การประยุกต์ใช้แบบจำลองอีโคพาธเพื่อการวิเคราะห์ โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศเพื่อการจัดการสัตว์น้ำจากการทำประมง ; กรณีศึกษาจากการทำประมงฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย

AN APPLICATION OF ECOPATH MODEL TO EVALUATE ECOLOGICAL STRUCTURE AND FUNCTION FOR THE MANAGEMENT OF FISH CATCHES ; A CASE STUDY FROM FISHERIES IN ANDAMAN SEA, THAILAND

ณิชกานต์ ศรีทอง

NICHAKAN SRITHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-081-321

การประยุกต์ใช้แบบจำลองอีโคพาธเพื่อการวิเคราะห์ โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศเพื่อการจัดการสัตว์น้ำจากการทำประมง ; กรณีศึกษาจากการทำประมงฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย

AN APPLICATION OF ECOPATH MODEL TO EVALUATE ECOLOGICAL STRUCTURE AND FUNCTION FOR THE MANAGEMENT OF FISH CATCHES ; A CASE STUDY FROM FISHERIES IN ANDAMAN SEA, THAILAND

ณิชกานต์ ศรีทอง

NICHAKAN SRITHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AG-M-081-321

AN APPLICATION OF ECOPATH MODEL TO EVALUATE ECOLOGICAL STRUCTURE AND FUNCTION FOR THE MANAGEMENT OF FISH CATCHES ; A CASE STUDY FROM FISHERIES IN ANDAMAN SEA, THAILAND

NICHAKAN SRITHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2020

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้แบบจำลองอีโคพาธเพื่อการวิเคราะห์ โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศเพื่อการจัดการสัตว์น้ำจากการทำประมง ; กรณีศึกษาจากการทำประมงฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย
นักศึกษา	นางสาวณิชกานต์ ศรีทอง
รหัสประจำตัว	60604035
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนัญญา เจริญพรนิพัทธ

บทคัดย่อ

ความหลากหลายทางชีวภาพและความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน มีคุณค่าทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างมาก ส่งผลให้มีการทำประมงอย่างหนาแน่น (overfishing) และมีการใช้ทรัพยากรอย่างเกินขีดจำกัด (overexploited) โดยขาดความรับผิดชอบและไม่ตระหนักถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศ ประเมินลำดับขั้นอาหาร(trophic level;TL) และคุณลักษณะของระบบนิเวศของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน โดยใช้แบบจำลองอีโคพาธ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแนวทางการจัดการประมงที่เหมาะสมต่อระบบนิเวศชายฝั่งอันดามัน โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทั้งประมงพื้นบ้านและประมงพาณิชย์ในจังหวัดกระบี่ พังงาและภูเก็ต ตั้งแต่เดือน ตุลาคม ปี พ.ศ. 2560 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2562 จำนวน 43 กลุ่มชนิดสัตว์น้ำ ผลจากการจำลองโครงสร้างทางระบบนิเวศพบว่า สายใยอาหารของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งอันดามันมีค่าลำดับขั้นอาหารระหว่าง 1 – 3.827 โครงสร้างของระบบนิเวศเริ่มต้นตั้งแต่ผู้ผลิตขั้นต้นและเศษซาก โดยมี ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) เป็นผู้ล่าในลำดับขั้นการกินสูงสุด แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อมของปลา

ผิวน้ำขนาดเล็กในลำดับขั้นอาหารที่สองซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคที่ลำดับขั้นอาหารสูง ส่งผลให้รูปแบบการควบคุมลำดับขั้นอาหารเป็นแบบการควบคุมจากล่างสู่บน (‘bottom-up’ control) ในขณะเดียวกันก็เป็นกลุ่มสัตว์น้ำที่ถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมงปริมาณมาก เห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับขั้นอาหาร มีค่าสูง (0.702-0.990) และค่าผลจับเฉลี่ยของการทำประมงที่ค่อนข้างต่ำ (2.532) อัตราการจับสัตว์น้ำขนาดเล็กที่สูงเกินไปส่งผลให้ระบบนิเวศขาดความสมดุลความสมดุล ข้อมูลจากการศึกษาจึงเป็นข้อมูลสนับสนุนประกอบการตัดสินใจในการจัดทำนโยบายด้านการประมงและแนวทางการจัดการการประมงที่เหมาะสมสอดคล้องกับระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน

Thesis	An application of Ecopath model to evaluate ecological structure and function for the management of fish catches; A case study from fisheries in Andaman Sea, Thailand
Student	Ms. Nichakan Srithong
Student ID.	60604035
Degree	Master of Science
Program	Fisheries Science
Year	2020
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Ananya Jarernpornnipat

ABSTRACT

The biodiversity and a high abundance of fishery resources on the Andaman coast are priceless of social and economic conditions. On the other hand, they lead to several fishing (Overfishing) and the using beyond the limit (Overexploited) without responsibility and awareness of the impact on the ecosystem. This study aimed to stimulate ecological structure and function, investigate trophic level (TL), and characteristic of fish from the Andaman Sea coastal fishery by the Ecopath model. The sample collection took place in Krabi, Phang-nga and Phuket provinces in both artisanal and commercial fisheries, over the period of October 2017 to April 2019. A total of 43 aquatic species were studied. This model analysis has shown the trophic level ranged from 1 - 3.827. The first ecological structures were primary producers and detritus. The top predator was Istiophorus platypterus. Phytoplankton and Zooplankton were either prey directly and implicitly food of small pelagic fish so the ecosystem to take control order food from the bottom to the top ('bottom-up' control), Moreover, the pelagic fish in the second trophic level played an important

role in the energy transfer between producers and high trophic level consumers and there were high fishery yield from the Ecotrophic Efficiency (EE) were high (0.702-0.990) and the mean trophic level of catch was relatively low (2.532). The overfishing rate of low trophic level fish causes the ecosystem to become unbalanced. Furthermore, the study is information to support fishery policy-making and fishery management practices for appropriate fishery management in the Andaman Sea ecosystem.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ ที่ได้ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาตลอดจนการปลูกฝังทักษะการทำงานและประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์.ดร.ซุกรี หะยีสาแม ที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำ รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรี เรืองเดช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำข้อชี้แนะ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประมงจังหวัดและเจ้าหน้าที่ศูนย์ควบคุมเรือเข้าออก ชาวประมงและเจ้าของแพปลา จังหวัดกระบี่ ภูเก็ตและพังงา ทุกท่านที่สละเวลาในการให้ข้อมูล ช่วยอำนวยความสะดวกในการรวบรวมข้อมูลภาคสนาม และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการของหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ณิชกานต์ ศรีทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย...	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..	III
กิตติกรรมประกาศ..	V
สารบัญ..	VI
สารบัญตาราง..	X
สารบัญภาพ...	XI
บทที่ 1 บทนำ...	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..	3
1.3สมมติฐานของการศึกษา..	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย…………………………………………	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย	4
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	5
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……………………………………………………...	6
2.1 สถานการณ์การทำประมงของโลก…………………...……………………	6
2.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และความหลากหลายทางชีวภาพของชายฝั่งทะเลอันดามัน...	11
2.2.1 ระบบนิเวศปะการัง...	11
2.2.2 ระบบนิเวศหญ้าทะเล..	12
2.2.3 ระบบนิเวศป่าชายเลน………………………………………………	12
2.3.4 ระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำและปากแม่น้ำ...	13
2.3 การทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย......…................	13
2.3.1 ทรัพยากรสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน…………	17
2.4 แบบจำลอง Ecopath with Ecosim………………………………………..	21
2.4.1 ที่มาและหลักการของแบบจำลอง………………………………….	21
2.4.2 การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองอีโคพาธ…………………………..	24
2.4.3 การทำงานของแบบจำลองอีโคพาธ………………………………	25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหาร (diet composition)…………. 27

2.5 การใช้แบบจำลองอีโคพาธเป็นเครื่องมือในการประเมินระบบนิเวศ……… 29

บทที่ 3 วิธีการศึกษา... 40

3.1 พื้นที่ศึกษา.. 40

3.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่าง... 42

3.2.1 การเก็บรวบรวมตัวอย่างจากการทำประมงพาณิชย์………………… 42

3.2.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่างจากการทำประมงพาณิชย์………………… 43

3.3 การจำแนกชนิด……………………………………………………….. 43

3.4 การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำเบื้องต้น……………………………………….. 44

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll-a) ในน้ำ……………… 44

3.6 การคำนวณข้อมูล.. 44

3.6.1 อัตราการตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M)………………... 45

3.6.2 อัตราการตายรวม (total mortality; Z)…………………………….. 45

3.6.3 อัตราการตายจากการทำประมง (fishing mortality; F)…………… 45

3.6.4 มวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (ตัน/ตารางกิโลเมตร) (Biomass; B)……… 46

3.7 การนำเข้าพารามิเตอร์ในแบบจำลองอีโคพาธ.. 46

3.7.1 สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพเหยื่อ (Production/Biomass; P/B)… 47

3.7.2 สัดส่วนการบริโภคต่อมวลชีวภาพของผู้ล่า (consumption/biomass; Q/B)……………………………………………………….. 47

3.7.3 องค์ประกอบชนิดอาหาร (dietcomposition; DC)…………………. 47

3.8 การประมวลผลของแบบจำลอง………………………………………... 48

3.8.1 ลำดับขั้นอาหาร (trophic level).. 48

3.8.2 ประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies)…………... 49

3.8.3 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency)………………….. 49

3.8.4 การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศ (niche verlap)……... 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8.5 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของ
สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts)……………... 50

3.8.6 การวิเคราะห์สถิติคุณลักษณะและค่าการถ่ายทอดพลังงานภายใน
ระบบนิเวศ……………………………………………………... 51

บทที่ 4 ผลการศึกษา.. 52

4.1 การศึกษาโครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศของสัตว์น้ำที่ได้จาก
การทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน.. 52

4.1.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ.. 52

4.1.2 โครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมง
ชายฝั่งทะเลอันดามัน…………………………………………….. 54

4.2 การประเมินลำดับขั้นอาหาร (trophic level).. 59

4.2.1 ลำดับขั้นอาหาร (trophic level) 59

4.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศ (Ecotrophic 62
Efficiencies; EE)……………………………………………... 62

4.2.3 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion
efficiency)... 62

4.2.4 การซ้อนทับกันของผู้ล่าและผู้ถูกล่าในระบบนิเวศ (niche overlap)... 62

4.2.5 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของ
สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts)………….. 64

4.3 คุณลักษณะเฉพาะของระบบนิเวศและสมดุลของการแลกเปลี่ยนพลังงาน. 67

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา.. 69

5.1 การศึกษาโครงสร้าง และหน้าที่เชิงนิเวศ... 69

5.2 การประเมินลำดับขั้นอาหาร……………………….............................. 69

5.3 การศึกษาสมดุลพลังงาน.. 73

5.4 การศึกษาแนวทางการจัดการประมงที่เหมาะสมต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเล
อันดามัน…………………………………………………………….. 76

5.5 ข้อจำกัดของแบบจำลองอีโคพาธ………………………………………. 77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	79
บรรณานุกรม..	82
ภาคผนวก..	87
ประวัติผู้เขียน..	108

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลผลิตรวมของการจับสัตว์ทะเล ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ถึง ค.ศ. 2018 ในประเทศหรือน่านน้ำที่มีความสำคัญต่อผลผลิตการประมงของโลก…………	10
2.2	ปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำที่จับได้เทียบกับผลจับสูงสุดในการจับสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน..	14
2.3	ทรัพยากรสัตว์น้ำที่ขึ้นท่าจากการทำประมงในทะเลอันดามัน ปี ค.ศ. 1998 – 2002………………………………………………………………..	18
2.4	องค์ประกอบชนิดสัตว์และความยาวเฉลี่ยของชนิดสัตว์น้ำจากเครื่องมือประมงประเภทอวนลากคู่ฝั่งทะเลอันดามัน ปี พ.ศ.2545-2549……………	20
2.5	ส่วนของแบบจำลอง EwE หน้าที่ และข้อมูลที่ต้องนำเข้าเพื่อการวิเคราะห์	22
2.6	ข้อมูลนำเข้าของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลของปากแม่น้ำเพิร์ลในปี ค.ศ.1981 และ 1998..	31
2.7	ข้อมูลชีวมวลและสัมประสิทธิ์การกินอาหารบริเวณปากแม่น้ำเพิร์ลประเทศจีนจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอีโคพาธ………………………………	35
4.1	พารามิเตอร์จากการคำนวณด้วย FishBase เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างสายใยอาหารจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันด้วยแบบจำลองอีโคพาธ……………………………………………………	52
4.2	องค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน..	57
4.3	ข้อมูลสัตว์น้ำในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันที่นำเข้าในโปรแกรมอีโคพาธ ……………………………….…………………………………	61
4.4	ผลผลิต และการไหลของมวลชีวภาพของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน…...	68
5.1	เปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบนิเวศ..	75

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ค่าเฉลี่ยของความยาวสูงสุดของปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจากการรวบรวมข้อมูลการทำประมงทั่วโลกเป็นเวลา 50 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950……..	7
2.2	ประเทศที่มีผลผลิตจากการจับสัตว์น้ำ 10 ลำดับแรกของโลกปี 2002...........	8
2.3	ประเทศที่มีผลผลิตจากการจับสัตว์น้ำ 10 ลำดับแรกของโลกปี 2020...........	9
2.4	การศึกษาความชุกชุมของปลาด้วยการให้คะแนน RVC ในเขตการทำประมงพื้นบ้าน อ.ท้ายเหมือง จังหวัดพังงา……...	15
2.5	การเปรียบเทียบร้อยละของปลาระยะก่อนวัยเจริญพันธุ์และปลาระยะตัวเต็มวัยในวงศ์ที่มีความสำคัญต่อการทำประมงพื้นบ้าน อ.ท้ายเหมือง จังหวัดพังงา………………………………………………………..	16
2.6	ลำดับขั้นการกินเฉลี่ยชนิดและวงศ์ปลาเปรียบเทียบในชนิดเครื่องมือที่ใช้ในการทำประมงพื้นบ้าน อ.ท้ายเหมือง จังหวัดพังงา……………………….	16
2.7	ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองอีโคพาธ..........................	23
2.8	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอีโคซิมเพื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงจากการทำประมงของสัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำเพิร์ลตั้งแต่ปี 1981-2005…………………………………………………	23
2.9	แผนผังโครงร่างกระบวนการจัดทำและการวิเคราะห์ผลด้วยแบบจำลอง Ecospace………………………………………………………………	24
2.10	ค่าสัดส่วนพื้นผิวที่สัมผัสน้ำของครีบหาง (Aspect ratio)…………………..	27
2.11	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายโอนพลังงานในลำดับขั้นการกิน (TLs) ภายในสายใยอาหารของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลของปากแม่น้ำเพิร์ลในปี ค.ศ. 1981 และ 1998…………………………………………………..	32
2.12	แผนภาพปฏิสัมพันธ์ของลำดับชั้นอาหารในระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ล…...	34
2.13	ผลกระทบของกลุ่มสัตว์น้ำต่อสัตว์น้ำชนิดอื่นในสายใยอาหาร (Mixed Trophic Impact) ของระบบนิเวศอ่าวเบงกอล………………………………	37
2.14	แผนภาพโครงสร้างลำดับขั้นอาหารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศอ่าวเบงกอล……………………………………………………...	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.15	ค่าเฉลี่ยลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำและปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้บริเวณอ่าวไทย…………………………………………………………………………..	38
3.1	แผนที่แสดงพื้นที่ในแนวชายฝั่งทะเลอันดามันทางภาคใต้ของประเทศไทย…	41
3.2	พื้นที่ที่ทำการรวบรวมตัวอย่าง……………………………………………….	41
4.1	การจำลองโครงสร้างสายใยอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน..	58
4.2	การจำลองลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน..	59
4.3	แสดงดัชนีการซ้อนทับทางบทบาทการบริโภค (niche overlap) ของสัตว์น้ำ...	64
4.4	ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น (mixed trophic impacts)...	66

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การขยายตัวของเทคโนโลยี ส่งผลให้อุตสาหกรรมการประมงเติบโตอย่างรวดเร็ว เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 โดยปรับเปลี่ยนจากอุตสาหกรรมการประมงจากเรือขนาดเล็กไปเป็นเรือขนาดกลางและขนาดใหญ่ (Pauly *et al*., 1998) เครื่องมือประมงมีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการจับสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับความต้องการบริโภคอาหารทะเลของประชากรโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ (Chen *et al*., 2008) ส่งผลให้ปริมาณการจับสัตว์น้ำสูงเกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของปริมาณทรัพยากรสัตว์น้ำ (carrying capacity) ซึ่งไม่สอดคล้องกับอัตราผลผลิตและการทดแทนตามธรรมชาติของทรัพยากรสัตว์น้ำสัตว์น้ำที่โตเต็มวัยไม่เพียงพอต่อความต้องการในการทำประมง ปริมาณการจับสัตว์น้ำวัยอ่อนที่ยังไม่เข้าสู่ภาวะเจริญพันธุ์จึงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ทรัพยากรประมงมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง มีการศึกษาโดย FAO (2002), Jackson (2001) และ Myers and Worm (2003) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทำประมงก่อให้เกิดผลกระทบต่อฐานทรัพยากรของระบบนิเวศทางทะเล และการทำประมงที่มากเกินไปส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสายใยอาหารในระบบนิเวศ ซึ่งไม่สามารถประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อระบบนิเวศทางน้ำได้ (Christensen, 1998)

ประเทศในทวีปเอเชียที่มีการทำประมงสูงที่สุดของโลกเกือบทั้งหมด จากการจัดลำดับประเทศที่มีการจับสัตว์น้ำสูงสุด 10 ลำดับแรกของโลก โดยรายงานของ FAO (2002) พบว่า ประเทศไทย จัดอยู่ในลำดับที่ 9 ของโลก และถือเป็นลำดับที่ 5 ของเอเชีย ซึ่งประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำที่จับได้ลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 เป็นต้นมา เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานฉบับล่าสุดของ FAO ซึ่งเก็บข้อมูลสถิติการทำประมงของโลกในปี ค.ศ 2018 (FAO, 2020) ประเทศไทยตกไปอยู่ในลำดับที่ 14 ของโลก และลำดับที่ 7 ของเอเชีย ซึ่งมีปริมาณผลจับลดลง จากปี ค.ศ 1990 มากกว่าร้อยละ 50

รายงานประจำปีของ FAO (2010) รายงานปริมาณสัตว์น้ำขึ้นท่าของประเทศไทย พบว่าปริมาณปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ ปลาหน้าดินขนาดใหญ่และสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียน มีปริมาณที่จับได้ลดน้อยลงทุกปี แสดงให้เห็นถึงสถานะของทรัพยากรประมงได้รับการรบกวนจากกิจกรรมประมงที่มีปริมาณมากเกินไปเริ่มเข้าสู่ภาวะการทำประมงเกินกำลังการผลิต (overfishing) สอดคล้องกับ

รายงานสถิติการทำประมงการทำประมงที่ขาดความรับผิดชอบ เช่น การใช้เครื่องมือประมงทำลายล้าง การจับสัตว์น้ำในฤดูปิดอ่าว เป็นต้น การทำประมงเกินขนาด การขาดการควบคุมกิจกรรมการทำประมงและการเพิ่มจำนวนแรงงานผิดกฎหมาย ยังส่งผลกระทบต่อสถานะการทำประมงของไทย เมื่อวันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2558 ประเทศไทยได้รับการประกาศเตือนให้สถานะใบเหลืองจากอียู ในประเด็นการทำประมงผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม (IUU fishing) รัฐบาลไทยมีความพยายามอย่างมากในการแก้ไขปัญหาการประมง มีการปรับปรุง แก้ไขและเพิ่มเติมกฎหมายประมงหลายฉบับในพระราชกฤษฎีกาว่าด้วยการประมงในพระราชกำหนดการประมงฉุกเฉิน พ.ศ. 2558 (พระราชกำหนดประมง 2558) และพระราชกำหนดประมงฉุกเฉิน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 อย่างไรก็ตามแนวทางการจัดการประมงอย่างยั่งยืนเพื่อให้ได้ผลในระยะยาวจะต้องจัดการภายใต้ความเข้าใจโครงสร้างเฉพาะของระบบนิเวศที่ศึกษา (ICES, 2000) โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อนซึ่งจัดเป็นระบบนิเวศทางทะเลซึ่งมีความซับซ้อนของปฏิสัมพันธ์ภายในสายใยอาหารและการทับซ้อนจากผลกระทบของการทำประมงที่เพิ่มสูงขึ้นต่อโครงสร้างของสัตว์น้ำในระบบนิเวศ

ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน เป็นระบบนิเวศชายฝั่งทะเลเขตร้อนซึ่งมีความพิเศษ ด้านความหลากหลายของแหล่งที่อยู่อาศัยทางทะเล ทั้งระบบนิเวศชายฝั่ง ระบบนิเวศแนวปะการัง ระบบนิเวศหญ้าทะเล และระบบนิเวศป่าชายเลน เป็นแหล่งผลิตทรัพยากรประมงที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและการค้าของประเทศและของโลก ด้วยความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศทะเลอันดามันและความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำ (multi-species) นำไปสู่กิจกรรมการประมงที่เข้มข้น มีการทำประมงด้วยเครื่องมือประมงหลายชนิด ผลผลิตของระบบนิเวศทางทะเลได้ลดลงจากกิจกรรมการประมงและมลพิษจากการท่องเที่ยว

สถิติของกรมประมงล่าสุด ระหว่างปี พ.ศ. 2558 ถึงปี พ.ศ. 2561 พบว่าองค์ประกอบชนิดการจับของปลาทะเล ประกอบด้วยร้อยละของปลาเป็ดเฉลี่ยมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการจับทั้งหมด (กรมประมง, 2562) สถิติปริมาณการจับสัตว์น้ำต่อหน่วยลงแรงประมง (Catch Per Unit of Effort: CPUE) (Department of Fisheries, 2019) พบว่า ใน พ.ศ. 2551- พ.ศ. 2555 การทำประมงฝั่งทะเลอันดามันมีปริมาณ CPUE เฉลี่ยเท่ากับ 42.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปีพ.ศ. 2556 - พ.ศ. 2560 เป็น 59.36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การเพิ่มขึ้นของปริมาณการลงแรงทำประมง สวนทางกับสถิติการจับสัตว์น้ำของการทำประมงฝั่งทะเลอันดามัน ที่ลดลงอย่างมากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จากปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ 631,493 ตัน ในปี พ.ศ. 2550 ลดลงเหลือ 308,144 ตัน ในปี พ.ศ. 2560 สัตว์น้ำที่จับได้มีขนาดเล็กลงและยังไม่เข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ จากผลกระทบของการทำ

ประมงที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าทรัพยากรประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันมีความเสื่อมโทรมลงอย่างชัดเจน และกำลังเข้าสู่ภาวะปริมาณการจับสัตว์น้ำมากเกินกำลังการผลิต (overfishing) ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันมีความเสี่ยงจากการลดลงของชีวมวลสัตว์น้ำซึ่งเร็วและมากเกินไป อาจส่งผลต่อความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของสายใยอาหารของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน จึงได้มีการศึกษาโครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการประเมินโครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศที่ถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมง โดยได้มีการศึกษา การใช้แบบจำลองอีโคพาธ (Ecopath) เพื่อเป็นแนวทางในการคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อแต่ละลำดับขั้นการกินในสายใยอาหาร ตัวอย่างการศึกษาในบริเวณปากแม่น้ำเพิร์ล ประเทศจีน (Wang *et al*., 2015) พบว่าแบบจำลองอีโคพาธสามารถประเมินโครงสร้างและหน้าที่ภายในระบบนิเวศ เพื่อทำนายแนวโน้มของโครงสร้างระบบนิเวศ และสามารถใช้ข้อมูลเป็นแนวทางในการจัดทำนโยบายการทำประมง (Pauly *et al*., 2000) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองอีโคพาธเพื่อการวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศและการจัดการสัตว์น้ำ จากการทำประมงฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทยขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อแต่ละลำดับขั้นการกินในสายใยอาหารของทะเลอันดามันจากสถานการณ์การทำประมงของไทย โดยการใช้แบบจำลองอีโคพาธ วิเคราะห์ชีวมวลของสัตว์น้ำแต่ละลำดับขั้นการกินในสายใยอาหารโครงสร้างลำดับชั้นอาหาร การแลกเปลี่ยนพลังงาน การถ่ายเทพลังงานภายในระบบนิเวศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการทรัพยากรประมงในระบบนิเวศทะเลอันดามันอันจะนำไปสู่การยกระดับมาตรฐานการทำประมงไทยเพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาโครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามันโดยใช้แบบจำลองอีโคพาธ

1.2.2 เพื่อประเมินลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน

1.2.3 เพื่อประเมินคุณลักษณะของระบบนิเวศและสมดุลของการแลกเปลี่ยนพลังงานภายในระบบนิเวศบริเวณแหล่งทำประมงฝั่งทะเลอันดามัน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 การทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน

1.3.2 สัตว์น้ำขนาดใหญ่และสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารสูงเป็นชนิดสัตว์น้ำที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศและการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน

1.3.3 ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันมีคุณลักษณะแบบระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อน และถูกรบกวนจากการทำประมงส่งผลต่อสมดุลของการแลกเปลี่ยนพลังงานภายในระบบนิเวศ

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การทำประมงที่เกินกำลังการผลิต (overfishing) ด้วยเครื่องมือประมงทำลายล้างและผิดกฎหมาย นำไปสู่การทำลายที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรประมงและการลดลงของมวลชีวภาพสัตว์น้ำ แนวโน้มการทำประมงในปัจจุบันเริ่มมีการจับสัตว์น้ำที่เป็นพื้นฐานขั้นต้นของห่วงโซ่อาหารขึ้นมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (Pauly *et al*., 1998) เช่นเดียวกับการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันซึ่งมีแนวโน้มในการทำประมงทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของระบบนิเวศ ประกอบกับความต้องการบริโภคสัตว์ทะเลที่สูงขึ้นและเทคโนโลยีการทำประมงที่ทันสมัย ในขณะที่แนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรประมงในปัจจุบันยังขาดข้อมูลพื้นฐานของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศที่เปลี่ยนแปลงไปจากการลงแรงทำประมง ดังนั้นหากต้องการการจัดการทรัพยากรประมงอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเข้าใจถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบนิเวศและการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ภายในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยใช้แนวทางศึกษาด้วยแบบจำลองทางนิเวศของแหล่งน้ำที่มีชื่อว่า แบบจำลองอีโคพาธ (Ecopath with Ecosim) ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อการประเมินสภาวะของทรัพยากรประมง การเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรประมงในระบบนิเวศ และประเมินทิศทางปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรต่าง ๆ ในระบบนิเวศ (Christensen *et al*., 2008) เพื่อนำไปสู่การจัดการเพื่อความสมดุลของระบบนิเวศ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรประมงอย่างยั่งยืนในต่อไป

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 พื้นที่เก็บรวบรวมตัวอย่าง

ครอบคลุมพื้นที่การทำประมงชายฝั่งทั้งประมงพาณิชย์และประมงพื้นบ้านในเขตการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน 3 จังหวัด ได้แก่

1.5.1.1 จังหวัดกระบี่ แบ่งเป็น อำเภอเมือง 1 แพพาณิชย์ อำเภอเกาะลันตา 2 แพพื้นบ้าน อำเภอบ่อม่วง 1 แพพาณิชย์

1.5.1.2 จังหวัดพังงา แบ่งเป็น อำเภอตะกั่วทุ่ง 1 แพพาณิชย์ อำเภอเมือง 1 แพพื้นบ้าน

1.5.1.3 จังหวัดภูเก็ต แบ่งเป็น อำเภอเมือง 2 แพพาณิชย์ 2 แพพื้นบ้าน

1.5.2 ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1.6.1 สำรวจข้อมูลเรือประมง เครื่องมือประมงและระยะเวลาการทำประมงในบริเวณที่ศึกษา

1.6.2 บันทึกน้ำหนักทั้งหมดที่จับได้และน้ำหนักรวมของสัตว์น้ำแต่ละชนิดจากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน รวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำจากการสุ่มอย่างน้อยร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ ซึ่งจำแนกชนิดและคัดขนาดเบื้องต้นจากแพปลาแล้ว นำมาจำแนกชนิดอย่างละเอียดอีกครั้ง วัดความยาวเหยียด ชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวและความกว้างของครีบหาง

1.6.3 ผ่ากระเพาะอาหารสัตว์น้ำตัวอย่าง แยกกระเพาะมาเก็บรักษาเนื้อเยื่อด้วยฟอร์มาลิน 10% ทำการวิเคราะห์ชนิดของอาหารในกระเพาะตัวอย่างสัตว์น้ำภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คำนวนน้ำหนักอาหารตามวิธีการของ hyslop, 1980

1.6.4 นำข้อมูลจากการศึกษามาคำนวณตามสมการคำนวนพารามิเตอร์การเติบโต

1.6.5 นำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองอีโคพาธ

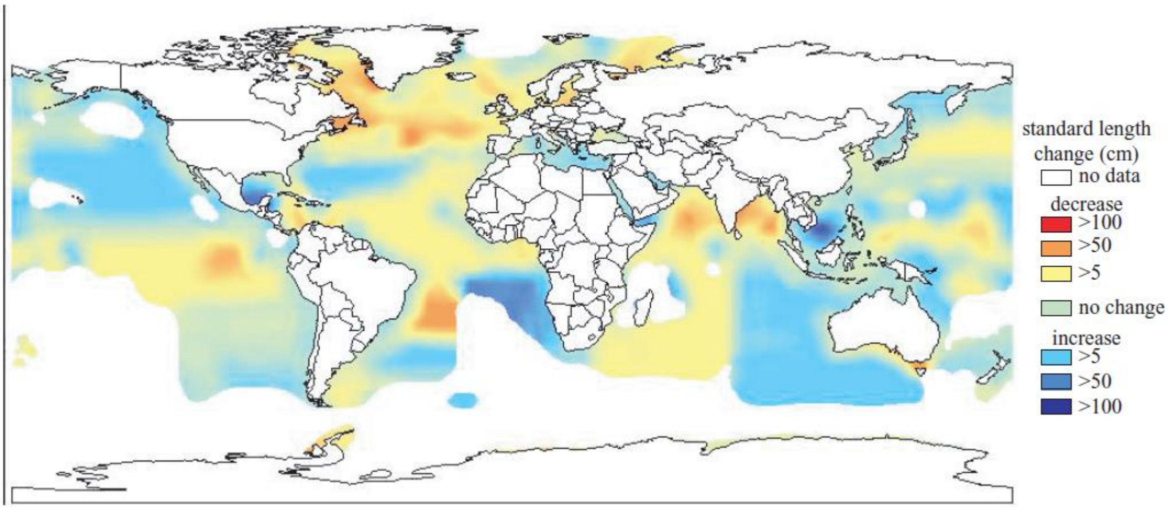
บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์การทำประมงของโลก

การทำประมงในอดีตมีการเปิดให้เข้าถึงทรัพยากรทางทะเลได้อย่างเสรี เครื่องมือประมงที่มีอัตราการจับสัตว์น้ำปริมาณสูงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ขาดการควบคุมด้านกฎหมาย (Pauly,1996) ต่อมาองค์การสหประชาชาติ จึงได้จัดทำอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยกฎหมายทะเล (United Nations Convention on the Law of the Sea; (UNCLOS 1982) เพื่อเป็นกฎหมายแม่บทของกฎหมายทางทะเล ครอบคลุมการปกป้องทรัพยากรชายฝั่ง การจัดการทรัพยากรประมงอย่างรับผิดชอบรวมทั้งการกำหนดเขตเศรษฐกิจจำเพาะ (Exclusive Economic Zone: EEZ) และการใช้ประโยชน์ในทะเลหลวง (High Seas) อย่างไรก็ตามการพัฒนาทางเทคโนโลยีและเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ส่งผลให้เกิดการขยายตัวในการพัฒนาเครื่องมือประมงอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศยังคงมีการทำประมงโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศ เช่น การทำประมงสัตว์น้ำเพียงชนิดเดียว (single-species fisheries) ไม่มีการจำกัดปริมาณผลจับสัตว์น้ำและไม่จำกัดปริมาณเครื่องมือประมง ขาดการควบคุมประเภทของเครื่องมือประมง เช่น การใช้เครื่องมือประมงที่มีขนาดตาอวนเล็กเกินไป โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนาและมีอาณาเขตติดทะเล จึงเริ่มมีงานวิจัยที่ศึกษาด้านผลกระทบจากการทำประมงที่สูงขึ้น จากการศึกษาของ Watson and Pauly (2001), Jackson *et al.* (2001), Christensen *et al.* (2003), และ Myers and Worm (2003) ผลการศึกษาแสดงไปในทิศทางเดียวกันโดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณการทำประมงทั่วโลก ผกผันกับอัตราการจับสัตว์น้ำที่ช้าลงและปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ทั่วโลกเริ่มลดลงตั้งแต่ช่วงปลายทศวรรษ 1980 การศึกษาของ Pauly *et al.* (1998) พบว่าผลจากปริมาณการทำประมงที่สูงเกินไปส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ fishing down food web ซึ่งเป็นการเปลี่ยนเป้าหมายในการทำประมงจากสัตว์น้ำขนาดใหญ่กลายเป็นสัตว์น้ำขนาดเล็กเนื่องจากสัตว์น้ำขนาดใหญ่มีจำนวนลดลง หลังจากนั้น Pauly *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาข้อมูลค่าเฉลี่ยของลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำ (mean trophic level; mTL) อย่างต่อเนื่องโดยรวบรวมข้อมูล จากผลจับสัตว์น้ำของการทำประมงทั่วโลก พบว่า ในปี ค.ศ. 1950 ลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3.37 (แพลงก์ตอนพืชมี ลำดับขั้นอาหาร 1 โคพีพอดและกุ้งขนาดเล็กมี ลำดับขั้นอาหาร 2 ปลาผิวน้ำขนาดเล็กและสัตว์น้ำที่บริโภคแพลงก์ตอนสัตว์มีลำดับขั้นอาหาร 3 ปลากินเนื้อขนาดใหญ่ ฉลามและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเลมี ลำดับขั้นอาหาร

4-4.5) ในปี ค.ศ. 1983 ลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงโดยเฉลี่ยลดลงอยู่ที่ 3.25 และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในเขตการทำประมงทั่วโลก การศึกษาค่าเฉลี่ยของความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำ จากข้อมูลการทำประมงในระยะเวลา 50 ปี (ภาพที่ 2.1) พื้นที่สีเหลือง แสดงถึง ค่าเฉลี่ยความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำลดลงมากกว่า 5 เซนติเมตร พื้นที่สีส้ม แสดงถึง ค่าเฉลี่ยความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำลดลงมากกว่า 50 เซนติเมตร พื้นที่สีฟ้า สีครามและสีน้ำเงิน แสดงถึงค่าเฉลี่ยความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 5, 50 และ 100 เซนติเมตรตามลำดับ พบว่าสัตว์น้ำเป้าหมาย มีขนาดเล็กลงเห็นได้ชัดในสัตว์น้ำจากการทำประมงเขตแอตแลนติกเหนือ และพื้นที่ที่มีการประมงอย่างหนาแน่น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การลดลงของค่าเฉลี่ยของความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำ ส่งผลต่อลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำที่ลดลง

เขตการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามันของไทยจัดอยู่ในบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำลดลงมากกว่า 5 เซนติเมตร ในพื้นที่สีเหลือง และมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่สีส้มซึ่งค่าเฉลี่ยความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำลดลงมากกว่า 50 เซนติเมตร

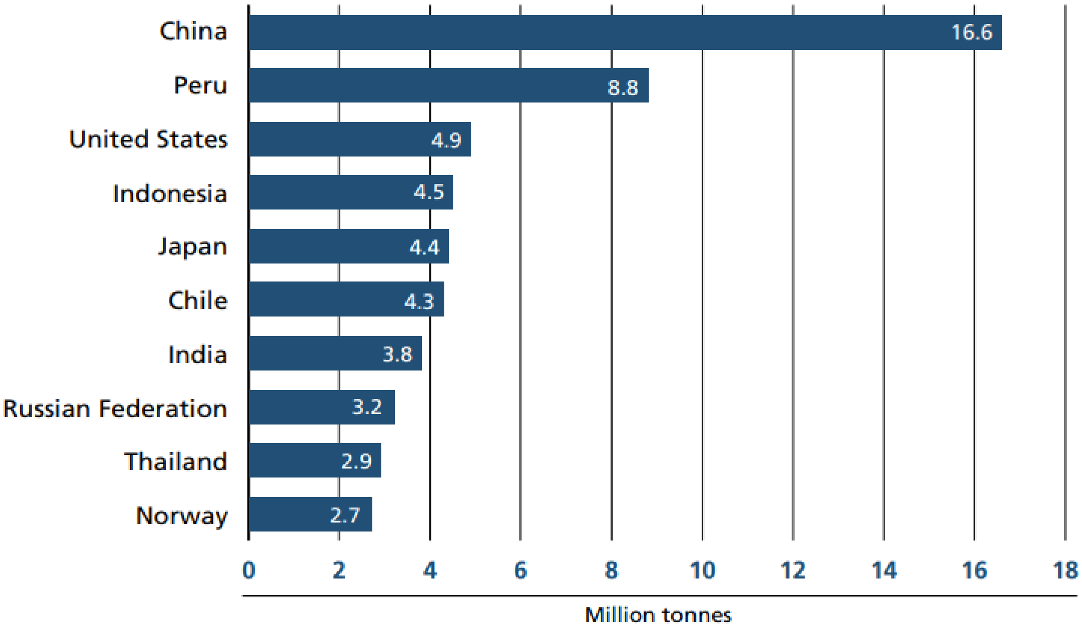


ภาพที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยของความยาวสูงสุดของปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจากการรวบรวมข้อมูลการทำประมงทั่วโลกเป็นเวลา 50 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950

ที่มา: Pauly *et al*. (2005)

รายงานสภาวะการทำประมงของโลก (FAO, 2002) ได้จัดลำดับประเทศที่มีการจับสัตว์น้ำสูงสุด 10 ลำดับแรกของโลก ประเทศในเขตร้อนในเขตมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิกยังคงมีปริมาณการจับสัตว์น้ำที่ค่อนข้างสูงซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณสัตว์น้ำจากการทำ

ประมงเป็นปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ (ส่วนใหญ่เป็นปลาทูน่า) และสัตว์ทะเลขนาดเล็ก โดยประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 9 ของโลก และถือเป็นลำดับที่ 5 ของเอเชีย และนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 ไทยครองลำดับอยู่ใน 10 ลำดับแรกของโลกมาอย่างต่อเนื่อง

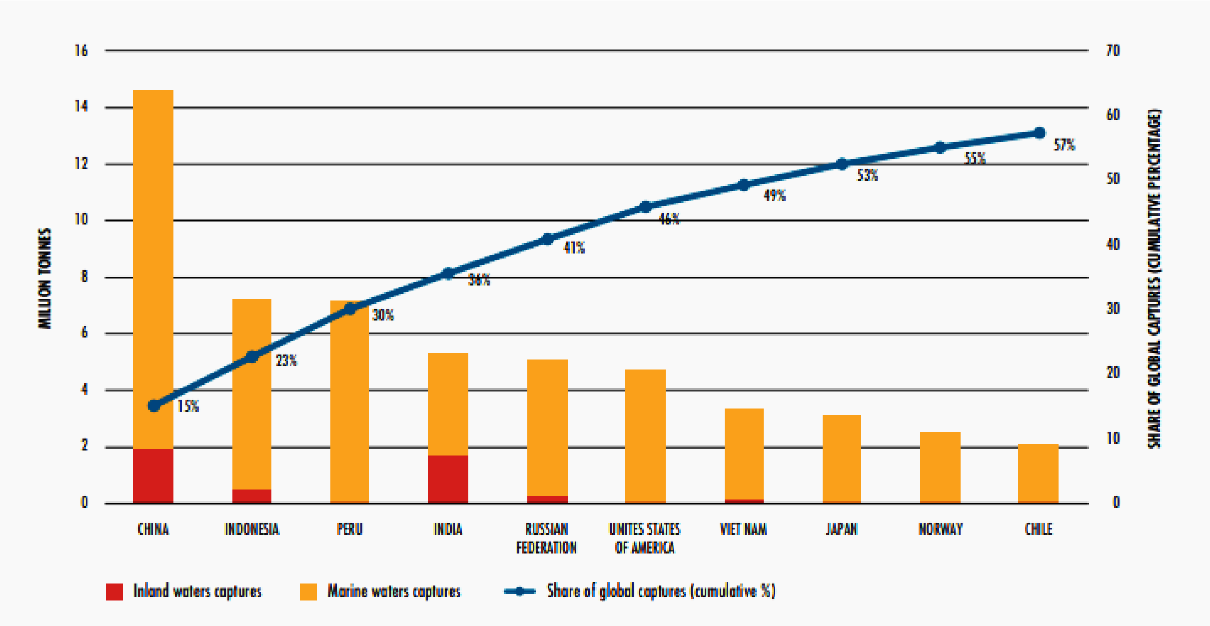


ภาพที่ 2.2 ประเทศที่มีผลผลิตจากการจับสัตว์น้ำ 10 ลำดับแรกของโลก ปี 2002

ที่มา: FAO (2002)

เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์การทำประมงของโลกโดยข้อมูลล่าสุดจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2020) ซึ่งรวบรวมข้อมูลสถิติการทำประมงของโลกในปี ค.ศ. 2018 พบว่า ลำดับประเทศที่มีการจับสัตว์น้ำสูงสุด 10 ลำดับแรกของโลก ประเทศจีนยังคงเป็นประเทศที่มีปริมาณการจับสัตว์ทะเลสูงที่สุดลำดับ 1 ของโลก ในขณะที่ประเทศในภูมิภาคเอเชียยังคงมีปริมาณการจับสัตว์น้ำสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ประกอบด้วย ประเทศอินโดนีเซียและอินเดีย มีลำดับเพิ่มจากลำดับที่ 4 และ 7 ในปี ค.ศ. 2002 มาเป็น ลำดับที่ 2 และ 4 ตามลำดับ ในปี ค.ศ. 2020 ในขณะที่ประเทศเวียดนาม ขึ้นมาเป็นลำดับที่ 7 โดยประเทศ 7 ลำดับแรกของโลก ครองผลผลิตการจับสัตว์น้ำ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสัตว์น้ำทั้งหมดของโลก ซึ่งประเทศจีนคิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ของโลก ตามด้วยประเทศเปรู ประเทศอินโดนีเซีย สหพันธรัฐรัสเซีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศอินเดีย และประเทศเวียดนาม (8, 8, 6, 6, 4, 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ภาพที่ 2.3)

บทบาทของประเทศไทยต่อสถานการณ์การทำประมงของโลก สถิติล่าสุด โดย FAO (2020) กล่าวว่า ประเทศไทยเคยมีผลผลิตการจับสัตว์น้ำ ใน 10 ลำดับแรกของโลก พบว่า ปัจจุบัน ปริมาณผลผลิตการจับสัตว์น้ำของไทย อยู่ในลำดับที่ 14 ของโลก และลำดับที่ 7 ของเอเชีย โดยมีผลจับสัตว์น้ำสูงที่สุด 2.70 ล้านตัน ในปี ค.ศ 1990 และมีปริมาณผลจับลดลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ถึง ปี ค.ศ. 2015 มีผลจับสัตว์น้ำต่ำที่สุดใน ปี ค.ศ. 2017 1.31 ล้านตัน และในการเก็บสถิติปีล่าสุด ในปี ค.ศ. 2018 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตการจับสัตว์น้ำ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีปริมาณ 1.51 ล้านตัน คิดเป็นปริมาณผลผลิตการจับสัตว์น้ำร้อยละ 2 ของผลจับสัตว์น้ำรวมทั่วโลก (ตารางที่ 2.1)



ภาพที่ 2.3 ประเทศที่มีผลผลิตจากการจับสัตว์น้ำ 10 ลำดับแรกของโลก ปี 2020

ที่มา: FAO (2020)

ตารางที่ 2.1 ผลผลิตรวมของการจับสัตว์ทะเล ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ถึง ค.ศ. 2018 ในประเทศหรือน่านน้ำที่มีความสำคัญต่อผลผลิตการประมงของโลก

Country or territory	Production (average per year)			Production				Percentage of total, 2018
	1980s	1990s	2000s	2015	2016	2017	2018	
	(million tonnes, live weight)							
China	3.82	9.96	12.43	14.39	13.78	13.19	12.68	15
Peru (total)	4.14	8.10	8.07	4.79	3.77	4.13	7.15	8
Peru (excluding anchoveta)	*2.50*	*2.54*	*0.95*	*1.02*	*0.92*	*0.83*	*0.96*	–
Indonesia	1.74	3.03	4.37	6.22	6.11	6.31	6.71	8
Russian Federation	1.51	4.72	3.20	4.17	4.47	4.59	4.84	6
United States of America	4.53	5.15	4.75	5.02	4.88	5.02	4.72	6
India	1.69	2.60	2.95	3.50	3.71	3.94	3.62	4
Viet Nam	0.53	0.94	1.72	2.71	2.93	3.15	3.19	4
Japan	10.59	6.72	4.41	3.37	3.17	3.18	3.10	4
Norway	2.21	2.43	2.52	2.29	2.03	2.38	2.49	3
Chile (total)	4.52	5.95	4.02	1.79	1.50	1.92	2.12	3
Chile (excluding anchoveta)	*4.00*	*4.45*	*2.75*	*1.25*	*1.16*	*1.29*	*1.27*	–
Philippines	1.32	1.68	2.08	1.95	1.87	1.72	1.89	2
Thailand	2.08	2.70	2.38	1.32	1.34	1.31	1.51	2
Mexico	1.21	1.18	1.31	1.32	1.31	1.46	1.47	2
Malaysia	0.76	1.08	1.31	1.49	1.57	1.47	1.45	2
Morocco	0.46	0.68	0.97	1.35	1.43	1.36	1.36	2
Republic of Korea	2.18	2.25	1.78	1.64	1.35	1.35	1.33	2
Iceland	1.43	1.67	1.66	1.32	1.07	1.18	1.26	1
Myanmar	0.50	0.61	1.10	1.11	1.19	1.27	1.14	1
Mauritania	0.06	0.06	0.19	0.39	0.59	0.78	0.95	1
Spain	1.21	1.13	0.92	0.97	0.91	0.94	0.92	1
Argentina	0.41	0.99	0.94	0.80	0.74	0.81	0.82	1
Taiwan Province of China	0.83	1.05	1.02	0.99	0.75	0.75	0.81	1
Denmark	1.86	1.71	1.05	0.87	0.67	0.90	0.79	1
Canada	1.41	1.09	1.01	0.82	0.84	0.81	0.78	1
Iran (Islamic Republic of)	0.11	0.23	0.31	0.54	0.59	0.69	0.72	1
Total 25 major producers	**51.10**	**67.71**	**66.45**	**65.11**	**62.58**	**64.60**	**67.83**	**80**
Total all other producers	**21.00**	**14.15**	**15.12**	**15.39**	**15.69**	**16.61**	**16.58**	**20**
World total	**72.10**	**81.86**	**81.56**	**80.51**	**78.27**	**81.21**	**84.41**	**100**

ที่มา: FAO (2020)

2.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และความหลากหลายทางชีวภาพของชายฝั่งทะเลอันดามัน

ชายฝั่งทะเลอันดามันทางภาคใต้ของประเทศไทยตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างมหาสมุทรอินเดียตะวันออกและมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ชายฝั่งทะเลมีความยาวประมาณ 865 กิโลเมตร และมีพื้นที่ประมาณ 116,280 ตารางกิโลเมตร ด้านมหาสมุทรอินเดีย ครอบคลุมพื้นที่ 6 จังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดระนอง จังหวัดพังงา จังหวัดกระบี่ จังหวัดภูเก็ต จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล ลักษณะภูมิประเทศเป็นแผ่นดินยุบตัว ทำให้ชายฝั่งทะเลมีลักษณะเว้าๆ แหว่งๆ ขรุขระ ชายฝั่งทะเลมักจะแคบและลึกชัน บริเวณชายฝั่งทะเล แบ่งได้ 2 พื้นที่ตามเส้นชั้นความลึกของน้ำทะเล ซึ่งก่อให้เกิดความหลากหลายของแนวปะการังทั้งชนิดและปริมาณ คือ ชายฝั่งทะเลจังหวัดระนอง พังงาฝั่งตะวันตกและภูเก็ตฝั่งตะวันตก พื้นทะเลมีความลาดชันสูง มีความลึกน้ำเฉลี่ยประมาณ 650 เมตร โดยเฉพาะบริเวณแอ่งอันดามันซึ่งเป็นบริเวณที่มีความลึกมากที่สุดของทะเลไทย ความเค็มของน้ำทะเลในช่วงตอนบนของชายฝั่ง (ระนองไปภูเก็ต) มีความเค็มสูง (32.9-33.4 ppt) เนื่องจากอิทธิพลของน้ำทะเลท่วมถึงอยู่ตลอดในขณะที่ทางตอนล่างของชายฝั่งทะเลอันดามัน (ภูเก็ตถึงสตูล) มีช่วงความเค็มต่ำกว่า (32.0-32.8 ppt) เนื่องจากอิทธิพลของการไหลของน้ำจืดจากตามแนวชายฝั่งทะเล อุณหภูมิบริเวณผิวน้ำของชายฝั่งทะเลอันดามันประมาณ 27.6-29.3° ลักษณะพื้นทะเลเป็นทรายและทรายปนโคลน ในขณะที่พื้นทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลบริเวณจังหวัดพังงาฝั่งใต้ ภูเก็ตฝั่งตะวันออก กระบี่ และตรัง มีความลาดเทน้อย ส่วนของไหล่ทวีปมีความลึกไม่เกิน 300 เมตร มีรูปแบบน้ำขึ้นน้ำลงลักษณะเป็นแบบน้ำคู่หรือน้ำขึ้นลงวันละ 2 ครั้ง (semidiurnal tide) โดยทั่วไปแล้วจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมสองช่วงฤดูมรสุม ได้แก่ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนตุลาคมและลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (Panjarat, 2008) ชายฝั่งทะเลอันดามันทางใต้ของประเทศไทย จึงเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายของระบบนิเวศทางทะเลและความหลากหลายของสายพันธุ์ปลาทะเลที่สูงมาก (Satapoomin, 2011) ทั้งนี้ประกอบด้วยระบบนิเวศชายฝั่งเด่น ๆ ดังนี้

2.2.1 ระบบนิเวศปะการัง

แนวปะการังเป็นลักษณะระบบนิเวศน้ำตื้นที่โดดเด่นของชายฝั่งทะเลเขตร้อน กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน มีพื้นที่แนวปะการังก่อตัวรวมทั้งหมด 62.82 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 41 ของพื้นที่แนวปะการังของประเทศไทย แนวปะการังประกอบด้วยโครงสร้างทางกายภาพที่เกิดจากการสะสมของหินปูน(โซเดียมคาร์บอเนต) ซึ่งเกิดจากการสะสมคาร์บอเนตจากโครงสร้างสิ่งมีชีวิตที่ย่อยสลายในทะเลหลายร้อยหรือหลายพันปี ซึ่งส่วนใหญ่พบตามเกาะแก่ง ต่าง ๆ ทั้งเกาะใกล้ฝั่งและเกาะที่อยู่ใกล้ไหล่ทวีป แนวปะการังส่วนใหญ่อยู่ในสภาพที่ดีถึงปานกลาง โครงร่างแข็ง

ของปะการังยังเป็นที่อยู่อาศัยของสาหร่าย zooxanthellae ที่ช่วยให้ปะการังเกิดสีสันจากสาหร่ายชนิดนี้ ความสวยงามและคุณค่าของแนวปะการังนอกจากจะดึงดูดนักท่องเที่ยวชายฝั่งแล้ว ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดต่อระบบนิเวศคือ เป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำและแหล่งทรัพยากรชายฝั่งทะเลที่อุดมสมบูรณ์ มากไปด้วยความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำนอกจากนี้ยังเป็นแนวปะทะเพื่อลดความแรงของคลื่นก่อนกระทบชายฝั่ง เป็นแหล่งอาชีพที่สำคัญของชาวประมงใกล้ชายฝั่ง แต่ปัจจุบันแนวปะการังเริ่มเข้าสู่ภาวะเสื่อมโทรมในหลายพื้นที่ หลังจากเหตุการณ์สึนามิในปี พ.ศ. 2547 พบความเสียหายของแนวปะการังบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงร้อยละ 22 และความเสื่อมโทรมของแนวปะการังยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2010 เกิดปรากฏการปะการังฟอกขาว
(bleaching) อย่างรุนแรงกว่าร้อยละ 95 จากปัญหาสภาวะโลกร้อน ปัญหาตะกอนดินจากชายฝั่งและมลพิษจากการปล่อยน้ำเสียจากการพัฒนาท่าเรือ และการท่องเที่ยวทางทะเล ซึ่งส่งผลต่อการท่องเที่ยวและระบบนิเวศโดยตรง สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแนวปะการัง ได้แก่ ปลาในครอบครัว Chaetodontidae, Pomacentridae, Acanthuridae และ Scaridae ในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว (Krishnan *et al*., 2011)

2.2.2 ระบบนิเวศหญ้าทะเล

พื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน ถือเป็นแหล่งหญ้าทะเลผืนใหญ่ที่สุดในน่านน้ำไทย คิดเป็นร้อยละ 62 ของแหล่งหญ้าทะเลของประเทศ ครอบคลุมพื้นที่ทะเลที่เป็นเขตน้ำตื้นชายฝั่งและเกาะต่าง ๆ ปัจจุบันสำรวจพบแหล่งหญ้าทะเล 49 แห่ง โดยแหล่งหญ้าทะเลที่ใหญ่และสมบูรณ์ที่สุดของประเทศไทยอยู่บริเวณอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม เกาะลิบง และเกาะมุก จังหวัดตรัง สถานการณ์ของแหล่งหญ้าทะเลในปัจจุบันมีทั้งที่มีสภาพสมบูรณ์ตามธรรมชาติ ถึงเสื่อมโทรมมาก โดยสาเหตุของความเสื่อมโทรมของแหล่งหญ้าทะเลส่วนใหญ่เกิดจากการถมทะเล การสร้างท่าเรือ การทำการประมงที่ใช้เครื่องมือประมงทำลายล้าง เช่น อวนลาก อวนรุน คราดหอย และ การเพาะเลี้ยงตามชายฝั่ง เป็นต้น

2.2.3 ระบบนิเวศป่าชายเลน

ในอดีตพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันมีการบุกรุกและการใช้ประโยชน์จากป่าชายเลนอย่างมากและต่อเนื่อง โดยพบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2504 -2532 พื้นที่ป่าชายเลนในพื้นที่มีแนวโน้มลดลงเฉลี่ย 16,054 ไร่ต่อปี จากการรุกล้ำพื้นที่เพื่อการเพาะเลี้ยง การรุกล้ำพื้นที่เพื่อสร้างที่อยู่อาศัยของชุมชน แต่ในปัจจุบัน สถานการณ์พื้นที่ป่าชายเลนในพื้นที่มีแนวโน้มดีขึ้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการปลูกป่าชายในหลายพื้นที่เพื่อฟื้นฟูทรัพยากรป่าชายเลนที่สูญเสียไป โดยมีอัตราการ

เปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 10,762.67 ไร่ต่อปี มีพื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นจาก 707,983 ไร่ ในปี พ.ศ. 2532 เป็น 869,423 ไร่ ในปี พ.ศ. 2547 โดยจังหวัดพังงาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ป่าชายเลนมากที่สุด มีพื้นที่ป่าชายเลนทั้งสิ้น 271,628 ไร่ อีกทั้งยังมีความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ป่าชายเลนสูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ โดยร้อยละ 90 ของพื้นที่ป่าชายเลนของจังหวัดพังงา มีต้นไม้ขึ้นอยู่หนาแน่น ซึ่งประกอบด้วย พันธุ์ไม้มีค่าหลายชนิด เช่น ไม้โกงกางใบเล็ก ไม้โกงกางใบใหญ่ ตะบูน และเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์ทะเลหน้าดิน ได้แก่ ปูทะเลและกุ้งทะเล

2.2.4 ระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำและปากแม่น้ำ

พื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน มีพื้นที่ชุ่มน้ำครอบคลุมพื้นที่รวมทั้งหมด 2,751.041 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 16 ของพื้นที่ พื้นที่ชุ่มน้ำส่วนใหญ่จะเป็น ชายฝั่งทะเล และปากน้ำ โดยพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญในเขตชายฝั่งทะเลอันดามัน ได้แก่ พื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานแห่งชาติแหลมสน-ปากแม่น้ำกระบุรี-ปากคลองกะเปอร์ จังหวัดระนอง พื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานแห่งชาติอ่าวพังงา พื้นที่ชุ่มน้ำปากแม่น้ำกระบี่ จังหวัดกระบี่ และพื้นที่ชุ่มน้ำอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม-เขตห้ามล่าสัตว์ป่าหมู่เกาะลิบง-ปากน้ำตรัง จังหวัดตรัง และป่าชายเลนปะเหลียน-ละงู จังหวัดตรัง-สตูล เป็นต้น

2.3 การทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย

การศึกษาของ Panjarut (2008) รายงานสถิติการทำประมงของประเทศไทย ตั้งแต่ปี ค.ศ 1994-2004 พบว่าการทำประมงฝั่งทะเลอันดามัน มีร้อยละการจับสัตว์น้ำเกินกำลังการผลิต (overfishing)ในปลาผิวน้ำและปลาพื้นท้องน้ำคิดเป็นร้อยละ 333 และ 245 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2) แสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากการทำประมงอย่างหนักของชายฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งในอดีตเป็นการประมงแบบเสรี (open access fishery) ให้สิทธิ์ผู้ใช้ทรัพยากรประมงอย่างเต็มที่ไม่มีการควบคุมจำนวนเครื่องมือและระยะเวลาในการทำประมง อีกทั้งในขณะนั้นกฎหมายด้านการประมงของประเทศไทยยังไม่เข้มงวดเพียงพอ ทำให้จำนวนเรือประมงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีการใช้เครื่องมือประมงที่ทำลายระบบนิเวศและที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และการใช้เครื่องมือประมงที่มีขนาดตาอวนเล็กเกินไปทำให้มีการจับสัตว์น้ำขนาดเล็กที่ยังไม่เข้าสู่ภาวะเจริญพันธุ์มากขึ้น สัตว์น้ำเศรษฐกิจวัยอ่อนไม่สามารถเติบโตทดแทนได้เพียงพอต่อปริมาณการทำประมง นำไปสู่การลงแรงทำประมงมากเกินกำลังการผลิต (overfishing)

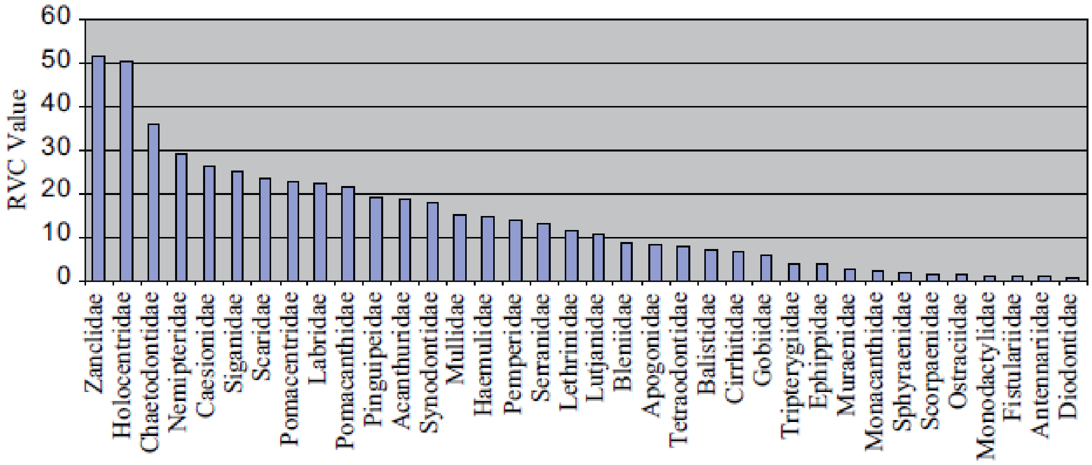
ตารางที่ 2.2 ปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำที่จับได้เทียบกับผลจับสูงสุดในการจับสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน

Area	Fish Category	Sustainable Yield (tons)	Actual Yield (tons)	Overfishing (%)
Gulf of Thailand	Pelagic	400,000	559,502	140
	Demersal	750,000	1,261,185	168
Andaman Sea	Pelagic	50,000	166,628	333
	Demersal	200,000	491,292	245

ที่มา: Panjarut (2008)

Estelle *et al.* (2009) กล่าวว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีรูปแบบการทำประมงขนาดเล็กที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะ อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังประสบปัญหาการทำประมงเกินขีดจำกัด ยังมีการทำประมงด้วยเครื่องมือประมงทำลายล้าง ทำให้ที่อยู่อาศัยของปลาถูกทำลายผนวกกับความอ่อนแอของการบังคับใช้กฎหมายด้านการประมง เครื่องมือของประมงพื้นบ้านทั่วไป เช่น อวนรุน อวนทับตลิ่ง ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อหน้าดินอย่างรุนแรง สัตว์น้ำเป้าหมายที่ได้ส่วนใหญ่เป็นสัตว์น้ำวัยอ่อน(juvenile) ของปลาเศรษฐกิจ ซึ่งอาจนำไปสู่การลดลงของประชากรปลา และการเปลี่ยนแปลงค่าลำดับขั้นการกินในสายใยอาหารได้ ปลาในระบบนิเวศปะการังเป็นแหล่งทำประมงที่สำคัญของประมงพื้นบ้าน ปลาในแนวปะการังที่เป็นชนิดเป้าหมาย (target species) ส่วนใหญ่ เป็นปลาที่มีช่วงชีวิตยาวนาน เจริญเติบโตช้า เข้าสู่ภาวะเจริญพันธุ์ช้า อัตราการตายในธรรมชาติค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่า ลักษณะที่อยู่อาศัยมีความพิเศษ เช่น ปลาหมอทะเล ปลากะพงแดงเป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นผู้ล่าในแนวปะการัง ดังนั้นหากเกิดการลดลงของประชากรปลาในแนวปะการัง ก็พยากรณ์ได้ว่าเป็นสัญญาณเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบนิเวศ จึงทำการสำรวจองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำจากกลุ่มปลาในแนวปะการัง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่สำคัญในการทำประมงพื้นบ้าน จากการศึกษาด้วยวิธีการดำน้ำตามเส้นเทปและให้คะแนนจากการมองเห็นและจำแนกชนิดภาคสนาม บริเวณอำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา พบว่า สามารถจำแนกความหลากหลายขององค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำบริเวณแนวปะการัง พบปลาในแนวปะการัง 192 ชนิด จาก 88 ครอบครัว จำแนกตามครอบครัวได้ถึง 36 ครอบครัว ปลาในวงศ์ปลาโนรี (Zanclidae) และ วงศ์ปลาข้าวเม่า (Holocentridae) พบมีความชุกชุมในแนวปะการังมากที่สุด ตั้งแต่ค่า RVC (Rapid Visual Count) ของปลาในวงศ์ปลาผีเสื้อ (Chaetodontidae) ถึง วงศ์ปลาขี้ตังเบ็ด

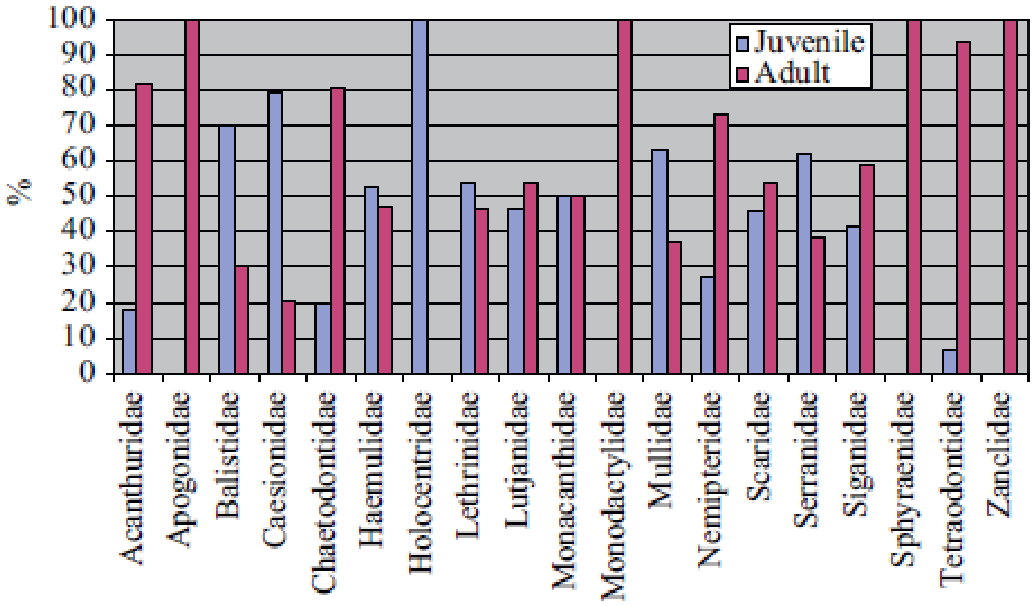
(Acanthuridae) ที่มีคะแนน RVC อยู่ในช่วง 36-19 คะแนนนับว่ายังมีความชุกชุมอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งจะพบว่า จาก 36 ครอบครัวที่สำรวจพบ มีเพียง 12 ครอบครัวเท่านั้นที่มีค่า RVC อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อาจเพราะการใช้เครื่องมือประมงพื้นบ้านไม่กี่รูปแบบในบริเวณแนวปะการังทำให้ชนิดปลาที่จำเพาะเจาะจงต่อเครื่องมือและความต้องการของตลาดพื้นบ้านมีความชุกชุมต่ำ ดังนั้นการใช้เครื่องมือประมงพื้นบ้านที่ถูกกฎหมายและมีประเภทที่หลากหลายของชาวประมงท้องถิ่นจะช่วยเพิ่มความสมดุลและครอบคลุมลำดับขั้นการกินเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ถูกจับได้ในระยะยาว (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 การศึกษาความชุกชุมของปลาด้วยการให้คะแนน RVC ในเขตการทำประมงพื้นบ้าน อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา

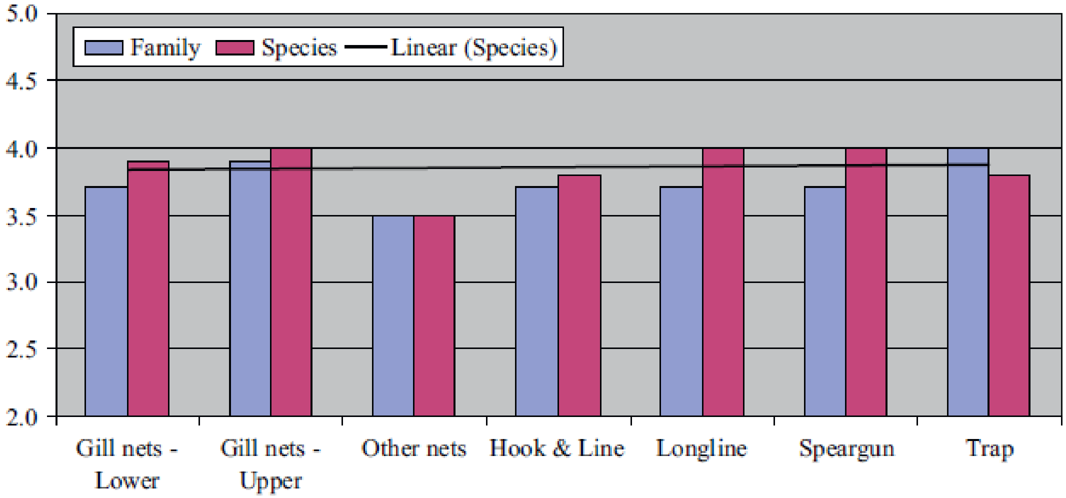
ที่มา: Estelle *et al.* (2009)

Estelle *et al.* (2009) วิเคราะห์ลำดับขั้นการกิน(trophic level) ของปลาทั้งหมด 192 ชนิดพบว่ามีลำดับขั้นการกินตั้งแต่ช่วง 2 – 4.4 เมื่อวิเคราะห์ลำดับขั้นการกินเฉลี่ย (mean trophic level) ในระดับวงศ์จำนวนตัวอย่าง 36 วงศ์ พบว่าลำดับขั้นการกินเฉลี่ย มีค่า 3.4±1 และวิเคราะห์ลำดับขั้นการกินเฉลี่ย ในระดับชนิดทั้ง 192 ชนิด มีค่าลดลง 3.3±2 ทำการศึกษาค่าลำดับการกินเฉลี่ยจำแนกสัตว์น้ำตามชนิดของเครื่องมือประมงแต่ละเครื่องมือทั้ง 6 ประเภทที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ อวนลอยผิวน้ำ อวนกุ้ง เบ็ดมือ เบ็ดราว ปืนฉมวกและไซปลา พบว่า ค่าลำดับการกินเฉลี่ยมีค่า 3.9 ในระดับวงศ์และ 3.7 ในระดับชนิด เมื่อวิเคราะห์ลำดับขั้นอาหารในแต่ละเครื่องมือประมงที่ใช้ในพื้นที่พบว่าเครื่องมือที่สามารถจับสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารสูงสุดได้แก่ ไซปลา เบ็ดราว และปืนฉมวก (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 การเปรียบเทียบร้อยละของปลาระยะก่อนวัยเจริญพันธุ์และปลาระยะตัวเต็มวัยในวงศ์ที่มีความสำคัญต่อการทำประมงพื้นบ้าน อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา

ที่มา: Estelle *et al.* (2009)



ภาพที่ 2.6 ลำดับขั้นอาหารเฉลี่ยแต่ละชนิดและวงศ์ของปลาที่จับได้เปรียบเทียบในชนิดเครื่องมือที่ใช้ในการทำประมงพื้นบ้าน อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา

ที่มา: Estelle *et al.* (2009)

2.3.1 ทรัพยากรสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน

รายงานการศึกษาของ Roy and Grinson (2010) ได้บันทึกสถิติทรัพยากรสัตว์น้ำที่ขึ้นท่าจากการทำประมงในทะเลอันดามัน ในช่วงปี ค.ศ. 1998 – 2002 (ตารางที่ 2.3) พบว่าทรัพยากรสัตว์น้ำที่สำคัญของการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ประกอบด้วย

กลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็กที่เป็นทรัพยากรสัตว์น้ำขึ้นท่าส่วนใหญ่พบเป็น กลุ่มปลาหลังเขียว (sardines) ปลากะตัก (anchovies) สกุลที่สำคัญ ได้แก่ *Sardinella, Dussumieria, Pellona, Herkilotisicthys* และ *Anadantostoma* ปลากะตัก ในสุกล *Thryssa* และ *Stolephorous* โดยเฉพาะ *Herkilotisicthys punctatus* มีปริมาณขึ้นท่าคิดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณปลาในกลุ่มนี้ที่ขึ้นท่าทั้งหมด ผลผลิตส่วนใหญ่ถูกจับได้จากเครื่องมือประมงประเภทอวนลอย และ อวนล้อมชายฝั่ง ฤดูการที่พบความชุกชุมของปลาในกลุ่มนี้จากการทำประมง คือช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม

สัตว์น้ำที่มีความสำคัญต่อการทำประมงชายฝั่ง ได้แก่ ปลาแป้น พบเป็นปลาแป้นในสกุล *Leiognathus* และ *Gazza* มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณสัตว์น้ำขึ้นท่าจากการทำประมงบริเวณชายฝั่ง รวมถึงปลาผิวน้ำขนาดเล็กที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ คือปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) และ ปลาทู (*Rastrelliger brachysoma*) เครื่องมือที่ใช้ทำประมงเป็นเครื่องมืองประมงประเภทอวนลอย ฤดูการทำประมงที่พบความชุกชุมมากที่สุด คือช่วงเดือนมิถุนายนถึงธันวาคม

ปลาในกลุ่มปลากะพง สกุลที่พบว่ามีความสำคัญต่อการทำประมง ได้แก่ สกุล *Lethrinus, Lates, Lutjanus, Pomadasys* และ *Epinephelus* ซึ่งพบได้จากเครื่องมือประมงประเภทเบ็ดราว และเครื่องมืออวนทั้งหมด ฤดูการทำประมงที่พบชีวมวลสัตว์น้ำกลุ่มนี้สูงคือตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน

ปลาในกลุ่มปลาหางแข็ง มีความหลากหลายทางชนิดสูง จำพวกที่สำคัญคือ *Caranx, Selar, Chorinemus, Elegatus* และ *Decapterus* เกือบทุกชนิดเป็นสัตว์น้ำประจำถิ่น มีผลผลิตการจับได้ตลอดทั้งปี แต่เดือนที่พบว่ามีความชุกชุมที่สุด คือตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน

ปลาทูน่า พบชีวมวลจากการทำประมงด้วยเครื่องมือเบ็ดราว และอวนล้อมจับฤดูการทำประมงที่เหมาะสมคือช่วงเดือนมีนาคมถึงสิงหาคม และในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปริมาณที่ได้จากการทำประมงจะลดลง ปริมาณสัตว์น้ำขึ้นท่าสูงที่สุด ในเดือนมกราคมถึงเมษายน มีปริมาณสัตว์น้ำขึ้นท่าเฉลี่ย 2,659 ตัน ในขณะที่ช่วงเวลาระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม มีปริมาณสัตว์น้ำขึ้นท่าต่ำที่สุดในรอบปีเฉลี่ย 1,925 ตัน

ตารางที่ 2.3 ทรัพยากรสัตว์น้ำที่ขึ้นท่าจากการทำประมงในทะเลอันดามัน ปี ค.ศ. 1998 – 2002

Species	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Avg.
Anchovies	1260	1501	1382	1408	1395	1073	1361	1216	1105	1103	1280
Barracuda	817	983	914	942	842	1022	1021	617	1489	946	959
Belonidae	315	379	353	358	390	113	133	364	242	43	269
Carangids	1299	1537	1455	1456	1350	1139	2249	1007	2144	3750	1739
Catfish	528	665	590	560	540	431	388	510	321	170	470
Chirocentridae	320	385	358	359	340	331	83	237	129	15	256
Crabs	125	147	141	140	145	578	556	738	542	352	346
Elasmobranchs	791	969	885	985	886	1157	941	1523	467	217	882
Hilsa	1457	964	1630	1680	1580	729	478	416	159	228	932
Mackeral	1393	1664	1559	1589	1430	1087	1213	1939	1512	2843	1623
Miscellaneous	4154	3931	4655	4661	3998	3788	1996	2838	2838	2810	3567
Mullets	804	1606	896	904	805	1262	1153	1417	1682	1043	1157
Porches	1738	2155	1946	1951	1926	1482	3356	5636	7029	5330	3255
Polynemids	226	274	209	218	209	201	430	62	17	20	187
Pomfrets	306	393	342	393	345	472	499	1856	192	107	491
Prawns	240	282	269	250	405	601	785	351	534	489	421
Ribbon fish	422	496	473	481	395	597	527	424	253	97	417
Sail & Sward fish	308	360	345	348	328	342	241	1307	316	82	398
Sardines	2852	3296	3192	3214	3194	3926	5237	3823	2389	3048	3417
Squids	186	235	253	253	249	276	82	86	41	64	173
Seer fish	626	748	700	799	729	882	1172	1210	1019	1007	889
Silver Bellies	1234	1446	1410	1420	1405	1090	1098	1557	1467	965	1309
Thissocles	1064	1268	1191	1201	1118	2581	312	728	485	615	1056
Tuna	869	1011	972	981	970	3823	1362	467	801	217	1147
Total	23334	26695	26120	26551	24974	28983	26673	30339	27173	25561	26640

ที่มา: Roy and Grinson (2010)

การสำรวจองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำจากเครื่องมือประมงพาณิชย์ที่สำรวจพบการทำประมงฝั่งทะเลอันดามันบริเวณจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ตและกระบี่ (ตารางที่ 2.4) เครื่องมืออวนลากเป็นเครื่องมือประมงที่ได้องค์ประกอบของสัตว์น้ำมากชนิดที่สุดโดยเฉพาะเครื่องมืออวนลากคู่ผลการจับสัตว์น้ำทั้งหมดตั้งแต่ พศ. 2545 ถึง 2549 โดย สิชล หอยมุข และคณะ (2558) พบว่าองค์ประกอบของสัตว์น้ำที่จับได้จากอวนลากคู่ประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจร้อยละ 31.06 และกลุ่มปลาเป็ด 68.94 กลุ่มสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ประกอบด้วย กลุ่มปลาผิวน้ำ พบปลาในวงศ์ปลาสีกุนมากที่สุด รองลงมาคือวงศ์ปลาลังและวงศ์ปลาดาบลาว ชนิดสัตว์น้ำที่พบมาก ได้แก่ ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) ปลาลัง (*R. kanagurta*) ปลาทูแขก (*Decapterus* spp.) ปลาดาบลาว ปลาสีกุนบั้ง (*Atule mate*) คิดเป็นร้อยละ 3.28 2.34 1.88 1.78 1.43 และ 1.20 ตามลำดับ

กลุ่มปลาหน้าดิน พบปลากระเบนวงศ์ Dayatidae มากที่สุด รองลงมาคือ วงศ์ปลาทรายแดง วงศ์ปลาแพะ วงศ์ปลาปากคมวงศ์ปลากะพง วงศ์ปลาหมูสี วงศ์ปลาตาหวานและวงศ์ปลาสาก ชนิดสัตว์น้ำที่พบมาก ได้แก่ ปลาทรายแดงแก้ว (*Nemipterus bipunctatus*) ปลากะพงแดง (*Lutjanus lutjanus*) ปลาแพะเหลือง (*Upeneus sulphureus*) ปลาหมูสี (*Lethrinus lentjan*) ปลาปากคมจุด (*Saurida elongate*) และ ปลาทรายแดงโม่ง (*Nemipterus hexodon*) คิดเป็นร้อยละ 4.39 4.03 3.56 2.81 2.59 และ 2.19 ตามลำดับ

กลุ่มหมึก พบหมึกกล้วยมากที่สุด ร้อยละ 18.96 ชนิดที่พบมากได้แก่ หมึกกล้วยชนิด *Photololigo duvaucelii*, *P. chinensis* รองลงมาคือ หมึกสายชนิด *Sepia recurvirostra* ร้อยละ 5.95

กลุ่มกุ้ง พบกุ้งสกุล Penaeus มากที่สุด ชนิดที่พบมากได้แก่ กุ้งกุลาลาย (*Penaeus semisulcatus*) คิดเป็นร้อยละ 0.66 รองลงมาคือ กุ้งโอคัก (*Metapenaeus ensis*)

กลุ่มปู ชนิดที่พบมากคือปูม้า (*Portunus pelagicus*) คิดเป็นร้อยละ 1.17 และปูลาย (*Charybdis cruciate*) คิดเป็นร้อยละ 0.36

องค์ประกอบของปลาเป็ด ประกอบด้วย สัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก คิดเป็นร้อยละ 72.92 และ ปลาเป็ดแท้ คิดเป็นร้อยละ 27.08 (ปลาแป้นเมือก ปลานกฮูก ปูกะตอยก้ามสั้นปลาปักเป้าเขียว และปลาอมไข่) ชนิดสัตว์น้ำเศรษฐกิจในองค์ประกอบของปลาเป็ด ประกอบด้วยกลุ่มปลาผิวน้ำ ได้แก่ปลากะตัก (anchovy) ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) ปลาลัง (*R. kanagurta*) ปลาทูแขกครีบยาว (*D. maruadsi*) และปลาหลังเขียว กลุ่มปลาหน้าดิน ได้แก่ ปลาสลิดทะเลจุดขาว (*Siganus canaliculatus*) ปลาแพะ (*Upeneus* spp.) ปลาตาหวาน (*Priacanthus* spp.) ปลาปากคม (*Saurida* spp.) กลุ่มหมึก ได้แก่ หมึกการ์ตูน หมึกกระดอง กลุ่มกุ้ง ได้แก่ กุ้งส้ม กุ้งโอคัก กลุ่มปู ได้แก่ ปูแดง ปูตายาว

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบชนิดสัตว์และความยาวเฉลี่ยของชนิดสัตว์น้ำจากเครื่องมือประมงประเภทอวนลากคู่ฝั่งทะเลอันดามัน ปี พ.ศ.2545-2549

ชนิดสัตว์น้ำ	กลุ่มสัตว์น้ำเศรษฐกิจ				กลุ่มปลาเป็ด			
	จำนวน (ตัว)	พิสัย (ซม.)	ค่าเฉลี่ย (ซม.)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ซม.)	จำนวน (ตัว)	พิสัย (ซม.)	ค่าเฉลี่ย (ซม.)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ซม.)
ปลาสีกุนบั้ง *Atule mate*	4,499	8.0-29.0	19.20	2.70	9	6.0-16.0	10.61	3.23
ปลาสีกุนตาโต ชนิด *Selar crumenophthalmus*	1,748	9.5-26.5	18.45	2.27	-	-	-	-
ปลาข้างเหลือง *Selaroides leptolepis*	11,907	5.5-21.5	12.28	1.50	162	4.0-17.0	8.30	2.12
ปลาทูแขกครีบยาว *D. maruadsi*	122	7.5-19.0	9.72	3.43	31	6.5-10.0	8.79	1.04
ปลาทู *Rastrelliger brachysoma*	3,569	10.5-24.5	16.91	1.30	16	6.0-17.5	10.91	2.73
ปลาลัง *R. kanagurta*	5,782	11.5-27.5	20.29	1.92	87	4.5-17.0	9.52	2.22
ปลาปากคม ชนิด *Saurida elongata*	2,533	10.5-47.5	23.65	5.30	-	-	-	-
ปลาปากคมหูสั้น *S. micropectoralis*	2,177	9.5-40.5	24.94	5.14	-	-	-	-
ปลาปากคมหางจุด *S. undosquamis*	5,634	8.5-41.0	19.41	3.23	40	5.5-18.0	12.05	3.05
ปลากะรังลายหางตัด *Ephinephelus areolatus*	2,539	10.5-41.0	19.03	4.38	-	-	-	-
ปลากะรังหกแถบ *E. sexfasciatus*	3,455	10.5-36.5	19.19	3.75	-	-	-	-
ปลาตาหวาน ชนิด *Priacanthus macracanthus*	276	12-32.0	21.19	2.76	2	13.5-17.0	16.05	1.66
ปลาตาหวานจุด *P. tayenus*	6,087	7.0-29.0	15.42	2.24	118	3.0-16.0	7.86	2.29
ปลาเห็ดโคนเงิน *Sillago sihama*	5,800	8.0-28.5	14.42	2.46	5	10.5-13.0	12.04	0.95
ปลาเห็ดโคน ชนิด *S. ciliata*	3,720	10.0-25.5	17.17	2.41	-	-	-	-
ปลาแป้นเขี้ยว *Gazza minuta*	1,823	10.5-22.5	14.46	1.30	97	4.0-14.5	10.33	1.65
ปลาแป้นยักษ์ *Leiognathus equulus*	2,874	10.5-32.75	16.83	2.25	9	7.0-13.5	9.49	1.72
ปลาแป้นเมือก *L. splendens*	117	9.5-20.0	14.44	1.89	-	-	-	-
ปลาเกล็ดข้าวเม่า *G. oyena*	2,470	6.5-29.5	16.64	2.28	-	-	-	-
ปลาหมูสี ชนิด *Lethrinus lentjan*	6,009	10.5-48.0	21.85	3.20	-	-	-	-
ปลาทรายแดงโม่ง *Nemipterus hexodon*	3,038	5.5-30.5	16.67	3.64	4	7.5-10.0	7.98	0.50
ปลาทรายแดง ชนิด *N. mesoprion*	1,211	8.5-26.0	14.90	2.72	10	4.5-14.5	10.11	3.13
ปลาทรายแดง ชนิด *N. tolu*	978	9.5-27.0	18.42	2.67	-	-	-	-
ปลาทรายแดงแก้ว *Nemipterus bipunctatus*	6,330	7.5-32.0	17.25	4.41	53	4.0-13.0	8.68	1.90
ปลาทรายขาว ชนิด *Scolopsis taeniopterus*	8,115	7.5-30.5	17.05	3.25	19	6.0-15.0	10.72	2.20
ปลาแพะทองเหลือง *Parupeneus heptacanthus*	6,261	8.5-32.5	17.67	4.02	3	9.0-11.0	10.46	0.67
ปลาแพะ ชนิด *Upeneus bensasi*	2,209	6.5-22.5	13.15	1.99	91	3.0-12.5	8.21	1.93
ปลาแพะเหลือง *U. sulphureus*	9,660	3.5-21.0	11.81	1.39	98	2.0-15.0	8.28	2.20
ปลาแพะ ชนิด *U. sundaicus*	1,016	8.5-18.5	13.96	1.63	8	7.0-13.5	9.89	2.55
ปลาแพะ ชนิด *U. asymmetricus*	931	8.0-17.5	12.45	1.44	33	5.0-12.0	8.73	1.44
ปลาวัวหนัง *Aluterus monoceros*	2,014	7.5-59.5	23.79	7.73	33	4.0-17.0	6.58	1.83
หมึกกล้วย ชนิด *Photololigo duvaucelii*	15,700	3.5-41.0	10.42	3.69	-	-	-	-
หมึกกล้วย ชนิด *P. chinensis*	3,446	3.5-48.0	13.40	5.98	-	-	-	-
หมึกหอม *Sepioteuthis lessoniana*	6,126	4.0-29.0	10.62	4.01	-	-	-	-
หมึกกระดอง ชนิด *Sepia aculeata*	976	3.5-20.0	10.52	2.32	-	-	-	-
หมึกกระดอง ชนิด *S. recurvirostra*	6,677	2.5-15.0	7.07	1.24	-	-	-	-

ที่มา: สิชล หอยมุข และคณะ (2558)

2.4 แบบจำลอง Ecopath with Ecosim

2.4.1 ที่มาและหลักการของแบบจำลอง

ปริมาณการทำประมงของโลกเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ องค์การสหประชาชาติ (United Nations) และองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ซึ่งได้เล็งเห็นความสำคัญด้านการจัดการทรัพยากรประมง มีการทำข้อตกลงและอนุสัญญาทางทะเล โดยความร่วมมือของ ในปี ค.ศ. 1982 ทำให้เกิดจรรณยาบรรณการประมง (Code of Conduct) และเพื่อการประเมินความสมดุลของชีวมวลในระบบนิวศทางน้ำ จึงได้เกิดการพัฒนาแบบจำลอง Ecopath with Ecosim (EwE) ขึ้น ในปี ค.ศ. 1984โดยสถาบัน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมี Jeffrey Polovina เป็นผู้เริ่มการพัฒนา เพื่อเป็นเครื่องมือในการประเมินความสมดุลของชีวมวลในระบบนิเวศทางน้ำ และได้รับการพัฒนาให้มีวิธีการที่ซับซ้อนโดย Villy Christensen, Carl Walters และ Daniel Pauly (Christensen *et al.*, 2009)

แบบจำลอง EwE ประกอบด้วยส่วนของการทำงานสามส่วน ซึ่งใช้พารามิเตอร์ในการนำเข้าข้อมูลแตกต่างกัน ประกอบด้วย

2.4.1.1 Ecopath

เป็นส่วนของแบบจำลองที่ใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์การกินอาหาร ลำดับชั้นอาหาร และยังแสดงค่าการถ่ายทอดพลังงาน ตลอดค่าแสดงคุณลักษณะซึ่งเป็นตัวชี้วัดของระบบเพื่อให้ทราบถึงความสมดุลของระบบนิเวศได้อีกด้วย สำหรับการนำเข้าข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับชีววิทยาและการใช้ประโยชน์จากกลุ่มระบบนิเวศและสำหรับการสร้างสมดุลมวลด้วยการคำนวนของแบบจำลอง

2.4.1.2 Ecosim

เป็นส่วนของแบบจำลองซึ่งทำนายผลกระทบจากการทำประมง มวลชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงจากการทำประมงตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไปและศึกษาพลวัตรของทรัพยากรในระบบนิเวศในเชิงเวลา

2.4.1.3 Ecospace

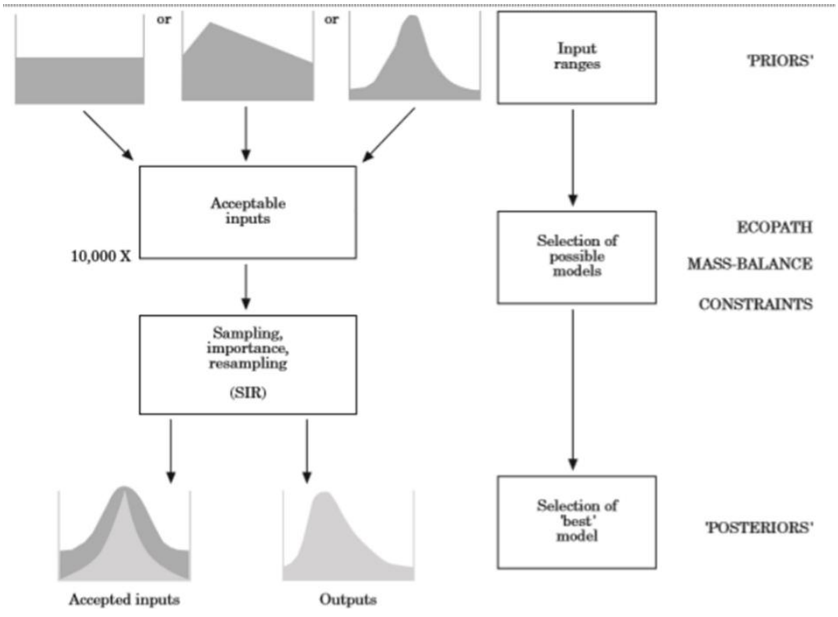
เป็นเครื่องมือจำลองเชิงพื้นที่เพื่อทำนายรูปแบบเชิงพื้นที่และผลกระทบของพื้นที่คุ้มครองทำหน้าที่ทำนาย การเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพเชิงพื้นที่ ในพื้นที่ทางทะเลที่มีความสำคัญทางระบบนิเวศ เช่นเขตอนุรักษ์แนวปะการัง เพื่อคุ้มครองพื้นที่ทะเลจากกิจกรรมประมง และการรบกวนจากการใช้เครื่องมือทำการประมง

ตารางที่ 2.5 ส่วนของแบบจำลอง EwE หน้าที่ และข้อมูลที่ต้องนำเข้าเพื่อการวิเคราะห์

ส่วนของแบบจำลอง EwE	หน้าที่ของแบบจำลอง	ข้อมูลนำเข้า
Ecopath	จำลองโครงสร้าง หน้าที่ สายใยอาหาร ภายใต้หลักการความสมดุลของพลังงานในระบบนิเวศโดยพลังงานที่ผลิตเข้าสู่ระบบเท่ากับพลังงานที่ออกจากระบบ	- ชีวมวลของผู้ผลิตและเศษซาก - ชีวมวลของสัตว์น้ำ - องค์ประกอบอาหารที่พบในกระเพาะอาหาร
Ecosim	จำลองผลกระทบจากการทำประมง ภายใต้การเปลี่ยนแปลงพลวัตรประชากรของระบบนิเวศในเชิงเวลาร่วมกับมูลค่าทางเศรษฐกิจและต้นทุนของการลงทุนลงแรงที่เพิ่มขึ้น	- ข้อมูลโครงสร้างระบบนิเวศจากอีโคพาธ - การลงแรงทำประมงในเชิงเวลา - มูลค่าทางเศรษฐกิจของสัตว์น้ำ - ต้นทุนต่อการลงแรงทำประมง
Ecospace	จำลองการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพเชิงพื้นที่ การสร้างพื้นที่คุ้มครองทางทะเล	- ข้อมูลชีวมวลสัตว์น้ำ - การเปลี่ยนการทำประมงในเชิงเวลา - ขนาดพื้นที่แบบกริด - อัตราการเคลื่อนย้าย/อพยพของสัตว์น้ำ - อัตราการแทนที่

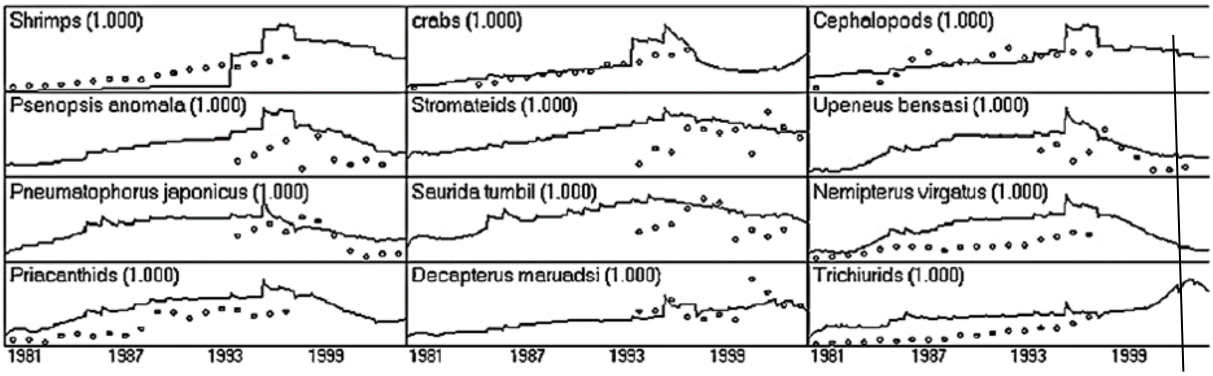
ที่มา: ดัดแปลงจาก Christensen *et al*. (2009)

โดยแบบจำลอง EwE มีจุดเด่น คือ การนำเข้าข้อมูลชีวมวลภายในระบบนิเวศที่มีความถูกต้องในระดับหนึ่ง จะถูกนำมาประเมินเทียบกับฐานข้อมูลของการศึกษาระบบนิเวศทางทะเลทั่วโลก เพื่อการทำนายโครงสร้างและสมดุลภายในระบบนิเวศที่มีแม่นยำและถูกต้องสามารถยอมรับได้ โดยมีขั้นตอนการประเมินผลของแบบจำลอง (ภาพที่ 2.7)



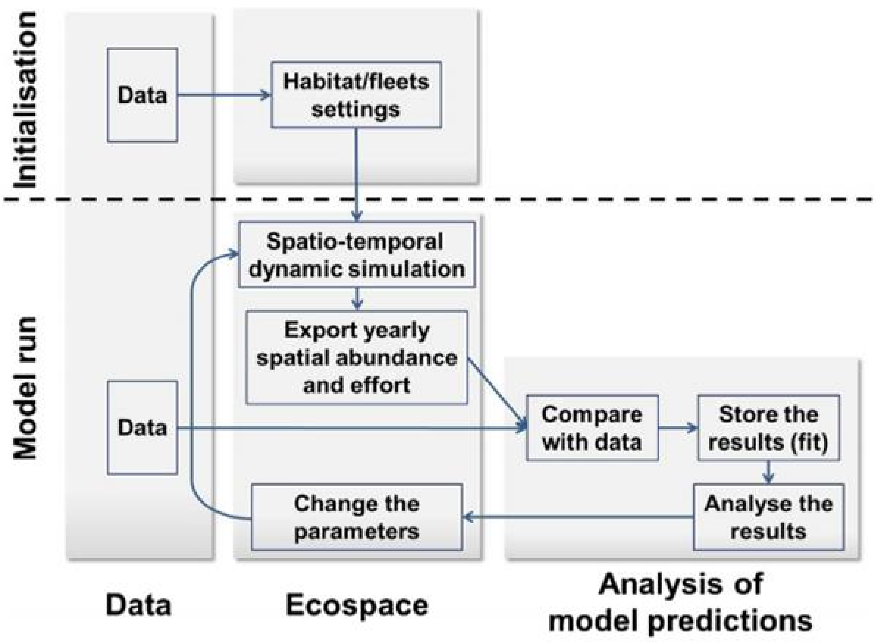
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองอีโคพาธ

ที่มา: Christensen *et al*. (2009)



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอีโคซิมเพื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงจากการทำประมงของสัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำเพิร์ลตั้งแต่ปี 1981-2005

ที่มา: Wang *et al*. (2012)



ภาพที่ 2.9 แผนผังโครงร่างกระบวนการจัดทำและการวิเคราะห์ผลด้วยแบบจำลอง Ecospace

ที่มา: Romagnoni *et al*. (2015)

2.4.2 การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองอีโคพาธ

อีโคพาธเป็นแบบจำลองที่แสดงผลการจำลองโครงสร้างของระบบนิเวศ เช่น สายใยอาหาร ลำดับขั้นการกินอาหาร ผลกระทบจากการกินอาหารภายในกลุ่มโครงสร้างของสัตว์น้ำนั้น ๆ การไหลเวียนของพลังงานข้อมูลที่ต้องการใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง Ecopath ประกอบด้วยชุดข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ (Christensen *et al*., 2009)

Functional groups กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างต่าง ๆ ภายในระบบนิเวศ เช่น แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน มอลลัส ครัสตาเซียน และปลา เป็นต้น

Biomass (B_i) มวลชีวภาพของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา โดยแยกออกเป็นแต่ละหน่วยของโครงสร้างในระบบนิเวศ

Production/biomass (P_i /B_i) สัดส่วนผลผลิตต่อมวลชีวภาพซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของการตายจากการทำประมงกับการตายจากธรรมชาติ

Consumption/biomass (Q_i /B_i) สัดส่วนการบริโภคต่อหน่วยมวลชีวภาพ เป็นการกินอาหารของกลุ่มตัวอย่างแต่ละโครงสร้าง

Ecotrophic efficiency (EE_i) ประสิทธิภาพของลำดับชั้นอาหารในระบบนิเวศ

Food composition (DC_{ji}) องค์ประกอบชนิดของอาหารในกระเพาะแต่ละชนิดของกลุ่มตัวอย่าง เป็นอัตราส่วนร้อยละ

ผลที่คำนวณได้จากกระบวนการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอีโคพาธคือการใช้ข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาระบบนิเวศทางทะเลขนาดใหญ่ซึ่งมีความแตกต่างกันตามที่ตั้งทางภูมิศาสตร์มาเพื่อประกอบการประเมินมวลชีวภาพของสัตว์น้ำที่ถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมงขณะที่ศึกษาจะสามารถทำนายลักษณะโครงสร้างของสายใยอาหารในขณะนั้น ๆ ได้การทำงานของแบบจำลองอีโคพาธมีหลักการทำงานอยู่บนพื้นฐานของสมการสมดุลมวลสาร (mass balance) ที่ใช้ในแบบจำลอง (Christensen *et al*., 2008) โดยมีการปรับค่าตัวแปรดังนี้

2.4.3 การทำงานของแบบจำลองอีโคพาธ

แบบจำลองอีโคพาธมีหลักการอยู่บนพื้นฐานของความสมดุล นั้นคือ เมื่อพลังงานที่ผลิตเข้ามาในระบบเท่ากับพลังงานที่ออกจากระบบจากสมการสมดุลมวลสาร (mass balance)

$$Bi(P/B)_i\,(EE_i) = Y_i + \Sigma\, B_j\,(Q/B)_j\;\; DC_{ji} \qquad (2.1)$$

เมื่อ

B_i หมายถึง มวลชีวภาพของเหยื่อเป็นตัน (น้ำหนักเปียก)

$(P/B)_i$ หมายถึง สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพเหยื่อ

EE_i หมายถึง ประสิทธิของลำดับชั้นอาหาร

Y_i หมายถึง อัตราการจับ

$\Sigma\, B_j$ หมายถึง มวลชีวภาพของผู้ล่าเป็นตัน (น้ำหนักเปียก)

$(Q/B)_j$ หมายถึง สัดส่วนการบริโภคต่อมวลชีวภาพของผู้ล่า j

DC_{ji} หมายถึง การถูกบริโภคของเหยื่อ i โดยผู้ล่า j

ผลผลิตต่อมวลชีวภาพ (production/biomass) โดยกำหนดช่วงปีที่ศึกษาเป็นข้อมูลพื้นฐาน (Christensen *et al*., 2009)

$$(P/B) = \Sigma \{C_{i1950}\} / \Sigma C_{i1950}/F_i \quad (2.2)$$

เมื่อ

(P/B) หมายถึง สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพเหยื่อ

C_{i1950} หมายถึง ปริมาณการจับเฉลี่ยในปีที่ศึกษา

F หมายถึง การตายจากการทำประมง

M หมายถึง การตายจากธรรมชาติ

การบริโภคต่อมวลชีวภาพ (consumption/biomass) (Heymans *et al*., 2016)

$$Q/B = 3 \cdot W_\infty^{-0.2} \cdot T^{0.6} \cdot A_R^{0.5} \cdot 3\ e^{Ft} \quad (2.3)$$

เมื่อ

W_∞ หมายถึง asymptotic weight

T หมายถึง อุณหภูมิของน้ำที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่

Ft หมายถึง ชนิดของอาหารที่กลุ่มตัวอย่างบริโภค

A_R หมายถึง ค่าสัดส่วนพื้นผิวที่สัมผัสน้ำของครีบหาง (aspect ratio) สามารถหาได้จากสมการที่ (2.4)

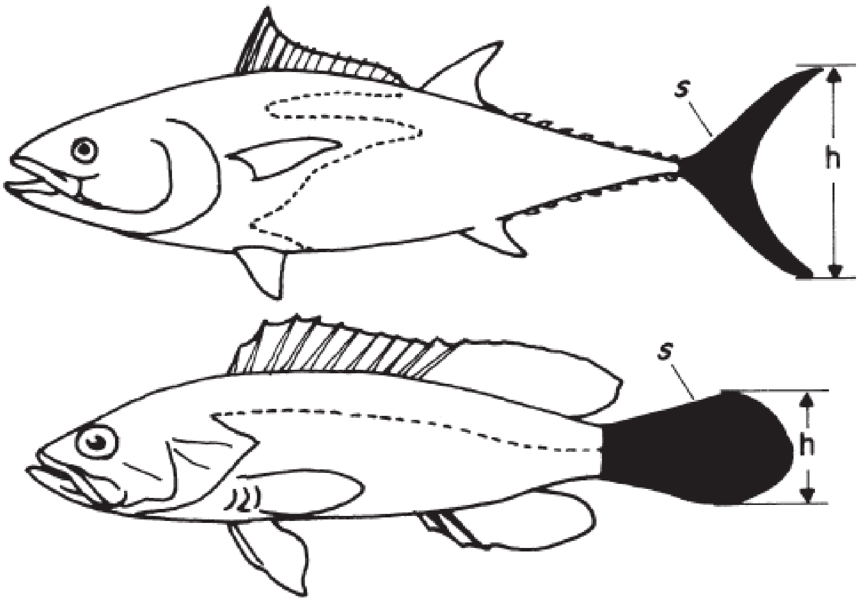
ค่าสัดส่วนพื้นผิวที่สัมผัสน้ำของครีบหาง (aspect ratio)

$$A_R = H^2/S \quad (2.4)$$

เมื่อ

H หมายถึง ความสูงของครีบหาง

S หมายถึง พื้นที่บริเวณครีบหางที่สัมผัสน้ำ



ภาพที่ 2.10 ค่าสัดส่วนพื้นผิวที่สัมผัสน้ำของครีบหาง (aspect ratio)

ที่มา: Palomares and Pauly (1998)

2.4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหาร (diet composition)

การวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหาร สามารถดำเนินการได้หลายวิธีทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหารเชิงคุณภาพและการวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหารเชิงปริมาณ การศึกษาของ Hyslop (1980) จำแนกวิธีการศึกษาองค์ประกอบชนิดอาหารของสัตว์ ประกอบด้วย

2.6.4.1 วิธีการประเมินการพบหรือไม่พบ (Occurrence method) เป็นการประเมินองค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหารเบื้องต้นอย่างง่าย เพื่อให้ทราบชนิดอาหารในภาพรวม โดยไม่ต้องระบุชนิดอาหารของอาหารที่ปลากินอย่างละเอียด ไม่ต้องพิจารณาตรวจสอบปริมาณหรือสัดส่วนอาหารที่พบ โดยข้อดีของการศึกษาองค์ประกอบชนิดอาหารด้วยวิธีการประเมินการพบหรือไม่พบ คือ เป็นวิธีที่สามารถทำได้ในภาคสนาม ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง แต่มีข้อด้อยคือ ข้อมูลที่ได้จากการประเมินองค์ประกอบชนิดอาหารนั้นมีความน่าเชื่อถือต่ำ ต่อมาได้มีการปรับปรุงวิธีการนี้เป็นประเมินความถี่ของอาหารที่พบ (The frequency of Occurrence method) (Bowen, 1983) เป็นวิธีที่ใช้วัดความถี่ของชนิดอาหารที่พบมาคำนวณความถี่ของอาหารในกระเพาะอาหารแต่ละชนิดทำให้ทราบความถี่สัมพัทธ์ของอาหารแต่ละชนิดที่พบภายในกระเพาะอาหาร ซึ่งวิธีการนี้ยังบ่งบอกถึงความจุของกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำได้อีกด้วยแต่ข้อเสีย คือ การประเมินอาหารที่พบ

แต่ละชนิดไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ เช่น การพบปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ในกระเพาะอาหาร 100 เซลล์ ไม่เท่ากับ การพบปริมาณโพลีคีต 100 ตัว เนื่องจากความแตกต่างกันของมวลชีวภาพ

2.6.4.2 วิธีการนับจำนวน (Numerical method) เป็นการประเมินองค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหารโดยการนับจำนวนชิ้นส่วนอาหารที่พบตามการจำแนกชนิดอาหาร โดยการประเมินในรูปแบบนี้มักแสดงผลอยู่ในรูปของสัดส่วนหรือร้อยละของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำที่ศึกษา ดังสมการ

$$\% N_i = (N_i X 100)/ S \qquad (2.5)$$

เมื่อ

N_i หมายถึง จำนวนของอาหารกลุ่ม i ที่พบในกระเพาะปลา

S หมายถึง จำนวนของอาหารทั้งหมดในกระเพาะปลา

โดยการประเมินองค์ประกอบชนิดอาหารด้วยวิธีนี้มีความเหมาะสมกับการประเมินชนิดอาหารในตัวอย่างปลาชนิดเดียวกันหรือมีรูปแบบการกินอาหารคล้ายคลึงกัน ซึ่งจะทำให้ค่าสัดส่วนอาหารจากการประเมินด้วยวิธีนับจำนวนสามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรง อย่างไรก็ตามการศึกษาองค์ประกอบชนิดอาหารภายในกระเพาะอาหารด้วยวิธีการนับจำนวนมีข้อจำกัดในการประเมินอาหารในกลุ่มแพลงก์ตอน กลุ่มสาหร่าย และเศษซาก (detritus) ซึ่งไม่สามารถนับจำนวนอาหารได้

2.6.4.3 วิธีการวัดปริมาตร (Volumetric method) การวิเคราะห์ประกอบด้วย 2 แนวทาง ได้แก่ การประเมินแบบทางตรง และ การประเมินแบบทางอ้อม โดยการประเมินแบบทางตรง สามารถประเมินอาหารในกระเพาะเป็นการประเมินองค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหารโดยการใช้วิธีแทนที่อาหารที่พบในกระเพาะด้วยน้ำ โดยวิธีการนี้เหมาะสำหรับชนิดอาหารที่มีขนาดใหญ่ทำได้โดยการใส่อาหารที่พบลงในกระบอกตวง เติมน้ำจนถึงขีดวัดปริมาตร อาศัยหลักการแทนที่น้ำในกระบอกตวง สามารถคำนวณความจุของกระเพาะอาหาร ได้จาก การนำปริมาตรอาหารทั้งหมดหารด้วยปริมาตรปลา และคูณด้วย 10,000 ในกรณีที่อาหารมีปริมาตรน้อย วิธีการประเมินโดยตรงอาจทำได้ยาก หากเป็นการประเมินทางอ้อมจะทำการประเมินปริมาตร ของอาหารใช้หน่วยเป็นร้อยละ โดยให้ค่ากลุ่มอาหารทั้งหมดที่อยู่ในกระบอกตวงเป็น 100 แล้วทำการประเมินค่าสัดส่วนของอาหารแต่ละกลุ่มเป็นร้อยละต่ออาหารทั้งหมด อย่างไรก็ตามการศึกษาองค์ประกอบชนิดอาหารโดย

ใช้วิธีการวัดปริมาตรเพียงอย่างเดียว มีผลทำให้ข้อมูลกลุ่มอาหารที่มีขนาดเล็กที่พบในกระเพาะอาหารอาจถูกพบน้อยกว่าความเป็นจริง

2.6.4.4 วิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) เป็นการนำเอาอาหารที่พบในกระเพาะอาหารมาจัดกลุ่มหรือระบุชนิด (species) เท่าที่จะสามารถจำแนกได้ หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักอาหาร(น้ำหนักแห้งหรือเปียก) แต่ในการศึกษากระเพาะอาหารของสัตว์น้ำ นิยมชั่งน้ำหนักเปียกเนื่องจากวิธีการชั่งน้ำหนักแห้งมีความยุ่งยากและใช้ระยะเวลานานกว่ามาก การชั่งน้ำหนักเปียกทำได้โดยการนำเอาอาหารแต่ละกลุ่มออกมาซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู หรือปล่อยให้แห้ง หรือตั้งไว้บน warming plate แล้วนำน้ำหนักที่ชั่งของอาหารแต่ละกลุ่มรวมเข้าด้วยกัน แสดงผลในรูปร้อยละของน้ำหนักอาหารแต่ละชนิดต่อน้ำหนักรวมของอาหารทั้งหมด

2.5 การใช้แบบจำลองอีโคพาธเป็นเครื่องมือในการประเมินระบบนิเวศ

นับตั้งแต่ในช่วงต้นทศวรรษ 1980 ทั่วโลกได้มีความตระหนักถึงผลกระทบจากการทำประมง การสร้างแบบจำลองสายใยอาหารและประเมินโครงสร้างของระบบนิเวศทางทะเลได้เป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหานี้ แบบจำลองสมดุลมวลของ Ecopath ได้สร้างขึ้นจากแนวความคิดของ Jeffrey J. Polovina เพื่อการประเมินชีวมวลและการบริโภคอาหารของชนิดหรือกลุ่มของสายพันธุ์ภายในระบบนิเวศทางน้ำ ต่อมาแบบจำลองได้ถูกพัฒนาเพิ่มเติมสู่การวิเคราะห์สมดุลพลังงานระหว่างองค์ประกอบของระบบนิเวศ สามารถวิเคราะห์โครงสร้างของระบบนิเวศในรูปสายใยอาหารผลจากสมการสมดุลมวลสาร (mass-balance) สามารถวิเคราะห์ลำดับชั้นอาหาร (trophic level) หน้าที่ของระบบนิเวศผ่านการแลกเปลี่ยนพลังงานแต่ละลำดับขั้นการกิน การถ่ายทอดพลังงาน (transfer efficiencies) โดยแบบจำลองยังแสดงค่าสถิติของการส่งออกของพลังงาน การหายใจ การบริโภค และการย่อยสลาย สามารถอธิบายของสถานะโดยเฉลี่ยของระบบนิเวศและได้รับการปรับปรุงข้อมูลเพิ่มเติมในการประเมินผลกระทบของระบบนิเวศจากการทำประมงในเชิงเวลา (Ecosim) ซึ่งสามารถกำหนดพารามิเตอร์ของระบบนิเวศร่วมกับสมการเชิงอนุพันธ์ที่ใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของชีวมวลและปฏิสัมพันธ์ทางโภชนาการในเชิงเวลา และการจำลองพื้นที่อนุรักษ์ (Ecospace) ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อประเมินทรัพยากรและฟื้นฟูจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการทำประมง แบบจำลอง Ecopath with Ecosim (EwE) มีจำนวนผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนมากกว่า 3,000 ราย ใน 124 ประเทศ นักวิทยาศาสตร์และนักนิเวศวิทยาเลือกใช้แบบจำลองนี้เป็นเครื่องมือเพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ภายในสายใยอาหารและการประเมินระบบนิเวศทางน้ำซึ่งได้รับการตีพิมพ์มากกว่า 200 ฉบับทั่วโลก (Christensen *et al.* 2005)

ในช่วงทศวรรษแรกของการศึกษา (ค.ศ. 1984 -1993) แบบจำลอง EwE ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือวิเคราะห์การทำงานของระบบนิเวศและการประมงในเขตมหาสมุทรแอตแลนติก และหลังจากมีการพัฒนาปรับปรุงฐานข้อมูลในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา (ค.ศ. 1994 - 2014) แบบจำลอง EwE ถูกนำไปใช้เพื่อศึกษาระบบนิเวศที่หลากหลายมากขึ้น สามารถแสดงถึงโครงสร้างระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อนและใช้การเป็นตัวแทนของสายใยอาหาร แบบจำลอง Ecopath คือส่วนที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

การศึกษาช่วงแรกโดยการใช้แบบจำลอง Ecopath ของทวีปเอเชีย คือ การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลของปากแม่น้ำเพิร์ล (Pearl River Estuaries (PRE)) ตั้งแต่ปี 1981 ถึง 1998 (Duan *et al*., 2009) ระบบนิเวศชายฝั่งของปากแม่น้ำเพิร์ล (PRE) มีการทำประมงมากเกินไปและได้รับมลพิษในระดับสูง แบบจำลอง Ecopath กับ Ecosim ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างแบบจำลองระบบนิเวศสองแบบ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของสายใยอาหารและการทำงานของระบบนิเวศ โดยผลการศึกษาแสดงค่าพารามิเตอร์จากผลลัพธ์ของแบบจำลองอีโคพาธระบบนิเวศชายฝั่งทะเลของปากแม่น้ำเพิร์ล เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ. 1981 และ ค.ศ. 1998 (ตารางที่ 2.6) แสดงให้เห็นว่าชีวมวลของกลุ่มสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าลดลงระหว่างปี ค.ศ. 1981 และ ค.ศ. 1988 เนื่องจากความรุนแรงของกิจกรรมการประมงและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตลำดับขั้นการกินต่ำมีการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนมวลชีวภาพ เช่น *Trichiurus haumela, Pichia anomala* หมึก และ แมงกะพรุน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการทำประมงเกินกำลังการผลิต ในกลุ่มสัตว์น้ำที่เป็นผู้ล่า ยกเว้น สัตว์น้ำในกลุ่ม mollusks (มวลชีวภาพปี ค.ศ. 1981 คือ 18.4 มวลชีวภาพปี ค.ศ.1998 คือ 0.7 t km^{-2}) และสัตว์น้ำในกลุ่ม echinoderms (มวลชีวภาพปี ค.ศ. 1981 คือ 4.3 มวลชีวภาพปี 1998 คือ 0.24 t km^{-2}) ซึ่งเป็นผลมาจากการปริมาณของเครื่องมือประมงประเภทอวนลากหน้าดิน (bottom trawling) ที่มีจำนวนสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการควบคุม ซึ่งอวนลากส่งผลอย่างรุนแรงต่อการทำลายของแหล่งที่อยู่อาศัยหน้าดิน ลดความชุกชุมของสิ่งมีชีวิตในชุมชนปะการัง เช่น ฟองน้ำและปะการังอ่อนและอื่น ๆ มวลชีวภาพของสัตว์น้ำผู้ล่าชั้นนำมีสัดส่วนลดลงอย่างชัดเจน

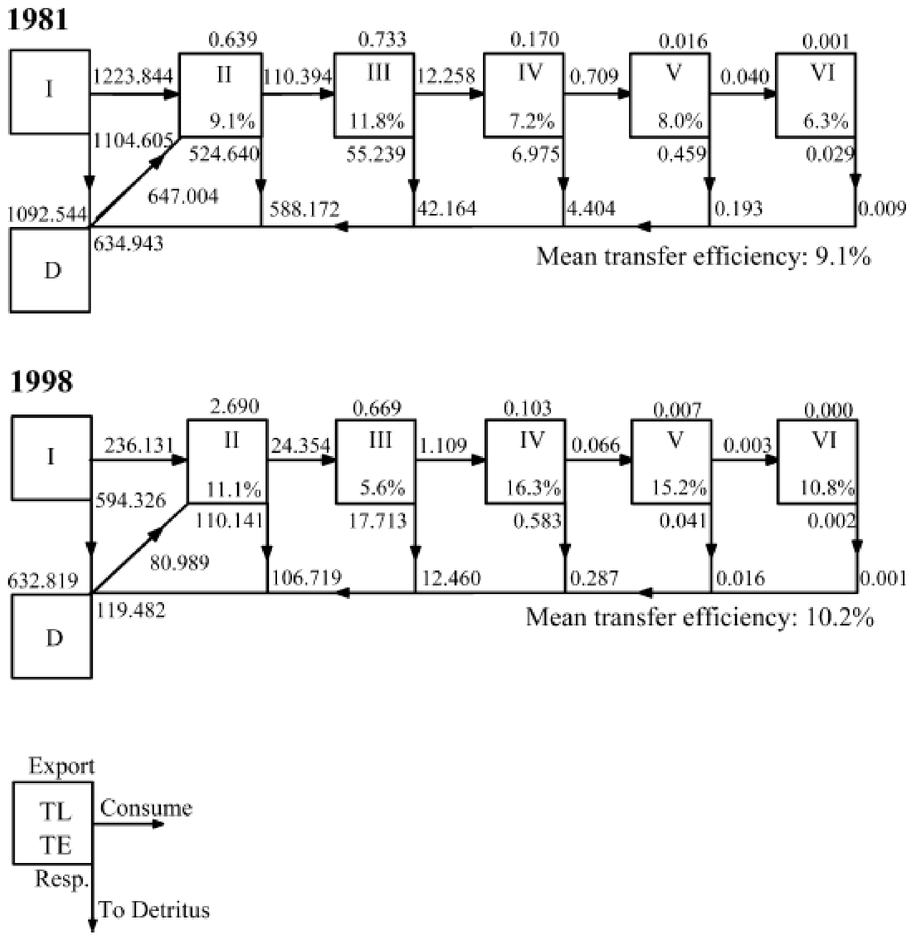
ตารางที่ 2.6 ข้อมูลนำเข้าของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลของปากแม่น้ำเพิร์ลในปี ค.ศ.1981 และ 1998

Group name/parameters	1981							1998						
	B	*P*/*B*	*Q*/*B*	EE	*P*/*Q*	*Y*	ETL	*B*	*P*/*B*	*Q*/*B*	EE	*P*/*Q*	*Y*	ETL
1. *Sousa chinensis*	**0.0195**	0.112	14.000	0.100	**0.008**	–	**4.06**	0.007	0.112	14.000	**0.017**	**0.008**	–	**3.59**
2. Sharks	0.032	0.400	6.830	**0.341**	**0.059**	–	**4.21**	0.002	0.400	6.830	**0.341**	**0.059**	–	**3.82**
3. *Trachurus japonicus*	0.446	1.887	10.388	**0.927**	**0.182**	0.028	**3.28**	0.012	2.150	10.471	**0.964**	**0.205**	0.015	**3.11**
4. *Decapterus maruadsi*	0.336	1.184	12.031	**0.904**	**0.098**	0.087	**3.23**	0.017	1.870	11.079	**0.916**	**0.169**	0.017	**3.10**
5. *Trichiurus haumela*	0.019	1.210	6.210	**0.974**	**0.195**	0.012	**3.87**	0.025	1.210	6.210	**0.952**	**0.195**	0.022	**3.36**
6. *Saurida*	0.087	1.200	6.655	**0.948**	**0.180**	0.010	**3.90**	0.062	1.420	7.993	**0.934**	**0.178**	0.049	**3.36**
7. *Psenopsis anomala*	0.0108	3.620	31.010	**0.967**	**0.117**	0.025	**2.18**	0.056	3.620	31.010	**0.944**	**0.117**	0.130	**2.10**
8. *Upeneus bensasi*	0.0252	1.013	11.870	**0.942**	**0.085**	0.010	**3.56**	0.019	1.013	11.352	**0.936**	**0.089**	0.013	**3.32**
9. *Nemipterus virgatus*	0.0179	1.440	8.347	**0.956**	**0.173**	0.020	**3.64**	0.013	2.070	7.230	**0.929**	**0.286**	0.019	**3.35**
10. *Priacanthus macracanthus*	0.0367	2.310	11.534	**0.952**	**0.200**	0.046	**3.54**	0.009	1.970	9.685	**0.938**	**0.203**	0.011	**3.29**
11. *Priacanthus tayenus*	0.0458	2.430	10.648	**0.920**	**0.228**	0.057	**3.43**	0.012	3.720	12.420	**0.982**	**0.300**	0.029	**3.28**
12. Other pelagics	2.100	3.720	12.704	**0.772**	**0.293**	0.742	**2.77**	0.740	3.720	12.704	**0.851**	**0.293**	1.570	**2.13**
13. Other demersals	3.990	3.468	12.885	**0.400**	**0.269**	0.463	**2.71**	0.679	3.468	12.885	**0.656**	**0.269**	0.442	**2.38**
14. Other zoobenthos	1.331	6.553	**26.212**	**0.878**	0.250	–	**2.28**	1.690	6.553	**26.212**	**0.440**	0.250	–	**2.15**
15. Benthic crustaceans	3.499	6.522	**26.088**	**0.750**	0.250	0.015	**2.68**	0.560	6.522	**26.088**	**0.880**	0.250	0.453	**2.43**
16. Polychaetes	1.998	4.928	**19.712**	**0.758**	0.250	–	**2.00**	0.800	4.928	**19.712**	**0.695**	0.250	–	**2.00**
17. Mollusks	18.472	4.800	**19.200**	**0.250**	0.250	0.013	**2.00**	0.700	4.800	**19.200**	**0.514**	0.250	0.382	**2.00**
18. Echinoderms	4.329	8.629	**34.516**	**0.542**	0.250	0.0003	**2.00**	0.240	8.629	**34.516**	**0.766**	0.250	–	**2.00**
19. Cephalopods	0.068	3.100	11.970	**0.965**	**0.259**	0.015	**3.63**	0.099	3.100	11.970	**0.814**	**0.259**	0.182	**3.31**
20. Jellyfish	**0.774**	5.000	25.000	0.250	**0.200**	0.013	**2.82**	1.530	5.000	25.000	**0.054**	**0.200**	0.027	**2.52**
21. Zooplankton	3.115	32.000	192.000	**0.665**	**0.167**	0.003	**2.03**	0.666	32.000	192.000	**0.850**	**0.167**	0.109	**2.03**
22. Phytoplankton	22.069	71.500	–	**0.322**	–	–	**1.00**	7.590	71.500	–	**0.243**	–	–	**1.00**
23. Benthic producers	8.710	11.885	–	**0.669**	–	0.006	**1.00**	17.400	11.885	–	**0.111**	–	0.016	**1.00**
24. Detritus	200.000	–	–	**0.372**	–	–	**1.00**	200.000	–	–	**0.113**	–	–	**1.00**

B is the biomass of the functional group (t km^{-2}), *P*/*B* is the production/biomass ratio (year^{-1}), *Q*/*B* is the consumption/biomass ratio (year^{-1}), EE is the ecotrophic efficiency, *P*/*Q* is the production/consumption ratio, *Y* is the total fishery catch rate (t km^{-2} year^{-1}) and ETL is the effective trophic level.

ที่มา: Duan *et al*. (2009)

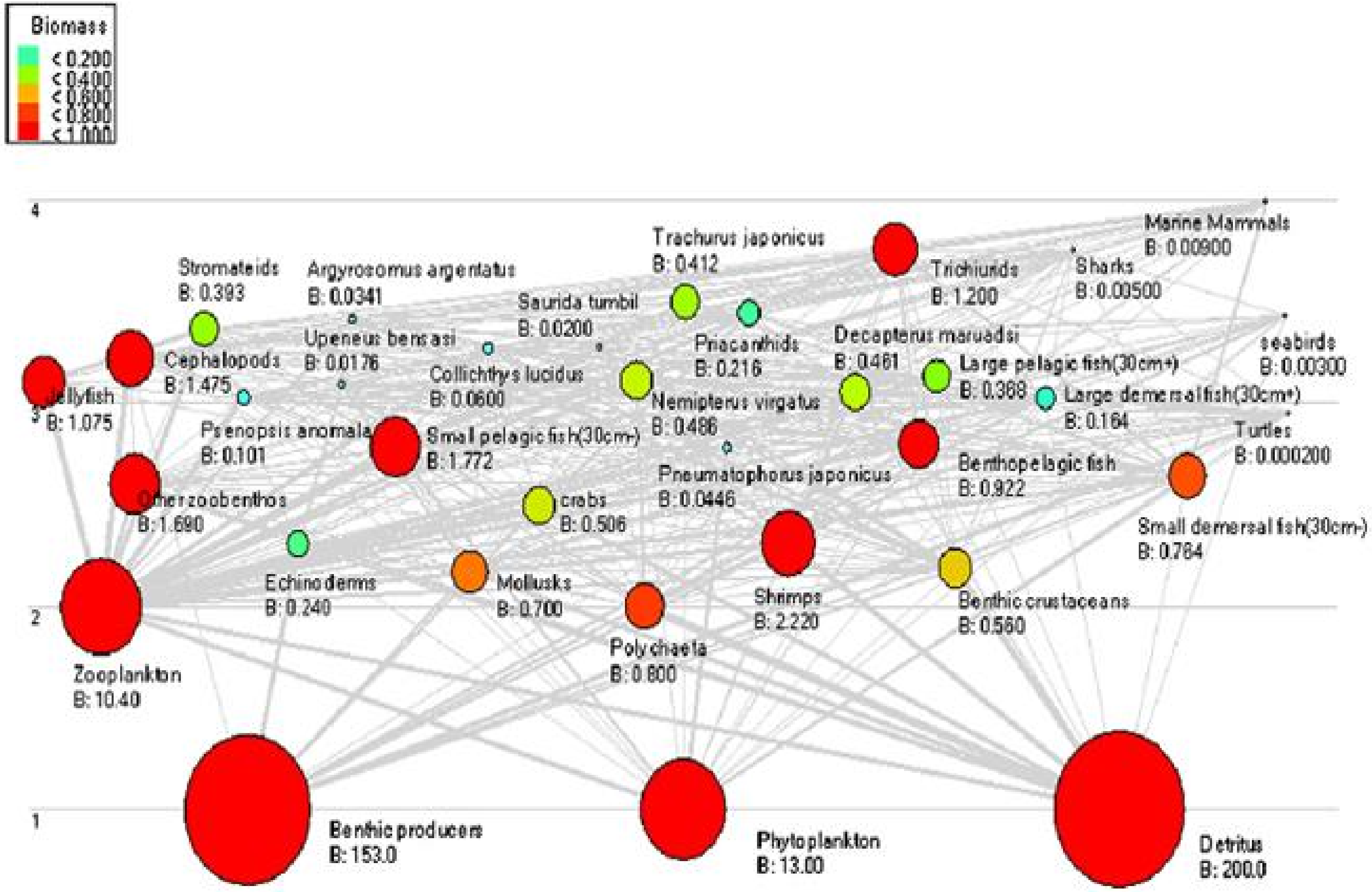
ดัชนีทั้งหมดของการตรวจสอบความสมบูรณ์ของระบบนิเวศแสดงให้เห็นว่าระบบนั้นอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์มากในปี ค.ศ. 1981 และกำลังเปลี่ยนไปในทิศทางที่เสื่อมโทรมลงเนื่องจากการรบกวนของมนุษย์ ซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมการกระจายของมวลรวมของระบบและจับที่ TL ต่าง ๆ เปลี่ยนไปตามสัดส่วนที่ลดลงใน TL ที่สูงขึ้นในปี ค.ศ.1998 ประสิทธิภาพการถ่ายทอดพลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 9.1% และ 10.2% ในปี ค.ศ. 1981 และ ค.ศ. 1998 ตามลำดับ และในที่สุดก็จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างสายใยอาหารและคุกคามความมั่นคงของระบบนิเวศและความยั่งยืนของทรัพยากร



ภาพที่ 2.11 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายทอดพลังงานในลำดับขั้นการกิน (TLs) ภายในสายใยอาหารของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลของปากแม่น้ำเพิร์ลในปี ค.ศ. 1981 และ 1998

ที่มา: Duan *et al*. (2009)

ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Ecopath จากรายงานของ Duan *et al*. (2009) ของการประเมินระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ลทั้งสองช่วงเวลา มีความน่าเชื่อถือ ข้อมูลที่นำเข้าเพื่อวิเคราะห์มีคุณภาพดี ความแปรปรวนของผลลัพธ์จากการแบบจำลองค่อนข้างยอมรับได้ แบบจำลอง Ecopath จึงเริ่มได้รับความนิยมจากประเทศจีน และแพร่หลายในทวีปเอเชีย เพื่อวัตถุประสงค์ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อน นอกจากนั้นนักวิจัยชาวจีนยังได้นำแบบจำลองนี้มาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินนโยบายทางการประมงร่วมด้วย ดังเช่นการศึกษาของ Wang *et al*. (2012) เพื่อตรวจสอบนโยบายทางการประมงบริเวณปากแม่น้ำเพิร์ลและศึกษาปฏิสัมพันธ์ภายในสายใยอาหารของสัตว์น้ำ พบว่าสายใยอาหารในระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ลมีความซับซ้อน ผู้ล่าขั้นสูงสุด ได้แก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น โลมาสีชมพู มีการควบคุมโครงสร้างสายใยอาหารจากลำดับขั้นการกินต่ำ (bottom up control) การแสดงผลของสายใยอาหารจากแบบจำลอง ประกอบด้วยลำดับขั้นการกิน 4 ลำดับ กลุ่มสัตว์น้ำที่มีความเสี่ยงจากปริมาณมวลชีวภาพไม่สมดุลส่วนใหญ่เป็นปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ (ภาพที่ 2.12) เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำที่ได้รับความนิยมในการบริโภคและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจและอาจส่งผลกระทบต่อมวลชีวภาพของผู้ล่าขั้นสูงเนื่องจากอาหารภายในระบบนิเวศของผู้ล่าขั้นสูงลดน้อยลงอย่างมาก รวมทั้งประเมินผลร่วมกับแบบจำลองอีโคซิมเพื่อการเลือกนโยบายการจัดการประมงที่มีความสอดคล้องกับผลประโยชน์ด้านสังคมและเศรษฐกิจ



ภาพที่ 2.12 แผนภาพปฏิสัมพันธ์ของลำดับชั้นอาหารในระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ล

ที่มา: Wang *et al*. (2012)

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลชีวมวลและสัมประสิทธิ์การกินอาหารบริเวณปากแม่น้ำเพิร์ลประเทศจีนจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอีโคพาธ

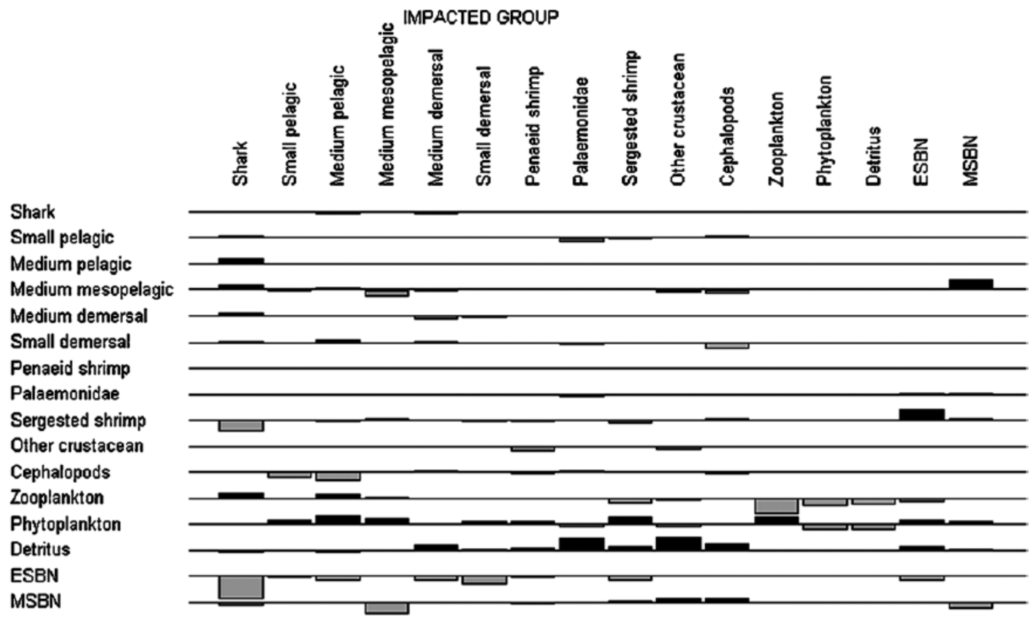
No.	Group name	Trophic level	*B* (t/km^2)	*P*/*B* (year^{-1})	*Q*/*B* (year^{-1})	*EE*	*P*/*Q*
1	Benthic producers	1.0	153	11.885	–	0.01	–
2	Phytoplankton	1.0	13	231	–	0.47	–
3	Zooplankton	2.0	10.4	32	192.00	0.31	0.167
4	Jellyfish	3.1	1.07467	5.011	25.04	0.74	0.200
5	Polychaeta	2.0	0.8	6.75	22.50	0.89	0.300
6	Mollusks	2.2	0.7	3.5	11.70	0.86	0.299
7	Echinoderms	2.3	0.24	1.2	3.58	0.88	0.335
8	Benthic crustaceans	2.2	0.56	5.65	26.90	0.84	0.210
9	Other zoobenthos	2.6	1.69	1	9.00	0.74	0.111
10	Shrimps	2.3		3.08	16.35	0.95	0.188
11	Crabs	2.5		3.79	12.50	0.95	0.303
12	Cephalopods	3.2	1.4747	3.1	8.00	0.95	0.388
13	*Psenopsis anomala*	3.0	0.1006	2.41	24.00	0.97	0.100
14	*Stromateids*	3.4	0.3930	3.03	15.15	0.93	0.200
15	*Upeneus bensasi*	3.1		2.0976	10.28	0.95	0.204
16	*Pneumatophorus japonicus*	2.8	0.0446	2.625	8.80	0.97	0.298
17	*Argyrosomus argentatus*	3.4	0.0341	3.55	7.71	0.96	0.460
18	*Collichthys lucidus*	3.3	0.0600	7.36	29.16	0.96	0.252
19	*Saurida tumbil*	3.3	0.0200	4.26	7.12	0.93	0.598
20	*Trachurus japonicus*	3.5	0.4120	2.15	7.86	0.90	0.274
21	*Nemipterus virgatus*	3.1	0.4860	2.07	7.25	0.93	0.286
22	*Priacanthids*	3.4	0.2160	2.94	8.00	0.92	0.368
23	*Decapterus maruadsi*	3.1	0.4607	1.87	11.08	0.92	0.169
24	*Trichiurids*	3.8	1.1997	3.02	6.21	0.91	0.487
25	Small pelagic fish (30 cm$^-$)	2.8	1.772	4.26	17.04	0.97	0.250
26	Large pelagic fish (30 cm$^+$)	3.1	0.368	4.26	6.27	0.96	0.679
27	Benthopelagic fish	2.8	0.922	3.08	15.42	0.91	0.200
28	Small demersal fish (30 cm$^-$)	2.6		4.7	23.50	0.95	0.200
29	Large demersal fish (30 cm$^+$)	3.0	0.1640	3.5	6.21	0.94	0.564
30	Sharks	3.8	0.0050	0.2	4.13	0.10	0.048
31	Seabirds	3.4	0.0030	0.06	66.10	0.06	0.001
32	Turtles	2.9	0.0002	0.1	2.50	0.10	0.040
33	Marine mammals	4.0	0.0090	0.045	14.77	0.05	0.003
34	Detritus	1.0	200	–	0.00	0.16	

B, biomass; P/B, production to biomass ratio; Q/B, consumption to biomass ratio; P/Q, production to consumption ratio; EE, ecotrophic efficiency.

Activate Windows
Go to Settings to activate W

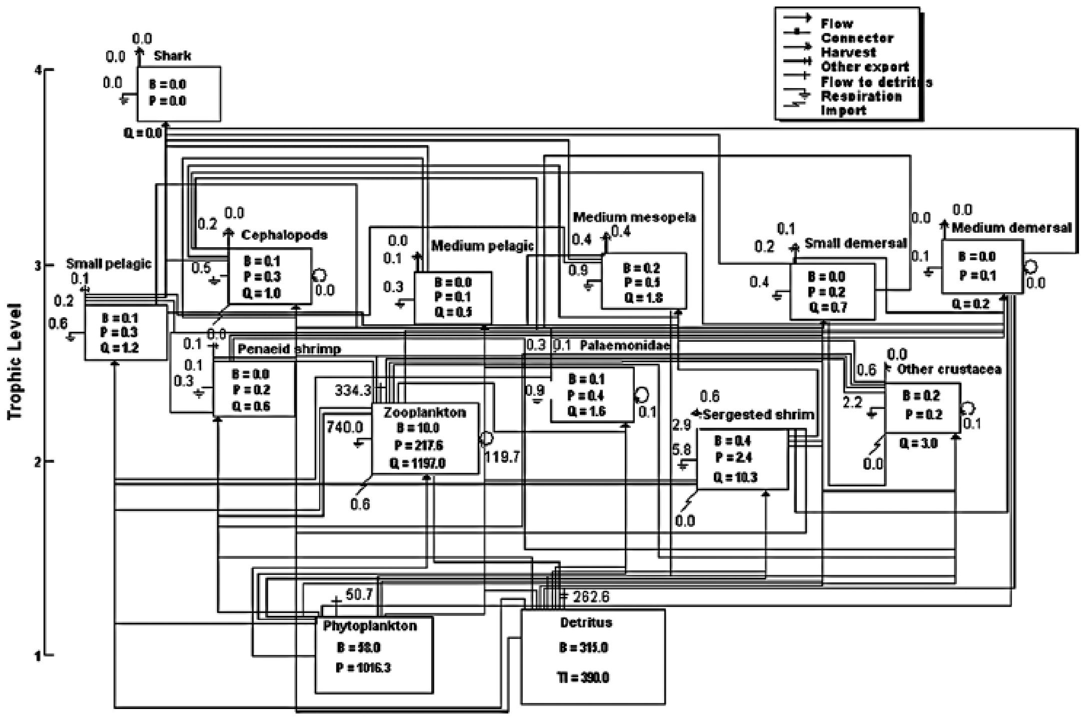
ที่มา: Wang *et al*. (2012)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อนที่มีความใกล้เคียงกับระบบนิเวศทะเลอันดามันของไทย จากการศึกษาของ ullah *et al*. (2012) ศึกษาโครงสร้างสายใยอาหารของระบบนิเวศอ่าวเบงกอล ประเทศบังคลาเทศ ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกับทะเลอันดามันประเทศไทย ทำการศึกษาสัตว์น้ำ 14 กลุ่มในห่วงโซ่อาหาร พบว่าโครงสร้างสายใยอาหารประกอบด้วยลำดับขั้นการถ่ายทอดพลังงานได้ 6 ลำดับ โดยลำดับแรก คือ ผู้ผลิตและเศษซาก ลำดับขั้นอาหารของผู้บริโภคขั้นสูงสุด คือ ฉลาม และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล พบว่าลำดับขั้นอาหารภายในสายใยอาหารประกอบด้วยกลุ่มสัตว์น้ำ แบ่งตามโครงสร้างการกินและ เริ่มต้นด้วย ในลำดับขั้นที่ 1 ลำดับขั้นการกิน 3.85 สำหรับผู้ล่าขั้นสูง (ฉลาม) สัตว์น้ำส่วนใหญ่มีลำดับขั้นการกินในลำดับที่ 3 (TLIII) ผลกระทบทางลำดับขั้นอาหาร (Mixed Trophic Impact) ในระบบนิเวศชายฝั่งของอ่าวเบงกอล พบว่าแพลงก์ตอนพืชและเศษซากมีผลเชิงบวกกับสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น ๆ ส่วนใหญ่ ชีวมวลแพลงก์ตอนพืชส่งผลดีที่สุดสำหรับแพลงก์ตอนสัตว์และผิวน้ำขนาดกลางนอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชมีผลเชิงบวกต่อกลุ่มของทะเลขนาดเล็กกลาง mesopelagic เช่น กุ้ง แต่ไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้บริโภคในลำดับขั้นการกินสูง เช่น หมึกและฉลาม (ภาพที่ 2.13) ปริมาณการไหลเวียนของพลังงานถูกสร้างขึ้นจากผู้ผลิตขั้นต้น คือ แพลงก์ตอนพืช โดยมีแพลงก์ตอนสัตว์เป็นผู้ถ่ายทอดพลังงานไปสู่ผู้บริโภคขั้นที่สอง แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของระบบนิเวศซึ่งถูกควบคุมการถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค แต่ประสิทธิภาพการถ่ายทอดพลังงานลดต่ำมาก (0.5%) ในลำดับขั้นการกินที่ 2 (TL II) เนื่องจากมีมวลชีวภาพของสัตว์น้ำค่อนข้างน้อย ทำให้การถ่ายทอดพลังงานจากแพลงก์ตอนสัตว์และแพลงก์ตอนพืชสูญเสียไปจากระบบมากกว่า 93% (ภาพที่ 2.14) ซึ่งอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสายใยอาหารของระบบนิเวศอ่าวเบงกอลได้



ภาพที่ 2.13 ผลกระทบของกลุ่มสัตว์น้ำต่อสัตว์น้ำชนิดอื่นในสายใยอาหาร (Mixed Trophic Impact) ของระบบนิเวศอ่าวเบงกอล

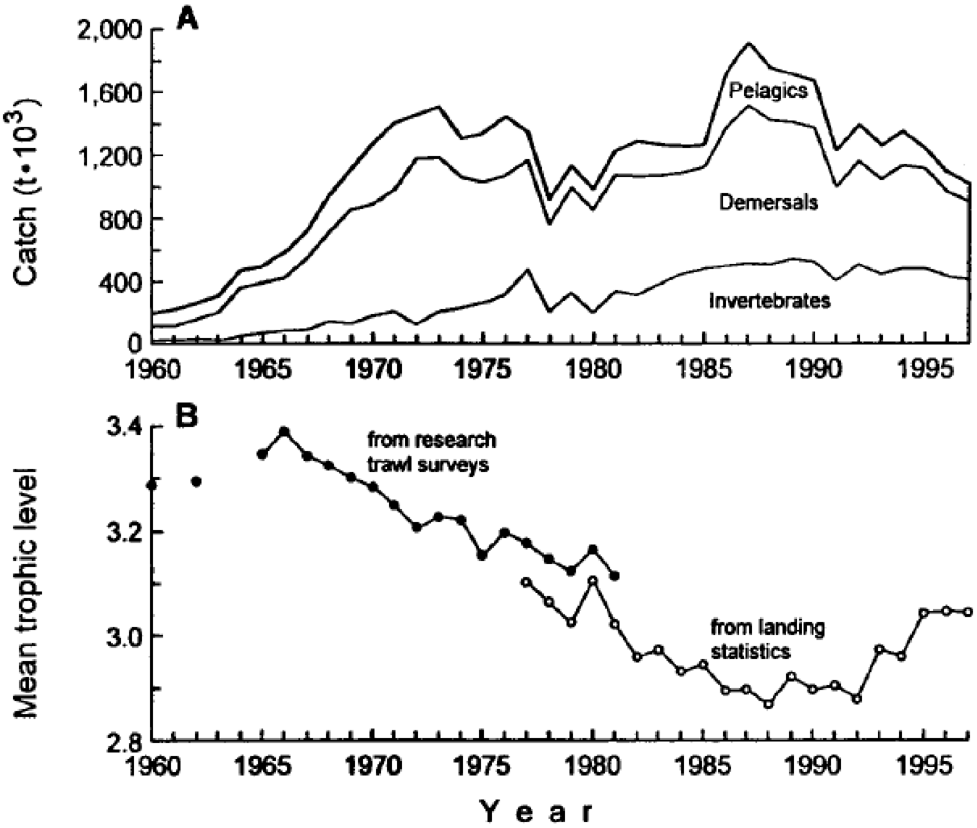
ที่มา: Ullah *et al.* (2012)



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างลำดับขั้นอาหารและการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศอ่าวเบงกอล

ที่มา: Ullah *et al*. (2012)

แบบจำลอง Ecopath ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาระบบนิเวศทางทะเลในประเทศไทย โดยการศึกษาของ Christensen *et al.* (1998) ซึ่งทำการศึกษาผลของการทำประมงต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศทางทะเลบริเวณอ่าวไทย โดยเป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองในการวิเคราะห์ระบบนิเวศทางทะเลเขตร้อนและจัดทำฐานข้อมูล Ecobase หลังจากนั้นการศึกษาของ Pauly and Chuenpagdee (2003) ได้ศึกษาต่อยอดจากข้อมูลระบบนิเวศทางทะเลบริเวณอ่าวไทย เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำที่จับได้ของระบบนิเวศบริเวณอ่าวไทย เพื่อประเมินผลที่เกิดขึ้นจากปริมาณการจับสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการทำประมงอวนลากในอ่าวไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีการทำประมงที่สูงขึ้น ปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการแทนที่ของทรัพยากรสัตว์น้ำยังคงมีอัตราที่เท่าเดิม ทำให้เกิดปัญหาสัตว์น้ำจำพวกปลาเป็ดมากเกินไป ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำในระบบนิเวศนั้น ๆ มีค่าลดลง



ภาพที่ 2.15 ค่าเฉลี่ยลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำและปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้บริเวณอ่าวไทย

ที่มา: Pauly and Chuenpagdee (2003)

Vibunpant *et al*. (2003) ทำการรวบรวมข้อมูลสัตว์น้ำและปริมาณผลจับสัตว์น้ำจากเครื่องมืออวนลากที่ทำการประมงในพื้นที่ทะเลอ่าวไทย เปรียบเทียบกับข้อมูลจากเครื่องมือประมงอื่น ๆ ได้แก่ อวนกุ้ง อวนลอยปลา อวนปู และลอบปู โดยใช้แบบจำลอง Ecopath with Ecosim เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบนิเวศจากการลงแรงทำประมงด้วยเครื่องมือประมงที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางการจัดการรูปแบบการทำประมงที่เหมาะสม นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยโดยใช้แบบจำลอง Ecopath เพื่อศึกษาสายใยอาหารของปลาผิวน้ำในระบบนิเวศปากแม่น้ำ อ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดย ชวนพิศ ใจแก้ว และ อนัญญา เจริญพรนิพัทธ (2560) สรุปได้ว่าผลจากแบบจำลองอีโคพาธสามารถแสดงถึงลำดับชั้นอาหาร สายใยอาหาร และหาผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศได้ โดยพบว่าโครงสร้างลำดับขั้นอาหารของบริเวณปากแม่น้ำตาปีอ่าวบ้านดอน มีลำดับขั้นอาหารตั้งแต่ 1.000 ถึง 3.441 ผู้ล่าสูงสุด (top predator) คือปลากุเรา (*Eleutheronema tetradactylum*) โครงสร้างของระบบนิเวศมีรูปแบบการควบคุมลำดับขั้นอาหารแบบล่างสู่บน (‘bottom-up’ control) โดยมีชีวมวลของผู้ผลิตขั้นต้นเป็นตัวกำหนดผลกระทบต่อชีวมวลของปลาผิวน้ำชนิดอื่น ๆ ภายในสายใยอาหาร

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

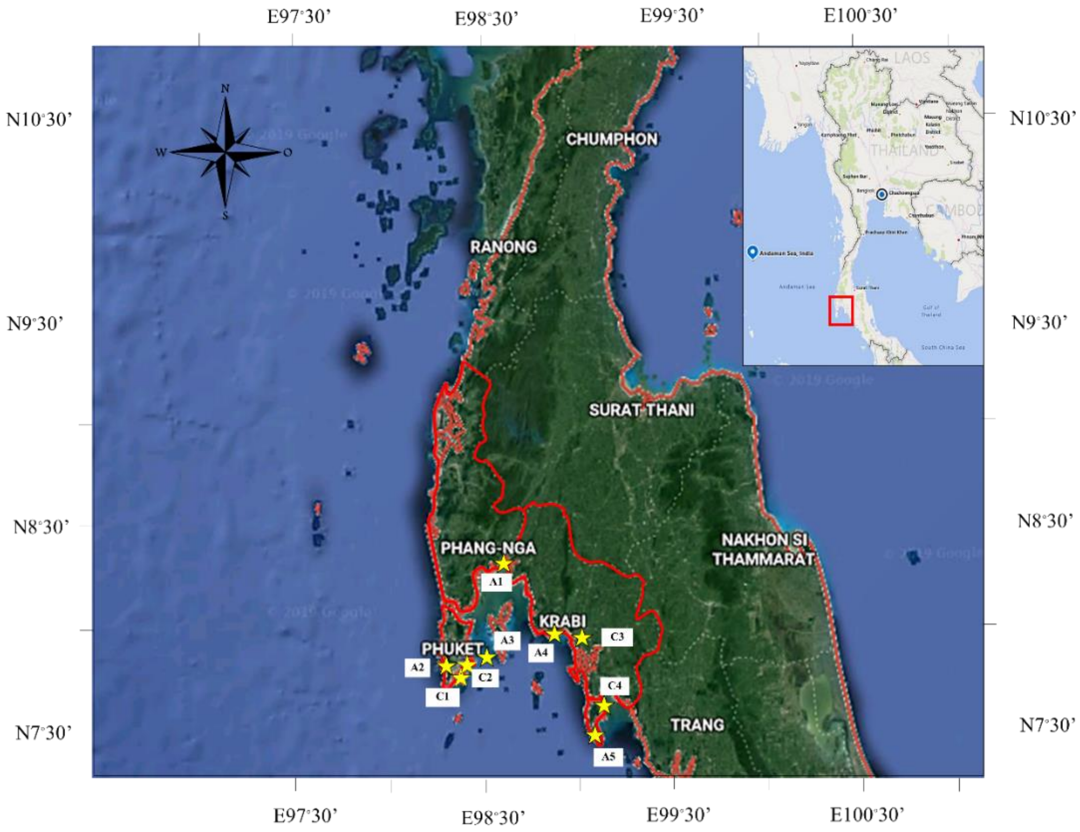
3.1 พื้นที่ศึกษา

ชายฝั่งทะเลอันดามันทางภาคใต้ของประเทศไทยตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของมหาสมุทรอินเดียเชื่อมต่อระหว่างมหาสมุทรอินเดียตะวันออกและมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก พื้นที่ที่ทำการศึกษา ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 7°29’22 ลิปดาเหนือ ถึงละติจูดที่ 8°21’39 ลิปดาเหนือ ลองจิจูดที่ 98° 16’57 ลิปดาตะวันออก ถึง 99° 03’18 ตะวันออก ด้วยเครื่องมือบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPSMAP 76S ครอบคลุมเขตการทำประมงในจังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ตและจังหวัดกระบี่

ชายฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทยมีระบบน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำคู่ (semidiurnal tide) น้ำขึ้นลงวันละ 2 ครั้ง ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมสองช่วงฤดูมรสุม ได้แก่ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (southwest monsoon) ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ส่งผลให้ช่วงเวลาดังกล่าวบริเวณทะเลอันดามันมีคลื่นลมแรง มีปริมาณฝนตกชุก ทำให้บริเวณชายฝั่งได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดมากโดยเฉพาะความเค็มที่ลดลงและปริมาณตะกอนจากปากแม่น้ำ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (northeast monsoon) ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน (Rizal *et al.*, 2012) ด้วยภูมิประเทศของประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ประกอบกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ได้รับอิทธิพลจากแนวภูเขาไฟใต้น้ำบริเวณพื้นทะเลมหาสมุทร ทำให้บริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันมีความหลากหลายของระบบนิเวศทางน้ำและความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำค่อนข้างสูง และเป็นแหล่งทรัพยากรประมงที่สำคัญของประเทศไทย (Panjarat, 2008)

ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ในแนวชายฝั่งทะเลอันดามันทางภาคใต้ของประเทศไทย

ที่มา: Google.earth; Panjarat (2008)



ภาพที่ 3.2. พื้นที่ที่ทำการรวบรวมตัวอย่าง

A1 – ชุมชนประมงพื้นบ้านบางพัฒน์ อำเภอเมือง จังหวัดพังงา (8°21'38N,98°34'24E)

A2 – ชุมชนประมงพื้นบ้านคลองปากบาง ป่าตอง อำเภอกะรน จังหวัดภูเก็ต (7°53'9N, 98°17'14E)

A3 ชุมชนประมงพื้นบ้านเกาะสิเหร่ อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต (7°53'8N, 98°25'52E)

A4 ประมงพื้นบ้านเกาะกลาง อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ (8°2'49N, 98°54'7E)

A5 – แพปลาสังกะอู้ อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ (7°28'38N, 99° 4'10E)

C1 แพอวนลาก ป.พิชัย อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต (7°53'20N, 98°23'47E)

C2 องค์การสะพานปลาจังหวัดภูเก็ต (7°52'35N 98°25'36E)

C3 ท่าเทียบเรือน้ำลึกคลองจิหลาด อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ (8°2'44N, 98°56'21E)

C4 – แพปลา 421 บ้านบ่อม่วง อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ (7°40'57N 99°11'56E)

3.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่าง

รวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งในบริเวณทะเลอันดามัน ทั้งจากแพปลาประมงพาณิชย์และแพปลาประมงพื้นบ้าน โดยแบ่งเป็น แพปลาประมงพาณิชย์ในจังหวัดกระบี่ จำนวน 2 แพ จังหวัดภูเก็ต จำนวน 2 แพ และประมงพื้นบ้าน ในจังหวัดกระบี่ จำนวน 2 แพ จังหวัดพังงา จำนวน 1 แพ และจังหวัดภูเก็ตจำนวน 2 แพ ตั้งแต่เดือน ตุลาคม ปี พ.ศ. 2560 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2562 โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ สองเดือน จากเรือประมง อย่างน้อย 3 ลำต่อแพ สอบถามข้อมูลของเรือ ระยะเวลาการออกทำประมงต่อครั้งและชนิดเครื่องมือที่ใช้จับสัตว์น้ำกับเจ้าหน้าที่ที่รับรายงานเรือเข้า-ออก เพื่อสุ่มเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจากลำเรือที่มีการรายงานปริมาณสัตว์น้ำและมีการทำประมงอยู่ภายในทะเลเขตอันดามัน มีระยะเวลาการออกไปทำประมงต่อครั้งไม่เกิน 7 วัน เพื่อคงไว้ซึ่งอาหารในกระเพาะอาหารของตัวอย่างที่ศึกษา

3.2.1 การเก็บรวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำจากการทำประมงพาณิชย์

ในการศึกษาครั้งนี้ เรือประมงพาณิชย์ที่ทำการรวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำ ประกอบด้วย เครื่องมือประมงประเภทอวนลาก (อวนลากเดี่ยว อวนลากคู่) เครื่องมือประมงประเภทอวน (อวนติดตา อวนล้อม อวนครอบ) ทำประมงครอบคลุมพื้นที่ทำประมงตั้งแต่ฝั่งตะวันตกของจังหวัดพังงา เกาะราชา เกาะไม้ท่อน เกาะยาวใหญ่ เกาะลันตา หน้าอ่าวกระบี่ เกาะรอก เกาะตะรุเตา จนถึงเกาะอาดังราวี มีการทำประมงตั้งแต่ความลึก 30-80 เมตร

บันทึกข้อมูลปริมาณการจับและองค์ประกอบชนิดการจับของสัตว์น้ำ (catch composition) ที่สามารถจับได้ของเรือประมงแต่ละลำจากการสอบถามเจ้าของแพปลาและการรวบรวมข้อมูลจากองค์การสะพานปลา ทำการสุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำจากชนิดสัตว์น้ำที่จับได้สูงที่สุด 20 อันดับของเรือ

แต่ละลำ ซึ่งชนิดสัตว์น้ำที่จับได้สูงที่สุดอาจมีความแตกต่างกันจากผลจับของเรือแต่ละลำ ขึ้นอยู่กับเครื่องมือประมงที่ใช้ ฤดูกาล และแหล่งทำการประมง โดยทำการสุ่มตัวอย่างจากสัตว์น้ำที่จำแนกชนิดเบื้องต้นและคัดขนาดแล้ว ซึ่งแพปลานำมาแบ่งใส่กระบะหรือตะกร้า โดยมีน้ำหนักประมาณ 30 ถึง 200 กิโลกรัมตามขนาดของกระบะหรือตะกร้า สุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำจำนวนร้อยละ 10 ของปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ ในแต่ละขนาด จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูล วัดความยาวหน่วยเป็นเซนติเมตรในกระดาษฟอร์มวัดความยาว ช่องว่างอันตรภาคชั้น 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักมีหน่วยเป็นกรัม วัดสัดส่วนความยาวและความกว้างของครีบหาง ตามวิธีการของ Palomares and Pauly (1998)

3.2.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำจากการทำประมงพื้นบ้าน

เรือประมงพื้นบ้านที่ทำการรวบรวมตัวอย่างสัตว์น้ำ ประกอบด้วย เครื่องมือประมงประเภทอวน(อวนลอยปลากระบอก อวนติดตา อวนช้อนปลาจะละเม็ด) เครื่องมือประมงประเภทลอบ (ลอบปลา ลอบหมึก) และเบ็ดมือ โดยส่วนใหญ่มีการทำประมงบริเวณปากอ่าวพังงา ปากแม่น้ำกระบี่ เกาะลันตาและบริเวณชายฝั่ง โดยทำการสอบถาม ปริมาณการจับและองค์ประกอบชนิดการจับของสัตว์น้ำและเครื่องมือที่ใช้จับสัตว์น้ำกับเจ้าของแพปลาหรือชาวประมง สำหรับสัตว์น้ำขนาดเล็กจากแพประมงพื้นบ้านที่ทำประมงได้ปริมาณมาก ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวนร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และสำหรับสัตว์น้ำที่มีผลจับค่อนข้างน้อยจากการทำประมงพื้นบ้านแต่ละครั้งจะรวบรวมจำนวนสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งหมดจากชาวประมงโดยตรง

3.3 การจำแนกชนิด

จำแนกชนิดสัตว์น้ำตามลักษณะภายนอกเบื้องต้นในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม โดยการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นจากชาวประมง และจำแนกกลุ่มปลาแต่ละครอบครัว และระบุชนิดด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะขากรรไกร ครีบหาง ลักษณะครีบหลังครีบอกและจำนวนก้านครีบ สีและลวดลาย ตามการจำแนกบนฐานข้อมูลจากเว็บไซต์ www.fishbase.org (Fröese and Pauly, 2018) และหนังสือ Fishes of Andaman Sea : west coast of southern Thailand (Kimura *et al.*, 2009) สำหรับตัวอย่างสัตว์น้ำที่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้เบื้องต้นในภาคสนาม จะทำการบันทึกภาพ และเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์น้ำ ด้วยฟอร์มาลิน 10% เพื่อนำมาวิเคราะห์และจำแนกชนิดอย่างละเอียด ด้วยคู่มือการจำแนกชนิดปลากระดูกแข็งที่พบในทะเลแปซิฟิกตะวันตก (Carpenter and Niem, 1998, 1999, 2001)

3.4 การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำเบื้องต้น

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากแหล่งที่มีปริมาณการลงแรงทำประมงในพื้นที่ที่ศึกษาค่อนข้างสูง ได้แก่ บริเวณอ่าวพังงา และปากแม่น้ำกระบี่ ประกอบด้วย

3.4.1. อุณหภูมิ (temperature) วัดด้วย DO meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 9146 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส (°C)

3.4.2 ความเค็ม (salinity) วัดด้วยเครื่องวัดความเค็มแบบชนิดหักเหแสง (salinity refractometer) รุ่น FG-201 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นส่วน ในพันส่วน (ppt)

3.4.3 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) วัดด้วย DO meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 9146 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

3.4.4 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ วัดด้วย pH meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 98128 โดยวัดในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำทันที

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll-*a*) ในน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ โดยใช้ถังตวงน้ำทะเลปริมาตร 30 ลิตร ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 25 ไมครอน ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางปากถุง 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างน้ำที่กรองได้ในขวดเก็บตัวอย่าง นำไปเก็บรักษาในถังเก็บความเย็นที่อุณหภูมิ 4 °c เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการแบบ Spectrophotometric method ตามวิธีการศึกษาของ Chen *et al.* (2011) และ Xu *et al.* (2011) แล้วนำมาเทียบกับฐานข้อมูลของระบบนิเวศทางทะเลอ่าวเบงกอลจากฐานข้อมูลของแบบจำลอง EwE เพื่อคำนวณชีวมวลของผู้ผลิตขั้นต้น

3.6 การคำนวณข้อมูล

นำข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ ได้แก่ ความยาวเหยียด ความยาวเฉลี่ย ความยาวน้อยที่สุด ความยาวมากที่สุด น้ำหนักเปียกของสัตว์น้ำ ผลจับสัตว์น้ำรวมของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ และ อุณหภูมิผิวน้ำเฉลี่ยตลอดการศึกษา (จากการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ) เพื่อนำมาคำนวนเป็นพารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์โครงสร้างระบบนิเวศและสายใยอาหารด้วยแบบจำลองอีโคพาธ ด้วยฐานข้อมูลและแบบจำลองคำนวณจาก FishBase (Fröese and Pauly, 2018)

3.6.1 อัตราการตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M)

$$M = 10 (0.566 - 0.718 * \log (L_{inf}) + 0.02 * T \quad (3.1)$$

เมื่อ

L_{inf} หมายถึง ค่าความยาวอนันต์

T หมายถึง อุณหภูมิผิวน้ำเฉลี่ย (การศึกษาครั้งนี้ 30.5 องศาเซลเซียส) (ตารางภาคผนวกที่ 6)

3.6.2 อัตราการตายรวม (total mortality; Z)

$$Z = K * (L_{inf} - L_{mean}) / (L_{mean} - L_c) \quad (3.2)$$

เมื่อ

K หมายถึง ค่าสัมประสิทธิการเติบโต

L_{inf} หมายถึง ค่าความยาวอนันต์

L_{mean} หมายถึง ค่าความยาวเฉลี่ย

L_c หมายถึง ค่าความยาวที่น้อยที่สุด

3.6.3 อัตราการตายจากการทำประมง (fishing mortality; F)

$$F = Z - M \quad (3.3)$$

เมื่อ

Z หมายถึง อัตราการตายรวม

M หมายถึง อัตราการตายโดยธรรมชาติ

3.6.4 มวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (Biomass; B) (ตัน/ตารางกิโลเมตร)

$$B = Y / F \quad (3.4)$$

เมื่อ

F หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายจากการทำประมงของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ

Y หมายถึง ผลจับสัตว์น้ำรวมของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ

3.7 การนำเข้าพารามิเตอร์ในแบบจำลองอีโคพาธ

บันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแบบจำลอง Ecopath with Ecosim เพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้าง หน้าที่ของระบบนิเวศ และผลกระทบจากการทำประมงบริเวณทะเลอันดามัน จากสมการสมดุลมวลสารของแบบจำลองอีโคพาธ ซึ่ง Christensen *et al.* (2005) ให้คำนิยามไว้ว่าพลังงานที่เข้าสู่ระบบเท่ากับพลังงานที่ออกจากระบบ

$$B_i(P/B)_i\,(EE_i) = \text{Catch} + \sum B_j\, Q/B_j\, DC_{ji} + \text{Net migration} + \text{Biomass accumulation} \quad (3.5)$$

เมื่อ

B_i หมายถึง มวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (ตันของน้ำหนักเปียก)

$(P/B)_i$ หมายถึง สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (Production/Biomass)

EE_i หมายถึง สัมประสิทธิ์ลำดับชั้นอาหาร (Ecotrophic Efficiency)

Y_i หมายถึง ผลผลิตการจับสัตว์น้ำ

$\sum B_j$ หมายถึง มวลชีวภาพของผู้ล่าเป็นตัน (น้ำหนักเปียก)

Q/B_j หมายถึง สัดส่วนการบริโภคต่อมวลชีวภาพของผู้ล่า j

DC_{ji} หมายถึง องค์ประกอบชนิดอาหารของผู้ล่า j

3.7.1 สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพเหยื่อ (Production/Biomass; P/B)

Kavanagh *et al.* (2004) กล่าวไว้ว่ามีค่าเท่ากับ ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ซึ่งเป็นผลรวมของสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (fishing mortality: F) กับ สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M) ตามสมการ จากการศึกษาของ Christensen (1998)

$$Z = F+M \tag{3.6}$$

เมื่อ

F หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง

M หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ

3.7.2 สัดส่วนการบริโภคต่อมวลชีวภาพของผู้ล่า (consumption/biomass; Q/B)

การคำนวณพารามิเตอร์ จากคู่มือการใช้แบบจำลองอีโคพาธ (Christensen *et al*., 2005) ดังนี้

$$Q/B = 3 \bullet W_{\infty} -0.2 \bullet T\ 0.6 \bullet AR^{0.5} \bullet 3\ e^{Ft} \tag{3.7}$$

เมื่อ

W∞ หมายถึง ค่าน้ำหนักอนันต์

T หมายถึง อุณหภูมิผิวน้ำเฉลี่ย

Ft หมายถึง ชนิดของอาหารที่กลุ่มตัวอย่างบริโภค (แทนค่า 0 ในกลุ่มสัตว์กินสัตว์เป็นอาหาร และแทนค่า 1 กลุ่มสัตว์ที่กินพืช และเศษซากเป็นอาหาร)

AR หมายถึง ค่า aspect ratio โดยค่า A_R คำนวณได้ตามสมการที่ 2.4

3.7.3 องค์ประกอบชนิดอาหาร (dietcomposition; DC)

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ชนิดของอาหารในกระเพาะอาหารโดยการหาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ (stomach content analysis) โดยนำตัวอย่างปลามาทำการผ่าช่องท้องเพื่อเก็บตัวอย่างกระเพาะอาหารของปลาแต่ละตัว นำกระเพาะอาหารที่ได้มาเก็บรักษาในน้ำยาฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างกระเพาะที่ได้มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการล้างฟอร์มาลีนออกด้วยน้ำกลั่น ชั่งน้ำหนักกระเพาะอาหาร (กรัม) หลังจากนั้นใช้กรรไกรผ่าตัด ผ่าทางเดินอาหารประกอบด้วย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร และลำไส้ ใช้เข็มเขี่ย เขี่ยอาหารที่อยู่ภายในทั้งหมดใส่ลงในจานเพาะเชื้อ เขี่ยให้อาหารกระจายออกจากกัน จำแนกชนิดอาหารด้วยกล้องจุลทรรศน์ประเภทสเตอริโอ (stereo microscope) แบ่งเป็นกลุ่มๆ นับจำนวนอาหารแต่ละชนิด ชั่งน้ำหนักอาหารแต่ละชนิดที่พบ (กรัม) และน้ำหนักของกระเพาะที่เหลือ (กรัม) ตามวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) (Hyslop. 1980) แสดงผลในรูปร้อยละของน้ำหนักอาหาร (Weight composition (%W)) Christensen *et al*. (2008) เพื่อนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง

$$\% Wi = (Ti / \Sigma T) \times 100 \quad (3.8)$$

เมื่อ

$\% Wi$ หมายถึง สัดส่วนในรูปน้ำหนักของอาหาร

Ti หมายถึง น้ำหนักของอาหารชนิด i

ΣT หมายถึง น้ำหนักของอาหารที่พบทั้งหมดทุกชนิด

สำหรับสัตว์น้ำที่มีการบริโภคสิ่งมีชีวิตในกลุ่มแพลงก์ตอน กลุ่มสาหร่าย และเศษซาก (detritus) ซึ่งไม่สามารถนับจำนวนอาหารได้ จะใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดอาหารโดย วิธีการวัดปริมาตร (Volumetric method)) (Hyslop. 1980) โดยการใช้วิธีแทนที่อาหารที่พบในกระเพาะอาหารด้วยน้ำ โดยใช้น้ำกระบอกน้ำกลั่นฉีดล้างเศษอาหารในกระเพาะและน้ำย่อย ใส่ลงในกระบอกตวง เติมน้ำจนถึงขีดวัดปริมาตร บันทึกค่าเป็นร้อยละโดยปริมาตรของอาหาร

3.8 การประมวลผลของแบบจำลอง

3.8.1 ลำดับขั้นอาหาร (trophic level)

แบบจำลองอีโคพาธจะประมวลผลลำดับขั้นอาหารในรูปของแผนภาพสายใยอาหาร (food web diagram) เพื่อแสดงการจัดจำแนกชนิดสัตว์น้ำเรียงตามลำดับขั้นอาหาร จากการให้คำจำกัดความของ Odum and Heald (1975) ซึ่งเรียงลำดับขั้นอาหารของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางน้ำไว้ดังนี้ ลำดับขั้นอาหารที่ 1 (TL 1) คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่บริโภคสิ่งมีชีวิตใด ๆในระบบ ผลผลิตมวลชีวภาพที่เข้าสู่ระบบทั้งหมดจะถูกถ่ายทอดไปสู่สิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ สิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นอาหารนี้ คือ พืชน้ำ สาหร่าย ผู้ผลิตขั้นต้น และเศษซาก ลำดับขั้นอาหารที่สอง (TL 2) คือ สิ่งมีชีวิตที่ได้รับการถ่ายทอดพลังงานทั้งหมดมาจากผู้ผลิตขั้นต้น และลำดับขั้นอาหารต่อ ๆ ไปสามารถคำนวนได้จากองค์ประกอบชนิดอาหารที่พบในกระเพาะอาหาร โดยในโครงสร้างของระบบนิเวศทางน้ำส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโครงสร้างลำดับขั้นอาหาร 4-5 ลำดับ ลำดับขั้นอาหารสูงสุดเป็นสัตว์น้ำที่บริโภคสัตว์อื่นเป็นอาหารและไม่พบเป็นอาหารในกระเพาะอาหารของสิ่งมีชีวิตใด ๆ ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันตามระบบนิเวศที่ศึกษา สิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นอาหารสูงสุดที่ถูกบันทึกในฐานข้อมูลของแบบจำลอง เช่น นกทะเล สิงโตทะเล ฉลาม และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล

3.8.2 ประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหาร (ecotrophic efficiencies)

ค่าประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหาร ตามคำนิยามของ Christensen *et al.* (2005) เป็นค่าที่แสดงถึงความสมดุลจากการประมวลผลของแบบจำลอง (balancing the model) เพื่อแสดงมวลชีวภาพของสัตว์น้ำกลุ่มนั้น ๆ ภายในลำดับขั้นอาหาร ที่ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานของระบบนิเวศทั้งพลังงานที่หมุนเวียนอยู่และพลังงานที่ถูกนำออกจากระบบและยังเป็นสมมติฐานเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของการประมวลผลด้วยแบบจำลองโดยค่า EE (ecotrophic efficiencies) ต้องมีค่าน้อยกว่า 1.0 สำหรับทุกกลุ่มเนื่องจากถูกตั้งข้อสันนิษฐานว่า ประชากรในกลุ่มไม่ควรถูกบริโภคเกินจากการผลิตภายในกลุ่ม

$$EE_i = (B_i * M2_i + C_i + NM_i + BA_i) / P_i \qquad (3.9)$$

เมื่อ

B_i หมายถึง มวลชีวภาพของสัตว์น้ำชนิด i

P_i หมายถึง การผลิตของสัตว์น้ำชนิด i

$M2_i$ หมายถึง การตายจากผู้ล่า

C_i หมายถึง ผลจับสัตว์น้ำของสัตว์น้ำชนิด i

NM_i หมายถึง การย้ายออกสุทธิ (net migration)

BA_i หมายถึง มวลชีวภาพโดยรวม

3.8.3 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency)

ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency; GE) หรือการผลิตต่อการบริโภค (production/consumption; P/Q) Christensen *et al.* (2005) กล่าวไว้ว่า การผลิตต่อการบริโภค ในสิ่งมีชีวิตใด ๆ ภายในระบบนิเวศ ที่มีมวลชีวภาพอยู่ในภาวะสมดุล ควรมีค่า GE อยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 ซึ่งอาจมีค่าต่ำกว่า 0.1 ในผู้ล่าสูงสุด (top predator) หรือมีค่าสูงกว่า 0.3 ในกลุ่มของลูกปลาวัยอ่อน หรือแบคทีเรียเป็นต้น

$$GE_i = (P_i/B_i) /(Q_i/B_i) \qquad (3.10)$$

เมื่อ

GE_i หมายถึง ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้นของสัตว์น้ำชนิด i

P_i หมายถึง การผลิตของสัตว์น้ำชนิด i

B_i หมายถึง มวลชีวภาพของสัตว์น้ำชนิด i

Q_i หมายถึง การบริโภคของสัตว์น้ำชนิด i

3.8.4 การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศ (niche overlap)

วิธีการประเมินดัชนีการซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อจาก Christensen *et al*. (2005) พบว่า 0 เป็นค่าต่ำสุดที่แสดงถึงไม่มีการซ้อนทับกัน หรือใช้ทรัพยากรร่วมกัน ของผู้ล่าและเหยื่อถึง 1 เป็นค่าสูงสุดที่แสดงถึงมีการซ้อนทับ หรือใช้ทรัพยากรร่วมกันของผู้ล่าและเหยื่อ

$$O_{jk} = 2*\sum (p_{ji} * p_{ki}) / \sum (p^2{}_{ji} + p^2{}_{ki}) \qquad (3.11)$$

เมื่อ

O_{jk} หมายถึง ดัชนีการซ้อนทับ

p_{ji} หมายถึง สัดส่วนของ i ที่มีการใช้ทรัพยากรโดย j

p_{ki} หมายถึง สัดส่วนของ i ที่มีการใช้ทรัพยากรโดย k

3.8.5 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts)

Ulanowicz and Puccia (1990) ได้วิเคราะห์ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (MTI) ดังสมการ

$$MTI_{i,j} = DC_{i,j} – FC_{j,i} \qquad (3.12)$$

เมื่อ

$DC_{i,j}$ หมายถึง องค์ประกอบในกระเพาะอาหารของ i ที่มีการบริโภค j

$FC_{j,i}$ หมายถึง สัดส่วนของผู้ล่า j ต่อ เหยื่อ i

3.8.6 การวิเคราะห์สถิติคุณลักษณะและค่าการถ่ายทอดพลังงานภายในระบบนิเวศ

Christensen *et al*. (2005) กล่าวถึง วิธีการประมวลผลจากแบบจำลองอีโคพาธด้วยข้อมูลชีวมวลผู้ผลิตขั้นต้น ชีวมวลสัตว์น้ำ ลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำ ผลจับสัตว์น้ำจากการทำประมงในพื้นที่ที่ศึกษา สามารถวิเคราะห์ออกมาในรูปของค่าสถิติทางระบบนิเวศ ประกอบด้วย ผลรวมการบริโภคทั้งระบบ (Sum of all consumption) ผลรวมพลังงานที่ส่งออกทั้งระบบ (Sum of all exports) ผลรวมการหายใจทั้งระบบ (Sum of all respiratory flows) ผลรวมพลังงานจากเศษซาก (Sum of all flows into detritus) ปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (Total system throughput; TST) ปริมาณผลผลิตทั้งหมดของระบบ (Sum of all production) ปริมาณผลจับรวมในพื้นที่ที่ศึกษา (total catch) ค่าเฉลี่ยลำดับขั้นการกินของสัตว์น้ำจากผลจับทั้งหมด (mean Trophic Level of catch; mTL) ประสิทธิภาพมวลรวมของการประมงขั้นปฐมภูมิ (Gross efficiency GE, (catch/ net p.p.)) ปริมาณสุทธิของการผลิตขั้นปฐมภูมิ (Calculated total net primary production; PP) ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด/การหายใจทั้งหมด (Total primary production/ total respiratory; TPP/TR) ปริมาณสุทธิของผลผลิต (Net system production) ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด/มวลชีวภาพทั้งหมด (Total primary production/ total biomass; TPP/TB) มวลชีวภาพทั้งหมด/ปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (Total biomass/total throughput; TB/TT) ปริมาณมวลชีวภาพรวมทั้งระบบ (Total biomass excluding detritus) ดัชนีความหลากหลาย (Shannon diversity index) โดยค่าคุณลักษณะของระบบนิเวศจากการประมวลผลด้วยแบบจำลองอีโคพาธ มีความสอดคล้องกับนิยามการศึกษา ทฤษฎีระบบนิเวศของ Odum (1971) ดังตารางภาคผนวกที่ 7

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การศึกษาโครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน

4.1.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ

การรวบรวมชนิดของสัตว์น้ำจากท่าเทียบเรือประมงพาณิชย์และชุมชนประมงพื้นบ้านในจังหวัดกระบี่ จังหวัดภูเก็ตและจังหวัดพังงา ที่มีการทำประมงในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2562 บันทึกข้อมูลองค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ ความยาวเฉลี่ยของสัตว์น้ำ (Lm) และผลจับรวมของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ นำมาคำนวณด้วยฐานข้อมูล FishBase (Fröese and Pauly, 2018) เพื่อจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองอีโคพาธ ประกอบด้วย ความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำ (L_∞) ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) สัมประสิทธิ์การตายโดยการทำประมง (F) ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) และ ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์จากการคำนวณด้วย FishBase เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลองอีโคพาธในการวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน

ชนิดสัตว์น้ำ	ชื่อวิทยาศาสตร์	L_∞	K	M(yr^{-1})	F	Z
ปลากระโทงดาบ	*Xiphias gladius*	94	0.14	0.24	1.33	1.57
ปลากระโทงร่ม	*Istiophorus platypterus*	168	0.3	0.49	1.11	1.60
ปลากระบอกเกล็ดหยาบ	*Planiliza subviridis*	38	0.36	0.81	1.21	2.02
ปลากระบอกขาว	*Crenimugil seheli*	24.5	1.39	2.47	0.61	3.08
ปลากระบอกท่อนใต้	*Mugil cephalus*	42	1.14	1.86	2.67	4.53
ปลากระบาง	*Himantura walga*	36	1.43	0.84	1.69	2.53
ปลากะตัก	*Stolephorus indicus*	10.4	3.22	5.68	4.96	10.64
ปลากะพงข้างปาน	*Lutjanus russellii*	52	0.3	0.59	0.71	1.30
ปลากะพงแดง	*Lutjanus malabaricus*	54.4	0.38	0.47	0.97	1.44
ปลากะรัง	*Epinephelus malabaricus*	77	2.12	1.26	2.55	3.81
ปลากะรังจุดน้ำตาล	*Epinephelus coioides*	68.5	0.31	0.63	1.62	2.25
ปลาจวดสามเขี้ยว	*Otolithes ruber*	14.1	2.58	5.47	3.32	8.79
ปลาจาระเม็ดขาว	*Pampus argenteus*	30	0.64	1.32	1.88	3.20

ตารางที่ 4.1(ต่อ) พารามิเตอร์จากการคำนวณด้วย FishBase เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันด้วยแบบจำลองอีโคพาธ

	Species	L∞	K	M(yr^{-1})	F	Z
ปลาจาระเม็ดดำ	*Parastromateus niger*	32.5	1.19	1.05	1.67	2.72
ปลาจาระเม็ดเทา	*Pampus chinensis*	24	2.03	1.01	1.33	2.34
ปลาโฉมงามหน้าตัด	*Alectis indica*	49	0.99	1.61	2.01	3.62
ปลาดอกหมาก	*Gerres erythrourus*	12.3	1.59	2.35	3.54	5.89
ปลาดาบเงิน	*Trichiurus lepturus*	88.7	0.73	1.11	1.56	2.67
ปลาดาบลาว	*Chirocentrus dorab*	78	0.17	0.63	1.85	2.48
ปลาดุกทะเล	*Plotosus canius*	48.7	0.34	0.68	0.74	1.42
ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	*Anodontostoma chacunda*	11.1	3.46	5.91	5.68	11.59
ปลาหมูสีแก้มแดง	*Lethrinus harak*	45.4	0.22	0.57	1.34	1.91
ปลาหมูสีหน้ายาว	*Lethrinus lentjan*	50.7	0.31	0.68	0.86	1.54
ปลาเสียด	*Scomberoides lysan*	61	0.55	0.99	1.32	2.31
ปลาจักรผาน	*Psettodes erumei*	38.2	0.73	1.37	0.85	2.22
ปลาสีกุนตาพอง	*Selar crumenophthalmus*	20.4	1.41	2.61	3.29	5.90
ปลาทู	*Rastrelliger brachysoma*	19.4	3.05	1.69	1.76	3.45
ปลาแป้น	*Leiognathus equulus*	14.5	3.14	5.15	5.55	10.70
ปลากะมงขาว	*Caranx ignobilis*	49	1.55	1.26	1.55	2.81
ปลากะมงตาแดง	*Caranx sexfasciatus*	59.7	0.57	1.01	1.76	2.77
ปลาโรนัน	*Rhinobatos schlegelii*	55	0.16	0.69	0.17	0.86
ปลาลัง	*Rastrelliger kanagurta*	27.5	1.29	1.27	2.28	3.55
ปลาลิ้นหมา	*Cynoglossus lingua*	36.9	0.73	1.07	0.53	1.60
ปลาสลิดทะเลแถบ	*Siganus javus*	36.2	0.69	1.2	1.83	3.03
ปลาสากใหญ่	*Sphyraena barracuda*	79	0.44	0.79	1.59	2.38
ปลาสีกุนบั้ง	*Atule mate*	24	1.49	2.68	3.39	6.07
ปลาหลังเขียว	*Sardinella albella*	10.1	2.76	3.12	4.67	7.79
ปลาหางแข็ง	*Megalaspis cordyla*	48.5	0.74	1.31	2.13	3.44
ปลาอินทรีจุด	*Scomberomorus guttatus*	90	0.45	0.77	1.22	1.99
ปลาอินทรีบั้ง	*Scomberomorus*	112	0.65	0.96	1.76	2.72
ปลาโอดำ	*Thunnus tonggol*	50.1	0.79	0.69	1.42	2.11
ปลาโอลาย	*Euthynnus affinis*	39	0.84	0.71	0.99	1.70

*ค่าความยาวสูงสุด (L_∞) ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) สัมประสิทธิ์การตายจากการทำประมง (F) ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) ค่าสัมประสิทธิ์การ ตายรวม (Z) และผลผลิตสัตว์น้ำ (Y)

4.1.2 โครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศ ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน

การประเมินโครงสร้างและหน้าที่ของสัตว์น้ำด้วยแบบจำลองอีโคพาธ ประเมินได้โดยการวิเคราะห์ชนิดของอาหารที่พบในกระเพาะอาหาร ผลการศึกษาองค์ประกอบชนิดของอาหารในกระเพาะอาหาร ของปลาที่ได้จากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน จำนวน 2,407 กระเพาะ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบชนิดของอาหารที่พบในกระเพาะในรูปสัดส่วนน้ำหนักของอาหารแต่ละชนิด และการวิเคราะห์โดยการหาปริมาตรในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำที่บริโภคพืชและแพลงก์ตอน โดยลำดับสัตว์น้ำที่อยู่ในตารางตามแนวตั้งแสดงถึงสัตว์น้ำซึ่งถูกบริโภคเป็นเหยื่อ (prey) ตารางตามลำดับในแนวนอน แสดงถึงเลขลำดับชนิดสัตว์น้ำซึ่งเป็นผู้บริโภค (predator)

1.) ผู้บริโภคในลำดับที่ 1-10 ได้แก่ กระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) ปลาอินทรีบั้ง (*Scomberomorus commerson*) ปลาโอดำ (*Thunnus tonggol*) ปลาอินทรีจุด (*Scomberomorus guttatus*) ปลาสากดำ (*Sphyraena quenie*) ฉลามกบวัยอ่อน (*Juvenile.Cat Shark*) ปลากะรัง (*Epinephelus malabaricus*) ปลาสากใหญ่ (*Sphyraena flavicauda*) ปลาดาบลาว (*Trichiurus lepturus*) และปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) ส่วนใหญ่ จัดเป็นกลุ่มปลาหากินผิวน้ำ มีการบริโภค ปลาผิวน้ำวัยอ่อนเป็นอาหาร เช่น ลูกปลาโอ ลูกปลากระโทงดาบ และมีอาหารที่สำคัญ คือ ปลาผิวน้ำขนาดเล็ก ได้แก่ ปลาหางแข็ง (*M. cordyla*) ปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*A. chacunda*) ปลาทู (*R. brachysoma*) ปลาลัง (*R. kanagurta*) สัตว์ในกลุ่มหมึก (cephalopod) ปลาข้างเหลือง (*Selaroides*) ปลาแป้น (*Leiognathus equulus*) ปลากล้วย (*P. chrysozona*) ปลากระตัก (*Stolephorus* sp.) ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.)

2.) ผู้บริโภคในลำดับที่ 11- 20 ได้แก่ ปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*) ปลากะพงแดง (*Lutjanus johnii*) ปลาโรนันวัยอ่อน (*Juvenile.Rhinobatos schlegelii*) ปลาจักรผาน (*Psettodes belcheri*) ปลาหมูสีหน้ายาว (*Lethrinus microdon*) ปลาดุกทะเล (*P. canius*) ปลากะมงใหญ่ *(Caranx sexfasciatus)* ปลากะพงข้างปาน *(Lutjanus russellii)* ปลากะมง *(Caranx ignobilis)* และปลากดทะเล *(Arius arius)* ส่วนใหญ่จัดเป็นกลุ่มปลาหากินกลางน้ำและพื้นท้องน้ำ มีการบริโภคสัตว์ในกลุ่มหมึก (cephalopod) และสัตว์ในกลุ่ม crustacean เป็นหลัก พบเศษซาก (detritus) และแพลงก์ตอนสัตว์ภายในองค์ประกอบกระเพาะอาหารด้วย

3.) ผู้บริโภคในลำดับที่ 21- 30 ได้แก่ ปลากะรังหางตัด *(Epinephelus areolatus)* ปลาหมูสีแก้มแดง (*Lethrinus lentjan*) ปลากระบาง *(Himantura walga)* ปลาหางแข็ง (*Megalaspis cordyla*)

Cephalopods ปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) ปลาแพะ (*Upeneus vittatus*) ปลาจาระเม็ดขาว (*Pampus argenteus*) ปลาในกลุ่มปลาข้างเหลือง (*Selaroides* sp.) ปลาจวด (*Otolithes ruber*)

ส่วนใหญ่จัดเป็น ปลากลางน้ำและปลาพื้นท้องน้ำขนาดเล็ก มีการบริโภคสัตว์ในกลุ่มหมึก (cephalopod) และสัตว์ในกลุ่ม crustacean เป็นหลัก รวมถึง แพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

4.) ผู้บริโภคในลำดับที่ 31- 40 ได้แก่ ปลาทู (*R. brachysoma*) ปลาสลิดทะเล

(*Siganus javus*)ปลาทรายขาว (*Sillago argentifasciata*) สัตว์ในกลุ่ม Crustacean ปลากระบอก (Mugilida*e*) ปลาแป้น (*Leiognathus equulus*) ปลากล้วย (*P. chrysozona*) ปลากระตัก (*Stolephorus* sp.) ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) มีการบริโภคแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

5.) แพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) การบริโภคแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และพบเศษซาก (detrius)

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สัตว์น้ำที่มีลำดับขั้นการกินสูงและไม่ปรากฏในกระเพาะอาหารของสัตว์ชนิดอื่น ๆ จัดอยู่ในประเภทปลาผิวน้ำทั้งหมด ได้แก่ ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) และ ปลาอินทรีบั้ง (*Scomberomorus commerson*) ซึ่งบริโภคปลาผิวน้ำชนิดอื่น ๆ เป็นอาหาร โดยพบองค์ประกอบอาหารในกระเพาะอาหาร ได้แก่ ลูกปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ เช่น ปลาโอดำ (*Thunnus tonggol*) ปลาสาก (*Sphyraena quenie*) ปลาผิวน้ำขนาดเล็ก ได้แก่ ปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) ปลาในกลุ่มปลาข้างเหลือง (*Selaroides* sp.) ปลากระตัก (*Stolephorus* sp.) ปลากล้วย (*Pterocaesio chrysozona*) ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มหมึก (cephalopod) และครัสเตเชียน (crustacean)

โครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศของสัตว์น้ำจากการทำประมงของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน ประกอบด้วย โครงสร้าง ผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้ ทำหน้าที่ผู้ผลิต (producer) ซึ่งมีหน้าที่เชิงนิเวศในสร้างพลังงานจากสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic) เช่น แสง ธาตุอาหาร ไนโตรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานเข้าสู่ระบบนิเวศ เศษซาก (detritus) ซึ่งมีหน้าที่เชิงนิเวศเพื่อรักษาความสมดุลระหว่างชีวมวลที่ระบบนิเวศสามารถผลิตได้กับชีวมวลที่ระบบนิเวศสูญเสีย

โครงสร้างของผู้บริโภค เริ่มตั้งแต่ผู้บริโภคลำดับที่หนึ่ง (first consumers) ประกอบด้วยสัตว์น้ำที่บริโภคพืชน้ำและสาหร่าย (herbivore) และสัตว์น้ำกินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร (planktivore) เช่น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มครัสเตเชียน (crustacean) ปลาผิวน้ำขนาดเล็ก ได้แก่ ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) ปลากะตัก (*Stolephorus* sp.) ปลาทู (*Rastrelliger brachysoma*)

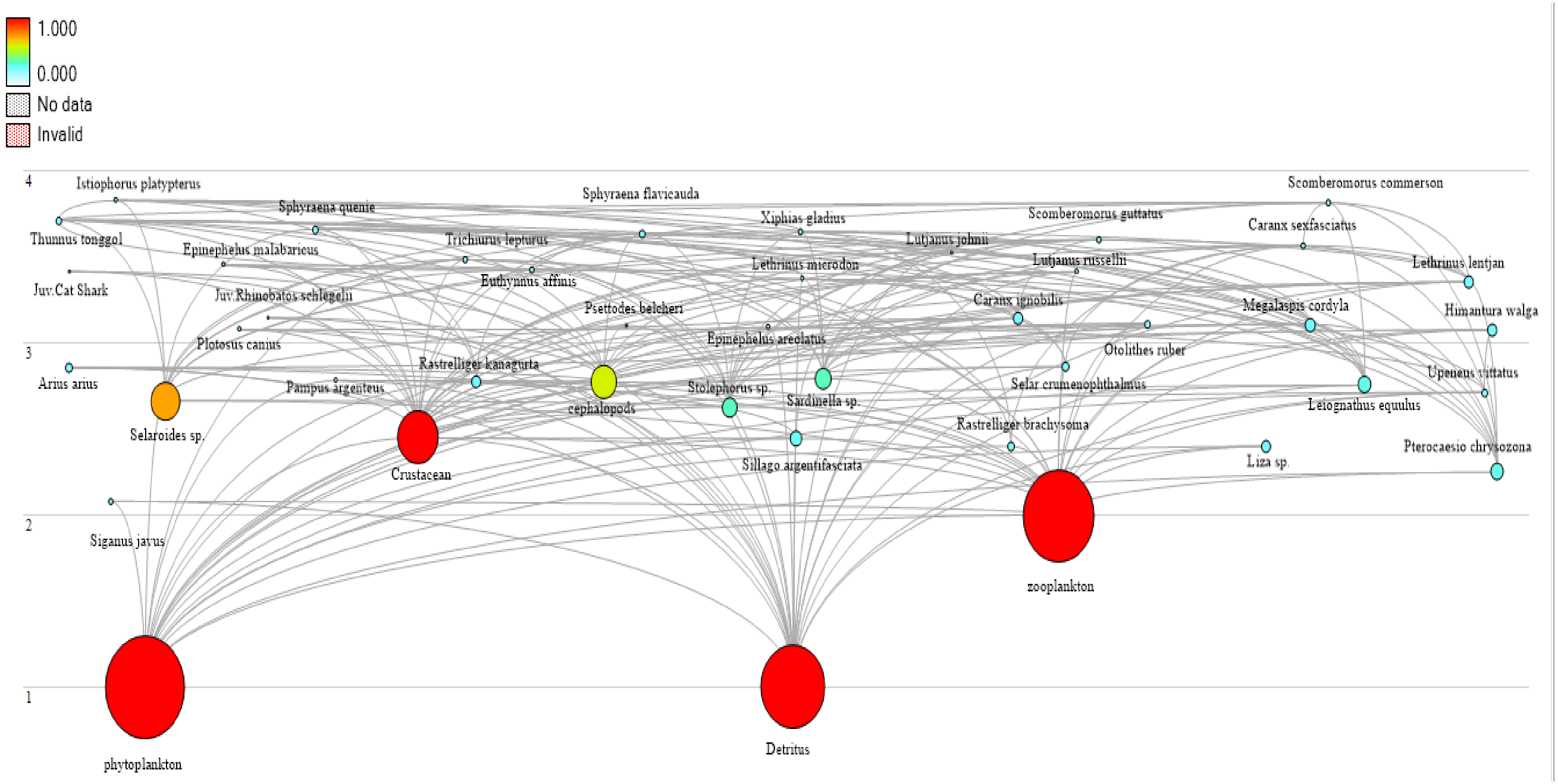
ปลาแป้น (*Leiognathus equulus*) ปลาสีกุนตาพอง(*Selar crumenophthalmus*) และ ปลากล้วย (*Pterocaesio chrysozona*) ปลาในแนวปะการังที่แทะเล็มสาหร่ายหรือเศษซากตามโขดหิน ได้แก่ ปลาสลิดทะเลแถบ (*Siganus javus*) และปลาที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำ ได้แก่ ปลากระบอก และ ปลาทรายขาว (*Sillago argentifasciata*)

ผู้บริโภคลำดับที่สอง (secondary consumers) ได้แก่ ปลาที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร (carnivore) และปลาที่กินทั้งพืชน้ำและสัตว์ (omnivore) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ปลากะรัง ปลากระเบน โดยมีอาหารหลักเป็นสัตว์ในกลุ่มหมึก (cephalopod) และ ครัสเตเชียน (crustacean)

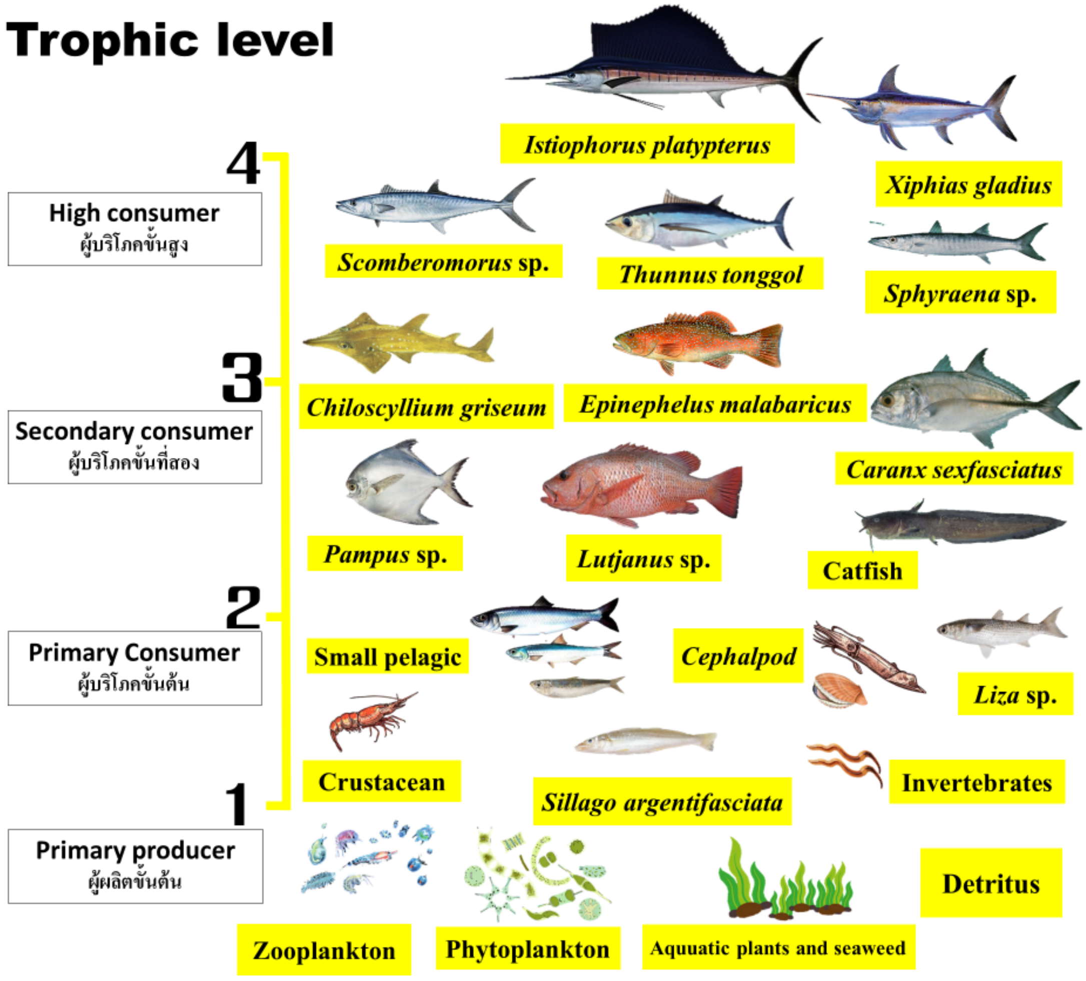
ผู้บริโภคลำดับที่สาม (tertiary consumers) ในการศึกษาครั้งนี้ คือโครงสร้างผู้บริโภคกลุ่มสุดท้าย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ที่บริโภคสัตว์ขนาดเล็กและบริโภคปลาชนิดอื่น ๆ เป็นอาหาร (piscivore) เช่น ปลาอินทรีจุด ปลาอินทรีบั้ง (*Scomberomorus commerson, S. guttatus*) ปลาสาก (*Sphyraena quenie*) ปลาโอ (*Thunnus tonggol*) และ ผู้ล่าขั้นสูงสุดของโครงสร้างสายใยอาหารของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน คือ ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน

	Prey \ predator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
1	*Istiophorus platypterus*																																									
2	*Scomberomorus commerson*																																									
3	*Thunnus tonggol*	0.07	0.1									0.01																														
4	*Scomberomorus guttatus*																																									
5	*Sphyraena quenie*		0.01																																							
6	*Juv.Cat Shark*																																									
7	*Epinephelus malabaricus*											0.01																														
8	*Sphyraena flavicauda*																																									
9	*Trichiurus lepturus*								0	0.01																																
10	*Xiphias gladius*	0.02																																								
11	*Euthynnus affinis*		0.01																																							
12	*Lutjanus johnii*																																									
13	*Juv.Rhinobatos schlegelii*																																									
14	*Psettodes belcheri*														0.08																											
15	*Lethrinus microdon*		0	0.03	0	0.05																																				
16	*Plotosus canius*																																									
17	*Caranx sexfasciatus*		0.01																																							
18	*Lutjanus russellii*																																									
19	*Caranx ignobilis*	0.06		0.13	0.01																																					
20	*Arius arius*																																									
21	*Lethrinus lentjan*		0.1		0.01						0.03							0.04																								
22	*Epinephelus areolatus*																																									
23	*Himantura walga*																																									
24	*Megalaspis cordyla*			0.02		0.07					0.03	0.21																														
25	*cephalopods*			0.23	0.11	0.18	0.6	0.43	0.19					0.32	0.24		0.15		0.2	0.25	0.1		0.26	0.34	0.05	0.2	0.01		0.02													
26	*Rastrelliger kanagurta*	0.2		0.02	0.2				0.26																																	
27	*Upeneus vittatus*																						0.02	0.01																		
28	*Pampus argenteus*																																									
29	*Selaroides sp.*	0.2		0.08	0.15	0.13			0.16	0.24	0.02	0.35	0.1							0.01																						
30	*Otolithes ruber*																0.11				0.15																					
31	*Siganus javus*																																									
32	*Liza sp.*																																									
33	*Stolephorus sp.*	0.05	0.13	0.15	0.14				0.07	0.12	0.31		0.5					0.1		0.02		0.4	0.01							0.01												
34	*Sardinella sp.*	0.25	0.22		0.1					0.2	0.07					0.14		0.1	0.37	0.12		0.1			0.04																	
35	*Sillago argentifasciata*												0.01								0.1																					
36	*Crustacean*			0.12	0	0.05	0.24	0.24	0.09	0.28		0.24	0.37	0.4	0.35	0.3	0.4	0.22	0.1	0.3	0.15	0.28	0.4	0.3		0.2	0.35	0.32	0.28	0	0.54				0.25	0.08			0.19	0.25		
37	*Rastrelliger brachysoma*					0.02					0.25							0.14																								
38	*Leiognathus equulus*	0.1	0.2	0.1					0.08		0.27					0.2									0.25																	
39	*Selar crumenophthalmus*					0.3										0.18		0.19																								
40	*Pterocaesio chrysozona*	0.05	0.22	0.12	0.29				0.15		0.02							0.2				0.07			0.2																	
41	*zooplankton*					0.2				0.1								0.01	0.25			0.03		0.02	0.26	0.13	0.25	0.25	0.34	0.65	0.33	0.08	0.4	0.63	0.43	0.33	0.45	0.4	0.48	0.5	0.25	
42	*phytoplankton*									0.05									0.02			0.04			0.2		0.1	0.38	0.19	0.34	0.02	0.68	0.4	0.37	0.32	0.2	0.3	0.6	0.33	0.18	0.75	1
43	*Detritus*						0.16	0.13				0.18	0.03	0.28	0.33	0.18	0.34		0.06	0.3	0.5	0.08	0.31	0.33	0	0.47	0.29	0.05	0.17		0.11	0.24	0.2			0.39	0.25			0.08		



ภาพที่ 4.1 การจำลองโครงสร้างสายใยอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน



ภาพที่ 4.2 การจำลองลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน

4.2 การประเมินลำดับขั้นอาหาร (trophic level) ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน

4.2.1 ลำดับขั้นอาหาร

การประเมินลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันด้วยแบบจำลองอีโคพาธมีการแสดงโครงสร้างของลำดับขั้นอาหาร (Trophic levels; TL) และสายใยอาหาร (ภาพที่ 4.1) ขนาดของวงกลมแสดงถึงปริมาณมวลชีวภาพ โครงสร้างของสายใยอาหารของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน ประกอบด้วย 3 ลำดับขั้นอาหาร ค่า TL อยู่ระหว่าง 1- 3.872 ผู้บริโภคลำดับสูงสุด (top predator) ของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน คือ ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) (TL; 3.872)

โครงสร้างของลำดับชั้นอาหารของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน ประกอบด้วย ลำดับขั้นอาหารที่หนึ่ง (TL;1.00) ผู้ผลิตขั้นต้น คือ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และผู้ย่อยสลาย (detritus) สิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นการกินนี้เป็นแหล่งพลังงานสำคัญ ซึ่งหมุนเวียนพลังงานเข้าสู่ระบบนิเวศและถ่ายทอดพลังงานไปสู่สิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นอาหารถัดไป

ลำดับขั้นอาหารที่สอง (TL; 2.00 – 2.863) จำแนกได้เป็น สัตว์น้ำที่บริโภคผู้ผลิตขั้นต้นหรือแพลงตอนก์เป็นอาหาร (TL;2.00 - 2.756) แผนภาพแสดงถึงความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำที่อยู่ในลำดับขั้นการกินและยังประกอบด้วยสัตว์น้ำที่มีบทบาทหน้าที่ทางระบบนิเวศแตกต่างกัน ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (crustacean) ปลาผิวน้ำขนาดเล็ก เช่น ปลากระตัก (*Stolephorus* sp.) ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) ปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) ปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*Anodontostoma chacunda*) ปลาในแนวปะการังที่แทะเล็มพืชหรือเศษซากตามโขดหิน ได้แก่ ปลาสลิดทะเลแถบ (*siganus javus*) ปลาที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำ ได้แก่ ปลากระบอก และ ปลาจวด (*Otolithes ruber*) โดยเป็นกลุ่มที่บริโภคทั้งผู้ผลิตขั้นต้น แพลงก์ตอนสัตว์และเศษซาก อีกทั้งยังเป็นอาหารที่สำคัญของผู้บริโภคลำดับชั้นถัดไปของแต่ละห่วงโซ่อาหาร และสัตว์น้ำที่บริโภคสัตว์อื่นเป็นอาหาร (TL; 2.775 - 2.863) ได้แก่ ปลาจาระเม็ดขาว (*Pampus argenteus*) ปลาในกลุ่มปลาข้างเหลือง (*Selaroides sp.*) ปลาแพะ (*Upeneus vittatus*) และหมึก (cephalopod) ซึ่งสัตว์ในกลุ่มนี้มีการบริโภคสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน เป็นหลัก

ลำดับขั้นอาหารที่สาม (TL; 3.076 - 3.872) คือ ลำดับขั้นอาหารขั้นสุดท้ายของการประเมินสายใยอาหารจากสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ประกอบด้วยสัตว์น้ำที่บริโภคสัตว์อื่นเป็นอาหาร (TL; 3.076 - 3.092) ได้แก่ ปลากะรังหางตัด (*Epinephelus areolatus*) ปลากระบาง (*Himantura walga*) และ ปลาหางแข็ง (*Megalaspis cordyla*) สัตว์ที่กินทั้งพืชและสัตว์ (TL; 3.102 - 3.148) ได้แก่ ปลากะมงใหญ่ (*Caranx sexfasciatus*) ปากะพงข้างปาน (*Lutjanus russellii*) ปลากะมง (*Caranx ignobilis*) ปลากดทะเล (*Arius arius*) และปลาหมูสีแก้มแดง(*Lethrinus lentjan*) และสัตว์น้ำที่บริโภคปลาเป็นอาหาร (TL; 3.413 – 3.872) โดยชีวมวลของสัตว์น้ำในลำดับขั้นนี้ ส่วนใหญ่เป็นปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ และเป็นผู้ล่าขั้นสูงของสายใยอาหาร ได้แก่ ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) ปลาโอดำ (*Thunnus tonggol*) ปลาอินทรีบั้ง (*Scomberomorus commerson*) ปลาอินทรีดอก (*Scomberomorus guttatus*) ปลาสากดำ (*Sphyraena quenie*) ปลากสากใหญ่ (*Sphyraena flavicauda*) ปลาดาบเงิน (*Trichiurus lepturus*) ปลากระโทงดาบ (*Xiphias gladius*) ปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*)

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลสัตว์น้ำในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันที่นำเข้าในแบบจำลองอีโคพาธ

	Group name	(TL)	Biomass	P / B	Q / B	(EE)	(GE)
1	*Istiophorus platypterus*	3.872	0.00446	3.138	10.9	0.757	0.188
2	*Scomberomorus commerson*	3.845	0.0226	3.494	12.7	0.810	0.275
3	*Thunnus tonggol*	3.713	0.0328	5.06	19.2	0.987	0.264
4	*Scomberomorus guttatus*	3.662	0.028	3.87	14.4	0.908	0.269
5	*Sphyraena quenie*	3.647	0.0165	3.654	13.4	0.815	0.273
6	Juvenile.Cat Shark	3.638	0.0349	3.8	14.22	0.495	0.267
7	*Epinephelus malabaricus*	3.600	0.01508	3.75	14.1	0.893	0.266
8	*Sphyraena flavicauda*	3.565	0.0153	4.5	15.7	0.942	0.287
9	*Trichiurus lepturus*	3.525	0.00146	5.65	21.2	0.952	0.267
0	*Xiphias gladius*	3.485	0.0182	4.77	18.84	0.986	0.253
11	*Euthynnus affinis*	3.454	0.0062	3.95	16.8	0.819	0.235
12	*Lutjanus johnii*	3.426	0.0147	4.985	18.72	0.952	0.266
13	Juvenile.*Rhinobatos schlegelii*	3.416	0.0006	2.12	11.21	0.333	0.289
14	*Psettodes belcheri*	3.413	0.00696	4.81	16.4	0.762	0.293
15	*Lethrinus microdon*	3.372	0.0071	6.76	15.7	0.843	0.231
16	*Plotosus canius*	3.355	0.0754	4.391	17.9	0.940	0.245
17	*Caranx sexfasciatus*	3.148	0.000591	2.025	8.47	0.450	0.239
18	*Lutjanus russellii*	3.143	0.0678	4.67	18.508	0.906	0.252
19	*Caranx ignobilis*	3.113	0.0298	4.98	19.6	0.977	0.254
20	*Arius arius*	3.109	0.0976	7.79	29.3	0.700	0.266
21	*Lethrinus lentjan*	3.102	0.00142	2.85	11.8	0.892	0.242
22	*Epinephelus areolatus*	3.092	0.00365	3.9	14.8	0.900	0.264
23	*Himantura walga*	3.079	0.00404	5.27	16.5	0.751	0.219
24	*Megalaspis cordyla*	3.076	0.082	4.67	18.98	0.702	0.246
25	cephalopods	2.863	0.0518	11.09	39.97	0.903	0.277
26	*Rastrelliger kanagurta*	2.857	0.049	3.89	15.6	0.965	0.249
27	*Upeneus vittatus*	2.793	0.194	9.68	30.98	0.868	0.312
28	*Pampus argenteus*	2.782	0.0087	4.55	18.8	0.879	0.242
29	*Selaroides* sp.	2.775	0.0823	8.71	29.5	0.961	0.295
30	*Otolithes ruber*	2.775	0.498	9.5	17.2	0.685	0.352
31	*Siganus javus*	2.756	0.134	15.24	48.85	0.958	0.312
32	Mugilidae	2.714	0.0347	4.78	16.54	0.763	0.289
33	*Stolephorus* sp.	2.666	0.661	10.91	36.45	0.990	0.299
34	*Sardinella* sp.	2.630	0.188	12.28	41.2	0.906	0.298
35	*Sillago argentifasciata*	2.450	1.78	5.36	18	0.921	0.298
36	Crustacean	2.446	0.113	11.08	32.03	0.860	0.246
37	*Rastrelliger brachysoma*	2.400	0.082	6.1	21.39	0.930	0.285
38	*Leiognathus equulus*	2.400	0.0395	8.113	27.12	0.949	0.299
39	*Selar crumenophthalmus*	2.250	0.13	8.51	29.4	0.899	0.289
40	*Pterocaesio chrysozona*	2.180	0.0202	7.09	25.3	0.850	0.280
41	zooplankton	2.000	15.5	72.5	152.7	0.428	0.175
42	phytoplankton	1.000	30	120	0	0.666	
43	Detritus	1.000	10			0.059	

4.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศ (ecotrophic efficiencies; EE)

ค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศ (EE) ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.059 ถึง 0.995 โดยค่า EE ของสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ 1 โดยเฉพาะในกลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็ก มีค่า EE ค่อนข้างสูง เช่น ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) (0.99), ปลาแป้น(*Leiognathus equulus*) (0.985), ปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) (0.961) จากนิยามของแบบจำลอง(Christensen *et al*., 2005) แสดงถึงสัดส่วนของผลผลิตในระบบที่ถูกบริโภคโดยผู้ล่าหรือถูกส่งออกจากการทำประมง อาจชี้ให้เห็นว่าชนิดสัตว์น้ำที่ถูกทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันส่วนใหญ่เป็นอาหารที่สำคัญของผู้ล่าในสายใยอาหาร หรืออาจแสดงถึงสถานการณ์ทำประมงซึ่งใช้ประโยชน์จากสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ อย่างมากเกินไป เช่น ในปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ซึ่งเป็นผู้ล่าขั้นสูง เช่นปลาโอดำ (*Thunnus tonggol*) (0.987) ปลาสาก (*Sphyraena flavicauda*) (0.995) ปลาดาบเงิน (*Trichiurus lepturus*) (0.986) ปลาโอลาย(*Euthynnus affinis*) (0.952) อาจเกิดการทำประมงอย่างเกินกำลังการผลิตของสัตว์น้ำได้

EE ของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์มีค่า (0.660) และ (0.728) เนื่องจากพบเป็นองค์ประกอบหลักของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของกลุ่มปลาผิวน้ำ รวมถึงกลุ่มครัสเตเซียน (กุ้ง, ปู) และกลุ่มหมึก อีกด้วย ทั้งนี้ EE ของแพลงก์ตอนพืชและเศษซากมีค่าน้อยกว่า 1 เป็นไปตามทฤษฎีของ Christensen and Pauly (1993) เพราะเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer)

ค่า EE ของเศษซาก (0.059) ได้ค่าน้อยมาก อาจเนื่องมาจากการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน มีการทำประมงด้วยเครื่องมือประมงซึ่งเป็นอวนล้อมจับ อวนครอบ อวนติดตา จำนวนมาก ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นกลุ่มปลาผิวน้ำจึงมีปริมาณการใช้ประโยชน์จากเศษซากของระบบนิเวศค่อนข้างน้อย

4.2.3 ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency)

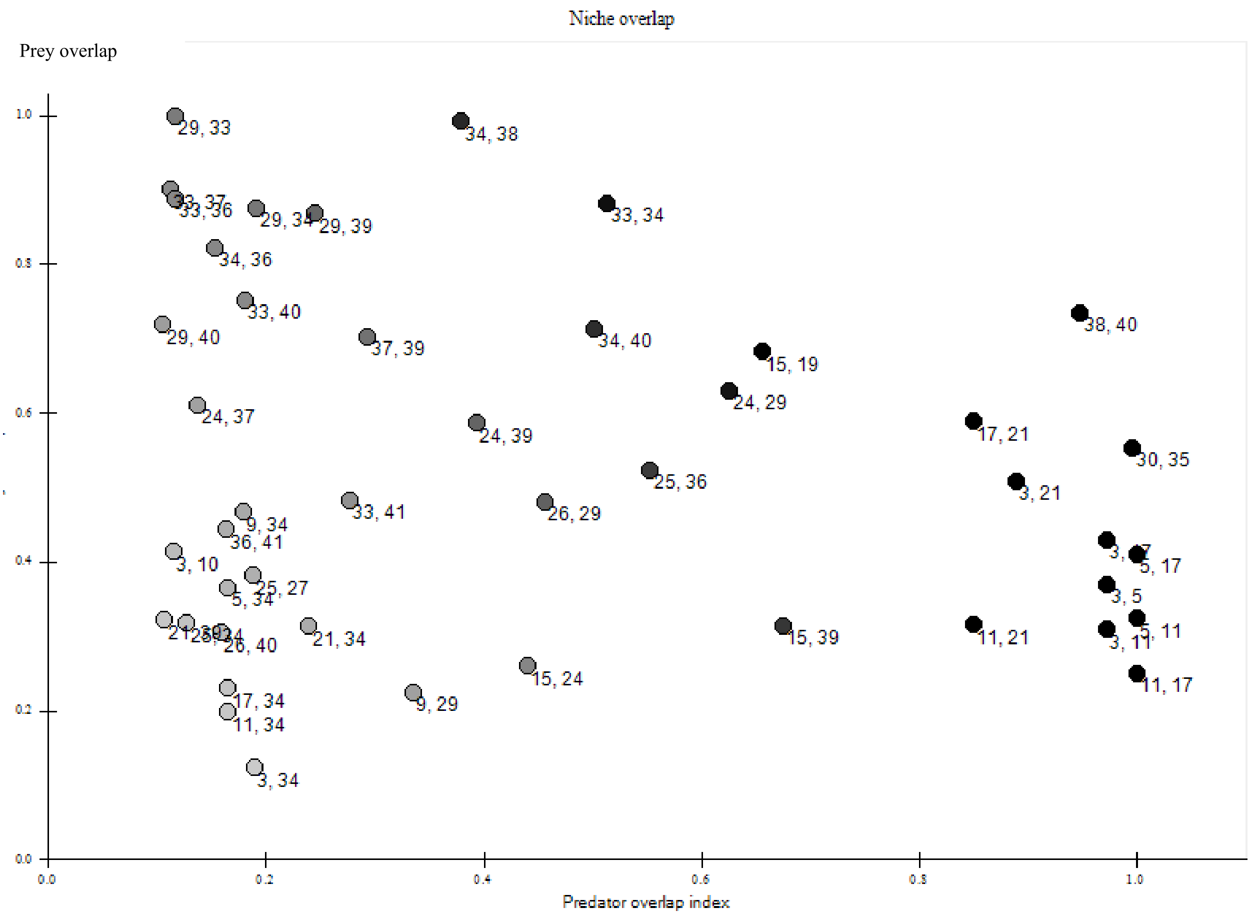
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency;GE) หรือการผลิตต่อการบริโภค (production/consumption; P/Q) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ให้เกิดความสมดุลในระบบนิเวศ มักมีค่าอยู่ในช่วงของ 0.1 - 0.3 จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้นของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน มีค่าระหว่าง 0.175 - 0.298 (ตารางที่ 4.3)

4.2.4 การซ้อนทับกันของผู้ล่าและผู้ถูกล่าในระบบนิเวศ (niche overlap)

การซ้อนทับกันของบทบาทการบริโภค (niche overlap) ในระบบนิเวศ หมายถึงสิ่งมีชีวิตนั้นมีการบริโภคอาหารชนิดเดียวกัน (predator overlap index) และถูกบริโภคเป็นอาหาร

จากกลุ่มผู้ล่าเหมือนกัน (prey overlap index) ผลการจำลองแบบจำลองอีโคพาธได้ประเมินการซ้อนทับกันทางบทบาทการบริโภคของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศโดยมีค่าระหว่าง 0 (เป็นค่าต่ำสุดที่แสดงถึงไม่มีการซ้อนทับกันของผู้ล่าและเหยื่อ) ถึง 1 (เป็นค่าสูงสุดที่แสดงถึงมีการตกเป็นผู้ล่าและเหยื่อซ้อนทับกัน) ดัชนีการซ้อนทับกันของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน พบว่า ชนิดสัตว์น้ำที่มีดัชนีซ้อนทับสูง เป็นกลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็ก โดย คู่ของปลาข้างเหลืองกับปลากะตัก (*Selaroides sp.*: *Stolephorus* sp.) (29,33) และปลาหลังเขียวกับปลาแป้น (*Sardinella sp.*: *Leiognathus equulus*) (34,38) มีการซ้อนทับของบทบาทการบริโภค (nice overlap index) สูงที่สุดจากสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยมีดัชนีซ้อนทับใกล้เคียง 1

สิ่งมีชีวิตที่มีดัชนีซ้อนทับมากกว่า 0.5 แสดงถึง การถูกบริโภคเป็นอาหารหรือเป็นผู้ล่าเหยื่อร่วมกันอย่างน้อยครึ่งหนึ่ง ได้แก่ คู่ของ *Stolephorus sp.*: *phytoplankton*, *cephalopods*: crustacean, *Thunnus tonggol*: *Lethrinus lentjan*, *Rastrelliger kanagurta.*: *Selaroides sp* , *Rastrelliger brachysoma*: *Selar crumenophthalmus*, *Sardinella* sp.: *Pterocaesio chrysozona*, *Otolithes ruber*: *Sillago argentifasciata*, *Caranx sexfasciatus; Lethrinus lentjan*, *Megalaspis cordyla:* Rastrelliger brachysoma, *Leiognathus equulus*: *Pterocaesio chrysozona, Lethrinus microdon: Caranx ignobilis* และ *Megalaspis cordyla* : *Selaroides* sp. (33,41 25,36 3,21 26,29 37,39 34,40 30,35 17,21 24,37 38,40 15,19 และ 24,29 (ภาพที่ 4.3)



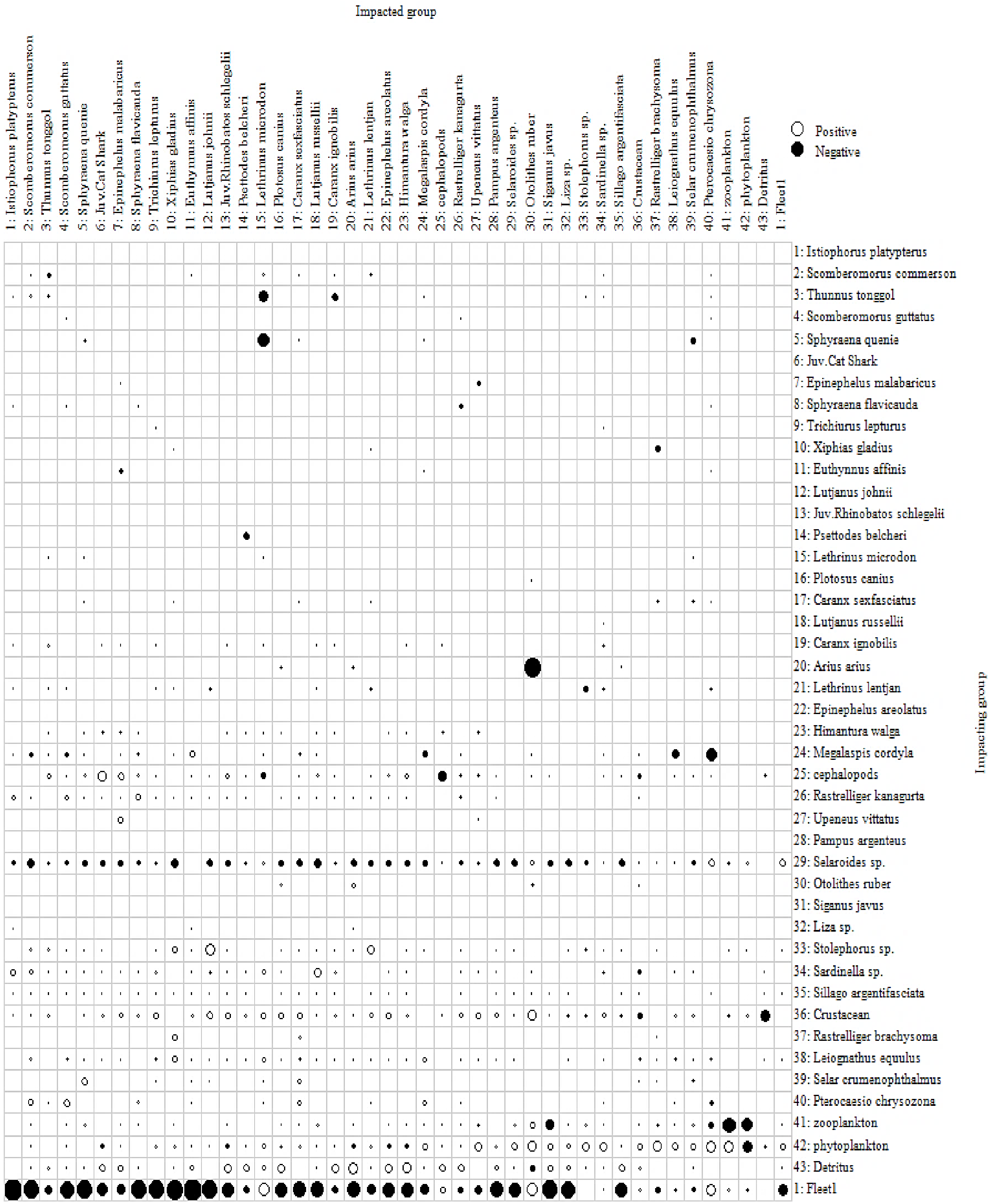
ภาพที่ 4.3 ดัชนีการซ้อนทับทางบทบาทการบริโภค (niche overlap) ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน

4.2.5 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts)

ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts) ทำให้สามารถประเมินผลกระทบที่การเปลี่ยนแปลงในชีวมวลของกลุ่มมีต่อชีวมวลของกลุ่มอื่น ๆ ในระบบนิเวศ (Christensen and Walters, 2004) ผ่านปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มเหยื่อและผู้ล่าในระบบนิเวศ ซึ่งแสดงผลกระทบในเชิงบวกหรือลบต่อผู้ล่าในขณะที่ผู้ล่าโดยตรงจะมีผลกระทบด้านลบต่อเหยื่อ

การจำลองด้วยแบบจำลองอีโคพาธ ช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงในชีวมวลของกลุ่มสิ่งมีชีวิตต่อชีวมวลของกลุ่มอื่น ๆ ในระบบนิเวศ ซึ่งรายชื่อกลุ่มสิ่งมีชีวิตในคอลัมน์แนวตั้งทางขวามือ (impacting group) แสดงถึงสิ่งมีชีวิตที่ส่งผลต่อกลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในขณะที่รายชื่อสิ่งมีชีวิตในแถวแนวนอนแสดงถึงกลุ่มที่ได้รับผลกระทบ วงกลมสีดำแสดง

ผลกระทบเชิงลบ และวงกลมสีขาวแสดงผลกระทบเชิงบวก ผลการศึกษาผลกระทบสิ่งมีชีวิตทั้งเชิงบวกและเชิงลบด้วยแบบจำลองอีโคพาธภาพแสดงเมื่อมีการเพิ่มมวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิตใน จากผลการจำลองของแบบจำลองอีโคพาธ พบว่าการทำประมง (fleet 1) ในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันส่งผลกระทบเชิงลบกับชนิดสัตว์น้ำในโครงสร้างสายใยอาหารเกือบทั้งหมด โดยเฉพาะกลุ่มผู้ล่าขั้นสูง เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำขนาดใหญ่ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมีเครื่องมือประมงที่ใช้ทำประมงสัตว์น้ำชนิดหลักอย่างเฉพาะเจาะจง เช่น อวนลอยปลาอินทรี อวนล้อมปลาโอ ลอบปลาเก๋า เป็นต้น ในขณะเดียวกันกลุ่มสัตว์น้ำที่ไม่ได้รับผลกระทบเชิงลบ ในกลุ่มปลาจวด (*Otolithes ruber*) ปลากล้วย (*Pterocaesio chrysozona*) เนื่องจากมีผลจากจากการทำประมงที่ค่อนข้างน้อย ไม่ได้เป็นเป้าหมายหลักในการทำประมงของเครื่องมือประมงพาณิชย์ และในปลาตะมะหัวเสี้ยม (*Lethrinus microdon*) เพราะมีการทำประมงปลาตะมะปากแหนบและปลาชนิดที่กินอาหารเช่นเดียวกันในปริมาณที่สูงกว่า ช่วยลดการแก่งแย่งทรัพยากรอาหาร การทำประมงจึงเป็นผลในเชิงบวกกับปลาชนิดนี้ แพลงก์ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมด ยกเว้น ปลาที่ไม่ได้บริโภคแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารโดยตรง ส่วนใหญ่เป็นจำพวกปลาหน้าดิน ได้แก่ ฉลามกบ (Cat Shark) ปลาโรนัน (*Rhinobatos schlegelii*) และปลากระเบน (*Himantura walga*) แต่ก็มีผลเชิงลบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่แสดงผลกระทบกระเชิงลบกับแพลงก์ตอนพืชด้วยกัน อาจเนื่องมาจากต้องมีการแย่งสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต แพลงก์ตอนสัตว์แสดงผลกระทบเชิงลบกับปลาในกลุ่มแทะเล็มที่ไม่ได้บริโภคแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร คือ ปลาสลิดหิน (*Siganus javus*) และที่ส่งกระทบเชิงลบกับแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยกันเองเนื่องจากการแย่งอาหารในธรรมชาติ นอกจากนั้นปลาที่มีลักษณะการกินและที่อยู่อาศัยคล้ายคลึงกัน ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อกัน ได้แก่ ปลาจวด (*Otolithes ruber*) และปลากดทะเล (*Arius arius*) ปลากล้วย (*Pterocaesio chrysozona*) และปลาหางแข็ง (*Megalaspis cordyla*) ปลาสากดำ (*Sphyraena quenie*) และปลาหมูสี (*Lethrinus microdon*) นอกจากนั้นการประมวลผลของแบบจำลองแสดงผลกระทบที่เชิงลบของปลาผู้ล่าต่อเหยื่อ และแสดงผลกระทบเชิงบวกที่เหยื่อเป็นอาหารช่วยถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหารแก่ผู้ล่า
(ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.4 ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น (mixed trophic impacts) ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน

4.3 คุณลักษณะของระบบนิเวศและสมดุลของการแลกเปลี่ยนพลังงานภายในระบบนิเวศจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน

ผลจากการประเมินคุณลักษณะและความสมดุลของระบบนิเวศจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ด้วยแบบจำลองอีโคพาธ พบว่า ผลผลิตของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน มีค่าปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (TST) 19,275.29 ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี ซึ่งเป็นผลรวมของ ปริมาณการกินอาหารทั้งหมด (6,473.927) ปริมาณการส่งออกทั้งหมด(4,030.758) ปริมาณการหายใจทั้งหมด (4,140.063) และปริมาณการไหลของซากพืชซากสัตว์ (4,630.542) ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี คิดเป็นร้อยละ 33.59, 20.91, 21.48, และ 24.02. ของพลังงานที่หมุนเวียนภายในระบบตามลำดับ โดยมีปริมาณการจับสัตว์น้ำทั้งหมด 20.898 ตัน/ตารางกิโลเมตร/ปี ค่าเฉลี่ยของลำดับขั้นการจับ (TL_c) 2.532 ประสิทธิภาพมวลรวมของการประมงขั้นปฐมภูมิ 0.00247 ส่วนดัชนีแสดงการพัฒนาเชิงนิเวศซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดกับการหายใจทั้งหมด (TPP/TR) อัตราส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิกับมวลชีวภาพทั้งหมด (TPP/TB) อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพทั้งหมดกับปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (TB/TT) มีค่า 2.037, 38.341 และ 0.0114 ต่อปี ตามลำดับ และดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon diversity index) มีค่า 1.206 ซึ่งเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงความสมดุลของระบบนิเวศ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ผลผลิต และการไหลของมวลชีวภาพของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน

Parameter	Value	Units
Sum of all consumption (ปริมาณการกินอาหารทั้งหมด)	6,473.927	t/km^2/year
Sum of all exports (ปริมาณการส่งออกทั้งหมด)	4,030.758	t/km^2/year
Sum of all respiratory flows (ปริมาณการหายใจทั้งหมด)	4,140.063	t/km^2/year
Sum of all flows into detritus (ปริมาณการไหลของซากพืชซากสัตว์)	4,630.542	t/km^2/year
Total system throughput (TST) (ปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ)	19,275.290	t/km^2/year
Sum of all production (ปริมาณผลผลิตทั้งหมด)	9,441.506	t/km^2/year
Total catch (ปริมาณการจับทั้งหมด)	20.898	t/km^2/year
Mean trophic level of catch (TL_C) (ค่าเฉลี่ยของลำดับขั้นการจับ)	2.532	
Gross efficiency (GE, catch/ net p.p.) (ประสิทธิภาพมวลรวมของการประมงขั้นปฐมภูมิ)	0.00247	
Calculated total net primary production (PP) (ปริมาณสุทธิของการผลิตขั้นปฐมภูมิ)	8438.502	t/km^2/year
Total primary production/ total respiratory (TPP/TR) (ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด/การหายใจทั้งหมด)	2.037	
Net system production (ปริมาณสุทธิของผลผลิต)	4,296.438	t/km^2/year
Total primary production/ total biomass (TPP/TB) (ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด/มวลชีวภาพทั้งหมด)	38.341	
Total biomass/total throughput (TB/TT) (มวลชีวภาพทั้งหมด/ปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ)	0.0114	/year
Total biomass (excluding detritus) (ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด)	220.038	t/km^2
Shannon diversity index (ดัชนีความหลากหลายชนิด)	1.206	

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 การศึกษาโครงสร้าง และหน้าที่เชิงนิเวศ

มวลชีวภาพของกลุ่มสัตว์น้ำที่พบมากที่สุดในลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน คือ กลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็กและปลาที่กินสาหร่ายเป็นอาหาร (primary consumer) ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการถ่ายทอดพลังงานภายในสายใยอาหารจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคลำดับถัดไป เพื่อหมุนเวียนพลังงานชีวมวลในระบบนิเวศ ซึ่ง Odum (1969) กล่าวไว้ว่า ระบบนิเวศเป็นหน่วยการทำงานพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทั้งเชิงโครงสร้างและหน้าที่ การศึกษาของ Rice (1995) กล่าวว่า สัตว์น้ำในโครงสร้างนี้มีความสำคัญของหน้าที่เชิงนิเวศอย่างมาก เนื่องจาก เป็นทั้งผู้บริโภคผู้ผลิต ผู้ล่าของสัตว์น้ำขนาดเล็กและเป็นทั้งเหยื่อของผู้ล่าขั้นสูงดังนั้นการเปลี่ยนแปลงชีวมวลในโครงสร้างผู้บริโภคลำดับที่สอง จะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอื่น ๆ อย่างเป็นลูกโซ่ เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของมวลชีวภาพในแต่ละลำดับขั้นอาหารพบว่ามวลชีวภาพของผู้บริโภคขั้นสูง มีสัดส่วนน้อยกว่าโครงสร้างอื่น ชนิดสัตว์น้ำที่มีลำดับขั้นอาหารค่อนข้างต่ำจะมีความหลากหลายทางโครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศ เนื่องจากโครงสร้างของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันจัดอยู่ในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลเขตร้อน จึงมีความหลากหลายทางชนิดสัตว์น้ำสูง (multi-species) แสดงถึงความสามารถในการทดแทนการเป็นเหยื่อของกลุ่มสัตว์น้ำภายในระบบนิเวศ การแพร่กระจายของมวลชีวภาพอยู่ในรูปแบบพีระมิด

Pauly *et al.* (1998) ได้กล่าวไว้ในระบบนิเวศทางทะเลที่ปรากฏความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำซึ่งมีบทบาททางระบบนิเวศซ้ำซ้อนภายในลำดับขั้นการกินเดียวกัน เพื่อเป็นการทดแทนการเป็นเหยื่อของกลุ่มสัตว์น้ำนั้น ๆ แสดงให้เห็นถึงกลไกการรักษาสมดุลทางระบบนิเวศโดยธรรมชาติ (Roberts, 1995)

5.2 การประเมินลำดับขั้นอาหาร

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า โครงสร้างลำดับขั้นอาหารตั้งแต่ 1-3.87 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับค่าลำดับขั้นอาหาร จากงานวิจัยของ Ullah *et al.* (2012) ทำการศึกษาสายใยอาหารของระบบนิเวศทะเลอ่าวเบงกอล ประเทศบังคลาเทศ มีลำดับขั้นอาหารตั้งแต่ 1 – 3.85 งานวิจัยของ wang *et al.* (2012)

ซึ่งทำการประเมินสายใยอาหารบริเวณปากแม่น้ำเพิร์ล ประเทศจีน พบว่าโครงสร้างสายใยอาหารของระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ลมีลำดับขั้นอาหารตั้งแต่ 1-4.00โดยมีผู้ผลิตขั้นต้นและเศษซาก อยู่ในลำดับขั้นอาหารที่ 1 สัตว์หน้าดินขนาดเล็กและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในลำดับขั้นอาหารที่ 2 ปลาหน้าดินและปลาผิวน้ำอยู่ในลำดับขั้นอาหารที่ 3 เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ แต่มีชนิดสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารที่ 4 ได้แก่ฉลามและโลมาหลังโหนก (*Sousa chinensis*) ซึ่งเป็นผู้บริโภคขั้นสูงสุด แตกต่างกับการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากผู้ล่าขั้นสูงสุดของการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน คือ ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) เนื่องด้วย ฉลามและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล จัดอยู่ในชนิดสัตว์ต้องห้ามในการทำประมง

ค่าประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศ (ecotrophic efficiency; EE) เป็นอัตราส่วนระหว่างการใช้ทรัพยากรในระบบ เป็นค่าซึ่งแสดงความสามารถในการใช้ประโยชน์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ว่าสามารถใช้ประโยชน์ หรือถูกกินโดยกลุ่มอื่นได้มากน้อยเพียงใด มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินผลลำดับขั้นอาหารของแบบจำลองอีโคพาธ ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่า EE ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันที่มีค่า EE มากกว่า 0.6 เกือบทั้งหมด ยกเว้น ปลาโรนัน (0.333) และฉลามกบ (0.495) ซึ่งตัวอย่างที่สำรวจพบของปลาโรนันและฉลามกบเป็นลูกปลาวัยอ่อนทั้งหมด และปลาทั้งสองชนิดนี้เป็นปลากระดูกอ่อนที่คนในท้องถิ่นไม่นิยมบริโภคทำให้มีการใช้ประโยชน์จากการทำประมงในอัตราที่ต่ำมาก ในทางกลับกันชนิดสัตว์น้ำอื่น ๆ ตลอดโครงสร้างสายใยอาหาร ล้วนมีค่า EE ที่สูงมาก โดยเฉพาะปลาในลำดับขั้นอาหารต่ำ ๆ เช่น ปลากระตัก (0.990) ปลาหลังเขียว (0.906) และปลาแป้น (0.949) อาจมาจากอัตราการทำประมงที่สูงและชีวมวลบางส่วนถูกใช้ในการถ่ายทอดพลังงานไปสู่ผู้บริโภคในลำดับขั้นอาหารที่สูงกว่า (Pauly. 1984) แต่มีข้อสังเกตในชนิดสัตว์น้ำลำดับขั้นอาหารขั้นสุดท้ายมีค่า EE สูงมาก ได้แก่ ปลากระโทงร่ม (0.757) ปลาอินทรี (0.908) ปลาโอดำ (0.987) และปลาสาก (0.815) ซึ่งตามแนวคิดของ Christensen *et al.* (2005) กล่าวว่า ผู้ล่าขั้นสูงควรมีค่า EE น้อยกว่า 0.6 เนื่องจากชีวมวลไม่ได้ถูกบริโภคภายในระบบ แต่เมื่อนำมาพิจารณาถึงสัดส่วนการตายจากการทำประมง (Fishing mortality; F) สามารถกล่าวได้ว่า สัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารขั้นสูงเป็นเป้าหมายของการทำประมงบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน และในช่วงเวลาที่ศึกษามีปริมาณการทำประมงมากที่เกินอัตราที่รองรับได้ของทรัพยากรสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารขั้นสูง สอดคล้องกับการศึกษาระบบนิเวศที่มีการใช้ประโยชน์จากการทำประมงในบริเวณใกล้เคียง แสดงผลค่า EE ค่อนข้างสูงเช่นกัน เช่นการศึกษาของ Ullah *et al.* (2012) และ Karim *et al.* (2018) ซึ่งทำการศึกษาในเขตการทำประมงรอบอ่าวเบงกอล พบว่าสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่า EE มากกว่า 0.8 และมีค่าเข้าใกล้ 1 โดยเฉพาะสัตว์น้ำ

ในลำดับขั้นการกินต่ำ แสดงให้เห็นว่าระบบนิเวศที่ใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่และการถ่ายทอดพลังงานจากระดับล่างขึ้นบน (bottom up) งานวิจัยของ Bacalso and Wolff (2014) ทำการศึกษาโครงสร้างสายใยอาหารของระบบนิเวศทางทะเล Danajon ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า สัตว์น้ำที่ศึกษามีค่า EE ตั้งแต่ 0.6- 0.96 โดยเฉพาะปลาในแนวปะการังที่มีความสำคัญต่อการทำประมงในบริเวณนั้น ได้แก่ ปลาในครอบครัว Labridae, Mullidae, Nemipteridae, Balistidae, Siganidae, Scaridae, Acanthuridae, Pomacentridae และ Caesionidae ซึ่งแสดงค่า EE มากกว่า 0.9

จากหลักการของแบบจำลองอีโคพาธ Christensen *et al.* (2005) กล่าวไว้ว่า ค่า EE มีค่าระหว่าง 0 -1 ซึ่ง ค่าประสิทธิภาพของระบบนิเวศใด ๆ ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าชนิดของสัตว์น้ำนั้น มีการถูกล่าจากผู้ล่าเพื่อเป็นอาหาร หรือถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมงอย่างมาก การประเมินผลที่มีความน่าเชื่อได้ของแบบจำลอง ไม่ควรมีค่า EE เกิน 1 เพราะระบบนิเวศตามธรรมชาติไม่สามารถมีสัดส่วนการบริโภคเกินกว่าสัดส่วนการผลิตได้

ค่าประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศของแพลงก์ตอนสัตว์ (0.428) และค่าประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศของแพลงก์ตอนพืช (0.666) อยู่ในค่าที่สามารถยอมรับได้ โดยค่าของแพลงก์ตอนพืชจะสูงกว่าแพลงก์ตอนสัตว์เล็กน้อย เป็นไปตามทฤษฎีของ Christensen and Pauly (1992) เนื่องจากเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) เป็นอาหารสำคัญของแพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน และ ครัสเตเชียนซึ่งเป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ และเป็นองค์ประกอบหลักอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของกลุ่มปลาผิวน้ำหลายชนิดอีกด้วย

ค่าประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศของเศษซาก แสดงถึงสัดส่วนการไหลออกของเศษซากต่อการไหลเข้าของเศษซาก (detritus) ในระบบ ซึ่งมีค่า 0.059 แสดงถึงมีปริมาณการไหลเข้าของเศษซากมากกว่าการไหลออกจากระบบนิเวศ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศของเศษซาก จากการศึกษาของ Bacalso and Wolff (2014) ค่าการไหลออกของเศษซากต่อการไหลเข้าของเศษซากในระบบ มีค่า 0.59 ค่าจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าน้อยกว่ามาก อาจเนื่องมาจากโครงสร้างสายใยอาหารของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน มีชีวมวลของปลาผิวน้ำค่อนข้างสูง จึงมีการถ่ายทอดพลังงานจากเศษซากที่ต่ำกว่า สัตว์น้ำที่ศึกษาบริเวณชายฝั่ง Danajon ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและปลาในแนวปะการัง

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency;GE) ของการศึกษาครั้งนี้ มีค่าระหว่าง 0.175 - 0.298 เป็นไปตามแนวคิดของ Christensen *et al.* (2005) ที่กล่าวว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency;GE) หรือ

การผลิตต่อการบริโภค (production/consumption; P/Q) มักมีค่าอยู่ในช่วงของ 0.1 - 0.3 โดย GE เป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนของชีวมวล และปริมาณผลผลิตของระบบนิเวศที่ถูกบริโภคโดยผู้ล่า หรือถูกส่งออก แต่ค่า GE อาจมีค่าต่ำกว่า 0.1 ในฉลาม หรือ วาฬ เนื่องจาก จะต้องมีการบริโภคผลผลิตในระบบปริมาณมากเพื่อการดำรงชีวิต แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า GE ของสัตว์น้ำในผู้บริโภคขั้นสูงมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็กและสัตว์น้ำอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ทรัพยากรสัตว์น้ำในลำดับการกินขั้นสูงที่ถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมง ยังมีอัตราการบริโภคในระบบค่อนข้างต่ำและยังสามารถเจริญเติบโตได้อีกมากในระบบนิเวศ

การประเมินการซ้อนทับกันในสายใยอาหาร (niche overlap) ของผู้ล่าและเหยื่อในระบบนิเวศ แบ่งออกเป็น การตกเป็นเหยื่อซ้อนทับกันในสายในอาหาร (prey overlap) คือ การมีผู้ล่าร่วมกัน และการเป็นผู้ล่าซ้อนทับกันในสายใยอาหาร (predator overlap) คือการ มีเหยื่อชนิดเดียวกัน โดยค่าการซ้อนทับกันในสายใยอาหาร มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 (Hurlbert, 1978)

ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า กลุ่มสัตว์น้ำที่มีค่าการซ้อนทับกันในสายใยอาหารสูงที่สุด คือ สัตว์น้ำในกลุ่มปลาผิวขนาดขนาดเล็ก ได้แก่ คู่ของ ปลาในกลุ่มปลาข้างเหลือง (*Selaroides sp*) กับ ปลากะตัก (*Stolephorus* sp) มีดัชนีการซ้อนทับ (niche overlap index) เป็น 1.00 ซึ่งเป็นดัชนีซ้อนทับที่สูงสุด แสดงถึงสัตว์น้ำทั้งสองชนิดเป็นอาหารของผู้ล่าชนิดเดียวกัน และดำรงชีวิตอยู่ด้วยการบริโภคอาหารชนิดเดียวกัน (Meyer and Smale. 1991) และปลาหลังเขียว (*Sardinella sp.*) กับ ปลาแป้น (*Leiognathus equulus*) มีค่า 0.98 สังเกตได้จากการถูกบริโภคและเป็นผู้ล่าในชนิดสัตว์น้ำที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งในเชิงของระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชนิดสูง (multi-species) สัตว์น้ำที่มีดัชนีการซ้อนทับสูง สามารถทดแทนกันได้ในสายใยอาหาร ทำให้ส่วนใหญ่มักจะเป็นกลุ่มสัตว์น้ำที่มีขนาดกลาง และขนาดเล็ก ซึ่งมีบทบาทหน้าที่สำคัญในการรับสารอาหารและพลังงานจากผู้ผลิตขั้นต้นเพื่อถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภคในลำดับขั้นถัดไปอาหาร

ผลการประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงในชีวมวลของกลุ่มสิ่งมีชีวิตต่อชีวมวลของกลุ่มอื่น ๆ (mixed trophic impacts) ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน พบว่าแพลงก์ตอนพืชแสดงผลเชิงบวกอย่างมากต่อแพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์ที่บริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหารโดยตรง รวมถึงสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน ซึ่งแสดงผลกระทบเชิงบวกต่อผู้บริโภคลำดับขั้นสูงเกือบทุกชนิด จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบนิเวศทะเลอันดามันมีโครงสร้างสายใยอาหาร มีรูปแบบการควบคุมโครงสร้างสายใยอาหาร แบบควบคุมจาก ล่างขึ้นบน (‘bottom-up’ control) ตามหลักการของ Christensen and Walters (2004) ซึ่งกล่าวไว้ว่า วิธีการควบคุมลำดับขั้นอาหารของระบบนิเวศมี 2 รูปแบบ ประกอบด้วย การควบคุมสายใยอาหารจากบนสู่ล่าง (‘top-down’ control)

ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีการควบคุมสายใยอาหารจากสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นอาหารขั้นสูงสุด โดยชีวมวลของผู้ล่าจะเป็นตัวกำหนดปริมาณสิ่งมีชีวิตอื่นให้มีความเหมาะสมและมีความสมดุลในสายใยอาหาร และการควบคุมสายใยอาหารจาก ล่างขึ้นบน (‘bottom-up’ control) โดยเป็นโครงสร้างที่ความสมดุลของสายใยอาหารถูกกำหนดด้วยปริมาณชีวมวลของผู้ผลิตขั้นต้นในลำดับขั้นอาหารขั้นที่ 1 (trophic level 1) และถ้ามวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลทางบวกกับแพลงก์ตอนสัตว์ และกลุ่มปลาที่บริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหารและส่งผลทางอ้อมถึงสัตว์น้ำอื่น ๆ ในสายใยอาหารทั้งหมด

5.3 การศึกษาสมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพการไหลของมวลชีวภาพ

Christensen and Walters (2004) กล่าวว่าระบบนิเวศที่อยู่ในสภาวะสมดุล พลังงานที่ผลิตเข้าสู่ระบบนิเวศทั้งหมด (total system throughput)จะเท่ากับพลังงานที่ส่งออกจากระบบนิเวศ ซึ่งประกอบด้วย การบริโภคโดยรวม (total consumption) การส่งออกโดยรวม (total exports) การหายใจโดยรวม (total respiratory flows)และการใช้พลังงานของเศษซาก (total flows into detritus) ซึ่งสนับสนุนทฤษฎีของ Odum (1971) ที่ได้ทำการศึกษา ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจทั้งหมด (PP / R) และพบว่าค่า PP / R สามารถสะท้อนถึงสถานะการพัฒนาของระบบนิเวศทางทะเลได้ โดย ระบบนิเวศที่กำลังมีการพัฒนา (developing ecosystem) อัตราส่วน PP / R จะแสดงค่ามากกว่า 1 เนื่องจากมีอัตราการผลิตอินทรียวัตถุสูงกว่าพลังงานที่ใช้ในระบบ ในขณะที่ระบบนิเวศที่ถูกใช้ประโยชน์อย่างสมดุล อัตราส่วน PP / R ควรเข้าใกล้ 1 เนื่องจากมีอัตราการผลผลิตขั้นต้นเกือบเทียบเท่าพลังงานที่ใช้ไปในระบบ บ่งบอกถึงระบบนิเวศที่เข้าสู่ระยะพัฒนา (mature system) และหากระบบนิเวศใด ๆ สูญเสียสมดุลอย่างรุนแรง ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจทั้งหมดจะแสดงค่า ต่ำกว่า 1

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันมีค่าปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจทั้งหมด (PP / R) 2.037 ใกล้เคียงกับค่าจากการศึกษา ระบบนิเวศของปากแม่น้ำเพิร์ล (Duan *et al*., 2009) ประเทศจีน (2.867) และชายฝั่งซาบา ประเทศมาเลเซีย (2.07) (Garces *et al*., 2003) ซึ่งเป็นเกณฑ์ชี้ให้เห็นว่าระบบนิเวศกำลังพัฒนาในระดับแรกเริ่ม ค่าอัตราการผลิตอินทรียวัตถุสูงกว่าพลังงานที่ใช้ในระบบ เมื่อพิจารณาบริบทของพื้นที่ซึ่งมีความสำคัญในการทำประมง จึงสะท้อนให้เห็นว่าระบบนิเวศถูกใช้ประโยชน์มากเกินความสามารถในการรองรับได้ และระบบนิเวศได้รับผลกระทบมากเกินไป จนอาจส่งผลกระทบต่อความสมดุลภายในโครงสร้างของระบบนิเวศ แตกต่างกับการศึกษาบริเวณอ่าวเบงกอล (Bengal Bay) (Ullah *et al*., 2012) ที่พบค่า

ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจรวม มีค่า 1.351 ซึ่งแสดงถึงระบบนิเวศบริเวณนี้เข้าสู่ระยะเชิงพัฒนาแล้ว

ค่าพลังงานทั้งหมดที่ไหลเวียนในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน มีค่า 19,275.29 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ ระบบนิเวศปากแม่น้ำเพิร์ล ประเทศจีน (15,243 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี) (Duan *et al*., 2009) ซึ่งค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบนิเวศ อ่าวเบงกอล (Ullah *et al*., 2012) ประเทศบังคลาเทศ ซึ่งมีค่าพลังงานทั้งหมดที่ไหลเวียนในระบบนิเวศ 2,628 ตัน และชายฝั่งซาบาของประเทศมาเลเซีย 3,152 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี (Garces *et al*., 2003) อาจเนื่องมาจากบริเวณชายฝั่งอันดามันและปากแม่น้ำเพิร์ลมีปริมาณการทำประมงมากกว่าในพื้นที่ที่น้อยกว่า คือ อ่าวเบงกอลและชายฝั่งซาบา

ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อการหายใจรวม จากค่าปริมาณสุทธิของผลผลิต (Net system production) ของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน พบว่ามีค่าที่สูงมาก (8438.502 (t/km^2/year)) ซึ่งปริมาณผลผลิตสุทธิของระบบนิเวศทางทะเลมักจะมีค่าสูงในบริเวณที่มีลักษณะเป็นปากแม่น้ำ เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณของธาตุอาหารที่ไหลเข้าสู่ระบบนิเวศจากการไหลมาตามแม่น้ำ ซึ่งลักษณะของชายฝั่งของทะเลอันดามันเป็นที่ราบลาดชัน มีแม่น้ำสายสั้นๆไหลลงสู่ทะเล พื้นท้องทะเลส่วนใหญ่เป็นโคลนปนทราย บริเวณนี้ยังได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้โดยตรงซึ่งช่วยพัดพาสารอาหารจากแผ่นดินลงมาโดยตรงและในบริเวณที่ทำการศึกษาได้รับอิทธิพลจากปากแม่น้ำกระบี่และอ่าวพังงา ซึ่งยังคงมีทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์ส่งผลให้มีผลผลิตค่อนข้างสูง

ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมดต่อมวลชีวภาพทั้งหมด (TPP/TB) จากผลการศึกษาครั้งนี้ มีค่าสูง (38.341) เมื่อเปรียบเทียบกับอ่าวเบงกอล (Ullah *et al*., 2012) ปากแม่น้ำเพิร์ล ((Duan *et al*., 2009) และ ชายฝั่งซาบา (Garces *et al*., 2003) (14.694, 18.143 และ 19.62 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่ามวลชีวภาพทั้งหมดต่อปริมาณการไหลของมวลชีวภาพทั้งระบบ (TB/TT) มีค่าใกล้เคียงกันในการศึกษาครั้งนี้ คือ 0.011 ส่วนอ่าวเบงกอล ปากแม่น้ำเพิร์ล และ ชายฝั่งซาบา (0.026, 0.017 และ 0.02 ตามลำดับ) เห็นได้ว่าระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันจัดอยู่ในระบบนิเวศระยะที่กำลังพัฒนา (developing ecosystem) ที่มีการลงแรงทำประมงอย่างหนาแน่นในพื้นที่ที่จำกัดทำให้โครงสร้างของระบบนิเวศถูกรบกวนมากกว่าระบบนิเวศอื่นในบริเวณใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบนิเวศ

Parameter	**Andaman Sea** (This study)	**Bengal Bay** (Ullah *et al*., 2012)	**Pearl River** (Duan *et al*., 2009)	**West coast of Sabah** (Garces *et al*., 2003)
Sum of all consumption (t/km^2/year)	6,473.927	1,219.445	4,969.926	972.4
Sum of all exports (t/km^2/year)	4,030.758	264.235	3,139.809	605.5
Sum of all respiratory flows (t/km^2/year)	4,140.063	753.128	1,681.569	567.7
Sum of all flows into detritus (t/km^2/year)	4,630.542	390.913	5,452.147	1,006.4
Total system throughput (t/km^2/year)	19,275.290	2,628	15,243	3,152.0
Total net primary production (t/km^2/year)	6,000.00	1,017.363	4,821.405	1,383.0
Total primary production/ total respiratory	2.037	1.351	2.867	2.07
Net system production (t/km^2/year)	8438.502	264.235	3,139.837	1,173.2
Total primary production/ total biomass	38.341	14.693	18.143	19.62
Total biomass/total throughput (/year)	0.011	0.026	0.017	0.02
Total biomass (excluding detritus) (t/km^2/)	220.038	69.241	265.875	59.8
Geographical	Coastal ecosystem	Coastal ecosystem	Delta and estuary ecosystem	Coastal ecosystem
Country	Thailand	Bangladesh	China	Malaysia

5.4 การศึกษาแนวทางการจัดการประมงที่เหมาะสมต่อระบบนิเวศทะเลอันดามัน

ผลการประเมินโครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศ ของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน พบว่า สัตว์น้ำเป้าหมายทางการประมงส่วนใหญ่ของการทำประมงฝั่งทะเลอันดามันมีค่าลำดับขั้นอาหารมากกว่า 3 แต่จากการประมวลผลด้วยแบบจำลอง แสดงค่าลำดับอาหารเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมง มีค่าเท่ากับ 2.532 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงของโครงสร้างผู้บริโภคลำดับแรก (primary consumers) ซึ่งมีลำดับขั้นอาหารตั้งแต่ 2.00 – 2.775 ได้แก่ แพลงก์ตอนสัตว์ ปลากล้วย ปลาสีกุน ปลาแป้น ปลาทู ครัสเตเชียน ปลาหลังเขียว ปลากะตัก และปลาสลิดทะเล เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าประสิทธิภาพลำดับขั้นอาหาร (EE) ค่อนข้างสูง (>0.6) มีค่าอยู่ในช่วง 0.685-0.990 และมีค่าสูงกว่า 0.85 ในปลาผิวน้ำขนาดเล็ก แสดงให้เห็นว่าการทำประมงส่วนใหญ่ของฝั่งทะเลอันดามันค่อนข้างขาดประสิทธิภาพ มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรกลุ่มนี้ค่อนข้างมากทั้งจากการทำประมงและการเป็นเหยื่อภายในระบบนิเวศ สัตว์น้ำในโครงสร้างนี้จึงมีความสำคัญในการถ่ายทอดพลังงานภายในสายใยอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลให้โครงสร้างสายใยอาหารของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันถูกควบคุมด้วยโครงสร้างลำดับขั้นอาหารที่ 1 แบบล่างสู่บน (bottom up) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการศึกษาโครงสร้างระบบนิเวศเพื่อการจัดการประมงของชายฝั่งเม็กซิโก (Geers *et al.*, 2016) ซึ่งมีการแนะนำนโยบายการกำหนดปริมาณผลจับ (quotas on the total allowable catch) ของสัตว์น้ำในลำดับขั้นอาหารต่ำ ให้ได้ศักย์ผลผลิตสูงสุด (maximum sustainable yield; MSY) เนื่องจากสัตว์น้ำกลุ่มนี้เป็นเหยื่อที่สำคัญของผู้ล่าในระบบนิเวศ หากไม่มีการจับหรือใช้ประโยชน์ทางการประมงก็จะถูกผู้ล่าบริโภคหรือตายไปเองตามธรรมชาติ ดังนั้นหากจับสัตว์น้ำต่ำกว่าค่า MSY ก็ถือเป็นการสูญเสียมวลชีวภาพสัตว์น้ำไปอย่างเปล่าประโยชน์ แต่ต้องป้องกันเพื่อไม่ให้สัตว์น้ำในลำดับขั้นนี้สูญเสียมวลชีวภาพจากการทำประมงมากเกินไป จะส่งผลให้ทรัพยากรสัตว์น้ำไม่สามารถเติบโตทดแทนได้ทัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการขาดแคลนทรัพยากรสัตว์น้ำได้ ซึ่งอาจมีข้อยกเว้นในการทำประมงขนาดเล็กเนื่องจากส่วนใหญ่เป็นการทำประมงเพื่อการยังชีพมีผลจับค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการทำประมงพาณิชย์ อย่างไรก็ดีด้วยความเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชนิดสูง (multi- species) ยากต่อการกำหนดผลจับให้ครอบคลุมสัตว์น้ำทุกชนิด จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงชนิดสัตว์น้ำและโควต้าการจับที่เหมาะสม ควรส่งเสริมแนวทางเพิ่มมูลค่าให้สินค้าประมงจากสัตว์น้ำขนาดเล็กเพื่อเป็นการลดปริมาณการจับสัตว์น้ำในลำดับขั้นการกินต่ำโดยไม่กระทบต่อรายได้ของชาวประมง

นอกจากนั้นชีวมวลของสัตว์น้ำขนาดเล็กที่จับได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันยังรวมถึงลูกปลาเศรษฐกิจวัยอ่อนจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเชิงนิเวศอย่างมาก จากค่า

สถานะของระบบนิเวศ พบว่าระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันอยู่ในระยะของระบบนิเวศกำลังพัฒนา ซึ่งเกิดจากการถูกรบกวนอย่างหนักจากการลงแรงทำประมง แนวทางการจัดการประมงได้แก่มาตรการการกำหนดขนาดเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์แรกจับของสัตว์น้ำ (fish size restrictions) เพื่อให้สัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจได้มีโอกาสเติบโตและสืบพันธุ์ ไม่สูญเสียมูลค่าทางระบบนิเวศ ซึ่งสถิติการทำประมง (DoF, 2019) ระบุว่า จำนวนเรือประมงฝั่งทะเลอันดามัน จำแนกเป็นเรือประมงพื้นบ้าน ร้อยละ 78 และเรือประมงพาณิชย์ ร้อยละ 22 แต่ปริมาณสัตว์น้ำมากกว่า ร้อยละ 80 ถูกจับได้จากการทำประมงพาณิชย์ โดยเครื่องมือประมงชนิดหลัก คือ อวนลากหน้าดิน อวนล้อมจับ และอวนครอบ ซึ่งเป็นเครื่องมือประมงประเภทที่ไม่คัดเลือกสัตว์น้ำเป้าหมาย (non selective gear) และมีศักยภาพการจับสัตว์น้ำสูงมาก มาตรการการจัดการประมงที่สอดคล้องกัน คือ การควบคุมเครื่องมือประมง (Gear restrictions สนับสนุนเครื่องมือประมงที่ไม่ทำลายล้างระบบนิเวศและยกเลิกเครื่องมือประมงประเภทไม่คัดเลือกชนิดสัตว์น้ำบางชนิดเครื่องมือ นอกจากนั้นนโยบายการจัดการประมงที่ดำเนินการอยู่ เช่น การกำหนดฤดูกาลการจับสัตว์น้ำ (Season limits) โดยห้ามจับสัตว์น้ำในฤดูที่มีการสืบพันธุ์ วางไข่ และการจำกัดพื้นที่ในการทำประมง (Closed areas)

ตามแนวคิดของ Gulland and Robinson (1973) แนวทางการจัดการทรัพยากรประมงเชิงนิเวศ (ecosystem based fisheries management) มุ่งเน้นการจัดการระบบนิเวศจำเป็นต้องมีการจัดการผู้ใช้ทรัพยากรร่วมด้วย โดยผู้ออกนโยบายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการทรัพยากรประมงได้ด้วยการจัดการประมงอย่างมีส่วนร่วม ส่งเสริมให้ผู้ใช้ทรัพยากรคำนึงถึงการรักษาซึ่งผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมของตนเองจากการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในระยะยาว สร้างความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียด้านการประมงและการใช้ทรัพยากร สนับสนุนการจัดตั้งกลุ่มชาวประมงเพื่อรับฟังความคิดเห็น และเป็นพื้นที่ให้ชาวประมงได้มีส่วนร่วมในการวางแผนงานการจัดการทรัพยากรประมง ในอีกทางหนึ่งหน่วยงานของรัฐก็จะได้รับความสะดวกต่อการจัดข้อมูลชาวประมง สะดวกต่อการให้ความรู้ และสามารถสร้างต้นแบบที่ดีในการทำประมงได้อย่างถูกต้อง โดยรัฐจะต้องมีการบังคับใช้กฎหมายที่เคร่งครัดและมีบทลงโทษที่จริงจังต่อผู้ที่ฝ่าฝืน

5.5 ข้อจำกัดของการประมวลผลด้วยแบบจำลองอีโคพาธ

มีข้อสังเกตบางประการในการใช้แบบจำลองอีโคพาธเพื่อการประเมินโครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของชายฝั่งทะเลอันดามัน ได้แก่

1.) ความเสถียรของมวลชีวภาพสัตว์น้ำภายในระบบนิเวศอาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดในช่วงเวลาที่ศึกษา เนื่องจากมีการอพยพเข้าและออกของสัตว์น้ากับระบบนิเวศทางทะเลใกล้เคียง ซึ่งเป็นเรื่องยากในการประมาณค่า Production/biomass (P /B) และ ผลผลิตต่อมวลชีวภาพ Consumption/biomass (Q /B) อย่างแม่นยำ

2.) ในการประเมินองค์ประกอบชนิดอาหารภายในกระเพาะอาหารของปลาชนิดเดียวกัน มีองค์ประกอบชนิดอาหารที่แตกต่างกันในปลาวัยอ่อนและปลาที่โตเต็มวัย ซึ่งควรมีลำดับขั้นการกินที่แตกต่างกัน แต่ผลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองไม่สามารถจำแนกลำดับขั้นอาหารที่แตกต่างกันของปลาชนิดเดียวกันได้

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

โครงสร้างและหน้าที่เชิงนิเวศของสัตว์น้ำจากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ด้วยแบบจำลองอีโคพาธ ผู้ล่าสูงสุด คือ ปลากระโทงร่ม จัดเป็นพวกปลากินปลา (piscivore) ซึ่งบริโภคลูกปลาผู้ล่าวัยอ่อนชนิดอื่น ๆ เป็นอาหาร ผู้บริโภคขั้นสูง คือ ปลากะมง ปลากะรังจัดเป็นพวกปลากินเนื้อ (carnivore) ปลาผิวน้ำขนาดเล็กจัดเป็นพวกปลากินแพลงก์ตอน (planktivore) ปลาแทะเล็มในแนวปะการัง จัดเป็นพวกปลากินพืช (herbivore) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง กลุ่มครัสเตเชียนและหมึก ลำดับการกินต่ำสุด คือแพลงก์ตอนพืชและเศษซาก (detritus) ซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นต้นของสายใยอาหารของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน มวลชีวภาพจากการทำประมงและความหลากหลายของชนิดสัตว์น้ำในโครงสร้างเดียวกันและมีบทบาททางระบบนิเวศซ้ำซ้อนของ ปลาผิวน้ำขนาดเล็กจัดเป็นพวกปลากินแพลงก์ตอน (planktivore) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างอื่น ๆ แสดงถึงการทดแทนการเป็นเหยื่อของกลุ่มสัตว์น้ำนั้น ๆ ซึ่งเป็นโครงสร้างของระบบนิเวศทางทะเลที่มีความหลากหลายขององค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำ (multi-species) โดยเฉพาะในโครงสร้างของผู้บริโภคลำดับแรกในกลุ่มปลากินแพลงก์ตอนซึ่งมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคลำดับขั้นถัดไป

ลำดับขั้นอาหารภายในสายใยอาหารของระบบนิเวศจากการทำประมง ประกอบด้วย ลำดับขั้นการกิน 3 ลำดับ (TL;1-3.872) โดยมีปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) เป็นผู้ล่าในลำดับขั้นอาหารสูงสุด (TL 3.872) ผลการศึกษาลำดับชั้นอาหาร 1.000 เป็นของผู้ผลิตขั้นต้น และเศษซากสัตว์น้ำขนาดเล็กหลายกลุ่มอยู่ในลำดับชั้นอาหารเดียวกัน (TL 2.000+) ทั้งกลุ่มปลาผิวน้ำ และกลุ่มปลาหน้าดิน (*S. argus, M. cordyla, A. chucunda, R. brachysoma* และ Mugilidae.) ที่มีการบริโภคผู้ผลิตขั้นต้นและแพลงก์ตอนเป็นอาหาร โดยในลำดับขั้นอาหารนี้พบว่าสัตว์น้ำหลายชนิดสามารถทดแทนบทบาททั้งเหยื่อและผู้ล่าในระบบนิเวศภายในลำดับขั้นเดียวกันได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทความสำคัญในการถ่ายทอดพลังงานและรักษาสมดุลของสายใยอาหาร สัตว์น้ำในลำดับขั้นผู้บริโภคขั้นสูง (TL 3.000+) ส่วนใหญ่เป็นปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ซึ่งเป็นชนิดสัตว์น้ำซึ่งเป็นสัตว์น้ำเป้าหมายในการทำประมง รวมถึงลูกฉลามวัยอ่อน

ค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับขั้นอาหารเชิงนิเวศ (EE) ของการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามันมีค่าอยู่ระหว่าง 0.059 ถึง 0.990โดยค่า EE ของสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้ 1 โดยเฉพาะในกลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็ก มีค่า EE ค่อนข้างสูง เช่น ปลากะตัก (*Stolephorus* sp) (0.99), ปลาหลังเขียว

(*Sardinella* sp.) (0.906), ปลาแป้น (*Leiognathus equulus*) (0.949) กลุ่มปลาข้างเหลือง (*Selaroides* sp.) (0.961) ปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) (0.965) แสดงถึงสัดส่วนของผลผลิตในแต่ละกลุ่มสัตว์น้ำที่ถูกบริโภคโดยผู้ล่าและถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมง หรืออาจแสดงถึงสถานการณ์ทำประมงซึ่งใช้ประโยชน์จากสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ อย่างมากเกินไป เช่น ในปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ซึ่งเป็นผู้ล่าขั้นสูง เช่น ปลาโอดำ (*Thunnus tonggol*) (0.987) ปลาสากดำ (*Sphyraena flavicauda*) (0.942) ปลาดาบลาว (*Trichiurus lepturus*) (0.986) ปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*) (0.952) อาจเกิดการทำประมงอย่างเกินกำลังการผลิตของสัตว์น้ำได้

การซ้อนทับกันทางบทบาทการบริโภค (niche overlap) ในระบบนิเวศจากการศึกษา กลุ่มสัตว์น้ำที่มีค่าการซ้อนทับกันในสายใยอาหารสูงที่สุด คือสัตว์น้ำในกลุ่มปลาผิวน้ำขนาดเล็ก โดยปลาในกลุ่มปลาข้างเหลือง (*Selaroides* sp.) กับ ปลากะตัก.:(*Stolephorus* sp). มีดัชนีการซ้อนทับ (niche overlap index) มีค่าเป็น 1.00 ซึ่งเป็นดัชนีซ้อนทับที่สูงสุด ซึ่งแสดงถึงสัตว์น้ำทั้งสองชนิดเป็นอาหารของผู้ล่าชนิดเดียวกัน และดำรงชีวิตอยู่ด้วยการบริโภคอาหารชนิดเดียวกัน และปลาหลังเขียว (*Sardinella sp.*) กับ ปลาแป้น (*Leiognathus equulus*) มีค่า 0.98 ชี้ให้เห็นถึงการถูกบริโภคเป็นอาหารและเป็นผู้ล่าในชนิดสัตว์น้ำที่ใกล้เคียงกัน

ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts) จากการศึกษา พบว่าสัตว์น้ำที่เป็นเหยื่อจะส่งผลเชิงบวกต่อผู้ล่าสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ หรือชนิดที่มีความใกล้เคียงกันจะส่งผลกระทบต่อกันเนื่องจากการแย่งชิงอาหารในธรรมชาติ แพลงก์ตอนพืชแสดงผลเชิงบวกอย่างมากต่อแพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์ที่บริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหารโดยตรง รวมถึงสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน ซึ่งแสดงผลกระทบเชิงบวกต่อผู้บริโภคลำดับขั้นสูงเกือบทุกชนิด จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันมีโครงสร้างสายใยอาหาร โดยควบคุมจาก ล่างขึ้นบน (‘bottom-up’ control)

ผลการจำลองระบบนิเวศด้วยแบบจำลองอีโคพาธสามารถนำมาวิเคราะห์ค่าสถิติเพื่อประเมินสถานะของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน ค่าพลังงานทั้งหมดที่ไหลเวียนในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามัน มีค่า 19,275.29 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนพลังงาน (catch / net primary production) มีค่า 0.00247 และผลจับรวม มีค่า 14.597 ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี อัตราส่วน PP / R ของชายฝั่งทะเลอันดามันในการศึกษานี้คือ 2.037 แสดงถึงระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันดามันอยู่ในระยะระบบนิเวศที่กำลังพัฒนา เนื่องมาจากมีการลงแรงทำประมงที่เข้มข้นด้วยเครื่องมือทำประมงที่มีอัตราการจับสัตว์น้ำสูงในพื้นที่ที่จำกัด ซึ่งเป็นการรบกวนระบบนิเวศทำให้ระบบนิเวศไม่มีความสมดุลเพียงพอ

ปัจจัยด้านปริมาณการทำประมงและการใช้ทรัพยากรสัตว์น้ำมากเกินกำลังการผลิตเป็นปัญหาที่กระทบต่อโครงสร้างของระบบนิเวศทะเลอันดามันอย่างชัดเจนด้วยการทำประมงชายฝั่งอันดามันประกอบด้วยการทำประมงพาณิชย์ด้วยเรือขนาดใหญ่ เครื่องมือประมงที่มีอัตราการจับสัตว์น้ำสูง ควบคู่ไปกับการทำประมงเพื่อยังชีพตามวิถีชีวิตชาวประมงพื้นบ้าน และในปัจจุบันระบบนิเวศยังมีการรบกวนจากกิจกรรมการท่องเที่ยวอีกด้วย ดังนั้นการสร้างความรู้ ความเข้าใจถึงคุณลักษณะพื้นฐาน โครงสร้างปฏิสัมพันธ์ภายในระบบนิเวศและผลกระทบที่เกิดจากการทำประมงเพื่อลดความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงกระบวนการของระบบนิเวศและสมดุลโครงสร้างของสัตว์น้ำโดยคำนึงการรักษาซึ่งผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมของชาวประมงในระยะยาว จะเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อบริบทการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยรัฐและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะต้องมีความเคร่งครัด และจริงจังในการลดจำนวนหรือยกเลิกเครื่องมือประมงที่มีสัดส่วนการจับสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่ยังมีขนาดเล็กในปริมาณมากเกินไป การจำกัดขนาดตาอวน และการห้ามทำประมงในบางฤดูกาลและบางพื้นที่ จะต้องมีบทลงโทษที่จริงจังต่อผู้ที่ฝ่าฝืน มีการส่งเสริมแนวทางเพิ่มมูลค่าให้สินค้าประมงจากสัตว์น้ำขนาดเล็กเพื่อเป็นการลดปริมาณการจับสัตว์น้ำในลำดับขั้นการกินต่ำโดยไม่กระทบต่อรายได้ของชาวประมง และเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการประมงในพื้นที่ด้วยการจัดการประมงอย่างมีส่วนร่วม โดยการสร้างความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน

บรรณานุกรม

ชวนพิศ ใจแก้ว และ อนัญญา เจริญพรนิพัทธ. 2560. การวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของปลาผิวน้ำในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี.**วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 35 (2) : 116 -128

สิชล หอยมุข เพราลัย นุชหมอน อุดมสิน อักษรผอบ และสัมพันธ์ ปานจรัตน์. 2549. "ทรัพยากรและการประมงอวนลากพาณิชย์ทางฝั่งทะเลอันดามัน". **เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2558**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน (ภูเก็ต), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 62 หน้า.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล. 2557. **คู่มือจำแนกชนิดสัตว์น้ำ ภาคสนาม เล่ม 3**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, เขตจตุจักร, จังหวัดกรุงเทพฯ 10900. 36 หน้า

Allen, K. R. 1971. "Relation between production and biomass." **Journal of Fisheries Research Board of Canada.** 28:1573-1581.

Bacalso, R. T. M. and Wolff, M. 2014. "Trophic flow structure of the Danajon ecosystem (Central Philippines) and impacts of illegal and destructive fishing practices." **Journal of Marine Systems.** 139: 108-118.

Chen, Z., Qiu, Y., Jia, X. and Xu, S. 2008 . "Simulating fisheries management options for the Beibu Gulf by means of an ecological modeling optimization routine." **Fishery Research**. 89: 257–265.

Chen, Z., Xu, S., Qiu, Y., lin, Z. and Jia, X. 2009. "Modeling the effects of fishery management and marine protected areas on the Beibu Gulf using spatial ecosystem simulation". **Fishery Research**. 100: 222-229.

Chen, Z., Xu, S. and He, P. 2011. "An ecological model of the artificial ecosystem (northern Hangzhou Bay, China): analysis of ecosystem structure and fishing impacts." **Marine Resources**. 65: 217-231.

Christensen, V. 1998. "Fishery-induced changes in a marine ecosystem: insight from models of the Gulf of Thailand." **Journal of Fish Biology**. 53: 128-142.

Christensen, V., Walters, C. and Pauly, D. 2005. **Ecopath with Ecosim: a User's Guide**. Fisheries Centre Report, 130 pp. Fisheries Center, University of British Columbia, Vancouver, Canada and available at: http://www.ecopath.org.

Christensen, V., Walters, C., Pauly, D. and Forrest R. 2008. **Ecopath with Ecosim version 6: user's guide**. Vancouver, BC: Fisheries Centre of University of British Columbia. Available at: http://www.ecopath.org.

Christensen, V. , Walters, C., Ahrens, J. , Alder, R. , Buszowski, J, Christensen, L.B. and Karpouzi, V. 2009. "Database-driven models of the world's Large Marine Ecosystems." **Ecological Modelling**, *220*(17), 1984-1996.

Christensen, V. and Walters, C. 2004. "Ecopath with Ecosim: methods, capabilities, and limitation." **Ecol. Model.** 172: 109-139.

Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 1998**. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2. Cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks**. FAO. Rome, Italy. pp. 687-1396

Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 1999. **FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)**. FAO. Rome. Italy. pp. 2069-2790

Carpenter, K. E. and Niem, V. H. (eds.). 2001. **FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 5. Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae).** FAO. Rome. Italy. pp. 2791-3380.

Duan, L.J., Li, S.Y., Liu, Y., Jiang, T. and Failler, P. 2009. "A trophic model of the Pearl River Delta coastal ecosystem." **Ocean & Coastal Management**. 52:359-367.

Dyer, L A. and Letourneau, D. 2003. "Top-down and bottom-up diversity cascades in detrital vs. living food webs." **Ecology Letters**. 6: 60–68.

Estelle, J. S., Gray, T. and Umponstira, C.. 2009. "The impact of artisanal fishing on coral reef fish health in Hat Thai Mueang, Phang-nga Province, Southern Thailand."**Marine Policy**. 33(4):544-552

Food and Agriculture Organization. 2002. FAO's role in fishery statistics. In. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2002*, p. 6. Rome.

Food and Agriculture Organization. 2010. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. FAO, Rome

Food and Agriculture Organization. 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. FAO, Rome

Froese, R. and Pauly, D. 2018. “**Fishbase Worldwide Web Electronic Publication**.” Available at: http://www.fishbase.org.

Garces, L.R., Alias, M., Talib, A., Meii, M. and Geronimo, T. S. 2003. A trophic model of the coastal fisheries ecosystem off the West Coast of Sabah and Sarawak, Malaysia. WorldFish Center Conference Proceedings, 67: 333 – 352

Geers T.M., E.K. Pitkitch and M.G. Frisk.2016. “An original model of the northern Gulf of Mexico using Ecopath with Ecosim and its implications for the effect of fishing on ecosystem structure and maturity”.**Deep Sea ResearchII**.129: 319 - 331

Gulland, J. A. and Robinson M.A. (**1973**). “Economics of fishery management”. **Fish. Res. Board Can**. 30: 2040 - 2050

Heymans, J. M., Coll, J., Link, S., Mackinson, S., Steenbeek, J., Walters, C. and Christensen, V. 2016. “Best practice in Ecopath with Ecosim food-web models for ecosystem-based management”. **Ecological Modelling**. 331: 173–184

Hurlbert, S.H. 1978. “The measurement of niche overlap and some relatives.” **Ecology**. 59: 67-77.

Hyslop, E.J. 1980. “Stomach contents analysis-a review of methods and their application.” **Journal of Fishery Biology**. 17: 411-429.

Jackson, J. B. 2001. “Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems.” **Science. 293**; 629 – 638

Kavanagh, P., Nathaniel, N., Christensen, V. and Pauly, D. 2004. “Automated parameter optimization for Ecopath ecosystem models”. **Ecological Modelling**. 172 : 141–149

Kimura, S., Satapoomin, U. and Matsuura, K. (eds.) 2009. Fishes of the Andaman Sea—west coast of southern Thailand. National Museum of Nature and Science, Tokyo, 346 pp.

Krishnan P, Roy, S. D., George, G., Srivastava, R.C., Anand, A., Murugesan, S., Kaliyamoorthy. M., Vikas, N. and Soundararajan, S. 2011. “Elevated sea surface temperature during May 2010 induces mass bleaching of corals in the Andaman.” **Curr Sci** 100(1) :111–117

Meyer, M. and Smale, M.J. 1991. “Predation patterns of demersal teleosts from the Cape south and west coasts of South Africa.” **S. Afr. J. mar. Sci**. 11: 409 - 442.

Myers, A. and Worm, B. 2003. “Rapid worldwide depletion of predatory fish communities.” **Nature**. 280 pp.

Odum, E. P. 1969. “The strategy of ecosystem development.” **Science**. 104:262–270.

Odum, E. P. 1971. **Fundamentals of Ecology**. Third Edition, W.B. Saunders Co., Philadelphia,

1-574 pp.

Panjarat, S. 2008. Sustainable fisheries in the Andaman Sea coast of Thailand. Division for Ocean Affairs and the Laws of the Sea Office of Legal Affairs, United Nation, New York. 107 pp.

Palomares, M. L. and Pauly, D. 1998. "Predicting food consumption of fish populations as functions of mortality, food type, morphometrics, temperature and salinity." **Marine and Freshwater Research**. 49(5): 447-453.

Parsons, T. R., Maita,Y. and Lalli, C. M. 1984. **A manual of chemical and biological methods for seawater analysis**. Pergamon Press, Oxford, pp 3–122.

Pauly, D. 1984. "Some sample methods for the assessment of tropical fish stock." **FAO Fisheries Technical Paper 324**. 52 pp.

Pauly D. 1988. "Some definitions of Overfishing relevant to Coastal Zone Management in Southeast Asia." **Tropical Coast Area Manatement** 3:14–15.

Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. and Torres, F. 1998. "Fishing Down Marine Food Webs". **Science.** 279:860-863.

Pauly D, Sambilay, D. V. and Opitz, S. .1993. "Estimates of relativefood consumption by fish and invertebrate populations required for modeling the Bolinao Reef Ecosystem, Philippines." p. 236 - 251. In V. Christensen and D. Pauly (eds.) Trophic models of aquatic ecosystems, **ICLARM Conference Proceedings** 16, Manila, Philippines.

Pauly, D., Christensen, V. and Walters, C. 2000. "Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries." **Journal of Marine Science**. 57: 697-706.

Pauly, D. and Chuenpagdee, R. 2003. "Development of Fisheries in The Gulf of Thailand Large Marine Ecosystem: Analysis of an. Unplanned Experiment." **Large marine ecosystem of the world**. 12: 337 - 354

Pauly, D., Watson, R. and Alder, J. 2005. "Global Trends in World Fisheries: Impacts on Marine Ecosystems and Food Security." **Biological Sciences**. 360: 5-12.

Rice, J. 1995. "Food Web Theory, Marine Food Webs, and What Climate Change may do to Northem Marine Fish Populations". **Aquatic Science**. 121: 561-568.

Rizal, S., Damm, P. and Sunderman, J. M. 2012. "General Circulation in the Malacca Strait and Andaman sea: A Numerical model study." **American Journal of Environmental Science** 8(5): 479 - 488

Romagnoni, G., Mackinso, S. N., Hong, J. and Eikeset, M. A. 2015. "The Ecospace Model Applied

to The North Sea: Evaluating Spatial Predictions with Fish Biomass and Fishing Effort Data." **Ecological Modelling**. 300: 50–60

Roy, S. D. and Grinson, G. 2010. "Marine Resources of Islands: Status and Approaches for Sustainable Exploitation Conservation with Special Emphasis to Andaman and Nicobar." **Indian Journal of Animal Sciences.** 80 (4) (Suppl. 1): 57–62

Satapoomin, U. 2011. "The Fishes of Southwestern Thailand, The Andaman Sea - A Review of Research and A Provisional Checklist of Species." **Phuket Marine Biological Center Research Bulletin**, 70: 29–77.

Ulanowicz, R.E. and Puccia, C.J. 1990. "Mixed Trophic Impacts in Ecosystems." **Coenoses** 5:7-16.

Ullah, M., Nabi, H. and Mamun, M. A. 2012. "Trophic Model of The Coastal Ecosystem of The Bay of Bengal using Mmass Balance Ecopath Model." **Ecological Modelling**. 225:82-94.

Vibunpant, S., Khongchai, N., Seng-eid, J., Eiamsa-ard, M. and Supongpan, M. 2003. "Trophic Model of The Coastal Fisheries Ecosystem in The Gulf of Thailand." **World Center Conference Proceedings**. 67: 365 - 386.

Walters, C., Christensen, V. and Pauly, D. 1997. "Structuring Dynamic Models of Exploited Ecosystems from Trophic Mass-Balance Assessments." **Rev. Fish Biol. Fish**. 7: 139-172.

Wang, Y., Li, S., Duan, L. and Liu, Y. 2012. "Fishery policy exploration in the Pearl River Estuary based on an Ecosim model." **Ecological Modelling**, *230*, 34-43.

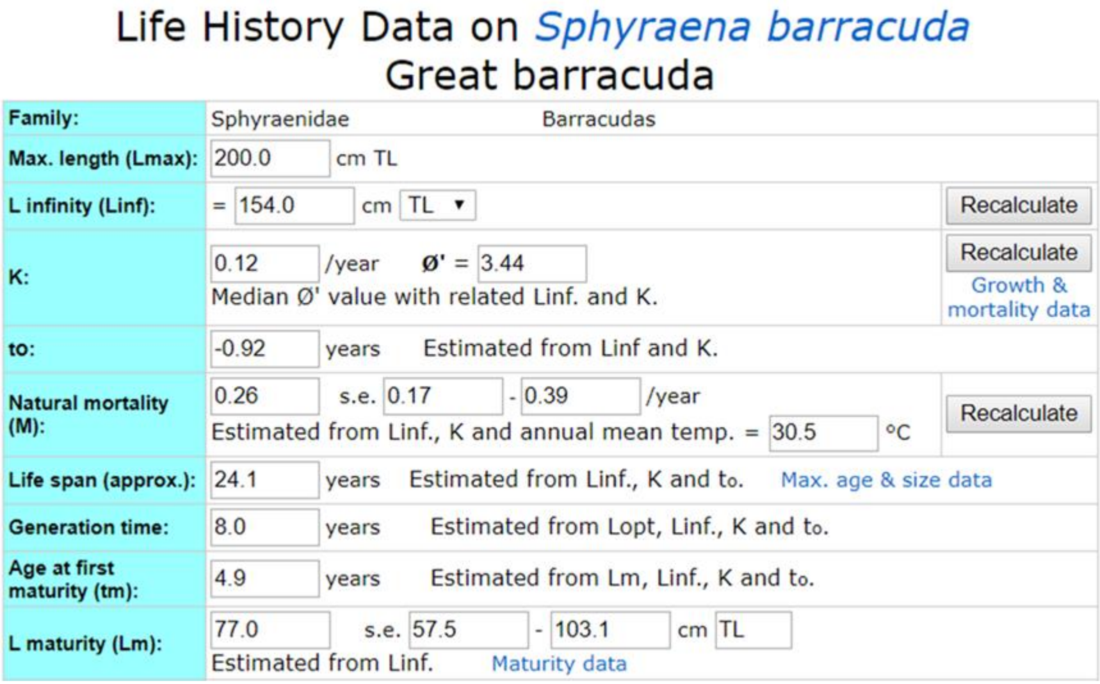
Watson, R. and Pauly, D. 2001. "Systematic distortions in world fisheries catchtrends." **Nature**. 414: 534–536

Xu, S., Chen, Z., Li, S. and He, P. 2011. "Modeling Trophic Structure and Energy Flows in a Coastal Artificial Ecosystem using Mass-balance Ecopath model." **Estuaries and Coastals**. 34: 351–363.

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 สัตว์น้ำจากการทำประมงพื้นบ้านในตลาดสินค้าประมงพื้นบ้านจังหวัดภูเก็ต

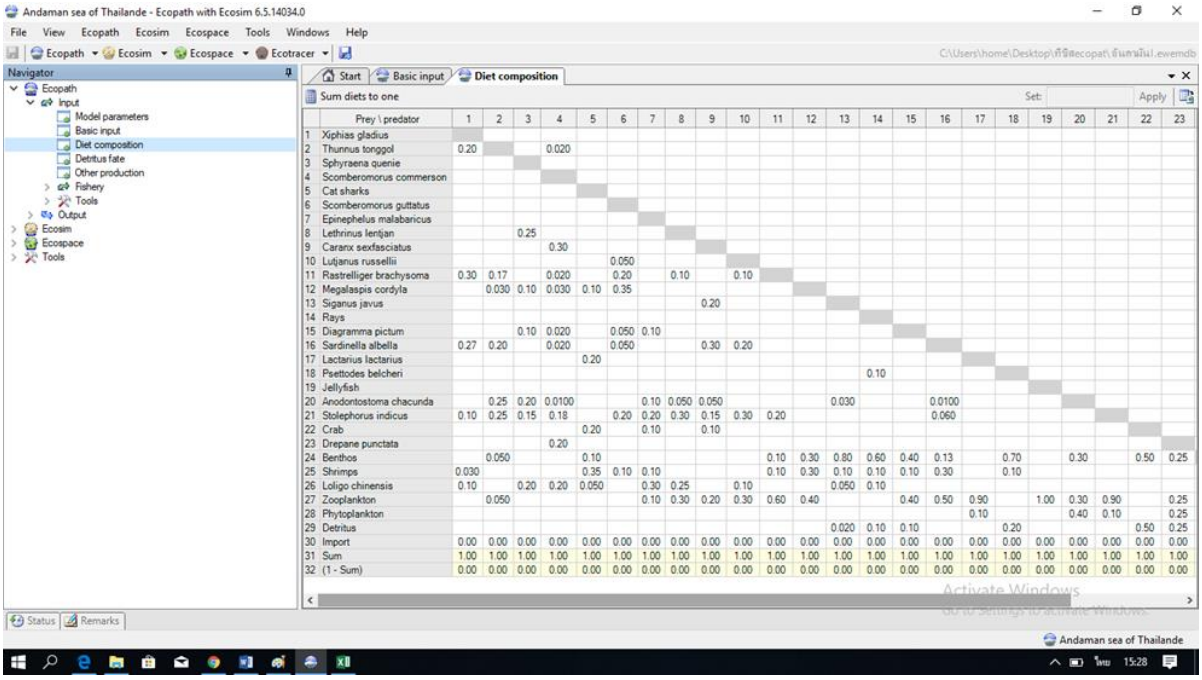
ภาพผนวกที่ 2 การคัดแยกสัตว์น้ำจากการทำประมงพาณิชย์ แพองค์การสะพานปลา จังหวัดภูเก็ต



Life History Data on *Sphyraena barracuda*
Great barracuda

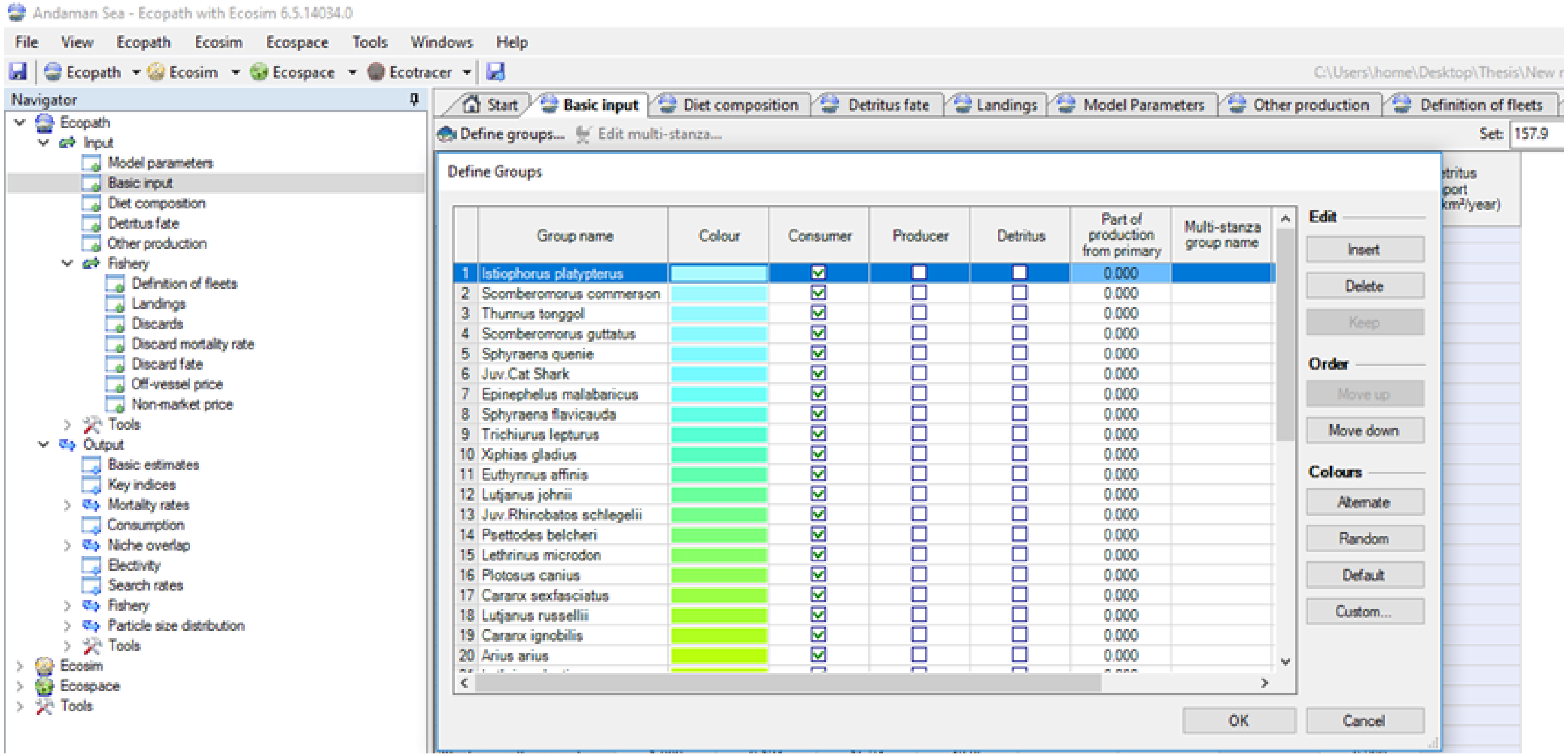
Family:	Sphyraenidae Barracudas
Max. length (Lmax):	200.0 cm TL
L infinity (Linf):	= 154.0 cm TL ▼ Recalculate
K:	0.12 /year Ø' = 3.44 Recalculate Median Ø' value with related Linf. and K. Growth & mortality data
to:	-0.92 years Estimated from Linf and K.
Natural mortality (M):	0.26 s.e. 0.17 - 0.39 /year Estimated from Linf., K and annual mean temp. = 30.5 °C Recalculate
Life span (approx.):	24.1 years Estimated from Linf., K and to. Max. age & size data
Generation time:	8.0 years Estimated from Lopt, Linf., K and to.
Age at first maturity (tm):	4.9 years Estimated from Lm, Linf., K and to.
L maturity (Lm):	77.0 s.e. 57.5 - 103.1 cm TL Estimated from Linf. Maturity data

ภาพผนวกที่ 3 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลสัตว์น้ำเพื่อคำนวณพารามิเตอร์การเติบโตก่อนนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลองอีโคพาธ

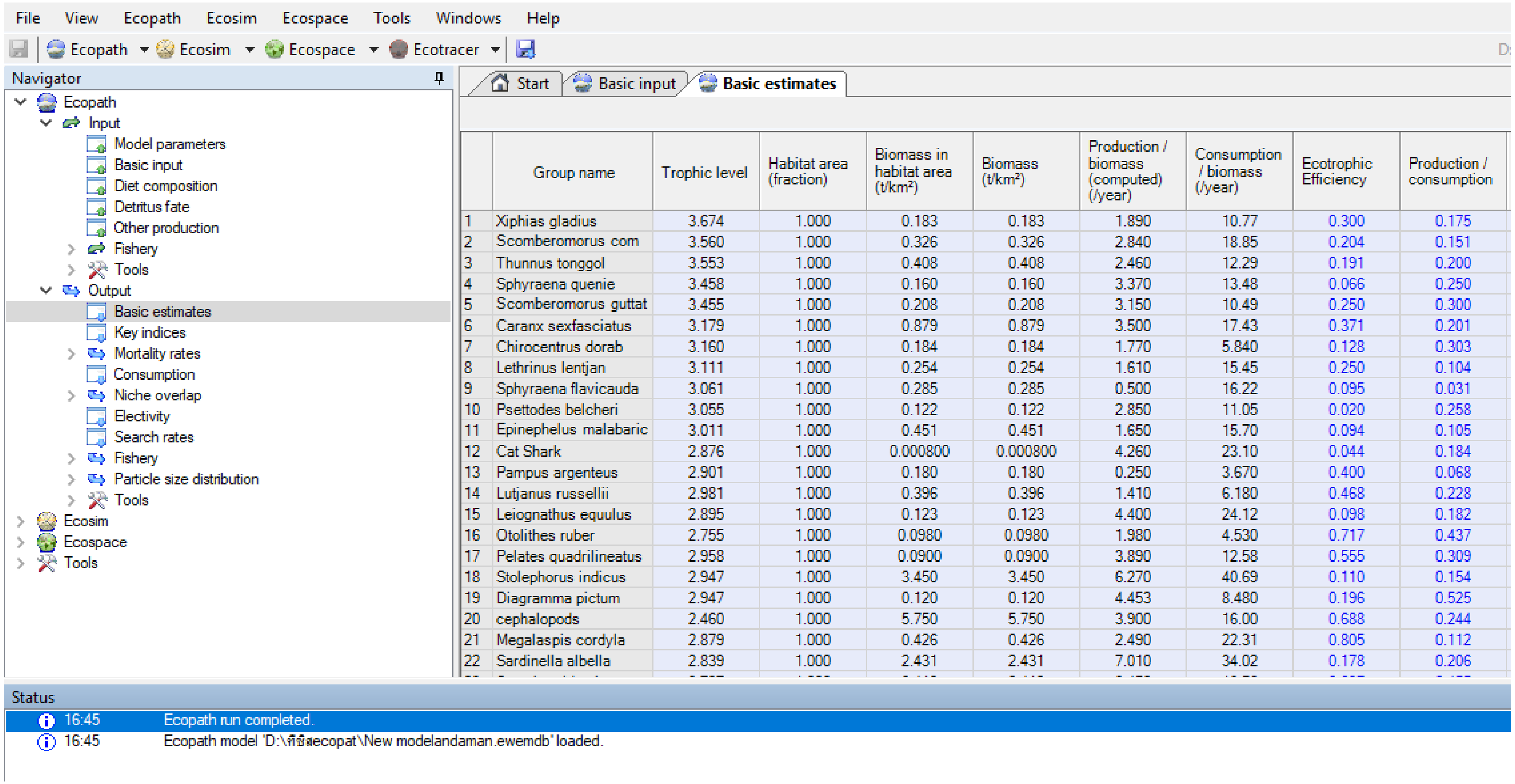


	Prey \ predator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Xiphias gladius																							
2	Thunnus tonggol	0.20			0.020																			
3	Sphyraena quenie																							
4	Scomberomorus commerson																							
5	Cat sharks																							
6	Scomberomorus guttatus																							
7	Epinephelus malabaricus																							
8	Lethrinus lentjan			0.25																				
9	Caranx sexfasciatus				0.30																			
10	Lutjanus russellii						0.050																	
11	Rastrelliger brachysoma	0.30	0.17		0.020		0.20		0.10		0.10													
12	Megalaspis cordyla		0.030	0.10	0.030	0.10	0.35																	
13	Siganus javus									0.20														
14	Rays																							
15	Diagramma pictum			0.10	0.020		0.050	0.10																
16	Sardinella albella	0.27	0.20		0.020		0.050			0.30	0.20													
17	Lactarius lactarius					0.20																		
18	Psettodes belcheri														0.10									
19	Jellyfish																							
20	Anodontostoma chacunda		0.25	0.20	0.0100			0.10	0.050	0.050				0.030			0.0100							
21	Stolephorus indicus	0.10	0.25	0.15	0.18		0.20	0.20	0.30	0.15	0.30	0.20					0.060							
22	Crab					0.20		0.10		0.10														
23	Drepane punctata				0.20																			
24	Benthos		0.050			0.10						0.10	0.30	0.80	0.60	0.40	0.13		0.70		0.30		0.50	0.25
25	Shrimps	0.030				0.35	0.10	0.10				0.10	0.30	0.10	0.10	0.10	0.30		0.10					
26	Loligo chinensis	0.10		0.20	0.20	0.050		0.30	0.25		0.10			0.050	0.10									
27	Zooplankton		0.050					0.10	0.30	0.20	0.30	0.60	0.40			0.40	0.50	0.90		1.00	0.30	0.90		0.25
28	Phytoplankton																	0.10			0.40	0.10		0.25
29	Detritus													0.020	0.10	0.10			0.20				0.50	0.25
30	Import	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	Sum	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
32	(1 - Sum)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพผนวกที่ 4 การนำเข้าข้อมูลองค์ประกอบชนิดอาหารในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำด้วยแบบจำลองอีโคพาธ



ภาพผนวกที่ 5 การนำเข้าข้อมูลชนิดสัตว์น้ำในแบบจำลองอีโคพาธ



	Group name	Trophic level	Habitat area (fraction)	Biomass in habitat area (t/km²)	Biomass (t/km²)	Production / biomass (computed) (/year)	Consumption / biomass (/year)	Ecotrophic Efficiency	Production / consumption
1	Xiphias gladius	3.674	1.000	0.183	0.183	1.890	10.77	0.300	0.175
2	Scomberomorus com	3.560	1.000	0.326	0.326	2.840	18.85	0.204	0.151
3	Thunnus tonggol	3.553	1.000	0.408	0.408	2.460	12.29	0.191	0.200
4	Sphyraena quenie	3.458	1.000	0.160	0.160	3.370	13.48	0.066	0.250
5	Scomberomorus guttat	3.455	1.000	0.208	0.208	3.150	10.49	0.250	0.300
6	Caranx sexfasciatus	3.179	1.000	0.879	0.879	3.500	17.43	0.371	0.201
7	Chirocentrus dorab	3.160	1.000	0.184	0.184	1.770	5.840	0.128	0.303
8	Lethrinus lentjan	3.111	1.000	0.254	0.254	1.610	15.45	0.250	0.104
9	Sphyraena flavicauda	3.061	1.000	0.285	0.285	0.500	16.22	0.095	0.031
10	Psettodes belcheri	3.055	1.000	0.122	0.122	2.850	11.05	0.020	0.258
11	Epinephelus malabaric	3.011	1.000	0.451	0.451	1.650	15.70	0.094	0.105
12	Cat Shark	2.876	1.000	0.000800	0.000800	4.260	23.10	0.044	0.184
13	Pampus argenteus	2.901	1.000	0.180	0.180	0.250	3.670	0.400	0.068
14	Lutjanus russellii	2.981	1.000	0.396	0.396	1.410	6.180	0.468	0.228
15	Leiognathus equulus	2.895	1.000	0.123	0.123	4.400	24.12	0.098	0.182
16	Otolithes ruber	2.755	1.000	0.0980	0.0980	1.980	4.530	0.717	0.437
17	Pelates quadrilineatus	2.958	1.000	0.0900	0.0900	3.890	12.58	0.555	0.309
18	Stolephorus indicus	2.947	1.000	3.450	3.450	6.270	40.69	0.110	0.154
19	Diagramma pictum	2.947	1.000	0.120	0.120	4.453	8.480	0.196	0.525
20	cephalopods	2.460	1.000	5.750	5.750	3.900	16.00	0.688	0.244
21	Megalaspis cordyla	2.879	1.000	0.426	0.426	2.490	22.31	0.805	0.112
22	Sardinella albella	2.839	1.000	2.431	2.431	7.010	34.02	0.178	0.206

ภาพผนวกที่ 6 การแสดงผลของแบบจำลองอีโคพาธ

ตารางผนวกที่ 1 ชนิดสัตว์น้ำที่สำรวจพบจากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน

ลำดับที่	ชื่อสามัญไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ประมงพื้นบ้าน	ประมงพาณิชย์
1	ปลาเก๋าดอกแดง	*Epinephelus coioides*	✓	✓
2	ปลาเก๋าดอกดำ	*Epinephelus malabaricus*	✓	✓
3	ปลาเก๋าเสือ	*Epinephelus quoyanus*	✓	✓
4	ปลาเก๋าลิง	*Epinephelus areolatus*	✓	-
5	ปลาโฉมงาม	*Alectis ciliaris*	✓	✓
6	ปลาโฉมงามหน้าตัด	*Alectis indicus*	✓	✓
7	ปลาสีกุน(แซกล้ำ)	*Alepes kleinii*	✓	✓
8	ปลาสีกุนตาโต	*Alepes melanoptera*	✓	✓
9	ปลาสีกุนบั้ง	*Atule mate*	✓	✓
10	ปลามงแก้มบาง	*Carangoides armatus*	✓	✓
11	ปลามงหัวนวน	*Carangoides ferdau*	✓	✓
12	ปลามงตาแดง	*Caranx sexfasciatus*	✓	✓
13	ปลามงขาว	*Caranx ignobilis*	✓	✓
14	ปลามงแส้	*Carangoides hedlandensis*	✓	✓
15	ปลาทูแขก	*Decapterus kurroides*	✓	✓
16	ปลาเก๋าเก้ง	*Decapterus russelli*	✓	✓
17	ปลาหางแข็ง	*Megalaspis cordyla*	✓	✓
18	ปลาจาระเม็ดดำ	*Parastromateus niger*	✓	✓
19	ปลาตะหลังเสี้ยน	*Scomberoides lysan*	✓	-
20	ปลาตะหลังแถบ	*Scomberoides commersonnianus*	✓	-
21	ปลาตาโต	*Selar crumenophthalmus*	✓	✓
22	ปลาสำลี	*Seriolina nigrofasciata*	-	✓

ตารางผนวกที่ 1 ชนิดสัตว์น้ำที่สำรวจพบจากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน(ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสามัญไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ประมงพื้นบ้าน	ประมงพาณิชย์
23	ปลาแป้น	*Leiognathus equulus*	✓	✓
24	ปลากะพงแดง	*Lutjanus malabaricus*	✓	✓
25	ปลาอังเกย	*Lutjanus johnii*	✓	-
26	ปลากะพงข้างปาน	*Lutjanus russellii*	✓	✓
27	ปลาหวาด	*Diagramma pictum*	✓	-
28	ปลาครืดคราด	*Pomadasys kaakan*	✓	-
29	ปลาสลิดหิน	*Siganus javus*	✓	✓
30	ปลาตะกรับ	*Scatophagus argus*	✓	-
31	สากใหญ่	*Sphyraena barracuda*	-	✓
32	สากดำ	*Sphyraena qenie*	-	✓
33	กระโทงเหว	*Xiphias gladius*	-	✓
34	ปลาโอลาย	*Euthynnus affinis*	-	✓
35	ปลาโอดำ	*Thunnus tonggol*	-	✓
36	ปลาโอหลอด	*Auxis rochei*	-	✓
37	ปลาอินทรีบั้ง	*Scomberomorus commerson*	✓	✓
38	ปลาอินทรีจุด	*Scomberomorus guttatus*	-	✓
39	ปลาทู	*Rastrelliger brachysoma*	✓	✓
40	ปลาลัง	*Rastrelliger kanagurta*	✓	✓
41	ปลาตะมะแก้มแดง	*Lethrinus harak*	✓	✓
42	ปลาตะมะหัวเสี้ยม	*Lethrinus lentjan*	✓	✓
43	ปลาใบปอจุด	*Drepane punctata*	✓	-
44	ปลาตะเภาข้างลาย	*Terapon jarbua*	✓	-

ตารางผนวกที่ 1 ชนิดสัตว์น้ำที่สำรวจพบจากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสามัญไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ประมงพื้นบ้าน	ประมงพาณิชย์
45	ปลาดอกหมาก	*Gerres erythrourus*	✓	✓
46	ปลาเพชรา	*Osteichthyes japonicus*	-	✓
47	ปลาใบขนุน	*Lactarius lactarius*	-	✓
48	ปลาจาระเม็ดขาว	*Pampus argenteus*	-	✓
49	ปลาจาระเม็ดเทา	*Pampus chinensis*	-	✓
50	ปลาจักรผาน	*Psettodes erumei*	-	✓
51	ปลาหางเหลือง (ปลาญี่ปุ่น)	*Caesio erythrogaster*	✓	-
52	ปลาดาบลาว	*Chirocentrus dorab*	-	✓
53	ปลาหลังเขียว (ปลาตะหมัน)	*Amblygaster sirm*	✓	-
54	ปลาโคก(ปลาบาสี)	*Anodontostoma chacunda*	✓	-
55	ปลาหลังเขียว	*Sardinella albella*	✓	✓
56	ปลากะตัก	*Stolephorus indicus*	-	✓
57	ปลากระบอกท่อนใต้	*Crenimugil crenilabis*	✓	-
58	ปลาหนวยหนุน	*Paramugil parmatus*	✓	-
59	ปลากระบอกเทา	*Moolgarda pedaraki*	✓	-
60	ปลากระเบนจุดฟ้า	Bluespotted stingray	✓	-
61	ปลากระบาง	IMBRICATED STINGRAY	✓	✓
62	ปลาดาบเงิน	*Trichiurus lepturus*	-	✓
63	ปลาทรายขาว	*Sillago argentifasciata*	✓	-
65	ปลาทรายแดง	*Nemipterus hexodon*	-	✓
66	ปลาโนรี	*Chaetodon macrolepidotus*	-	✓

ตารางผนวกที่ 1 ชนิดสัตว์น้ำที่สำรวจพบจากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสามัญไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ประมงพื้นบ้าน	ประมงพาณิชย์
67	ปลาหางควาย	Grammoplites scaber	-	✓
68	ปลากะพงขาว	*Lates calcarifer*	✓	-
69	ปลาจวดสามเขี้ยว	*Otolithes ruber*	✓	-
70	ปลาปากคม	*Saurida undosquamis*	✓	✓
71	ปลาวัว	*Balistes viridescens*	-	✓
72	ปลานกแก้ว	*Scarus quoyi*	-	✓
73	ปลาสิงโต	*Pterois miles*	-	✓
74	ปลาปักเป้ากล่อง	*Ostracion cubicus*	-	✓
75	ปลาลิ้นหมา	*Cynoglossus macrolepidotus*	-	✓
76	ปลาอีโต้มอญ	*Coryphaena hippurus*	-	✓
77	ปลาสีแก้ว	*Selaroides leptolepis*	-	✓
78	กระเบนค้างคาว	*Aetobatus Ocellatus*	✓	✓
79	ฉลามกบ	*Chiloscyllium punctatum*	-	✓

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลค่า Aspect ratio ที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลแบบจำลองอีโคพาธของสัตว์ทะเลที่รวบรวมได้จากการทำประมงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน

ชนิดสัตว์น้ำ	ความสูงของครีบหาง (h)(cm)	พื้นที่ของครีบหาง (s)(cm^2)	Aspect ratio (A_r) ($h^2 s^{-1}$)
Atule mate	6.53	9.23	4.62
Chirocentrus dorab	9.70	21.51	4.37
Pampus niger	8.95	17.65	4.54
Rastelliger spp.	4.84	5.70	4.11
Scomberomorus commerson	10.22	23.80	4.39
Selaroides leptolepis	2.91	3.36	2.52
Epinephelus aureolatus	6.31	23.73	1.68
Epinephelus sexfasciatus	2.53	5.70	1.12
Lutjanus spp.	5.09	10.10	2.57
Lutjanus malabaricus	7.96	37.46	1.69
Mullidae	7.28	12.23	4.33
Nemipterus hexodon	5.83	10.44	3.26
Nemipterus mesoprion	4.84	6.83	3.43
Nemipterus peronii	7.03	11.21	4.41
Priacanthus macracanthus	6.43	14.4	2.87
Priacanthus tayenus	6.56	14.58	2.90
Platycephalidae	3.74	8.01	1.75
Saurida elongata	8.13	17.5	3.78
Saurida undosquamis	6.70	11.11	4.04
Scolopsis taeniopterus	6.15	11.43	3.31
Siganidae	4.42	7.04	2.78
Nemipterus tambuloides	6.74	11.05	4.11
Rachycentron canadus	11.40	45.48	2.86
Epinephelus morrhua	5.52	19.34	1.58
Euthynnus affinis	9.61	15.07	6.13
Thunnus tonggol	10.38	19.98	5.39

ตารางภาคผนวกที่ 3 ชนิดสัตว์น้ำที่พบในการศึกษาจำแนกตามชนิดเครื่องมือประมง

ประเภทเครื่องมือประมง	ชนิดสัตว์น้ำ
1. อวนลาก ได้แก่ – อวนลากคู่ – อวนลากเดี่ยว	ปลาผิวน้ำ - ปลาทู ปลาลัง ปลาสีกุน ปลาหลังเขียว (กุแล) ปลาตาหวาน ปลามง ปลาโฉมงาม ปลาหางแข็ง ปลาสาก ปลาพื้นท้องน้ำ - ปลากะพง ปลาทรายแดง ปลาปากคม ปลาจวด ปลาตาเดียว ปลาลิ้นหมา ปลาทรายขาว ปลาอื่น ๆ - ปลาเลย ปลาเป็ด สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง - หมึกกล้วย หมึกกระดอง ปูม้า กุ้งแชบ๊วย กุ้งโอคัก เคย สัตว์
2. อวนล้อมจับ – อวนดำ – อวนล้อมปลากะตัก – อวนล้อมปลาทู – อวนล้อมปลาโอ	ปลาผิวน้ำ - ปลาทูน่าท้องแถบ ปลาทู ปลาลัง ปลาโอดำ โอลาย ปลาโอหลอด ปลาทูแขก ปลาสีกุน ปลาหลังเขียว ปลากะตัก ปลาข้างเหลือง ปลาหางแข็ง (แข้งไก่) สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง - หมึกกล้วย สัตว์น้ำอื่น ๆ
3. อวนลอยติดตา – อวนลอยกุ้ง – อวนลอยปู – อวนลอยปลา – อวนลอยปลาจะละเม็ด – อวนลอยปลาหลังเขียว	ปลาผิวน้ำ - ปลาทู ปลาลัง ปลาสีกุน ปลาหลังเขียว (กุแล) ปลาตาหวาน ปลาจะละเม็ด สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง - กุ้งแชบ๊วย กุ้งโอคัก ปูม้า สัตว์น้ำอื่น ๆ

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ) ชนิดสัตว์น้ำที่พบในการศึกษาจำแนกตามชนิดเครื่องมือประมง

ประเภทเครื่องมือประมง	ชนิดสัตว์น้ำ
4. อวนช้อน/อวนครอบ – อวนครอบปลากะตัก – อวนช้อนปลาจะละเม็ด – อวนครอบหมึก	ปลาผิวน้ำ - ปลากะตัก ปลาอินทรีบั้ง ปลาอินทรีดอก ปลาเสียด ปลาโอดำ ปลาโอลาย ปลาสาก ปลาพื้นท้องน้ำ - ปลาดุกทะเล ปลากดทะเล ปลากระเบนเล็ก สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง - หมึกหอม หมึกกล้วย หมึกกระดอง สัตว์น้ำอื่น ๆ
5. ลอบ – ลอบปู – ลอบปลา – ลอบหมึก	ปลาพื้นท้องน้ำ - ปลากะรัง (เก๋า) ปลากะพงแดง ปลาหางเหลือง ปลากะพงข้างปาน ปลาสร้อยนกเขา ปลาสลิดหิน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง - หมึกหอม หมึกกล้วย ปูม้า ปูดาว หมึกสาย สัตว์น้ำอื่น ๆ
6. เครื่องมืออื่นๆ – เบ็ดมือ	ปลาผิวน้ำ - ปลาอินทรี ปลากระโทง ปลาสาก ปลาเก๋า ปลามง ปลาพื้นท้องน้ำ - ปลากะพง ปลาทรายขาว ปลากระเบน ปลาดุกทะเล ปลากดทะเล ปลาจวด

ตารางภาคผนวกที่ 4 ช่วงความยาวและความยาวเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเล อันดามัน ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

ชื่อสามัญ(ไทย)	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	ความยาวเฉลี่ย (ช่วงความยาว) (cm)
กระโทงดาบ	*Xiphias gladius*	**Xiphiidae**	78.66(42-94)
กระโทงร่ม	*Istiophorus platypterus*	**Istiophoridae**	102.65(81-168)
กระเบนจุดฟ้า	*Neotrygon kuhlii*	**Dasyatidae**	46.33(23-88)
ฉลามกบ	*Chiloscyllium punctatum*	**Hemiscylliidae**	62 (48-76)
ปลากดทะเล	*Arius arius*	**Ariidae**	14.33 (7-19.5)
ปลากระบอกเกล็ดหยาบ	*Planiliza subviridis*	**Mugilidae**	34.67(26.8-42)
ปลากระบอกขาว	*Crenimugil seheli*		19.62 (12-24.5)
ปลากระบอกท่อนใต้	*Mugil cephalus*		25.67 (17-38)
ปลากระบอกเทา	*Valamugil cunesius*		20.34 (11.9-26.7)
ปลาหนวยหนุน	*Paramugil parmatus*		9.48 (5.5-13.8)
ปลากระบาง	*Himantura walga*	**Coryphaenidae**	27.2(21-36)
ปลากะตัก	*Stolephorus indicus*	**Engraulidae**	4.67 (1.3-6.5)
ปลากะพงเกล็ดห่าง	*Lutjanus johnii*	**Lutjanidae**	41.24(34.1-59.4)
ปลากะพงข้างปาน	*Lutjanus russellii*		29.89 (17.2-42)
ปลากะพงแดง	*Lutjanus malabaricus*		38.69(26.1-54.4)
ปลากะพงขาว	*Lates calcarifer*	**Latidae**	51.87(37.4-62)
ปลากะรัง	*Epinephelus malabaricus*	**Serranidae**	36.67 (14.9-67)
ปลากะรังดอกแดง	*Epinephelus coioides*		49.54(17.4-68.5)
ปลากะรังหางตัด	*Epinephelus areolatus*		34.18 (29-41)
ปลากะรังเสือ	*Epinephelus fuscoguttatus*		40.24(15.3-50.5)
ปลาครืดคราด	*Pomadasys kaakan*		33.74(24.5-42.9)
ปลาจวดสามเขี้ยว	*Otolithes ruber*	**Sciaenidae**	11.33(8.7-14.1)

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ) ช่วงความยาวและความยาวเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

ชื่อสามัญ(ไทย)	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	ความยาวเฉลี่ย (ช่วงความยาว) (cm)
ปลาจาระเม็ดขาว	*Pampus argenteus*	**Stromateidae**	22.46 (13.5-30)
ปลาจาระเม็ดดำ	*Parastromateus niger*	**Carangidae**	21.84 (15-30)
ปลาจาระเม็ดเทา	*Pampus chinensis*		19.54 (17-24)
ปลาโฉมงามหน้าตัด	*Alectis indicus*		38.1 (21.5-49)
ปลามงแก้มบาง	*Carangoides armatus*		36.67 (28.9-52)
ปลามงขาว	*Caranx ignobilis*		27.86 (21.2-39)
ปลามงตาแดง	*Caranx sexfasciatus*		41.12 (25.5-59.7)
ปลามงแส้	*Carangoides hedlandensis*		25.67 (13-30.5)
ปลามงหัวนวน	*Carangoides ferdau*		29.47 (19.9-46.6)
ปลาเก๋าเก้ง	*Decapterus russelli*		19.22 (13.8-24)
ปลาตาโต	*Selar crumenophthalmus*		15.26 (11-20.4)
ปลาสำลี	*Seriolina nigrofasciata*		34 (32-37)
ปลาดอกหมาก	*Gerres erythrourus*	**Gerreidae**	10.82(5-12.3)
ปลาดาบเงิน	*Trichiurus lepturus*	**Trichiuridae**	58.29 (22-88)
ปลาดาบลาว	*Chirocentrus dorab*	**Chirocentridae**	38.83 (18-78)
ปลาดุกทะเล	*Plotosus canius*	**Plotosidae**	16.38(11.2-28.7)
ปลาตะกรับ	*Scatophagus argus*	**Scatophagidae**	18.36 (6.5-25.7)
ปลาตะเพียนน้ำเค็ม	*Anodontostoma chacunda*		9.87 (4.8-11)
ปลาตะเภาข้างลาย	*Terapon jarbua*	**Terapontidae**	19.73 (15-26)
ปลาตะมะปากแหนบ	*Lethrinus harak*	**Lethrinnidae**	32.14(16-45)
ปลาตะมะหัวเสี้ยม	*Lethrinus lentjan*		34.76(14.8-50.7)

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ) ช่วงความยาวและความยาวเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

ชื่อสามัญ(ไทย)	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	ความยาวเฉลี่ย (ช่วงความยาว) (cm)
ปลาตาเดียว	*Psettodes erumei*	**Psettodidae**	29.5(12-48)
ปลาตาหวาน	*Priacanthus tayenus*	**Priacanthidae**	13.77(6.5-17)
ปลาทรายขาว	*Sillago argentifasciata*	**Sillaginidae**	13.26(8-17)
ปลาทรายแดง	*Nemipterus hexodon*	**Nemipteridae**	10.31(7.8-12.9)
ปลานกแก้ว	*Scarus quoyi*	**Scaridae**	24.3 (21-27.6)
ปลาใบขนุน	*Lactarius lactarius*	**Lactariidae**	21.78(16.8-30.9)
ปลาใบปอจุด	*Drepane punctata*	**Drepaneidae**	29.98(16.1-36.4)
ปลาปักเป้ากล่อง	*Ostracion cubicus*	**Ostraciidae**	11.33(9.2-12.4)
ปลาปากคม	*Saurida undosquamis*	**Synodontidae**	16.67(5.5-33)
ปลาแป้น	*Leiognathus equulus*	**Leiognathidae**	7.67 (4.6-11.5)
ปลาแพะ	*upeneus vittatus*	**Mullidae**	17.62(13.6-21.4)
ปลาแมว	*Stolephorus insularis*	**Clupeidae**	8.87 (4.9-9.3)
ปลาโรนัน	*Rhinobatos schlegelii*	**Rhinobatidae**	28.67(22-55)
ปลาลัง	*Rastrelliger kanagurta*	**Scombridae**	19.45(14.5-27.5)
ปลาทูแขก	*Decapterus kurroides*		17.81(11.5-21.5)
ปลาทู	*Rastrelliger brachysoma*		17.66(14.5-25.2)
ปลาอินทรีจุด	*Scomberomorus guttatus*		49.57 (31-90)
ปลาอินทรีบั้ง	*Scomberomorus commerson*		57.03(37.5-112)
ปลาโอดำ	*Thunnus tonggol*		36.81(12.3-50.1)
ปลาโอลาย	*Euthynnus affinis*		29.07(8.1-39)
ปลาโอหลอด	*Auxis rochei*		29.67(22-36)

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ) ช่วงความยาวและความยาวเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

ชื่อสามัญ(ไทย)	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	ความยาวเฉลี่ย (ช่วงความยาว) (cm)
ปลาสร้อยนกเขา	*Diagramma pictum*	**Haemulidae**	38.36(24.4-50.2)
ปลาสิงโต	*Pterois miles*	**Scorpaenidae**	19.67(17.7-23)
ปลาสีกุน(แซกล้ำ)	*Alepes kleinii*		12.03 (8.1-14.4)
ปลาสีกุนตาโต	*Alepes melanoptera*		14.15 (9.8-20.5)
ปลาสีกุนบั้ง	*Atule mate*		16.94 (10.5-24)
ปลาสลิดทะเล	*Siganus javus*	**Siganidae**	25.62(8.8-36.2)
ปลาหลังเขียว	*Sardinella albella*		7.54 (3.2-10.1)
ปลาหางแข็ง	*Megalaspis cordyla*		30.19(14.7-48.5)
ปลาหางควาย	*Grammoplites scaber*	**Platycephalidae**	17.67(10-25)
ปลาหางเหลือง	*Caesio erythrogaster*	**Caesionidae**	22.45(13.6-28.7)
ปลาลิ้นหมา	*Cynoglossus macrolepidotus*	**Cynoglossidae**	26.46(20-35)
ปลาวัว	*Balistes viridescens*	**Balistidae**	11.9 (10.3-14.6)
ปลาอีโต้มอญ	*Coryphaena hippurus*	**Coryphaenidae**	34.2
ปลาสาก	*Sphyraena barracuda*	**Sphyraenidae**	48.34 (28.6-79)
ปลาสากดำ	*Sphyraena flavicauda*		31.68 (17.3-58)

ตารางภาคผนวกที่ 5 องค์ประกอบชนิดอาหารภายในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

Species	n stomach	Food items				
		fish	invertebrate	plankton	Detritus	others
		Large pelagic				
Istiophorus platypterus	26	*T. tonggol (Juv) X. gladius (Juv) Caranx sp. Rastrelliger sp. Leiognathus sp. P. chrysozona Selaroides sp. Stolephorus sp. Sardinella sp.*	-	-	-	-
Scomberomorus commerson	62	*T. tonggol (Juv) S. quenie E. affinis Caranx sp Lethrinus lentjan Stolephorus sp.Sardinella sp. Leiognathus P. chrysozona*				
Thunnus tonggol	72	*Lethrinus microdon Caranx ignobilis Megalaspis cordyla Rastrelliger kanagurta Selaroides sp. Stolephorus sp. Leiognathus sp. P. chrysozona*	cephalopods Crustacean			
Scomberomorus guttatus	46	*Caranx ignobilis Lethrinus lentjan Rastrelliger kanagurta Selaroides sp. Stolephorus sp.Sardinella sp. P. chrysozona*	cephalopods Crustacean			
Sphyraena quenie	38	*Lethrinus microdon Megalaspis cordyla Selaroides sp. Rastrelliger brachysoma Selar crumenophthalmus*	cephalopods Crustacean	Zooplankton		
Sphyraena flavicauda	49	*Rastrelliger kanagurta Selaroides sp. Stolephorus sp Leiognathus sp. P. chrysozona*	cephalopods Crustacean			
Trichiurus lepturus	47	*Trichiurus lepturus Stolephorus sp.Sardinella sp. Selaroides sp.*	Crustacean	Zooplankton phytoplankton		
Xiphias gladius	30	*Lethrinus lentjan Megalaspis cordyla Selaroides sp. Stolephorus sp Leiognathus sp. P. chrysozona Sardinella sp.*				
Euthynnus affinis	40	*T. tonggol (Juv) Sphyraena Megalaspis cordyla Selaroides sp.*	Crustacean		+	
Caranx ignobilis	38	*Selaroides sp. Stolephorus sp Sardinella sp.*	cephalopods Crustacean		+	

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ) องค์ประกอบชนิดอาหารภายในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

Species	n of stomach	Food items				
		fish	invertebrate	plankton	Detritus	others
		Large dermersal				
Juvenile.Cat Shark	4		cephalopods Crustacean		+	
Epinephelus malabaricus	32		cephalopods Crustacean		+	
Juv. *Rhinobatos schlegelii*	18		cephalopods Crustacean		+	
		Mesopelagic				
Lutjanus johnii	43	*Selaroides sp. Stolephorus sp Sillago argentifasciata*	Crustacean		+	
Lethrinus microdon	56	*Sardinella sp.Leiognathus sp. Selar crumenophthalmus*	Crustacean		+	
Caranx sexfasciatus	40	*Lethrinus lentjan Stolephorus sp Sardinella sp Rastrelliger brachysoma Selar crumenophthalmus P. chrysozona*	Crustacean			
Lutjanus russellii	38	*Sardinella sp*	cephalopods Crustacean	Zooplankton phytoplankton	+	
Lethrinus lentjan	51	*Stolephorus sp Sardinella sp P. chrysozona*	Crustacean	Zooplankton phytoplankton	+	
Epinephelus areolatus	44	*Stolephorus sp Upeneus vittatus*	cephalopods Crustacean		+	
Pampus argenteus	30		cephalopods Crustacean	Zooplankton phytoplankton	+	
		Demersal fish				
Psettodes belcheri	36	*Psettodes belcheri*	cephalopods Crustacean		+	
Plotosus canius	41	*Otolithes ruber*	cephalopods Crustacean		+	
Arius arius	45	*Upeneus vittatus Sillago argentifasciata*	cephalopods Crustacean		+	
Himantura walga	55		cephalopods Crustacean	Zooplankton	+	

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ) องค์ประกอบชนิดอาหารภายในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

Species	**stomach (n)**	**Food items**				
		fish	**invertebrate**	**plankton**	**Detritus**	**others**
		Demersal fish				
Upeneus vittatus	36		Crustacean	Zooplankton phytoplankton	+	
Otolithes ruber	42		Crustacean	Zooplankton phytoplankton	+	
Siganus javus	105			phytoplankton	+	algae
Mugilidae	100			Zooplankton phytoplankton	+	
		Small pelagic fish				
Megalaspis cordyla	125	*Sardinella sp P. chrysozona*	cephalopods	Zooplankton phytoplankton	+	
Selaroides sp.	98	*Stolephorus sp*		Zooplankton phytoplankton	+	
Stolephorus sp.	120			Zooplankton phytoplankton	+	
Sardinella sp.	120			Zooplankton phytoplankton	+	
Sillago argentifasciata	84		Crustacean	Zooplankton phytoplankton	+	
Rastrelliger brachysoma	85			Zooplankton phytoplankton		
Leiognathus equulus	87		Crustacean	Zooplankton phytoplankton	+	
Selar crumenophthalmus	132		Crustacean	Zooplankton phytoplankton		
Pterocaesio chrysozona	98			Zooplankton phytoplankton		
		Invertebrate				
cephalopods	128	*P. chrysozona*	cephalopods Crustacean	Zooplankton	+	
Crustacean	66			Zooplankton phytoplankton	+	
จำนวนกระเพาะอาหารรวม	2407					

ตารางผนวกที่ 6 ปัจจัยคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลอันดามันตั้งแต่ เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2562

เดือน	DO (mg/L)	อุณหภูมิ (ºC)	pH	ความเค็ม (ppt)	Chlorophyll a $\times10^5$ (g/L)
ธ.ค.-60	5.61	29.26	7.36	27.5	9.81
ก.พ.-61	6.06	29.63	7.42	31.2	7.16
เม.ย.-61	5.6	31.58	8.01	32.5	10.92
มิ.ย.-61	5.78	31.5	7.14	29.45	11.33
ส.ค.-61	6.01	30.57	7.21	30	20.56
ต.ค.-61	5.08	30.78	6.87	29.45	14.53
ธ.ค.-61	6.22	29.64	7.02	25.2	18.42
ก.พ.-62	5.35	30.25	7.07	32.5	22.71
เม.ย -62	4.08	31.24	6.98	34.15	12.28
ค่าเฉลี่ย	**5.725**	**30.5**	**7.275**	**29.22**	**14.047**

*หมายเหตุ ค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ แสดงถึง ค่าเฉลี่ยของการศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทุกจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณอ่าวพังงา

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลคุณลักษณะถึงสถานะของระบบนิเวศตามทฤษฎีของ Odum เทียบกับผลของ Ecopath

Ecosystem attribute	**Developing**	**Mature**	**Estimated by Ecopath**
Total primary product/total respiration	<1>	~1	TPP/TR
Total primary product/total biomass	high	low	TPP/TB
Total biomass/total throughput	low	high	TB/TST
Net production	high	low	PLS
Food chains	linear	web-like	CI
Organic matter	small	~1	TB/TDET
Niche specialize	broad	narrow	SOI
Mineral cycles	open	closed	FCI
Detritus	unimportant	important	TDC/TC
Growth form	“r”	“k”	TB/TST
Stability	poor	good	O
Information	low	high	A

ที่มา: ดัดแปลงจาก Odum (1969)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวณิชกานต์ ศรีทอง
วัน เดือน ปีเกิด	18 ธันวาคม พ.ศ. 2537
ที่อยู่	57/79 หมู่บ้านสุขใจ ซอยสุขใจ ถนนสุขใจ ตำบลประจวบ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	2560 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงานและผลงานวิจัย

พ.ศ. 2560 –ปัจจุบัน	การประเมินลำดับขั้นอาหารของสัตว์น้ำด้วยแบบจำลองอีโคพาธ จากการทำประมงชายฝั่งทะเลอันดามัน ประเทศไทย เพื่อการจัดการประมงอย่างเหมาะสม