

## การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง

Using Dominant Phyto plankton indicator water quality Prasae river,  
Rayong Province.

สุเทพ เจือละออง สุทธิดา กาญจน่อติเรกลาภ และมิกมินทร์ จารุจินดา

Suthep Jualaong and Suthida Kan-atireklap and Mickmin Jarujinda

ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก 309 หมู่ 1 ตำบลปากน้ำประแส

อำเภอแกลง จังหวัดระยอง 21170

Eastern Marine and Coastal Resources Research Center, 309 Moo 1, Paknamprasae, Klaeng District,

Rayong Province 21170

### บทคัดย่อ

การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการชี้วัดคุณภาพน้ำด้วยวิธี AARL –PP Score (Applied Algal Research Laboratory : AARL) เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ ในแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนกันยายนปี พ.ศ. 2548 รวม 4 ครั้งจำนวน 10 สถานี พบว่าแม่น้ำประแสมีคุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ถึงไม่ดี (Moderate-polluted) มีคะแนนเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทุกเดือน เท่ากับ 5.61 และ Trophic level เป็นแบบ Meso-eutrophic status บริเวณที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนของแพลงก์ตอนพืชสูง 8.00 และ 8.33 และมีผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับไม่ดี (polluted) และ Trophic level เป็นแบบ Eutrophic status คือ สถานี PR 5 ในเดือน ธันวาคม 2549 และสถานี PR 8 ในเดือน กุมภาพันธ์ 2550 ตามลำดับ เนื่องจากทั้ง 2 สถานีเก็บตัวอย่างเป็นแหล่งเลี้ยงกุ้ง เมื่อพิจารณาประกอบกับการวิเคราะห์ PCA ของตัวแปรธาตุอาหาร จำนวน 5 ตัว ได้แก่ แอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) ไนโตร (NO<sub>2</sub>) ไนเตรท (NO<sub>3</sub>) ซิลิเกต (SiO<sub>2</sub>) และ ฟอสเฟต (PO<sub>3</sub>)

จากสถานีเก็บตัวอย่าง จำนวน 10 สถานี พบว่าจากสมการความสัมพันธ์ของ แกน PC 1 แสดงการลดลงของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากมีค่าเป็น “-” ในเดือน เดือนพฤศจิกายน, มกราคม และ กุมภาพันธ์ ซึ่งมีค่าสูงสุด ของ PCA อยู่ระหว่าง 1.28-2.35 แต่เดือน ธันวาคม 2549 จากสมการความสัมพันธ์ของ แกน PC 1 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากมีค่าเป็น “+” ซึ่งมีค่าสูงสุด ของ PCA เท่ากับ 5.2 เมื่อพิจารณาในเดือนธันวาคม 2550 มีค่า มีค่าวาเรียนซ์อธิบายแกน PC 1 และ PC2 เท่ากับ 96.7 เปอร์เซ็นต์ สูงที่สุด

คำสำคัญ : แพลงก์ตอนพืช, ชี้วัดคุณภาพน้ำ, วิธี AARL –PP Score, แม่น้ำประแส จังหวัดระยอง

### ABSTRACT

Using Dominant Phytoplankton indicator water quality by AARL –PP Score (Applied Algal Research Laboratory : AARL) The observed area were divided into 10 stations and sampling period was conducted on November 2006 to February 2007 at Prasae river Rayong Province. The average phytoplankton score 5.61 at at Prasae river Rayong Province. The Highly phytoplankton score 8.00 and 8.33 5.61 general water quality of polluted and water quality by trophic level Eutrophic status at station PR 5 on the December 2006 and February 2007, respectively because this area activity shrimp farms. Consider the PCA analysis number of 5 nutrient such as NH<sub>3</sub> , NO<sub>2</sub> , NO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and PO<sub>3</sub> The coefficients PC1 Show that quantity decrease of nutrient “-” on the November 2006 , January and February 2007. The highly of PCA value during 1.28-2.35 and on the December 2006 was coefficients PC1 Show that quantity increase of nutrient “+” The highly of PCA value 5.2, Variance PC 1 and PC2 96.7 %

Keywords : Phytoplankton, indicator water quality, AARL –PP Score, Prasae river Rayong Province

### คำนำ

ในปัจจุบันในการชีวิตด้านคุณภาพน้ำโดยใช้ข้อมูลทางชีวภาพ เริ่มมีความนิยมใช้กันมากขึ้น ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้ใช้แพลงก์ตอนพืช เนื่องจากใช้พารามิเตอร์น้อยในการศึกษา สะดวก รวดเร็ว ประหยัดงบประมาณ ตลอดจนความแม่นยำของการชีวิตสูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งวิธี AARL –PP Score (Applied Algal Research Laboratory : AARL) ได้ทดลองใช้ในแหล่งน้ำ 60 แห่ง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ภาคละ 20 แห่ง (ยูวดี และคณะ, 2550; Lorraine and Vollenweider 1981; Wetzel, 1983; Peerapompisal et al., 2004) ผู้วิจัยจึงนำวิธีการ AARL –PP Score มาใช้กับแม่น้ำประแสที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดระยอง เป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญและมีทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่หลากหลายแห่งหนึ่งในแม่น้ำอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ได้แก่ ป่าชายเลน หญ้าทะเล แต่เนื่องจากการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา และแปรรูปสัตว์น้ำ เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อนต่างๆ ลงสู่น้ำในบริเวณดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าจะมีการบำบัดน้ำทิ้งที่ออกมาแล้วก็ตาม รวมทั้งน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ตลอดจนชุมชนตามแม่น้ำและชายฝั่งที่เป็นแหล่งกำเนิดของเสียต่างๆ โดยไม่มีการบำบัดให้มีสภาพที่ดีก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามลำน้ำและชายฝั่งทะเลตลอดเวลา ยิ่งไปกว่านั้นการสร้างเขื่อนกั้นกักน้ำจืดเพื่อการอุปโภค บริโภคและการเกษตรกรรมบริเวณต้นน้ำของแม่น้ำประแส ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพของแม่น้ำประแสและชายฝั่งทะเลที่ได้รับ

อิทธิพลจากแม่น้ำประแส เช่น การรุกคืบของน้ำเค็มเข้าไปในแม่น้ำประแสเนื่องจากการขาดน้ำจืดมาผลักดันน้ำเค็ม การพังทลายของชายฝั่งทะเลรอบข้าง เนื่องจากขาดดินตะกอนที่ถูกชะลงมาจากต้นน้ำ เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นบริเวณชายฝั่งทะเลของแม่น้ำประแสยังเป็นพื้นที่ป่าชายเลนเป็นจำนวนมาก แต่จากการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง รวมทั้งการรุกคืบและทำลายป่าชายเลนของประชาชนทำให้ป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์ลดน้อยและเสื่อมโทรมลงไป จากสาเหตุและแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ อาจทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเลมีสภาพเปลี่ยนแปลงไปรวมทั้งเสื่อมโทรมลง และส่งผลกระทบต่อทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่สำคัญดังกล่าวข้างต้นแล้วอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของประชาชนต่อสภาพสิ่งแวดล้อมตลอดจนทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งเหล่านี้มีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการบริหารจัดการที่เหมาะสม ดังนั้น ในการบริหารจัดการเพื่อการใช้ประโยชน์ในพื้นที่รอบบริเวณแม่น้ำประแสจะต้องดำเนินการอย่างรัดกุมโดยมีประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อการบริหารจัดการในการใช้ประโยชน์ของประชาชนในพื้นที่อย่างยั่งยืน และเป็นธรรม จึงมีการศึกษาโดยใช้วิธีวัดด้วยแพลงก์ตอนพีชีชีวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำประแส โดยมีการนำความรู้ที่ได้รับจากการศึกษามาเผยแพร่ให้นักวิจัยท้องถิ่นซึ่งได้แก่นักเรียนนักศึกษาและชุมชนช่วยกันตรวจสอบคุณภาพน้ำได้วิธีที่สะดวกและใช้งบประมาณน้อย

## วิธีดำเนินการ

### 1. พื้นที่ศึกษาและวิธีการเก็บข้อมูล

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพีชีและคุณภาพน้ำ ในแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง ได้เริ่มทำการ ศึกษาตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนกันยายนปี พ.ศ. 2548 รวม 4 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 วันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2549 (ใช้เป็นตัวแทนเดือน พฤศจิกายน), ครั้งที่ 2 วันที่ 26-28 ธันวาคม 2549 (ใช้เป็นตัวแทนเดือน ธันวาคม), ครั้งที่ 3 วันที่ 30-31 มกราคม ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2550 (ใช้เป็นตัวแทนเดือน มกราคม) และ ครั้งที่ 4 วันที่ 27-28 กุมภาพันธ์ ถึง 1 มีนาคม 2550 (ใช้เป็นตัวแทนเดือน กุมภาพันธ์) โดยแบ่งสถานีสำรวจเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมในแม่น้ำประแสออกเป็น 10 สถานี (ตารางที่ 1 และรูปที่ 1) ตั้งแต่ แลตติจูด ที่  $12^{\circ} 42' 24.15'' N$  ลองติจูด  $101^{\circ} 41' 38.60'' E$  ถึงแลตติจูด ที่  $12^{\circ} 46' 14.14'' N$  ลองติจูด  $101^{\circ} 41' 23.44'' E$  ด้วยถุงลากแพลงก์ตอน ขนาดตาอวน 50 ไมครอน มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ในแนวนอนด้วยความเร็ว 1-2 น็อต และใช้เวลาลากแต่ละสถานีประมาณ 1 นาที ตัวอย่างที่รวบรวมได้ทั้งหมด และรักษาสภาพด้วย 4 เปอร์เซ็นต์ สารละลายฟอร์มาลินที่เป็นกลาง และสุ่มตัวอย่างใส่ Sedgwick-Rafter counting slide ความจุ 1 มิลลิลิตร จำนวน 2 ซ้ำ จำแนกชนิดและนับจำนวนเซลล์ทั้งหมด ที่พบ คำนวณหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีชีแต่ละสกุลต่อปริมาตรน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมตามสถานีเก็บตัวอย่าง บริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง

สถานี	กิจกรรม	สถานี	กิจกรรม
PR 1	แหล่งชุมชน(เมืองใหญ่)	PR 6	บ่อเลี้ยงกุ้ง
PR 2	ร้านอาหารและชุมชนขนาดเล็ก	PR 7	บ่อเลี้ยงกุ้ง
PR 3	ชุมชนขนาดเล็ก	PR 8	บ่อเลี้ยงกุ้ง
PR 4	ป่าชายเลน	PR 9	แหล่งชุมชนขนาดเล็ก
PR 5	ป่าชายเลน และบ่อเลี้ยงกุ้ง	PR 10	ปากแม่น้ำ



รูปที่ 1 แสดงสถานีเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง

## 2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลด้านปัจจัยสิ่งแวดล้อม

2.1 ทำการตรวจวัดปัจจัยสภาวะแวดล้อมบางประการได้แก่ ความเค็มของน้ำทะเล ด้วยเครื่อง Refractometer ยี่ห้อ ATAGO (Model ATC-1) ที่ความลึก 1 เมตร ได้ผิวน้ำ อุณหภูมิ น้ำทะเลและความเป็นกรดเป็นด่าง วัดด้วยเครื่อง Portable digital pH meter ยี่ห้อ Hanna (Model HI 8424) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ วัดด้วยวิธีการไตเตรท การวัดความขุ่นใส และ วัดความลึกของน้ำทุกสถานี ทุกครั้งก่อนเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์หาปริมาณ แอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) ไนโตร (NO<sub>2</sub>) ไนเตรท (NO<sub>3</sub>) ซิลเฟต (SiO<sub>2</sub>) และ ฟอสเฟต (PO<sub>3</sub>) โดยวิธีของ (Strickland และ Parsons (1972) )

2.2 การคำนวณปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง โดยการใช้สูตรคำนวณตาม Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

2.3 วิเคราะห์และจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืช ได้อ้างอิงตามหลักฐาน ลัดดา (2540)

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การคำนวณและให้คะแนนชนิดของแพลงก์ตอนพืช(ตามวิธีของ AARL – PP Score (Applied Algal Research Laboratory : AARL) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ยูวดี และคณะ ,2550) ที่พบบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดคะแนนโดยเลือก ชนิดเด่น ๆ ที่พบในแหล่งน้ำ จำนวน 3 ชนิด และให้คะแนนตามตารางที่ 2 โดยนำมารวมกันและหาร 3 และ นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ ตารางคะแนนระดับคุณภาพน้ำตามระดับ trophic level และคุณภาพน้ำทั่วไป ตามตารางที่ 3 ต่อไป การสร้างคะแนนมาตรฐานโดยอิงระดับสารอาหาร (ยูวดีและคณะ ,2550)

ตารางที่ 2 คะแนนของแพลงก์ตอนพืช ค่า ที่พบตามวิธีของ AARL – PP Score (Applied Algal Research Laboratory : AARL)

Genus	Score	Genus	Score	Genus	Score	Genus	Score
Actinastrum	5	Crucigenia	7	Gymnodinium	6	Phacus	8
Acanthoceras	5	Crucigeniella	7	Gyrosigma	7	Phormidium	9
Amphora	6	Cryptomonas	8	Isthmochloron	5	Pinnularia	5
Anabaena	8	Cyclotella	2	Kirchneriella	5	Planktolyngbya	7
Ankistrodesmus	7	Cylindrospermopsis	7	Melosiera	5	Pseudoanabaena	7
Aphanocapsa	5	Cymbella	5	Merismopedia	9	Rhizosolenia	6
Aphanothece	5	Dityosphaerium	7	Micractinium	7	Rhodomaonas	8
Aulacoseira	6	Dimophococcus	7	Micrasterias	2	Rhopalodia	5
Bacillaria	7	Dinobryon	1	Microcystis	8	Scenedesmus	8
Botryococcus	4	Encyonema	6	Monoraphidium	7	Staurastrum	3
Centritractus	4	Epithemia	6	Navicula	5	Staurodesmus	3
Ceratium	4	Euastrum	3	Nephrocytium	5	Stauroneis	5
Chlamydomonas	6	Eudorina	6	Nitzschia	9	Strombomonas	8
Chlorella	6	Euglena	10	Oocystis	6	Surirella	6
Chroococcus	6	Eunotia	2	Oscillatoria	9	Synedra	6
Closterium	6	Fragiraria	5	Pandorina	6	Synura	8
Cocconeis	6	Golenkinia	5	Pediastrum	7	Tetraedron	6
Coelastrum	7	Gomphonema	6	Peridiniopsis	6	Trachelomonas	8
Cosmarium	2	Gonium	6	Peridinium	6	Volvox	6

ตารางที่ 3 การสร้างคะแนนคุณภาพน้ำมาตรฐานโดยอิงระดับสารอาหาร และคะแนนจากแฟลงก์ตอนพืช

คะแนน	คุณภาพน้ำตามระดับชั้นน้ำ(trophic level)	คุณภาพน้ำทั่วไป
1.0-2.0	Oligotrophic status	คุณภาพดี (Clean)
2.1-3.5	Oligo-mesotrophic status	คุณภาพดีปานกลาง (Clean-moderate)
3.6-5.5	Mesotrophic status	ปานกลาง (Moderate)
5.6-7.5	Meso-eutrophic status	ปานกลางถึงไม่ดี (Moderate-polluted)
7.6-9.0	Eutrophic status	ไม่ดี (Polluted)
9.1-10.0	Hypereutrophic status	ไม่ดีมาก (Very polluted)

3.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับแฟลงก์ตอนพืช ด้วย PCA(Principal Component Analysis) โดยมีค่าวาเรียนซ์อธิบายแกน PC 1 และ PC2 เป็นเปอร์เซ็นต์ และคำนวณเป็นค่าสหสัมพันธ์ด้วยสมการเส้นตรง

#### ผลการศึกษา

1. การใช้แฟลงก์ตอนพืชชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง

การศึกษาพบว่าชนิดของแฟลงก์ตอนพืชสามารถนำมาใช้ชี้วัดคุณภาพน้ำได้โดยใช้ AARL-PP Score ซึ่งผลการศึกษารายงานเป็นรายเดือนที่เก็บตัวอย่างดังนี้

##### เดือนพฤศจิกายน 2549

ส่วนใหญ่ในเดือนนี้ในแม่น้ำประแสไหลมีระดับน้ำลึก 1.00-4.10 เมตร อยู่ระหว่าง จากการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยทั้ง 10 สถานีเก็บตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแฟลงก์ตอน 6.06 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Meso-eutrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง ถึงไม่ดี ( Moderate-polluted) ซึ่งสถานีที่มีคุณภาพน้ำดีมากที่สุดคือสถานี PR 7 เป็นบริเวณที่มีบ่อเลี้ยงกุ้ง มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแฟลงก์ตอน 4.33 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง ( Moderate) ส่วนสถานีที่มีคุณภาพน้ำไม่ดีมากที่สุดคือสถานี PR 5 เป็นป่าชายเลน และบ่อเลี้ยงกุ้ง มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแฟลงก์ตอน 8.00 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Eutrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ไม่ดี ( polluted) และสถานีส่วนใหญ่ จำนวน 7 สถานี ได้แก่สถานี PR 1, PR 3, PR 4, PR 6, PR 8, PR 9 และ PR 10 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Meso-eutrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง ถึงไม่ดี ( Moderate-polluted) ดังตารางที่ 4

##### เดือนธันวาคม 2549

ส่วนใหญ่ในเดือนนี้จะมีน้ำในแม่น้ำประแสมีระดับน้ำลึก 1.20-8.90 เมตร จากการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยทั้ง 10 สถานีเก็บตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแฟลงก์ตอน 6.37 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Meso-eutrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง ถึงไม่ดี ( Moderate-polluted) ซึ่งสถานีที่

มีคุณภาพน้ำดีมากที่สุดคือสถานี PR 2 เป็นบริเวณที่มีร้านอาหารและชุมชนขนาดเล็ก มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแพลงก์ตอน 5.00 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง (Moderate) และสถานีส่วนใหญ่จำนวน 6 สถานี ได้แก่สถานี PR 3, PR 4, PR 5, PR 7, PR 8 และ PR 9 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Meso-eutrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง ถึงไม่ดี (Moderate-polluted) ดังตารางที่ 5

#### เดือนมกราคม 2550

ส่วนใหญ่ในเดือนนี้ในแม่น้ำประแสมีระดับน้ำลึก 2.20-5.00 เมตร จากการศึกษพบว่าโดยเฉลี่ยทั้ง 10 สถานีเก็บตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแพลงก์ตอน 5.03 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง (Moderate) ซึ่งสถานีที่มีคุณภาพน้ำดีมากที่สุดคือสถานี PR 9 เป็นบริเวณที่มีแหล่งชุมชนขนาดเล็ก มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแพลงก์ตอน 3.33 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Ologo-mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ดีถึงปานกลาง (Clean- Moderate) และสถานีส่วนใหญ่จำนวน 5 สถานี ได้แก่สถานี PR 1, PR 2, PR 3, PR 4 และ PR 6 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับปานกลาง (Moderate) ดังตารางที่ 6

#### เดือนกุมภาพันธ์ 2550

ส่วนใหญ่ในเดือนนี้ในแม่น้ำประแสมีระดับน้ำลึก 1.70-4.70 เมตร จากการศึกษพบว่าโดยเฉลี่ยทั้ง 10 สถานีเก็บตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแพลงก์ตอน 5.00 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง (Moderate) ซึ่งสถานีที่มีคุณภาพน้ำไม่ดีมากที่สุดคือสถานี PR 8 เป็นบริเวณที่มีบ่อเลี้ยงกุ้ง มีคะแนนเฉลี่ยค่าของแพลงก์ตอน 8.33 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Eutrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ไม่ดี (polluted) และซึ่งสถานีที่มีคุณภาพน้ำดีมากที่สุดคือสถานี PR 2 เป็นบริเวณที่มีร้านอาหารและชุมชนขนาดเล็ก คะแนนเฉลี่ยค่าของแพลงก์ตอน 3.00 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Ologo-mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง (Clean -moderate) สถานี ส่วนใหญ่จำนวน 5 สถานี ได้แก่สถานี PR 1, PR 5, PR 6, PR 7, และ PR 9 ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง (Moderate) ดังตารางที่ 7

## 2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยธาตุอาหารในน้ำด้วย PCA (Principal Component Analysis)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยธาตุอาหารด้วย PCA (Principal Component Analysis) เป็นการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรนิยมใช้วิเคราะห์ทางด้านปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เป็นส่วนใหญ่ ในการศึกษครั้งนี้พิจารณาเป็นรายเดือน จากปัจจัยสิ่งแวดล้อมจำนวน 5 ตัว คือแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) ไนโตร (NO<sub>2</sub>), ไนเตรท (NO<sub>3</sub>) ซัลเฟต (SiO<sub>2</sub>) และ ฟอสเฟต (PO<sub>3</sub>) กับสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 10 สถานี ในแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง ซึ่งรายงานผลเป็นรายเดือน ดังนี้

ตารางที่ 4 การใช้แพลงก์ตอนพืชชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง (โดยใช้ AARL-PP Score) เดือนพฤศจิกายน 2549

สถานี	แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น	คะแนนแพลงก์ตอนพืช(เฉลี่ย)	Trophic level	คุณภาพน้ำทั่วไป
PR 1	Cheatoceros constrictus Gran Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin Bacteriastrum hyalinum Lauder	6.33	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 2	Skeletonema costatum (Greville) Cleve Coelosphaerium sp. Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin	5.33	Mesotrophic status	Moderate
PR 3	Protoperdinium spp. Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Hallegraeff Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin	5.66	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 4	Chaetoceros sp. Bacteriastrum furcatum Shadbolt	6.33	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 5	Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin Pseudonitzschia spp. Oscillatoria erythraea (Ehernberg) Geitler Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin	8.00	Eutrophic status	Polluted
PR 6	Bacteriastrum furcatum Shadbolt Cheatoceros compressus Lauder Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin	6.33	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 7	Odontella sinensis (Greville) Grunow Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin	4.33	Mesotrophic status	Moderate
PR 9	Cheatoceros compressus Lauder Cheatoceros constrictus Gran Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin	6.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 10	Cheatoceros compressus Lauder Cheatoceros constrictus Gran Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin	6.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
	คะแนนแพลงก์ตอนเฉลี่ยทุกสถานี	6.06	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted



เดือน พฤศจิกายน 2549

มีค่าวาเรียนซ์อธิบายแกน PC 1 และ PC2 เท่ากับ 94.1 เปอร์เซ็นต์ โดยอธิบายเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้  $PC 1 = -0.49 NH_3' - 0.19 NO_2' - 0.49 NO_3' - SiO_2 - 0.49 PO_3 - 0.48'$  จากสมการเห็นได้ว่า แกน PC 1 แสดงการลดลงของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากมีค่าเป็น "-" รูปที่ 2 (A) แสดง อคติเนชั่นของสถานีเก็บตัวอย่างตามการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารจากสถานีเก็บตัวอย่าง มีความปริมาณของธาตุอาหารในระดับมากที่สุดที่สถานีที่ 7 เท่ากับ 1.28 และรองลงมาสถานีที่ 10 เท่ากับ 1.24

เดือน ธันวาคม 2549

มีค่าวาเรียนซ์อธิบายแกน PC 1 และ PC2 เท่ากับ 96.7 เปอร์เซ็นต์ โดยอธิบายเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้  $PC 1 = +0.48 NH_3' + 0.49 NO_2' + 0.50 NO_3' + SiO_2 + 0.50 PO_3 + 0.06'$  จากสมการเห็นได้ว่า แกน PC 1 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากมีค่าเป็น "+" รูปที่ 2 (B) แสดง อคติเนชั่นของสถานีเก็บตัวอย่างตามการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารจากสถานีเก็บตัวอย่าง มีความปริมาณของธาตุอาหารในระดับมากที่สุดที่สถานีที่ 1 เท่ากับ 5.2 และรองลงมาสถานีที่ 2 เท่ากับ 1.34

เดือน มกราคม 2550

มีค่าวาเรียนซ์อธิบายแกน PC 1 และ PC2 เท่ากับ 72.9 เปอร์เซ็นต์ โดยอธิบายเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้  $PC 1 = -0.12 NH_3' + 0.06 NO_2' - 0.59 NO_3' - SiO_2 - 0.06 PO_3 + 0.4'$  จากสมการเห็นได้ว่า แกน PC 1 แสดงการลดลงของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากส่วนใหญ่มีค่าเป็น "-" รูปที่ 2 (C) ยกเว้น ไนโตรเจน ( $NO_2$ ) และ ฟอสเฟต ( $PO_3$ ) ที่มีค่า เป็น "+" แสดง อคติเนชั่นของสถานีเก็บตัวอย่าง ตามการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารจากสถานีเก็บตัวอย่าง มีความปริมาณของธาตุอาหารในระดับมากที่สุดที่สถานีที่ 3 เท่ากับ 1.41 และรองลงมาสถานีที่ 8 เท่ากับ 1.33

เดือน กุมภาพันธ์ 2550

มีค่าวาเรียนซ์อธิบายแกน PC 1 และ PC2 เท่ากับ 89.9 เปอร์เซ็นต์ โดยอธิบายเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้  $PC 1 = -0.08 NH_3' - 0.55 NO_2' - 0.60 NO_3' - SiO_2 - 0.56 PO_3 + 0.1'$  จากสมการเห็นได้ว่า แกน PC 1 แสดงการลดลงของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากส่วนใหญ่มีค่าเป็น "-" รูปที่ 2 (D) ยกเว้นฟอสเฟต ( $PO_3$ ) ที่มีค่า เป็น "+" แสดง อคติเนชั่นของสถานีเก็บตัวอย่างตามการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารจากสถานีเก็บตัวอย่าง มีความปริมาณของธาตุอาหารในระดับมากที่สุดที่สถานีที่ 10 เท่ากับ 2.35 และรองลงมาสถานีที่ 8 เท่ากับ 1.97

ตารางที่ 5 การใช้แฟลงก์ตอนพืชชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง (โดยใช้ AARL-PP Score) เดือนธันวาคม 2549

สถานี	แฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่น	คะแนนแฟลงก์ตอนพืช(เฉลี่ย)	Trophic level	คุณภาพน้ำทั่วไป
PR 1	Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendy Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) W. Smith Skeletonema costatum (Greville) Cleve	5.33	Mesotrophic status	Moderate
PR 2	Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) W. Smith Cheatoceros compressus Lauder Skeletonema costatum (Greville) Cleve	5.00	Mesotrophic status	Moderate
PR 3	Cheatoceros rostratus Lauder Cheatoceros compressus Lauder Pseudonitzschia spp.	7.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 4	Cheatoceros rostratus Lauder Cheatoceros compressus Lauder Pseudonitzschia spp.	7.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 5	Cheatoceros rostratus Lauder Cheatoceros compressus Lauder Pseudonitzschia spp.	7.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 6	Pleurosigma spp. Cheatoceros rostratus Lauder Cheatoceros compressus Lauder	5.67	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 7	Oscillatoria erythraea (Ehrenberg) Geitler Cheatoceros rostratus Lauder Cheatoceros compressus Lauder	7.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 8	Oscillatoria erythraea (Ehrenberg) Geitler Cheatoceros rostratus Lauder Cheatoceros compressus Lauder	7.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 9	Oscillatoria erythraea (Ehrenberg) Geitler Cheatoceros rostratus Lauder Cheatoceros compressus Lauder	7.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 10	Leptocylindrus danicus Cleve Cheatoceros diversus Cleve Cheatoceros rostratus Lauder	5.67	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
	คะแนนแฟลงก์ตอนเฉลี่ยทุกสถานี	6.37	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted

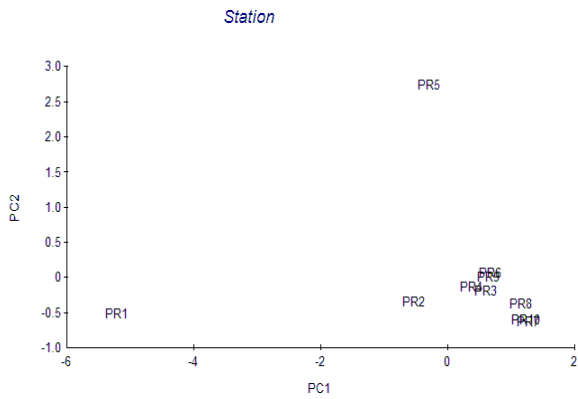
ตารางที่ 6 การใช้แฟลงก์ตอนพืชชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง (โดยใช้ AARL-PP Score) เดือนมกราคม 2550

สถานี	แฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่น	คะแนนแฟลงก์ตอนพืช(เฉลี่ย)	Trophic level	คุณภาพน้ำทั่วไป
PR 1	Cheatoceros sp. Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendy Skeletonema costatum (Greville) Cleve	5.00	Mesotrophic status	Moderate
PR 2	Pleurosigma spp. Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendy Skeletonema costatum (Greville) Cleve	4.67	Mesotrophic status	Moderate
PR 3	Cyclotella sp. Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendy Skeletonema costatum (Greville) Cleve	3.67	Mesotrophic status	Moderate
PR 4	Chaetoceros sp. Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendy Skeletonema costatum (Greville) Cleve	5.00	Mesotrophic status	Moderate
PR 5	Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round Pleurosigma spp. Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendy	5.67	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 6	Cheatoceros pseudocurvisetus Mangin Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round Pleurosigma spp.	5.33	Mesotrophic status	Moderate
PR 7	Cheatoceros curvisetus Cleve Guinardia striata (Stolterfoh) Hasle Cheatoceros socialis Lauder	6.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 8	Guinardia flaccida (Castracane) H. Peragallo Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round Guinardia striata (Stolterfoh) Hasle	5.67	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 9	Cyclotella sp. Cheatoceros curvisetus Cleve Skeletonema costatum (Greville) Cleve	3.33	Ologo-mesotrophic status	Clean-Moderate
PR10	Guinardia flaccida (Castracane) H. Peragallo Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round Bacillaria paxillifer (O.F. Muller) Hendy	6.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
	คะแนนแฟลงก์ตอนเฉลี่ยทุกสถานี	5.03	Mesotrophic status	Moderate

ตารางที่ 7 การใช้แฟลงก์ตอนพืชชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง (โดยใช้ AARL-PP Score) เดือนกุมภาพันธ์ 2550

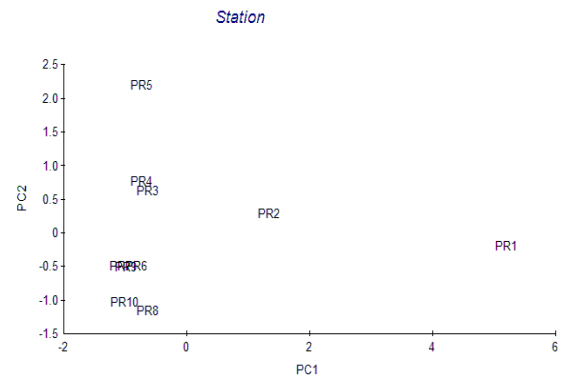
สถานี	แฟลงก์ตอนพืชชนิดเด่น	คะแนนแฟลงก์ตอนพืช(เฉลี่ย)	Trophic level	คุณภาพน้ำทั่วไป
PR 1	Coscinodiscus sp. Oscillatoria erythraea (Ehernberg) Geitler Skeletonema costatum (Greville) Cleve	5.33	Mesotrophic status	Moderate
PR 2	Cyclotella sp. Melosira sp. Skeletonema costatum (Greville) Cleve	3.00	Ologo-mesotrophic status	Clean-moderate
PR 3	Spirulina sp. Chaetoceros sp. Skeletonema costatum (Greville) Cleve	5.67	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 4	Cyclotella sp. Pseudoanabaena sp. Oscillatoria erythraea (Ehernberg) Geitler	6.00	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
PR 5	Cyclotella sp. Coscinodiscus sp. Pseudoanabaena sp.	4.67	Mesotrophic status	Moderate
PR 6	Cyclotella sp. Coscinodiscus sp. Melosira sp.	4.00	Mesotrophic status	Moderate
PR 7	Cerataulina bicornis (Ehrenberg) Hasle Leptocylindrus danicus Cleve Skeletonema costatum ( Greville) Cleve	3.67	Mesotrophic status	Moderate
PR 8	Merismopedia sp. Pseudoanabaena sp. Oscillatoria erythraea (Ehernberg) Geitler	8.33	Eutrophic status	Polluted
PR 9	Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve Coscinodiscus sp. Skeletonema costatum (Greville) Cleve	4.00	Mesotrophic status	Moderate
PR 10	Rhizosolenia pungens Cleve-Euler Coscinodiscus sp. Melosira sp.	5.33	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
	คะแนนแฟลงก์ตอนเฉลี่ยทุกสถานี	5.00	Mesotrophic status	Moderate

เดือน พฤศจิกายน 2549



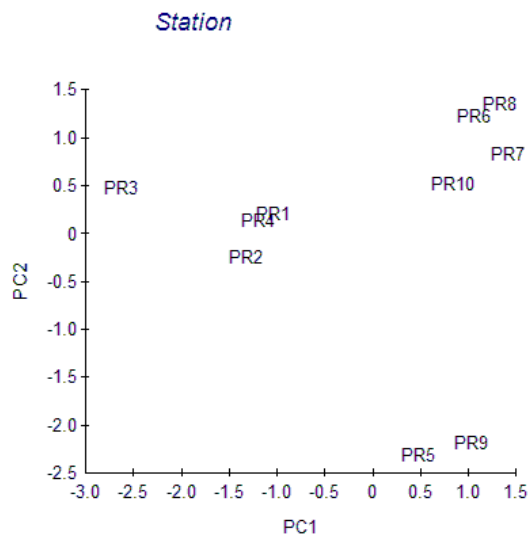
A

เดือน ธันวาคม 2549



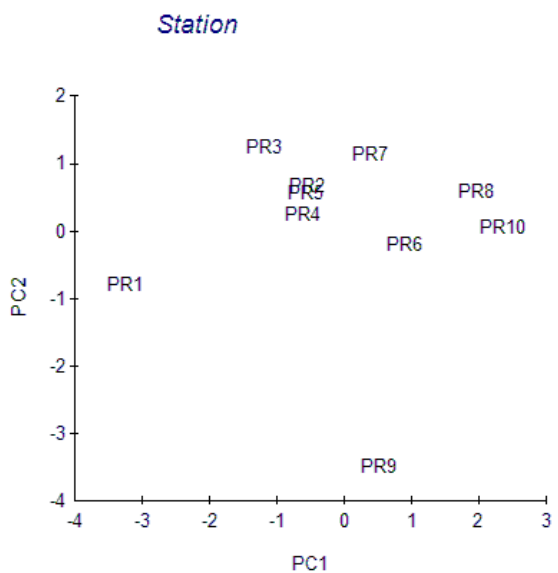
B

เดือน มกราคม 2550



C

เดือน กุมภาพันธ์ 2550



D

รูปที่ 2 ออกดินชั้น 2 มิติจากการวิเคราะห์ PCA ของตัวแปรธาตุอาหาร จำนวน 5 ตัว จากสถานีเก็บตัวอย่าง จำนวน 10 สถานี บริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง

### สรุปและวิจารณ์ผล

ในการศึกษาทางด้านการใช้พลังงานที่ขั้ววัดคุณภาพน้ำโดยการประเมินออกมาเป็นคะแนนแบบ AARL-PP Score นั้นจะมีความแม่นยำมากในบริเวณแหล่งน้ำปิดแต่ในการศึกษาในแม่น้ำประแสเป็นแหล่งน้ำไหลดังนั้นผลที่ได้จากการประเมินและขั้ววัดของพลังงานที่ขั้วจึงแสดงผลได้เฉพาะช่วงเวลาที่ประเมิน และภาพรวมทั้งลำน้ำโดยการเฉลี่ยค่าออกมามาดังนี้คือ ในฤดูน้ำหลากเนื่องจากมีฝนตกจากการเก็บตัวอย่างคือเดือนพฤศจิกายน และเดือน ธันวาคม 2549 ค่าเฉลี่ยคะแนนของพลังงานที่ขั้วทุกสถานี เท่ากับ 6.06 และ

6.37 ตามลำดับ ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Meso-eutrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง ถึงไม่ดี ( Moderate-polluted) ส่วนฤดูน้ำไม่หลากเนื่องจากฝนไม่ตก จากการเก็บตัวอย่างคือ เดือน มกราคม และเดือน กุมภาพันธ์ 2550 ค่า เฉลี่ยคะแนนของแพลงก์ตอนพืชทุกสถานี เท่ากับ 5.03 และ 5.00 ตามลำดับ ซึ่ง Trophic level เป็นแบบ Mesotrophic status ผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับ ปานกลาง ( Moderate) เนื่องจากฤดูน้ำหลากมีการชะล้างจากชุมชนและจากการเลี้ยงกุ้งมากจึงทำให้คุณภาพน้ำอยู่ในระดับ ปานกลาง ถึงไม่ดี ( Moderate-polluted) ซึ่งมีการทำกิจกรรมบ่อเลี้ยงกุ้งบริเวณรอบแม่น้ำประแส จำนวน 350,000 ไร่ (กรมประมง, 2549) ส่วนฤดูแล้งหรือน้ำไม่หลากมีกิจกรรมการถ่ายน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งน้อยเนื่องจากน้ำที่บ่อเลี้ยงกุ้งมีน้อยเพราะส่วนมากนิยมเลี้ยงระบบปิด ส่วนฤดูฝนมีน้ำฝนตกมากจึงถ่ายน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมากกว่าฤดูแล้ง ในการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีค่า เฉลี่ยคะแนนของแพลงก์ตอนพืชสูงถึง 8.00 และ 8.33 และมีผลของคุณภาพน้ำ อยู่ในระดับไม่ดี ( polluted) คือ สถานี PR 5 ในเดือน ธันวาคม 2549 และ สถานี PR 8 ในเดือน กุมภาพันธ์ 2550 ตามลำดับ เนื่องจากทั้ง 2 สถานีเก็บตัวอย่างเป็นแหล่งเลี้ยงกุ้ง ซึ่งขณะเก็บตัวอย่างอาจจะตรงกับช่วงที่มีการถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง แต่โดยภาพรวมผลคุณภาพน้ำของแม่น้ำประแสอยู่ในระดับปานกลาง ถึงไม่ดี ( Moderate-polluted) เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทุกเดือน เท่ากับ 5.61 เนื่องจากเทศบาลเมืองแกลง จังหวัดระยอง ซึ่งอยู่บริเวณสถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 ได้มีการบำบัดน้ำเสียในแม่น้ำประแสด้วยจุลินทรีย์โดยตลอดจึงทำให้น้ำในแม่น้ำประแสอยู่ในระดับปานกลาง ถึงไม่ดี (เทศบาลเมืองแกลง , 2549)

เมื่อพิจารณาประกอบกับ การวิเคราะห์ PCA ของตัวแปรธาตุอาหาร จำนวน 5 ตัว จากสถานีเก็บตัวอย่าง จำนวน 10 สถานี พบว่าจากสมการความสัมพันธ์ของ แกน PC 1 แสดงการลดลงของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากมีค่าเป็น “-” ในเดือน เดือนพฤศจิกายน, มกราคม และกุมภาพันธ์ ซึ่งมีค่าสูงสุด ของ PCA อยู่ระหว่าง 1.28-2.35 แต่เดือน ธันวาคม 2549 จากสมการความสัมพันธ์ของ แกน PC 1 แสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณของธาตุอาหาร เนื่องจากมีค่าเป็น “+” ซึ่งมีค่าสูงสุด ของ PCA เท่ากับ 5.2 เมื่อพิจารณาในเดือนธันวาคม 2550 มีค่า มีค่าวาเรียนซ์อธิบายแกน PC 1 และ PC2 เท่ากับ 96.7 เปอร์เซ็นต์ สูงที่สุด และคะแนนธาตุอาหารในระดับมากที่สุดที่สถานีที่ 1 เท่ากับ 5.2 จากทุกเดือนและทุกสถานีที่เก็บตัวอย่าง เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งชุมชนและอยู่บริเวณใกล้ท่อน้ำทิ้ง มีจำนวนแพลงก์ตอนพืชเพียง 11 ชนิด ส่วนจำนวนเซลล์มากที่สุดคือ สถานีที่ 1 เดือนธันวาคม จำนวน เซลล์ 40,455,000เซลล์/ลูกบาศก์เมตร ซึ่ง มีค่ามากที่สุดของทุกสถานีเก็บตัวอย่างและทุกเดือน (ซึ่งรายละเอียดชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชได้แสดงผลในรายงานอีกเล่ม)

### เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2549. รายงานประจำปี สำนักงานประมงจังหวัดระยอง ปี 2449 , กรมประมง,กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 124 หน้า.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง พิมพ์ครั้งที่ 2 , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 851 หน้า
- เทศบาลตำบลเมืองแกลง. 2549. รายงานประจำปี เทศบาลตำบลเมืองแกลง ปี 2449 . 112 หน้า.
- ยุวดี พีรพรพิศาล,จีรพร เพกเกาะ, ดวงกมล โพธิ์หวังประดิษฐ์, ธนพล ทนคำดี, อติษฐ หงส์ศิริชาติ และ ทัดพร คุณประดิษฐ์.2550.การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL-PP Score.วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 1 ฉบับที่ 1. ,มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 71-81.
- Lorraine, L.J. and R.A. Volleweider. 1998. Summary Report: The OECD Cooperative Programme on Eutrophication. National Water Research Institute, Burlington.
- Peerapornpisal, Y., Chaiubol C., Pekkoh, J., Kraibut, H., Chorum, M., Wannathong, P., Ngearnpat, N., Jusakul, K., Thammathiwat, A., Chuannunta, J., and Inthasotti, T., 2004. Monitoring of Water Quality in Ang Kaew Reservoir of Chiang Mai University Using Phytoplankton as Bioindicator from 1995-2002. Chiang Mai Journal of Science 31(1): 85-94.
- Strickland J.D.H. and Persons T.R. (1972). A Practical handbook of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada Bullatin 167 Ottawa : 310 pp.
- Wetzel, R.E. 1983. Limnology. Saunders College Publishing, New Delhi. 743 pp.