วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2560 : 35 (2) : 116 -128

การวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของปลาผิวน้ำในอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

The Analysis of Ecological Structures and Functions of Pelagic Fishes in Bandon Bay, Suratthani Province

ชวนพิศ ใจแก้ว[1] และอนัญญา เจริญพรนิพัทธ[1]
Chuanpit Jaikeo[1] and Ananya Jarernpornnipat[1]

บทคัดย่อ

อ่าวบ้านดอน เป็นระบบนิเวศชายฝั่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรสัตว์น้ำนานาชนิด ทำให้มีการใช้ทรัพยากรประมงอย่างหลากหลาย มีการทำประมงที่จับมากเกินกว่ากำลังผลิตและอย่างขาดความรับผิดชอบ จนเกิดการลดลงของผลผลิตทางการประมง ตลอดจนปริมาณของเสียที่ปล่อยลงสู่อ่าว ทำให้ถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และสภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของระบบนิเวศ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของปลาผิวน้ำ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอีโคพาธ เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางชีวภาพที่สำคัญและหาความสัมพันธ์ของสัตว์น้ำที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำประมงชายฝั่ง จำนวน 14 กลุ่มตัวอย่าง ผลการคำนวณของแบบจำลองแสดงค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ของลำดับชั้นอาหารเชิงนิเวศ (EE) มีค่าสูง (> 0.6) โดยที่ปลากุเรา(*Eleutheronema tetradactylum*) อยู่ในลำดับชั้นอาหารสูงสุด (3.441) แพลงก์ตอนพืชและเศษซาก อยู่ลำดับชั้นอาหารต่ำสุด (1.000) ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency) มีค่าอยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 ปลาผิวน้ำที่กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างลำดับชั้นอาหารที่ต่ำกว่าและลำดับชั้นอาหารผู้บริโภค ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของปลาผิวน้ำมีความสำคัญทั้งการเป็นผู้ล่าและการเป็นเหยื่อ แพลงก์ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมดเนื่องจากเป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นการควบคุมลำดับชั้นอาหารแบบล่างสู่บนมีความเหมาะสม เพราะการผันแปรของปริมาณแพลงก์ตอนพืชส่งผลต่อสายใยอาหารทั้งหมดในระบบนิเวศของอ่าวบ้านดอน

คำสำคัญ : โปรแกรมสำเร็จรูปอีโคพาธ ปลาผิวน้ำ โครงสร้างลำดับชั้น ลำดับชั้นอาหาร ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ต่อปริมาณสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

Abstract

The coastal ecosystem of Bandon bay is high productive ecosystem with high abundance and diversity of aquatic animals. Hence this bay has been overexploited and several sources of pollution may cause to decline of fishery production. It might be affect to ecosystem structure and functions. This study aimed to investigate trophic structures and ecosystem functions of pelagic fish. ECOPATH model was used to estimate the important biological parameters and ecological importance of pelagic fishes. The model simulation was based on the data collected from artisarnal fisheries of costal fisheries areas of the

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bandon Bay. There were 14 functional groups. The average values of Ecotrophic Efficiency (EE) in the model were high (>0.6) for the most groups of high trophic level. The trophic levels were varied from 1.0 for primary producers and detritus to about 3.44 for pelagic piscivorous fishes (*Eleutheronema tetradactylum*). Gross efficiency of the fishery was indicated intensive efforts in the area (0.01). Phytophagous fish played an important role in linking between the lower trophic organisms and top predators. Increasing of phytoplankton biomass would benefit any group. The mixed trophic impacts indicated the importance of bottom up influence of phytoplankton abundance variations on the food web of the Bandon Bay ecosystem.

Keywords: ECOPATH, pelagic fish, trophic structure, trophic level, mixed trophic impacts

คำนำ

อ่าวบ้านดอน จัดเป็นระบบนิเวศปากแม่น้ำและชายฝั่งทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงแห่งหนึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นแหล่งการทำประมงที่มีความสำคัญทั้งการทำประมงปลาผิวน้ำ ปลาหน้าดิน หมึก กุ้ง ปูม้า และปูทะเล วิถีชีวิตของประชากรชาวสุราษฎร์ธานีที่อาศัยอยู่รอบอ่าว และหมู่เกาะนอกชายฝั่งได้พึ่งพาอาศัยทรัพยากรสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อมในอ่าวบ้านดอนมายาวนาน (โครงการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง,2550) อ่าวบ้านดอนเป็นอ่าวที่มีผลผลิตทางการประมงสูงมาก จึงมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชายฝั่งทะเลในอ่าวบ้านดอนอย่างมากเกินกำลังผลิต (Jarernpornnipat *et al*., 2004) สถิติการทำประมงในปี 2529-2538 ของจังหวัดสุราษฎ์ธานี เป็นตัวชี้ให้เห็นถึงผลผลิตจากการทำประมงที่ลดลงอย่างมาก สัตว์น้ำที่จับได้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มปลาเป็ด (trash fish) บ่งชี้ให้เห็นว่ามีการทำประมงอย่างขาดความรับผิดชอบ มีการลงแรงทำประมง และใช้เครื่องมือทำประมงที่มีการทำลายพันธุ์สัตว์น้ำ (Wattayakorn *et al*.,1999) นอกจากนี้พื้นที่ในการทำประมงชายฝั่งของอ่าวบ้านดอนได้มีการแปรสภาพเป็นแปลงเลี้ยงหอย(หอยแครง และหอยนางรม) จึงทำให้ชาวประมงชายฝั่งมีพื้นที่ในการทำประมงลดลง(Sawusdee,2010) ส่งผลต่อเนื่องต่อปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้และขึ้นท่า จากข้อมูลปริมาณสัตว์น้ำทะเลของท่าเทียบเรือประมงสุราษฎร์ธานี โดยองค์การสะพานปลา ในระหว่าง พ.ศ. 2548-2557 พบว่าองค์ประกอบผลจับสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสัตว์น้ำกลุ่มปลาเป็ด ซึ่งในบางปีมีองค์ประกอบผลจับมากกว่าร้อยละ 70 ของผลจับทั้งหมด และผลการสำรวจยังชี้ให้เห็นว่าสัดส่วนผลจับสัตว์น้ำกลุ่มปลาหน้าดิน กุ้ง หมึกและปู ลดลงในทุกๆ ปี เมื่อพิจารณา ถึงองค์ประกอบขนาดของสัตว์น้ำที่จับได้ พบว่าผลจับสัตว์น้ำเกือบทุกชนิดเป็นสัตว์น้ำขนาดเล็ก ยังชี้ให้เห็นว่าชาวประมงจับสัตว์น้ำเศรษฐกิจได้น้อยลง ขณะที่องค์ประกอบผลจับส่วนใหญ่เป็นสัตว์น้ำขนาดเล็ก จึงทำให้ชาวประมงขายสัตว์น้ำได้ราคาค่อนข้างต่ำ ชี้ให้เห็นว่าสภาวะทรัพยากรประมงในบริเวณอ่าวบ้านดอนเสื่อมสภาพลง โดยสัตว์น้ำที่จับได้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มปลาเป็ด และขนาดสัตว์น้ำที่จับได้เป็นสัตว์น้ำขนาดเล็กที่ยังไม่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ ทำให้มูลค่าของสัตว์น้ำที่จับได้มีมูลค่าลดลง (Sawusdee, 2007) การทำประมงที่จับมากเกินกว่ากำลังผลิตและอย่างขาดความรับผิดชอบ ส่งผลต่อโครงสร้างในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศอ่าวบ้านดอน ซึ่งกำลังลดบทบาทของทางนิเวศวิทยาของอ่าวบ้านดอนลงอย่างมาก อาจส่งผลต่อเนื่องถึงแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ และสภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว ตลอดจนปริมาณของเสียที่ปล่อยลงสู่อ่าว ส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตทางการประมง อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้าง(ลำดับการกินของสายใยอาหาร)และการทำหน้าที่ในแต่ละลำดับขั้นการกินของระบบนิเวศ (Christensen, 1998) จากข้อมูลดังกล่าวเพื่อให้ทราบลำดับการกิน(trophic level) ของผลจับสัตว์น้ำในระบบนิเวศอ่าวบ้านดอนว่าลำดับการกินในสายใยอาหารที่เกิดขึ้นมีการควบคุมโดยผู้ล่าสูงสุด (top down control) หรือผู้ผลิตที่มีลำดับการกินต่ำสุด (bottom up control) ตามทฤษฎีของ Dyer and Letourneau (2003) เพื่อที่จะบริหารจัดการทรัพยากรประมงในอ่าวบ้านดอนได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างและปัจจัยต่างๆ ของระบบนิเวศดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อสามารถวางมาตรการจัดการได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและหน้าที่เชิงระบบนิเวศของปลาผิวน้ำในชายฝั่งอ่าวบ้านดอน ดำเนินการโดยใช้แนวทางศึกษาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเชิงนิเวศของแหล่งน้ำที่ชื่อว่า โปรมแกรมสำเร็จรูปอีโคพาธ(ECOPATH) ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อการประเมินทรัพยากรประมง และประเมินทิศทางปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรต่างๆ ในระบบนิเวศ (Christensen *et al*., 2005; 2008) รวมทั้งสามารถดัดแปลงนำไปใช้ในการประเมินความสัมพันธ์จากผลกระทบของการทำประมงทะเล ระบบนิเวศน้ำจืด และระบบนิเวศทางทะเล จากการทำประมงเพื่อนำไปสู่การจัดการ เพื่อความสมดุลของระบบนิเวศ ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการบริหารและจัดการระบบนิเวศชายฝั่งให้เกิดความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรต่อไป

วิธีดำเนินการ

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทำการศึกษาบริเวณชายฝั่งอ่าวบ้านดอน (Figure 1) ตั้งอยู่พิกัดระหว่างละติจูดที่ 9° 10’ ถึง 9° 40’ เหนือ ลองจิจูดที่ 99° 20’ ถึง 99° 60’ ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 480 ตารางกิโลเมตร ตั้งแต่ อำเภอไชยา ท่าฉาง พุนพิน เมืองสุราษฎร์ธานี กาญจนดิษฐ์ และอำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีความยาวชายฝั่งทะเลเป็นระยะทางประมาณ 120 กิโลเมตร อ่าวบ้านดอนเป็นอ่าวที่ค่อนข้างตื้น และความลาดชันค่อยๆ ลาดลง มีความลึกน้ำตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 5 เมตร โดยมีความลึกเฉลี่ย 2.9 เมตร ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ(ในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน) และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(ในช่วงปลายเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม) ทำให้แบ่งเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน และฤดูฝน ลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงเป็นแบบน้ำผสมชนิดน้ำคู่ (semi-diurnal tide) (Jarernpornnipat *et al*., 2004)

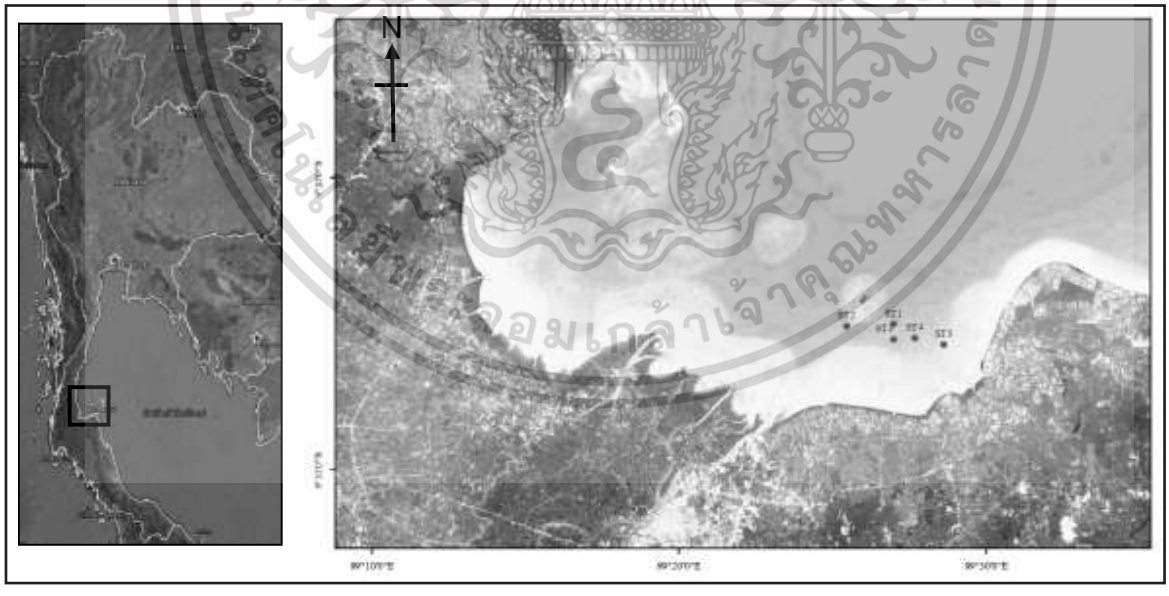

Figure 1 Study area in coastal area of Bandon bay, Suratthani province.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเก็บตัวอย่าง

รวบรวมตัวอย่างปลาผิวน้ำจากการทำประมงชายฝั่งในบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558 โดยเก็บตัวอย่างปลาผิวน้ำทุกๆ สองเดือนจากเรือประมงชายฝั่ง อย่างน้อย 5 ลำต่อเครื่องมือ จากการทำประมงด้วยเครื่องมืออวนลอย ลอบ จำแนกชนิด ชั่งน้ำหนัก และนำปลาที่รวบรวมได้มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) และวัดความยาวตลอดตัว (เซนติเมตร) ด้วยกระดาษวัดความยาวที่มีอันตรภาคชั้น 0.5 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 3 กิโลกรัมต่อลำ และสอบถามชาวประมงถึงชนิดเครื่องมือที่ใช้ทำประมง วิธีการทำประมง แหล่งการทำประมง ปริมาณการจับ(กิโลกรัม) การลงแรงประมง (วัน)

รวบรวมตัวอย่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ต้องใช้ในโปรแกรมอีโคพาธ โดยกำหนดจุดเก็บคุณภาพน้ำ แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ จำนวน 5 จุด (Figure 1) ด้วยเครื่องมือบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ยี่ห้อ Germin รุ่น GPSMAP 76S ดำเนินการทุกสองเดือน ระหว่างเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558

3. หลักการทำงานของโปรแกรมอีโคพาธ

การทำงานของโปรแกรมอีโคพาธ มีหลักการทำงานอยู่บนพื้นฐานของสมการสมดุลมวลสาร (mass balance) ที่ใช้ในแบบจำลอง (Christensen *et al*., 2008) โดยมีการปรับค่าตัวแปรบางตัว ดังนี้

$$P_i - B_i M_{2i} - P_i (1- EE_i) - EX_i = 0 \quad (1)$$

เมื่อ P_i หมายถึง ผลผลิตของกลุ่ม i, B_i หมายถึง มวลชีวภาพเป็นตัน (น้ำหนักเปียก), M_{2i} หมายถึง การตายจากผู้ล่า, EE_i หมายถึง ประสิทธิภาพของลำดับชั้นอาหาร, EX_i หมายถึง การส่งออกของพลังงาน โดยนำตัวแปรต่าง ๆ มาปรับใหม่เพื่อใช้ในโปรแกรมอีโคพาธ ดังนี้ (Pauly *et al*., 2000)

$$B_i (P/B)_i (EEi) = Y_i + \sum B_j (Q/B)_j DC_{ji} \quad (2)$$

เมื่อ B_i หมายถึง มวลชีวภาพเหยื่อเป็นตัน (น้ำหนักเปียก), P/B_i หมายถึง สัดส่วนการผลิตต่อมวลชีวภาพเหยื่อ, EE_i หมายถึง ประสิทธิภาพของลำดับชั้นอาหาร, Yi หมายถึง อัตราการจับ, $\sum B_j$ หมายถึง มวลชีวภาพผู้ล่าเป็นตัน (น้ำหนักเปียก), Q/B_j หมายถึง สัดส่วนการบริโภคต่อมวลชีวภาพผู้ล่า j, DC_{ji} หมายถึง การถูกบริโภคของเหยื่อ i โดยผู้ล่า j

4. การนำเข้าข้อมูลของโปรแกรมอีโคพาธ

การสร้างโปรแกรมอีโคพาธ ต้องมีการนำเข้าข้อมูลโดยใช้ข้อมูลของสัตว์น้ำจากการคำนวนดังนี้ (Table 1)

4.1 Biomass (B) คือ มวลชีวภาพ โดยมีการประเมินตามสมการดังนี้

มวลชีวภาพของสัตว์น้ำ (ตัน/ตารางกิโลเมตร) คำนวณตามวิธี Van *et al*. (2010) ดังสมการที่ 3

$$B = Y / F \quad (3)$$

เมื่อ F หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายจากการทำประมง, Y หมายถึง ผลจับสัตว์น้ำ

ข้อมูลมวลชีวภาพได้จากการหาผลการจับสัตว์น้ำโดยชั่งน้ำหนักสดของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงและสอบถามจำนวนครั้งที่ทำการประมง โดยค่าผลจับสัตว์น้ำที่ได้มาหารสัมประสิทธิ์การตายจากการทำประมงของสัตว์น้ำแต่ละชนิด มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช โดยการวัดค่ารงควัตถุของคลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบากศ์เมตร) (Parson *et al*., 1984) และประเมินตาม ค่าสัมประสิทธิ์ 0.3 มิลลิกรัมของคลอโรฟิลล์ เอ ต่อ 100 มิลลิกรัมของมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวภาพแพลงก์ตอนพืช (Chen *et al*., 2011, Xu *et al*., 2011) วิธีการหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll-*a*) โดยกรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 25 ไมครอน เก็บตัวอย่างน้ำที่กรองได้ในขวดเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Trichromatic method โดยใช้เครื่อง spectrophotometer จากการศึกษาระดับความลึกที่แสงส่องถึงคือ 2.5 เมตร ส่วน มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนสัตว์ เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์โดยกรอง ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 60 ไมครอน เก็บตัวอย่างเพื่อ นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ประเมินโดยการแทนที่ปริมาตร ตามวิธีของ Ahlstrom and Thrailkill (1960), Chen *et al*. (2011), Xu *et al*. (2011) และมวลชีวภาพของเศษซาก (detritus) ประเมินจากผู้ผลิตขั้นต้น(primary production) กับระดับความลึกที่แสงสว่างส่องถึง (euphotic depth) ตามวิธีของ Christensen and Pauly (1993) ดังสมการที่ 4

$$\text{Log}^{D} = -2.41 + 0.954 \log^{PP} + 0.863 \log^{E} \quad (4)$$

เมื่อ D หมายถึง มวลชีวภาพของเศษซาก, PP หมายถึง ผู้ผลิตขั้นต้น, E หมายถึง ระดับความลึกที่แสงสว่างส่องถึง โดยคำนวณ ค่า E หรือ D_{eu}(PAR) ได้จากสมการที่ 5 ตาม Zhang *et al*.(2006) จากการศึกษา ระดับความลึกเฉลี่ยที่แสงส่องถึง 2.5 เมตร

$$D_{eu}(PAR) = 4.605/(0.0626TSS+1.6068) \quad (5)$$

เมื่อ D_{eu}(PAR) หมายถึง ระดับความลึกที่แสงสว่างส่องถึง, TSS หมายถึง ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ (total suspended solids, TSS) โดยวิธีกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรอง whatman GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.47 มิลลิเมตร แล้วอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึก

4.2 Production/Biomass (P/B) คือ ผลผลิตต่อมวลชีวภาพ ซึ่งมีค่าเท่ากับ ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) (Allen, 1971) โดยกลุ่มปลาใช้ข้อมูลการแจกแจงความถี่ของความยาว คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม จากวิธี length converted catch curves ด้วยโปรแกรม FiSAT (Pauly *et al*., 2000) คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม ซึ่งเป็นผลรวมของสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (fishing mortality: F) กับ สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M) ตามสมการที่ 6 กลุ่มสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Christensen (1998); Fröese and Pauly (2014) และ Villanueva *et al*. (2008) (Table1)

$$Z = F+M \quad (6)$$

เมื่อ F หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง, M หมายถึง สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ และคำนวนสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M) โดยใช้โปรแกรม FiSAT คำนวนตาม Pauly (1980) ตามสมการที่ 7

$$M = K^{0.65} \cdot L_{\infty}^{-0.279} \cdot T^{0.463} \quad (7)$$

เมื่อ K หมายถึง ค่าสัมประสิทธิการเติบโต, L_{∞} หมายถึง ค่าความยาวอนันต์, T หมายถึง อุณหภูมิผิวน้ำเฉลี่ยที่ 29.5 องศาเซลเซียส (จากการศึกษา)

การศึกษาตัวอย่างปลาผิวน้ำ.ในระบบนิเวศอ่าวบ้านดอน ได้ค่าสัมประสิทธิ์จากการศึกษา มีค่าความยาวสูงสุด ($L\infty$) ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) สัมประสิทธิ์การตายจากการทำประมง (F) ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติ (M) ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ดังแสดงใน Table1

Table 1 Growth and mortality parameters of selected ECOPATH functional biological groups in Bandon bay.

Biological groups	L_∞	K	$M(yr^{-1})$	$F(yr^{-1})$	$Z(yr^{-1})$	Y
Eleutheronema tetradactylum	71.4	0.65	1.1	0.07	1.17	0.657
Scatophagus argus	25	1.2	2.14	1.06	3.2	0.003
Setipinna melanochir	22.5	0.57	1.07	0.45	1.52	0.009
Liza sp.	36.5	0.62	1.19	2.63	3.82	0.001
Megalaspis cordyla	49.6	0.63	1.06	2.60	3.66	0.002
Anodontostoma chucunda	18.1	1.3	2.39	4.42	6.81	0.007
Rastrelligerbrachysoma	28.1	1.45	2.41	8.86	11.27	0.0003

4.3 Consumption/Biomass (Q/B) คือ การบริโภคต่อหน่วยชีวมวลต่อปี กลุ่มปลาทำการคำนวณจากสมการของ Palomares and Pauly (1989; 1998) ตามสมการที่ 8 หรือใช้ฐานข้อมูลจาก FishBase (Fröese and Pauly, 2014) กลุ่มชนิดสัตว์น้ำอื่นๆ ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Pauly *et al*. (1993)

$$Q/B = 3 \cdot W_\infty^{-0.2} \cdot T^{0.6} \cdot A_R^{0.5} \cdot 3\,e^{Ft} \quad (8)$$

เมื่อ W_∞ หมายถึง ค่าน้ำหนักอนันต์, T หมายถึง อุณหภูมิผิวน้ำเฉลี่ย, Ft หมายถึง ชนิดของอาหารที่กลุ่มตัวอย่างบริโภค แทนค่าตามการทำนายการกินอาหาร (แทนค่า 0 ในกลุ่มสัตว์กินสัตว์ เป็นอาหาร และแทนค่า 1 กลุ่มสัตว์ที่กินพืช และเศษซากเป็นอาหาร), A_R หมายถึง ค่า aspect ratio หรือใช้ค่าจากการศึกษาของ Vibunpant *et al*. (2003) หรือใช้ฐานข้อมูลจาก FishBase (Fröese and Pauly, 2014) โดยค่า A_R คำนวณได้ตามสมการที่ 9

$$A_R = H^2/S \quad (9)$$

เมื่อ H^2 หมายถึง ความสูงของครีบหาง, S หมายถึง พื้นที่ที่ครีบหางสัมผัสน้ำ

4.4 Diet composition (DC) คือ การถูกบริโภคของเหยื่อ โดยผู้ล่า ศึกษาชนิดและสัดส่วนของอาหารในกระเพาะอาหารปลาผิวน้ำที่พบ อย่างน้อยจำนวน 30 ตัว โดยใช้วิธีคำนวณจากอาหารที่พบแล้วจำแนกตามชนิดและชั่งน้ำหนักหาสัดส่วนเป็นร้อยละ (weight composition (%W)) (Hyslop, 1980) วิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ (stomach content analysis) โดยนำตัวอย่างปลามา ผ่าช่องท้องเพื่อเก็บตัวอย่างกระเพาะอาหารของปลาแต่ละตัว มาเก็บรักษาในน้ำยาฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างกระเพาะที่ได้มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการล้างฟอร์มาลีนออกด้วยน้ำกลั่นชั่งน้ำหนัก (กรัม) หลังจากนั้นทำการผ่าเปิดกระเพาะเพื่อนำอาหารที่อยู่ภายในออกมาจำแนกชนิดอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และนับจำนวนอาหารแต่ละชนิด ชั่งน้ำหนักอาหารแต่ละชนิดที่พบ (กรัม) และน้ำหนักของกระเพาะที่เหลือ (กรัม) ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) (Hyslop, 1980; Pasquaud *et al*., 2007) และข้อมูลการศึกษาจาก Sawusdee *et al*. (2009); Yamashita *et al*. (1987); Froese and Pauly (2014)

4.5 Ecotrophic efficiencies (EE) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับชั้นอาหาร คำนวณโดยโปรแกรมอีโคพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่ของสายใยอาหารในระบบนิเวศอ่าวบ้านดอน พบว่าค่าประสิทธิภาพของระบบ (ecotrophic efficiencies; EE) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างการใช้ทรัพยากรในระบบ เป็นค่าความสามารถในการใช้ประโยชน์ขององค์ประกอบต่างๆในระบบนิเวศ ว่าสามารถใช้ประโยชน์ หรือกินกลุ่มอื่นได้มากน้อยเพียงใด ค่าที่ได้จากการศึกษามีความแตกต่างกัน (มีค่าระหว่าง 0.087 ถึง 0.900, Table 2) จากหลักการของโปรแกรมอีโคพาธ ค่าประสิทธิภาพของระบบ เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมาก เนื่องจาก เป็นสัดส่วนของการผลิตที่ถูกบริโภคโดยผู้ล่า หรือถูกส่งออก ค่าประสิทธิภาพของระบบ ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 (Christensen *et al*., 2005) ชี้ให้เห็นว่าชนิดของสัตว์น้ำมีการถูกล่าจากผู้ล่าเพื่อเป็นอาหาร หรือถูกใช้ประโยชน์จากการทำประมงอย่างมาก ดังนั้นกลุ่มของปลาผิวน้ำที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่า EE มีค่ามากกว่า 0.9 (Table 2) อาจตั้งข้อสังเกตได้ว่ากลุ่มปลาผิวน้ำในบริเวณชายฝั่งอ่าวบ้านดอนมีการถูกล่าโดยผู้ล่า และการถูกใช้ประโยชน์อย่างมากจากการทำประมง โดยเฉพาะการทำประมงที่เกินศักย์การผลิตในกลุ่มของปลาผิวน้ำ อย่างไรก็ตามค่า EE ของปลากุเรา (*E. tetradactylum*) ที่มีค่า 0.200 มีความสมเหตุสมผลเพราะ EE มักมีค่าค่อนข้างต่ำในกลุ่มผู้ล่าสูงสุด (top predator) (Christensen *et al*., 2005; Ullah *et al*., 2012) และจากการศึกษาไม่พบว่าปลากุเราถูกบริโภคโดยสัตว์น้ำชนิดใด EE ของแพลงก์ตอนพืชมีค่าค่อนข้างสูง (0.760) และยังเป็นองค์ประกอบหลักของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของกลุ่มปลาผิวน้ำ รวมถึงกลุ่มครัสเตเชียน (กุ้ง, ปู) และหอย อีกด้วย ทั้งนี้ EE ของแพลงก์ตอนพืชและเศษซากมีค่าน้อยกว่า 1 เป็นไปตามทฤษฎีของ Christensen and Pauly (1993) เพราะเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) นอกจากนี้ ค่า EE ของเศษซาก (0.087) ซึ่งเป็นค่าแสดงถึงสัดส่วนการไหลออกของเศษซากต่อการไหลเข้าของเศษซากในระบบ ซึ่งได้ค่าน้อยกว่า 1 แสดงถึงมีปริมาณการไหลเข้าของเศษซากมากกว่าการไหลออกจากระบบนิเวศ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้น้อยอาจเนื่องมาจากในระบบนิเวศมีผู้บริโภคลำดับที่สองมากเกินไป (โดยเฉพาะแพลงก์ตอนสัตว์) หรือมีกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการอินทรียสารจากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (Lin *et al*., 2007) ส่วนค่า EE ของกลุ่มหมึกมีค่าสูง (0.900) จากการศึกษาพบมีการทำประมงหมึกมากและหมึกยังเป็นผู้ล่าที่อยู่ในลำดับขั้นอาหารที่สูง (2.934) (Table2) สำหรับกลุ่มกุ้งมีค่า EE ค่อนข้างสูง (0.705) เนื่องจากถูกกินเป็นอาหารส่วนใหญ่เช่นเดียวกับแพลงก์ตอนพืช

ประสิทธิภาพการแปลงอาหารขั้นต้น (gross food convertion efficiency,GE) หรือการผลิตต่อการบริโภค (production/consumption; P/Q) จากการศึกษาพบว่า P/Q ในปลาตะกรับ (*Scatophagus argus*) มีค่า 0.07 (Table 2) อาจเนื่องมาจากมีการบริโภคอาหารสูงกว่าปลาชนิดอื่น ๆ (Thapanand *et al*., 2009) และมีการบริโภคต่อมวลชีวภาพที่ค่อนข้างสูง (Q/B = 45.5) ส่วนในกลุ่มปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ค่าที่ประเมินโดยแบบจำลองอยู่ในระดับที่สมดุล Christensen *et al*. (2005) กล่าวว่าค่า P/Q เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ทำให้เกิดความสมดุลในระบบนิเวศ มักมีค่าอยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 ซึ่งอาจมีค่าต่ำกว่า 0.1 ในผู้ล่าสูงสุด หรือมีค่าสูงกว่า 0.3 ในกลุ่มของแบคทีเรีย เป็นต้น

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชนิดของอาหารในกระเพาะ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะในรูปสัดส่วนน้ำหนักของอาหารแต่ละชนิด (Hyslop, 1980; Pasquaud *et al*., 2007) และข้อมูลการศึกษาจากระบบนิเวศที่พบชนิดของสัตว์น้ำเดียวกันอ้างตาม Sawusdee *et al*. (2009); Yamashita e*t al*. (1987); Froese and Pauly (2014) ซึ่งองค์ประกอบของประเภทอาหารที่พบส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกันกับรายงานที่เคยมีการศึกษามาก่อนนี้ โดยลำดับสัตว์น้ำที่อยู่ในตารางตามแนวตั้งเป็นเหยื่อ (prey) ซึ่งถูกบริโภคโดยผู้ล่า (predator) ตามลำดับในแนวนอน (Table 3) ซึ่งสามารถแยกชนิดของปลาซึ่งเป็นโครงสร้างตามลำดับการกินในสายใยอาหารในระบบนิเวศอ่าวบ้านดอนได้ชัดเจน นั่นคือ ผู้ล่าสูงสุด คือ ปลากุเรา (*E. tetradactylum*) จัดเป็นพวกปลากินสัตว์ (carnivorous fish) ซึ่งบริโภคปลาแมว (3) ปลากระบอก (4) ปลาตะเพียนทะเล(6) หมึก(8) และกุ้ง(9) ส่วน ปลาตะกรับ (*S. argus*) นั้นจัดเป็นโครงสร้างปลากินเศษซากและแพลงก์ตอนพืช ส่วนลำดับการกินต่ำสุด คือ แพลงก์ตอนพืชและเศษซาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกำลังผลิตหรือแหล่งอาหารในสายใยอาหารของระบบนิเวศนี้

Table 2 Basic parameters for the biological groups in the Ecopath model of Bandon bay was computed by the model to be put in bold.

	Biological groups	TL (trophic level)	B (t km^{-2}) (biomass)	P/B (/year) (production/ biomass)	Q/B (/year) (consumption/ biomass)	EE (ecotrophic efficiencies)	GE (gross food convertion efficiency)
1.	*Eleutheronema tetradactylum*	3.441	0.046	1.17	8.6	0.20	0.136
2.	*Scatophagus argus*	2.000	0.0036	3.19	45.5	0.90	0.070
3.	*Setipinna melanochir*	2.768	0.0041	1.52	15.4	0.89	0.099
4.	*Liza* sp.	2.073	0.0025	3.82	13.4	0.90	0.285
5.	*Megalaspis cordyla*	2.031	0.0052	3.66	14.9	0.90	0.246
6.	*Anodontostoma chucunda*	2.010	0.0029	6.81	64.9	0.90	0.105
7.	*Rastrelliger brachysoma*	2.042	0.0027	11.27	53.8	0.90	0.209
8.	Squids	2.934	0.0025	2.5[a]	11.5[a]	0.90	0.217
9.	Shrimps	2.052	0.0417	3[b]	15.5[b]	0.705	0.194
10.	benthic fauna	2.552	0.0250	5[c]	25[c]	0.406	0.200
11.	Crabs	2.657	0.0150	2.5[d]	8.5[d]	0.136	0.294
12.	Zooplankton	2.042	17.300	40[e]	160[e]	0.165	0.250
13.	Phytoplanton	1.000	30.000	200[f]		0.760	
14.	Detritus	1.000	10.000			0.087	

[a,b,d] Empirical relationships developed by Van *et al*. (2010)

[c,e,f] Empirical relationships developed by Sawadee *et al*. (2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3 Diet composition of species biological groups in coastal zone of Bandon Bay.

	Prey/pedator	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	*Eleutheronema tetradactylum*												
2	*Scatophagus argus*												
3	*Setipinna melanochir*	0.25							0.20				
4	*Liza* sp.	0.25											
5	*Megalaspis cordyla*												
6	*Anodontostoma chucunda*	0.16											
7	*Rastrelliger brachysoma*												
8	Squids	0.24							0.30				
9	Shrimps	0.10		0.73								0.02	
10	benthic fauna										0.02	0.30	
11	Crabs											0.04	
12	Zooplankton				0.07	0.03	0.01	0.04		0.05	0.50	0.10	0.04
13	Phytoplanton		0.50		0.80	0.90	0.89	0.86		0.85	0.45	0.40	0.90
14	Detritus		0.50	0.27	0.13	0.07	0.10	0.10	0.50	0.10	0.03	0.14	0.06

โปรแกรมอีโคพาธมีการแสดงภาพของลำดับชั้นอาหาร (Trophic levels; TLs) และสายใยอาหาร ขนาดของรูปวงกลมแสดงถึงขนาดของมวลชีวภาพ (Figure 2) ซึ่งถูกประเมินจากแบบจำลองโดยเลข 1.000 เป็นลำดับชั้นอาหารของผู้ผลิตขั้นต้น และเศษซาก ลำดับชั้นอาหาร 3.441 เป็นของผู้ล่าสูงสุด คือปลากุเรา (*E. tetradactylum*) แผนภาพยังแสดงให้เห็นถึงสัตว์น้ำหลายกลุ่มอยู่ในลำดับชั้นอาหารเดียวกัน ดังเช่น กลุ่มปลา (*S. argus*, *Liza* sp., *Megalaspis cordyla*, *A. chucunda*, *R. brachysoma*) ที่มีการบริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหาร ส่วนใหญ่อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ 2 ผลจากแบบจำลองแสดงลำดับชั้นอาหารของหมึก ซึ่งโดยปกติมีพฤติกรรมการล่าเหยื่อที่มีชีวิตเป็นอาหารอยู่ในลำดับชั้นอาหารที่สูงกว่ากลุ่มปลาผิวน้ำอื่นๆ ที่ได้จากการศึกษา (TLs 2.934) โดยกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่อยู่ระหว่างลำดับชั้นอาหารที่ 2 และ 3 มีเพียงกลุ่มกุ้งที่อยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ 2 (TLs 2.052) (Table 2) ส่วนโครงสร้างของลำดับชั้นอาหาร (trophic structure) ของกลุ่มปลาผิวน้ำในระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวบ้านดอน ในลำดับชั้นอาหารที่สอง ที่พบมีปลาผิวน้ำหลายชนิดอยู่ในลำดับชั้นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของปลาผิวน้ำมีความสำคัญทั้งการเป็นผู้ล่าและการเป็นเหยื่อ จากการศึกษาในระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวบ้านดอน ผู้ล่าสูงสุดมีจำนวนชนิดที่ได้ทำการศึกษาน้อยและเป็นผลให้มีมวลชีวภาพของผู้ล่าสูงสุดที่ต่ำกว่ากลุ่มปลาผิวน้ำที่อยู่ในลำดับชั้นอาหารรองลงมา อาจเนื่องมาจากมีการลงแรงทำประมงอย่างหนาแน่น (Sawusdee, 2010) ทำให้โครงสร้างของกลุ่มปลาผิวน้ำจากการศึกษาครั้งนี้ พบเป็นปลาผิวน้ำที่บริโภคแพลงก์ตอนเป็นอาหารและอยู่ลำดับชั้นอาหารที่สองเป็นส่วนใหญ่ แสดงถึงระบบนิเวศมีการทำประมงเกินศักย์การผลิต (Pauly, 1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

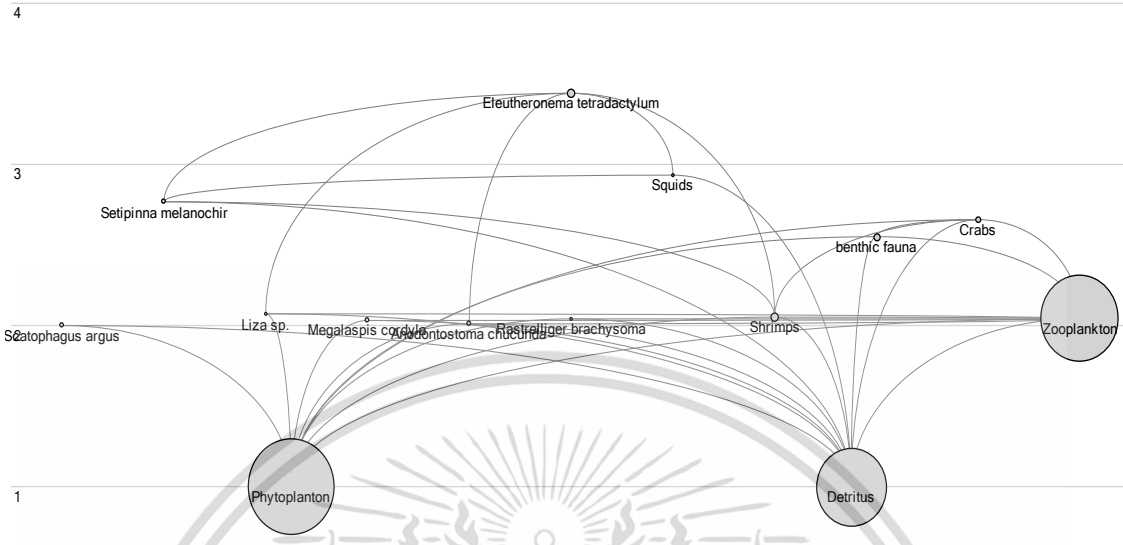

Figure 2 Trophic relationships of functional groups in coastal area of Bandon bay

ผลจากโปรแกรมอีโคพาธ สามารถนำมาวิเคราะห์ หาผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศ (mixed trophic impacts) (Ulanowicz and Puccia,1990) เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเลือกวิธีการควบคุมลำดับชั้นอาหารควรใช้วิธีคุมจากบนสู่ล่าง('top-down' control) เป็นวิธีการควบคุมลำดับชั้นอาหารที่สูงสุด ได้แก่กลุ่มของผู้ล่าให้มีปริมาณที่เหมาะสมและมีความสมดุลในสายใยอาหาร หรือการควบคุมลำดับชั้นอาหารโดยวิธีคุมจากล่างสู่บน ('bottom-up' control) (Figure 3) เป็นวิธีควบคุมลำดับชั้นอาหารจากล่างที่ลำดับชั้นอาหาร 1 (trophic level 1) ซึ่งได้แก่ กลุ่มแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อมให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอต่อสายใยอาหารในระบบนิเวศ จากภาพแสดงผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบเมื่อมีการเพิ่มมวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในรายชื่อทางซ้ายมือต่อสิ่งมีชีวิตในแถวแนวตั้ง แถบที่อยู่เหนือเส้นชี้ให้เห็นว่าเกิดผลกระทบเชิงบวก ขณะที่แถบที่อยู่ใต้เส้นแสดงการเกิดผลกระทบเชิงลบ จากผลการจำลองของโปรแกรมอีโคพาธ พบแพลงก์ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมด เช่นปลาตะกรับ (*S. argus*) ปลาแมว (*Setipinna melanochir*) ปลากระบอก (*Liza* sp.) และปลาแข้งไก่ (*Megalaspis cordyla*) เป็นต้น ที่มีการกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร และเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อม ยกเว้นกลุ่มหมึกซึ่งแพลงก์ตอนพืชไม่ใช่อาหารของหมึกจึงทำให้แพลงก์ตอนพืชแสดงผลเชิงลบกับกลุ่มหมึก ส่วนแพลงก์ตอนพืชที่แสดงผลกระทบกระเชิงลบกับแพลงก์ตอนพืชด้วยกัน อาจเนื่องมาจากต้องมีการแย่งสารอาหารเพื่อการเติบโต ขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์ที่แสดงผลกระทบเชิงลบกับทุกสิ่งมีชีวิตนั้นเนื่องมาจากแพลงก์ตอนสัตว์ไม่ใช่อาหารกลุ่มหลักหรือไม่ใช่อาหารโดยตรงของสิ่งมีชีวิตที่ศึกษาในระบบนิเวศและที่ส่งกระทบทางลบกับแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยกันเองเพราะเกิดการแย่งอาหารกันเอง จากการวิเคราะห์เรื่องผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตหนึ่งต่อปริมาณสิ่งมีชีวิตอื่นๆในระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวบ้านดอน เมื่อมีการเพิ่มมวลชีวภาพของปลากุเรา จะส่งผลกระทบทางลบกับกลุ่มปลาผิวน้ำและหมึก เนื่องจากปลากุเราเป็นผู้ล่าสูงสุดในระบบนิเวศนี้และมีการบริโภคปลาผิวน้ำเกือบทุกชนิดและหมึกเป็นอาหาร การเลือกวิธีการควบคุมลำดับชั้นอาหารจึงควรเลือกวิธีคุมแบบบนสู่ล่าง (Carpenter *et al.*,1985) จึงไม่สามารถใช้ได้ ซึ่งผลของแบบจำลองแพลงก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมดเนื่องจากเป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อม และแพลงก์ตอนพืชยังเป็นอาหารของปลาผิวน้ำ ดังนั้นการควบคุมลำดับชั้นอาหารแบบล่างสู่บน จึงมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากการผันแปรของปริมาณแพลงก์ตอนส่งผลต่อสายใยอาหารทั้งหมด สอดคล้องกับทฤษฎีทางนิเวศวิทยา ของ Dyer and Letourneau (2003)

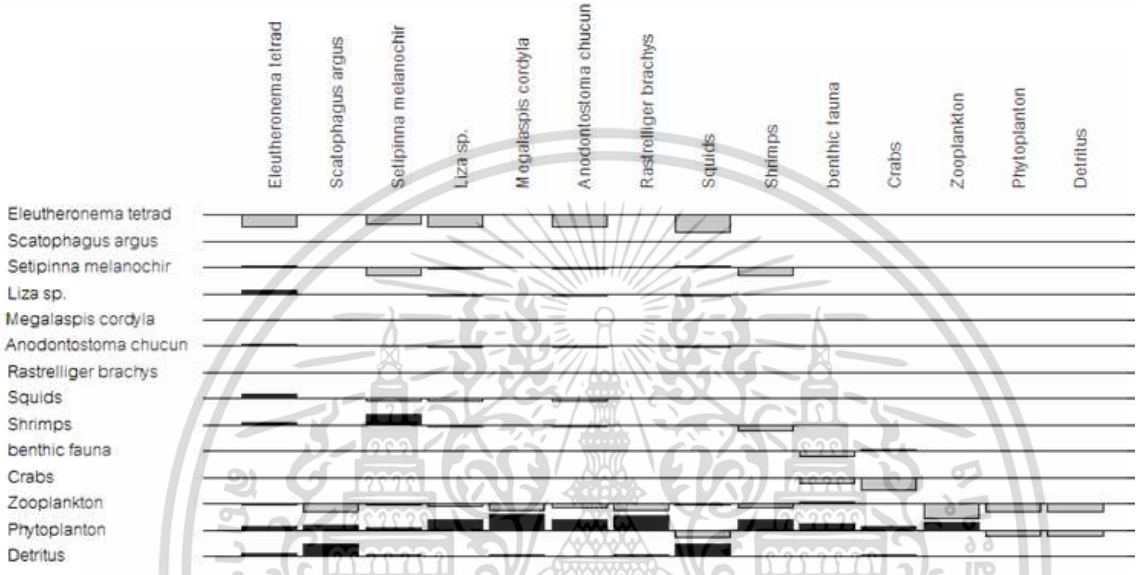

Figure 3 Mixed trophic impacts for pelagic fish in coastal Bandon bay. Impacted groups are arranged along the horizontal axis and impacting groups are arranged down the vertical axis.

ความสมดุลของสมการในแบบจำลอง (balancing the model) ได้ตรวจสอบความสมดุลของแบบจำลองจากสมมติฐานสมดุลสมการที่ 2 ถึงความสมเหตุสมผลของความสมดุลของสมการว่าได้รับการรับรองความถูกต้อง ประกอบด้วยสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก การตรวจสอบความสมจริงของรูปแบบเป็นเพื่อตรวจสอบว่า EE ต้องมีค่าน้อยกว่า 1.0 สำหรับทุกกลุ่มเนื่องจากถูกตั้งสันนิษฐานว่า ประชากรในกลุ่มไม่ควรถูกบริโภคเกินจากการผลิตภายในกลุ่ม และ EE ควรจะใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุดสำหรับทุกกลุ่ม ในการศึกษาครั้งนี้ EE มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 0.90 สะท้อนให้เห็นถึงการทำประมงอย่างหนาแน่นในพื้นที่นี้ ขั้นตอนที่สองคือการตรวจสอบว่า GE หรือ P/Q อยู่ในช่วงของ 0.1-0.3 โดยทั่วไป GE ไม่สามารถสูงกว่าประสิทธิภาพสุทธิได้ ยกเว้นอาจมีค่าต่ำกว่าสำหรับผู้ล่าสูงสุด และมีค่าสูงขึ้นสำหรับกลุ่มปลาวัยอ่อน (Christensen *et al*., 2005)

สรุป

การวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศอ่าวบ้านดอน สรุปได้ว่าผลจากโปรแกรมอีโคพาธ สามารถแสดงถึงลำดับชั้นอาหารในสายใยอาหาร และหาผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศได้ ซึ่งในระบบนิเวศชายฝั่งอ่าวบ้านดอน พบปลากุเรา (*E. tetradactylum*) เป็นชนิดปลาผิวน้ำที่อยู่ในลำดับชั้นอาหารสูงสุด (TLs 3.441) ส่วนแพลงก์ตอนพืชและเศษซากอยู่ในลำดับชั้นอาหารที่ต่ำสุด (TLs 1.000) ผลกระทบของปริมาณสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในระบบนิเวศเมื่อมีการเพิ่มมวลชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของปลากุเรา จะส่งผลกระทบทางลบกับกลุ่มปลาผิวน้ำและหมึก ในขณะที่แพลงก์ตอนพืชแสดงผลทางบวกกับสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมดเนื่องจากเป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อมของปลาผิวน้ำ และแพลงก์ตอนพืชยังเป็นอาหารของปลาผิวน้ำ ดังนั้นการควบคุมลำดับชั้นอาหารแบบล่างสู่บน จึงมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากการผันแปรของปริมาณแพลงก์ตอนพืชส่งผลต่อสายใยอาหารทั้งหมดในระบบนิเวศ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอขอบคุณคุณทวินันท์ ดาบเงิน ขอขอบคุณเจ้าของเรือประมง บริเวณคลองฉนาก คลองพุนพินในอ่าวบ้านดอนทุกลำ ที่ให้ความสะดวกในการรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการของหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

โครงการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง. 2550. การวางแผนการจัดการอ่าวบ้านดอน: การวิเคราะห์และวินิจฉัยระบบชายฝั่ง (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์) มหาวิทยาลัยวัยลักษณ์. 272 หน้า.

Ahlstrom, E., H. and J. R., Thrailkill. 1960. Plankton volume loss with time of preservation. CalCOFI Rep 9:57–73.

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

Carpenter, S. R., J.F., Kitchell and J. R., Hodgson. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. Bioscience 35:634–639.

Chen , Z., S., Xu and P., He. 2011. An ecological model of the artificial ecosystem (northern Hangzhou Bay, China): analysis of ecosystem structure and fishing impacts. Helgol Mar Res.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., C., Walters and D., Pauly. 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., C., Walters, D., Pauly and R., Forrest. 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 and D., Pauly .1993. Trophic models of aquatic ecosystems. In: ICLARM conference proceedings. 26:390.

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

Froese, R., and D., Pauly. 2014 (Eds). Fishbase Worldwide Web Electronic Publication. Available at:http// www.fishbase.org.

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

Jarernpornnipat, A., Pedersen, O., Jensen, K.R., Boromthanarat, S., Vongvisessomjai, S. and P.,Choncheanchob. 2004. Sustainable management of shellfish resources in Bandon Bay, Gulf of Thailand. Journal of Coastal Conservation.9:135-146.

Lin, H., J., Shao, K., T., Jan, R., Q., Hsieh, H., L., Chen, C., P., Hsieh, L., Y. and Hsiao, Y., T. 2007. A trophic model for the Danshuei River Estuary, a hypoxic estuary in northern Taiwan. Marine Pollution Bulletin. 54:1789-1800.

Palomares, M.L.D., and D., Pauly. 1989. A multiple regression model for predidting the food consumption of marine fish populations. Journal of Marine and Freshwater Research. 40: 259-273.

Palomares, M.L.D., and D., Pauly. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Pasquaud, S., J., Lobry and P., Elie. 2007. Facing the necessity of describing estuarine ecosystem: a review of food web ecology study techniques. Hydrobiologia. 588: 159-172.

Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 3:175–192.

Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stock. FAO Fisheries Technical Paper 234. FAO, Rome. p 62.

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

Roberts, C.M. 1995. Effects of fishing on the ecosystem structure of coral reefs. Conservation. Biology. 9: 988–995.

Sawusdee, A. 2007. Bandon Bay and its offshore islands management planning project: Analysis and diagnosis of the coastal production systems (Fisheries sector). Coastal habitats and resources management project (CHARM). p.1-119.

Sawusdee, A., T., Jutagate, T., Thapanand Chaidee, S., Tongkhoa and P., Chotipuntu. 2009. Fishes in the Pak Panang River and Bay in relation to the anti-salt dam operation, Part II: Trophic Model. Kasetsart Journal (Natural Science) 43: 107-119.

Sawusdee, A. 2010. Fishing status and management proposal in Bandon Bay, Suratthani province, Thailand. Walailak Journal of Science & Technology. 7(2): 89-101.

Thapanand, T., Moreau, J., Jutagatee, T., Wongrat, P., Lekcholayut, P., Meksumpun, C., Janekitkarn, Rodloi, S. and L., Wongrat. 2009. Trophic relationship and ecosystem in a newly impounded man-made lake in Thailand. Fisheries Management and Ecology. 16: 77–87.

Vibunpant, S., N., Khongchai, J., Seng-eid, M., Eiamsa-ard and M., Supongpan. 2003. Trophic model of the coastal fisheries ecosystem in the Gulf of Thailand. World Center Conference Proceedings. 67: p.365 - 386.

Van, M.V., N.T., Phuong, T.D., Dinh, M., Villanueva and J., Moreau. 2010. A mass-balance Ecopath model of coastal areas in the Mekong Delta, Vietnam. Asian Fisheries Science 23:208-223.

Ulanowicz, R.E. and C.J., Puccia. 1990. Mixed trophic impacts in ecosystems. Coenoses 5:7–16.

Ullah, M., H., Nabi. M., R.,U. and Mamun, M., A., A. 2012. Trophic model of the coastal ecosystem of the Bay of Bengal using mass balance Ecopath model. Ecological Modelling. 225:82-94.

Villanueva, M.C., J., Moreau, U.S., Amarasinghe and F., Schiemer. 2008. Foodweb and the trophic structure of two Asian reservoirs using Ecopath with Ecosim and Ecospace: A comparative study, pp. 413-434. In: Schiemer F., Simon D., Amarasinghe U.S. and Moreau J. (eds.) Aquatic Ecosystems and Development: Comparative Asian Perspectives, Backhuys Publishers, Leiden.

Wattayakorn, G., Aksornkoae, S., Tingsabadh, C., Sathirathai, S., Piumsomboon, A. and N., Praphavasit. 1999. Economic evaluation and biogeochemical modeling of Bandon Bay, Surat Thani, Thailand. Synthesis Report: Thailand Core Research Sit. Sarcs/wotro/loicz project, Bangkok, Thailand.

Xu, S., Z., Chen, S., Li, and P., He. 2011. Modeling trophic structure and energy flows in a coastal artificial ecosystem using mass-balance Ecopath model. Estuaries and Coasts. 34: 351–363.

Yamashita, Y., K., Mochizuki, and M., Piamthipmanus. 1987. Gut contents analysis of fishes sampled from the Gulf of Thailand. pp.33–35. In: K. Kawagushi (ed.). Studies on the Mechanism of Marine Productivity in the Shallow Waters Around the South China Sea, with special reference to the Gulf of Thailand, Ministry of Education, Science and Culture of Japan, Tokyo. Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography (Japan).

Zhang, Y., Q., Boqiang, H., Weiping, W., Sumin, C., Yuwei, and C., Weimin. 2006. Temporal-spatial variations of euphotic depth of typical lake regions in Lake Taihu and its ecological environmental significance. Science in China: Series D Earth Sciences. 49(4): 431-442.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้