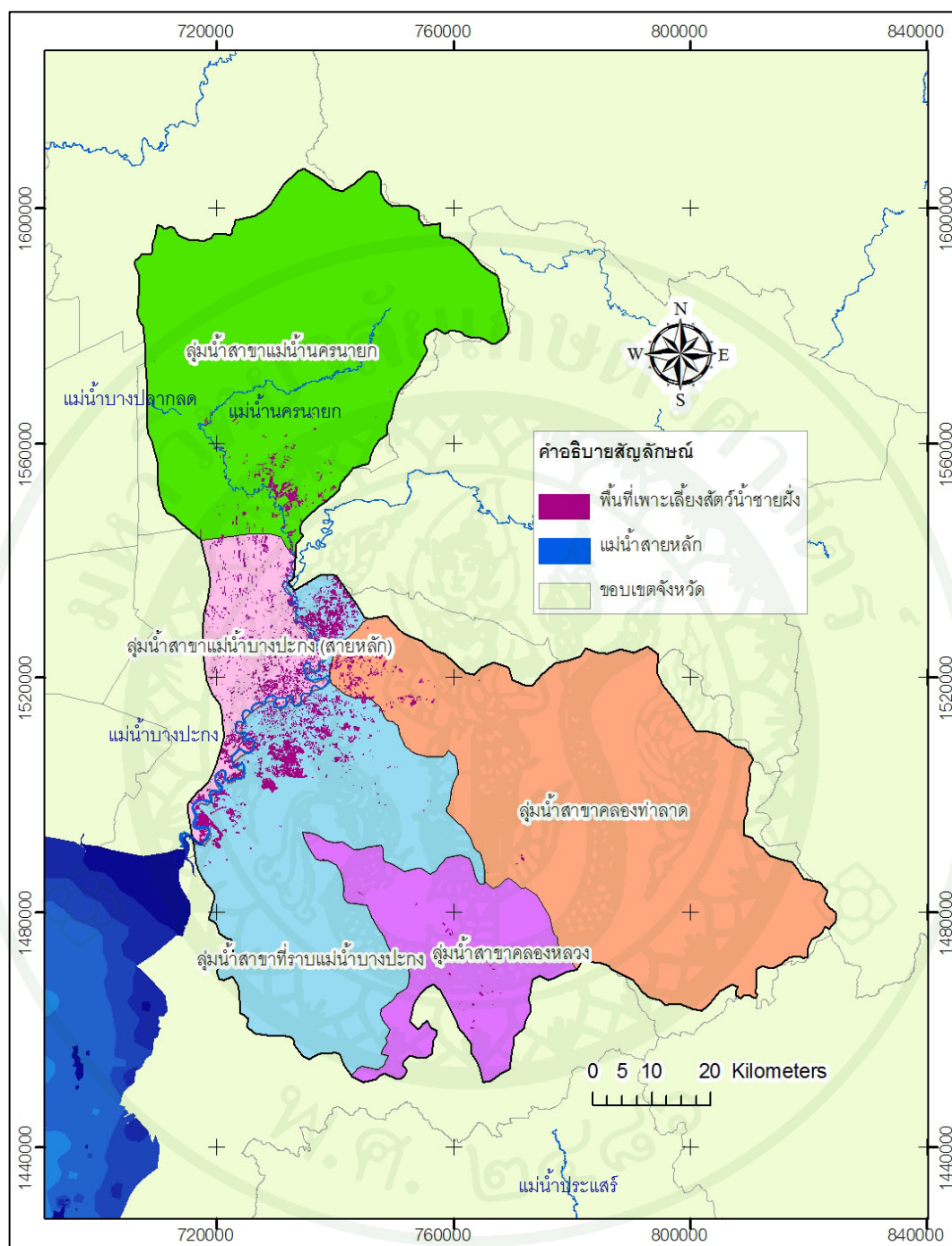
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
นาข้าว	1,985,476,422.60	1,240,922.69	22.76
ไม้ยืนต้น	1,325,412,995.25	828,383.20	15.20
พืชไร่	1,270,629,051.57	794,143.12	14.57
ไม้ผล	356,169,114.10	222,605.72	4.08
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	553,970,027.24	346,230.95	6.35
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้าง	48,981,002.74	30,613.07	0.56
พืชผัก ไม้ดอก	20,819,650.30	13,012.34	0.24
ปศุสัตว์	89,827,272.67	56,142.25	1.03
ป่าไม้	1,658,734,921.26	1,036,709.41	19.02
เมือง หมู่บ้าน และชุมชน	733,056,925.16	458,160.88	8.40
แม่น้ำ แหล่งน้ำ	181,360,106.32	113,350.09	2.08
อื่นๆ	497,568,910.80	310,980.28	5.70
รวม	8,722,006,400.00	5,451,254.00	100.00

สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง มีสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประมาณ 346,230.95 ไร่ หรือร้อยละ 6.35 ของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง นอกจากนี้ ยังพบว่า มีสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้างประมาณ 30,613.07 ไร่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งโดยจำแนกจากข้อมูลสถานที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล พบว่า ลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 165,095.95 ไร่ โดยมีการกระจายตัวหนาแน่นบริเวณสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกง โดยลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกงมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมากที่สุด คือ ประมาณ 87,467.32 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.98 ของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั้งหมดในลุ่มน้ำบางปะกง รองลงมา คือ ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกง (สายหลัก) มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประมาณ 47,519.05 ไร่ (ร้อยละ 28.78) ส่วนลุ่มน้ำสาขานครนายกมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 16,066.47 ไร่ (ร้อยละ 9.73) ลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาดมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 12,366.26 ไร่ (ร้อยละ 7.49) และลุ่มน้ำสาขาคลองหลวงมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 1,676.85 ไร่ (ร้อยละ 1.02) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 12 และภาพที่ 11

ตารางที่ 12 พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554

ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	
	ไร่	ร้อยละ
ลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกง	87,467.32	52.98
ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกง (สายหลัก)	47,519.05	28.78
ลุ่มน้ำสาขานครนายก	16,066.47	9.73
ลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาด	12,366.26	7.49
ลุ่มน้ำสาขาคลองหลวง	1,676.85	1.02
รวม	165,095.95	100.00



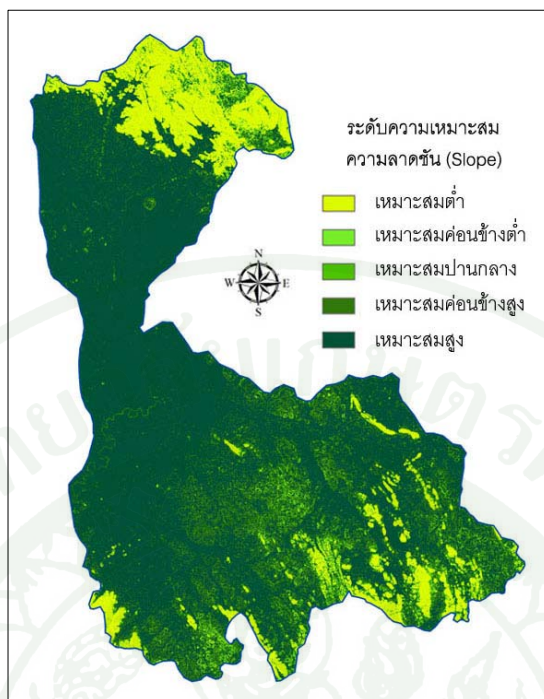
ภาพที่ 11 พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554

2. พื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

การศึกษาความเหมาะสมเชิงพื้นที่สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกจากการประชุมคณะผู้เชี่ยวชาญ และได้ทำการกำหนดระดับความเหมาะสมภายในและค่าคะแนนในแต่ละระดับความเหมาะสมของตัวแปร (rating) และค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร (weighting) การศึกษาครั้งนี้นำปัจจัยกายภาพที่เปลี่ยนแปลงได้ยากมาพิจารณาเป็นหลัก ประกอบด้วย ตัวแปรด้านสภาพพื้นที่/ลักษณะภูมิประเทศ จำนวน 2 ตัวแปร คือ ความลาดชัน (slope) และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) ตัวแปรด้านคุณสมบัติดิน ประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) และลักษณะเนื้อดิน (texture) และสุดท้ายคือ ตัวแปรด้านสภาพอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ข้อมูลทั้งหมดจะได้รับการอ้างอิงจุดควบคุมทางพื้นที่ในระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) พื้นหลักฐานแบบ WGS84 และให้ค่าคะแนนในแต่ละระดับความเหมาะสมของตัวแปรที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ขนาดตารางกริด (grid) 25x25 เมตร เนื่องจากเป็นความละเอียดเชิงพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นๆ ที่มาตราส่วน 1 : 50,000 ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) รายละเอียดผลการศึกษาแต่ละตัวแปรมีดังนี้

1) ความลาดชัน (slope) จากการศึกษพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำบางปะกงมีความลาดชันไม่เกิน 5% ซึ่งจัดอยู่ในช่วงความลาดชันที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ยกเว้นบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำนครนายก และพื้นที่ตอนล่างของกลุ่มน้ำสาขาลองท่าลาดและคลองหลวง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ที่มีความลาดชันสูงและไม่เหมาะสมในการดำเนินกิจกรรมดังกล่าว ดังแสดงในภาพที่ 12

2) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) พื้นที่กลุ่มน้ำบางปะกงมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 2.30 ถึง 1,062.07 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งอยู่ในช่วงภูมิประเทศที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่ควรอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด 1 - 3 เมตรหรืออย่างน้อย 1 เมตร เพื่อประโยชน์ในการถ่ายน้ำและการจับสัตว์น้ำ รายละเอียดระดับความเหมาะสมแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 12 ระดับความเหมาะสมของความลาดชัน (slope)



ภาพที่ 13 ระดับความเหมาะสมของความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation)

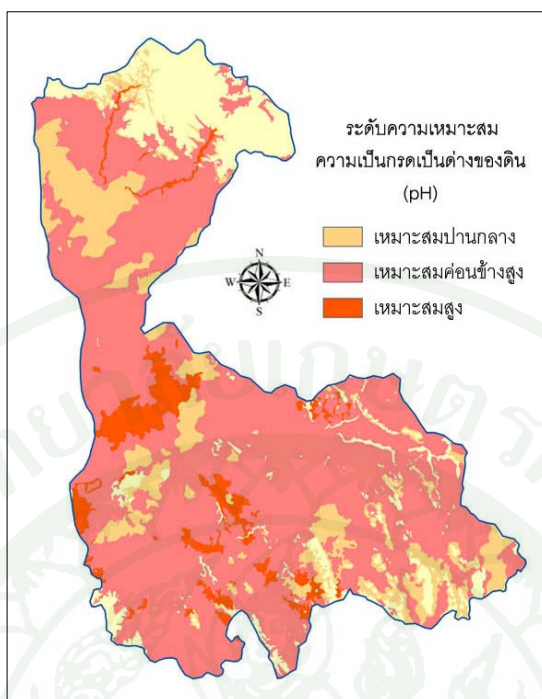
3) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) พื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำบางปะกงมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อยู่ในช่วง 4.0 - 8.5 ซึ่งจัดเป็นปฏิกิริยาดินที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยค่าปฏิกิริยาดินที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอยู่ระหว่าง 6.5 - 8.5 เนื่องจากมีผลต่อการเตรียมบ่อ เตรียมสีน้ำ และต้นทุนการเลี้ยง ค่าความเหมาะสมแสดงในภาพที่ 14

4) ลักษณะเนื้อดิน (texture) เนื้อดินที่เหมาะสมควรเป็นดินที่มีปริมาณดินเหนียวมากพอที่จะทำให้สามารถอุ้มน้ำและก่อสร้างบ่อได้ โดยพื้นที่ตอนล่างของกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำนครนายกและกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกง (สายหลัก) รวมถึงตอนบนของกลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกงส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวและดินเหนียวปนทราย จึงมีความเหมาะสมสูงถึงค่อนข้างสูง ส่วนกลุ่มน้ำสาขาท่าลาดและกลุ่มน้ำสาขาคลองหลวงมีความเหมาะสมปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 15

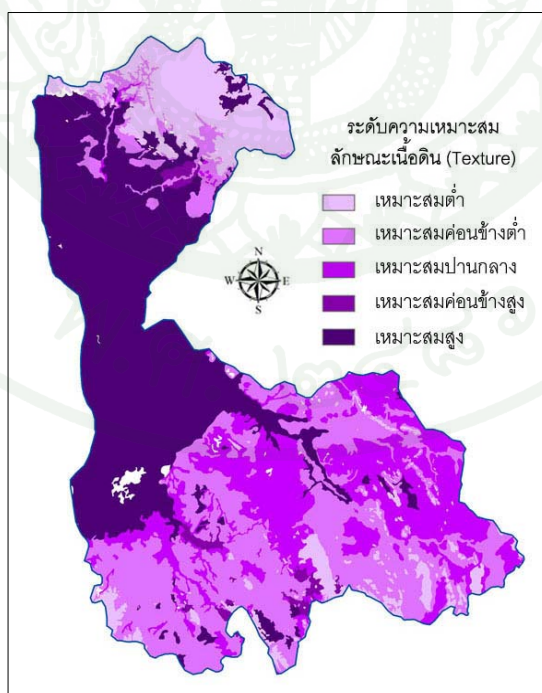
5) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (annual rainfall) จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2524 - 2553) พบว่า กลุ่มน้ำบางปะกงมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 1,222.80 - 1,780.09 มิลลิเมตรต่อปี และพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในระดับปานกลาง ดังแสดงในภาพที่ 16

เมื่อนำชั้นข้อมูลระดับความเหมาะสมของตัวแปรทั้ง 5 ตัวแปรมาทำการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (potential surface analysis, PSA) ด้วยแบบจำลอง weight-rating score models โดยกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร (weighting) ดังสมการที่ 3

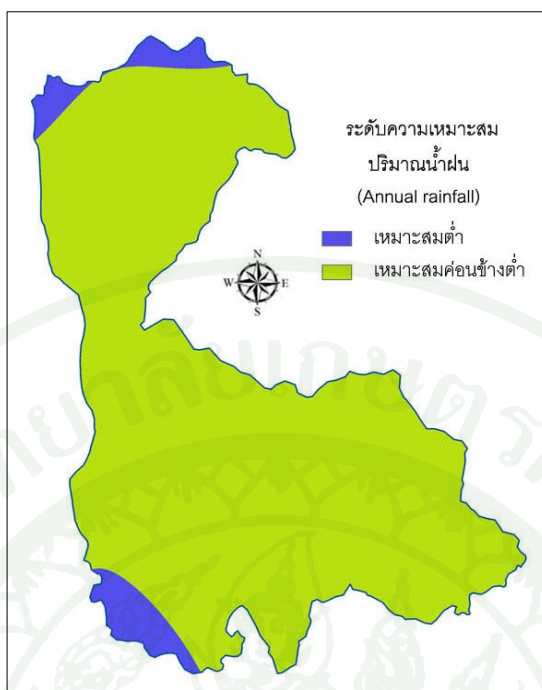
$$A = 0.215 (\text{slope}) + 0.285 (\text{elevation}) + 0.167 (\text{pH}) + 0.167 (\text{texture}) + 0.167 (\text{annual rainfall}) \dots\dots\dots (3)$$



ภาพที่ 14 ระดับความเหมาะสมของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)



ภาพที่ 15 ระดับความเหมาะสมของลักษณะเนื้อดิน (texture)



ภาพที่ 16 ระดับความเหมาะสมของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (annual rainfall)

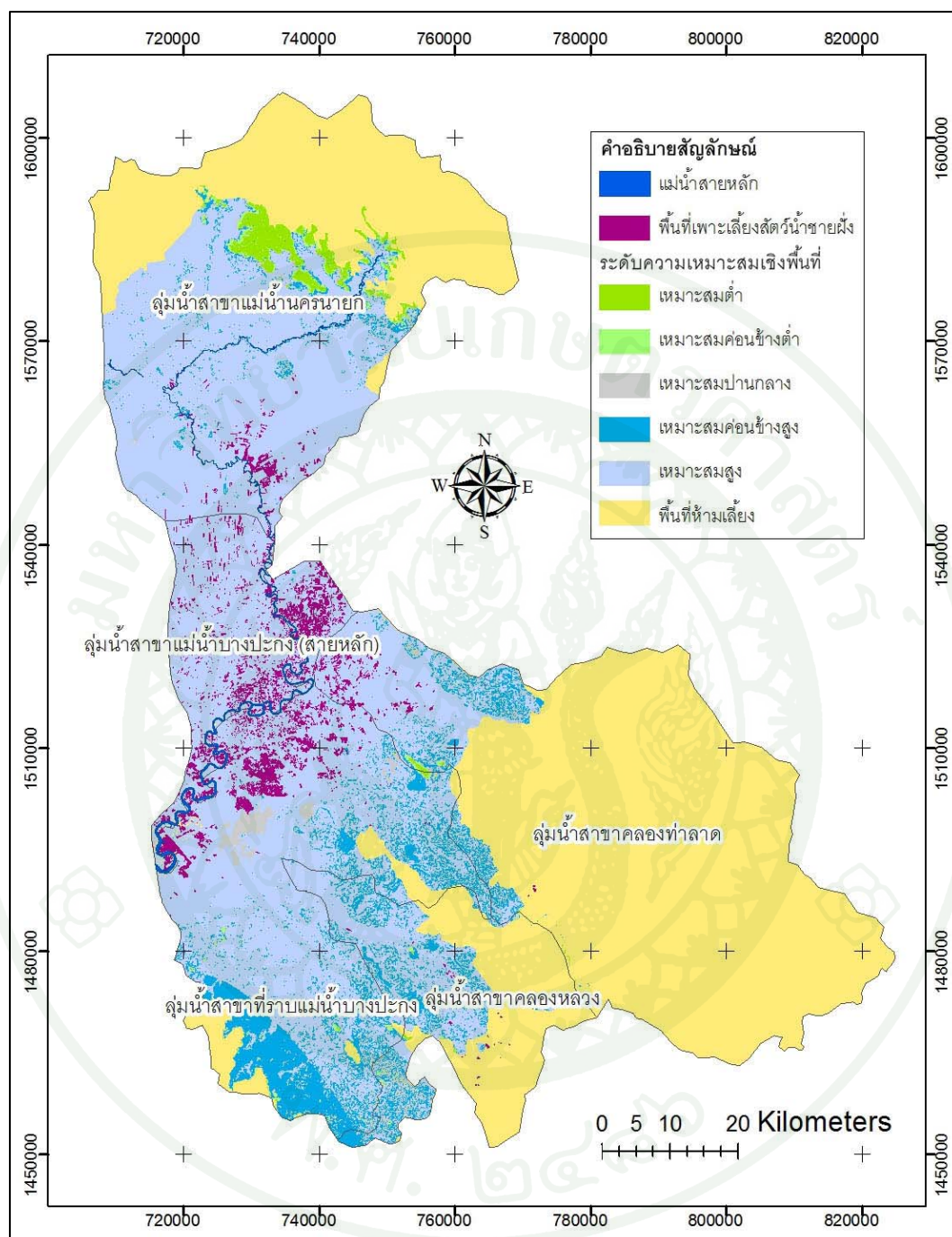
ผลลัพธ์ที่ได้คือ ชั้นข้อมูลแสดงค่าคะแนนความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ซึ่งต้องดำเนินการกันพื้นที่ห้ามเลี้ยงหรือพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมออก ประกอบด้วย พื้นที่ป่าชายเลน แนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ เขตห้ามล่าสัตว์ป่า และพื้นที่รองรับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเข้มต่ำตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 จากนั้นทำการแบ่งระดับความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ความเหมาะสมต่ำ พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ พื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง และพื้นที่ความเหมาะสมสูง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ความเหมาะสมสูง มีพื้นที่ประมาณ 3,245,823.61 ไร่ (ร้อยละ 59.54) พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง 538,491.51 ไร่ (ร้อยละ 9.88) พื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง 98,081.03 ไร่ (ร้อยละ 1.80) พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ 52,261.64 ไร่ (ร้อยละ 0.96) และพื้นที่ความเหมาะสมต่ำ 409,162.69 ไร่ (ร้อยละ 7.51) ส่วนพื้นที่ห้ามเลี้ยงหรือพื้นที่กันออก ซึ่งถือเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมมีพื้นที่ประมาณ 1,107,433.52 ไร่ (ร้อยละ 20.32)

โดยเมื่อนำพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลระดับความเหมาะสม พบว่า มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตั้งอยู่ในพื้นที่ความเหมาะสมสูง 135,937.60 ไร่ (ร้อยละ 82.34) ตั้งอยู่ในพื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง 19,141.69 ไร่ (ร้อยละ 11.59) และตั้งอยู่ในพื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง 218.66 ไร่ (ร้อยละ 0.13) และเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมหรือพื้นที่ห้ามเลี้ยง พบว่า มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตั้งอยู่ในพื้นที่ห้ามเลี้ยง 9,798.00 ไร่ ในจำนวนนี้ ตั้งอยู่ในแนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ 735.03 ไร่ แนวเขตป่าชายเลน 8,811.89 ไร่ และอยู่ในพื้นที่ระงับการเพาะเลี้ยงกึ่งอุตสาหกรรมความเค็มต่ำตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ประมาณ 251.08 ไร่ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 13 และภาพที่ 17

ตารางที่ 13 ระดับความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในความเหมาะสมระดับต่างๆ

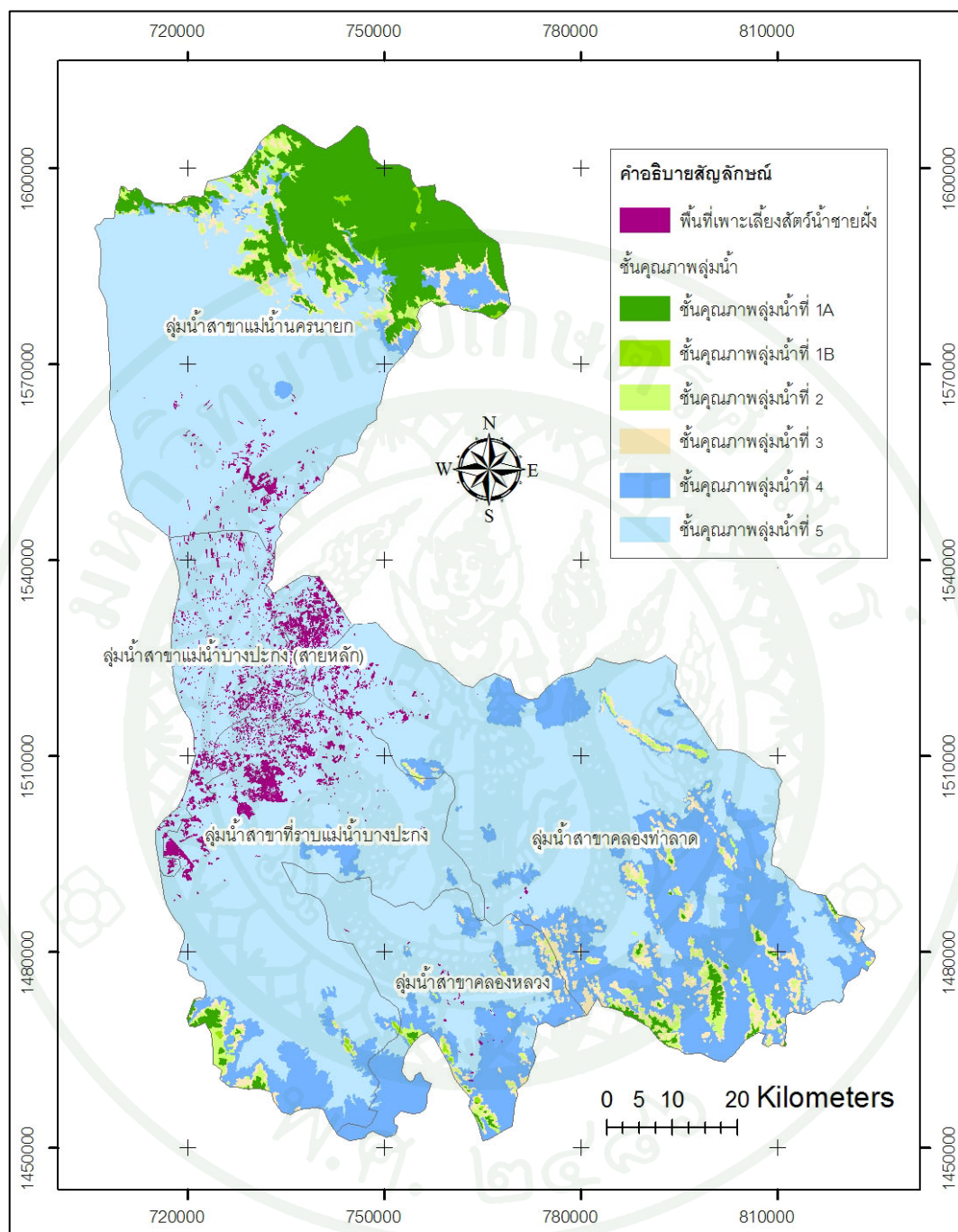
ระดับความเหมาะสม เชิงพื้นที่	พื้นที่ความเหมาะสม (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ (ไร่)	ร้อยละ
ความเหมาะสมสูง	3,245,823.61	59.54	135,937.60	82.34
ความเหมาะสมค่อนข้างสูง	538,491.51	9.88	19,141.69	11.59
ความเหมาะสมปานกลาง	98,081.03	1.80	218.66	0.13
ความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ	52,261.64	0.96	0.00	0.00
ความเหมาะสมต่ำ	409,162.69	7.51	0.00	0.00
พื้นที่กันออก/ไม่เหมาะสม	1,107,433.52	20.32	9,798.00	5.93
รวม	5,451,254.00	100.00	165,095.95	100.00

อย่างไรก็ดี เมื่อนำพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งไปพิจารณาร่วมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พบว่า พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งส่วนใหญ่อยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ประมาณ 164,501.60 ไร่ (ร้อยละ 99.64) และอยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 ประมาณ 594.35 ไร่ (ร้อยละ 0.36) ส่วนชั้นคุณภาพลุ่มน้ำอื่นๆ ไม่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง รายละเอียดแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 17 ระดับความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง
เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

หมายเหตุ: พื้นที่ห้ามเลี้ยง ประกอบด้วย พื้นที่ป่าชายเลน แนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ
เขตห้ามล่าสัตว์ป่า และพื้นที่ระงับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำตามมาตรา 9
แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535



ภาพที่ 18 พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นต่างๆ

3. พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

3.1 การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

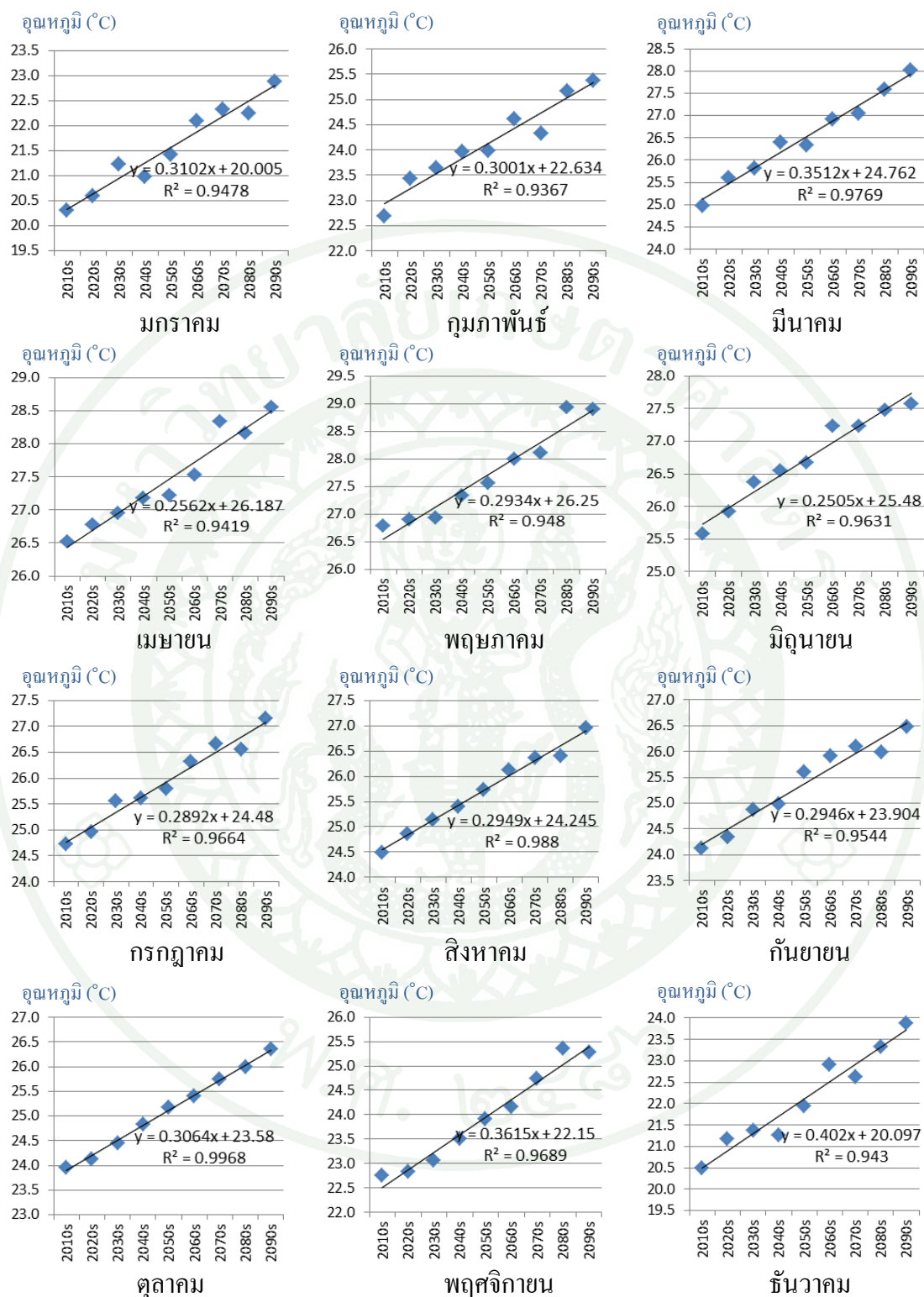
การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงได้รับการสนับสนุนข้อมูลอุณหภูมิในลักษณะของ text files ซึ่งให้ผลการคำนวณอุณหภูมิแบบรายวัน จากศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2552) ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) และย่อยส่วนแบบจำลองจากระดับโลกสู่ภูมิภาค (downscale) รวมถึงทดลองและเปรียบเทียบผลกับแบบจำลองอื่น การจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตเป็นการจำลองสภาพอากาศที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 0.22° หรือประมาณ 25 กิโลเมตร และได้เปรียบเทียบความถูกต้องกับข้อมูลสภาพอากาศที่ได้จากการตรวจวัดโดยใช้ช่วงปีฐานในการเปรียบเทียบความถูกต้องในช่วงเวลา 30 ปี คือ ปี ค.ศ. 1960 - 1999 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตภายใต้สภาวะโลกร้อน ซึ่งได้คาดการณ์ลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลา 90 ปี คือ ช่วงปี ค.ศ. 2010 - 2099

แบบจำลองสภาพอากาศ PRECIS เป็นแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Climate Models; RCMs) ที่พัฒนาขึ้นที่ The Met Office Hadley Center for Climate Prediction and Research ประเทศอังกฤษ การศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์บนสมมุติฐานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคตภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแบบจำลอง IPCC SRES ScenarioB2 กล่าวคือ แบบจำลอง B2 กล่าวว่า แต่ละประเทศจะให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความเสมอภาคทางสังคมมากขึ้น และได้รับอิทธิพลจากการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับภูมิภาคมากกว่ากระแสโลกาภิวัตน์ (IPCC, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่มีการส่งเสริมจากรัฐบาล และได้บรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (2550 - 2554) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550; อ้างตามยงยุทธ และคณะ, 2553) ผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดในลุ่มน้ำบางปะกงในช่วงปี ค.ศ. 2010 - 2099 (พ.ศ. 2553 - 2642) พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดในทุกทศวรรษและทุกช่วงเดือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจน

มากกว่าอุณหภูมิสูงสุด รายละเอียดแสดงในตารางที่ 14 และภาพที่ 19 และตารางที่ 15 และภาพที่ 20 สอดคล้องกับผลการศึกษาของนงกรณ์ (2545) ที่ทำการ ศึกษาดัชนีและแนวโน้มของฝนและ อุณหภูมิที่ผิดปกติในประเทศไทย ซึ่งพบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้น ในหลายๆ พื้นที่ของโลกเป็นการ เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุดมากกว่าอุณหภูมิสูงสุด

ตารางที่ 14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)

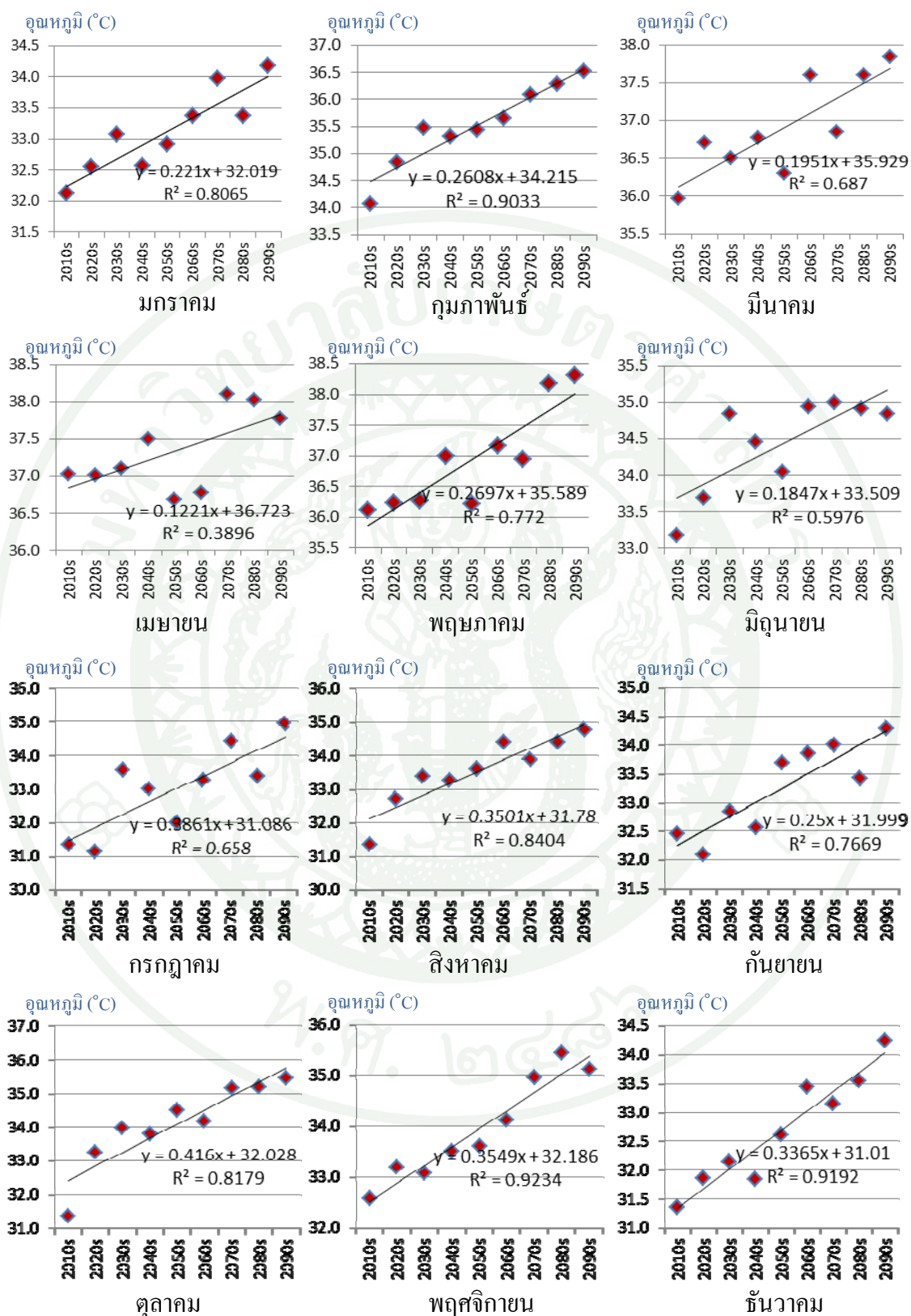
เดือน	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน (°C)								
	2010s	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s
ม.ค.	20.29	20.58	21.22	20.97	21.42	22.08	22.31	22.23	22.89
ก.พ.	22.68	23.43	23.65	23.97	23.99	24.61	24.33	25.17	25.38
มี.ค.	24.97	25.60	25.81	26.41	26.33	26.91	27.04	27.59	28.01
เม.ย.	26.52	26.78	26.95	27.18	27.22	27.53	28.33	28.16	28.55
พ.ค.	26.79	26.89	26.94	27.33	27.56	28.00	28.11	28.93	28.90
มิ.ย.	25.58	25.91	26.38	26.55	26.67	27.23	27.23	27.47	27.57
ก.ค.	24.73	24.95	25.57	25.62	25.79	26.31	26.66	26.56	27.14
ส.ค.	24.49	24.86	25.13	25.40	25.73	26.13	26.37	26.41	26.95
ก.ย.	24.13	24.35	24.87	24.98	25.60	25.91	26.09	25.98	26.48
ต.ค.	23.95	24.13	24.44	24.83	25.18	25.40	25.74	25.99	26.35
พ.ย.	22.76	22.83	23.06	23.50	23.92	24.17	24.74	25.36	25.27
ธ.ค.	20.49	21.18	21.37	21.26	21.94	22.91	22.62	23.32	23.88



ภาพที่ 19 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)

ตารางที่ 15 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง
ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)

เดือน	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน (°C)								
	2010s	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s
ม.ค.	32.12	32.55	33.07	32.57	32.91	33.37	33.98	33.37	34.17
ก.พ.	34.07	34.85	35.47	35.32	35.43	35.65	36.09	36.27	36.52
มี.ค.	35.96	36.71	36.50	36.77	36.29	37.61	36.85	37.60	37.84
เม.ย.	37.03	37.01	37.10	37.49	36.68	36.77	38.11	38.03	37.78
พ.ค.	36.11	36.24	36.26	37.00	36.22	37.17	36.94	38.18	38.32
มิ.ย.	33.18	33.69	34.85	34.46	34.04	34.94	35.00	34.91	34.84
ก.ค.	31.35	31.14	33.57	33.01	32.01	33.28	34.42	33.39	34.96
ส.ค.	31.36	32.70	33.37	33.27	33.59	34.41	33.88	34.42	34.78
ก.ย.	32.45	32.09	32.85	32.57	33.70	33.87	34.00	33.42	34.29
ต.ค.	31.36	33.26	33.99	33.81	34.52	34.20	35.17	35.19	35.47
พ.ย.	32.60	33.20	33.07	33.50	33.61	34.13	34.96	35.45	35.13
ธ.ค.	31.36	31.86	32.15	31.85	32.62	33.44	33.15	33.55	34.24



ภาพที่ 20 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)

การศึกษาดัชนีชี้วัดอุณหภูมิด้านจำนวนวันที่มีอากาศเย็น (cold day) และจำนวนวันที่มีอากาศร้อน (hot day) ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดในอนาคตในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งทางอุตุวิทยามักใช้อุณหภูมิสูงสุดเป็นดัชนีชี้วัดสภาวะอุณหภูมิของช่วงกลางวัน และอุณหภูมิต่ำสุดเป็นดัชนีชี้วัดอุณหภูมิช่วงกลางคืน (นงคณาถ, 2545) จากผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s ดังตารางที่ 14 และ 15 ทำให้สามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า อุณหภูมิช่วงกลางคืนมีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจนมากกว่าอุณหภูมิช่วงกลางวัน ผลการศึกษาดังกล่าวมีผลกระทบต่อการกินอาหารของสัตว์น้ำในเวลากลางคืน เนื่องจากในภาวะปกติ ระบบนิเวศในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีปริมาณออกซิเจนลดลงในช่วงเวลากลางคืน อันเนื่องมาจากการใช้ออกซิเจนในการหายใจของเพลงก์ตอนพืช การใช้ออกซิเจนของสัตว์น้ำ ตลอดจนแบคทีเรียกลุ่ม Heterotrophic และ Autotrophic ที่ต้องใช้ออกซิเจนเพื่อการดำรงชีวิต

การศึกษาจำนวนวันที่มีอากาศเย็น (cold day) และจำนวนวันที่มีอากาศร้อน (hot day) ในรอบปี ผลการศึกษาพบว่า จำนวนวันที่มีอากาศเย็น (cold day) ซึ่งหมายความถึง จำนวนวันที่มีอุณหภูมิต่ำสุดของวันต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า วันที่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนจำนวนวันที่มีอากาศร้อน (hot day) ซึ่งหมายความถึง จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดของวันสูงกว่าหรือเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลการคาดหมายแสดงให้เห็นว่า ในอนาคตฤดูร้อนจะยาวนานขึ้นกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัดและฤดูหนาวจะหดสั้นลง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 จำนวนวันที่มีอากาศเย็น (cold day) และจำนวนวันที่มีอากาศร้อน (hot day) ในรอบปี ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s (ค.ศ. 2010 - 2099)

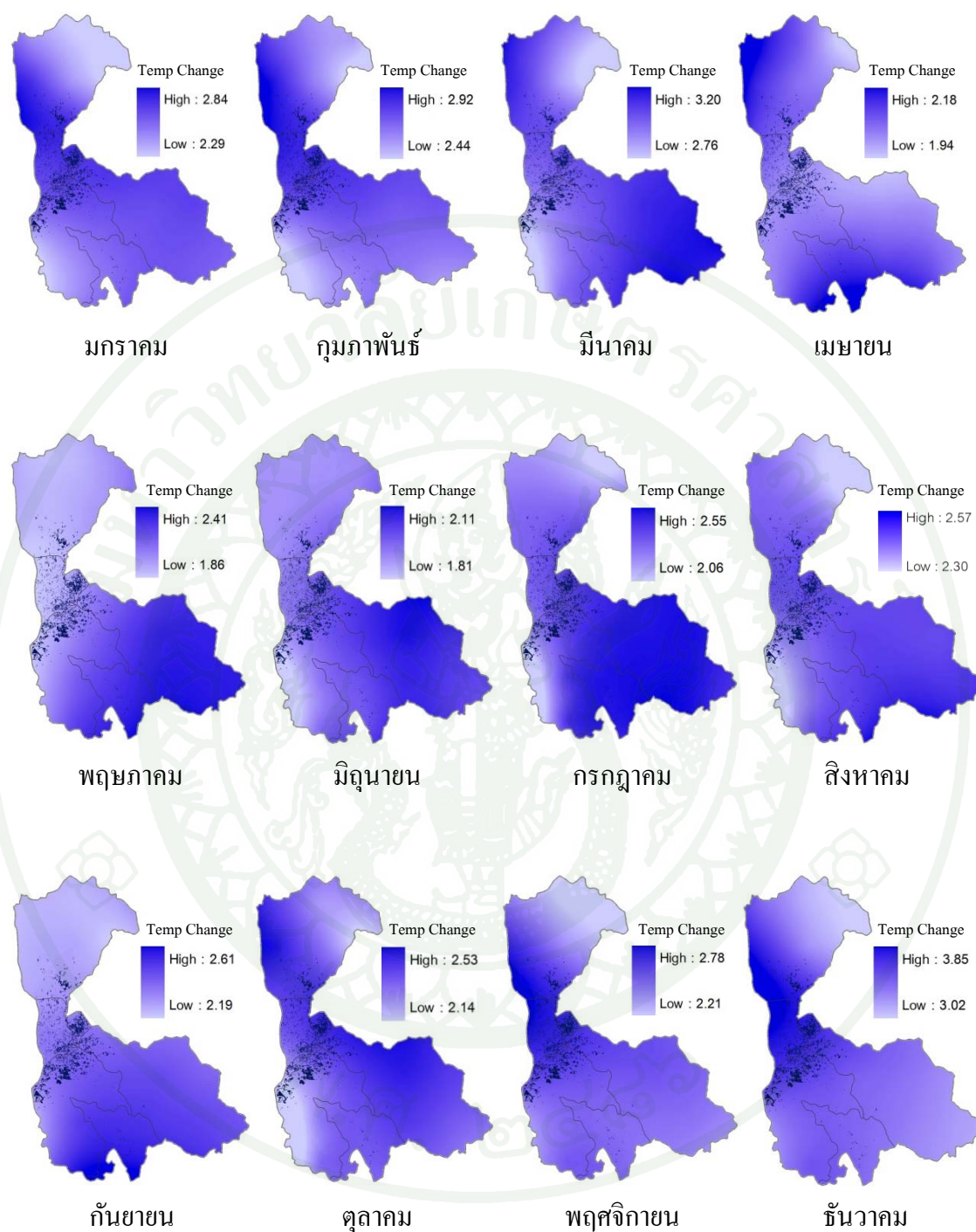
ดัชนี	จำนวน (วัน)								
	2010s	2020s	2030s	2040s	2050s	2060s	2070s	2080s	2090s
วันที่มีอากาศเย็น (cold day)	4.5	3.0	2.7	2.6	2.4	1.2	0.9	0.4	0.3
วันที่มีอากาศร้อน (hot day)	124.2	140.4	165.2	163.1	162.7	182.2	198.7	201.6	214.1

3.2 การจัดทำภาพฉายอนาคต (scenario) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและจัดทำภาพฉายอนาคต (scenario) ของตัวแปรอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ดำเนินการโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงของโลก แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (2552) ในลักษณะ text files ซึ่งให้ผลการคำนวณอุณหภูมิแบบรายวัน และมีการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตโดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 0.22° หรือประมาณ 25 กิโลเมตร นำข้อมูลดังกล่าวมาทำการแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (interpolation) โดยวิธี kriging เพื่อศึกษาแนวโน้มของอุณหภูมิในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s หรือในช่วงเวลาปัจจุบันเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในอีก 90 ปีข้างหน้า

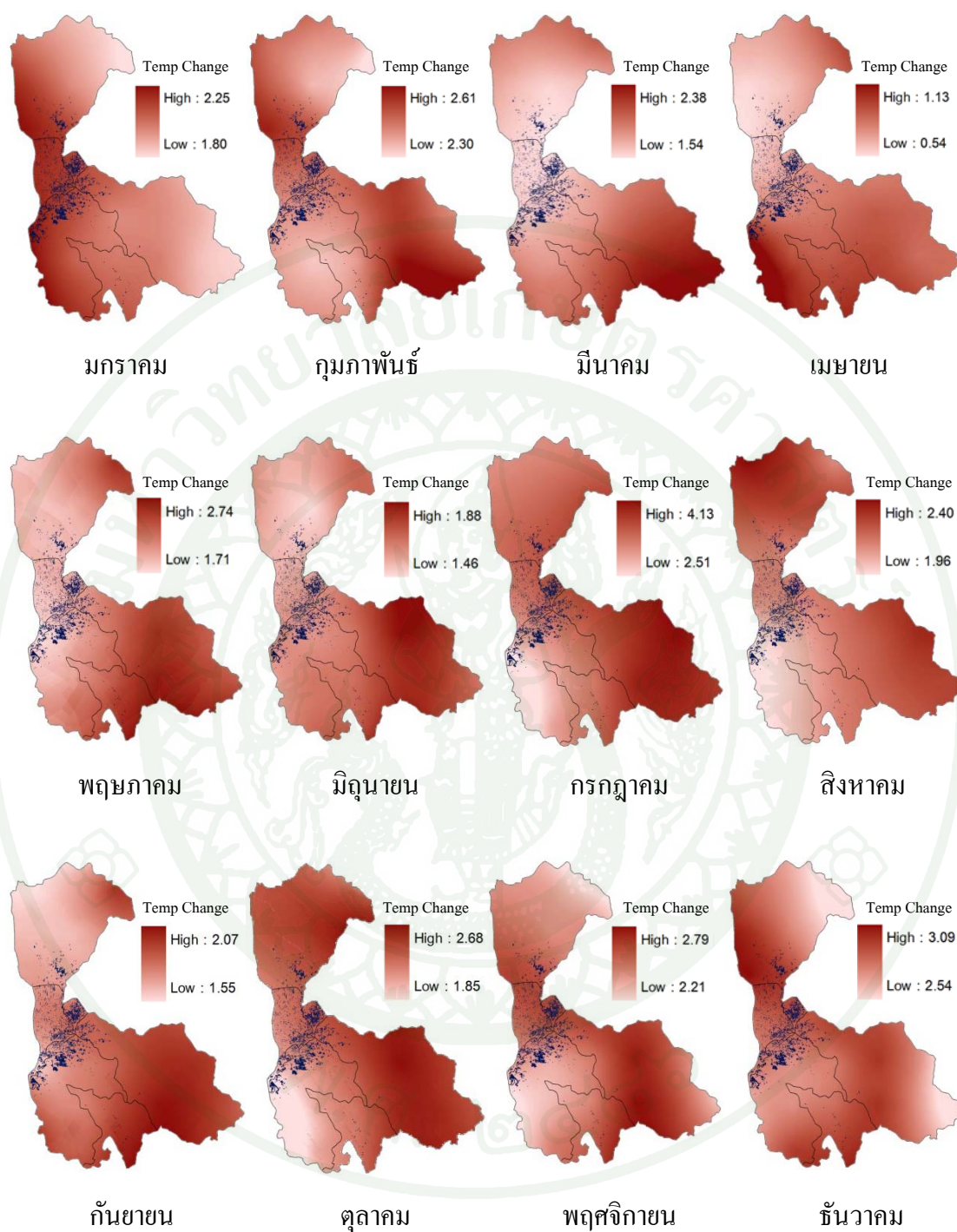
การศึกษาและจัดทำภาพฉายอนาคตของอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงแสดงในภาพที่ 21 และภาพที่ 22 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในทศวรรษที่ 2010s และ ทศวรรษที่ 2090s หรืออีก 90 ปีข้างหน้า พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2 - 3 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 17 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงทศวรรษที่ 2090s เปรียบเทียบกับช่วงเวลาปัจจุบันคือช่วงทศวรรษที่ 2010s พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 2.51 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 2.21 องศาเซลเซียส

เมื่อนำชั้นข้อมูลพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบันมาวิเคราะห์ร่วมกับภาพฉายอนาคตของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอีก 90 ปีข้างหน้า ด้วยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay technique) ผลที่ได้คือ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต ผลการศึกษาพบว่า บริเวณที่มีกิจกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณ 2 - 3 องศาเซลเซียส ในระดับใกล้เคียงกันตลอดทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ดังแสดงในภาพที่ 21 ภาพที่ 22 และตารางที่ 17



ภาพที่ 21 ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s

หมายเหตุ: บริเวณตำแหน่งที่มีสีน้ำเงินเข้มบริเวณตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำ คือ ตำแหน่งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในลุ่มน้ำบางปะกง



ภาพที่ 22 ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงทศวรรษที่ 2010s ถึง 2090s

หมายเหตุ: บริเวณตำแหน่งที่มีสีน้ำเงินเข้มบริเวณตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำ คือ ตำแหน่งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในลุ่มน้ำบางปะกง

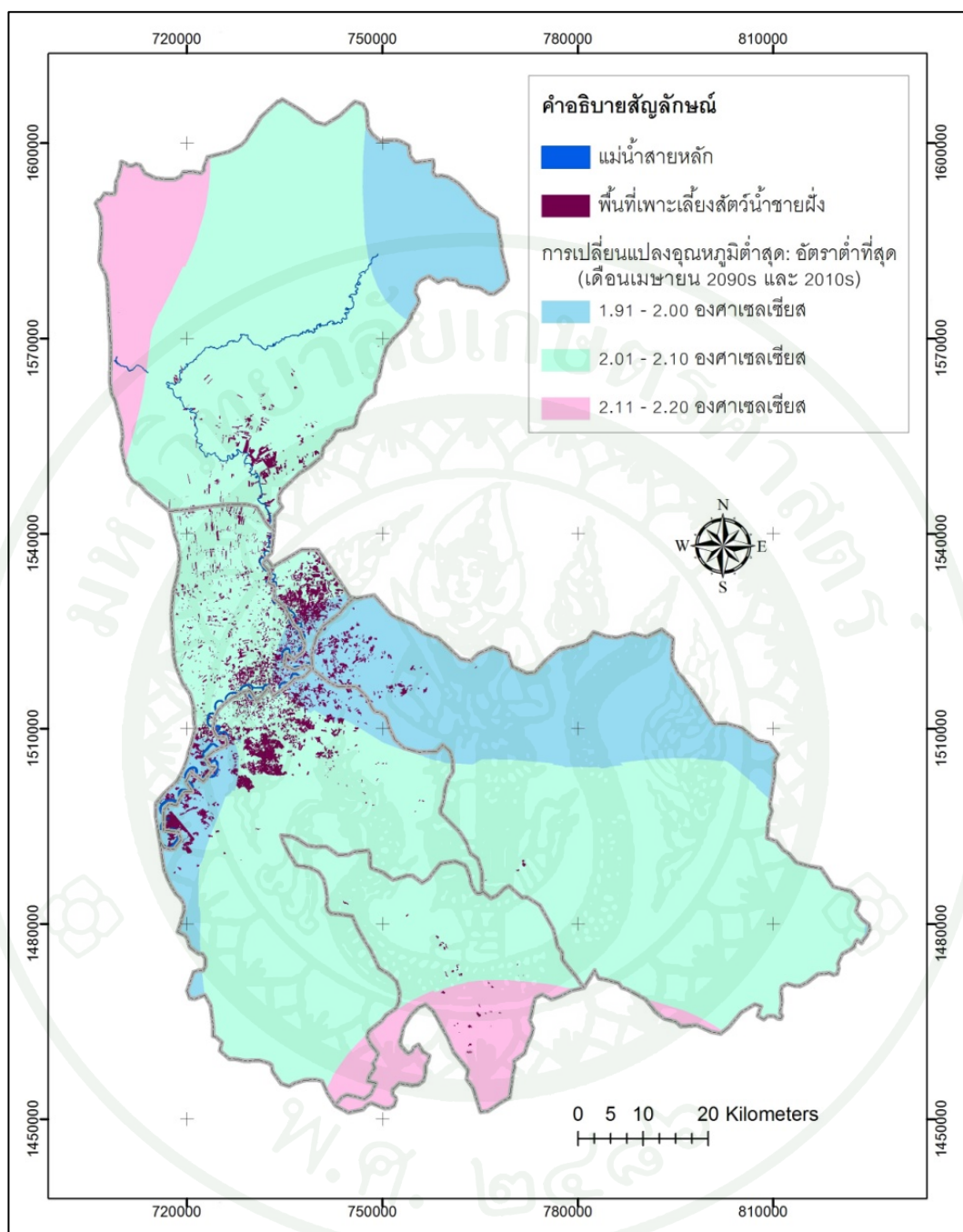
ตารางที่ 17 ขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในลุ่มน้ำบางปะกงในอีก 90 ปีข้างหน้า

เดือน	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)			อุณหภูมิสูงสุด (°C)		
	2010s	2090s	การเปลี่ยนแปลง	2010s	2090s	การเปลี่ยนแปลง
มกราคม	20.16	22.76	+ 2.60	32.18	34.22	+ 2.04
กุมภาพันธ์	22.55	25.26	+ 2.71	34.16	36.61	+ 2.45
มีนาคม	24.86	27.91	+ 3.05	36.10	37.96	+ 1.86
เมษายน	26.43	28.47	+ 2.03	37.15	37.88	+ 0.73
พฤษภาคม	26.72	28.85	+ 2.13	36.22	38.42	+ 2.19
มิถุนายน	25.50	27.51	+ 2.00	33.30	34.96	+ 1.66
กรกฎาคม	24.66	27.10	+ 2.44	31.47	35.12	+ 3.65
สิงหาคม	24.44	26.91	+ 2.47	32.74	34.94	+ 2.19
กันยายน	24.07	26.44	+ 2.37	32.57	34.40	+ 1.83
ตุลาคม	23.88	26.30	+ 2.43	33.16	35.63	+ 2.47
พฤศจิกายน	22.68	25.20	+ 2.52	32.71	35.25	+ 2.54
ธันวาคม	20.37	23.78	+ 3.40	31.43	34.32	+ 2.89
เฉลี่ย	23.86	26.37	+ 2.51	33.60	35.81	+ 2.21

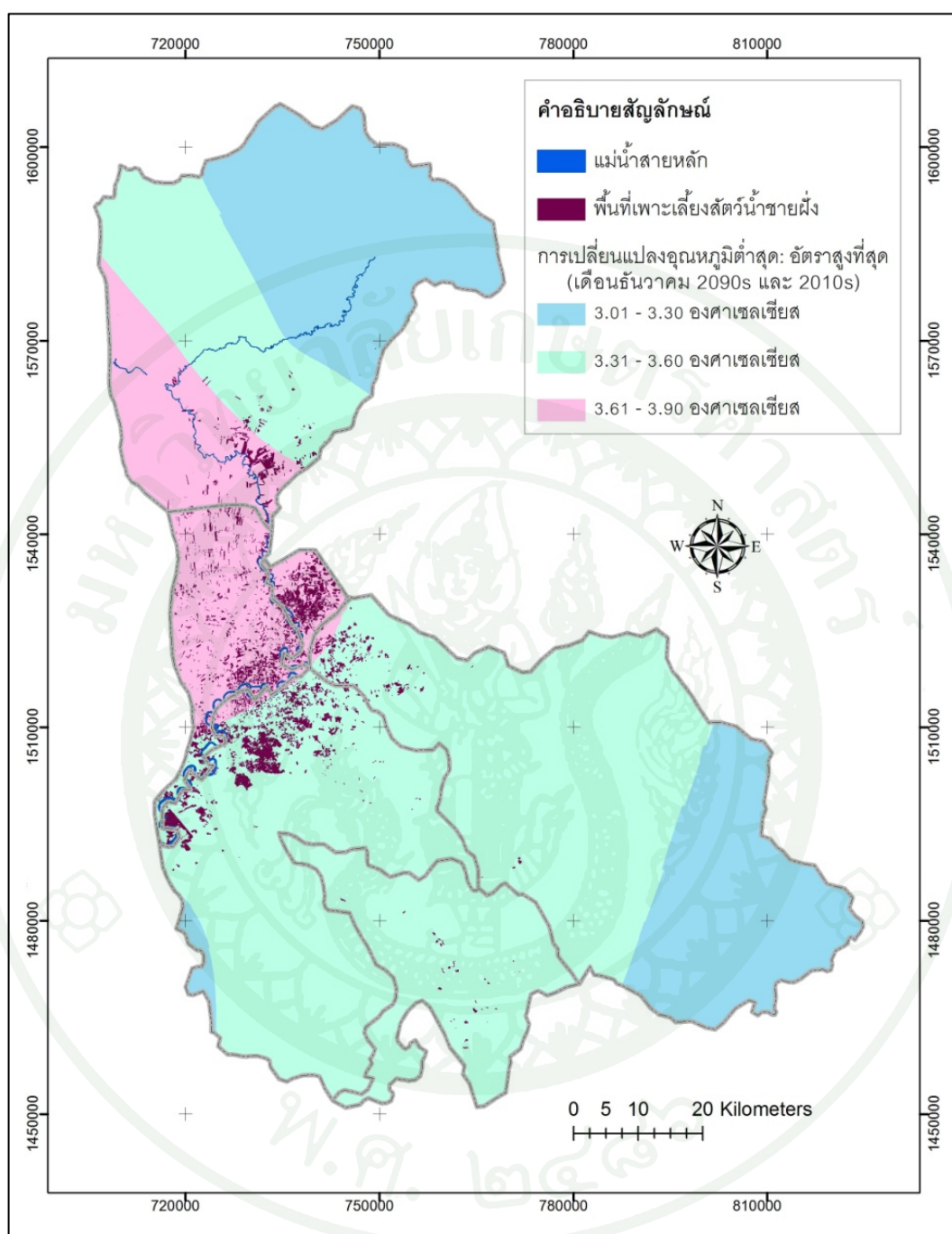
จากตารางที่ 17 สามารถจัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดร่วมกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในกรณีระดับการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดและมากที่สุดเปรียบเทียบในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับน้อยที่สุด เกิดขึ้นในเดือนเมษายน ซึ่งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.03 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 23 และการเพิ่มขึ้นในระดับมากที่สุด เกิดขึ้นในเดือนธันวาคม ซึ่งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.40 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 24

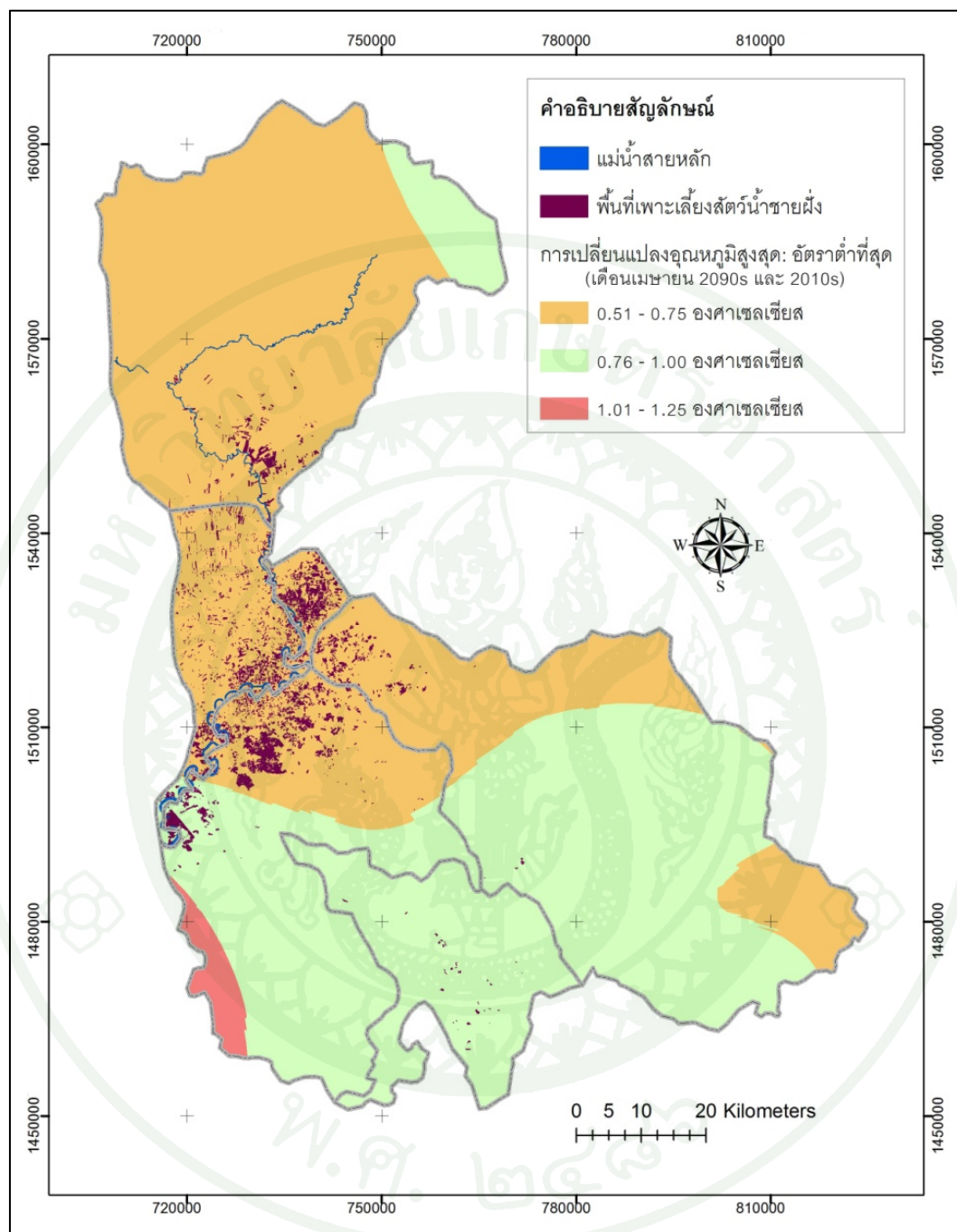
2. การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด เกิดขึ้นในเดือนเมษายน ซึ่งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.73 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 25 และการเพิ่มขึ้นในระดับมากที่สุด เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม ซึ่งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.65 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 26



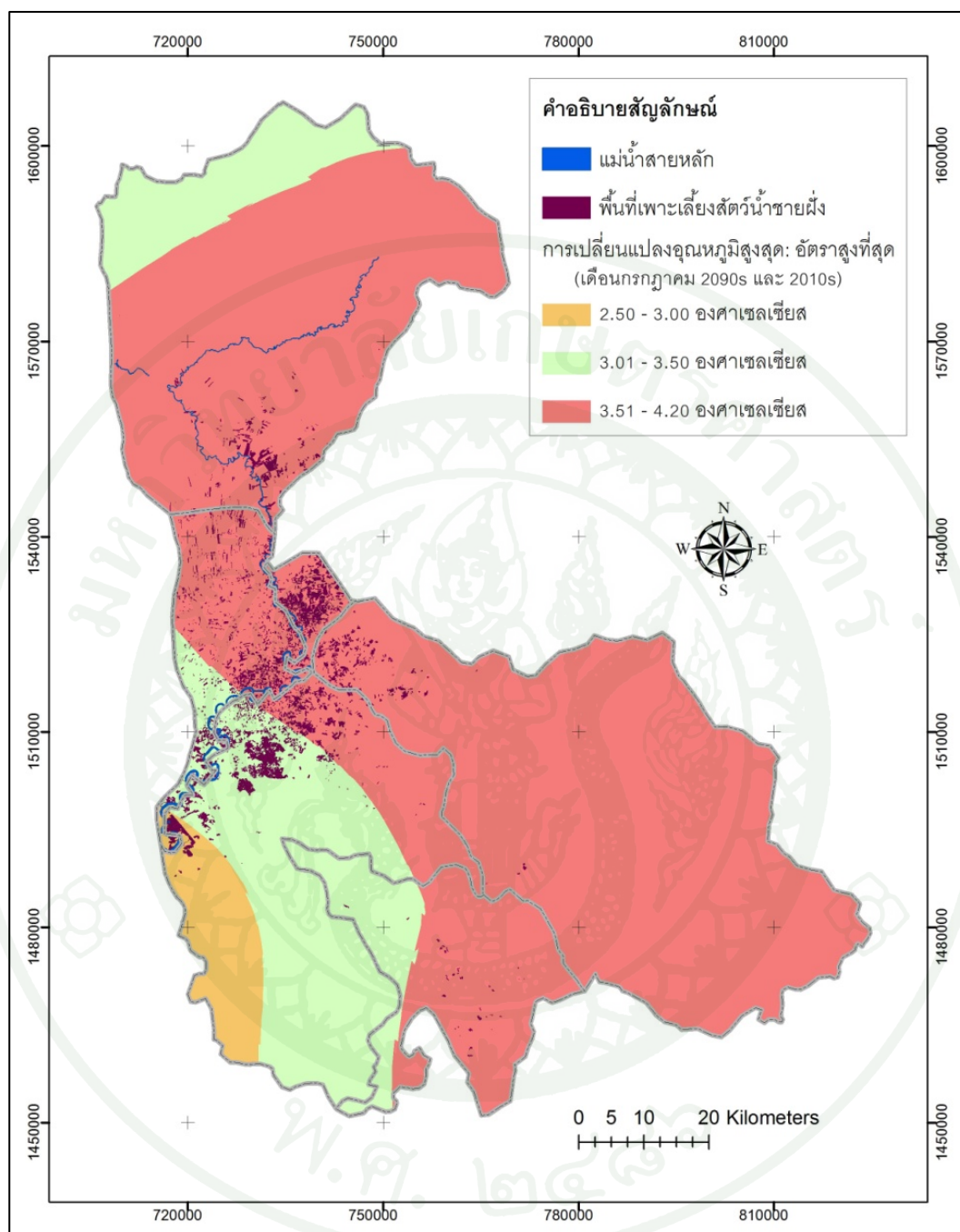
ภาพที่ 23 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง



ภาพที่ 24 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับมากที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง



ภาพที่ 25 การเพิ่มขึ้นของอุทกภัยสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s
เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

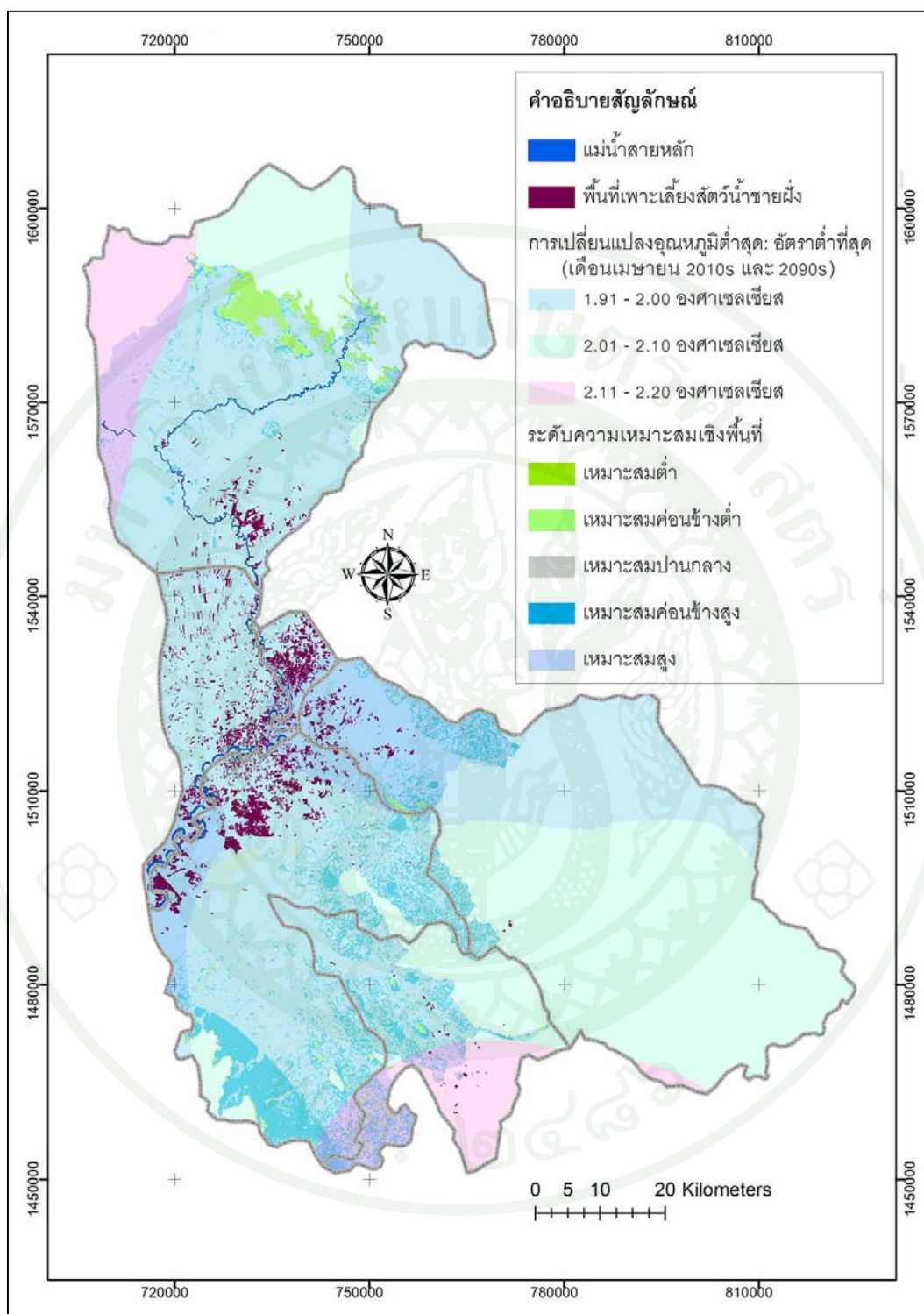


ภาพที่ 26 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s
เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

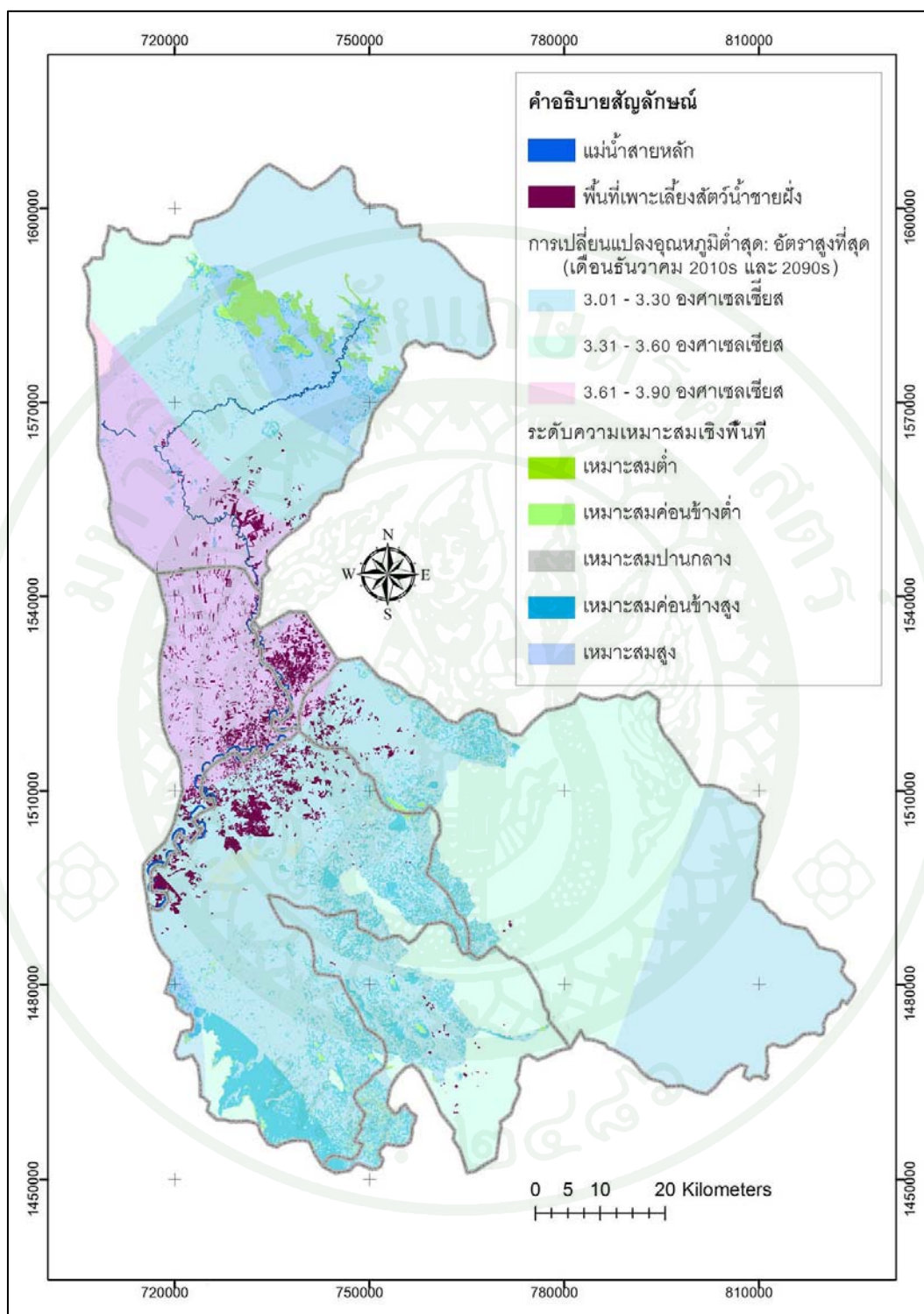
3.3 พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงปี ค.ศ. 2010 - 2099 หรืออีก 90 ปีข้างหน้า ซึ่งพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกทศวรรษและทุกช่วงเดือน โดยอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นชัดเจนมากกว่าอุณหภูมิสูงสุด และเมื่อทำการศึกษาร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในทศวรรษที่ 2010s และ 2090s พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 2 - 3 องศาเซลเซียส ในระดับใกล้เคียงกันตลอดทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตต่อพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจึงไม่มีบริเวณใดที่ได้รับผลกระทบแบบสุดโต่งหรือถือเป็นพื้นที่วิกฤต และอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในอนาคตก็อยู่ในอัตราใกล้เคียงกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในปัจจุบัน โดยการศึกษาของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change 2007; IPCC 2007) พบว่า อุณหภูมิบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.1 - 0.3 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ สอดคล้องกับผลการศึกษาของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) ที่กล่าวว่า หลังจากปี พ.ศ. 2503 เป็นต้นมา อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยสูงขึ้นประมาณ 1 องศาเซลเซียส ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอนาคตของกลุ่มน้ำบางปะกงจึงอยู่ในเกณฑ์ปกติ อีกทั้งเป็นการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว แบบค่อยเป็นค่อยไป สัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตสามารถปรับตัวได้ เว้นแต่เป็นกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างกะทันหันในช่วงสั้นๆ หรือในรอบวัน

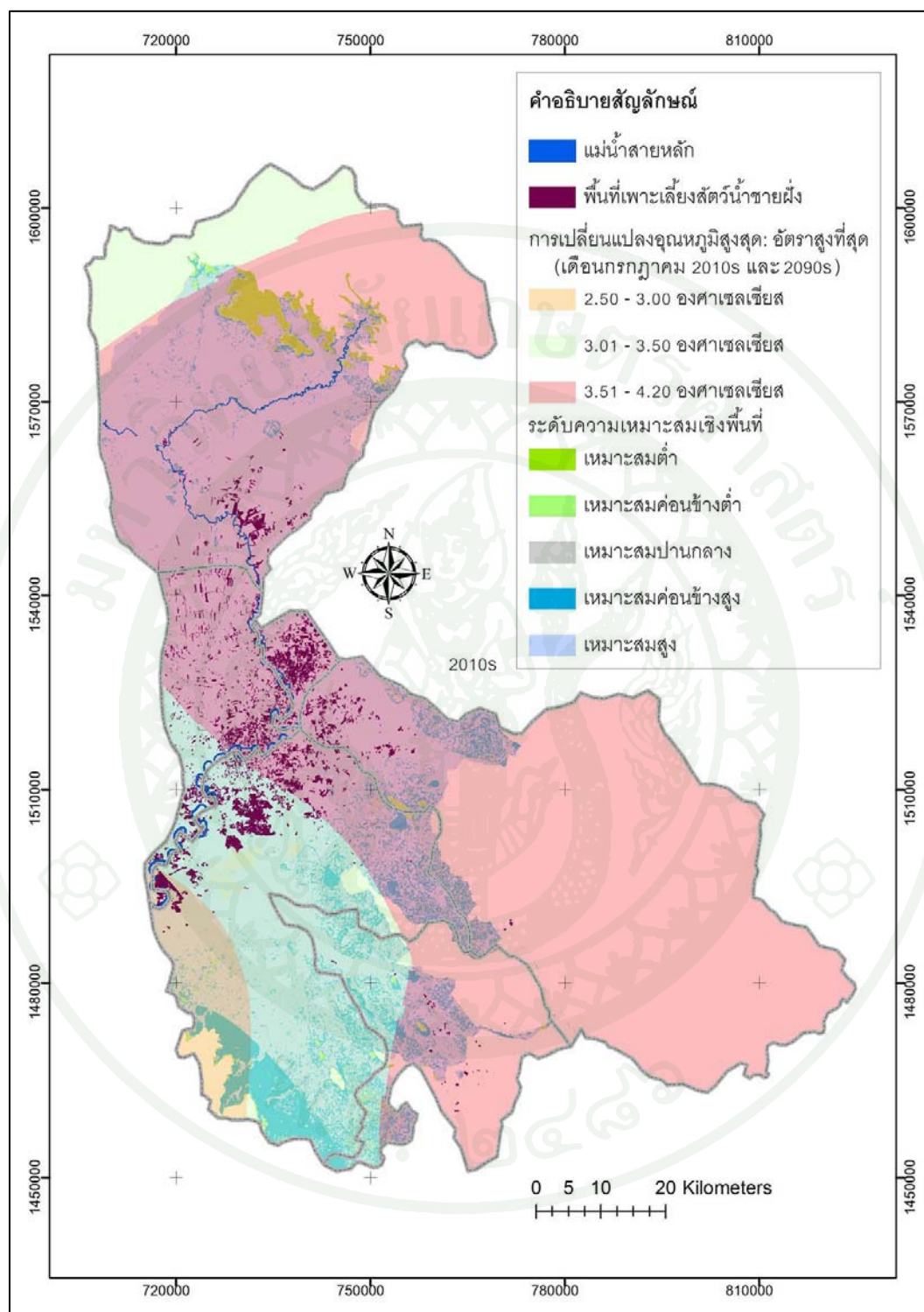
การพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงจึงควรมุ่งประเด็นของการพิจารณาความเหมาะสมทางกายภาพของพื้นที่เป็นหลัก เนื่องจากพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั้งหมดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและได้รับผลกระทบที่ใกล้เคียงกัน พื้นที่ที่เหมาะสมจึงไม่ควรตั้งอยู่ในพื้นที่ห้ามเลี้ยง ไม่ว่าจะเป็นการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ตลอดจนพื้นที่ระบับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่กฎหมายห้ามไม่ให้ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมดังกล่าว เนื่องจากหากขาดแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีย่อมส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมอื่นที่อยู่ใกล้เคียง รวมถึงส่งผลกระทบต่อระบบลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม พื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้นในระดับน้อยที่สุดและมากที่สุด และเมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้นในระดับน้อยที่สุดและมากที่สุด แสดงในภาพที่ 27 ภาพที่ 28 ภาพที่ 29 และภาพที่ 30



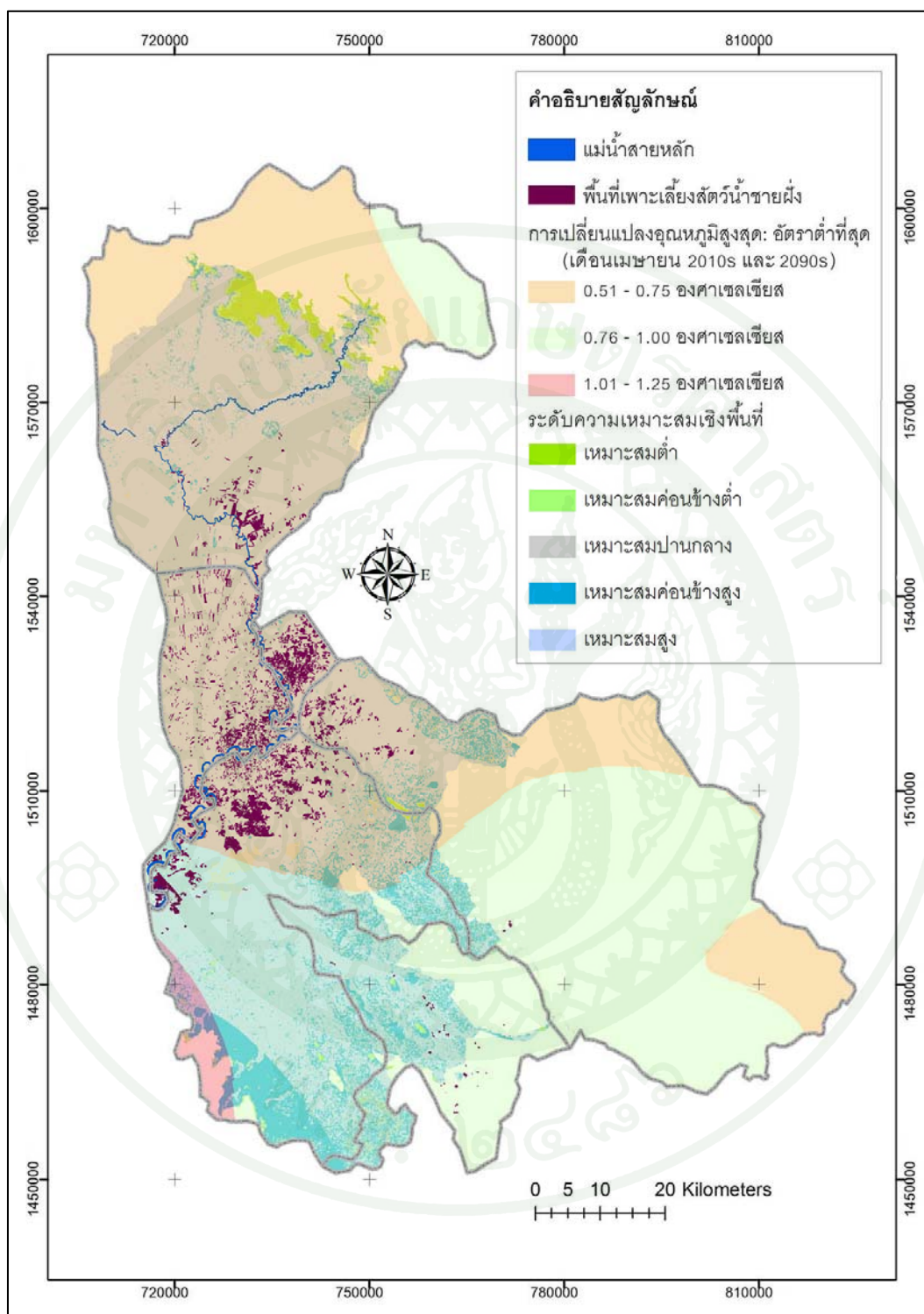
ภาพที่ 27 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม



ภาพที่ 28 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่ำสุด ในระดับมากที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s
เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม



ภาพที่ 29 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม



ภาพที่ 30 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ในระดับน้อยที่สุด ในช่วงทศวรรษที่ 2010s และ 2090s เปรียบเทียบกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่เหมาะสม

3.4 แนวทางการรับมือและปรับตัวสำหรับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

การปรับตัวเป็นหัวใจสำคัญในการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งครอบคลุมทั้งในระบบธรรมชาติหรือระบบของมนุษย์ เพื่อตอบสนองกับผลกระทบที่เกิดขึ้นหรือที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเพื่อช่วยลดความเปราะบางและเพิ่มภูมิคุ้มกัน การดำเนินการปรับตัวอาจเกิดในเชิง “ตอบสนอง” ต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นแล้ว หรือเป็นมาตรการ “เชิงรุก” เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับสิ่งที่จะเกิดขึ้น โดยการปรับตัวเป็นเรื่องจำเพาะในแต่ละพื้นที่ (ธนาคารพัฒนาเอเชีย, 2552)

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (IPCC) นิยามความหมายของการปรับตัว (adaptation) ว่า คือ การปรับเปลี่ยนระบบนิเวศ สังคม หรือเศรษฐกิจ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศที่กำลังเป็นอยู่ หรือคาดว่าจะเกิดขึ้น และผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศนั้น (วิฑูรย์, ม.ป.ป.) ซึ่งการเตรียมการรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีความยากและซับซ้อนเนื่องจากมีความไม่แน่นอนสูง

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในอนาคตมีผลต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในด้านความเสี่ยงต่อความมั่นคงทางอาหาร เนื่องจากสัตว์น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็น อุณหภูมิภายในร่างกายแปรผันตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปใน 2 ประเด็นหลัก คือ ประเด็นด้านผลผลิต เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สัตว์น้ำจะกินอาหารเพิ่มขึ้น แต่จะสูญเสียพลังงานไปกับการหายใจ เนื่องจากร่างกายมีกระบวนการเมตาโบลิซึมเพิ่มขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตช้าลง และทำให้ผลผลิตลดลง นอกจากนี้ ยังเกี่ยวข้องกับประเด็นด้านสุขภาพสัตว์น้ำ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สัตว์น้ำจะเกิดความเครียด อ่อนแอ และติดโรคระบาดได้ง่าย รวมถึงการอุบัติใหม่ของเชื้อโรคและการเกิดโรคระบาดสัตว์น้ำ เหล่านี้ส่งผลต่อผลผลิตที่ลดลง นอกจากนี้ ยังมีผลกระทบในประเด็นการเกิดปัญหากุ้งแฉะและการขาดแคลนน้ำ การเกิดอุทกภัยและการรับมือกับอุทกภัยในพื้นที่ต่างๆ ตลอดจนปัญหาจากการกักเขาสายฝั่ง อันเนื่องมาจากการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเล

แนวทางในการรับมือและปรับตัวเพื่อรองรับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในอนาคต อันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อน (global warming) และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ภายใต้สมมุติฐานการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วง 2 - 3 องศาเซลเซียส แนวทางการรับมือและปรับตัวแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

1. ระดับจุลภาค (micro level)

การรับมือและปรับตัวในระดับจุลภาคจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของมนุษย์ในด้านการจัดการการเลี้ยงและการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งได้ต่อไปภายใต้สถานการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1) การควบคุมอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันในรอบวัน โดยการเพิ่มความลึกของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ ตลอดจนการเพิ่มเครื่องเติมอากาศเพื่อระบายความร้อนและเพิ่มออกซิเจนภายในบ่อ บ่อที่มีความลึกมากจะสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำให้มีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันน้อย และสามารถเลี้ยงกุ้งในปริมาณมากได้ แต่จะต้องเพิ่มเครื่องเติมอากาศที่เหมาะสม ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวันไม่ควรเกิน 4 องศาเซลเซียส หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างฉับพลันจะทำให้กุ้งเครียดและตายในที่สุด

2) การส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิด (closed system) ซึ่งเป็นการหมุนเวียนน้ำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคระบาดอันเนื่องมาจากการนำน้ำใหม่จากสิ่งแวดล้อมซึ่งอาจปนเปื้อนเชื้อโรคเข้ามาใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยตรง นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ในการป้องกันการขาดแคลนน้ำ

3) การพัฒนาสายพันธุ์สัตว์น้ำ เพื่อให้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมที่มากขึ้น ตลอดจนการค้นหาสัตว์น้ำชนิดใหม่เพื่อทดแทนการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดเดิมที่ไม่สามารถดำเนินการเลี้ยงต่อไปได้

4) การลดความหนาแน่นในการปล่อยลูกพันธุ์สัตว์น้ำในบ่อเลี้ยง เนื่องจากอัตราการปล่อยเลี้ยงที่หนาแน่นมีผลต่ออุณหภูมิในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเครียดของสัตว์น้ำ และการระบาดของโรค นอกจากนี้ อัตราการปล่อยเลี้ยงที่หนาแน่นทำให้ยากต่อการจัดการการเลี้ยงในประเด็นของการให้อาหารและการเติมอากาศที่เหมาะสมอีกด้วย

5) การจัดการด้านอาหารและการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาในการให้อาหาร เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้นหรือในช่วงที่อากาศร้อนจัดจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในน้ำ ซึ่งส่งผลให้สัตว์น้ำมีการกินอาหารมากขึ้น แต่ก็ผลิตของเสียที่เป็นสารอาหารและสารอินทรีย์ตกค้างอยู่ในดินและน้ำ นอกจากนี้ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กุ้งทะเลจะเกิดความเครียดและกินอาหารน้อยลง ทำให้อาหารเหลือและสะสมเป็นของเสียในบ่อ จึงควรงดการให้อาหารในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำสูงมากๆ โดยอาจเลื่อนเวลาในการให้อาหารเป็นช่วงเย็น ช่วงกลางคืน หรือช่วงที่อุณหภูมิในบ่อต่ำลงจนอยู่ในระดับที่เหมาะสม สัตว์น้ำจะกินอาหารดีขึ้น

6) การจัดการด้านสถานที่ในกรณีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตั้งอยู่ในเขตที่มีความเปราะบางจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ควรมีการเตรียมการเพื่อป้องกันและบรรเทาความเสียหายทั้งในกรณีฝนตกและน้ำท่วม ตลอดจนเมื่อเกิดปัญหายุ่งยากและการขาดแคลนน้ำ ได้แก่ บริเวณที่เป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ควรยกคันบ่อให้สูงขึ้นกว่าระดับที่เคยเกิดน้ำท่วม ส่วนปัญหาการขาดแคลนน้ำ ควรมีการสำรองน้ำไว้ใช้ยามขาดแคลน

นอกจากนี้ หากเกิดกรณีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับที่มากขึ้นกว่าระดับที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและส่งผลกระทบขั้นเลวร้ายที่สุด ภายใต้สถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงที่สุด ซึ่งประเมินว่า อุณหภูมิเฉลี่ยใน 4 ประเทศ คือ อินโดนีเซีย ไทย ฟิลิปปินส์ และเวียดนาม จะเพิ่มขึ้น 4.8 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2100 จากระดับเฉลี่ยของปี ค.ศ. 1990 ขณะที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกจะสูงขึ้นอีก 70 เซนติเมตร (ธนาคารพัฒนาเอเชีย, 2552) ตลอดจนการคาดการณ์โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552) ที่กล่าวว่า ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย ในระยะเวลา 5 - 10 ปีข้างหน้า จะยังไม่ใช่ผลกระทบที่เกิดจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น แต่เป็นปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ประกอบกับภัยพิบัติจากลมมรสุม (storm surges) ซึ่งปัจจุบันการกัดเซาะชายฝั่งเกิดขึ้นในทุกจังหวัดรอบอ่าวไทย และมีอัตราการกัดเซาะรุนแรงเฉลี่ยมากกว่า 5.0 เมตรต่อปี ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของ 12 จังหวัด ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่วิกฤต ได้แก่ จันทบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส ระยะทางรวม 180.9 กิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 10.9 ของแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย โดยพื้นที่ซึ่งมีความอ่อนไหวและมีการกัดเซาะรุนแรงมากที่สุดคือ พื้นที่อ่าวไทยตอนบน ตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จนถึงปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร จะเห็นว่า พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำบางปะกงมีความเสี่ยงและมีความเปราะบางต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในอนาคต โดยระบบและภาคส่วนสำคัญที่อาจได้รับผลกระทบ ได้แก่ ระบบนิเวศป่าชายเลน พื้นที่เกษตรกรรมนาเกลือ/หอย ชุมชนชายฝั่งทะเล แหล่งท่องเที่ยวทางทะเล รวมถึงภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและใช้ประโยชน์จากแหล่งท่องเที่ยว แนวทางในการรับมือและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงจะเกี่ยวข้องกับการย้ายแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การรับมือกับการจัดการอุทกภัยและภาวะภัยแล้ง ตลอดจนการกำหนดพื้นที่เปราะบางสำหรับกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรักษาความมั่นคงทางอาหารและเพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอย่างยั่งยืนต่อไป

2. ระดับมหภาค (macro level)

การรับมือและปรับตัวในระดับมหภาค ควรเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ ทั้งในด้านการสงวน รักษา และป้องกันการทำลายพื้นที่ป่าต้นน้ำ และป่าชายเลน การรณรงค์เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวในพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนที่พักอาศัย เช่น การปลูกพืชทนเค็มบริเวณคันบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ การปลูกต้นไม้ในโรงเรียน การสร้างสวนสาธารณะ ฯลฯ ตลอดจน แนวคิดในการทำวนเกษตร (agroforestry farming) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการทำเกษตรกรรมที่เหมาะสมและรักษาไว้ซึ่งสมดุลของระบบลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากลุ่มน้ำบางปะกงมีลักษณะภูมิประเทศเหมาะสมในการทำเกษตรกรรม การนำหลักการความยั่งยืนถาวรของระบบป่าธรรมชาติมาเป็นแนวทางในการทำเกษตรกรรมโดยให้ความสำคัญกับการปลูกไม้ยืนต้น ไม้ผล และไม้ใช้สอยต่างๆ ให้เป็นองค์ประกอบหลักของไร่นา ผสมผสานกับการปลูกพืชชั้นล่างที่ไม่ต้องการแสงแดดมาก หรือได้อาศัยร่มเงาและความชื้นจากการที่มีพืชชั้นบนขึ้นปกคลุม แนวคิดดังกล่าวเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและเพิ่มแหล่ง ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในอนาคต นอกจากนี้ ควรส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน โดยเฉพาะการรณรงค์ลดการใช้พลังงานและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือย เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

วิจารณ์

1. พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง

การศึกษาตำแหน่งที่ตั้งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงทำการศึกษาโดยการจำแนกพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1 : 25,000 ในช่วงปี พ.ศ. 2553 ของจังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี และในช่วงปี พ.ศ. 2554 ของจังหวัดนครนายก สระบุรี ปทุมธานี นครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งส่วนใหญ่กระจายตัวหนาแน่นบริเวณสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกง เหตุผลที่เป็นเช่นนี้สอดคล้องกับข้อเท็จจริงในประเด็นของการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยง เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในการศึกษารั้งนี้ได้จำแนกตามประเภทสัตว์น้ำและเลือกศึกษาพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลซึ่งเป็นการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและมีสัดส่วนพื้นที่การเลี้ยงมากที่สุดคือ ประมาณร้อยละ 98 ของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั้งหมด ซึ่งการเลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่จะมีการเลี้ยงกุ้งอยู่ 2 ชนิดหลัก คือ กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำ ปัจจุบันเกษตรกรนำกุ้งทะเลทั้ง 2 ชนิดมาเลี้ยงโดยใช้น้ำจืดผสมกับน้ำทะเลแล้วทำการปรับสภาพเพื่อให้ได้ระดับความเค็มและคุณภาพน้ำที่ต้องการ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่จึงมักอยู่ใกล้แหล่งน้ำหรือชายฝั่งทะเลเพื่อความสะดวกในการดึงน้ำเข้าไปใช้ และสะดวกเมื่อต้องการถ่ายน้ำทิ้งในช่วงจับผลผลิต พื้นที่เพาะเลี้ยงส่วนใหญ่จึงกระจายอยู่ใกล้แหล่งน้ำ นอกจากนี้ ด้วยความสามารถในการปรับตัวเข้ากับความเค็มในช่วงที่กว้างของกุ้งขาวแวนนาไม คือ ตั้งแต่ 0 - 35 ส่วนในพันส่วน โดยมีช่วงระดับความเค็มที่เหมาะสม คือ 10 - 22 ส่วนในพันส่วน เกษตรกรจึงสามารถเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่น้ำจืดโดยใช้น้ำที่มีความเค็มต่ำได้ ผลการศึกษานี้จึงพบว่า พื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลในปัจจุบันมีการกระจายตัวขึ้นไปในเขตตอนบนของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งต่างกับการเลี้ยงกุ้งทะเลในอดีตที่เป็นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและมักทำการเลี้ยงบริเวณใกล้แนวชายฝั่งทะเล เนื่องจากความสามารถในการปรับตัวเข้ากับช่วงความเค็มที่เหมาะสมของกุ้งกุลาดำอยู่ในช่วงที่แคบกว่า คือ 10 - 15 ส่วนในพันส่วน ทำให้ต้องใช้น้ำทะเลในการเลี้ยงมากกว่ากุ้งขาวแวนนาไม พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำจึงมักอยู่ใกล้แนวชายฝั่งทะเลเพื่อความสะดวกในการนำน้ำทะเลไปใช้ในการเลี้ยง

2. พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงทำการวิเคราะห์ศักยภาพพื้นที่ (potential surface analysis, PSA) โดยใช้แบบจำลอง weight-rating score models ภายใต้การพิจารณาระดับความเหมาะสมของปัจจัยกายภาพซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ยาก ทำการพิจารณาตัวแปรหลักและตัวแปรย่อย 3 ด้าน ประกอบด้วย ตัวแปรหลักด้านสภาพพื้นที่/ลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งมีตัวแปรย่อย ได้แก่ ความลาดชัน (slope) และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) ตัวแปรหลักด้านคุณสมบัติดิน ซึ่งมีตัวแปรย่อย ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) และลักษณะเนื้อดิน (texture) ตัวแปรหลักด้านสภาพอากาศ ซึ่งมีตัวแปรย่อย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน (annual rainfall) ซึ่งมีการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ (weighting) และค่าระดับความเหมาะสม (rating) ตามหลักวิชาการซึ่งได้จากการประชุมคณะผู้เชี่ยวชาญของกรมประมง ผลการประเมินความเหมาะสมของความลาดชัน (slope) และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) พบว่า ลุ่มน้ำบางปะกงมีความเหมาะสมด้านสภาพพื้นที่/ลักษณะภูมิประเทศค่อนข้างสูง เนื่องจากตั้งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 1 เมตร และมีความลาดชันส่วนใหญ่น้อยกว่า 2.5 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ส่วนความเหมาะสมด้านคุณสมบัติดิน พบว่า คุณสมบัติดินของลุ่มน้ำบางปะกงทั้งความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) และลักษณะเนื้อดิน (texture) มีระดับความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงถึงสูง ด้านสภาพอากาศพบว่า ลุ่มน้ำบางปะกงมีปริมาณน้ำฝน (annual rainfall) อยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ เมื่อวิเคราะห์ระดับความเหมาะสมจากตัวแปรทั้งหมด พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอยู่ในเกณฑ์สูงและค่อนข้างสูงคิดเป็นพื้นที่รวมกันประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ร่วมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำซึ่งพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำบางปะกงจัดอยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 5 (ร้อยละ 99.64) ซึ่งเหมาะสมในการเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและสามารถดำเนินกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งได้

นอกจากนี้ ด้วยลักษณะภูมิประเทศซึ่งตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางซึ่งมีลักษณะเป็นที่ราบน้ำทะเลท่วมถึง มีชั้นตะกอนดินเค็ม ตลอดจนเป็นพื้นที่หาดทรายและหาดสันดอนเก่า ดินเกิดจากการทับถมของตะกอนที่น้ำพัดพามา บริเวณที่น้ำทะเลเคยท่วมถึงและน้ำทะเลขึ้นถึงในปัจจุบัน เป็นดินลึกลักษณะเหนียว การระบายน้ำเลว ดินเป็นกรดจัดหรือเป็นกรดจัดแฝง ส่งผลให้เมื่อทำการวิเคราะห์ระดับความเหมาะสมด้านสภาพพื้นที่/ลักษณะภูมิประเทศและคุณสมบัติดินจึงพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งโดยรวมอยู่ในเกณฑ์สูงและค่อนข้างสูง

ส่วนการวิเคราะห์พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ห้ามเลี้ยง อันประกอบด้วย พื้นที่ป่าชายเลน แนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ เขตห้ามล่าสัตว์ป่า และพื้นที่ที่ระบับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ผลการศึกษาพบว่า มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบางส่วน (ร้อยละ 5.93) ตั้งอยู่ในพื้นที่ห้ามเลี้ยงเหล่านี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรดำเนินการตามกฎหมายและมาตรการการควบคุมต่างๆ อย่างเคร่งครัด เนื่องจากการฝ่าฝืนและลักลอบเลี้ยงเหล่านี้อาจก่อให้เกิดผลกระทบกับระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าชายเลน ป่าสงวนแห่งชาติ และป่าประเภทอื่นๆ ตลอดจนความขัดแย้งทางสังคมระหว่างเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกับพื้นที่เกษตรกรรมข้างเคียง ดังนั้นผู้วิจัยขอสรุปและวิจารณ์ในประเด็นการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำบางปะกงมีความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการประกอบกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง แต่การดำเนินการเลี้ยงต้องไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่ห้ามเลี้ยงเพื่อป้องกันความขัดแย้งทางสังคมและสงวนพื้นที่อนุรักษ์ต่างๆ

3. พื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและการจัดทำภาพฉายอนาคต (scenario) ของอุณหภูมิในอนาคต และการกำหนดพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.22° หรือประมาณ 25 กิโลเมตร ซึ่งถือเป็นแบบจำลองที่มีความละเอียดสูงสำหรับการศึกษาในระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่สำหรับการวิจัยในระดับลุ่มน้ำบางปะกงซึ่งเป็น 1 ใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย ความละเอียดเชิงพื้นที่ดังกล่าวยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนในระดับลุ่มน้ำ โดยเฉพาะพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ชัดเจนซึ่งจะมีผลโดยตรงกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่ได้ช่วยแสดงให้เห็นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในภาพรวมในเบื้องต้นของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ ดังนั้น หากมีการนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอื่นๆ มาทำการศึกษาเปรียบเทียบหรือศึกษาเพิ่มเติมจะช่วยเพิ่มความถูกต้องและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตยังมีตัวแปรอื่นที่มีความสำคัญและมีผลต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งอีกหลายตัวแปร ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความเข้มแสงอาทิตย์ การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล อัตราการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่ง ฯลฯ ดังนั้นหากนำตัวแปรอื่นมาประกอบการศึกษาเพิ่มเติมจะช่วยให้การศึกษาผลกระทบ

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เป็นผลดีต่อการจัดหาแนวทางในการรับมือและปรับตัวของเกษตรกร เนื่องจากอนาคตเป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยาก ผลกระทบจากภูมิอากาศนั้นอาจจะเกิดขึ้นหรือไม่ก็ได้ และหากเกิดขึ้นแล้วจะมีรูปแบบเป็นอย่างไร ก็ยังมีความไม่แน่นอนค่อนข้างสูง การคาดการณ์ที่ถูกต้องและแม่นยำบนหลักการทางวิชาการย่อมเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินกิจกรรมในระบบลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมต่อไป

4. แนวทางการรับมือและปรับตัวสำหรับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต

แนวทางการรับมือและปรับตัวสำหรับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตเป็นการศึกษาแนวทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิซึ่งถือเป็นปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่มีผลกระทบโดยตรงกับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำซึ่งเป็นสัตว์เลือดเย็นที่มีอุณหภูมิภายในร่างกายผันแปรตามอุณหภูมิภายนอก ภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่จำเป็นต้องปรับตัวเพื่อเอาตัวรอดจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป บางสายพันธุ์ไม่สามารถปรับตัวได้ก็มีโอกาสสูญพันธุ์ไปจากโลก การปรับตัวและหาแนวทางการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมียุทธศาสตร์และหลายแง่มุม และมีความจำเป็นต้องปรับทิศทางของยุทธศาสตร์การพัฒนาในปัจจุบันให้สอดคล้องเหมาะสมกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

การวางแผนและยุทธศาสตร์เพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอาจเป็นการวางแผนในขอบเขตและขนาดที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นในระดับประเทศ ลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน ฯลฯ ซึ่งมีบริบทของการวางแผนไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ แนวคิดที่เหมาะสมในปัจจุบันอาจไม่เหมาะสมเมื่อวันและเวลาผ่านไป เพราะบริบทของพื้นที่และภาคส่วนอาจเปลี่ยนแปลงตามพลวัตของสภาพเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของประเทศไทยจำเป็นต้องปรับตัวให้สามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ภายใต้สถานการณ์อนาคตหรือเพิ่มขีดความสามารถในการบริหารจัดการกับความเสี่ยงด้านภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแบ่งเป็นการแก้ปัญหาที่สาเหตุ โดยการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการเพิ่มแหล่งดูดซับก๊าซเหล่านี้โดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและอนุรักษ์ป่าต้นน้ำและป่าชายเลนต่างๆ ส่วนการแก้ปัญหาและรับมือเมื่อเกิดภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้นในอนาคตจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมและการจัดการการเลี้ยงเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่ให้เกิดอย่างกะทันหันจนเกิดความเสียหายต่อผลผลิต

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงในครั้งนี้ ดำเนินการศึกษาตำแหน่งที่ตั้งและการกระจายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในปัจจุบันในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับจังหวัด ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 - 2554 ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับผลการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง weight-rating score models ตลอดจนการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและจัดทำภาพฉายอนาคตของอุณหภูมิซึ่งได้จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 25 กิโลเมตร บนสมมุติฐานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแบบจำลอง IPCC SRES ScenarioB2 เพื่อคาดการณ์บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต (ช่วงปี ค.ศ. 2010 - 2099) เพื่อประโยชน์ในการจัดหาแนวทางการปรับตัวและรองรับผลกระทบที่มีต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. ลุ่มน้ำบางปะกงมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 165,095.95 ไร่ โดยลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกงมีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมากที่สุดคือ 87,467.32 ไร่ (ร้อยละ 52.98) รองลงมาคือ ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำบางปะกง (สายหลัก) 47,519.05 ไร่ (ร้อยละ 28.78) ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำนครนายก 16,066.47 ไร่ (ร้อยละ 9.73) ลุ่มน้ำสาขาลองท่าลาด 12,366.26 ไร่ (ร้อยละ 7.49) และลุ่มน้ำสาขาลองหลวง 1,676.85 ไร่ (ร้อยละ 1.02) ตามลำดับ โดยมีการกระจายตัวหนาแน่นบริเวณสองฝั่งของแม่น้ำบางปะกง

2. การศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งโดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยแบบจำลอง weight-rating score models ทำการวิเคราะห์จากตัวแปรความลาดชัน (slope) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ลักษณะเนื้อดิน (texture) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (annual rainfall) พบว่า พื้นที่ความเหมาะสมสูง มีพื้นที่ประมาณ 3,245,823.61 ไร่ (ร้อยละ 59.54) พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง 538,491.51 ไร่ (ร้อยละ 9.88) พื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง 98,081.03 ไร่ (ร้อยละ 1.80) พื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างต่ำ

52,261.64 ไร่ (ร้อยละ 0.96) และพื้นที่ความเหมาะสมต่ำ 409,162.69 ไร่ (ร้อยละ 7.51) ส่วนพื้นที่ห้ามเลี้ยงหรือพื้นที่กันออกหรือพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมมีพื้นที่ประมาณ 1,107,433.52 ไร่ (ร้อยละ 20.32)

เมื่อนำชั้นข้อมูลความเหมาะสมระดับต่างๆ ไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง พบว่า มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตั้งอยู่ในพื้นที่ความเหมาะสมสูง 135,937.60 ไร่ (ร้อยละ 82.34) ตั้งอยู่ในพื้นที่ความเหมาะสมค่อนข้างสูง 19,141.69 ไร่ (ร้อยละ 11.59) และตั้งอยู่ในพื้นที่ความเหมาะสมปานกลาง 218.66 ไร่ (ร้อยละ 0.13) และเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมหรือพื้นที่ห้ามเลี้ยง พบว่า มีพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตั้งอยู่ในพื้นที่ห้ามเลี้ยง 9,798.00 ไร่ ในจำนวนนี้ตั้งอยู่ในแนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ 735.03 ไร่ แนวเขตป่าชายเลน 8,811.89 ไร่ และอยู่ในพื้นที่ระงับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ประมาณ 251.08 ไร่

อย่างไรก็ดี เมื่อวิเคราะห์ร่วมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พบว่า พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งส่วนใหญ่อยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 5 ประมาณ 164,501.60 ไร่ (ร้อยละ 99.64) และอยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 4 ประมาณ 594.35 ไร่ (ร้อยละ 0.36) ส่วนชั้นคุณภาพลุ่มน้ำอื่นๆ ไม่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

3. ผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดในลุ่มน้ำบางปะกง ในช่วงปี ค.ศ. 2010 - 2099 พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกทศวรรษและในทุกช่วงเดือน และเมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดในทศวรรษที่ 2010s และทศวรรษที่ 2090s หรือในอีก 90 ปีข้างหน้า พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิสูงสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2 - 3 องศาเซลเซียส

จำนวนวันที่มีอากาศเย็น (cold day) ซึ่งหมายถึงจำนวนวันที่มีอุณหภูมิต่ำสุดของวันต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า จำนวนวันที่มีอากาศเย็นมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนจำนวนวันที่มีอากาศร้อน (hot day) ซึ่งหมายถึงจำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดของวันสูงกว่าหรือเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลการคาดหมายแสดงให้เห็นว่าในอนาคตฤดูร้อนจะยาวนานขึ้นกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัดและฤดูหนาวจะหดสั้นลง

ความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงจึงเป็นการพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ทางกายภาพเป็นหลัก เนื่องจากพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั้งหมดได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน พื้นที่ที่เหมาะสมจึงไม่ควรตั้งอยู่ในพื้นที่ห้ามเลี้ยง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่กฎหมายห้ามไม่ให้ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมดังกล่าว เนื่องจากส่งผลกระทบต่อระบบลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม เช่น การบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าชายเลนและพื้นที่ป่าไม้ต่างๆ ตลอดจนพื้นที่รับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำตามมาตรา 9 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เนื่องจากอาจส่งผลกระทบกับพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียง

แนวทางในการรับมือและปรับตัวสำหรับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงภายใต้สมมุติฐานการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วง 2 - 3 องศาเซลเซียส แบ่งเป็น 2 ระดับ ประกอบด้วย ระดับจุลภาค ซึ่งเกี่ยวข้องกับจัดการการเลี้ยงเป็นหลักโดยการควบคุมอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันในรอบวันด้วยการเพิ่มความลึกของบ่อเลี้ยง การเพิ่มเครื่องเติมอากาศ การเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ การพัฒนาสายพันธุ์สัตว์น้ำ การลดความหนาแน่นในการปล่อยลูกพันธุ์สัตว์น้ำในบ่อเลี้ยง ตลอดจนการจัดการด้านอาหารและการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการให้อาหารในเวลาที่เหมาะสม สำหรับแนวทางในการรับมือและปรับตัวกรณีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับที่มากขึ้นและส่งผลกระทบขั้นเลวร้ายที่สุด ภายใต้สถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงที่สุดซึ่งอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 4.8 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2100 จากระดับเฉลี่ยของปี ค.ศ. 1990 จะเกี่ยวข้องกับการย้ายแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การรับมือกับการจัดการอุทกภัยและภาวะภัยแล้ง ตลอดจนการกำหนดพื้นที่เปราะบางสำหรับกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สำหรับการรับมือและปรับตัวในระดับมหภาค จะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ลุ่มน้ำ ตลอดจนการทำเกษตรกรรมในรูปแบบวนเกษตร เพื่อเพิ่มแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ควรส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน ทั้งในแง่การลดการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยและใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัดเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในอนาคตในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง ผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศในอนาคตเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ และใช้เวลานานกว่าจะสังเกตพบได้ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศมีความแปรปรวนอยู่แล้วตามธรรมชาติ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจึงต้องมองในระยะยาว การคาดการณ์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นอาจจะเกิดขึ้นหรือไม่ก็ได้ และหากเกิดขึ้นจะมีรูปแบบเป็นอย่างไรก็ยังไม่มีความแน่นอนจนค่อนข้างสูง การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตจึงควรทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความถูกต้องและน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์ เป็นประโยชน์กับการวางแผนรับมือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

2. การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศ มีปัจจัยและตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวที่มีผลต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง แนวทางการวิจัยในครั้งต่อไปควรคัดเลือกปัจจัยตัวอื่นมาทำการศึกษาเพิ่มเติมจากตัวแปรอุณหภูมิเพียงตัวเดียว เช่น ปริมาณน้ำฝน ความเข้มแสง อัตราการกักเซาะชายฝั่งทะเล จะมีความครอบคลุมผลกระทบและการหาแนวทางการรับมือและปรับตัวได้ดียิ่งขึ้น

3. จากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตมีแนวทางในการดำเนินการ 2 ประเด็นหลัก คือ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคส่วนต่างๆ และการปรับตัวเพื่อรองรับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาสถานการณ์และแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพื่อปรับตัวและรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ดังนั้น แนวทางที่มีความสำคัญอีกแนวทางหนึ่ง คือ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งในกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจะมีส่วนในการผลิตและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากระดับการจัดการการเลี้ยงแบบพัฒนาที่มีการปล่อยก๊ว่งแน่นและให้อาหารสำเร็จรูปในปริมาณมากเพื่อเพิ่มผลผลิต ทำให้มีการสะสมสารอินทรีย์เป็นปริมาณมาก และต้องใช้พลังงานในการเปิดเครื่องเติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำตลอดเวลา ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานและมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น รวมถึงกรณีการใช้วัสดุปูน โดยเฉพาะปูนขาวและปูนโดโลไมท์ (ซึ่งมีคาร์บอนอินทรีย์ คือ ไบคาร์บอเนต: CO_3^{2-} เป็นองค์ประกอบหลัก) ทำให้พลวัตของคาร์บอนในน้ำของบ่อ

เสี่ยงเปลี่ยนแปลงไปในทางที่จะเกิดการผลิตและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรหาแนวทางในการการผลิตและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เพื่อเป็นการป้องกันและรักษาสีเขียวต่อไป

4. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพื่อรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคต โดยมุ่งเน้นด้านกิจกรรมการเลี้ยงเป็นหลัก ทั้งนี้ หลักการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ประกอบด้วย (1) การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (2) การใช้ทรัพยากรลุ่มน้ำและมาตรการการควบคุม และ (3) การควบคุมของเสียและมลพิษสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อมีการประกอบกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งโดยพิจารณาว่าตั้งอยู่บนพื้นที่ที่เหมาะสม พื้นที่ที่ไม่เหมาะสม ตลอดจนพื้นที่ห้ามเลี้ยงหรือไม่ ขั้นตอนการดำเนินการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งอีกประการหนึ่งคือ การควบคุมของเสียและมลพิษสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการระบายน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั้งในระหว่างการเลี้ยงและในช่วงการจับผลผลิต ซึ่งควรผ่านการบำบัดหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีความยั่งยืนและไม่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมข้างเคียง รวมถึงทรัพยากรดินและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

5. ควรส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในภาคส่วนต่างๆ เพื่อให้ลุ่มน้ำบางปะกงสามารถดำเนินกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งได้อย่างยั่งยืน โดยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ตลอดจนเป็นการป้องกันความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นระหว่างเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลกับเกษตรกรที่ทำการเกษตรประเภทอื่นที่อยู่ใกล้เคียงกัน โดยการสร้างเครือข่ายติดตามและเฝ้าระวังสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมและการบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน การรวมกลุ่มเกษตรกรประมงเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การพัฒนา และเผยแพร่เทคนิควิธีการเลี้ยงใหม่ๆ ภายใต้สภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. แผนปฏิบัติการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พ.ศ.

2555 - 2559. ส่วนน้ำเสียเกษตรกรรม สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2551. เอกสารรายงานการประชุมของคณะทำงานเพื่อกำหนดพื้นที่ชายฝั่งทะเล
ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งของกรมประมง. มีการประชุมเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2551
ณ ห้องประชุมกองตรวจสอบรับรองคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ชั้น 1
อาคารปรีดา วรรณสูตร กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. สถิติผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลประจำปี 2550. กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติ
การประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. แผนที่แสดงข้อจำกัดในการกำหนดเขตให้และห้ามเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว. 2551. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

กันทรีย์ บุญประกอบ. 2553. โครงการการสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ในประเทศไทยโดยการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
รามคำแหง, กรุงเทพฯ.

กาญจน์เขจร ชูชีพ. 2532. การศึกษาสภาพการใช้ที่ดินและการวิเคราะห์สังคมพืชเพื่อวิเคราะห์
สถานการณ์ของอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2544. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ การกำหนดพื้นที่ความเหมาะสมเพื่อการฟื้นฟู
ป่าชายเลน อำเภอลำลูกเกด จังหวัดจันทบุรี ด้วยการวิเคราะห์ทางสเปเชียล. คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลี้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชกุล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.**
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____, สุธี วงศ์ณิประทีป, สาธิต ประเสริฐศรี, แก้วดา ลี้มแสง, ปัทมา วิริยพัฒนทรัพย์,
เกศินี หลายสุทธิสาร และอริสา ศรีหมากสุก. ม.ป.ป.. **ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณการกิน
อาหาร การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม
(*Litopenaeus vannamei*).** คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดวงจันทร์ อาภาวัชรุตม์ เจริญเมือง. 2551. **โลกร้อนกับประเทศไทย.** สถาบันวิจัยสังคม
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ดรรรชนี เอมพันธุ์. 2531. **หลักการใช้ที่ดินเบื้องต้น.** ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ต้นสกุล สานติบุรณ์. 2549. **อุตุนิยมวิทยา.** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี,
อุดรธานี.

ธนาคารพัฒนาเอเชีย. 2552. **เศรษฐศาสตร์ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเอเชีย
ตะวันออกเฉียงใต้: ภาพรวมของภูมิภาค.** สำนักงานผู้แทนประจำประเทศไทย ธนาคาร
พัฒนาเอเชีย, กรุงเทพฯ.

นงคณาถ อุประสิทธิ์วงศ์. 2545. **ดัชนีและแนวโน้มของฝนและอุณหภูมิที่ผิดปกติในประเทศไทย.**
เอกสารวิชาการกรมอุตุนิยมวิทยา เลขที่ 551.577.3-01-2545. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

นิตยา เลาหะจินดา. 2546. **นิเวศวิทยา: พื้นฐานสิ่งแวดล้อมศึกษา.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ดังคณานุรักษ์ และคณิดา ดังคณานุรักษ์. 2552. **เคมีบรรยากาศ.** คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประจวบ ลีรักษาเกียรติ. 2543. การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเลและพื้นฟูป่าชายเลน จังหวัดตราด โดยสารสนเทศภูมิศาสตร์. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พุทธ ส่องแสงจินดา จุฑารัตน์ กิตติวานิช และเพ็ญศรี เมืองเยาว์. 2554. การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ทำนายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตและระบบนิเวศบ่อเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) แบบพัฒนา. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง, กรุงเทพฯ.

พุทธพล สุวรรณชัย. ม.ป.ป. การจัดการประมงทะเลในภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง, กรุงเทพฯ.

พรเลิศ จันทร์รัชชกุล, เจ เอฟ เทอร์นบอด และชะลอ ลี้มสุวรรณ. คู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. เวนาไม. นิตยสารสัตว์น้ำบริษัท เมืองเกษตรแมกกาซีน จำกัด, สมุทรปราการ.

ขงยุทธ ไตรสุรัตน์. 2553. ภาวะความเสี่ยงของชนิดพืชจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศระหว่างปี ค.ศ. 2000 - 2100. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รติวรรณ อ่อนรัมย์. 2544. การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาและผลกระทบสิ่งแวดล้อม. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

รังสรรค์ อาภาคัพทะกุล. 2547. อุตุณิยมิวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศุภกร ชินวรรณ. 2553. แนวคิดในการศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยง ความล่อแหลม และการปรับตัว
ของภาคส่วนทางทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ความมั่นคงทางสังคม และมิติของมนุษย์ต่อการ
เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. แหล่งที่มา: [http://www.thailandadaptation.net/doc/01-CC V-A](http://www.thailandadaptation.net/doc/01-CC V-A concept.pdf)
concept.pdf, 14 มกราคม 2555.

_____, วิริยะ เหลืองอร่าม, เฉลิมรัฐ แสงมณี และจุฑาทิพย์ ธนกิจดีเมธาวุฒิ. 2553. การนาย
อนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศ
ภูมิภาค - PRECIS. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก
แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. 2552. การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและภูมิภาค
เอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS และ ECHAM4.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้าน โลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. 2554.
รายงานการวิเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลง
ภูมิอากาศของไทย พ.ศ. 2554 คณะทำงานกลุ่มที่ 1 : องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และ
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. 2556. สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาลุ่มน้ำ
บางปะกง. แหล่งที่มา: <http://www.haii.or.th/wiki/index.php>, 14 มกราคม 2556.

สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. 2542. คู่มือการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พัฒนาระบบชีวภาพ
แบบ Code of Conduct. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สถิตย์ วัชรกิตติ. 2521. ระบบการแบ่งแยกประเภทการใช้ที่ดิน. ภาควิชาการจัดการป่าไม้
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2524. **หลักการใช้ที่ดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมพร สง่าวงศ์. 2552. **การสำรวจจากระยะไกลในการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์**. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สิริ ทุกขัวินาศ. 2542. **คู่มือจัดการฟาร์มเลี้ยงกุ้งในกลุ่มประเทศอาเซียน**. สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุเพชร จิรจรรกุล. 2552. **เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1**. ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2550. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 - 2554)**. สำนักนายกรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. **โครงการบริหารจัดการนิเวศลุ่มน้ำบางปะกง เล่มที่ 6 : นิเวศเกษตรกรรม**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2553 - 2562**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2552. **ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์**. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. **คู่มือการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (จีเอพี) สำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อฤดูกาลและผลผลิตทางการเกษตร ปี 2551. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อำนาจ ชิดไธสง. 2553. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 1 สภาพภูมิอากาศในอดีต. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

_____. 2553. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรีนรมย์. 2525. หลักการใช้ที่ดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bibby, R., S. Widdicombe, H. Parry, J.I. Spicer and R. Pipe. 2008. **Impact of ocean acidification on the immune response of the blue mussel *Mytilus edulis***. Aquatic Biology 2: 67-74

De silva, S.S. and D. Soto. 2009. **Climate change and aquaculture: Potential impacts, adaptation and mitigation**. Fisheries Technical paper 537 : 137-215

Dent, D. and A. Young. 1981. **Soil Survey and Land Evaluation**. George Allen & Urwin Ltd., London.

FAO. 1976. **A Framework for Land Evaluation**. FAO. Soil Bulletin No. 32. Rome.

FAO. 2008. **Report of the FAO Expert Workshop on Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture**. Rome, Italy, 7-9 April 2008. FAO Fisheries Report. No.870.Rome,FAO.2008.32p.

Ficke, A. D., C. A. Myrick and L. J. Hansen. 2007. **Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries**. Review in Fish Biology and Fisheries 17:581-613.

Handisyde, N. T., L. G. Ross, M-C. Badjeck and E. H. Allison. 2006. **The effects of climate change on the world aquaculture: a global perspective**. Final Technical Report, DFID Aquaculture and Fish Genetics Research Programme, Stirling Institute of Aquaculture, Stirling, U.K., 151 pp.

IPCC. 2001. **Climate Change 2001: synthesis report Contribution of Working Group I to the Third Assessment**. Report of the Inter Governmental Panel on Climate Change, [R.T. Watson and Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 184 pp.

IPCC. 2007. **Climate change 2007: synthesis report**. Inter-Governmental Panel on Climate Change. (Also available at www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4-syr-topic/pdf/.)

Limsakul, A. and Goes, J.I. 2008. **Empirical evidence of interannual and longer period variability in Thailand surface air temperature**. Journal of Atmospheric Research, 87: 89-102.

Limsakul, A. Limjirakan, S. and Sriburi, T. and Suthamanuswong, B. 2011. **Trends in temperature and its extremes in Thailand**. Thai Environment Engineering Journal, 25: 9-16

Niscklisch, A., T. Shatwell and J. Kohler. 2007. **Analysis and modeling of the interactive effects of temperature and light on phytoplankton growth and relevance for the spring bloom**. Journal of Phytoplankton Research 30 : 75-91.

Noyes, P. D., M. K. McElwee, H. D. Miller, B. W. Clark, L. A. Van Tiem, K. C. Walcott, K. N. Erwin and E. D. Levin. 2009. **The toxicology of climate change : environmental contaminants in a warming world**. Environmental International 35:971-98.

- Snieszko, S.F. 1974. **The effects of Environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes.** Journal of Fish Biology 6 : 197-208
- Stefan, H.G., M. Hondzo, J. G. Raton and J. H. Mc Cormick. 1995. **Predicted effects of global climate change on fishes in Minnesota lakes.** In R.J. Beamish, ed. *Climate change and Northern Fish Populations*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 121: 57-72.
- Twilley, R. R., E. J. Barron, H.L. Gholz, M. A. Harwell, R. L. Miller, D. J. Reed, J. B. Rose, E. H. Siemann, R. G. Wetzel and R. J. Zimmerman. 2001. **Confronting Climate change in the Gulf Coast Region: Prospects for Sustaining Our Ecological Heritage.** Union of Concerned Scientists, Cambridge, MA,
- Vose, R.S., Easterling, D.R. and Gleason, B. 2005. **Maximum and minimum temperature trends for the globe: An updated through 2004.** Geophysical Research Letters, 32: L23822, doi: 10.1029/2004GL024379
- Walker, P. J. and J. R. Winton. 2010. **Emerging viral diseases of fish and shrimp.** Veterinary Research 41:51

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวปัทมาพร พงษ์เจริญ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	14 มกราคม 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการประมงชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กลุ่มภูมิสารสนเทศประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-