รายงานวิจัย

การจัดทำระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อการจัดการคุณภาพน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

Information System for Water Quality Management in the Lower Part of Songkla Lake

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดนุพล ตันนโยภาส

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรศิลป์ ผลพันธิน

ดร. เชาวน์ ยงเฉลิมชัย

นายอานันต์ คำภีระ

นางสาวสุชาดา ยงสถิตศักดิ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ประเภทกลุ่มนักวิจัย ประจำปี 2540

ศูนย์รีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ภาคใต้

สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

เลขหมู่ TD380 ...

Order Key

Bib Key 203509

2 6 ต.ค. 2543

๑ บทคัดย่อ ๙

การจัดทำระบบข้อมูลสารสนเทศ เพื่อการจัดการคุณภาพน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่างได้ประเมินถึงสภาพความอ่อนไหวโดยเทียบเคียงของน้ำในทะเลสาบสงขลา ถึงสภาพการปนเปื้อนจากน้ำที่ไหลมาจากอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตาสหกรรม ซึ่งตั้งอยู่รอบทะเลสาบ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากค่าตัวแปรเสริมหลายชนิดที่สำคัญ อันได้แก่ ความลึก ความโปร่งใส อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนละลายในน้ำ สภาพความเค็ม ตะกอนแขวนลอย คลอโรฟิลล์ A, B และ C คลอรินิตี้ คลอโรซิตี้ ไนไตรต์ ไนเตรต แอมโมเนีย ซิลิเกต ฟอสเฟต และซัลเฟต ค่าตัวแปรเสริมเหล่านี้ที่นำมาพินิจพิเคราะห์ พบว่าบางค่าได้แสดงสหสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้น ระดับ 1 อย่างดี ทั้งค่าลักษณะกายภาพและบรรดาเหล่าสารประกอบอาหาร ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่นำไปจัดทำระบบฐานสารสนเทศว่ามีนัยสำคัญมาก

ระบบสารสนเทศที่ได้จากการสร้างในรูปแบบแผนที่เชิงตัวเลข ได้นำข้อมูลมาจากหลายแหล่ง อันประกอบด้วย ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ชนิด TM แผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่อุทกธรณีวิทยา นอกเหนือจากนี้แผนที่เส้นชั้นระดับของตัวแปรดังกล่าว ได้ช่วยให้เห็นภาพขอบเขตและการแพร่กระจายของคุณภาพน้ำในทะเลสาบ

ความรู้ที่ได้จัดระบบสารสนเทศ นำไปใช้เป็นนโยบายการจัดการทรัพยากรน้ำและพัฒนาการ ในระดับภูมิภาคและประเทศต่อไป

ABSTRACT

Information system for water quality management in the lower part of Songkhla lake was evaluated the relative vulnerability of water in Sonkhla lake to contamination from waste water flowed from dwelling and industries around the lake by using a geographic information system (GIS)

From vital parameters values consisted of depth of water, transparency, temperature, pH, dissolved oxygen, salinity, dispersion sediment, chlorophyll A, B and C, chlorinity, chlorocity, nitrite, nitrate, ammonia, silicate, phosphate and sulfate. Some their parameters values showing good correlation in linear regression level 1, either physical or nutrient compositions parameters. These evaluated criterias could be confirmed that the system of information was established in high significance.

GIS-derived values of digitized maps were extracted from a variety of sources, including the Landsat 5 TM imagery, published topographic and hydrogeologic maps. Addition to computerized maps were generated contours for the several physical factors that giving view point of boundary and distribution for water quality in the lake.

This knowledge-based system will include information that would allow policy makers to deal more efficiently with water resource and management and development issues at regional and national levels.

สารบัญ

ห้องสมุดคุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

หน้า

ปกใน ๑
สารบัญ ๒
รายการรูปภาพ ๔
รายการตาราง ๖
บทคัดย่อ ๘
Abstract ๙
กิติกรรมประกาศ ๑๐

1. บทนำ **1**
1.1 หลักการและเหตุผล 1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิจัย 1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ **9**
2.1 วัสดุ 9
2.2 อุปกรณ์ 14
2.3 ขั้นตอนการวิจัย 11
2.4 วิธีการวิจัย 13

3. ผลวิจัย **18**
3.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 18
3.2 สภาพแวดล้อมทะเลสาบสงขลา 22
3.3 แหล่งน้ำธรรมชาติป้อนทะเลสาบสงขลาตอนล่าง 26
3.4 ลักษณะธรณีวิทยา 31
3.5 ลักษณะดินรอบทะเลสาบสงขลา 32
3.6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 34
3.7 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเก็บในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง 34
3.8 การประมวลผลภาพดาวเทียม 49

3.9 ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ 49
3.10 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำ 53
3.11 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ข้อมูลคุณภาพน้ำ 87
3.12 สถานะการณ์คุณภาพน้ำ 107
3.13 การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ 108

4. สรุปผลและเสนอแนะ 110

4.1 สรุปผล 110
4.2 ข้อเสนอแนะ 112

เอกสารอ้างอิง 114

ภาคผนวก 115

ก ตารางโครงสร้างการจัดฐานข้อมูล 115
ข ตารางข้อมูลคุณภาพน้ำ 119

หอสมุด คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
ได้รับจาก
ดนุพล ตันนโยภาส
วันที่ เดือน 2 5 มี.ค. 2543

รายการรูปภาพ

รูปที่	เนื้อหา	หน้า
1	ทิวทัศน์รอบทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	8
2	ขวดพลาสติกและขวดแก้วพร้อมฝาปิดเก็บตัวอย่างน้ำวิเคราะห์	10
3	อุปกรณ์บอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม	10
4	เครื่องวัดทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ	11
5	แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเดือนตุลาคม 2540	14
6	คณะนักวิจัยออกเก็บตัวอย่างพร้อมอุปกรณ์วัดและสัมภาระเก็บตัวอย่างในตุลาคม 2540	15
7	อุปกรณ์และการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	15
8	แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเดือนเมษายน 2541	16
9	คณะนักวิจัยออกเก็บตัวอย่างพร้อมอุปกรณ์วัดและสัมภาระเก็บตัวอย่างในช่วงเมษายน 2541	17
10	การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	17
11	แผนที่แสดงที่ตั้ง อาณาเขตติดต่อและขอบเขตพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างโดยสังเขป	19
12	เส้นกราฟภูมิอากาศของทะเลสาบสงขลา	21
13	แผนที่แสดงเส้นทางคมนาคมรอบทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	24
14	แผนที่แสดงเส้นทางน้ำต่างๆ ที่ไหลรอบและลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	27
15	แผนที่อุทกธรณีวิทยาของบริเวณรอบทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	30
16	กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา เดือนตุลาคม 2540	37-42
17	กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา เดือนเมษายน 2541	45-48
18	ภาพการจำแนกความลึกของทะเลสาบสงขลาแบบไม่กำกับ ด้วยวิธี ISODATA	50
19	แผนภาพการนำข้อมูลเข้าระบบสารสนเทศ	51
20	แผนภาพเครือข่ายการทำงานภายในชุดคำสั่งหลักของระบบสารสนเทศที่เรียกใช้	52

รูปที่		หน้า
21	ผังภูมิภาพรวมของระหว่างชุดคำสั่ง ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของคุณภาพน้ำ	52
22	แผนที่เส้นชั้นความสูงคุณภาพน้ำในเดือนตุลาคม 2540	56-73
23	แผนที่เส้นชั้นความสูงคุณภาพน้ำในเดือนเมษายน 2541	74-86
24	กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลตุลาคม 2540	92-101
25	กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเมษายน 2541	102-106

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความเป็นกรดเป็นด่างของบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	3
2	ออกซิเจนละลายในน้ำ	3
3	ค่า BOD	3
4	ความเค็ม	3
5	ความโปร่งใส	4
6	พวกธาตุโลหะที่แขวนลอย	4
7	โลหะหนักที่ละลาย	4
8	น้ำมันและไข	4
9	Faecal Coliform MPN/100	5
10	โคลิฟอร์มทั้งหมด MPN/100	5
11	ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม	5
12	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอกเดือน ส.ค.-ธ.ค.	6
13	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอกเดือน ก.พ.-มิ.ย.	6
14	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีของทะเลสาบสงขลาตอนนอก	7
15	ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในรูปละลายน้ำ	8
16	สภาพภูมิอากาศรอบทะเลสาบสงขลา	21
17	ลักษณะของระบบทะเลสาบสงขลา	21
18	ผลวัดลักษณะกายภาพของน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540	35
19	ผลวัดลักษณะอนินทรีย์สารของน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540	36
20	ผลวัดลักษณะกายภาพของน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541	43
21	ผลวัดลักษณะอนินทรีย์สารของน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540	44
22	เปรียบเทียบข้อมูลวิเคราะห์ทั้งหมดในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	44
23	วัดทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง	55
24	แสดงสหสัมพันธ์ของตัวแปรเสริมทั้งหมด เดือนตุลาคม 2540	88
25	แสดงสหสัมพันธ์ของตัวแปรเสริมทั้งหมด เดือนเมษายน 2541	89

ตารางที่		หน้า

26 สหสัมพันธ์ของค่าตัวแปรเสริมของคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา เดือนตุลาคม 2540 90

27 สหสัมพันธ์ของค่าตัวแปรเสริมของคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา เดือนเมษายน 2541 91

1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบที่มีขนาดใหญ่ และมีความสำคัญต่อชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ ทั้งนี้เพราะเป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสัตว์น้ำ และมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตอยู่มาก ในปัจจุบันทะเลสาบสงขลาได้รับผลกระทบอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งผลที่เกิดขึ้นจากการระบายน้ำเสียลงสู่ทะเลสาบจากโรงงาน และบ้านเรือนที่ตั้งอยู่โดยรอบทะเลสาบ และผลที่เกิดขึ้นจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือ การดักจับสัตว์น้ำที่มีอยู่ในทะเลสาบ

ทะเลสาบสงขลาอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ทะเลสาบตอนบนหรือทะเลน้อย ทะเลสาบตอนกลาง หรือทะเลหลวง และทะเลสาบตอนล่าง ในส่วนของทะเลสาบตอนล่างนั้น เป็นส่วนที่อยู่ติดกับทางเปิดออกสู่ทะเลด้านอ่าวไทยตอนล่าง ดังนั้นน้ำที่อยู่ในบริเวณนี้จะได้รับอิทธิพลทั้งจากในส่วนของน้ำทะเล และน้ำที่ไหลมาจากทางตอนบน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นเขตที่รองรับสิ่งต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนมาจากแหล่งน้ำทั้งสอง ดังนั้นสมบัติของน้ำในบริเวณนี้จึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำพาเอาของเสียออกสู่ทะเลภายนอก ดังนั้นการตรวจวัดคุณภาพของน้ำในบริเวณนี้ อาจทำให้เราทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทั้งหมดที่เกิดขึ้นในทะเลสาบได้ อันอาจส่งผลในแง่ปฏิบัติให้มีความสามารถติดตาม ตรวจสอบถึงคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนไป ดังนั้นการศึกษาข้อมูลของคุณภาพน้ำในบริเวณนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญ และแม้ว่าคุณภาพของน้ำในบริเวณนี้จะได้มีการศึกษาข้อมูลกันบ้างแล้ว แต่ข้อมูลที่มีอยู่มักจะกระจัดกระจาย ยากแก่การค้นหา คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบในรูประบบสารสนเทศ เพื่อให้สามารถเรียกข้อมูลนำมาใช้เปรียบเทียบได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง ตลอดจนการวิเคราะห์เพื่อให้ฐานข้อมูลที่ได้มีความถูกต้อง และได้รายละเอียดเพิ่มเติมมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของวิจัย

1. เพื่อจัดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ในรูปของฐานข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลที่จัดเก็บ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณตะกอนแขวนลอย ปริมาณคลอโรฟีลล์ และปริมาณสารอาหาร (ไนเตรต ไนไตรต์ ฟอสเฟต และซิลิเกต) จากทั้งในส่วนข้อมูลเดิม และในส่วนที่เก็บข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติม

2. เพื่อเปรียบเทียบดูการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง จากข้อมูลที่มีอยู่เดิม และข้อมูลที่เก็บเพิ่มเติม

3. วิเคราะห์คุณภาพน้ำในเชิงกลยุทธการจัดการบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เพื่อจัดการคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง และสามารถที่เก็บข้อมูลไว้ในรูปของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาใช้ในการติดตาม เปรียบเทียบ ตรวจสอบคุณภาพน้ำ รวมทั้งยังอาจใช้ในเรื่องของกลยุทธการจัดการคุณภาพน้ำในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่างได้อีกด้วย การศึกษาในครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นที่จะจัดเก็บข้อมูลที่มีอยู่แล้ว และที่จะทำต่อไปนี้ในรูปของฐานข้อมูลทางเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ง่ายต่อการเรียกข้อมูลมาดูถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบริเวณนี้ รวมทั้งจะมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม โดยจะพยายามให้ครอบคลุมพื้นที่ให้มากที่สุด เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความสมบูรณ์และเป็นตัวแทนมากที่สุด อันนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคตต่อไป

1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แม้ว่าการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยคุณภาพน้ำในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (รูปที่ 1) จะได้มีผู้รวบรวมไว้บ้างแล้วก็ตาม ในระยะเวลา 10-20 ปีที่ผ่านมา มีนักวิจัยหลายกลุ่มได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทะเลสาบสงขลา อาทิเช่น การศึกษาเกี่ยวกับการวัดผลกระทบทางนิเวศวิทยาของทะเลสาบ (Limpadanai, 1977) ผลการขุดคลองที่มีต่อความเค็มของน้ำทะเลสาบสงขลา (Thimakorn and Vongvisessomjai, 1979) สภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาด้านนอก (Sirimontaporn and Chaiyakam, 1983) ตลอดจนนิเวศวิทยาของทะเลสาบสงขลา (John Taylor and Sons, 1985) เพื่อจัดทำแบบจำลอง (model) สำหรับใช้ในการพยากรณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาในประเด็นอื่น ๆ เพิ่มเติมอีกบ้างเล็กน้อย เช่น ในเรื่องของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (เพราพรรณ, 2528) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สิ่งมีชีวิตใช้ได้ (เพราพรรณ, 2528) และปริมาณสารแขวนลอย (สิริและไกษัชย์, 2529)

ในการศึกษาพันธุ์สัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา (คณะทรัพยากรธรรมชาติ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2530) ซึ่งได้มีการรวบรวมข้อมูลของคุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ที่ตรวจวัดไว้ในระหว่างปี พ.ศ. 2508 ถึง พ.ศ. 2514 แต่ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลของปริมาณสารอาหาร

จากผลงานของรายงานของสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2533) ได้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในทะเลสาบในด้านสิ่งแวดล้อม โดยทำการเก็บจากจุดเก็บต่างๆ แต่ที่นำมาแสดงในตารางตั้งแต่ที่ 1 ถึง 11 นั้นได้เน้นเฉพาะจุดเก็บบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่างหรือด้านนอก เพื่อที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้ และดูแนวโน้มของการแพร่กระจาย และคุณภาพสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำนี้

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ปากรอ	7.7	6.9	7.2	7.2	6.9
2. ปากคลองอู่ตะเภา	7.4	6.4	6.9	7.1	7.0
3. ปากคลองพะวง	8.3	7.0	7.6	8.0	7.4
4. เกาะยอ	7.9	7.4	7.9	8.1	7.7
5. ปากคลองสำโรง	8.3	7.4	8.0	8.1	7.8
6. วัดสุวรรณคีรี	8.1	7.6	8.0	8.1	7.6
7. ปากทะเลสาบสงขลา	8.1	7.6	8.0	8.1	8.0

ตารางที่ 2 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ หน่วย มิลลิกรัม/ลิตร

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ปากรอ	7.45	6.50	7.85	7.70	5.30
2. ปากคลองอู่ตะเภา	8.90	6.30	7.10	6.50	7.50
3. ปากคลองพะวง	9.80	7.25	7.80	7.10	6.50
4. เกาะยอ	6.90	7.05	6.15	6.80	6.80
5. ปากคลองสำโรง	9.50	6.55	8.15	7.20	5.90
6. วัดสุวรรณคีรี	6.45	6.80	6.30	6.75	6.55
7. ปากทะเลสาบสงขลา	6.45	6.35	6.80	7.10	6.55

ตารางที่ 3 ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) หน่วย มิลลิกรัม/ลิตร

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. เกาะยอ	0.45	1.40	0.40	0.20	0.70
2. ปากคลองสำโรง	1.85	1.85	0.55	0.40	0.65
3. วัดสุวรรณคีรี	0.40	1.45	0.40	0.40	0.70
4. ปากทะเลสาบสงขลา	0.50	1.55	0.00	0.40	0.10

ตารางที่ 4 ค่าความเค็ม หน่วย ppt

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ปากรอ	3.0	0.0	5.0	6.0	5.0
2. ปากคลองอู่ตะเภา	1.5	0.0	7.0	11.0	9.0
3. ปากคลองพะวง	7.0	4.0	11.0	17.0	13.0
4. เกาะยอ	5.0	1.0	16.0	17.0	13.5
5. ปากคลองสำโรง	10.5	6.0	16.0	17.0	13.5
6. วัดสุวรรณคีรี	8.0	5.0	16.0	17.0	14.0
7. ปากทะเลสาบสงขลา	9.5	10.0	16.5	17.0	16.5

ตารางที่ 5 ค่าความโปร่งใส หน่วย เซนติเมตร

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ปากรอ	65	15	30	20	80
2. ปากคลองอู่ตะเภา	75	35	110	70	100
3. ปากคลองพะวง	90	60	130	120	75
4. เกาะยอ	55	15	100	30	135
5. ปากคลองสำโรง	60	40	83	70	80
6. วัดสุวรรณคีรี	70	40	70	40	115
7. ปากทะเลสาบสงขลา	120	60	70	20	200

ตารางที่ 6 ปริมาณพวกธาตุโลหะที่แขวนลอย หน่วย มิลลิกรัม/ลิตร

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ปากรอ	22	63	57	236	12
2. ปากคลองอู่ตะเภา	33	36	14	19	10
3. ปากคลองพะวง	43	36	13	15	16
4. เกาะยอ	40	113	6	244	13
5. ปากคลองสำโรง	89	36	14	12	20
6. วัดสุวรรณคีรี	40	30	24	67	7
7. ปากทะเลสาบสงขลา	19	28	13	194	4

ตารางที่ 7 ปริมาณโลหะหนักที่ละลายน้ำ หน่วย ppb

สถานีตัวอย่าง	กันยายน			เมษายน		
	ตะกั่ว	ปรอท	ทองแดง	ตะกั่ว	ปรอท	ทองแดง
1. ปากรอ	-	0.020	15	263.0	0.092	20
2. เกาะยอ	-	0.026	16	338.0	0.077	68
3. ปากทะเลสาบสงขลา	-	0.040	20	325.0	0.102	57

ตารางที่ 8 ปริมาณน้ำมันและไขมัน หน่วย มิลลิกรัม/ลิตร

สถานีตัวอย่าง	1988	1989	
	กันยายน	มกราคม	
1. เกาะยอ	298	13	18
2. วัดสุวรรณคีรี	599	12	25
3. ปากทะเลสาบสงขลา	620	8	13

ตารางที่ 9 ปริมาณ Faecal Coliform MPN/100 หน่วย มิลลิกรัม

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ปากรอ	17	20	35	40	40
2. ปากคลองอู่ตะเภา	350	50	40	40	900
3. ปากคลองพะวง	35	19	20	20	8
4. เกาะยอ	10	12	20	20	50
5. ปากคลองสำโรง	70	55	40	40	300
6. วัดสุวรรณคีรี	35	40	20	20	900
7. ปากทะเลสาบสงขลา	18	25	20	20	2

ตารางที่ 10 ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด MPN/100 หน่วย มิลลิกรัม

สถานีตัวอย่าง	กันยายน	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ปากรอ	90	75	50	60	40
2. ปากคลองอู่ตะเภา	1100	850	700	300	900
3. ปากคลองพะวง	220	135	130	23	8
4. เกาะยอ	95	70	40	240	50
5. ปากคลองสำโรง	750	540	230	300	500
6. วัดสุวรรณคีรี	110	470	140	130	900
7. ปากทะเลสาบสงขลา	350	270	230	110	13

ตารางที่ 11 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม หน่วย มิลลิกรัม/ลิตร

สถานีตัวอย่าง	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1. ปากรอ	6.66	0.040	30.00
2. ปากคลองอู่ตะเภา	6.87	0.051	37.21
3. ปากคลองพะวง	6.35	0.026	47.50
4. เกาะยอ	6.40	0.020	50.00
5. ปากคลองสำโรง	6.81	0.054	49.21
6. วัดสุวรรณคีรี	8.66	0.028	26.25
7. ปากทะเลสาบสงขลา	7.05	0.030	26.20

การศึกษาในครั้งถัดมาในราวปี พ.ศ. 2534-2535 เป็นการศึกษาพลวัตของระบบนิเวศในทะเลสาบสงขลาตอนนอก โดยคณาจารย์จากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537) ซึ่งได้ศึกษาครอบคลุมในหัวเรื่องของปัจจัยคุณภาพน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม โดยเฉพาะมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของปริมาณสารอาหาร (ไนไตรต์ ไนเตรต และฟอสเฟต) และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมอยู่ด้วย ซึ่งจากการศึกษาของ สุภาพร (2537) ถึงคุณภาพน้ำ ทั้งหมด 7 สถานี ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนอย่างละ 5 เดือน ดังได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 12 และ 13

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอก ในช่วงเดือนสิงหาคม 2534 - ธันวาคม 2535 (จาก สุภาพร, 2537)

ปัจจัย	สถานีเก็บตัวอย่าง						
	1	2	3	4	5	6	7
ความลึก (เมตร)	8.80	5.30	1.07	7.88	1.26	1.48	0.97
อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	29.30	29.40	29.30	29.20	29.80	29.30	29.50
ออกซิเจนละลาย ($mg\ L^{-1}$)	6.40	5.80	6.89	6.28	6.76	7.18	6.74
ความเค็ม (ppt)	21.67	21.40	19.36	11.94	12.50	12.60	11.73
pH	7.98	7.79	7.83	7.53	7.60	8.10	8.16
แอมโมเนีย ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	7.45	6.57	6.81	4.18	10.12	12.80	10.10
ไนไตรต์ ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	0.27	0.17	0.09	0.08	0.19	0.24	0.38
ไนเตรต ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	1.42	1.46	0.77	1.31	0.77	0.89	3.34
TN ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	37.92	38.85	41.60	31.83	43.33	50.40	46.42
ฟอสเฟต ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	1.07	1.13	0.50	0.81	0.98	0.64	1.67
TP ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	2.99	1.84	2.15	1.28	1.66	4.20	2.97
ซิลิเกต ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	64.10	75.77	122.81	178.75	180.90	148.60	186.20

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอก ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มิถุนายน 2535 (จาก สุภาพร, 2537)

ปัจจัย	สถานีเก็บตัวอย่าง						
	1	2	3	4	5	6	7
ความลึก (เมตร)	8.80	4.90	1.02	8.01	1.20	1.55	0.97
อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	30.70	31.00	31.70	31.10	31.80	31.57	31.50
ออกซิเจนละลายในน้ำ ($mg\ L^{-1}$)	6.04	6.21	6.70	6.24	6.65	6.80	6.63
ความเค็ม (ppt)	28.65	24.19	17.33	12.47	14.36	17.10	18.70
pH	7.80	7.85	7.95	7.45	7.80	7.70	7.60
แอมโมเนีย ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	6.65	15.47	13.90	12.03	8.87	15.74	13.31
ไนไตรต์ (ไมโครกรัม-at L^{-1})	0.21	0.16	0.08	0.08	0.04	0.07	0.09
ไนเตรต ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	1.01	0.39	0.36	0.80	0.36	0.41	2.40
TN ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	34.14	40.04	45.72	44.72	33.80	25.50	53.86
ฟอสเฟต ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	0.31	0.38	0.64	0.34	0.55	0.43	0.46
TP ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	1.26	1.60	1.49	1.26	1.58	1.36	2.82
ซิลิเกต ($\mu g\text{-}at\ L^{-1}$)	56.85	70.89	131.68	155.67	151.40	157.00	160.57

หมายเหตุ สถานี 1 ตรงปากทะเลสาบ สู่อ่าวไทยตอนล่าง 2 ระหว่างสถานี 1 กับเกาะยอ 3 ตรงข้ามบ้านเหรียง

4 ตรงข้ามบ้านปากขาด 5 ตรงข้ามบ้านหัวขาด 6 กลางทะเลสาบระหว่างคลองอู่ตะเภากับบ้านเหรียง 7 ตรงข้ามบ้านทอนสำโรง (จาก สุภาพร, 2537)

นอกจากนี้ในรายงานของนักวิจัยญี่ปุ่นที่ได้ศึกษาทะเลสาบสงขลา ซึ่งจัดพิมพ์โดย Kuwabara (1995) ได้กล่าวถึงสภาพแวดล้อมชายฝั่งและระบบนิเวศน์ในทะเลสาบสงขลา โดยเน้นในด้านธรณีสัณฐานวิทยา สิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพน้ำและโครงสร้างอุทกศาสตร์ และธรรมชาติและการกระจายของตะกอน ชีววิทยาสัตว์น้ำและระบบนิเวศน์วิทยา จนถึงศึกษาเศรษฐกิจสังคมและการประมง

ภาสกรและคณิต (2539) ได้สำรวจปริมาณโลหะหนักในน้ำและตะกอนดิน ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก (มีความหมายเดียวกับคำว่าตอนล่าง) โดยดำเนินการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้งในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน และสิงหาคม 2538 โดยแบ่งออกเป็น 9 สถานี โลหะหนักที่สำรวจได้แก่ เงิน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี สำหรับในตะกอนดิน ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว และสังกะสี พบว่าชนิดของโลหะหนักในรูปที่ละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ แคดเมียม โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก และตะกั่ว มีค่าเฉลี่ยในทุกสถานีเท่ากับ 0.035±0.019, 0.067±0.014, 0.467±0.165, และ 0.226±0.102 ppm ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินที่สำรวจ พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกชนิด ยกเว้น เหล็ก แต่ละชนิดมีค่าเฉลี่ยในทุกสถานี คือ 0.31±0.158, 7.09±3.621, 656.5±95.8, 20.88±7.795 และ 24.79±9.705 มก/กก. (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีของทะเลสาบสงขลาตอนนอก (จาก ภาสกรและคณิต, 2539)

ปัจจัยทางกายภาพ	สถานีเก็บตัวอย่าง								
	SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK8	SK9
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	7.44	7.57	7.51	7.65	7.58	7.51	7.37	7.63	7.65
ความเค็ม (ppt)	27.2[c]	24.0[c]	16.5[ab]	6.2[ab]	17.0[bc]	5.7[a]	8.5[ab]	13.0[ab]	25.0[c]
ความโปร่งใส (ซม.)	78.5	65.0	60.0	37.7	72.5	55.0	74.6	27.5	50.0
ความลึก (เมตร)	4.2[c]	0.5	0.6	3.0[b]	1.4[a]	0.6	6.0[d]	0.6	0.62
ออกซิเจนละลายในน้ำ (มก/ลิตร)	5.9	6.0	5.9	7.2	6.8	6.0	6.3	6.4	6.4
อุณหภูมิ (°C)	29.9	30.3	30.7	30.7	31.0	31.0	30.9	31.1	29.8
ตะกอนแขวนลอย (มก/ลิตร)	52.13	42.63	33.00	35.63	45.13	46.50	45.13	66.75	43.88

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ห้อยสูงที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

SK1 บริเวณปากทะเลสาบสงขลา
SK2 บริเวณปากคลองสำโรง
SK3 บริเวณปากคลองพะวง
SK 4 บริเวณปากคลองอู่ตะเภา
SK5 บริเวณกลางทะเลสาบสงขลาตอนนอก
SK6 บริเวณปากคลองรัตภูมิ
SK7 บริเวณปากคลองปากรอ
SK8 บริเวณปากคลองสทิงหม้อ
SK9 บริเวณชุมชนหัวเขา

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในรูปละลายน้ำ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่งประเภท 4 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (จาก ภาสกร ถมพลกรัง และคณิต ไชยาคำ 2539)

โลหะหนัก	สถานีเก็บตัวอย่าง								
	SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK8	SK9
Ag	0.058	0.054	0.053	0.03	0.039	0.044	0.043	0.044	0.064
Cd	0.05^{b}	0.047^{ab}	0.028^{ab}	0.007^{a}	0.047^{ab}	0.006^{a}	0.02^{ab}	0.037^{ab}	0.048^{ab}
Co	0.118^{b}	0.098^{b}	0.061^{b}	0.034^{b}	0.071^{b}	0.013^{a}	0.053^{b}	0.058^{b}	0.091^{b}
Cr	0.021	0.036	0.026	0.001	0.012	0.004	0.003	0.041	0.052
Cu	0.077	0.070	0.06	0.083	0.062	0.040	0.054	0.053	0.08
Fe	0.474	0.573	0.282	0.650	0.328	0.411	0.174	0.236	0.55
Mn	0.058^{b}	0.064^{b}	0.08^{b}	0.161^{a}	0.059^{b}	0.059^{b}	0.091^{b}	0.062^{b}	0.092^{b}
Ni	0.131^{d}	0.106^{abcd}	0.062^{abcd}	0.027^{ab}	0.075^{abcd}	0.022^{a}	0.031^{abc}	0.065^{abcd}	0.123^{bd}
Pb	0.338^{c}	0.290^{bc}	0.247^{abc}	0.084^{a}	0.222^{abc}	0.087^{a}	0.097^{ab}	0.145^{abc}	0.317^{c}
Zn	0.065	0.052	0.041	0.078	0.025	0.011	0.04	0.038	0.102

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ห้อยสูงที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

รูปที่ 1 ทิวทัศน์รอบทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

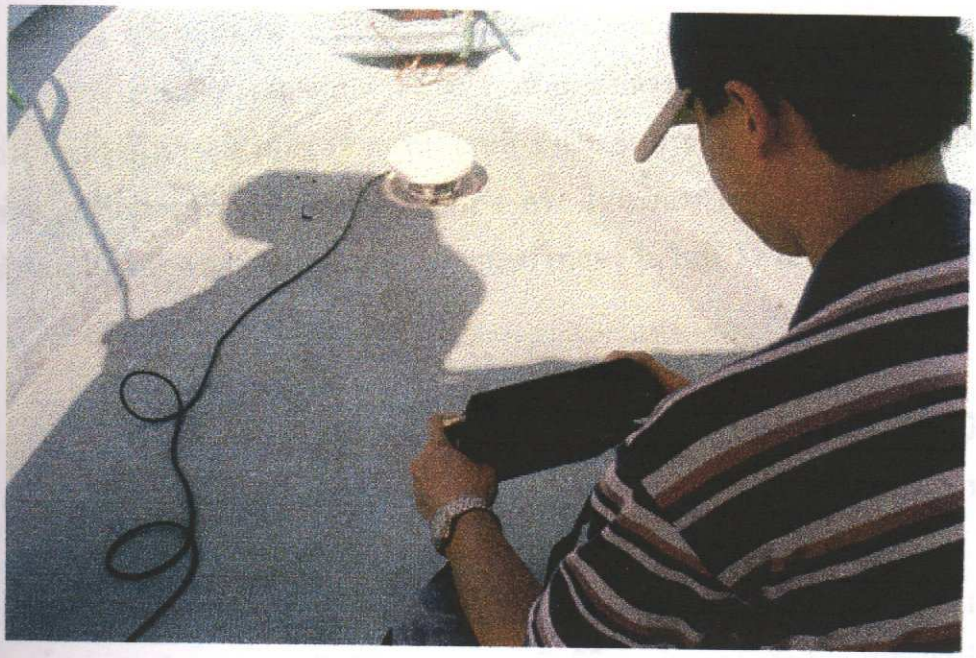
2.1 วัสดุ

1. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา
2. แผนที่อุทกธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมพื้นที่ทะเลสาบสงขลา
3. โปรแกรมประมวลผลสำเร็จรูปด้านข้อมูลดาวเทียม และจัดระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านกราฟฟิก INTERGRAPH
4. โปรแกรมจัดระบบฐานข้อมูล ORACLE
5. โปรแกรมสร้างชั้นความสูงชื่อ Surfer V 3
6. กระบอกพลาสติก ขนาดความจุ 500 ลิตร และขวดแก้วหนาพร้อมจุกปิด (รูปที่ 2)
7. แผ่นเทปคอมพิวเตอร์ความจุ 1.4 MB และตลับเทปขนาด 8 มม. มีความจุ 5 GB
8. ผงหมึกพิมพ์ ทั้งสีและขาวดำ

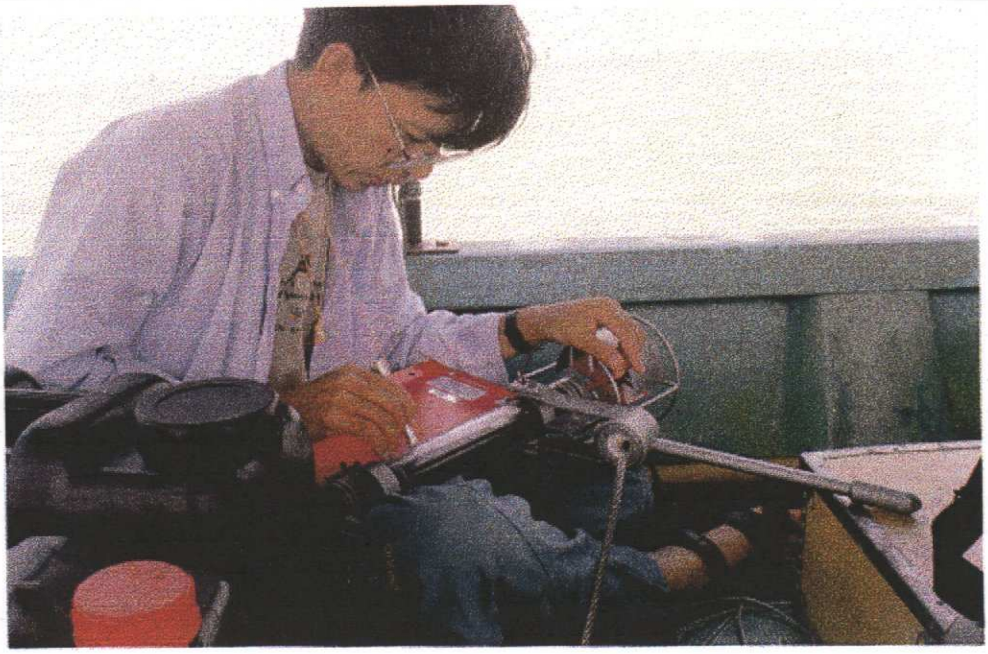
2.2 อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพ ระดับสถานีข่ายงาน (Work Station)
2. เครื่องคอมพิวเตอร์จัดระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Pentium -200
3. เครื่องบันทึกแผ่น CD (CD writer)
4. เครื่องกวาดข้อมูลภาพสี (Scanner color)
5. กระดานวาดอิเล็กทรอนิกส์ (Digitize)
6. เครื่องหาพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (GPS) Trimble (รูปที่ 3)
7. เครื่องวาดสีแบบหมึกพ่น (Ink Jet Plotter)
8. เครื่องพิมพ์สี (Desk Jet Printer)
9. เครื่องพิมพ์ขาวดำด้วยเลเซอร์ (HP Laser 4L)
10. เครื่องมือวัดความเร็วและทิศทางกระแสน้ำ (รูปที่ 4)
11. เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำ (รูปที่ 6)

รูปที่ 2 ขวดพลาสติกและขวดแก้วพร้อมฝาปิดเก็บตัวอย่างน้ำวิเคราะห์



รูปที่ 3 อุปกรณ์บอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม



รูปที่ 4 เครื่องวัดทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ

2.3 ขั้นตอนการวิจัย

หลักเกณฑ์ในการวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การเตรียมการและเก็บตัวอย่าง

1.1 บริเวณที่ศึกษาและระยะเวลาที่ศึกษา

ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อการวิเคราะห์ทางเคมีในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง โดยมีจุดสำรวจอย่างน้อย 19 สถานี (รูปที่ 5 และ 8) กระจายทั่วบริเวณ และจะออกเก็บตัวอย่าง 2 ช่วง คือ ในช่วงฤดูร้อน 1 ครั้ง และฤดูฝน 1 ครั้ง ในครั้งแรกได้ทำการออกภาคสนามสำรวจและเก็บตัวอย่าง ในวันที่ 4 ตุลาคม 2540 (รูปที่ 6) และครั้งที่สอง ในวันที่ 12 เมษายน 2541 (รูปที่ 9)

1.2 การเก็บตัวอย่าง

ก) การตรวจหาตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง

ใช้เครื่องมือวัดหาพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) ตรวจวัดหาพิกัดทางภูมิศาสตร์ (UTM) ตามสถานีที่ได้กำหนดไว้ (รูปที่ 3) เพื่อที่จะได้ทราบตำแหน่งที่แน่นอนของบริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำ

ข) การเก็บตัวอย่างน้ำ

ใช้กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (รูปที่ 7) เก็บน้ำที่ระดับความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ใต้ผิวน้ำ บรรจุลงในขวดพลาสติกที่มีความจุ 500 มิลลิลิตร และขวดแก้วที่มีจุกปิด (รูปที่ 2) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ตัวอย่าง

2.1 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ก) การตรวจวัดในภาคสนาม

ใช้เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ วัดหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และตรวจวัดปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่อาจทำได้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ความลึก ความโปร่งใส (transparency) ของน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำ

ข) การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างน้ำที่เก็บมา ไปวิเคราะห์หาปริมาณของคลอโรฟิลล์ (รูปที่ 10) และปริมาณสารอาหารในน้ำ อันได้แก่ ไนไตรต์ ไนเตรต ฟอสเฟต และซิลิเกต โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

- ปริมาณแอมโมเนีย ด้วยวิธีฟีเนต (Phenate method) สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย OD ที่ความยาวคลื่น 630 nm
- ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในน้ำโดย วิธี Ascorbic acid สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส OD ที่ความยาวคลื่น 880 nm
- ปริมาณไนไตรต์-ไนโตรเจน ด้วยวิธี Diazotization สารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ที่ OD ความยาวคลื่น 543 nm
- ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน ด้วยวิธี Cadmium-reduction สารละลายมาตรฐานไนเตรต ที่ OD ความยาวคลื่น 543 nm
- ปริมาณซิลิกา ดูจาก OD ที่ความยาวคลื่น 810 nm
- การหาค่าความเค็ม (คลอโรซิตี) โดยการระเหยเอาน้ำออกไป

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดเก็บฐานข้อมูล

1. การนำผลข้อมูลการวิเคราะห์ มาจัดเรียงหาความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณของธาตุอาหาร และหาความนัยสำคัญเชิงสถิติ ได้แก่ สหสัมพันธ์ (correlation) แบบถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ระดับที่ 1 ของค่าทั้งหมดดังกล่าว

2. เข้าสู่โปรแกรมสำเร็จรูประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ INTERGRAPH

3. ผลการวิเคราะห์ที่ได้ทางกายภาพมาเก็บเข้าในตารางบัญชีไว้ในฐานข้อมูลของ ORACLE ส่วนข้อมูลเชิงกราฟฟิกเก็บไว้ในรูปแบบของโปรแกรม INTERGRAPH

4. นำผลที่วิเคราะห์มาทำเส้นชั้นระดับค่าต่าง ๆ (contour line) โดยเทียบกับพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เป็นการประสานงานร่วมระหว่างโปรแกรม Surfer กับ INTERGRAPH

5. จัดพิมพ์ร่างเป็นแผนที่ (Draft Map) และรายงานร่างฉบับสมบูรณ์ (Final Draft)

2.4 วิธีการวิจัย

2.4.1 โปรแกรมปฏิบัติการ

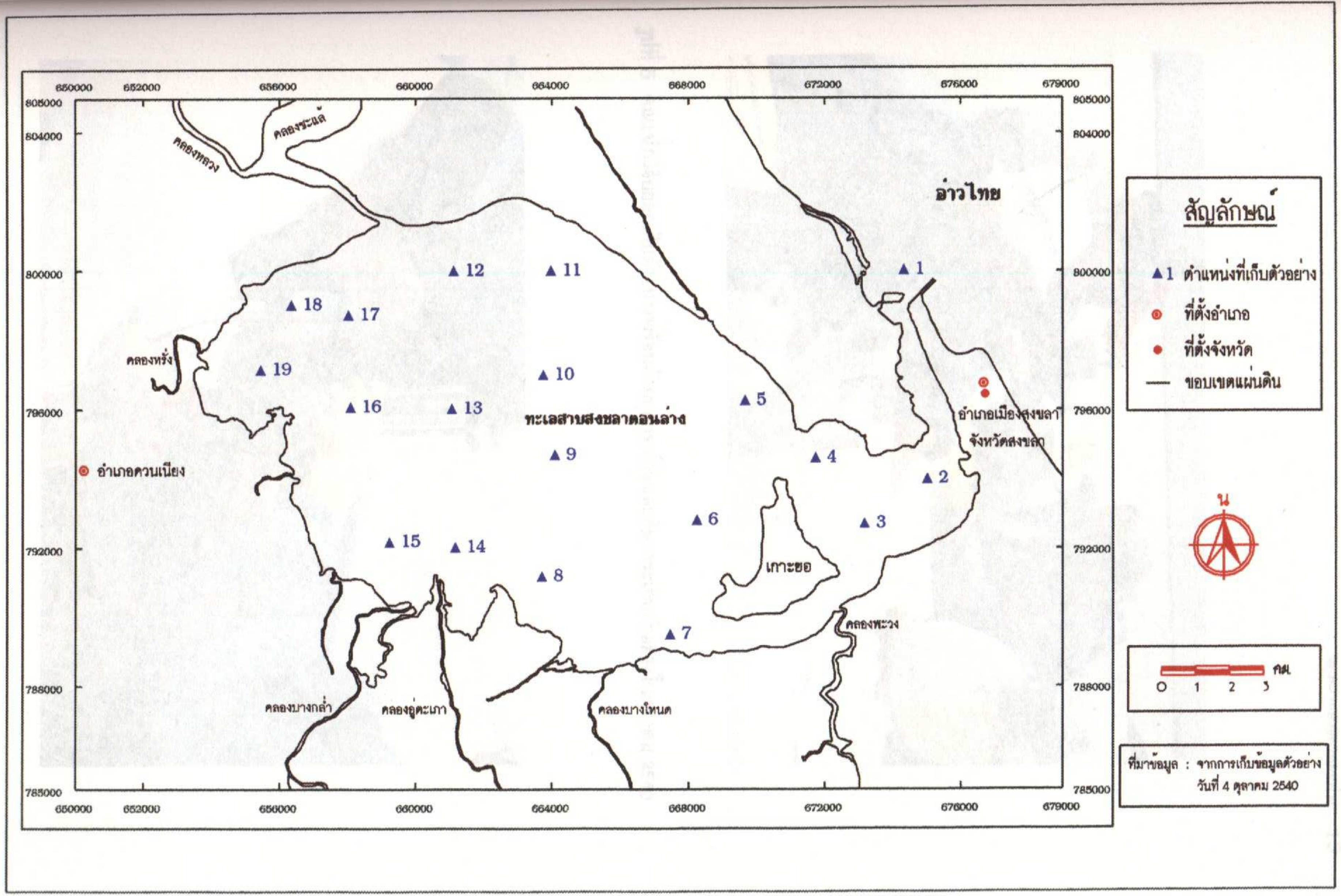
โปรแกรมที่ใช้รวบรวม วิเคราะห์ และรายงานข้อมูลคือ INTERGRAPH อันเป็นโปรแกรมประมวลผลอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ ให้แก่ข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ได้แก่ ข้อมูลดาวเทียม Landsat ชนิด TM ในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลเชิงตัวเลขจากแผนที่และตารางต่างๆ ก็นำมาประมวลผลด้วยและรวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการกวาดตรวจภาพ

โปรแกรมที่นำมาใช้ทำงานบนคอมพิวเตอร์ทั่วไปมีอยู่หลากหลาย เช่น คอมพิวเตอร์บุคคล นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมชื่อ EASI PACE, Surfer และ Excel V.7 ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและการสร้างเส้นชั้นระดับเสมอภาค

เครื่องมือที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ ประกอบด้วย สถานีงาน INTERGRAPH ผลได้ออกมาในรูปแผนที่ และแผนภูมิ ได้ลากวาดบนเครื่อง HP Design jet 750 C Plus และ Calcomp 5336 การวิเคราะห์ต่างๆ ทำที่การศูนย์รีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ภาคใต้ สำนักวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยใช้อุปกรณ์ดังนี้ หน่วยเทปและกลักเทป จอภาพ ลูกข่าย และเครื่องพิมพ์ เครื่องลากวาด เครื่องกวาดตรวจภาพ

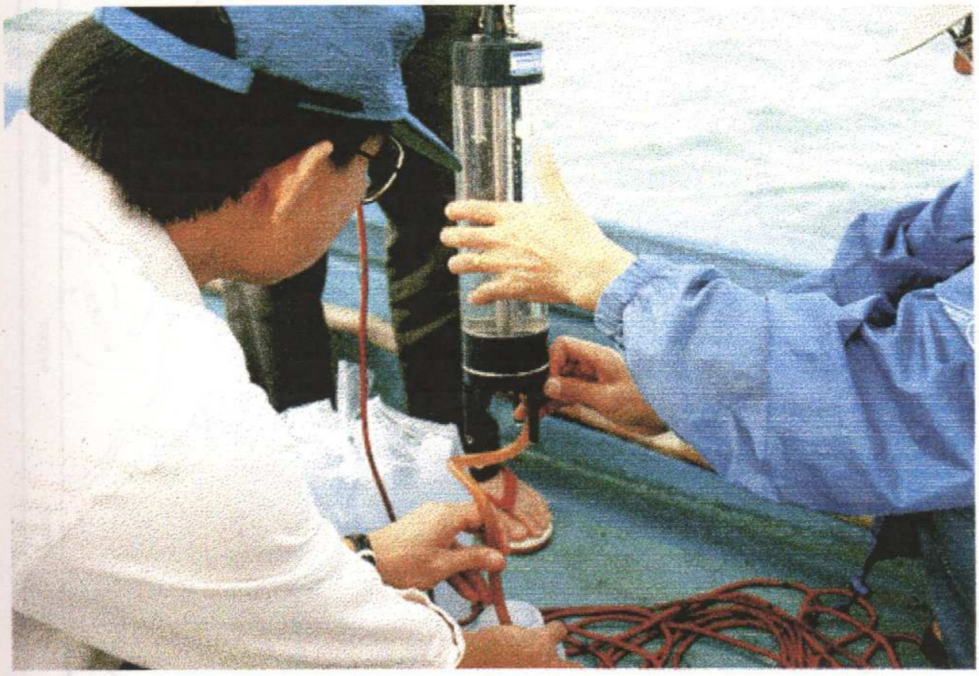
2.4.2 เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำ

เกณฑ์ที่ใช้นำเข้าสู่ลู่ทางการจัดการคุณภาพน้ำ ได้อาศัยเกณฑ์บางประการ อาทิเช่น ความเค็ม และปริมาณธาตุอาหาร เช่น ออกซิเจน ความเป็นกรดเป็นด่าง แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ตะกอนแขวนลอย ฟอสเฟต และไนเตรต (Meanden & Kapetsky, 1991) เพื่อวิเคราะห์ถึงการคาดคะเนในพื้นที่ไม่ได้สุ่มเก็บตัวอย่าง และปริมาณอันทำให้ทราบถึงสภาพแวดล้อมของทะเลสาบสงขลา มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทางบวกหรือลบ โดยเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา ความสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา และการใช้แหล่งน้ำนี้ของชุมชนรอบทะเลสาบตลอดจนบริเวณไกลออกไปที่อยู่ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

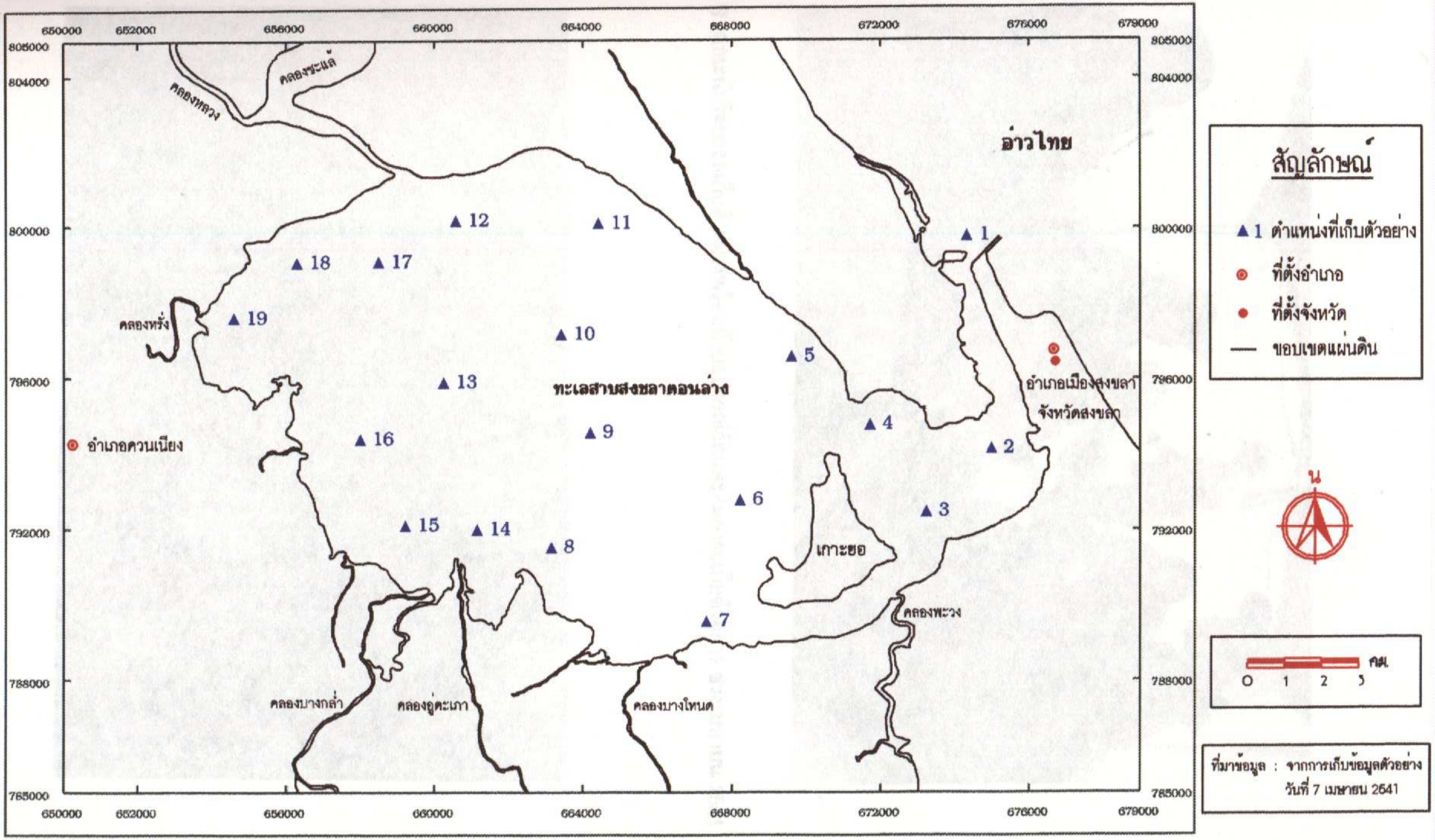


รูปที่ 5 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเดือนตุลาคม 2540

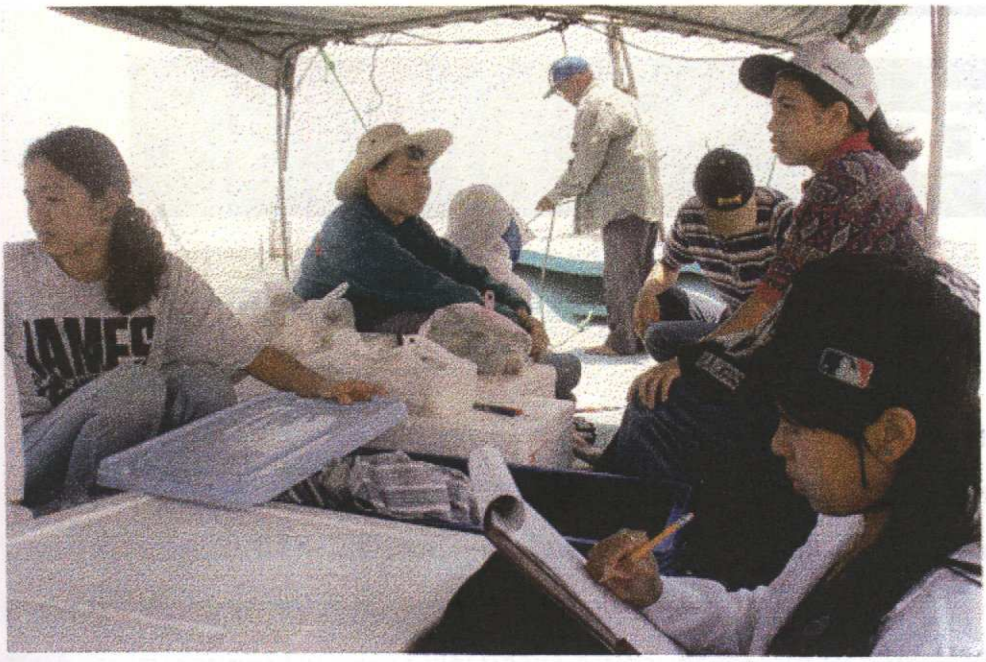
รูปที่ 6 คณะนักวิจัยออกเก็บตัวอย่างพร้อมด้วยอุปกรณ์วัดและสัมภาระเก็บตัวอย่างในตุลาคม 2540



รูปที่ 7 อุปกรณ์และการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 8 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเดือนเมษายน 2541



รูปที่ 9 คณะนักวิจัยออกเก็บตัวอย่างพร้อมด้วยอุปกรณ์วัดและสัมภาระเก็บตัวอย่าง ช่วงเมษายน 2541

รูปที่ 10 การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3

ผลวิจัย

3.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

3.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่ทางฝั่งทะเลด้านตะวันออกของภาคใต้ ระหว่างเส้นรุ้งที่ 6 องศา 28 ลิบดา ถึง 7 องศา 58 ลิบดาเหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 99 องศา 47 ลิบดา ถึง 100 องศา 37 ลิบดาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดพัทลุงทั้งหมด จังหวัดสงขลา 11 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสงขลาบางส่วน อำเภอหาดใหญ่ สะเดา รัตภูมิ ควนเนียง สิงหนคร สทิงพระ ระโนด บางกล่ำ นาหม่อม และกระแสสินธุ์ และบางส่วนของอำเภอชะอวดและหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช มีเนื้อที่ทั้งสิ้นประมาณ 8,208 ตารางกิโลเมตร หรือ 5,130,000 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อดังนี้ (รูปที่ 11)

- ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอชะอวดและหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช
- ทิศตะวันออก จดอ่าวไทย และอำเภอจะนะ อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา
- ทิศใต้ จดประเทศสหพันธรัฐมาเลเซีย
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดตรังและสตูล

3.1.2 สภาพภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีสภาพภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาและภูเขาสูงชันทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ ซึ่งเป็นแนวของเทือกเขาบรรทัด โดยวางตัวตามแนวเหนือใต้ ตั้งแต่กิ่งอำเภอศรีบรรพต จังหวัดพัทลุง ลงไปจนถึงอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 30 สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 80-1,322 เมตร ประกอบด้วยยอดเขาที่สำคัญ ดังนี้ เขาควนลม (ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 586 เมตร) เขายางแดก (582) เขาร้อน (1,322) เขาช่องประตู (1,163) เขาโตนงาช้าง (932) เขาวังพา (802) และเขาน้ำค้าง (648) แล้วจะค่อย ๆ ลาดต่ำลงมาทางด้านทิศตะวันออก มีสภาพภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชันและเป็นที่ราบต่ำจนจดทะเลสาบสงขลาและอ่าวไทย มีความลาดชันประมาณร้อยละ 0-2 และสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 0-30 เมตร นอกจากนี้ยังมีพื้นที่เกาะ ซึ่งอยู่ในทะเลสาบอีกมากมาย ที่สำคัญได้แก่ เกาะหมาก เกาะนางคำ และเกาะยอ เป็นต้น

รูปที่ 11 แผนที่แสดงที่ตั้ง อาณาเขตติดต่อ และขอบเขตพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างโดยสังเขป

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

3.1.3 ลักษณะภูมิอากาศ

พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoon climate, Am) กล่าวคือ มีอากาศร้อน อุณหภูมิสูงตลอดปี มีฝนตกชุก มีอยู่เพียง 2-3 เดือน เท่านั้นที่มีฝนตกน้อยกว่า 62 มิลลิเมตร ในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 8-9 เดือน ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนมกราคม และมีฝนตกชุกที่สุดในเดือนพฤศจิกายน และฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนเมษายน ในระยะนี้เป็นช่วงที่ลมจากทะเลจีนใต้พัดมาปกคลุม ทำให้อากาศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาร้อนขึ้น และมีฝนตกน้อยเดือนเมษายน ซึ่งเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุด (ตารางที่ 16)

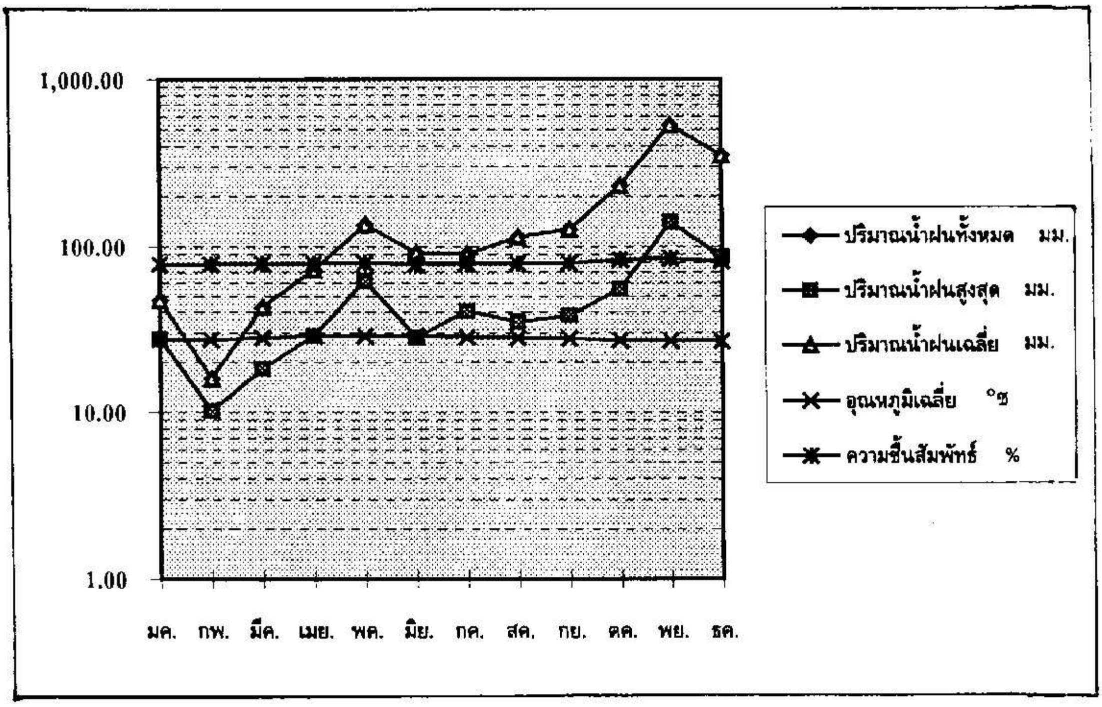
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 1,800-2,000 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27-28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีประมาณร้อยละ 78-79 (รูปที่ 12)

ตารางที่ 16 สภาพภูมิอากาศรอบทะเลสาบสงขลา

รายการ / เดือน	จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย	ปริมาณน้ำฝน มิลลิเมตร			อุณหภูมิ °ซ	ความชื้นสัมพัทธ์ %
		ทั้งหมด	สูงสุด	เฉลี่ย		
มกราคม	8.73	47.00	27.35	4.90	27.1	77.78
กุมภาพันธ์	3.09	15.89	10.17	4.67	27.3	77.78
มีนาคม	5.45	42.88	18.14	7.15	28.0	78.33
เมษายน	7.09	71.88	28.67	9.22	28.8	78.56
พฤษภาคม	12.00	135.05	61.75	10.23	28.8	79.22
มิถุนายน	12.09	90.94	28.01	6.84	28.6	77.89
กรกฎาคม	11.64	89.74	40.58	7.01	28.1	78.56
สิงหาคม	15.00	113.92	34.92	6.90	27.9	78.33
กันยายน	14.73	126.38	38.05	7.80	27.6	79.56
ตุลาคม	19.09	230.41	55.38	10.97	27.04	82.78
พฤศจิกายน	21.82	529.93	138.89	22.08	26.73	84.56
ธันวาคม	19.00	348.02	85.66	16.65	26.61	80.89

3.1.4 ลักษณะทางกายภาพของทะเลสาบ

ทะเลสาบสงขลา มีลักษณะทางกายภาพ ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 17 โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้คือ



รูปที่ 12 เส้นกราฟภูมิอากาศของทะเลสาบสงขลา

ตารางที่ 17 ลักษณะของระบบทะเลสาบสงขลา (จาก Lake Biua Res. Inst. and Int. Lake Environ. Com. , 1988)

ลักษณะทั่วไป	ค่า
พื้นที่ผิว หน่วย ตารางกิโลเมตร	1,082
ปริมาตร หน่วย $x10^9$ ลบ.ม.	1.6 (ระดับความสูงปานกลาง) 3.8 (1.5ระดับความสูงปานกลาง)
ความลึกสูงสุด หน่วย เมตร	2.0
ความลึกเฉลี่ย หน่วย เมตร	1.4
ทะเลหลวง	1.8
ทะเลสาบสงขลา	1.4
น้ำขึ้นลงระดับตลอดปีปกติ หน่วย เมตร	0.6-2.2
เวลาน้ำนิ่ง หน่วย ปี	0.3-0.5
พื้นที่รับน้ำฝน หน่วย ตารางกิโลเมตร	8,020

1) ทะเลน้อย (Thale Noi)

เป็นส่วนของทะเลสาบตอนบนสุด มีพื้นที่ประมาณ 28 ตารางกิโลเมตร (2,800 เฮกตาร์) มีระยะทางโดยรอบประมาณ 20 กิโลเมตร เป็นทะเลสาบน้ำจืด และมีพืชน้ำขึ้นอยู่ทั่วไปเป็นจำนวนมาก ทะเลน้อยอยู่ในเขตการปกครองจังหวัดพัทลุง

2) ทะเลสาบตอนในหรือตอนกลาง (Inner Lake หรือ Middle Lake)

เป็นส่วนที่อยู่ถัดไปจากทะเลน้อยลงมาทางใต้ มีทางติดต่อกันโดยคลองสั้น ๆ มักเรียกส่วนนี้ว่า *ทะเลหลวง* (Thale Luang) มีพื้นที่ 782.8 ตารางกิโลเมตร (78,280 เฮกตาร์) มีระยะทางโดยรอบริมฝั่งประมาณ 200 กิโลเมตร (รูปที่ 13) โดยชายฝั่งตะวันตกอยู่ในเขตจังหวัดพัทลุง และชายฝั่งตะวันออกอยู่ในเขตจังหวัดสงลา (รูปที่ 11) ตอนบนของทะเลหลวงจัดได้ว่าเป็นน้ำจืด ส่วนตอนล่างเป็นน้ำกร่อย ในทะเลหลวงตอนบนมีพืชน้ำปกคลุมอยู่ทั่วไปและมีมากเป็นพิเศษในบริเวณริมฝั่ง ส่วนในตอนล่างมีทั้งพืชน้ำและป่าชายเลนเป็นบริเวณแคบ ๆ

3) ทะเลสาบตอนนอกหรือทะเลสาบ (Outer Lake หรือ Thale Sap)

เป็นส่วนล่างสุดของทะเลสาบสงขลา มีทางเปิดสู่ทะเล จึงเป็นทะเลสาบน้ำกร่อยจนถึงน้ำเค็มขึ้นอยู่กับฤดูกาล มีพื้นที่ประมาณ 176 ตารางกิโลเมตร (17,600 เฮกตาร์) อยู่ในเขตจังหวัดสงขลา รอบทะเลสาบมีเส้นทางคมนาคมติดต่อเชื่อมกันเป็นโครงข่ายได้ตลอดปี (รูปที่ 13) จึงมักเรียกทะเลสาบในส่วนนี้ว่า *ทะเลสาบสงขลา* (Thale Sap Songkhla) ริมฝั่งทะเลสาบสงขลาบางแห่งมีป่าสนและป่าชายเลนขึ้นประปราย (รูปที่ 1) เช่น ในคลองพะวง แต่นับวันมีพื้นที่ลดลงไปเรื่อย ๆ

3.2 สภาพแวดล้อมทะเลสาบสงขลา

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลานับเป็นทรัพยากรอันล้ำค่าของประเทศไทย เนื่องจากมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ เช่น ทรัพยากรที่ดิน แหล่งน้ำ ป่าไม้ แร่ และทรัพยากรประมง นอกจากนี้ยังมีพื้นที่บริเวณทะเลสาบ ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่มีลักษณะเฉพาะพิเศษ และมีคุณค่าทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีเพียงแห่งเดียวในประเทศไทย

ปัจจุบันทรัพยากรธรรมชาติในลุ่มน้ำได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากมายและไม่มีประสิทธิภาพ ขาดการควบคุมและจัดการตามหลักวิชาการ จึงทำให้ทรัพยากรที่มีอยู่เสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ และมีผลกระทบต่อทะเลสาบสงขลา ทำให้ปริมาณสัตว์น้ำลดลงและทะเลสาบตื้นเขิน เป็นต้น

สำหรับทะเลสาบสงขลาพบว่าเป็นแหล่งทรัพยากรประมงที่มีคุณค่าสูง ในปัจจุบันบริเวณโดยรอบทะเลสาบสงขลาจะมีจำนวนผู้คนที่ทำมาหากินติดต่อกับทะเลสาบนับหมื่นครอบครัว ทำการประมง

และค้าขายสัตว์น้ำจากทะเลสาบ โดยเฉพาะอาชีพเลี้ยงกุ้งในเขตทะเลสาบสงขลาตอนบน แถบอำเภอระโนด กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็วจากในอดีตที่ผ่านมา

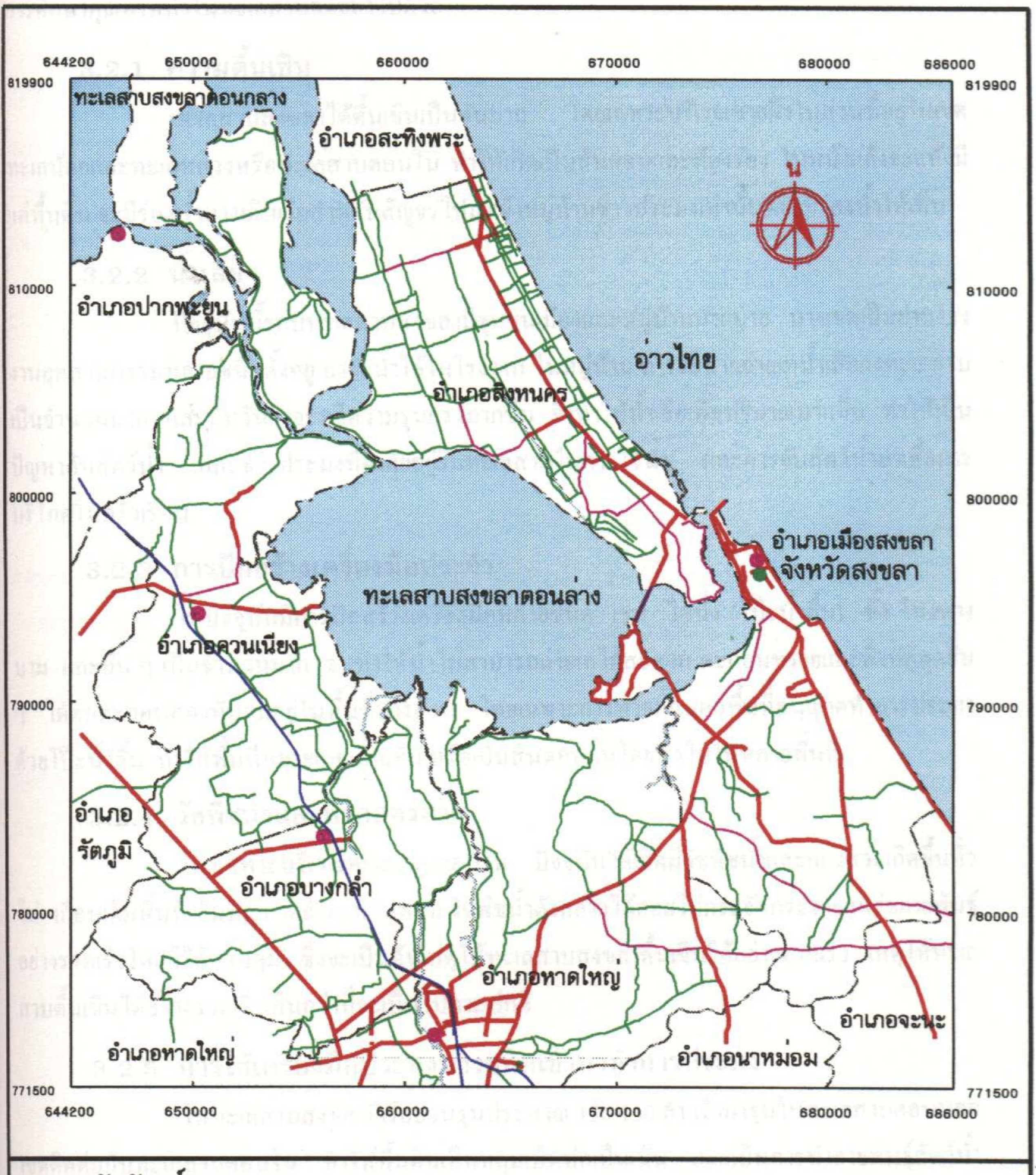
ทะเลสาบสงขลามีสัตว์น้ำจำพวกปลาอาศัยอยู่กว่า 700 ชนิด กุ้งทะเลมากกว่า 20 ชนิด และกุ้งน้ำจืดอีกหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีปูทะเลที่สำคัญ คือ ปูดำ ปูม้าและหอย ตลอดจนสัตว์น้ำอื่น ๆ อีกโดยเฉพาะปลาโลมาหัวบาตร พันธุ์ Orcaella brevirostris และ Neophocaena phocaenoides และปลาโลมาปากขวด พันธุ์ Sonsa chinensis ชีวมวลของสัตว์น้ำ (biomass) ที่จับได้อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ คือที่บริเวณทะเลน้อยมี 1.47-4.74 กิโลกรัมต่อไร่ บริเวณทะเลหลวง 0.37-3.64 กิโลกรัมต่อไร่ และทะเลสาบตอนล่าง 0.29-5.33 กิโลกรัมต่อไร่ สัตว์น้ำมีการแพร่กระจายทั่วไปโดยมีอิทธิพลของความเค็ม ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และพื้นที่เป็นปัจจัยสำคัญ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2539)

อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ปรากฏว่าผลผลิตทางประมงในทะเลสาบลดลง ในอดีตทะเลสาบเป็นแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำ เช่น ปลา กุ้ง อยู่มาก มีการประเมินว่าทะเลสาบสงขลาสามารถให้ผลผลิตสัตว์น้ำได้ปีละมากกว่า 1,000 ตัน จากการที่ทรัพยากรประมงในทะเลสาบมีอยู่จำกัดและขาดแนวทางการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสม มีการใช้เครื่องมือประมงมากเกินไป เช่น แห จำนวน 3000 ปาก ลอบยืน 8000 ลูก ตลอดจนเครื่องมือผิดกฎหมายบางชนิด เช่น อวนล้อมใหญ่ (1,500 หัว) อวนลอย (2,500 หัว) อวนรุน (100 ลำ) และโพงพาง (800 ปาก) จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทรัพยากรประมงในทะเลสาบปัจจุบันอยู่ในสภาพถดถอย จากการศึกษาพบว่ามีสัตว์น้ำหลายชนิดมีความชุกชุมลดน้อยลง เช่น กุ้งก้ามกราม สัตว์น้ำบางชนิด หายไปจากแหล่งน้ำ เช่น ปลาตะลุมพุก Hilsa toli ปลาตะเพียนน้ำเค็ม Anodontostoma chacunda ปลาตุ้ม Puntioplites bulu รวมทั้งสัตว์น้ำที่พบอยู่ในปัจจุบันก็มีขนาดเล็กกว่าในอดีตเป็นอันมาก

ทะเลสาบทั้ง 3 ส่วน ในปัจจุบันมีความลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 1-2 เมตร ซึ่งความลึกได้ลดลงเนื่องจากการกัดเซาะ (erosion) ของหน้าดินจากบริเวณลุ่มน้ำใกล้เคียง ทำให้ตะกอนบางส่วนทับถมในทะเลสาบ จึงเป็นที่น่าวิตกว่าในอนาคตพื้นที่ทะเลสาบอาจจะลดลง เพราะการสะสมของตะกอนดินที่ทำให้ทะเลสาบตื้นเขินและมีขนาดแคบเข้าทุกที

สภาพที่มีน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม ทำให้ทะเลสาบสงขลามีพันธุ์สัตว์น้ำที่หลากหลายมาก จากการสำรวจพบว่ามีพันธุ์สัตว์น้ำถึง 700 ชนิด และสามารถจับสัตว์น้ำได้ถึงปีละ 12,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 360 ล้านบาท (สำนักงานประมงจังหวัดสงขลา, 2537)

นอกจากนี้จังหวัดสงขลาได้ถูกกำหนดให้เป็นศูนย์กลางความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม การพาณิชย์ และการท่องเที่ยวของภาคใต้ตอนล่าง (รูปที่ 13) ดังนั้น ความเจริญทางเศรษฐกิจ การขยายตัวของชุมชน การสร้างท่าเรือน้ำลึก การขยายตัวของอุตสาหกรรม และการขยายพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งล้วนก่อให้เกิดความขัดแย้งของการใช้ประโยชน์ทรัพยากรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล รวมทั้งลดความขัดแย้งในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศจึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องทำการศึกษาและกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบพร้อมกับ



รูปที่ 13 แผนที่แสดงเส้นทางคมนาคมรอบทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

การศึกษาคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาไปด้วย

3.2.1 ความตื้นเขิน

ทะเลสาบสงขลาได้ตื้นเขินเป็นอันมาก โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งในส่วนที่อยู่ในเขตทะเลน้อยและทะเลหลวงหรือทะเลสาบตอนใน ทำให้เกิดเป็นสันดอนและท้องร่อง ในหน้าแล้งจะแห้งมีแต่พื้นดิน จะมีร่องน้ำทางเดินเรือสำหรับสัญจรไปมาเข้าหมู่บ้านชาวประมงเท่านั้นที่ยังมีร่องน้ำให้เห็น

3.2.2 น้ำเสีย

ปัจจุบันนี้รอบทะเลสาบสงขลามีชุมชนเมืองและหมู่บ้านมากมาย บางเขตเป็นย่านโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดตั้งอยู่ อาศัยน้ำใช้ในโรงงาน ในหมู่บ้าน การระบายถ่ายเทน้ำเสียลงทะเลสาบเป็นจำนวนมาก และนับวันยิ่งจะทวีความรุนแรงมากขึ้น จึงทำให้น้ำเสียเพิ่มปริมาณมากขึ้น ทำให้เป็นปัญหากับสัตว์น้ำ และชาวประมงที่อาศัยอยู่ริมทะเลสาบในการใช้น้ำ และการจับสัตว์น้ำมาเพื่อการบริโภคในครัวเรือน

3.2.3 การปักสร้างเครื่องมือประจำ

ในปัจจุบันมีการปักสร้างเครื่องมือหลายชนิด เช่น ไซนั่ง (โป๊ะน้ำตื้น) ซั้ง โพงพาง บาม และอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก จนทำให้น้ำไม่สามารถถ่ายเทได้สะดวก ตะกอนทรายและสิ่งปฏิกูลอื่น ๆ ได้ตกตะกอนกองทับถมอยู่ในพื้นที่บางส่วน โดยเฉพาะการทำออกนอกพื้นที่อนุญาตทำการประมงด้วยโป๊ะน้ำตื้น ทำให้พื้นที่หลายแห่งตื้นเขิน หรือเป็นสันดอนขึ้นโดยทั่วไปในหลายพื้นที่

3.2.4 วัชพืชน้ำและพวกกองสวะ

โดยเฉพาะบริเวณทะเลสาบตอนใน ปัจจุบันได้เกิดมีวัชพืชน้ำและกองสวะเกิดขึ้นทั่วไป เกือบเต็มพื้นที่เป็นปัญหาอย่างมาก เพราะวัชพืชน้ำดังกล่าวได้ลอยไปกระจัดกระจายแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วโดยมิได้ควบคุม ซึ่งจะเป็นต้นเหตุให้ทะเลสาบสงขลาตื้นเขินได้อย่างรวดเร็ว เหตุให้ทะเลสาบตื้นเขินได้อย่างรวดเร็วเกินกว่าที่จะเป็นไปตามปกติ

3.2.5 การใช้เครื่องมือประมงบางชนิดเข้ามาทำการประมง

ในทะเลสาบสงขลามีเรืออวนรุนประมาณ 130-150 ลำ เข้ามารุนในทะเลสาบตอนนอกเขตติดต่อกับทะเลสาบตอนใน ทำให้พื้นดินเป็นหลุมเป็นบ่อเป็นเนิน และเป็นการทำลายพันธุ์สัตว์น้ำอย่างร้ายแรง

3.2.6 การทำนากุ้งริมทะเลสาบสงขลา

ในระยะ 3-5 ปีมานี้ ได้มีการบุกเบิกพื้นที่ริมทะเลสาบสงขลาทำนากุ้งเป็นจำนวนหลายราย โดยเฉพาะพื้นที่ระหว่างปากคลองอู่ตะเภากับปากคลองบางโหนด และปากคลองสทิงหม้อ ประมาณเนื้อที่ 1,000-1,500 ไร่ สิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ตลอดจนน้ำเสียได้ถ่ายเทลงทะเลสาบ จึงทำให้ทะเลสาบมีสภาพน้ำเสียบ่อยครั้ง

3.2.7 สภาพทางธรรมชาติ

ทะเลสาบสงขลาติดต่อกับทะเลอ่าวไทย ในหน้าร้อนระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม ความเค็มของน้ำในทะเลสาบจะทวีความเค็มสูงขึ้น เพราะน้ำทะเลอ่าวไทยได้ไหลเข้ามาเป็นจำนวนมาก หลังจากนั้นนับจากเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม ความเค็มของน้ำจะลดลงเนื่องจากอิทธิพลของน้ำฝน ทำให้สมดุลทางธรรมชาติเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา วัชพืชน้ำเน่าเปื่อย สัตว์น้ำบางชนิดต้องปรับตัวและหลบหลีกเอาตัวรอด จึงทำให้ดุลทางธรรมชาติเสื่อมไปในบางส่วนของทะเลสาบ

3.3 แหล่งน้ำธรรมชาติป้อนทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

แหล่งน้ำธรรมชาติ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ น้ำฝน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน

3.3.1 น้ำฝน

เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญของลุ่มน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำฯ มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 1,800-2,000 มิลลิเมตร (ตารางที่ 16 และรูปที่ 12) พบว่าจังหวัดสงขลา มีปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยตลอดปี 2,032.6 มิลลิเมตร และจังหวัดพัทลุงมี 1,862.6 มิลลิเมตร โดยมีฝนตกมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน และตกน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์

3.3.2 น้ำผิวดิน

ได้แก่ น้ำธรรมชาติในแม่น้ำ ลำคลอง ห้วย หนอง และลำน้ำต่าง ๆ และรวมทั้งน้ำในทะเลสาบสงขลาทั้งหมด (รูปที่ 14) ทางน้ำที่สำคัญ ซึ่งไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีดังนี้

1) คลองป่าพะยอม มีความยาวประมาณ 33 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่อำเภอควนขนุน และไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ที่บ้านพรุควนเคร็ง อำเภอควนขนุน

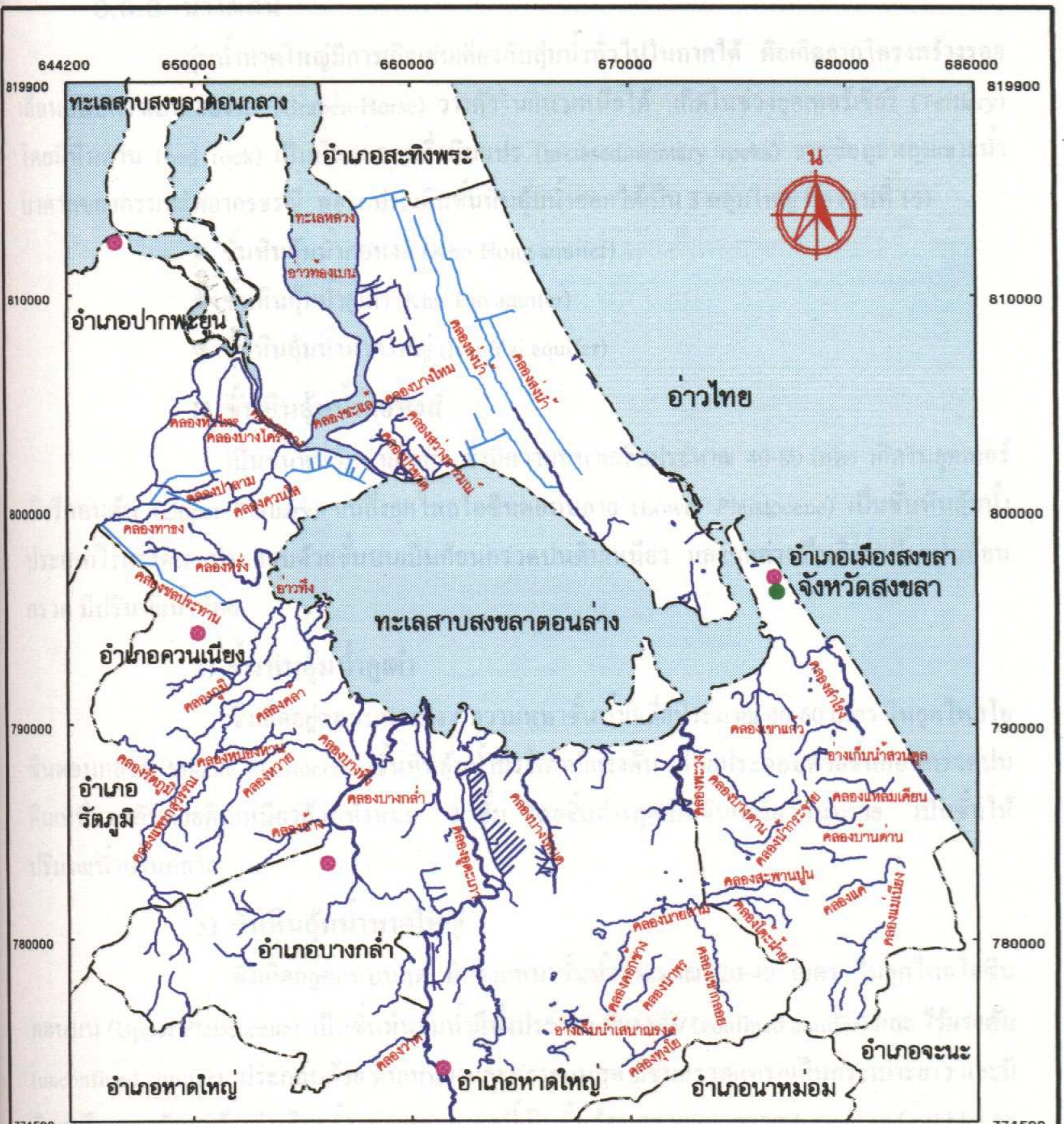
2) คลองท่าแนะ มีความยาวประมาณ 38 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่อำเภอควนขนุน และไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ที่บ้านปากประเหนือ อำเภอควนขนุน

3) คลองนาท่อม ยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่อำเภอเมือง และไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ที่บ้านลำป่า อำเภอเมือง

4) คลองสะพานหยีหรือคลองหลักสาม ยาวประมาณ 35 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่อำเภอ กงหรา อำเภอเมือง และอำเภอเขาชัยสน ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ที่บ้านปากพะเนียด อำเภอเขาชัยสน

5) คลองท่าเชียด มีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่กิ่งอำเภอ ตะโหมด อำเภอเขาชัยสน ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ที่บ้านปากพล อำเภอเขาชัยสน

6) คลองป่าบอน มีความยาวประมาณ 40 กิโลเมตร ไหลผ่านท้องที่กิ่งอำเภอ ป่าบอน อำเภอปากพะยูน ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ที่บ้านพระเกิด อำเภอปากพะยูน



รูปที่ 14 แผนที่แสดงเส้นทางน้ำต่างๆ ที่ไหลรอบและลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

3.3.3 น้ำใต้ดิน

ลุ่มน้ำหาดใหญ่มีการเกิดเช่นเดียวกับลุ่มน้ำทั่วไปในภาคใต้ คือเกิดจากโครงสร้างรอยเลื่อนแบบกราเบน-ฮอร์ส (Graben-Horse) วางตัวในแนวเหนือใต้ เกิดในช่วงยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) โดยมีหินดาน (bed rock) เป็นหินตะกอนกึ่งหินแปร (metasedimentary rocks) จากข้อมูลหลุมเจาะน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรธรณี พอจะประเมินชั้นหินอุ้มน้ำออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ (รูปที่ 15)

* ชั้นหินอุ้มน้ำคอหงส์ (Kho-Hong aquifer)
* ชั้นหินอุ้มน้ำคูเต่า (Khu Tao aquifer)
* ชั้นหินอุ้มน้ำหาดใหญ่ (Hat-Yai aquifer)

1) ชั้นหินอุ้มน้ำคอหงส์

เป็นชั้นหินอุ้มน้ำล่างสุด ซึ่งมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 40-80 เมตร เกิดในยุคเทอร์เชียรีตอนต้น (Upper Tertiary) จนถึงยุคไพลโอซีนตอนปลาย (Lower Pleistocene) เป็นชั้นหินอุ้มน้ำประเภทไร้แรงดัน ประกอบด้วยชั้นบนเป็นก้อนกรวดปนดินเหนียว และชุดล่างเป็นดินเหนียวปนก้อนกรวด มีปริมาณน้ำน้อย

2) ชั้นหินอุ้มน้ำคูเต่า

ซึ่งเกิดอยู่ตอนบนกลาง มีความหนาชั้นน้ำเฉลี่ยประมาณ 40-60 เมตร ในยุคไพลโอซีนตอนกลาง (Middle Pleistocene) ชั้นหินอุ้มน้ำประเภทมีแรงดัน โดยประกอบด้วยชั้นก้อนกรวดปนดินเหนียวสลับด้วยดินเหนียวล้วนทั้งหมด 3 ชั้น โดยชั้นล่างสุดเป็นดินเหนียวปนทราย เป็นชั้นให้ปริมาณน้ำปานกลาง

3) ชั้นหินอุ้มน้ำหาดใหญ่

ซึ่งเกิดอยู่ตอนบนสุด มีความหนาชั้นน้ำประมาณ 20-40 เมตร ในยุคไพลโอซีนตอนบน (Upper Pleistocene) เป็นชั้นหินอุ้มน้ำมีทั้งประเภท *มีแรงดัน* (confined aquifer) และ *ไร้แรงดัน* (unconfined aquifer) ประกอบด้วย ดินเหนียวและทรายบนสุด มีชั้นกรวดแทรกเป็นกระเปาะยาว และมีดินเหนียวรองรับอยู่ข้างล่างอีกครั้ง ล่างสุดของชุดนี้เป็นชั้นก้อนกรวดและกรวด (gravel and pebble) จะเปนชั้นให้ปริมาณน้ำมาก

ในพื้นที่รอบทะเลสาบสงขลาหรือแอ่งหาดใหญ่ บางแห่งจะพบว่าจะถูกปิดทับด้วยตะกอนที่สะสมโดยน้ำทะเล มีความหนาเฉลี่ย 10-30 เมตร ประกอบด้วยชั้นหินอุ้มน้ำ 6 ชนิด (รูปที่ 15) เรียงจากอายุมากไปหาอายุน้อยได้ดังนี้

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำประเภทหินแกรนิต (Granite)

อยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำ โดยเฉพาะพื้นที่อำเภอเมืองสงขลา ประกอบด้วย หินแกรนิตเนื้อสมานแน่น ที่มีแร่เด่นคือ ไบโอไทต์ มัสโคไวต์ (biotite-muscovite granite)

เนื้อหินหยาบถึงหยาบมาก น้ำบาดาลจะได้จากรอยแตกหรือส่วนที่ผุ แต่หากรอยแตกต่อเนื่องมีน้อยหรือในส่วนที่ผุจะมีดินเหนียวผสมอยู่มาก ทำให้ไม่ค่อยมีช่องว่าง ฉะนั้นน้ำบาดาลจะมีปริมาณจำกัด

ข) หินตะกอนกึ่งหินแปร (Metasediment aquifer)

ปรากฏอยู่ริมด้านตะวันตกของแอ่งหาดใหญ่ เป็นแนวยาวตลอดลงมา ประกอบด้วยหินทราย หินเชิร์ต หินทรายละเอียด และหินดินดานกึ่งหินชนวน น้ำบาดาลจะได้เป็นน้ำที่มีอยู่ตามรอยแตกที่มีการต่อเนื่องของหินดังกล่าวเท่านั้น แต่โดยทั่วไปรอยแตกของหินชุดนี้ไม่ค่อยต่อเนื่อง จึงให้น้ำไม่มากนัก

ค) หินปูน (Limestone)

พบอยู่เล็กน้อยทางตะวันตกขอบแอ่ง หินปูนยุคเพอร์เมียน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินปูนที่มีเนื้อปูนเป็นหลัก มีโพรงเกิดขึ้นทั่วไป และในบางแห่งจะมีหินดินดานหรือหินเชิร์ตแทรกสลับ น้ำบาดาลจะอยู่ในโพรงหรือช่องว่างระหว่างชั้นหิน ถ้าพบโพรงขนาดใหญ่จะเป็นแหล่งน้ำบาดาลที่มีปริมาณน้ำมาก

ง) ชั้นหินร่วนที่ราบเชิงเขา (Colluvium)

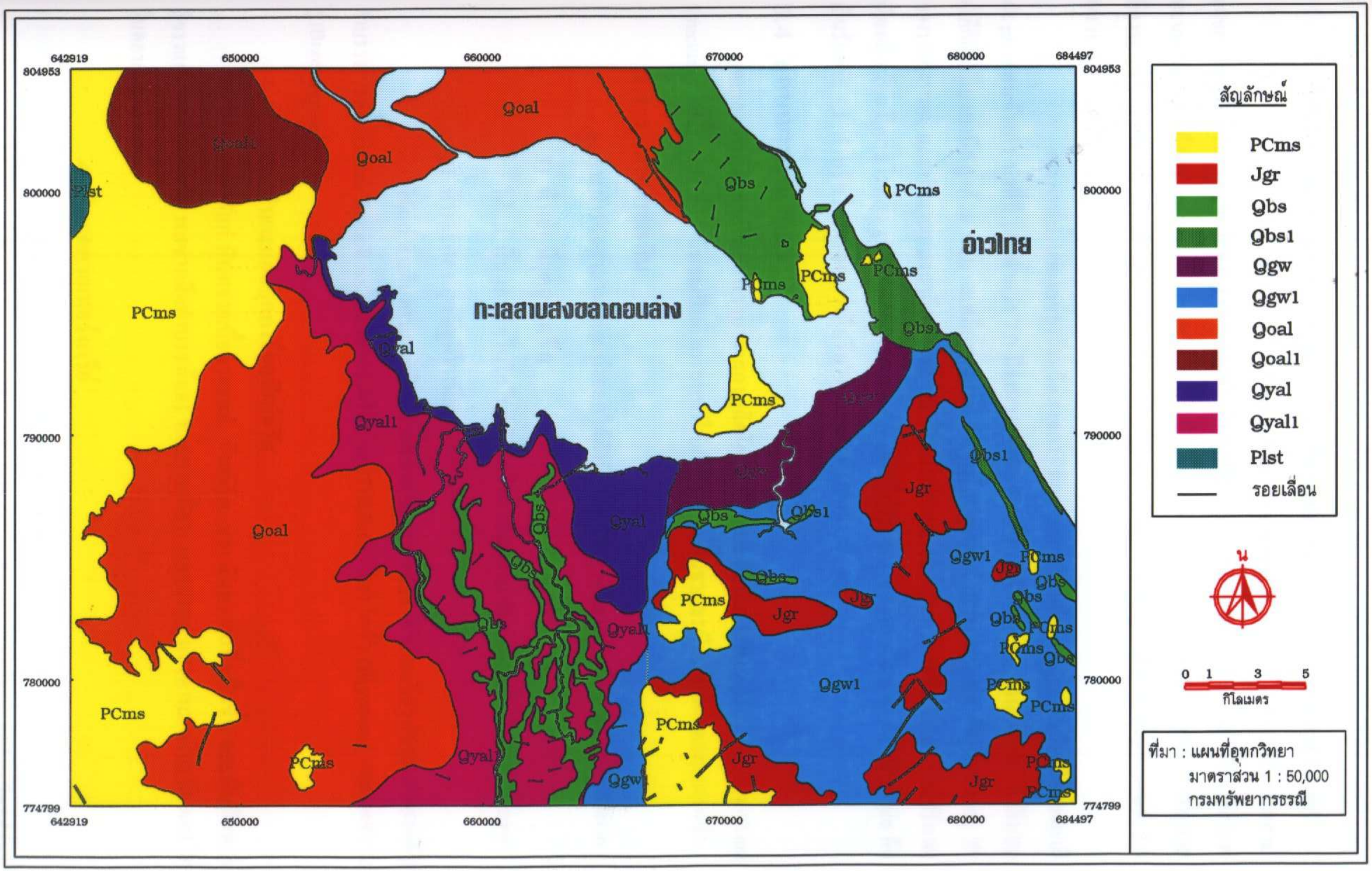
อยู่ถัดเข้ามาจากทรายชายหาดด้านตะวันออก ในบริเวณรอบชั้นหินแกรนิต ประกอบด้วยตะกอนที่เกิดจากการผุพังของหินแข็ง เช่น หินแกรนิตและหินชั้นและถูกน้ำพัดพาหรือพังลงมาจากที่สูงสู่ที่ต่ำ และอยู่ปะปนกันอย่างไม่เป็นระเบียบ โดยเฉพาะตะกอนที่มาจากหินแกรนิตจะมีดินเหนียวผสมอยู่พอๆ กับกรวดทราย ความหนาของตะกอนเฉลี่ย 10-30 เมตร น้ำบาดาลจะอยู่ในชั้นหินร่วนที่มีความพรุนสูง และมีเฉพาะเป็นแห่งๆ ในปริมาณจำกัด

จ) ชั้นกรวดทรายลุ่มน้ำเก่า (Old Alluvium)

ซึ่งปรากฏอยู่ในพื้นบริเวณตอนบนและทางตะวันตกของแอ่งหาดใหญ่ ครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง ประกอบด้วยชั้นตะกอนที่เกิดจากการพัดพาของน้ำที่ไหลจากภูเขามาตามห้วย แม่น้ำ หรือหุบเขาในยุคก่อนยุคปัจจุบัน ประกอบด้วยชั้นกรวดขนาดใหญ่ ทราย และดินเหนียวจะอยู่สลับกันหรือผสมกัน และมีความหนาตั้งแต่ 50-200 เมตร ชั้นของกรวดทราย ซึ่งอาจจะมีอยู่เฉพาะแห่งหรือต่อเนื่องกันเป็นชั้นน้ำบาดาล ซึ่งปริมาณน้ำบาดาลจะแตกต่างกันออกไปตามสภาพอุทกธรณีวิทยา

ฉ) ชั้นกรวดทรายลุ่มน้ำหลาก (Young Alluvium)

ส่วนใหญ่ปกคลุมอยู่แนวยาวกลางแอ่งหาดใหญ่ ทางตอนใต้ของทะเลสาบสงขลาประกอบด้วย กรวด ทราย และดินเหนียว ที่เกิดจากการพัดพาของน้ำที่ไหลจากภูเขาลงมาตามห้วยหรือแม่น้ำ และมีความหนาเฉลี่ย 15-50 เมตร ชั้นทรายและกรวดมีการคัดขนาดค่อนข้างดี มีความกลมมนสูง อาจจะมีอยู่เป็นแหล่งน้ำบาดาลเฉพาะแห่ง หรือต่อเนื่องกันเป็นชั้นน้ำบาดาล โดยมีปริมาณน้ำบาดาลแตกต่างกันออกไปตามสภาพทางอุทกธรณีวิทยา



รูปที่ 15 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของบริเวณรอบทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (จาก กรมทรัพยากรธรณี 2537)

ข) ชั้นทรายชายหาดและทรายริมแม่น้ำ (Beach Sand & Natural Levee)

ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ด้านชายฝั่งตะวันออกตลอดคาบสมุทรของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และในส่วนกลางของร่องหุบเขาของแอ่ง เป็นชุดที่ประกอบด้วย ชั้นทรายชายหาดที่มีขนาดตั้งแต่ทรายละเอียดจนถึงทรายหยาบ และทรายริมแม่น้ำ ซึ่งประกอบด้วยทรายละเอียดปนดินเหนียว ชั้นทรายมีการคัดขนาดของเม็ดทรายดี มีความหนาตั้งแต่ 3-5 เมตร ปริมาณน้ำที่จะสูบได้จากบ่ออยู่ในเกณฑ์ 2-5 ลบ.ม./ชม.

คุณภาพน้ำบาดาลของจังหวัดสงขลา ผลการศึกษาพบว่าน้ำบาดาลในจังหวัดสงขลามีค่า pH ค่อนข้างต่ำ น้ำที่มี pH ต่ำกว่า 7.0 มีจำนวน 114 บ่อ คิดเป็นร้อยละ 32 ซึ่งมีผลให้น้ำมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสสูงด้วย ปริมาณเหล็กสูงเกินเกณฑ์อนุโลมสูงสุด จำนวน 206 บ่อ คิดเป็นร้อยละ 57 ของบ่อทั้งหมด และปริมาณแมงกานีสสูง 42 บ่อ คิดเป็นร้อยละ 12 ส่วนแร่ธาตุอื่น ๆ พบว่ามีปริมาณเพียงเล็กน้อย มีคลอไรด์สูง 19 บ่อ คิดเป็นร้อยละ 5.3 และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้สูง 22 บ่อ คิดเป็นร้อยละ 6.1 สำหรับไนเตรตพบว่ามีปริมาณน้อยมาก (เอมอร, 2540)

3.4 ลักษณะธรณีวิทยา

ทะเลสาบสงขลาเป็นผลพ่วงมาจากการเกิดโครงสร้างรอยเลื่อนกราเบน-ฮอร์ส (Graben-Horse Structure) ในยุคเทอร์เชียรี อันจะเป็นตัวกรอบทำให้เกิดลักษณะพื้นฐานธรณีเคมีที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ

3.4.1 ลำดับชุดหิน

การสำรวจสามารถพอแบ่งออกได้ดังนี้ โดยเรียงลำดับจากหินที่มีอายุน้อยไปหามาก

1) หินอัคนียุคจูราสซิก

ได้แก่ หินแกรนิตไบโอไทต์มัสโคไวต์ เนื้อหยาบ หินแกรนิตไบโอไทต์เนื้อดอก

2) หินตะกอนยุคซิลูดีโวเนียน

ได้แก่ หินดินดานและหินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง เทาแกมเขียวปนชมพู มีซากดึกดำบรรพ์ Tentaculites Styliolinas แมงดาทะเลโบราณ (Trilobites) ไบรโอซัว (Bryozoas) และหอยกาบคู่ (Brachiopods)

3) หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัส

ได้แก่ หินทรายเนื้อควอรตซ์ หินเชิร์ต และหินทรายแป้งเป็นชั้น และหินดินดานสีขาวแกมเทาถึงแดงเข้ม พบซากดึกดำบรรพ์ของ หอยกาบเดียว หอยกาบคู่ แมงดาทะเลโบราณ และโคโนดอน (Conodont)

4) หินยุคควอเทอร์นารีย์

ก) ดินเหนียวและทรายแป้งของที่ราบน้ำขึ้นลง

สีเขียวอ่อนเทาแกมเขียว อุดมไปด้วยซากพืชกระจัดกระจายและถ่านพีตอยู่ตอน

บน และกระเปาะทราย (sand lens) ในส่วนตอนล่าง ซึ่งตอนล่างวางตัวด้วยดินเหนียวล้วนสีขาวถึงเทาอ่อน ที่มีจุดประสีน้ำตาลแกมเหลืองและสีแดง

ข) ทรายชายหาดปัจจุบัน

เม็ดขนาดปานกลางถึงหยาบมาก คัดขนาดปานกลาง รูปทรงกึ่งมน น้ำตาลอ่อน เทาอ่อนและเทาแกมน้ำตาล ปริมาณเศษชิ้นเปลือกหอยปานกลาง แสดงการจัดเรียงลำดับขนาดละเอียดขึ้นตามชั้นข้างบน

ค) โคลนลากูนและดินเหนียวที่แทรกด้วยกระเปาะทราย

สีเทาถึงขาว อุดมไปด้วยเศษพืชในส่วนบน จุดประสีเหลืองถึงน้ำตาลแกมแดงวางตัวอยู่บนชั้นทรายเก่า

ง) ทรายชายหาดเก่า

เม็ดขนาดละเอียดถึงปานกลาง คัดขนาดดีปานกลางถึงดีมาก รูปทรงกึ่งมนถึงกึ่งเหลี่ยม สีน้ำตาล เทาและขาว โดยมีปริมาณซากพืชตกค้างเล็กน้อย

จ) ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวน้ำพา

ที่ไม่ค่อยพบกรวด เม็ดละเอียดถึงปานกลาง คัดขนาดปานกลาง รูปทรงกึ่งเหลี่ยม สีเทาแกมน้ำตาลถึงเทา ซากพืชตกค้างปริมาณเล็กน้อย ไม่ค่อยพบมวลสารพอกเนื้อเหล็ก (ferrous concretion) ที่อยู่ช่วงตอนล่าง

ฉ) ทรายที่ราบหุบเขา

เจือปนก้อนกรวดและดินเหนียว เม็ดหยาบค่อนปานกลางถึงเม็ดหยาบมาก คัดขนาดเลว กึ่งเหลี่ยม สีเทาอ่อนถึงขาว

ช) ทราย ก้อนกรวดปนดินเหนียวและทรายแป้งเศษหินเชิงเขา

เม็ดหยาบค่อนปานกลางถึงเม็ดหยาบมาก คัดขนาดเลวมาก รูปทรงกึ่งเหลี่ยม สีน้ำตาลอ่อนถึงเหลือง จุดประกระจาย และปริมาณมวลสารพอกเนื้อเหล็กเล็กน้อย

3.4.2 โครงสร้างทางธรณีวิทยา

ทะเลสาบสงขลาเกิดขึ้นมาจากโครงสร้างกราเบน-ฮอร์สในยุคเทอร์เชียรี โดยมีหินฐานเป็นหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนและคาร์บอนิเฟอรัส โดยมีหินแกรนิตแทรกซอนขึ้นมาทางตะวันออกของทะเลสาบ ในแนวเหนือใต้ มีรอยเลื่อนวางตัว 2 แนว คือ ตะวันออกเฉียงเหนือกับตะวันตกเฉียงใต้

การทับถมของตะกอนยุคควอเทอร์นารีย์จะเป็นลักษณะการรุกล้ำและการถดถอย (transgression and regression) ทำให้เกิดการแทรกสลับเป็นแบบนิ้วขัดประสาน (interfingering) และในบางคราวจะเป็นชั้นแทรกสลับกัน (interlayering)

3.5 ลักษณะดินรอบทะเลสาบสงขลา

ปริมาณธาตุหรือ/และสารอาหารที่อาจหลุดมาจากเนื้อดินธรรมชาติ ที่อยู่รอบบริเวณทะเลสาบอันเป็นแหล่งหนึ่ง ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบได้เช่นกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ชุด คือ

1) ดินชุดโคกเคียน (Khok Kian Series : Ko)

มีเนื้อที่ประมาณ 7,780 ไร่ เกิดจากตะกอนลำน้ำเก่าที่พัดพามาทับถมบนลานตะพักลำน้ำระดับต่ำหรือระหว่างหุบเขา ดินบนลึกไม่เกิน 15 เซ็นติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีฤทธิ์เป็นกรดจัด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ ปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติต่ำ มีการระบายน้ำเลว

2) ดินชุดทุ่งหว้า (Thung Wa series : Tg)

มีเนื้อที่ประมาณ 20,428 ไร่ เกิดจากวัตถุเคลื่อนย้ายพวกหินแกรนิตบนที่ลาดเชิงเขา ดินบนลึกไม่ เกิน 15 เซ็นติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินทราย มีฤทธิ์เป็นกรดแก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารพืชตามธรรมชาติต่ำ มีการระบายน้ำดี มีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ

3) ดินชุดแกลง (Klaeng series : Kl)

มีเนื้อที่ประมาณ 69,348 ไร่ เกิดจากการพัดพามาทับถมของตะกอนลำน้ำเก่าบนลานตะพักลำน้ำระดับต่ำ หรือที่ราบชายฝั่งทะเล เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) มีฤทธิ์เป็นกรดจัด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่สูง มีปริมาณธาตุอาหารพืชตามธรรมชาติต่ำ การระบายน้ำเลว

4) ดินชุดระโนด (Ranote series : Ran)

มีเนื้อที่ประมาณ 41,218 ไร่ เกิดจากการพัดพามาทับถมกันของตะกอนน้ำทะเล และตะกอนน้ำกร่อยบนที่ราบที่น้ำทะเลเคยท่วมถึงมาก่อนหรือบนที่ราบตามชายฝั่งทะเล ดินชุดนี้เป็นดินลึกมากมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง มีฤทธิ์เป็นกรดแก่ มีปริมาณธาตุอาหารตามธรรมชาติค่อนข้างสูง การระบายน้ำเลว

5) ดินชุดระแงะ (Rangae series: Ra)

มีเนื้อที่ประมาณ 74,806 ไร่ เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำกร่อย หรือตะกอนลำน้ำในปัจจุบัน บนที่ราบน้ำทะเลท่วมถึงมาก่อน ระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นกว่า 1 เมตรตลอดปี เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีฤทธิ์เป็นกรดจัด ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ปริมาณธาตุอาหารพืชมีค่าต่ำ

6) ดินชุดบ้านทอน (Ban Thon Series : Bh)

มีเนื้อที่ประมาณ 24,936 ไร่ เกิดจากพวกเนินทรายเก่าหรือสันหาดเก่า ดินชุดนี้เป็นดินที่ลึกมาก มีเนื้อดินเป็นดินทราย มีชั้นดินดานซึ่งเป็นชั้นที่มีการสะสมของพวกอินทรีย์วัตถุและธาตุเหล็ก มีฤทธิ์เป็นกรดแก่ มีปริมาณอินทรีย์ค่อนข้างต่ำ มีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ ดินชุดนี้มีการระบายน้ำมากเกินไป สามารถกักเก็บธาตุอาหารพืชไว้ได้ต่ำ จึงขาดธาตุอาหารพืชอย่างรุนแรง

7) ดินชุดสมุทรปราการ (Samut Prakan series : Sm)

มีเนื้อที่ประมาณ 2,562 ไร่ เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดพวกตะกอนน้ำทะเลที่ถูกพัดพามาทับถมบนที่ ซึ่งเคยเป็นที่ราบน้ำทะเลท่วมถึงมาก่อน ดินชุดนี้เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำเลว มีฤทธิ์เป็นกรดจัด เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์สูง ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง

8) ดินชุดบางกล่ำ (Bang Klam series : Bak)

มีเนื้อที่ประมาณ 8,188 ไร่ เกิดจากการพัดพามาทับถมกันของตะกอนลำน้ำ หรือหาดทรายเก่า มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (silty loam) มีฤทธิ์เป็นกรดจัด ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

3.6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM มาตราส่วน 1:50,000 ปี 2535 โดยกรมพัฒนาที่ดิน และชาญชัย (2537) ได้รายงานถึงสภาพการใช้ที่ดินในบริเวณรอบ ๆ ทะเลสาบสงขลา คิดเป็นพื้นที่ 436.05 ตร.กม. พอสรุปได้เป็นประเด็นหลักดังนี้

1. พื้นที่อยู่อาศัย ได้แก่ บริเวณพื้นที่ที่เป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ย่านอุตสาหกรรม ย่านการค้า และสถานที่ราชการต่าง ๆ มีเนื้อที่ประมาณ 7,704 ไร่ หรือจำนวนร้อยละ 2.83

2. พื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่ใช้ในการกสิกรรมปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ เช่น พื้นที่นาประมาณ 71,953 ไร่ พื้นที่สวนยางพารา 50,354 ไร่ พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง 3,299 ไร่ พื้นที่นาข้าวและสวนมะพร้าว 12,127 ไร่ พื้นที่นาข้าวและพื้นที่ป่าชายเลน 26,423 ไร่ พื้นที่นาข้าวและสวนยางพารา 43,489 ไร่ พื้นที่สวนยางพาราและป่าไม้ 6,748 ไร่ คิดเป็นจำนวนร้อยละ 78.66

3. พื้นที่แหล่งน้ำ ลุ่มน้ำขัง 31,936 ไร่ คิดเป็นจำนวนร้อยละ 11.72

4. พื้นที่ป่า จำแนกเป็นพื้นที่ป่าชายเลน 16,671 ไร่ และ พื้นที่ไม้พุ่มเตี้ย 1,832 ไร่ คิดเป็นจำนวนร้อยละ 6.79

3.7 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเก็บในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการออกไปเก็บตัวอย่างน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงแรกในฤดูฝน เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2540 (รูปที่ 6 และ 7) จำนวนทั้งสิ้น 19 สถานี ได้แสดงผลสรุปไว้ในตารางที่ 18 และ 19 และครั้งที่ 2 ในฤดูแล้ง ในวันที่ 7 เมษายน 2541 ได้แสดงสรุปผลไว้ในตารางที่ 20 และ 21 (รูปที่ 9 และ 10)

นอกจากนี้ ข้อมูลทั้งสองช่วงเวลาได้มาแสดงการเปรียบเทียบ เพื่อจะหาค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย (ตารางที่ 22) ยกเว้นค่าความเร็วและทิศทางกระแสน้ำ (รูปที่ 4) ซึ่งวัดช่วงเดือนเมษายน 2541 เท่านั้น (ตารางที่ 23)

3.7.1 เก็บข้อมูลครั้งแรก

สภาพลักษณะและตัวอย่างที่เก็บในระดับความลึกช่วง 0.8-4.0 เมตร (รูปที่ 16 ก) อุณหภูมิน้ำในช่วงจาก 29.0-32.0 องศาเซลเซียส (รูปที่ 16 ข) ความโปร่งใส 0.40-1.60 เมตร (รูปที่ 16 ค) สภาพความเค็มอยู่ระหว่างร้อยละ 0-25 ต่อตัน (รูปที่ 16 ง) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.7-9.7 (รูปที่ 16 จ) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีพิสัย 5.28-11.84 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 16 ฉ)

ปริมาณตะกอนแขวนลอย 4.5-83.5 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 16 ช) ค่าคลอโรฟีลล์ A อยู่ในพิสัย 2.30-14.23 ไมโครกรัม/ลิตร ค่าคลอโรฟีลล์ B อยู่ในช่วงพิสัย 1.78-7.45 ไมโครกรัม/ลิตร และคลอโรฟีลล์ C อยู่ในช่วง 3.61-26.84 ไมโครกรัม/ลิตร (รูปที่ 11 ซ ฌ และ ญ)

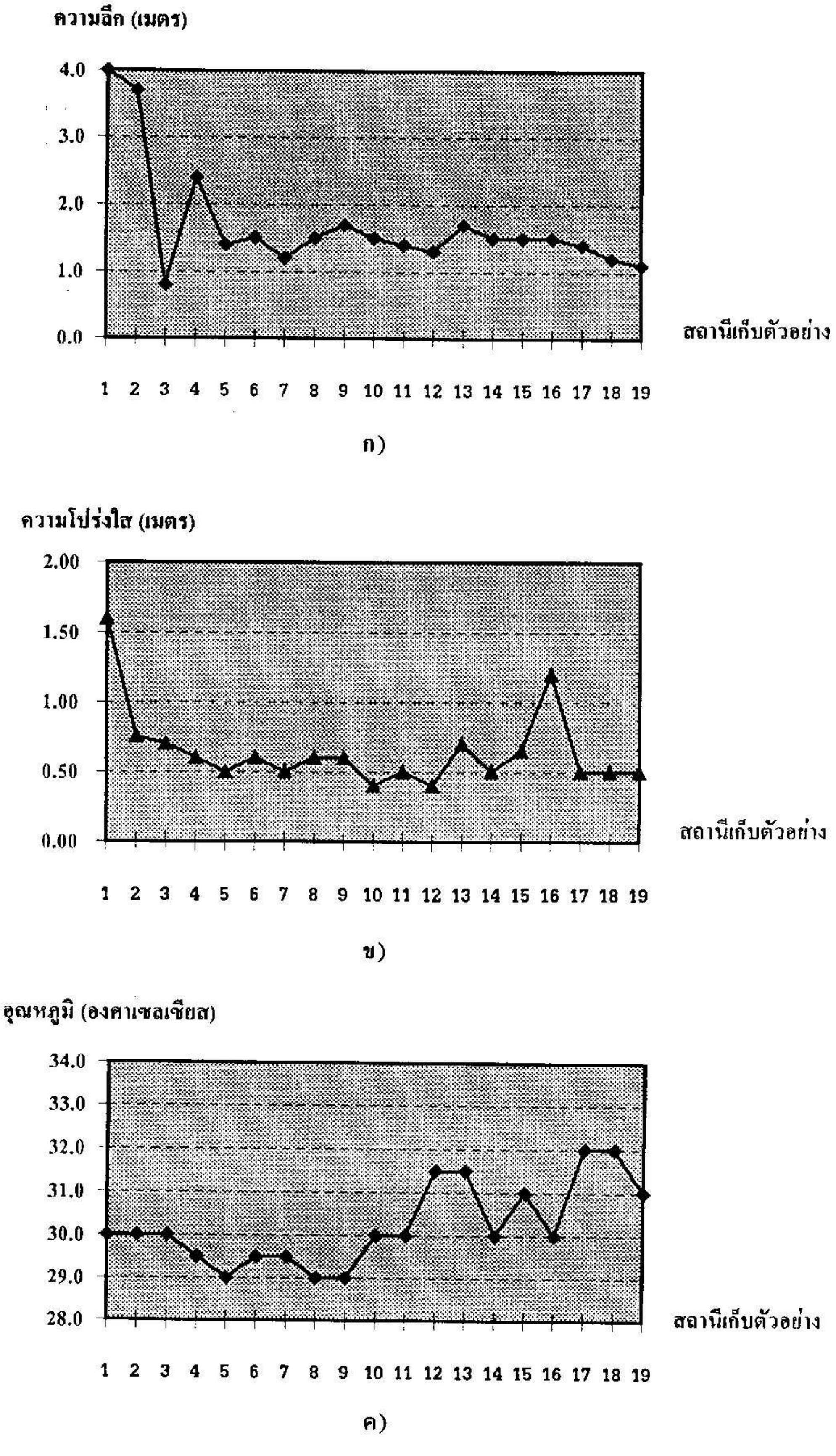
ค่าคลอรินิตี้อยู่ในพิสัยร้อยละ 0.75-13.83 ต่อตัน (รูปที่ 16 ฎ) ค่าคลอโรซิตี้ พบว่าช่วงร้อยละ 1.8-29.89 ต่อตัน (รูปที่ 16 ฏ) ค่าไนไตรต์ อยู่ในพิสัย 0.004-0.03 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 16 ฐ) ค่าไนเตรตอยู่ระหว่าง 0-0.856 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 16 ฑ) ค่าแอมโมเนีย 0-6.98 กรัม/ลิตร (รูปที่ 16 ฒ) ค่าซิลิเกต 0.01-185.18 กรัมอะตอมของซิลิเกต/ลิตร (รูปที่ 16 ณ) ค่าฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0-1.16 mg-p/ลิตร (รูปที่ 16 ด) ค่าซัลเฟตตั้งแต่ 0-346.25 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 16 ต)

ตารางที่ 18 ผลการวัดลักษณะของน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเดือนตุลาคม 2540

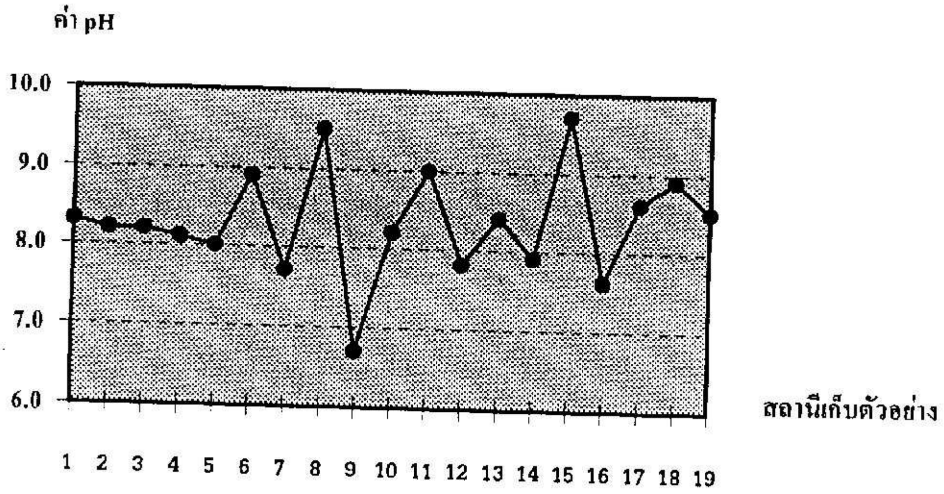
สถานีเก็บ	ตัวแปรเสริมทางกายภาพ							คลอโรฟีลล์ ไมโครกรัม/ลิตร		
	ความลึก (เมตร)	ความโปร่งใส (เมตร)	อุณหภูมิ (°ซ)	pH	ความเค็ม (ppt)	ออกซิเจนละลายในน้ำ (มก/ล)	ตะกอนแขวนลอย (มล/ล)	คลอโรฟีลล์ A	คลอโรฟีลล์ B	คลอโรฟีลล์ C
1	4.0	1.60	30.0	8.3	25	5.60	28.5	3.90	2.03	3.61
2	3.7	0.75	30.0	8.2	12	5.92	36.7	9.17	2.48	4.36
3	0.8	0.70	30.0	8.2	12	5.44	51.3	13.19	1.89	5.66
4	2.4	0.60	29.5	8.1	10	5.76	38.3	11.04	3.84	5.98
5	1.4	0.50	29.0	8.0	5	6.24	64.7	16.64	4.71	9.35
6	1.5	0.60	29.5	8.9	8	7.04	19.3	27.39	3.67	7.90
7	1.2	0.50	29.5	7.7	5	5.28	41.5	25.81	4.40	8.13
8	1.5	0.60	29.0	9.5	3	10.4	83.5	14.23	6.03	26.84
9	1.7	0.60	29.0	6.7	5	7.52	50.4	37.17	4.39	12.35
10	1.5	0.40	30.0	8.2	1	7.04	4.5	25.25	6.24	11.51
11	1.4	0.50	30.0	9.0	0	7.04	32.5	28.30	6.19	10.56
12	1.3	0.40	31.5	7.8	0	6.24	55.0	22.33	5.02	8.60
13	1.7	0.70	31.5	8.4	0	7.52	29.6	16.75	3.67	6.58
14	1.5	0.50	30.0	7.9	0	8.00	10.0	43.22	7.45	11.61
15	1.5	0.65	31.0	9.7	0	11.84	55.0	59.05	1.78	12.68
16	1.5	1.20	30.0	7.6	0	6.24	42.5	2.30	2.85	4.05
17	1.4	0.50	32.0	8.6	0	7.52	65.3	22.41	3.97	8.98
18	1.2	0.50	32.0	8.9	0	6.72	23.0	7.56	4.33	7.68
19	1.1	0.50	31.0	8.5	0	6.40	24.0	5.78	3.14	5.57

ตารางที่ 19 ผลการศึกษาอนินทรีย์สารของน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเดือนตุลาคม 2540

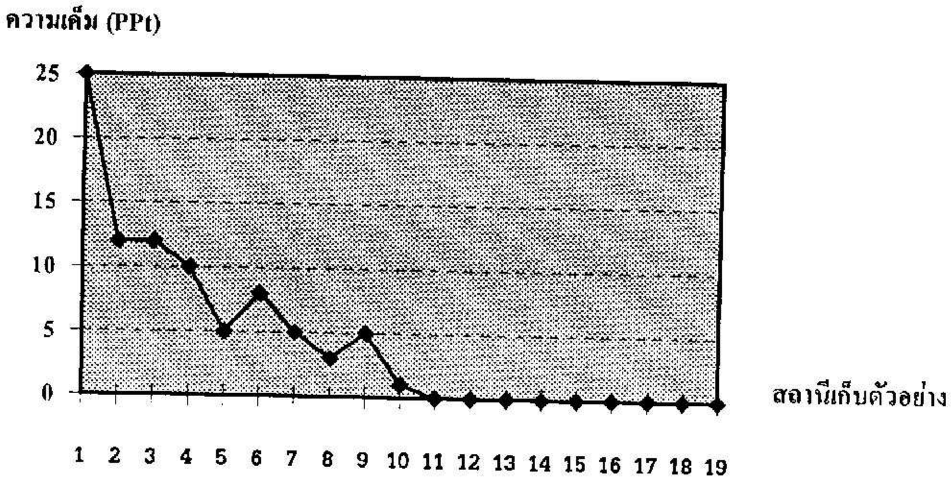
สถานีเก็บ	คลอรินิตี้ (ppt)	คลอโรซิตี้ (ppt)	ไนไตรต์ (มก./ล)	ไนเตรต (มก/ล)	แอมโมเนีย (ก/ล)	ซิลิเกต (g.atSi/l)	ฟอสฟอรัส (mg-p/l)	ซัลเฟต (มก./ล)
1	13.8300	29.890	0.0105	0	0	0.0105	0	11.17
2	6.6300	19.770	0.0165	0	0.020	0.0165	0	0
3	6.6300	12.495	0.0168	0	0	0.0168	0	0
4	5.5100	13.410	0.0177	0	1.000	0.0177	0	0
5	2.7500	4.870	0.0199	0	1.250	0.0199	0	0.21
6	4.4200	8.140	0.0187	0	3.100	0.0187	0	0.98
7	2.7500	4.905	0.0212	0	0.630	0.0212	0	0
8	1.5380	2.750	0.0280	0.0160	0.355	154.65	1.000	177.45
9	2.6480	4.400	0.0100	0.0160	1.085	135.04	0.560	253.89
10	1.3590	2.480	0.0120	0.0740	1.519	155.20	0.760	157.29
11	1.2160	2.400	0.0060	0.0530	0.899	146.07	1.160	346.25
12	1.2160	2.420	0.0060	0.4390	1.984	136.74	0.640	109.41
13	2.2180	4.100	0.0110	0.1970	5.937	87.77	0.120	213.99
14	0.7538	1.800	0.0319	0.6741	3.713	114.48	0.508	65.78
15	1.3700	2.800	0.0168	0.2006	1.560	128.05	0.016	103.92
16	1.5156	4.400	0.0041	0.4280	6.983	153.70	0.340	115.37
17	1.2979	2.600	0.0151	0.0829	6.667	159.53	0.152	66.732
18	1.1528	2.200	0.0100	0.8560	1.659	185.18	0.424	68.943
19	1.2254	2.400	0.0068	0.0535	2.401	177.02	0.184	81.405



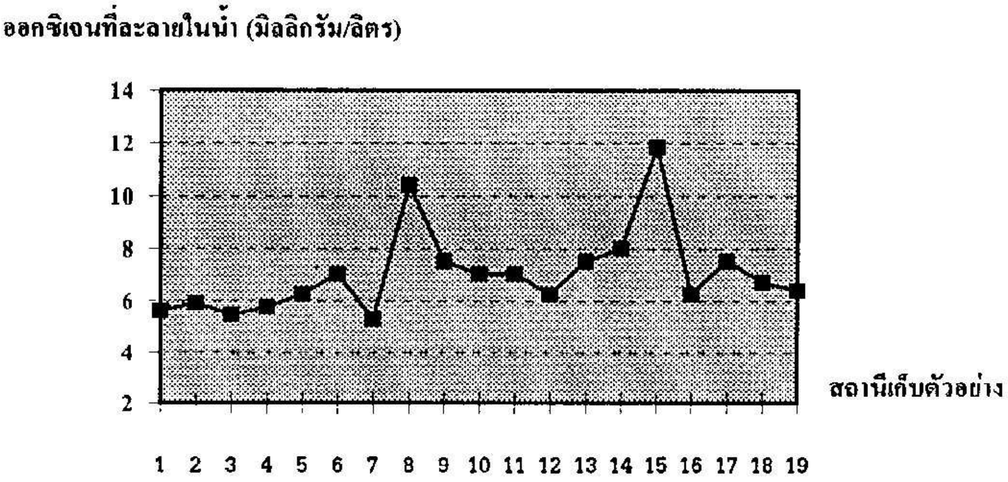
รูปที่ 16 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ก) ความลึก ข) ความโปร่งใส และ ค) อุณหภูมิ



ง)

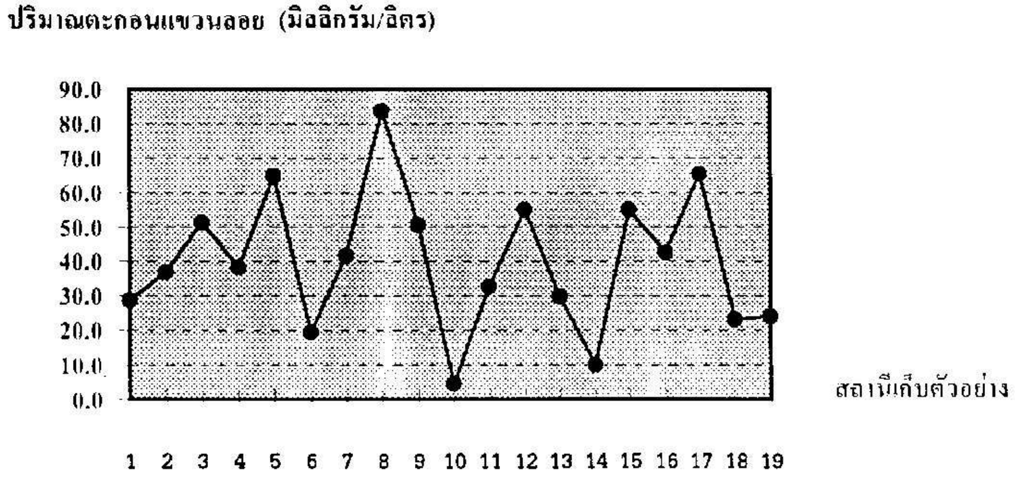


จ)

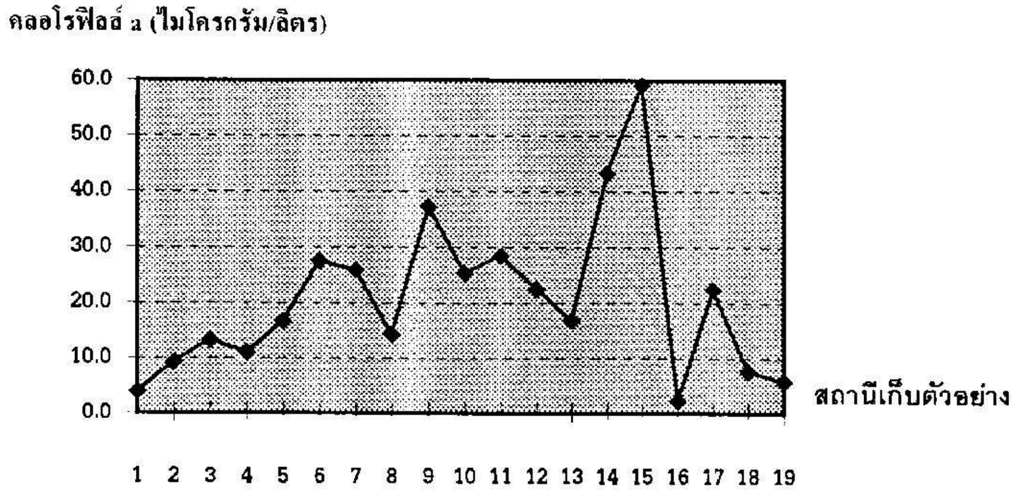


ฉ)

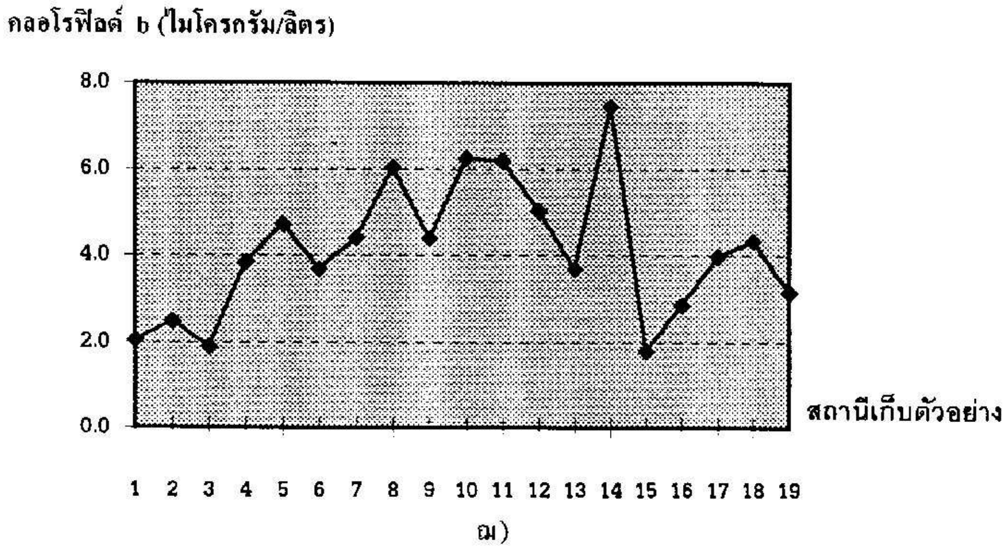
รูปที่ 16 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ง) ความเป็นกรดเป็นด่าง จ) สภาพความเค็ม และ ฉ) ออกซิเจนละลายน้ำ



ช)

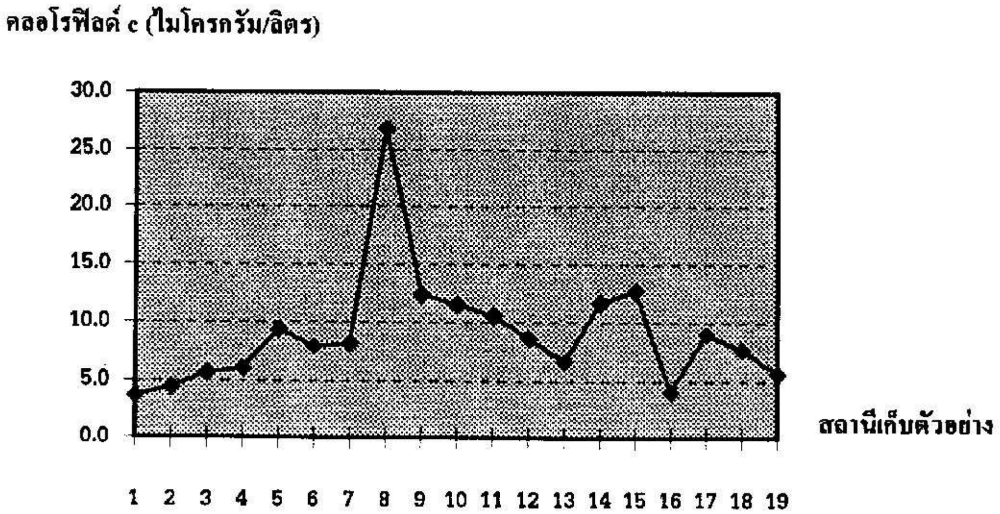


ซ)

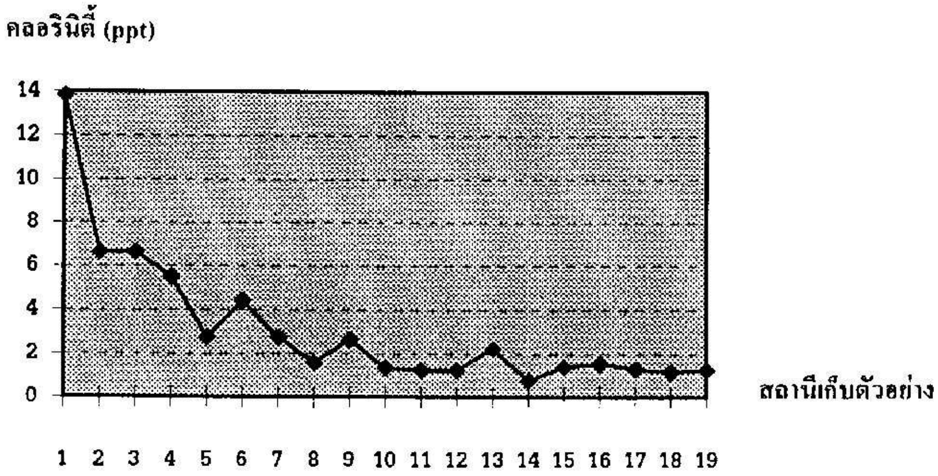


ฌ)

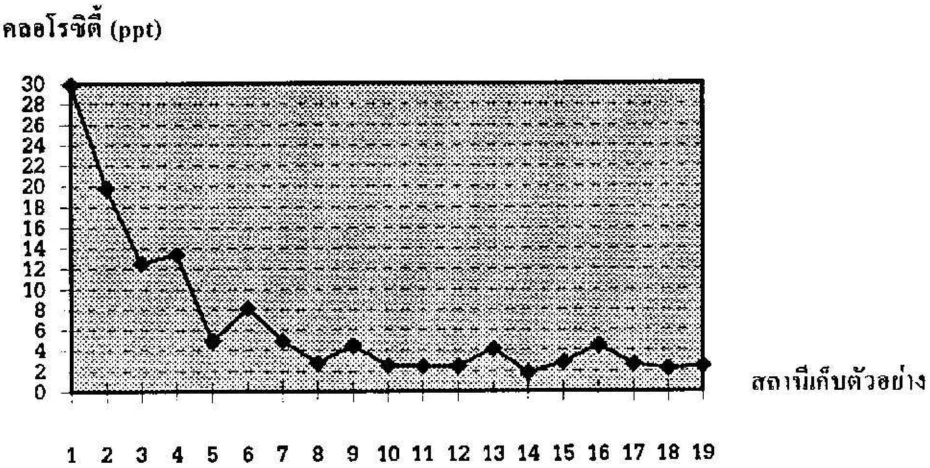
รูปที่ 16 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ช) ตะกอนแขวนลอย ซ) คลอโรฟีลล์ A และ ฌ) คลอโรฟีลล์ B



ญ)

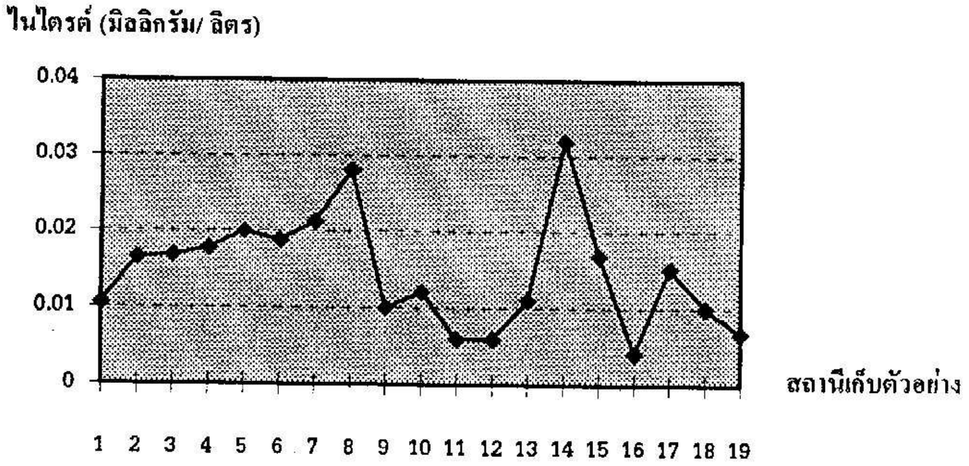


ฎ)

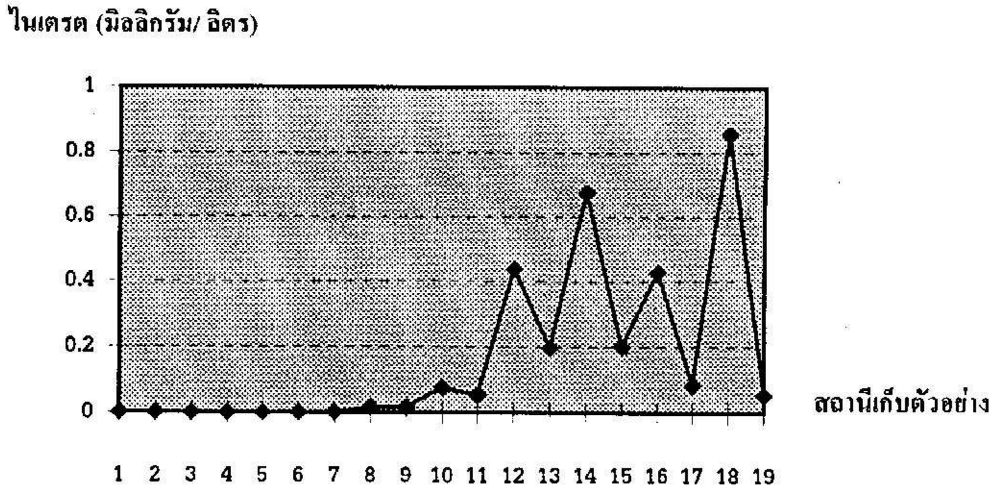


ฏ)

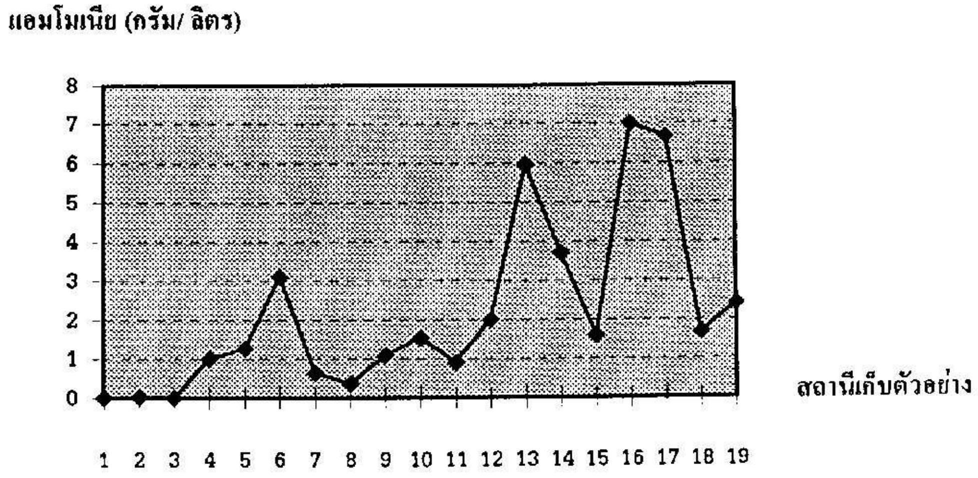
รูปที่ 16 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ญ) คลอโรฟีลล์ C ฎ) คลอรินิตี้ และ ฏ) คลอโรซิตี้



ฐ)

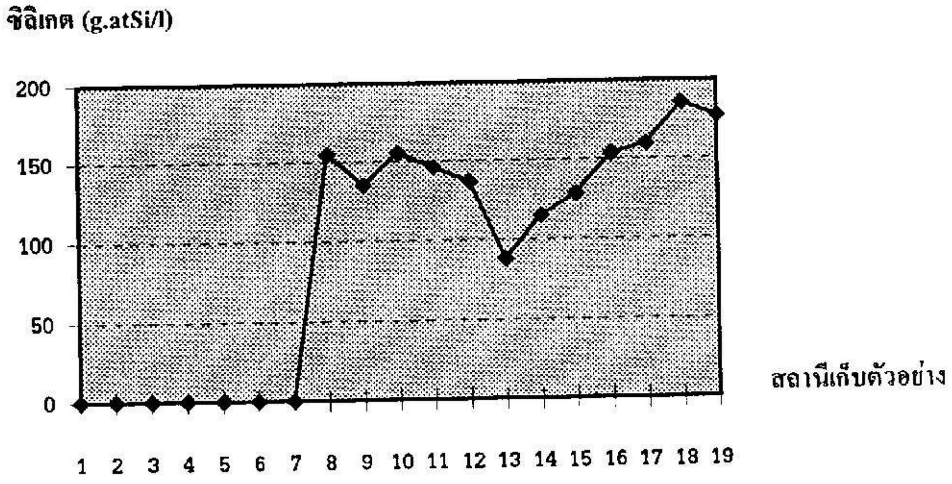


ท)

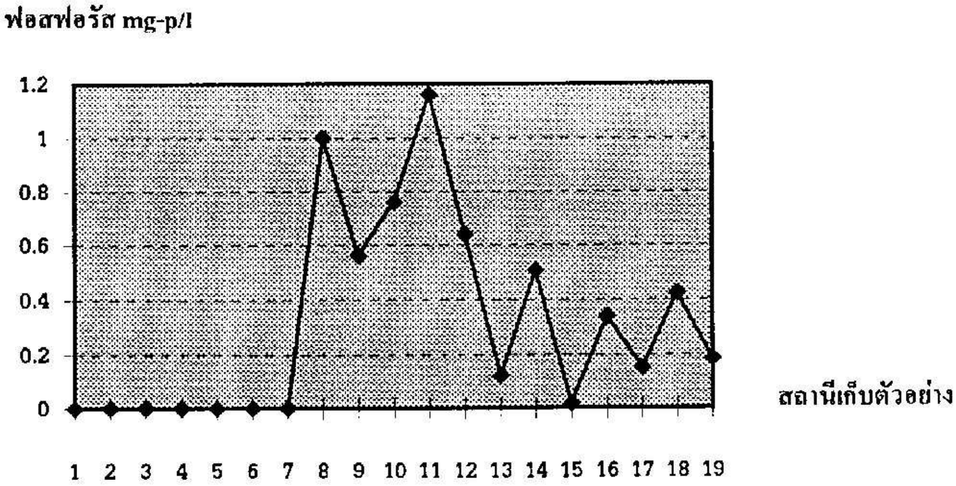


ฒ)

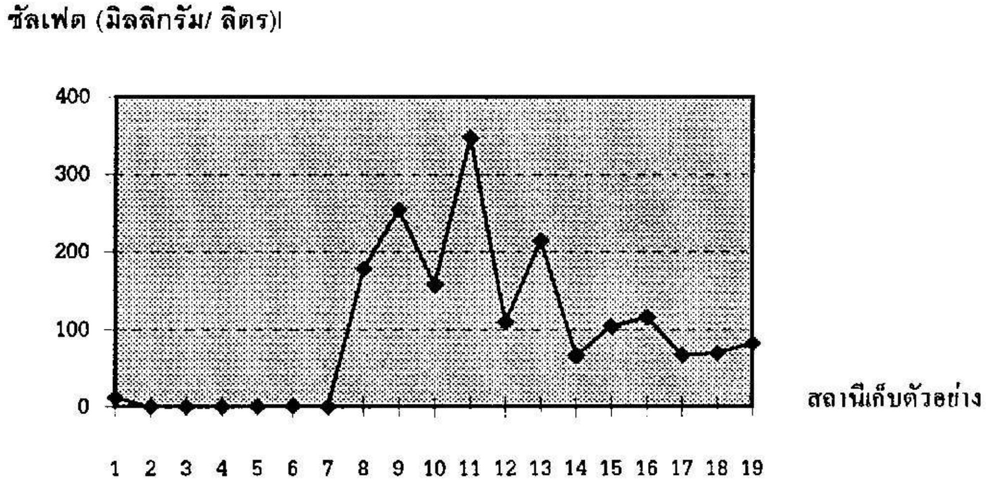
รูปที่ 16 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ฐ) ไนไตรต์ ท) ไนเตรต และ ฒ) แอมโมเนีย



ณ)



ด)



ต)

รูปที่ 16 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ณ) ซิลิเกต ด) ฟอสฟอรัส และ ต) ซัลเฟต

ผลข้อมูลได้สรุปไว้ในตารางที่ 20 และ 21 พบว่า ความลึกในทะเลสาบที่วัดตามสถานีอยู่ในช่วง 0.9-4.3 เมตร (รูปที่ 17 ก) อุณหภูมิน้ำในพิสัย 30.2-32.6 องศาเซลเซียส (รูปที่ 17 ข) ความโปร่งใส 0.60-1.90 เมตร (รูปที่ 17 ค) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.6-8.3 (รูปที่ 17 ง) สภาพความเค็มมีค่าในพิสัยร้อยละ 30.5-38.7 ต่อตัน (รูปที่ 17 จ) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีพิสัย 5.58 - 8.05 มิลลิกรัม/ ลิตร (รูปที่ 17 ฉ)

ปริมาณตะกอนแขวนลอย 10.75 - 120.00 มิลลิกรัม/ ลิตร (รูปที่ 17 ช) ค่าคลอโรฟีลล์ A อยู่ในช่วง 1.70-4.82 ไมโครกรัม/ ลิตร ค่าคลอโรฟีลล์ B อยู่ในช่วง 2.50-5.82 ไมโครกรัม/ลิตร และค่าคลอโรฟีลล์ C อยู่ในช่วง 4.08-9.40 ไมโครกรัม/ ลิตร (รูปที่ 17 ซ ฌ และ ญ)

ค่าคลอโรซิตี้ร้อยละ 19.68-36.04 ต่อตัน (รูปที่ 17 ฎ) ค่าไนไตรต์มีตั้งแต่ค่าไม่นัยสำคัญจนถึง 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 17 ฏ) สำหรับอีกบรรดา 6 ค่า อันได้แก่ ซิลิเกต ไนเตรต แอมโมเนีย ฟอสฟอรัส ซัลเฟต และคลอรินิตี้ ค่ามีจำนวนน้อยและไม่อยู่ในนัยสำคัญ (NS)

ตารางที่ 20 ลักษณะกายภาพของน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเดือนเมษายน 2541

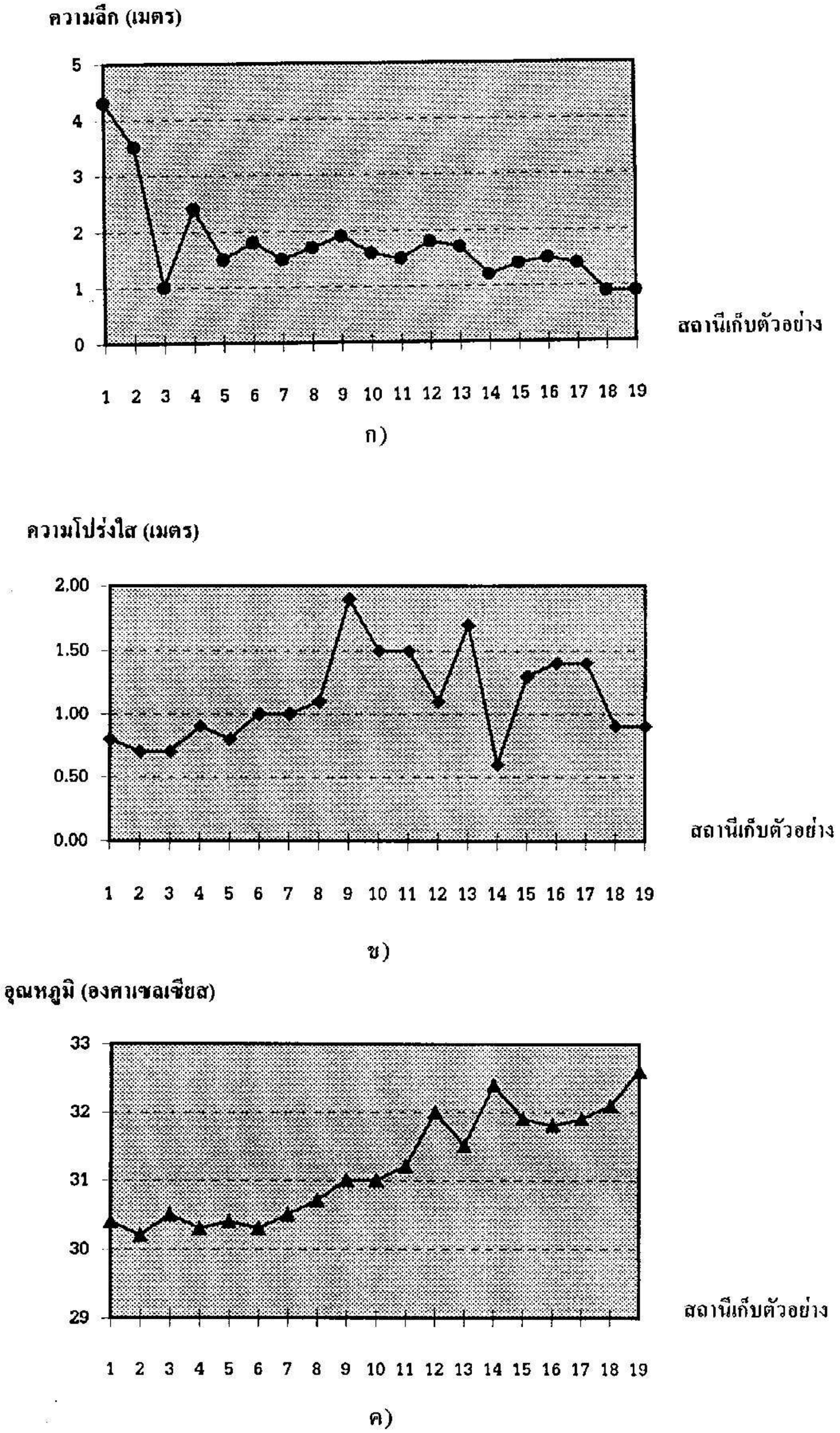
สถานีเก็บ	ตัวแปรเสริมทางกายภาพ							คลอโรฟีลล์ ไมโครกรัม/ลิตร		
	ความลึก (เมตร)	ความโปร่งใส (เมตร)	อุณหภูมิ (°ซ)	pH	สภาพความเค็ม (ppt)	ออกซิเจนละลายในน้ำ (มก/ล)	ตะกอนแขวนลอย (มก/ล)	คลอโรฟีลล์ A	คลอโรฟีลล์ B	คลอโรฟีลล์ C
1	4.3	0.80	30.4	8.2	37.4	6.44	21.75	2.00	2.91	4.70
2	3.5	0.70	30.2	8.2	37.5	5.92	43.33	4.82	5.42	6.55
3	1.0	0.70	30.5	8.2	38.1	5.72	120.00	4.08	4.91	8.55
4	2.4	0.90	30.3	8.2	37.9	5.58	25.00	2.25	3.23	5.05
5	1.5	0.80	30.4	8.1	38.1	6.04	27.00	2.00	2.91	4.70
6	1.8	1.00	30.3	8.2	38.7	6.32	28.50	3.14	2.89	4.34
7	1.5	1.00	30.5	8.0	38.7	6.04	24.75	2.00	2.98	4.08
8	1.7	1.10	30.7	7.9	35.8	6.31	18.00	3.14	2.83	4.95
9	1.9	1.90	31.0	8.2	37.3	7.17	11.75	2.25	3.23	5.08
10	1.6	1.50	31.0	8.3	38.5	7.17	16.25	2.89	2.50	4.57
11	1.5	1.50	31.2	8.1	38.0	6.85	15.25	1.74	2.52	4.93
12	1.8	1.10	32.0	8.0	36.3	7.24	21.00	2.59	2.64	4.61
13	1.7	1.70	31.5	8.2	35.2	6.77	11.50	1.74	2.59	4.32
14	1.2	0.60	32.4	7.6	33.6	5.63	61.00	4.00	5.82	9.40
15	1.4	1.30	31.9	7.9	32.3	8.05	12.75	1.74	2.52	4.93
16	1.5	1.40	31.8	8.1	30.8	7.25	12.00	1.70	3.05	4.74
17	1.4	1.40	31.9	8.2	37.2	6.96	13.50	2.55	3.10	5.04
18	0.9	0.90	32.1	8.1	35.7	6.72	37.00	2.32	3.36	6.57
19	0.9	0.90	32.6	8.1	30.5	7.18	10.75	1.70	3.11	4.13

ตารางที่ 21 ผลวิเคราะห์อนินทรีย์สารของน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ช่วงเมษายน 2541

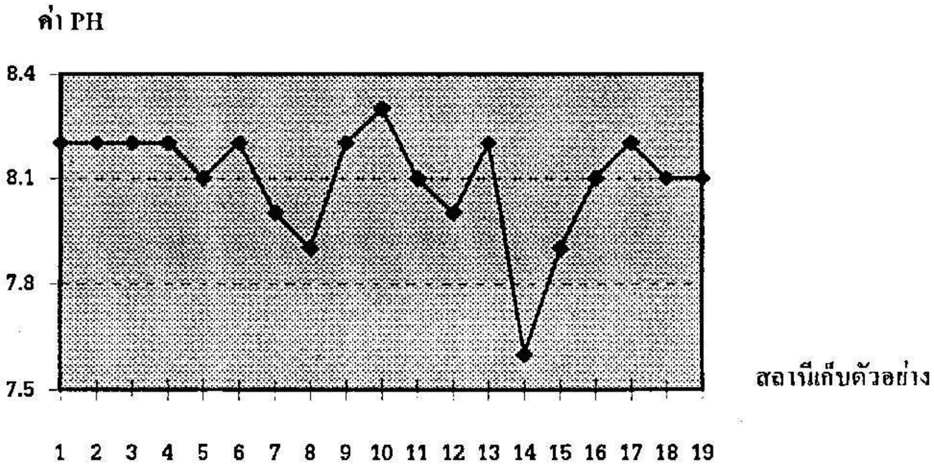
สถานีเก็บ	คลอโรซิตี้ ppt	ไนไตรต์ มิลลิกรัม/ลิตร	ไนเตรต มิลลิกรัม/ลิตร	ซิลิเกต ไมโครกรัม/ลิตร
1	35.087	NS	NS	NS
2	28.2025	0.00120	0.0693	NS
3	35.3665	0.00014	NS	0.1226
4	30.2605	0.00421	NS	1.632
5	32.791	0.00403	NS	4.844
6	36.036	NS	NS	NS
7	34.9615	0.00209	0.1726	1.8208
8	32.9165	NS	0.0480	NS
9	19.6785	0.00545	0.00096	NS
10	33.2525	NS	0.0317	NS
11	33.5135	NS	NS	NS
12	33.4925	0.00438	NS	NS
13	31.291	NS	NS	NS
14	32.343	NS	NS	NS
15	29.195	NS	NS	NS
16	24.682	0.00156	NS	NS
17	31.56	NS	0.0151	NS
18	30.3975	NS	NS	NS
19	29.0835	NS	NS	NS

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบข้อมูลวิเคราะห์ทั้งหมดในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

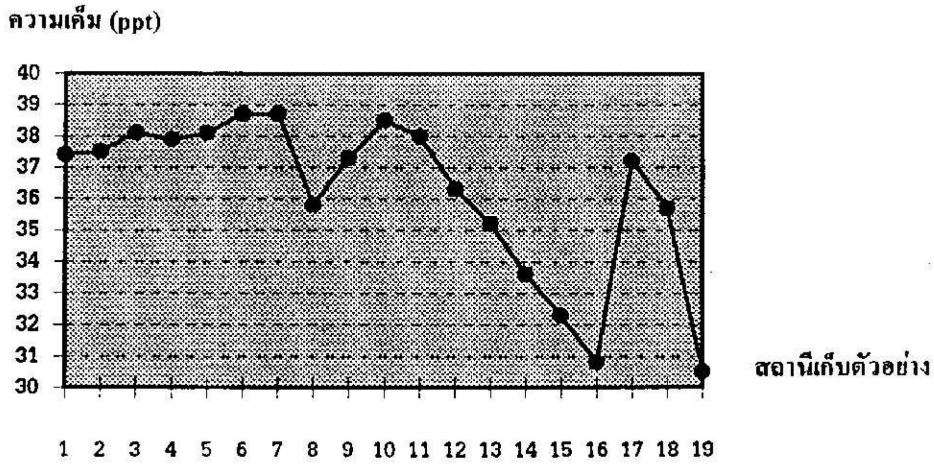
รายการ	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	การเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความลึก (m)	0.80	4.30	1.70	0.82
ความโปร่งใส (m)	0.40	1.90	0.88	0.40
อุณหภูมิ (° C)	29.0	32.60	30.72	1.00
ค่า pH	6.70	9.70	8.21	0.51
ความเค็ม (ppt)	0.0	38.70	20.36	16.78
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	5.28	11.84	6.82	1.26
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (mg/l)	4.50	120.00	33.86	23.55
คลอโรฟิลล์ A (μg/l)	1.70	59.05	14.93	25.079
คลอโรฟิลล์ B (μg/l)	1.78	7.45	3.70	1.366
คลอโรฟิลล์ C (μg/l)	3.61	26.84	7.19	4.176
คลอรินิตี้ (ppt)	0.754	13.83	1.58	2.740
คลอโรซิตี้ (ppt)	1.8	36.036	19.01	13.731
ไนไตรต์ (mg/l)	0.0	0.0212	0.008	0.009
ไนเตรต (mg/l)	0.0	0.856	0.090	0.194
แอมโมเนีย (mg/l)	-0.93	6.983	1.073	1.877
ซิลิเกต (μg/l)	0.0	155.2	45.841	69.429
ฟอสฟอรัส (μg/l)	0.0	1.16	0.154	0.302
ซัลเฟต (mg/l)	0.0	346.25	46.65	83.83



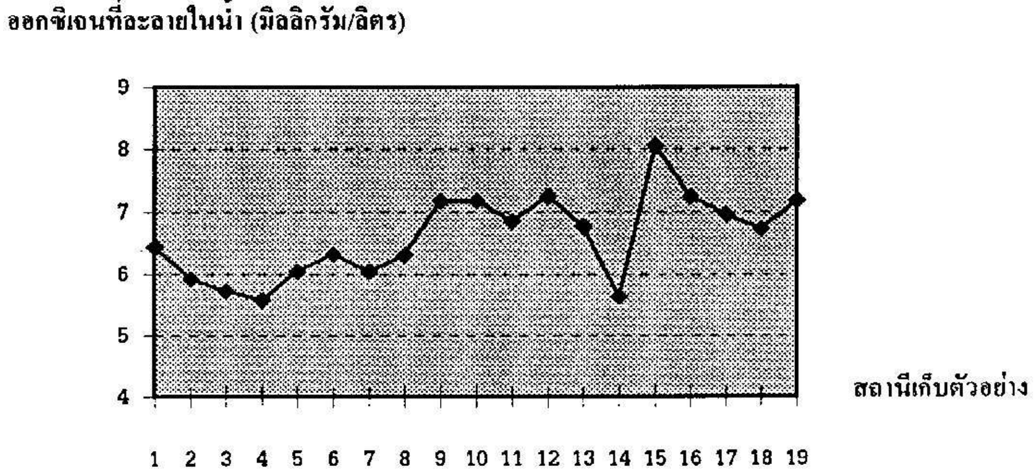
รูปที่ 17 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ก) ความลึก ข) ความโปร่งใส และ ค) อุณหภูมิ



ง)

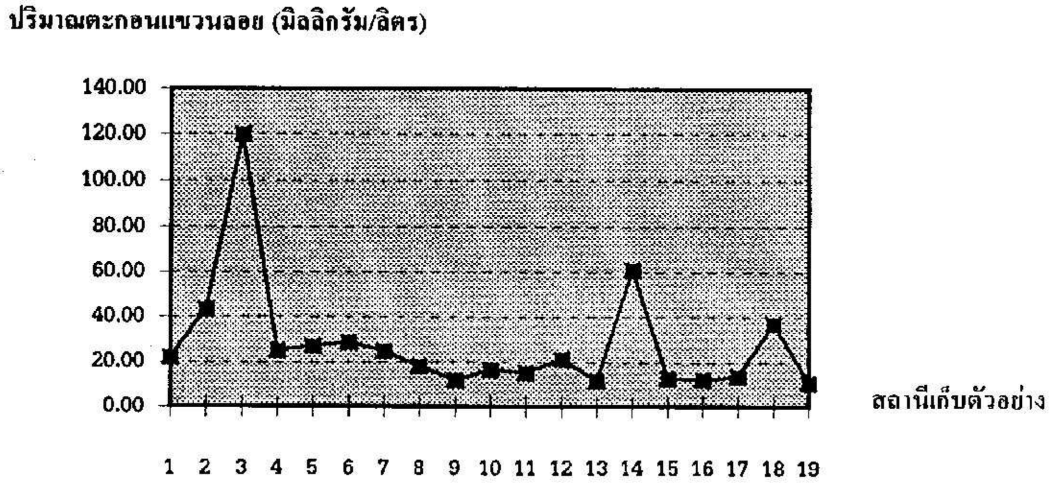


จ)

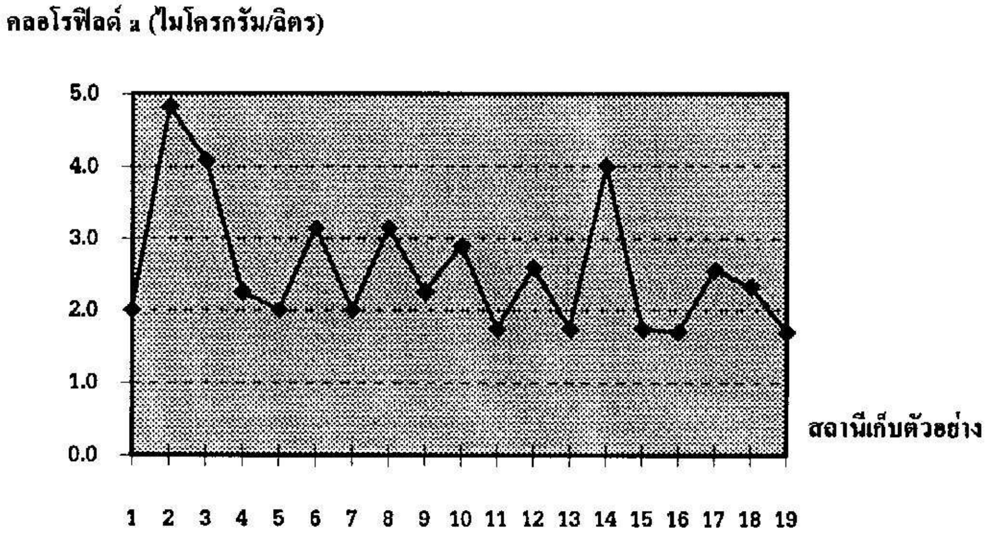


ฉ)

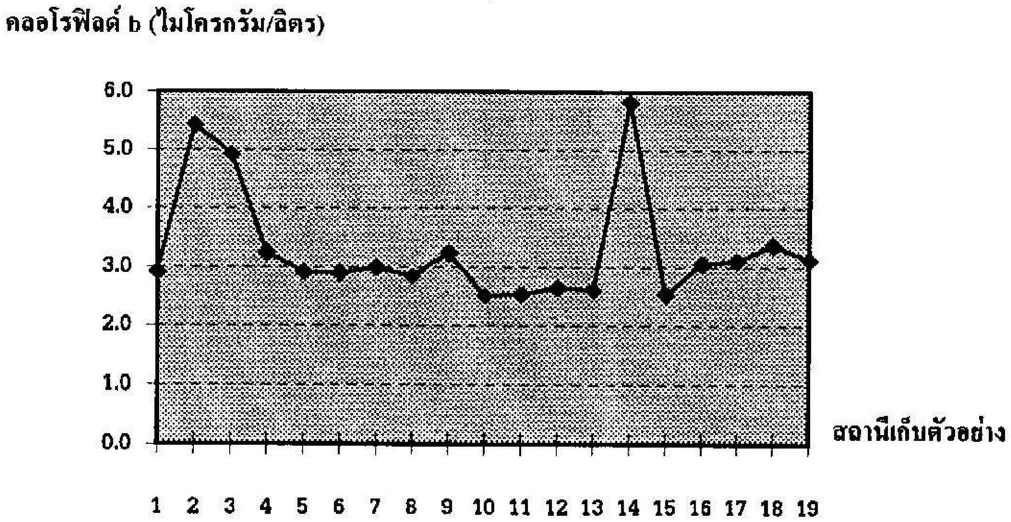
รูปที่ 17 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ง) ความเป็นกรดเป็นด่าง จ) สภาพความเค็ม และ ฉ) ออกซิเจนละลายน้ำ



ช)

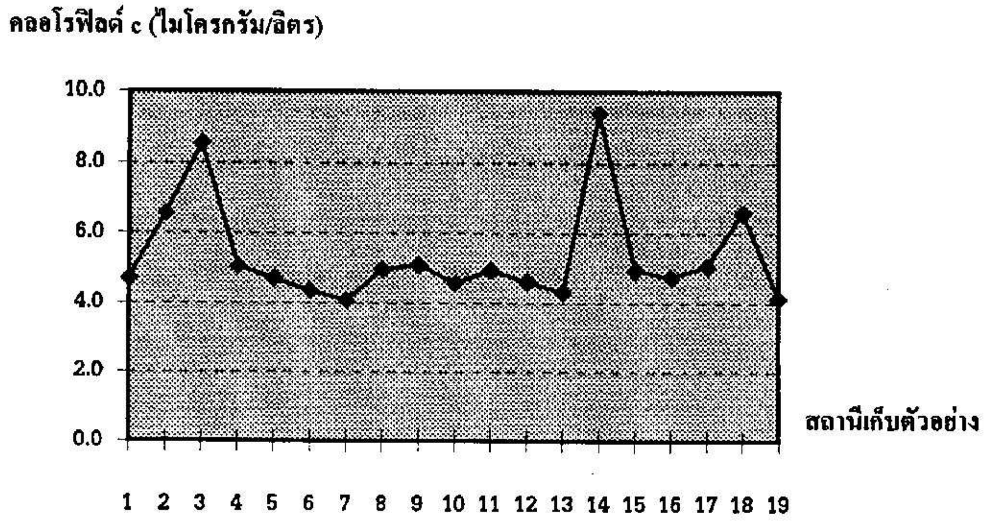


ซ)

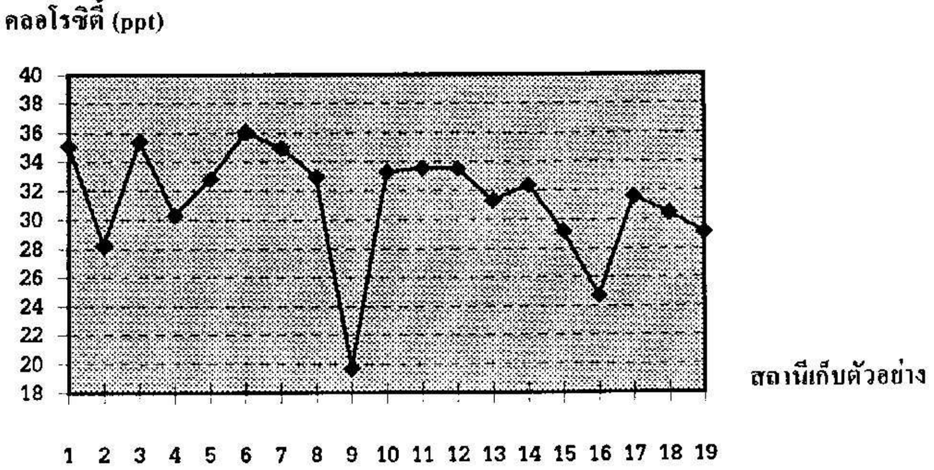


ฌ)

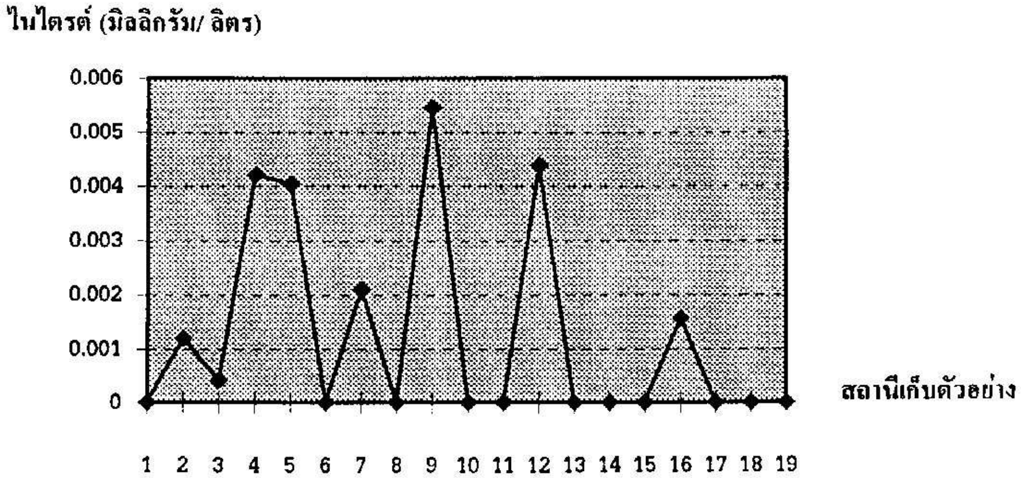
รูปที่ 17 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ช) ตะกอนแขวนลอย ซ) คลอโรฟิลล์ A และ ฌ) คลอโรฟิลล์ B



ญ)



ฎ)



ฏ)

รูปที่ 17 กราฟแสดงความแปรผันของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ญ) คลอโรฟีลล์ C ฎ) คลอโรซิตี้ และ ฏ) ไนไตรต์

3.8 การประมวลผลภาพดาวเทียม

จากการนำภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ชนิด TM บันทึกภาพเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2538 ทำการประมวลผลข้อมูลเชิงตัวเลข ด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบไม่กำกับ วิธี ISODATA จาก 3 ช่วงคลื่นที่ 4-3-2 (แดง-เขียว-น้ำเงิน) พบว่ามีศักยภาพที่สามารถแบ่งระดับความลึกของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ในส่วนพื้นที่ศึกษาได้ 3 เขต (รูปที่ 18) คือ

สีเขียว แสดงถึงพื้นที่ ตื้นที่สุด ความลึกประมาณ 0.5-1.4 เมตร

สีน้ำตาล แสดงถึงพื้นที่ระดับความลึกระหว่าง 1.4-1.6 เมตร

สีเหลือง แสดงถึงพื้นที่ระดับความลึก ตั้งแต่ 1.6 เมตร ขึ้นไป

3.9 ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ

ในการจัดทำระบบข้อมูลสารสนเทศ เพื่อการจัดการคุณภาพน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลานี้ ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลเชิงอรรถ (attribute) มีองค์ประกอบ 5 ประการ (รูปที่ 19) คือ *การรวบรวมข้อมูล* (data acquisition) การ*ประมวลผลเบื้องต้น* (preprocessing) *การจัดการข้อมูล* (data management) *การคุมแต่งและวิเคราะห์* (manipulation and analysis) และ *การสร้างผลข้อมูล* (product generation) อันประกอบด้วยฐานข้อมูลปัจจัยคุณภาพน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ศึกษา มาไว้ในรูปแบบชั้นข้อมูล (layer) สำหรับกระบวนการสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิจัยนี้มีดังนี้

3.9.1 การรวบรวมข้อมูล

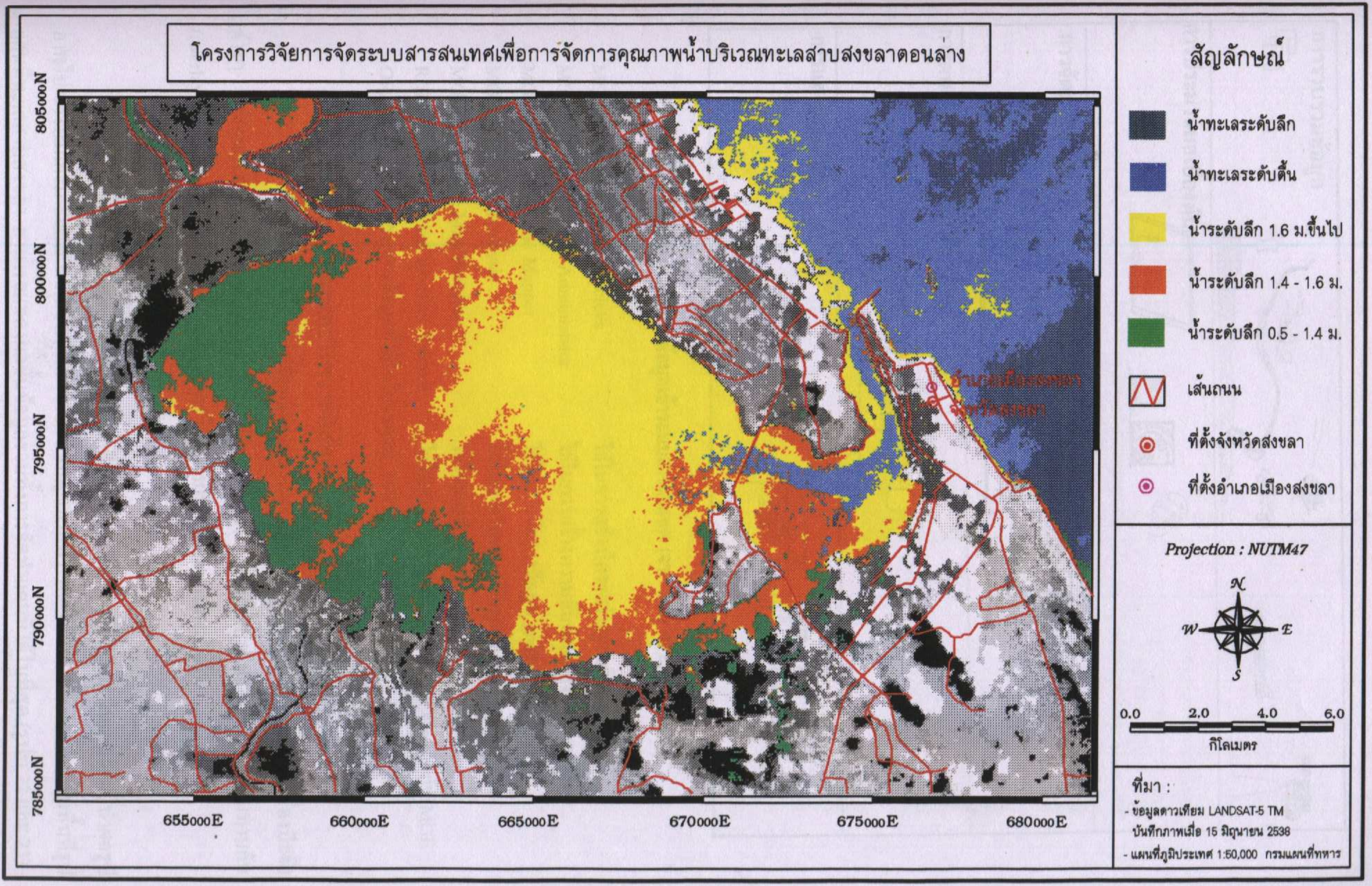
สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเชิงพื้นที่รอบทะเลสาบสงขลาตอนล่าง อาทิเช่น ข้อมูลด้านภูมิประเทศ อุทกธรณีวิทยา ทางน้ำ ชนิดดิน น้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ และข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (ภาคผนวก ข)

3.9.2 การประมวลผลเบื้องต้น

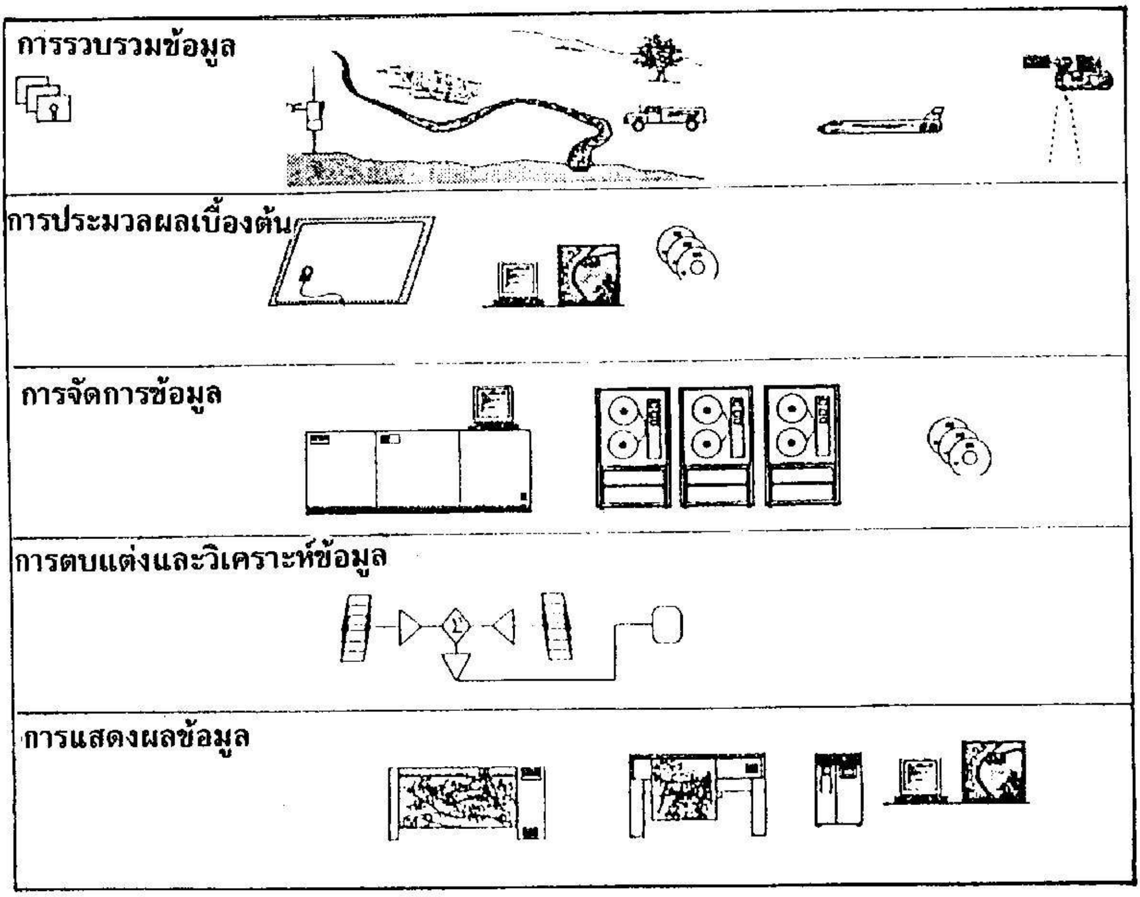
เป็นการนำเข้าข้อมูลโดยการแปลงจากแผนที่หรือรูปภาพ ให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขด้วย 2 วิธีการ คือ การกวาดภาพ (scanning) การลากเส้นบนหน้าจอ (monitor digitizing) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเชิงทิศทาง (vector data) ได้แก่ แผนที่ต่างๆ ส่วนข้อมูลเชิงอรรถ ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพและข้อมูลปริมาณ ธาตุอาหารได้สร้างข้อมูลเก็บไว้ในรูปตาราง

3.9.3 การจัดการข้อมูล

โดยเริ่มจากการจัดโครงสร้างฐานข้อมูล เพื่อสามารถเรียกใช้อย่างสะดวก โดยกำหนดรหัสเครือข่ายความสัมพันธ์ของพื้นที่ โดยเฉพาะข้อมูลแผนที่ การจัดหมวดหมู่และสร้างแฟ้มข้อมูลที่เป็นรูปภาพหรือกราฟิก (graphic) กับเชิงอรรถ ทั้ง 2 ชุดแยกกันอยู่ (ภาคผนวก ก) การบันทึกแก้ไขและเรียกใช้ข้อมูล และการเรียงลำดับข้อมูล ซึ่งเหล่านี้ล้วนต้องผ่านชุดคำสั่งเฉพาะของหน่วยตรรกะ (logical unit) ดังได้อธิบายสรุปไว้ในข้างล่างนี้ (รูปที่ 20 และ 21)



รูปที่ 18 ภาพการจำแนกความลึกของทะเลสาบสงขลาแบบไม่กำกับ ด้วยวิธี ISODATA



รูปที่ 19 แผนภาพการนำข้อมูลเข้าระบบสารสนเทศ (จาก Star & Estes, 1990)

MGNUC	= Mge Basic Nuclevs	ใช้ในการสร้างโครงสร้างฐานข้อมูล
MGAD	= Mge Basic Administator	ใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลตาราง
MGMAB	= Mge Base Mapper	ใช้ในการจัดการข้อมูล graphic
MGA	= Mge Analysis	ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง
MGEN	= Mge Map Finisher	ใช้ในการทำแผนที่
RIS	= Relational Interface System	ใช้ในการติดต่อระหว่างฐานข้อมูล Oracle กับ MGE

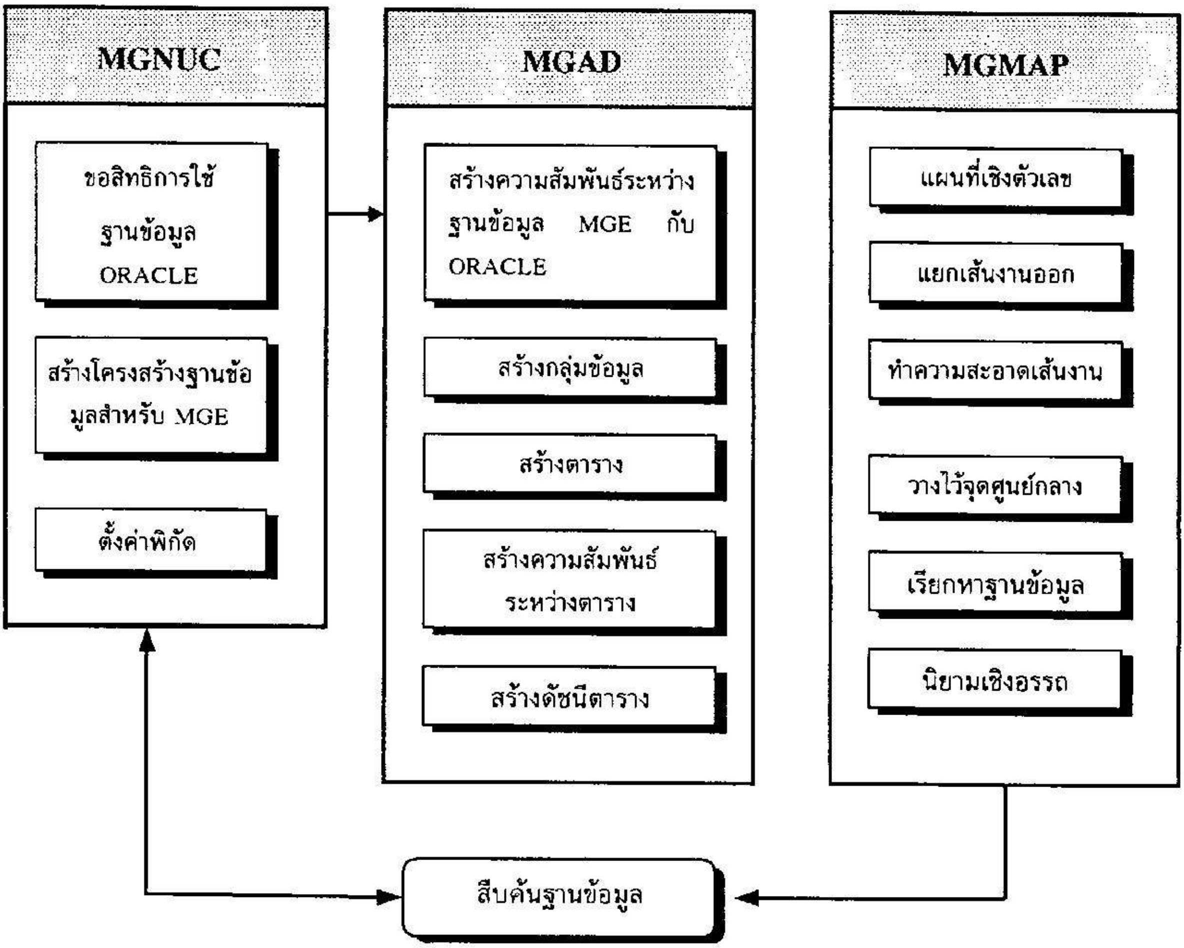
ORACLE = โปรแกรมฐานข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม INTERGRAPH

3.9.4 การตบแต่งและวิเคราะห์ข้อมูล

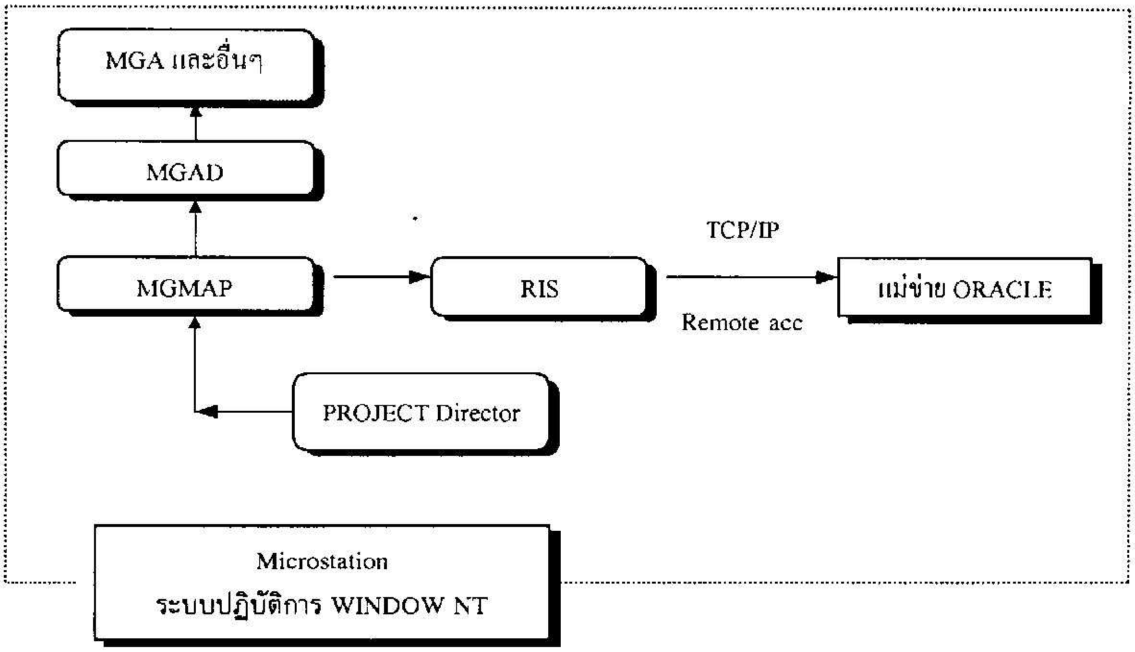
แผนที่ชนิดต่างๆ บริเวณทะเลสาบสงขลา ได้นำมาจัดเป็นข้อมูลในหัวเรื่องปัจจัยต่างๆ ของคุณภาพน้ำ โดยตบแต่งให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน ข้อมูลเหล่านี้พร้อมที่นำมาซ้อนทาบกัน (overlay) โดยตำแหน่งพิกัดตรงกัน เพื่อทำการวิเคราะห์สิ่งที่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

3.9.5 การแสดงผลข้อมูล

· การเรียกข้อมูลเก่าหรือแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ขึ้นใหม่ ในงานวิจัยนี้นำผลรูปภาพไปเข้าโปรแกรม Surfer ต่อเพื่อสร้างแผนที่เส้นชั้นคุณภาพน้ำ โดยให้กรอบพิกัดครอบคลุมพื้นที่รูปแผนที่ทะเลสาบสงขลา สามารถแสดงผลชั้นข้อมูลรวมทั้งการจัดทำแผนที่ได้ในที่สุด (รูปที่ 22 และ 23)



รูปที่ 20 แผนภาพเครือข่ายการทำงานภายในของชุดคำสั่งหลักของระบบสารสนเทศที่เรียกใช้



รูปที่ 21 แผนภูมิสายงานของชุดคำสั่งในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของคุณภาพน้ำ

3.10 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำ

จากผลการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งสองช่วง ได้นำเข้ามาเก็บไว้ในรูปของโปรแกรม Excel และนำเข้าสู่การคำนวณเส้นชั้นคุณภาพน้ำ โดยโปรแกรม Surfer จากนั้นถ่านโอนข้อมูลเข้าระบบสารสนเทศของโปรแกรม INTERGRAPH เพื่อสัมพันธ์กับลักษณะภูมิสันฐานของทะเลสาบสงขลา ซึ่งจะได้แผนที่เส้นชั้นคุณภาพน้ำ (รูปที่ 22 และ 23) ดังได้พิจารณาในประเด็นหัวข้อปัจจัยต่อไปนี้

1) ความลึก

ระดับความลึกของทะเลสาบสงขลา ในช่วงตุลาคม ระดับน้ำค่อนข้างสูง จะเห็นว่าใกล้ริมขอบทะเลสาบสงขลา มีความลึก 1.40 เมตร (รูปที่ 22 ก) ส่วนช่วงเมษายนความลึกเหลือประมาณ 1.20 เมตร (รูปที่ 23 ก)

2) ความโปร่งใส

ในช่วงตุลาคมความโปร่งใสจะมีค่าน้อยมาก สูงสุดประมาณ 1.10 อยู่ด้านในของทะเลสาบบริเวณสถานีจุดเก็บที่ 16 (รูปที่ 22 ข) แต่ในช่วงฤดูร้อนความโปร่งใสมีค่ามากถึง 1.80 และอยู่ตรงกลางทะเลสาบสงขลาตรงบริเวณสถานีจุดเก็บที่ 9 (รูปที่ 23 ข)

3) อุณหภูมิ

เส้นชั้นอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 32.00 องศา บริเวณสถานีจุดเก็บที่ 17 และอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 29.20 องศา บริเวณจุดเก็บที่ 5 (รูปที่ 22 ค) ในฤดูแล้ง อุณหภูมิสูงสุด 32.40 องศา ในบริเวณจุดเก็บที่ 19 และต่ำสุด 30.40 บริเวณด้านนอกของทะเลสาบสงขลา (รูปที่ 23 ค)

4) ความเป็นกรดเป็นด่าง

พบว่าในฤดูฝน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะสูงอยู่บริเวณรอบริมทะเลสาบส่วนใน ค่าสูงสุด 9.40 (บริเวณจุดเก็บที่ 15) และต่ำสุดอยู่กลางทะเลสาบประมาณ 7.00 (บริเวณจุดเก็บที่ 9) ดังแสดงในรูปที่ 22 ง และฤดูแล้งจะมีค่ากลับกันคือ บริเวณตรงกลางทะเลสาบจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงประมาณ 8.25 (สถานี 10) และค่าลดน้อยลงในบริเวณรอบขอบทะเลสาบสงขลา (รูปที่ 23 ง)

5) ความเค็ม

ในช่วงเดือนตุลาคม ความเค็มจะอยู่บริเวณปากหางออกทะเลสาบสงขลาสูงสุด (รูปที่ 22 จ) ในบริเวณจุดที่เก็บประมาณ 14.00 ppt. (สถานีเก็บที่ 2) ส่วนฤดูแล้ง ความเค็มสูงขึ้นถึง 38.50 ppt (สถานีเก็บตัวอย่างที่ 6 และ 7 (รูปที่ 23 จ)

6) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างเก็บในช่วงตุลาคม 2540 พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในมีค่าสูงสุดประมาณ 11.50 และ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ในสถานีเก็บที่ 15 และ 8 ตามลำดับ (รูปที่ 22 ฉ) ซึ่งอยู่ใกล้ปากคลองต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ส่วนในฤดูแล้งปริมาณลดลงเหลือสูงสุด 8 มิลลิกรัม/ลิตร ที่สถานีเก็บที่ 15 และลดลงเหลือต่ำสุด 5.80 มิลลิกรัม/ลิตร บริเวณสถานีสำรวจที่ 3 และที่ 2 (รูปที่ 23 ฉ)

7) ปริมาณตะกอนแขวนลอย

ในเดือนตุลาคม ปริมาณตะกอนแขวนลอยมากสุดประมาณ 75 มิลลิกรัม/ลิตร บริเวณสถานีเก็บที่ 8 ใกล้ปากคลองอู่ตะเภา (รูปที่ 22 ช) แต่ในเดือนเมษายน ปริมาณตะกอนแขวนลอยไปมากแถวทางเข้าทะเลสาบสงขลา บริเวณสถานีเก็บที่ 3 ประมาณ 110 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 23 ช) ส่วนภายในทะเลสาบปริมาณก็ยังคงมาจากคลองที่ไหลลงสู่ทะเลสาบบริเวณจุดเก็บที่ 14 ประมาณ 55 มิลลิกรัม/ลิตร

8) ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ A

ในเดือนตุลาคม ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ A มากสุดบริเวณสถานีเก็บที่ 8 มีค่า 130 ไมโครกรัม/ลิตร (รูปที่ 22 ซ) ส่วนในเดือนเมษายนปริมาณสารดังกล่าวได้ลดลงอย่างมากมาย เหลือสูงสุดเพียง 4.80 และ 3.80 ไมโครกรัม/ลิตร บริเวณสถานีเก็บที่ 2 และ 14 ตามลำดับ (รูปที่ 23 ซ)

9) ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ B

ฤดูฝนปริมาณสารคลอโรฟิลล์ B พบมากที่บริเวณปากคลองอู่ตะเภา บริเวณสถานีเก็บที่ 7.00 และ 6.00 ไมโครกรัม/ลิตร บริเวณสถานีเก็บที่ 10 และ 10 (รูปที่ 22 ฌ) ส่วนฤดูแล้งปริมาณสูงสุดที่ 5.40 ไมโครกรัม/ลิตร ที่สถานีเก็บที่ 14 และ 2 (รูปที่ 23 ฌ) เป็นจุดที่ได้รับน้ำจากภายนอกเข้ามาทดแทน

10) ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ C

ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ C พบในช่วงเวลาทั้งสองอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน (สถานีเก็บที่ 14 และ 8) เพียงแต่ปริมาณต่างกัน คือ ในเดือนตุลาคม ปริมาณมากสุด 24 ไมโครกรัม/ลิตร (รูปที่ 22 ญ) และเดือนเมษายนลดลงมาเหลือ 8.50 ไมโครกรัม/ลิตร (รูปที่ 23 ญ)

11) ปริมาณสารคลอรินิตี้

ค่ามากสุด คือ 13.00 (ppt) บริเวณปากทางเข้าทะเลสาบสงขลา บริเวณสถานีเก็บที่ 1 (รูปที่ 22 ฎ)

12) ปริมาณสารคลอโรซิตี้

เดือนตุลาคมปริมาณสูงสุดอยู่บริเวณปากทางเข้าทะเลสาบสงขลา มีค่า 28 กรัม/ลิตร (รูปที่ 22 ฏ) และในเดือนเมษายนค่าสูงขึ้นเป็น 35 กรัม/ลิตร บริเวณเดียวกัน (รูปที่ 23 ฏ)

13) ปริมาณสารไนไตรต์

พบปริมาณน้อยในฤดูฝน โดยค่าสูงสุด 0.032 มิลลิกรัม/ลิตร ในบริเวณสถานีเก็บที่ 14 (รูปที่ 22 ฐ) ส่วนในฤดูแล้งค่าต่ำมากแทบกล่าวได้ว่าไม่มี

14) ปริมาณสารไนเตรต

ในฤดูฝนปริมาณไนเตรตสูงสุดอยู่ด้านในของทะเลสาบ บริเวณสถานีเก็บที่ 18 มีค่า 6.80 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 22 ฑ) และในเดือนเมษายนพบว่าได้ขยับมามากถึงบริเวณสถานีเก็บที่ 10 11 12 และ 13 ซึ่งเป็นตอนกลางของทะเลสาบ โดยมีปริมาณ 0.26 มิลลิกรัม/ลิตร (รูปที่ 23 ฎ)

15) ปริมาณสารแอมโมเนีย

ค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม 6.50 กรัม/ลิตร บริเวณสถานีเก็บที่ 16 (รูปที่ 22 ฒ) และค่าน้อยมากไม่อยู่นัยสำคัญในฤดูแล้ง

16) ปริมาณสารซิลิเกต

พบอยู่ปริมาณสูงถึง 180 ไมโครกรัม/ลิตร ในสถานีเก็บที่ 18 และ 19 (รูปที่ 22 ณ)

17) ปริมาณสารฟอสฟอรัส

พบในเดือนตุลาคมมีปริมาณ 1.10 ไมโครกรัม/ลิตร บริเวณสถานีเก็บที่ 11 (รูปที่ 22 ด) ส่วนในเดือนเมษายนไม่พบในปริมาณนัยสำคัญ

18) ปริมาณสารซัลเฟต

พบในเดือนตุลาคมมีปริมาณ 320 ไมโครกรัม/ลิตร บริเวณสถานีเก็บที่ 11 (รูปที่ 22 ต) ส่วนในเดือนเมษายนไม่พบในปริมาณนัยสำคัญ

19) การวัดทิศทางกระแสน้ำ

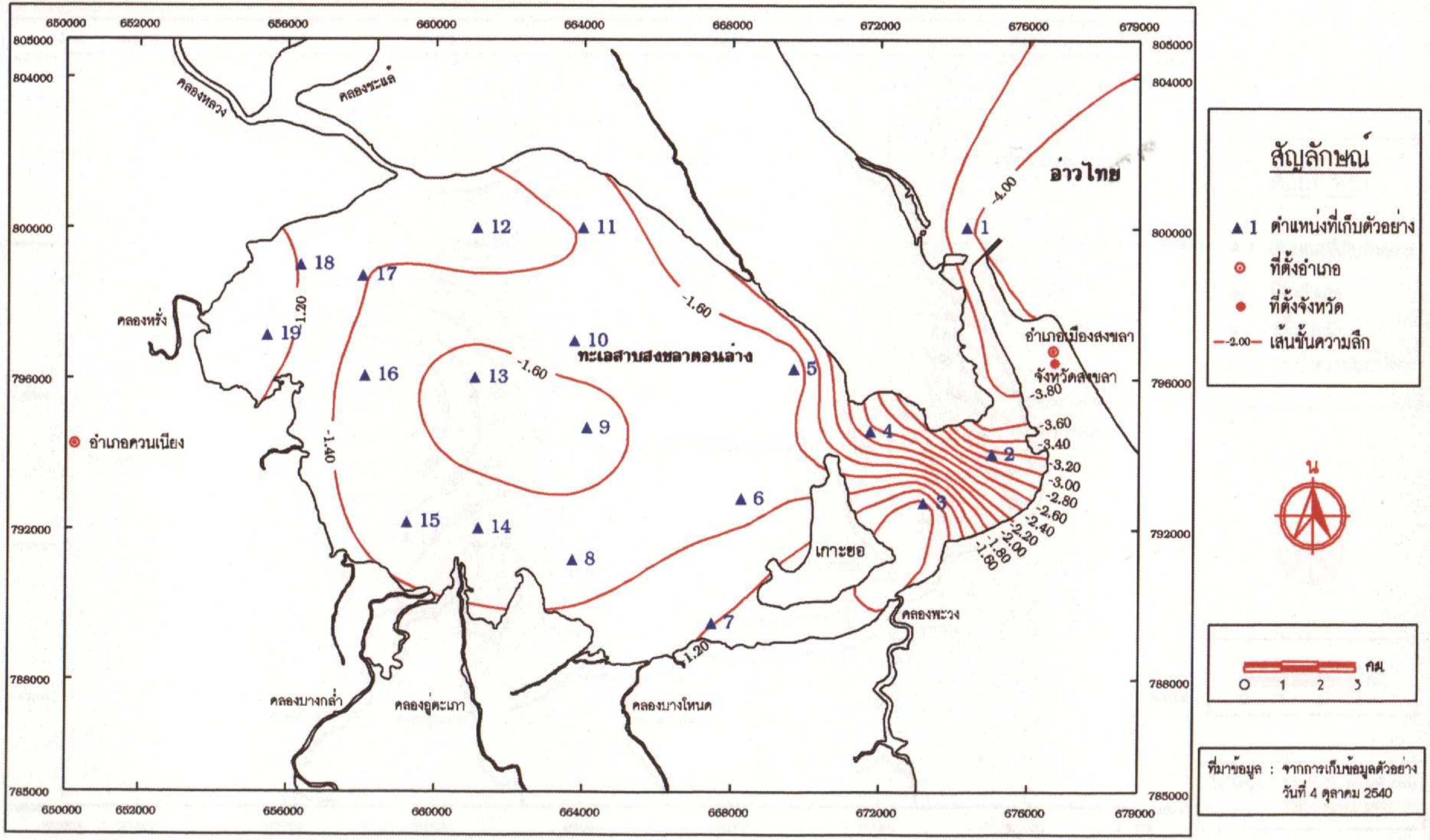
จากการวัดทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในเดือนเมษายน (ตารางที่ 23) น่าสันนิษฐานได้ว่า กระแสน้ำได้ไหลเข้ามาทางปากทะเลสาบสงขลา และไหลวนขึ้นไปทางด้านบนทะเลสาบ ไหลเข้าไปทะเลสาบตอนกลาง และคลองฝั่งด้านพัทลุง ทำให้เกิดน้ำเค็มรุกเข้าในพื้นที่น้ำจืดมากขึ้น (รูปที่ 23 ฐ) หรืออาจกล่าวว่าน้ำมีคุณภาพกร่อยจนถึงเค็มไปทั้งทะเลสาบสงขลาในช่วงฤดูแล้ง

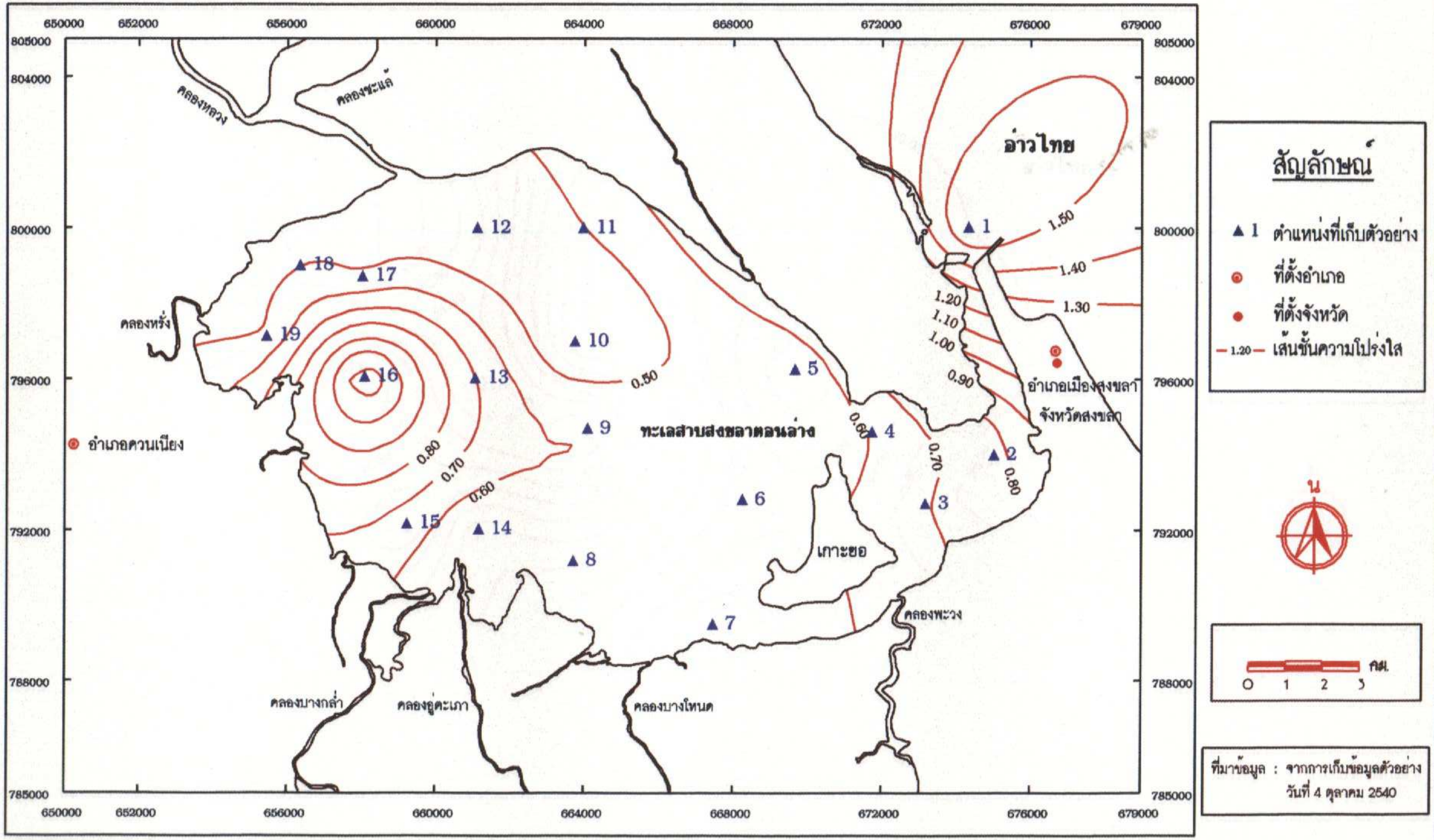
ตารางที่ 23 วัดทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

สถานีเก็บ	ความเร็วกระแสน้ำ			ทิศทางกระแสน้ำ		
	ความเร็วที่ 1	ความเร็วที่ 2	ความเร็วที่ 3	ทิศทางที่ 1	ทิศทางที่ 2	ทิศทางที่ 3
1	9.2	8.4	10.8	180.1	141.4	120.3
2	16.2	20.8	18.4	235.2	239.9	227.0
3	27.0	21.6	24.6	87.7	71.9	70.9
4	9.2	11.4	10.0	273.2	281.4	324.0
5	3.0	3.8	0*	230.9	348.0	0*
6	2.2	2.2	34.8*	193.7	284.3	300.0*
7	3.8	4.6	3.8	328.3	239.9	259.2
8	3.0	2.2	2.2	288.2	83.7	239.9
9	3.0	2.2	3.0	147.1	112.0	45.1
10	3.0	3.8	5.2	120.3	182.2	166.5
11	2.2	3.0	3.8	136.7	80.2	149.6
12	20.8	12.2	22.4	76.6	222.7	63.0
13	3.0	3.8	2.2	0.3	339.8	352.7
14	2.2	3.0	3.0	332.3	153.9	193.7
15	3.0	3.0	2.20	31.8	75.5	99.9
16	2.2	3.0	0*	79.8	75.5	0*
17	24.6	20.8	24.6	103.8	103.8	112.0
18	41.6*	23.0	24.6	116.3	108.1	95.6
19	25.4	22.4	27.8	63.3	50.1	70.9

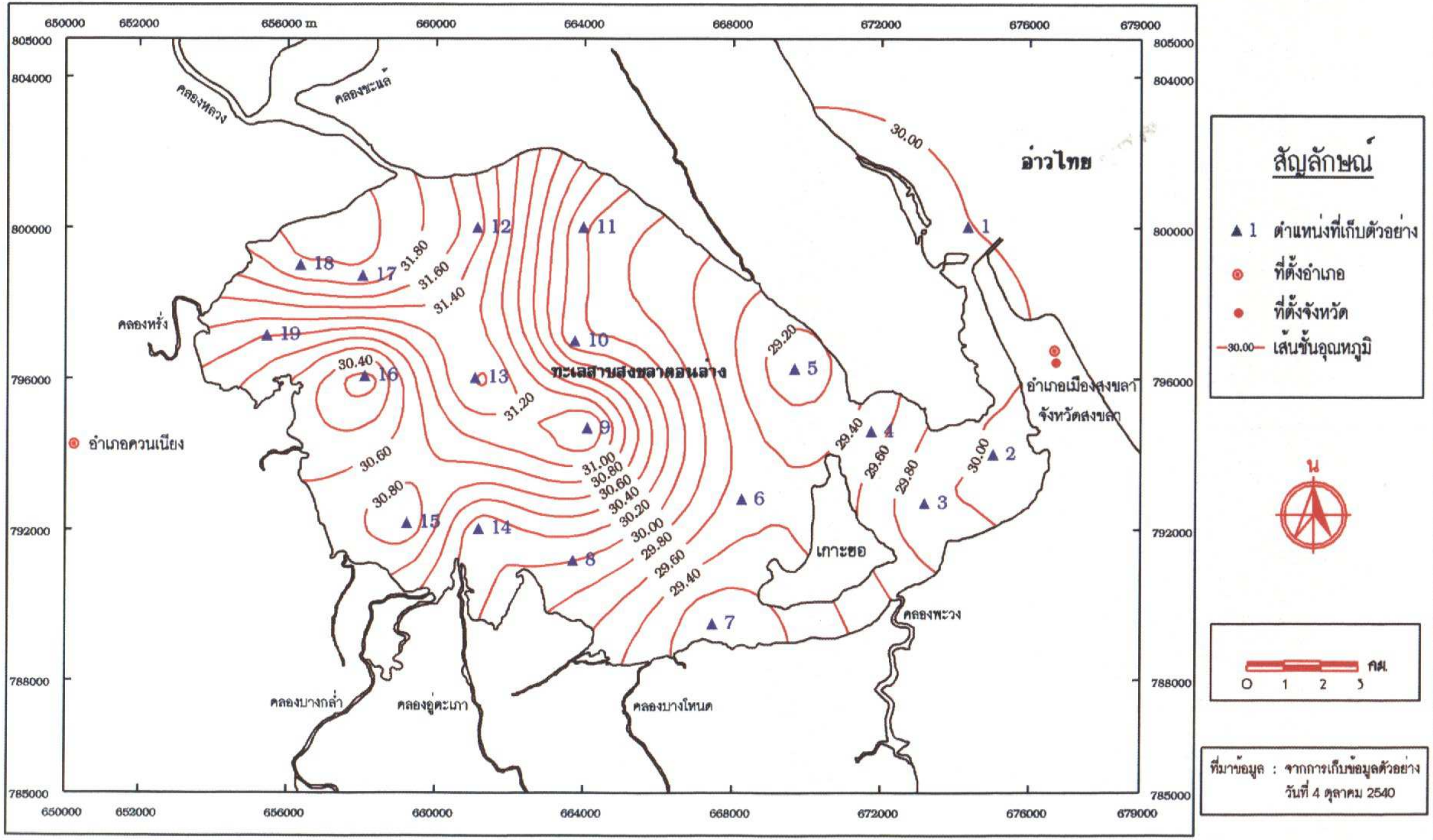
หมายเหตุ : เรือขยับ ค่าอ่านไม่ถูกต้อง

รูปที่ 22 ก แผนที่แสดงเส้นชั้นความลึกในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540

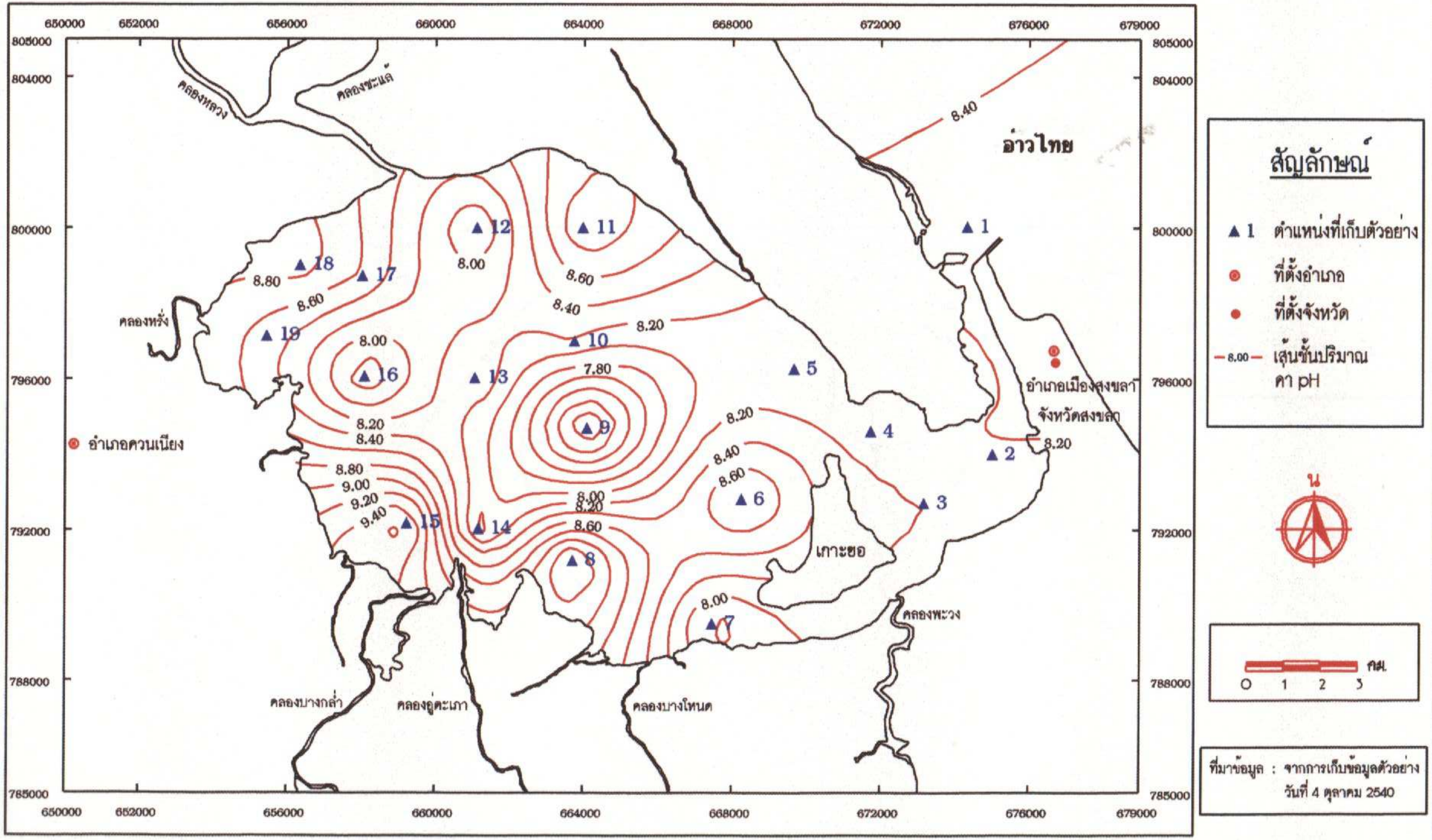




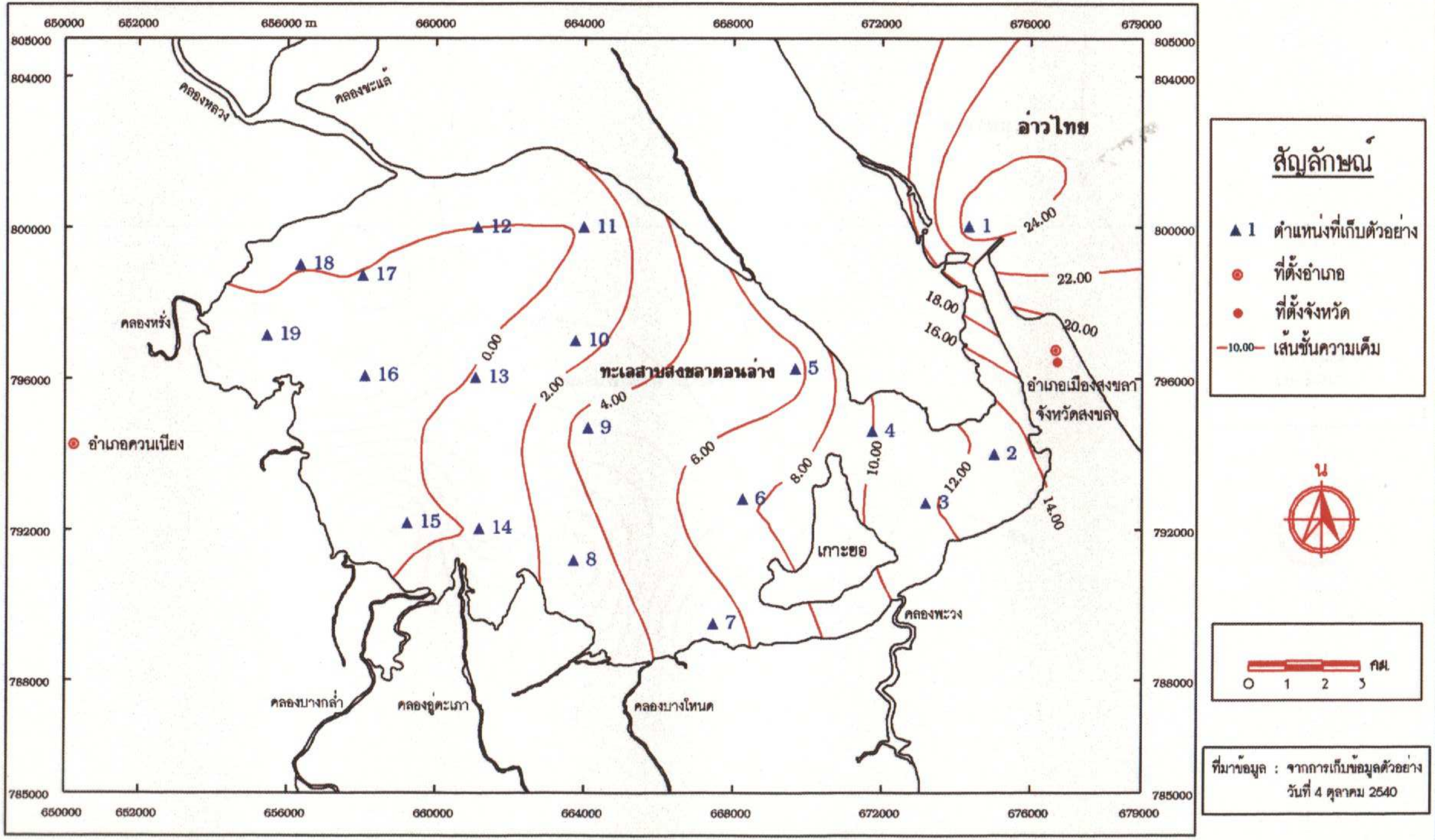
รูปที่ 22 ข แผนที่แสดงเส้นชั้นความโปร่งใสในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



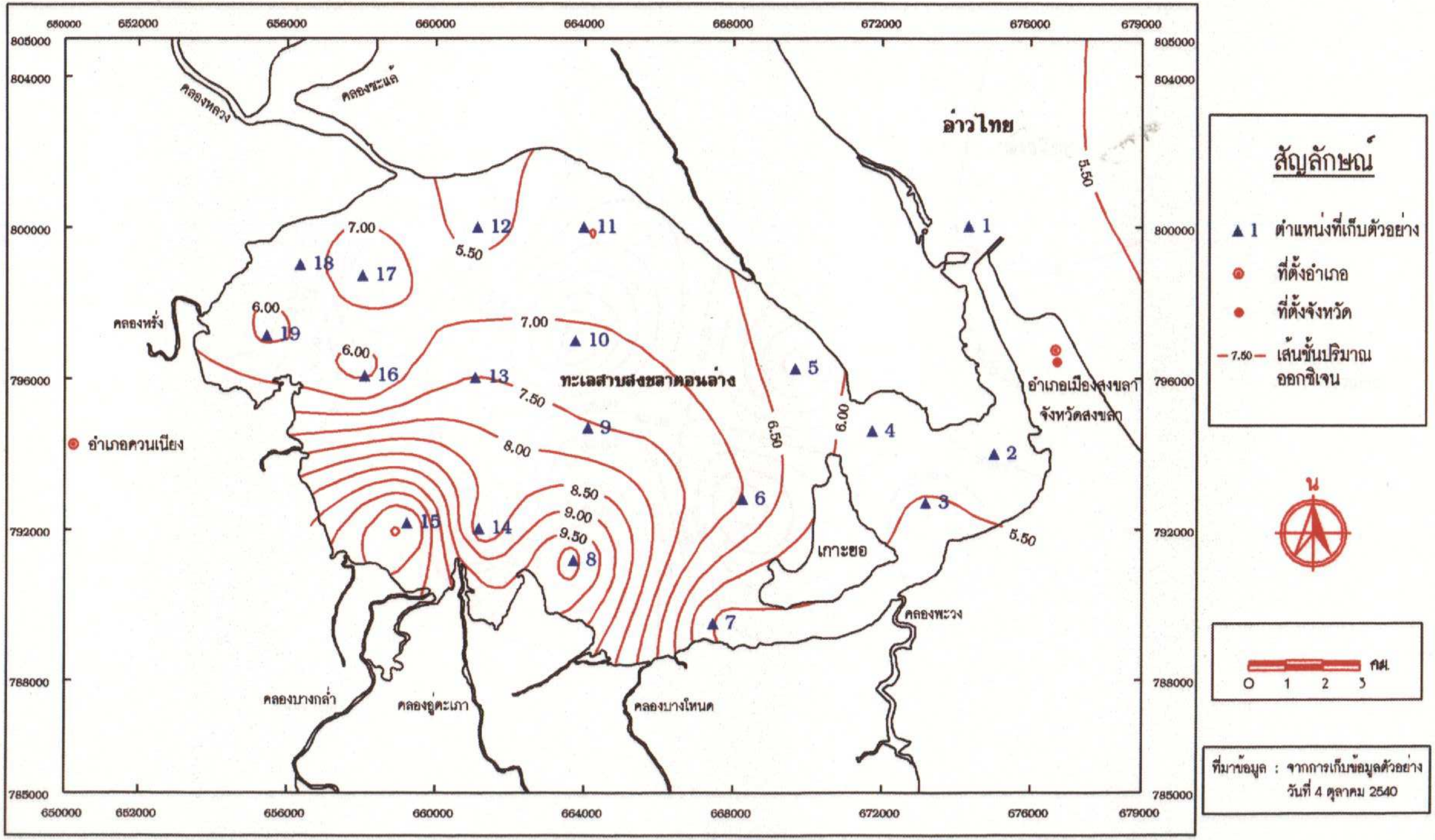
รูปที่ 22 ค แผนที่แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



รูปที่ 22 ง แผนที่แสดงเส้นชั้นความเป็นกรดเป็นด่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540

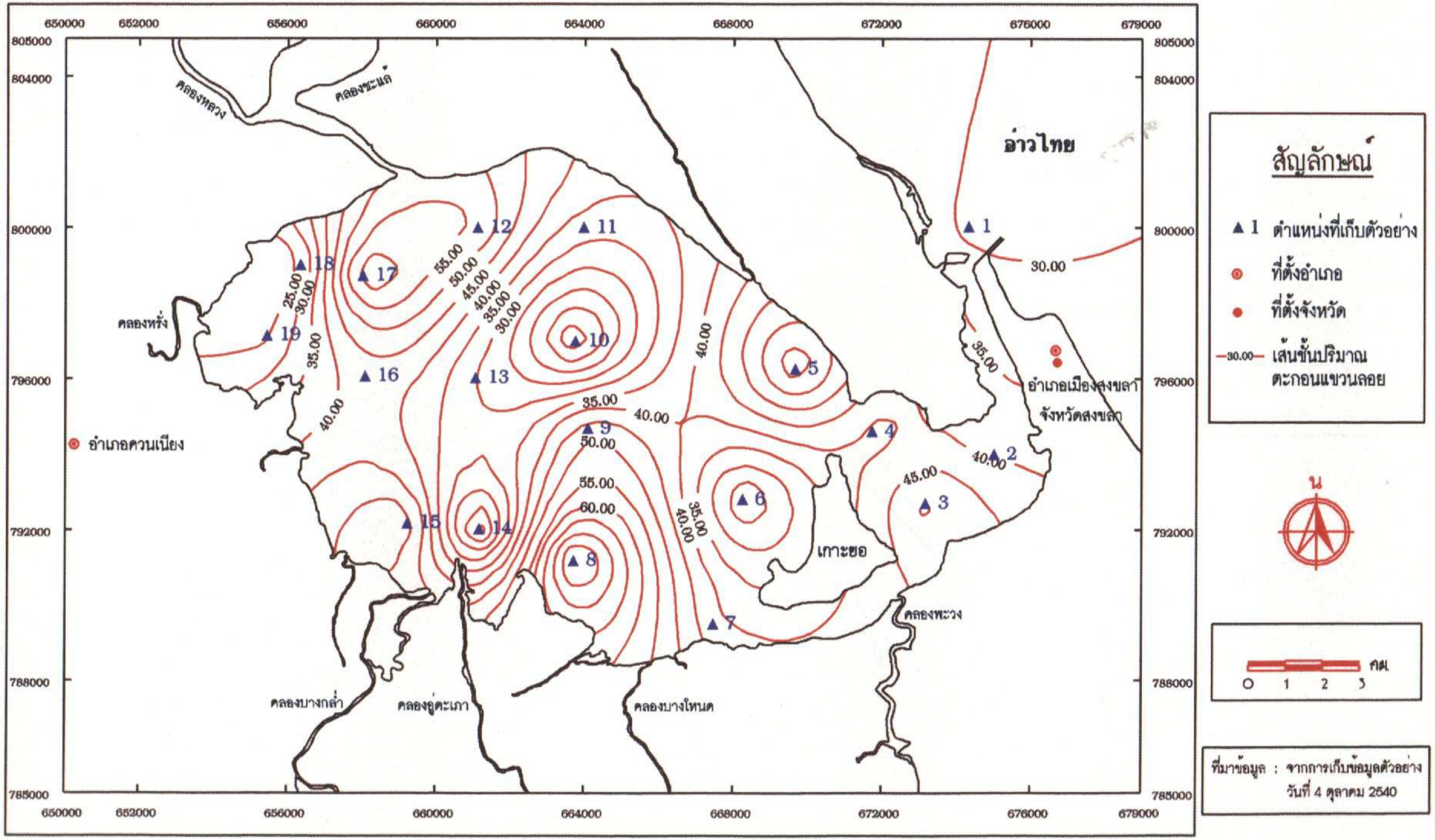


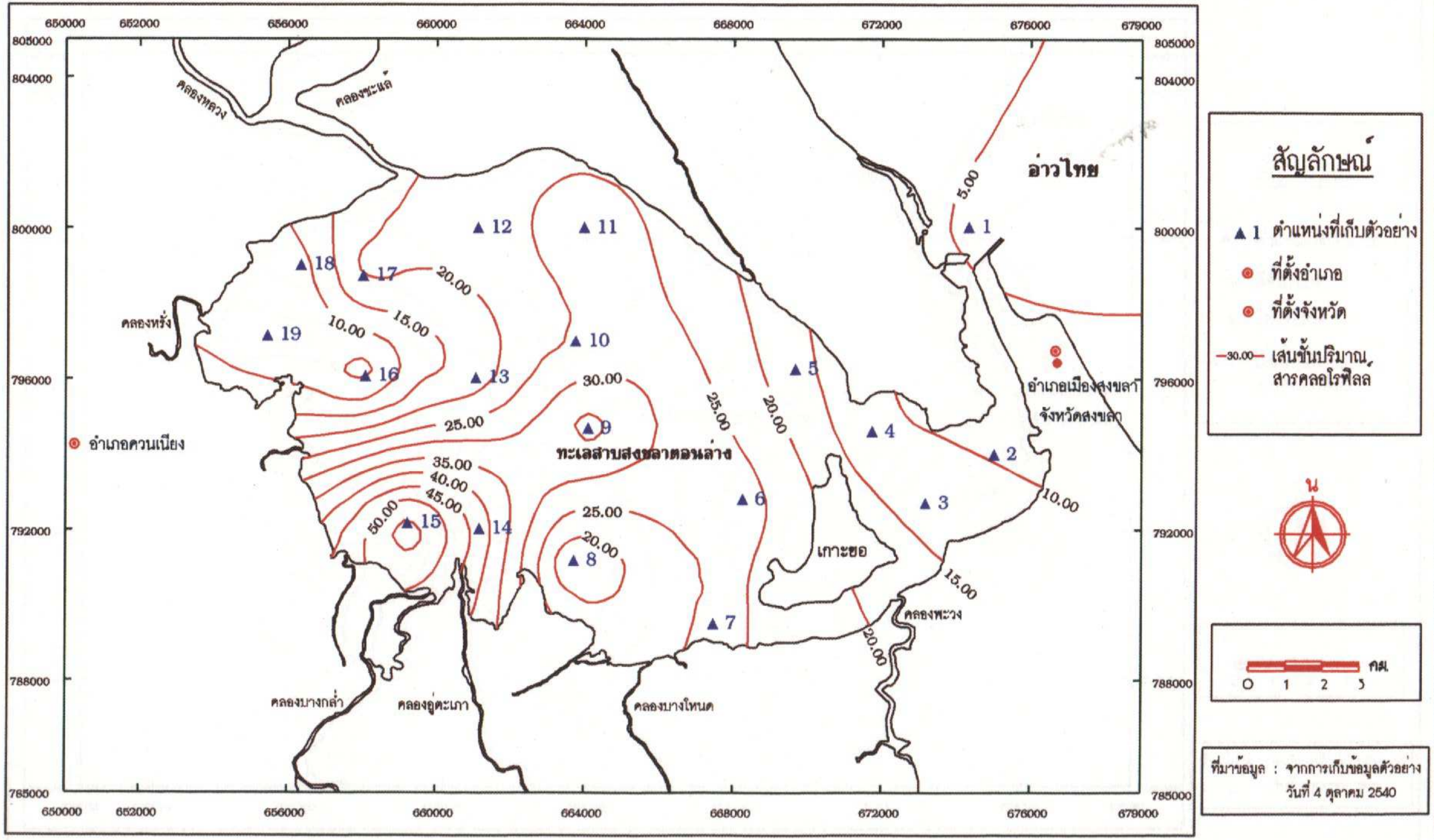
รูปที่ 22 ข แผนที่แสดงเส้นชั้นความเค็มในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



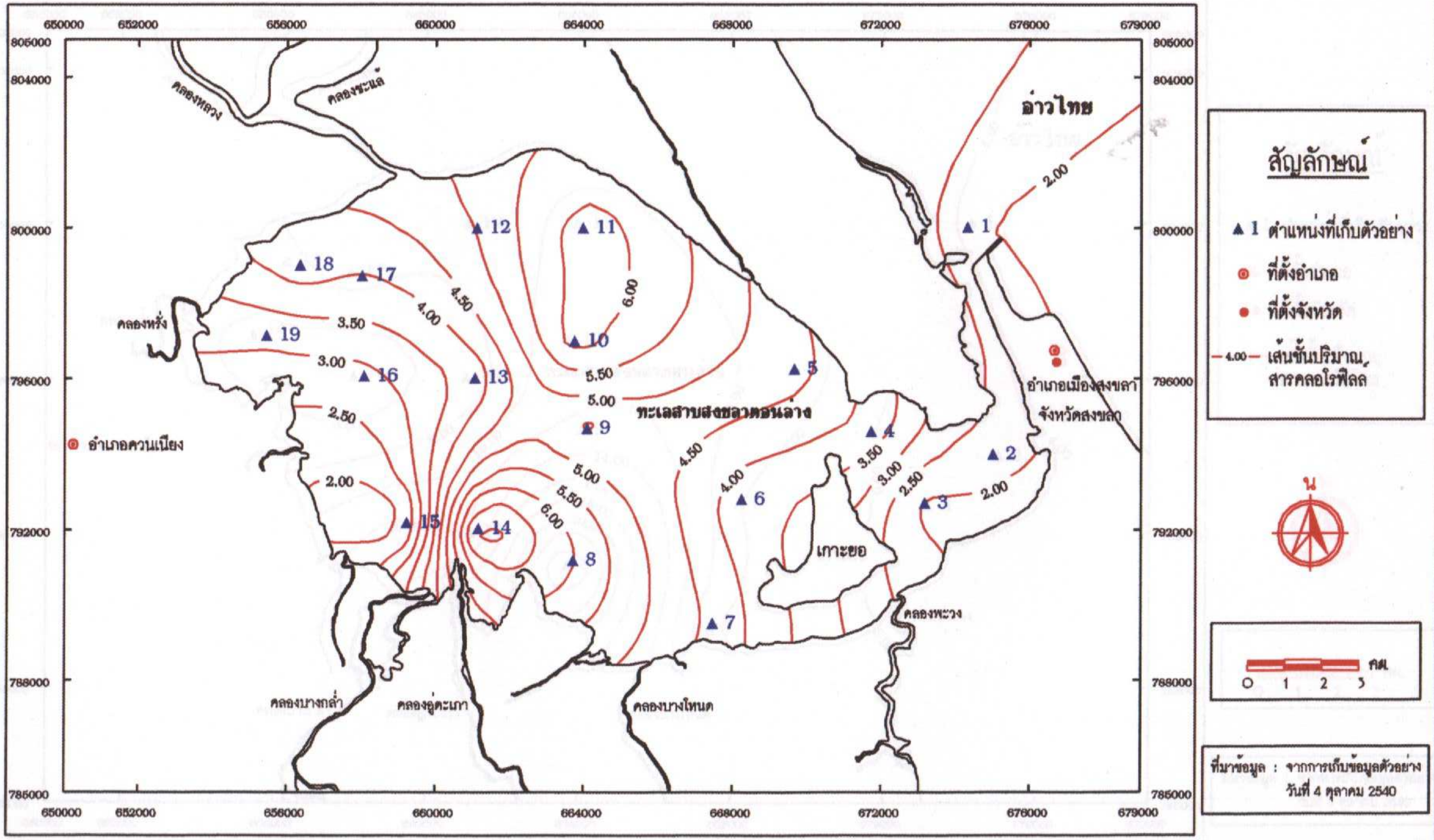
รูปที่ 22 ฉ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณออกซิเจนละลายในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540

รูปที่ 22 ฉ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540

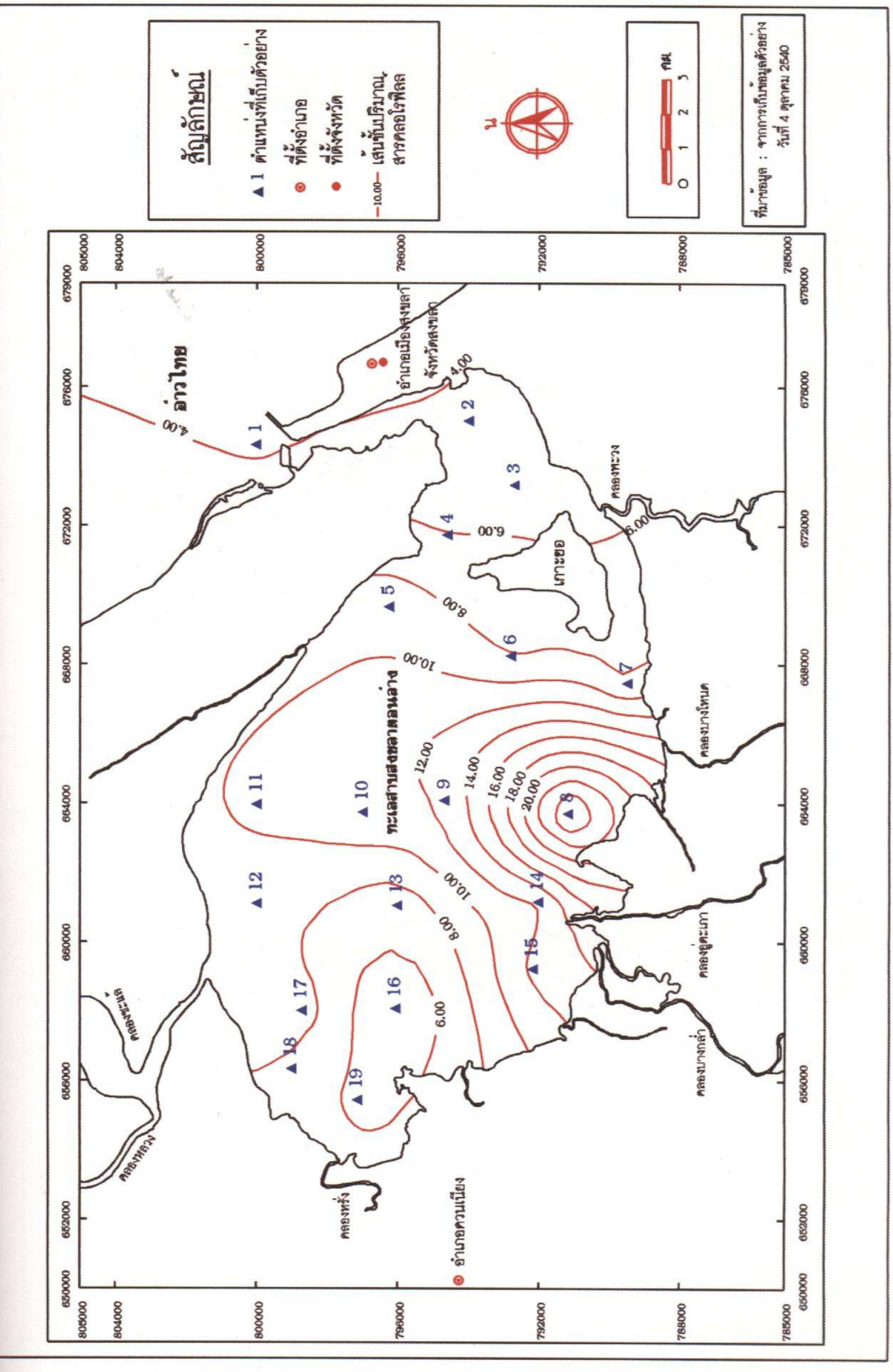




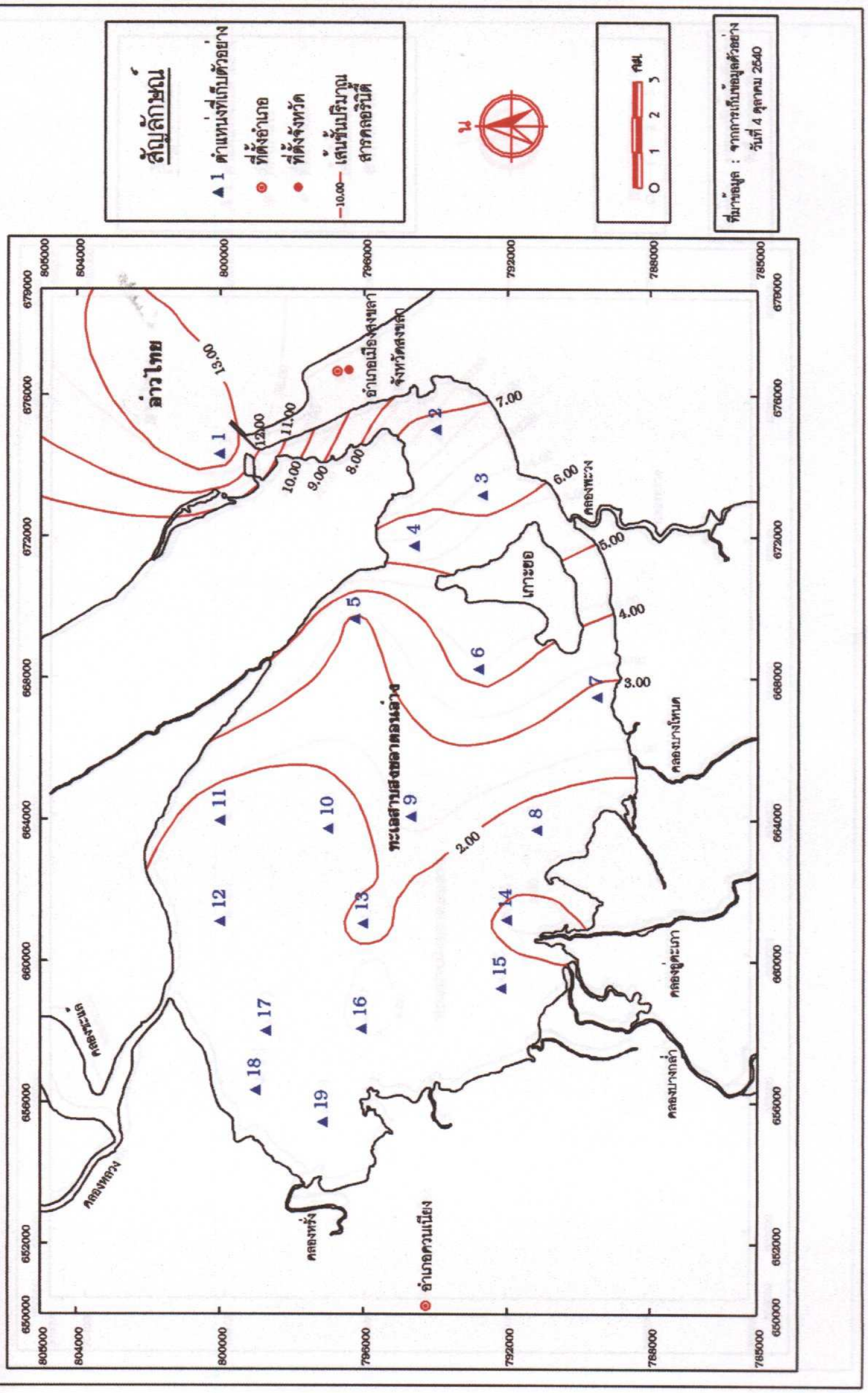
รูปที่ 22 ข แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ A ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



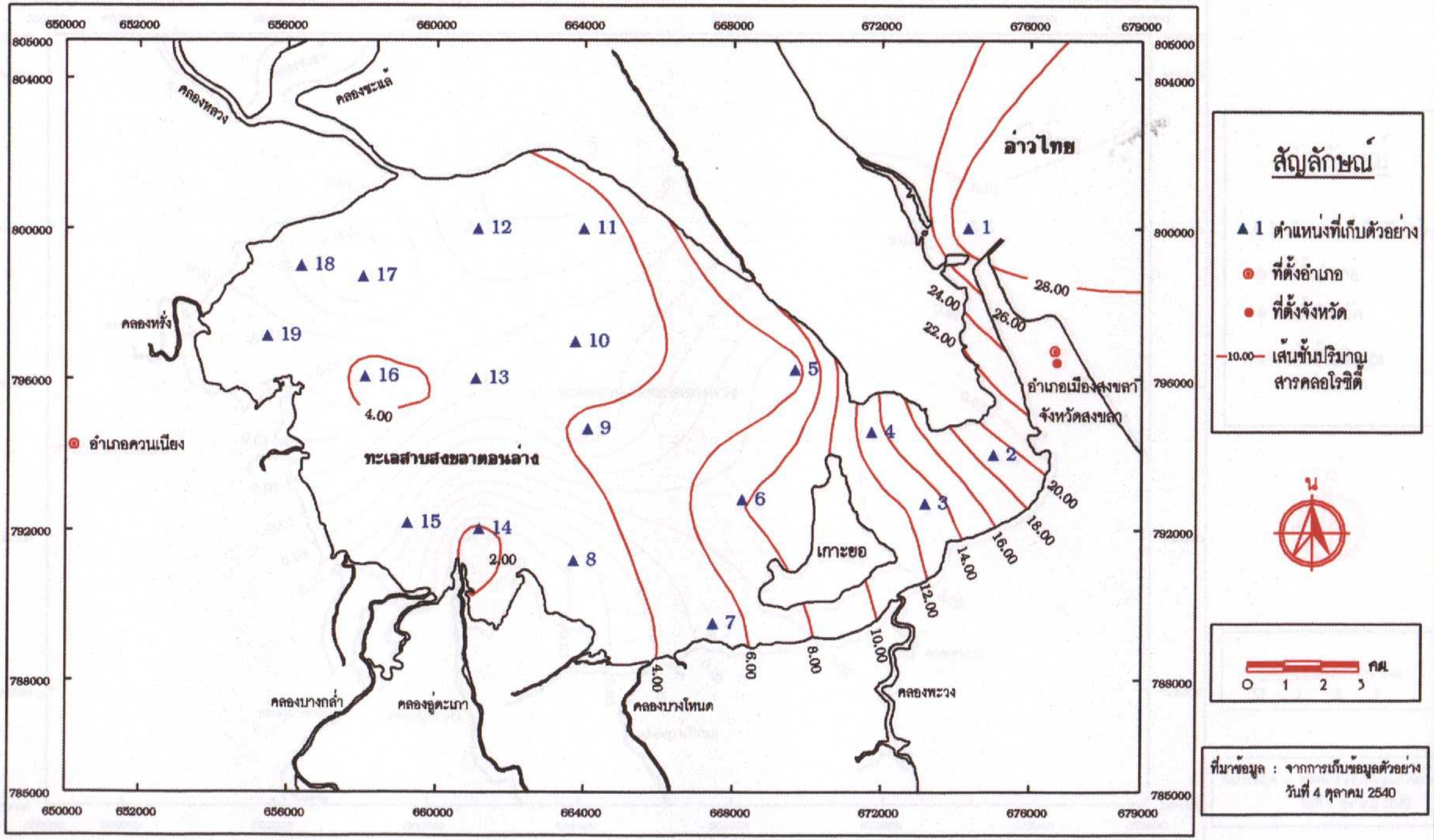
รูปที่ 22 ฉ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ B ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



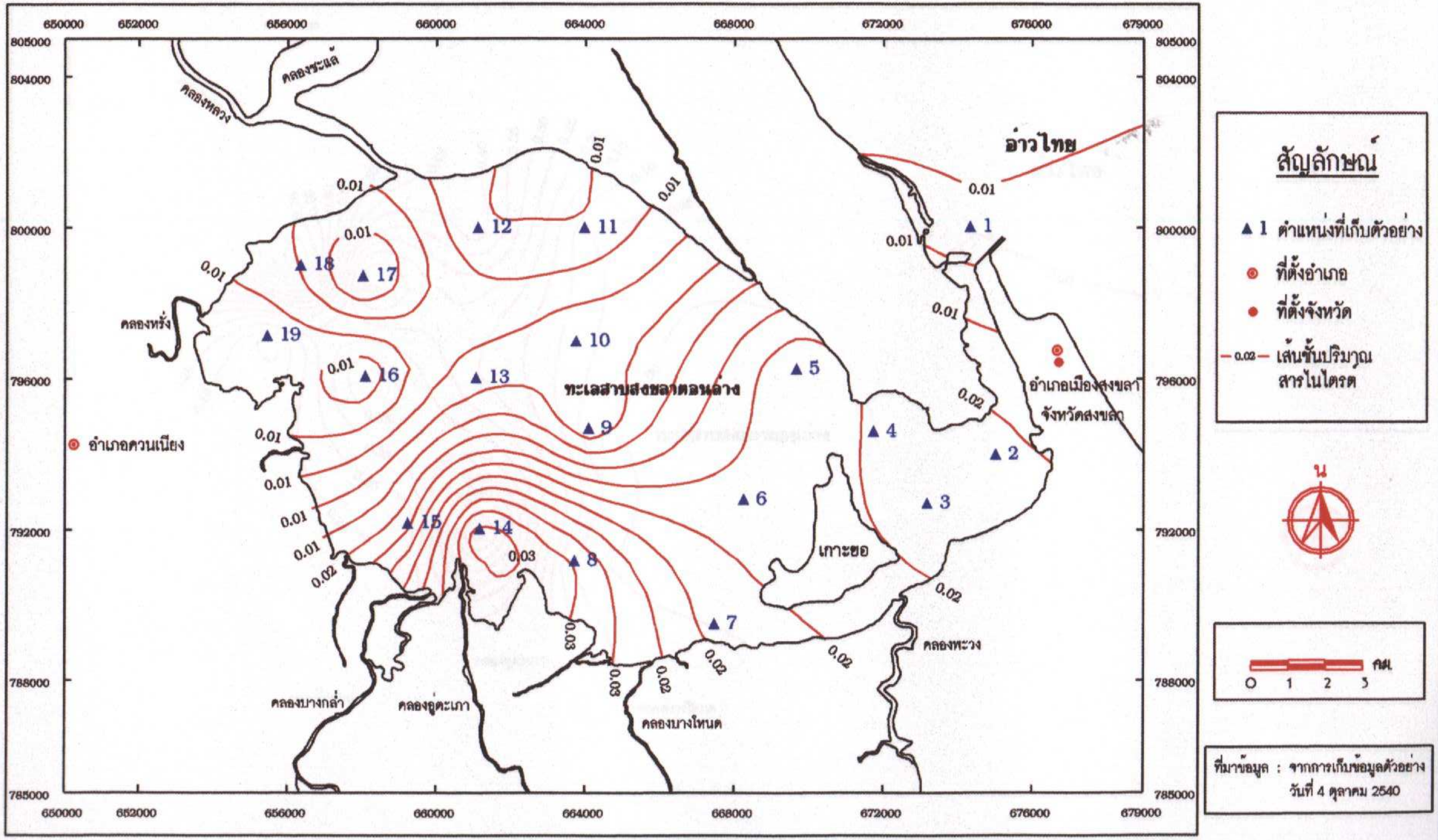
รูปที่ 22 ญ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ C ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



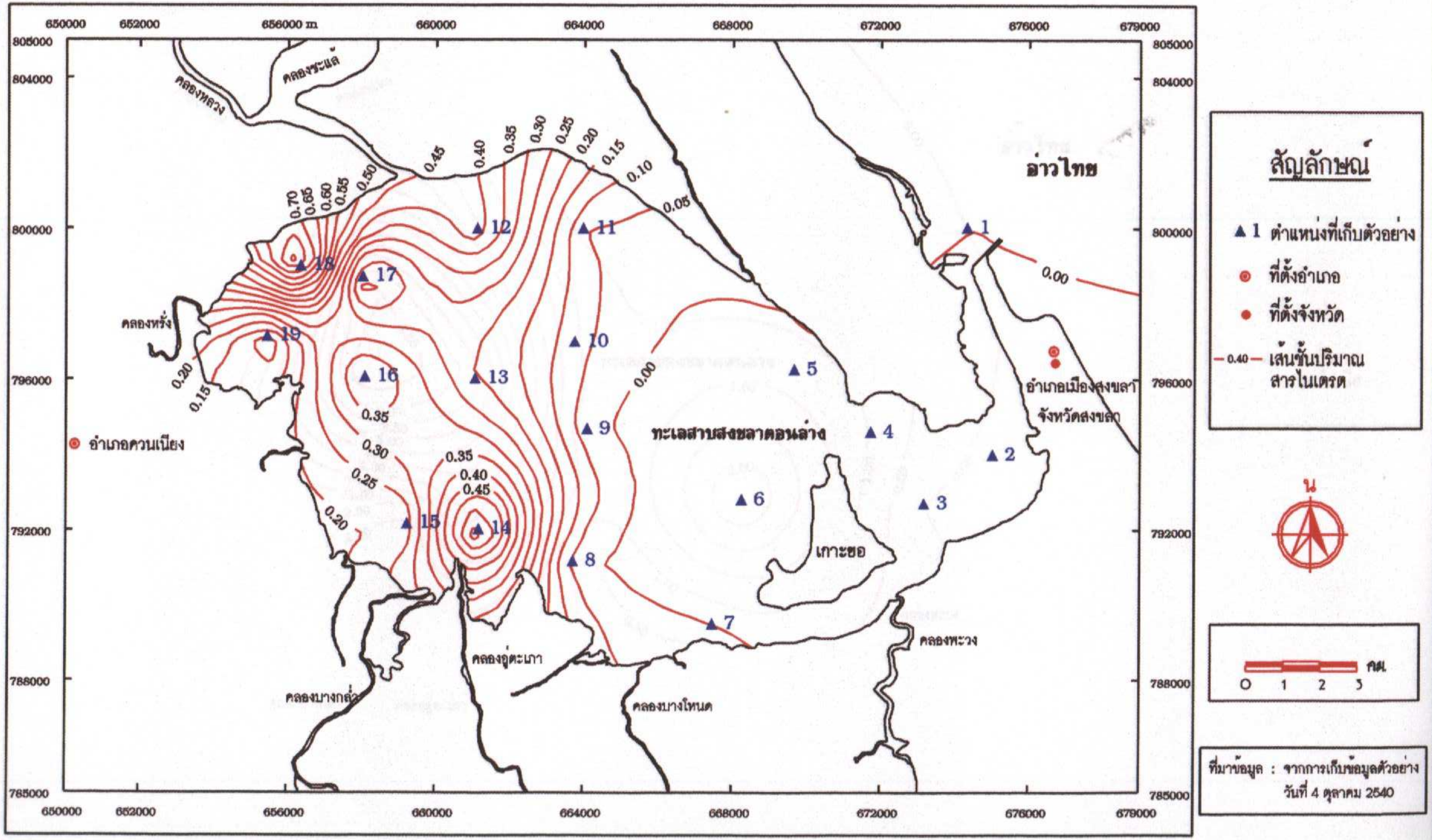
รูปที่ 22 ฎ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณคลอรินิตี้ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



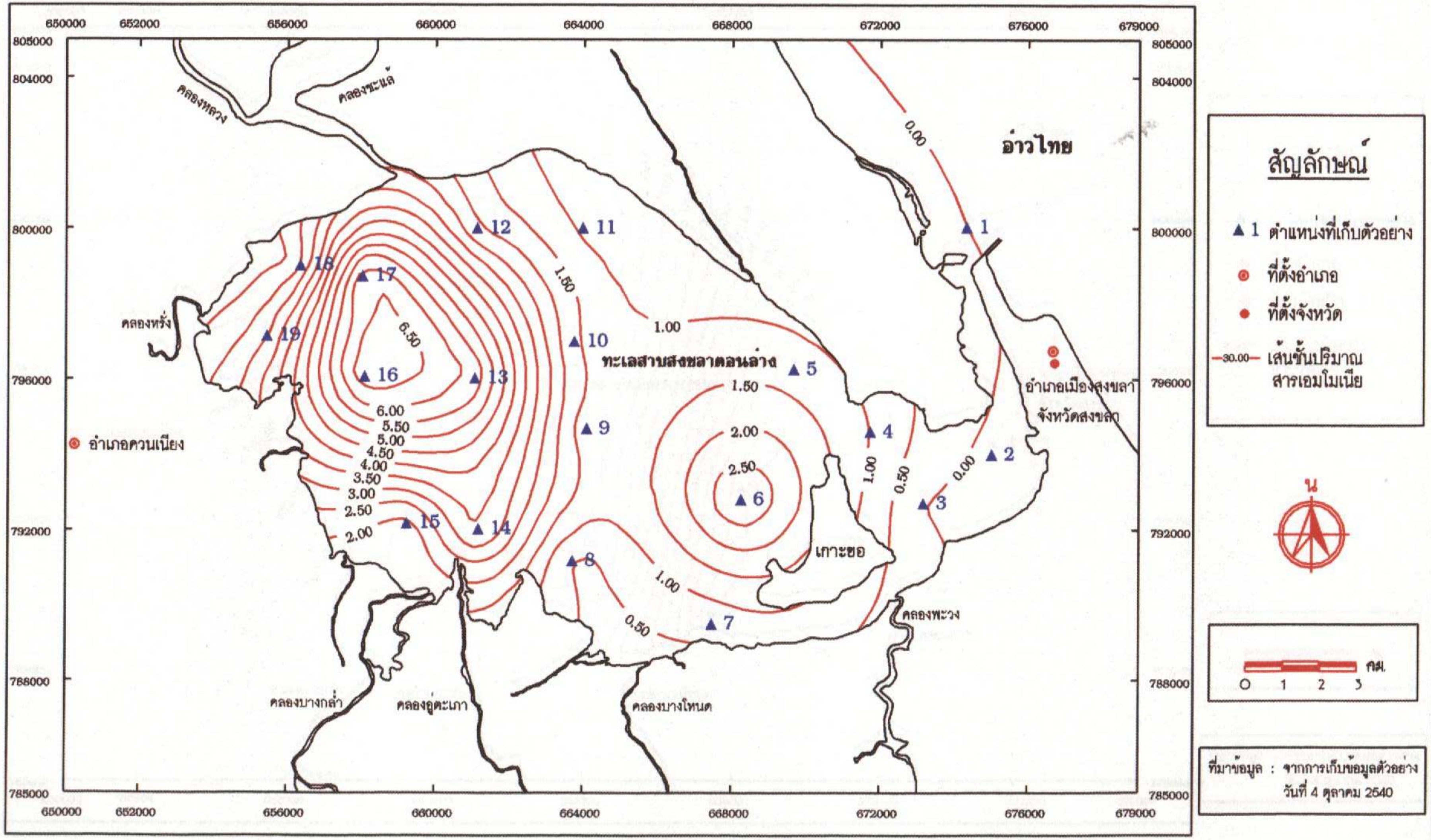
รูปที่ ๒๒ ฏ แผนที่แสดงเส้นชั้นคลอไรซิดีในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



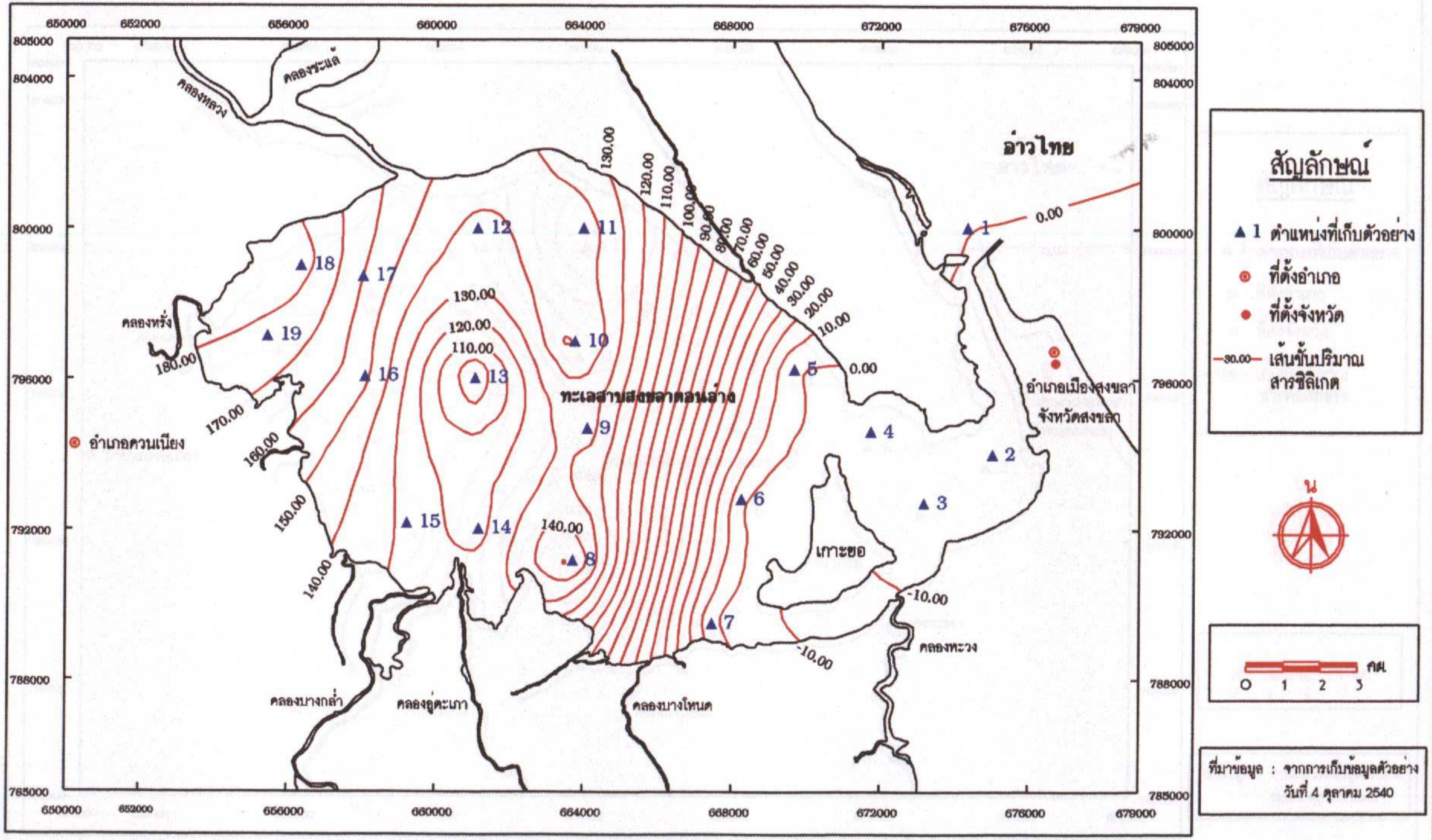
รูปที่ 22 ฏ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณสารไนไตรต์ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



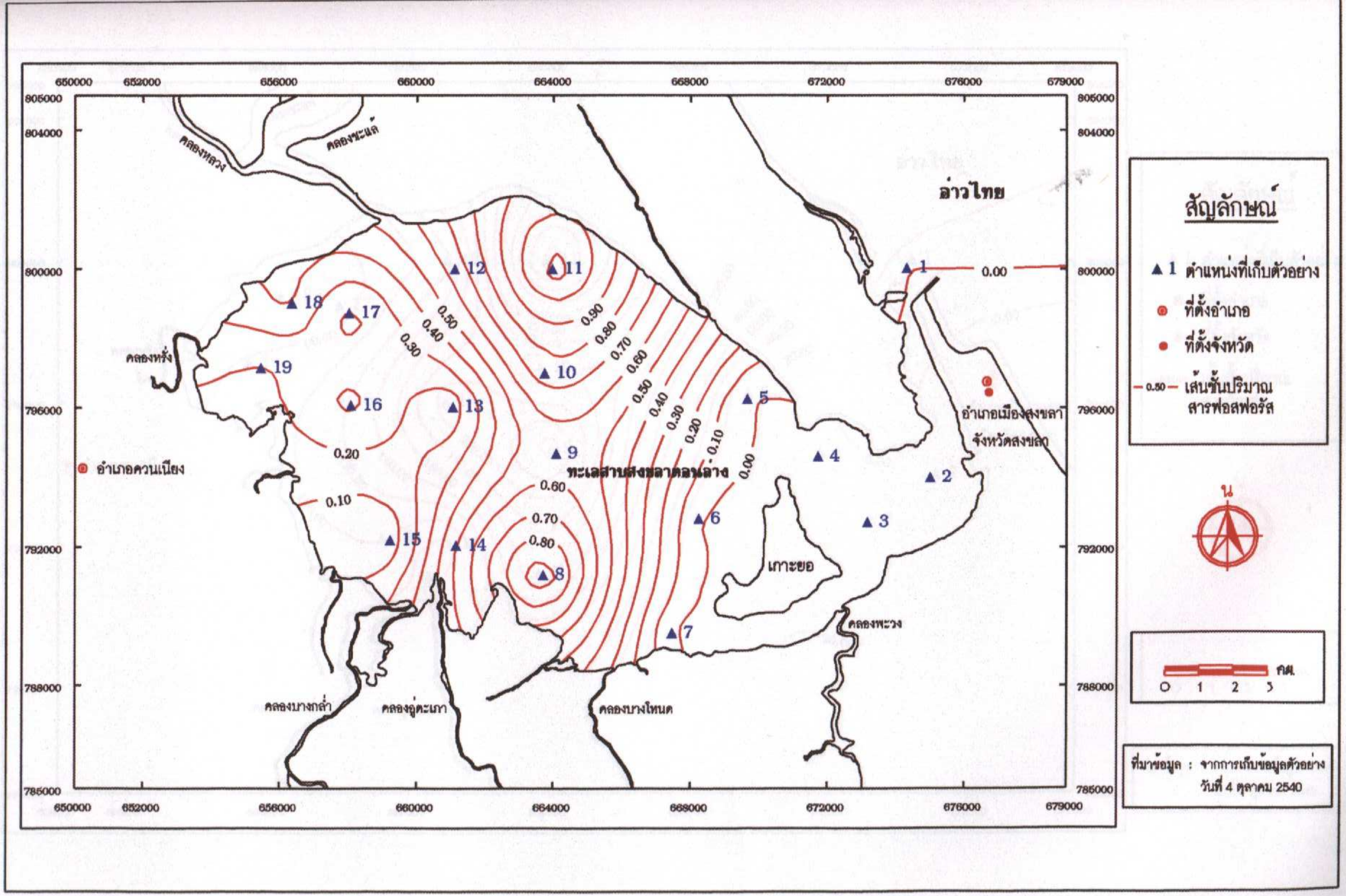
รูปที่ 22 ฑ แผนที่แสดงเส้นชั้นสารไนเตรตในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



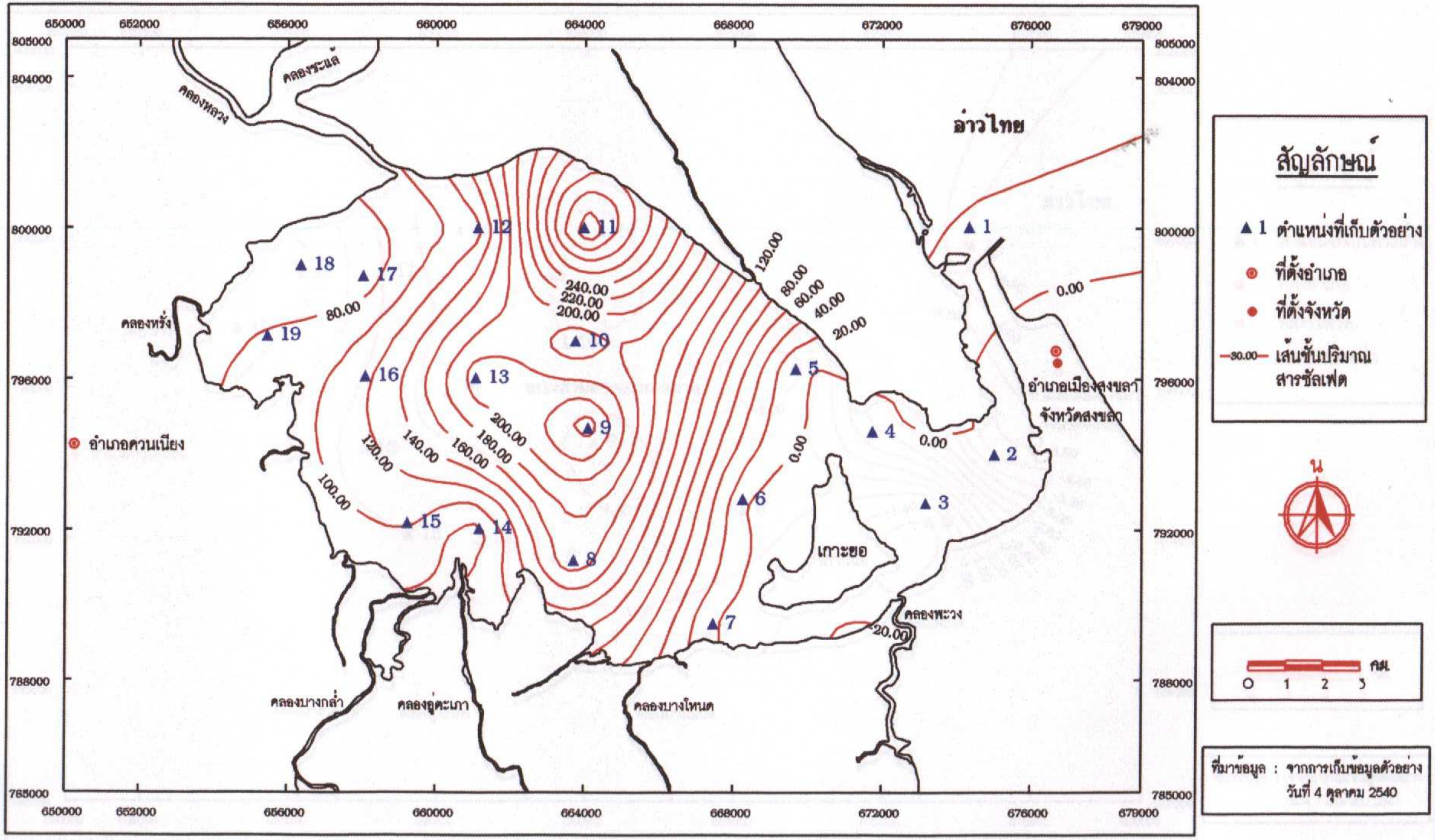
รูปที่ 22 ณ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณสารแอมโมเนียในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



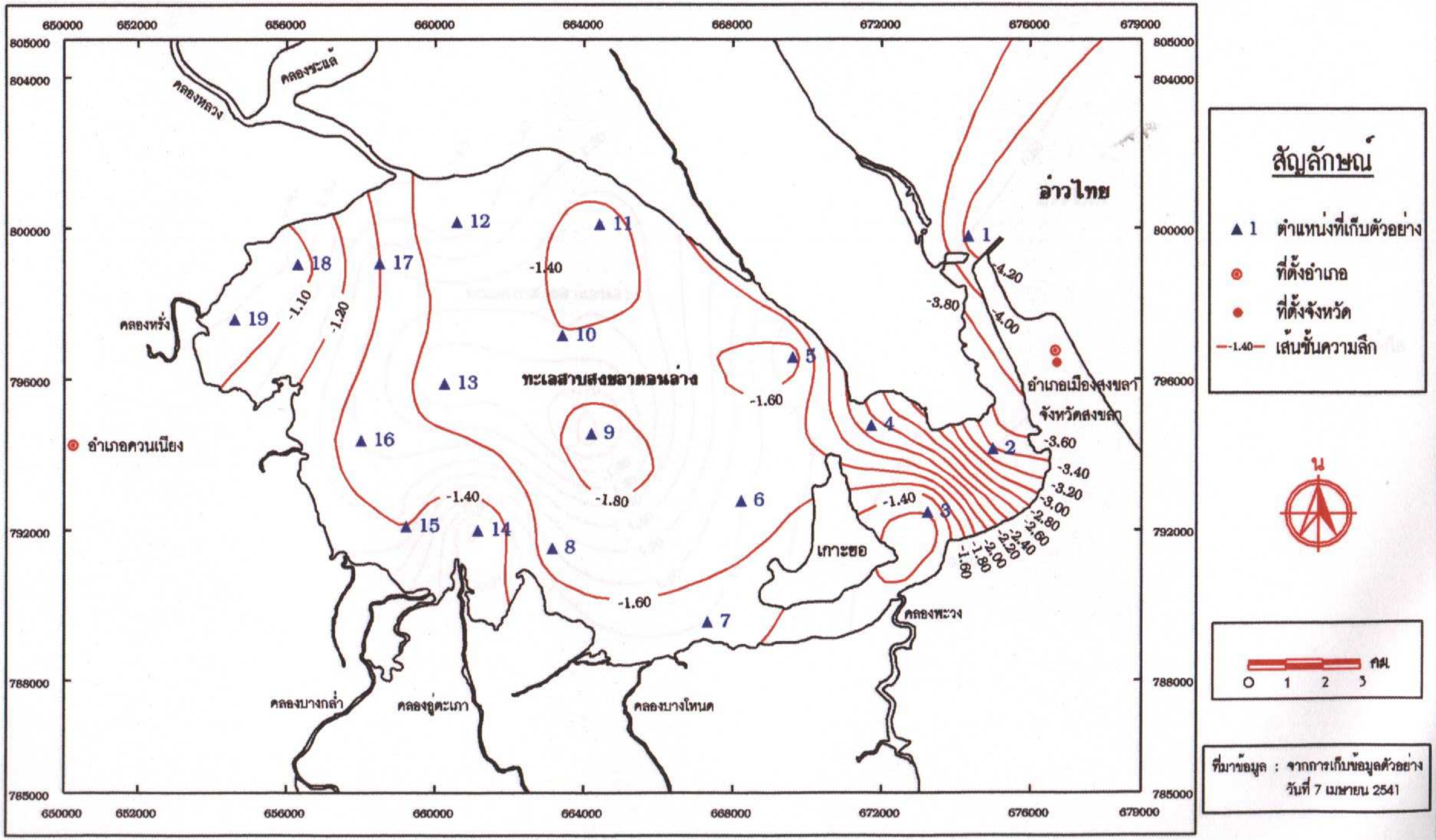
รูปที่ 22 ฌ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณซิลิเกตในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



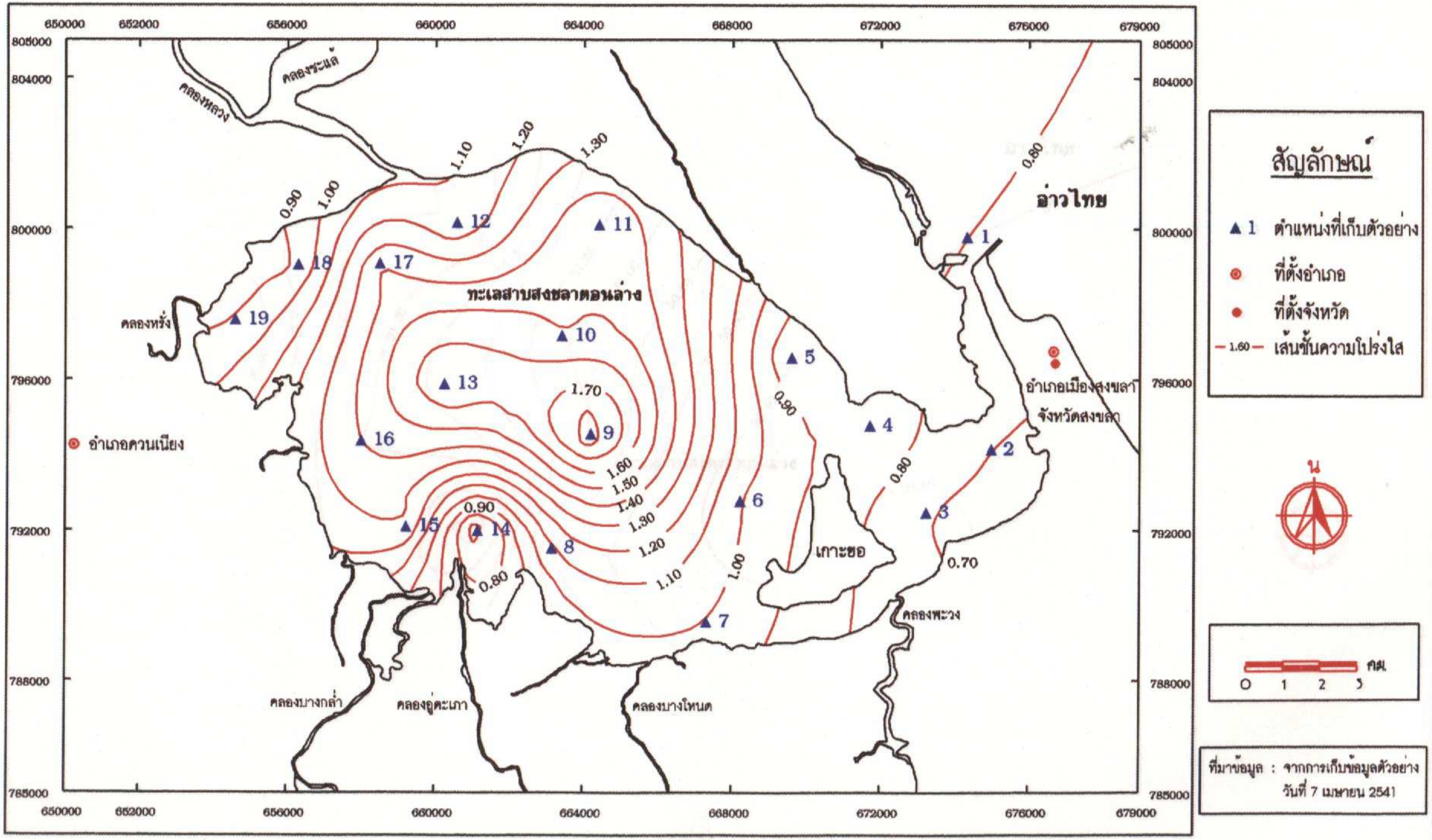
รูปที่ 22 ค แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540



รูปที่ 22 ฒ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณซัลเฟตในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนตุลาคม 2540

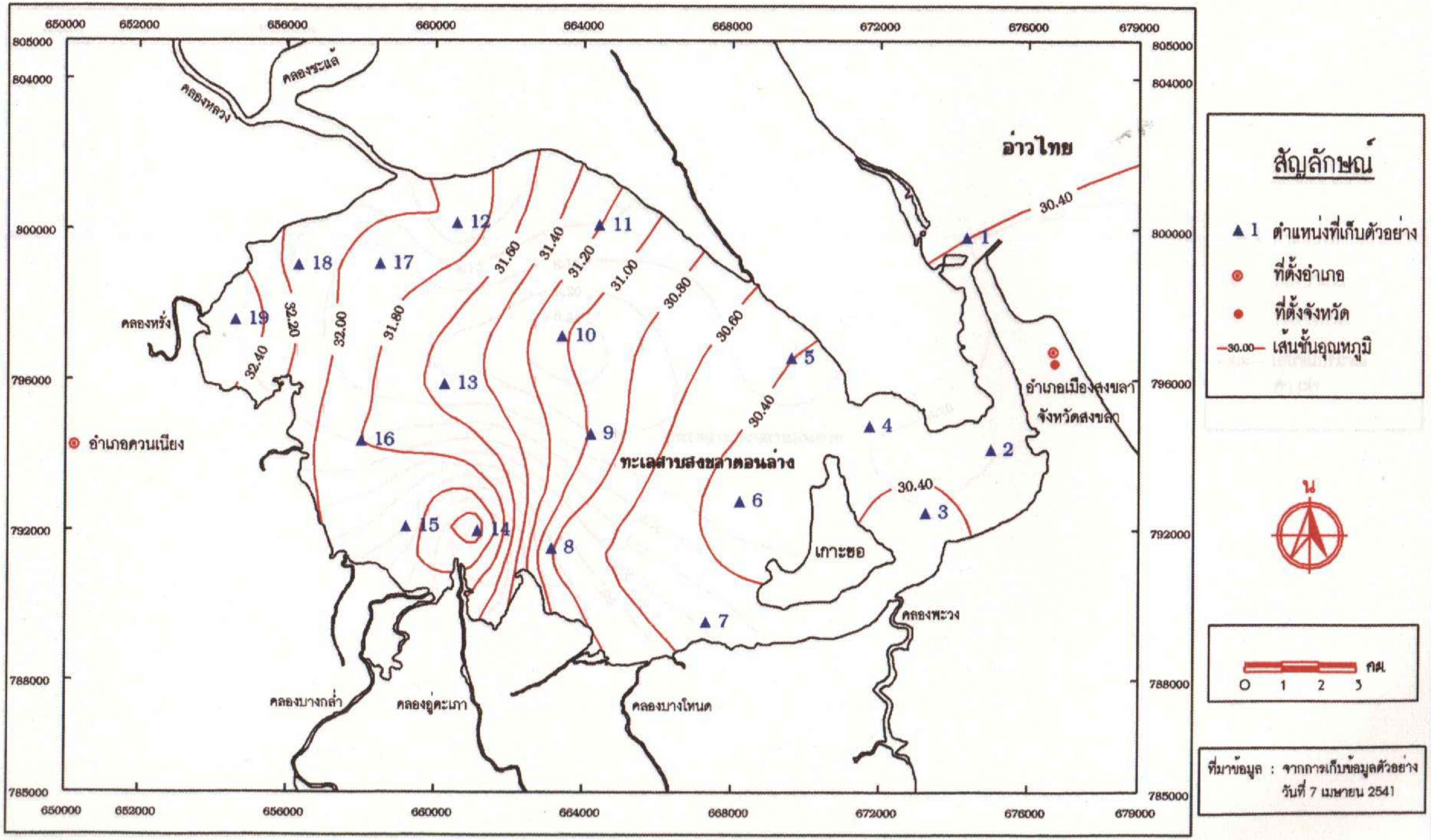


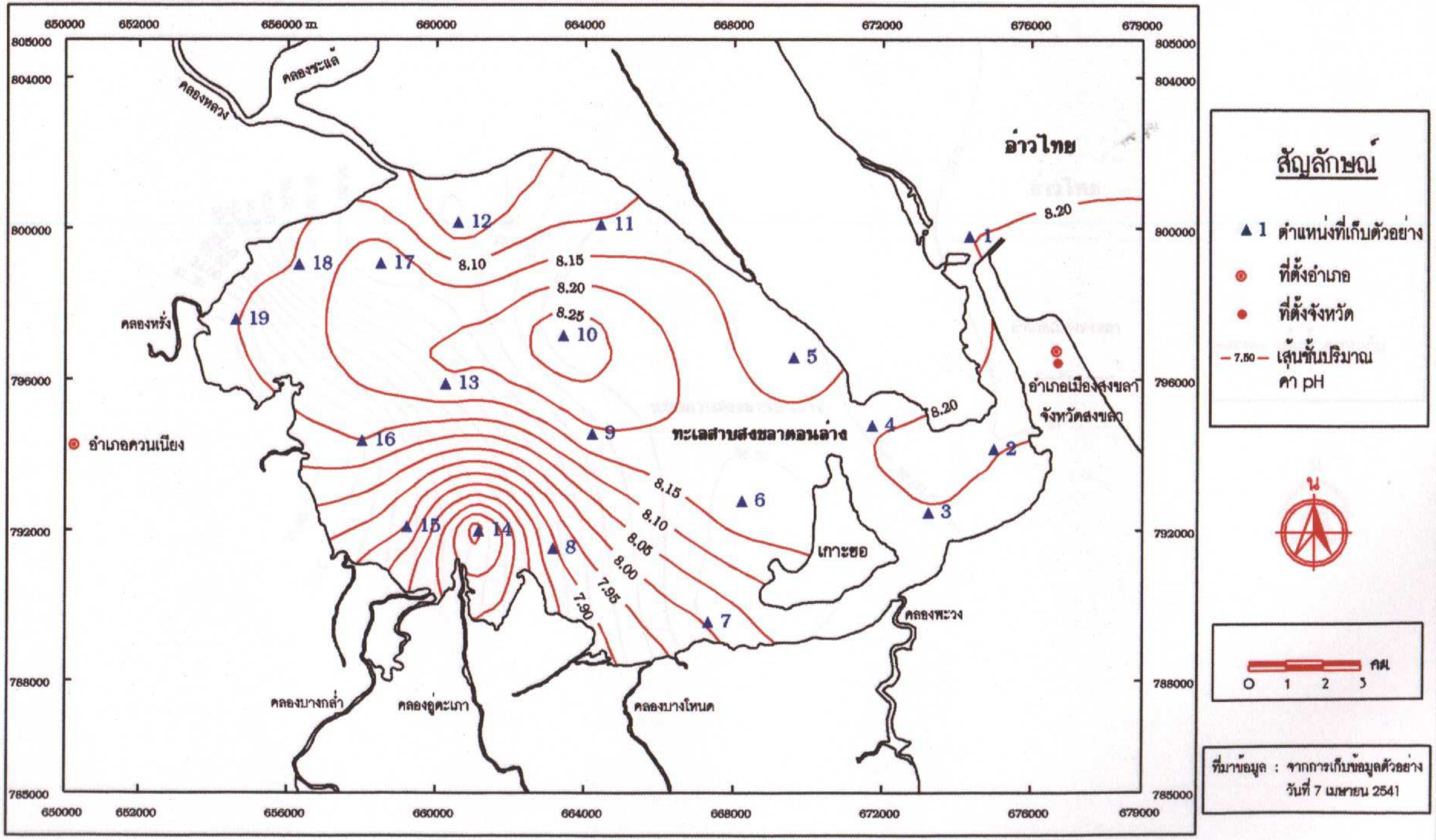
รูปที่ 23 ก แผนที่แสดงเส้นชั้นความลึกในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



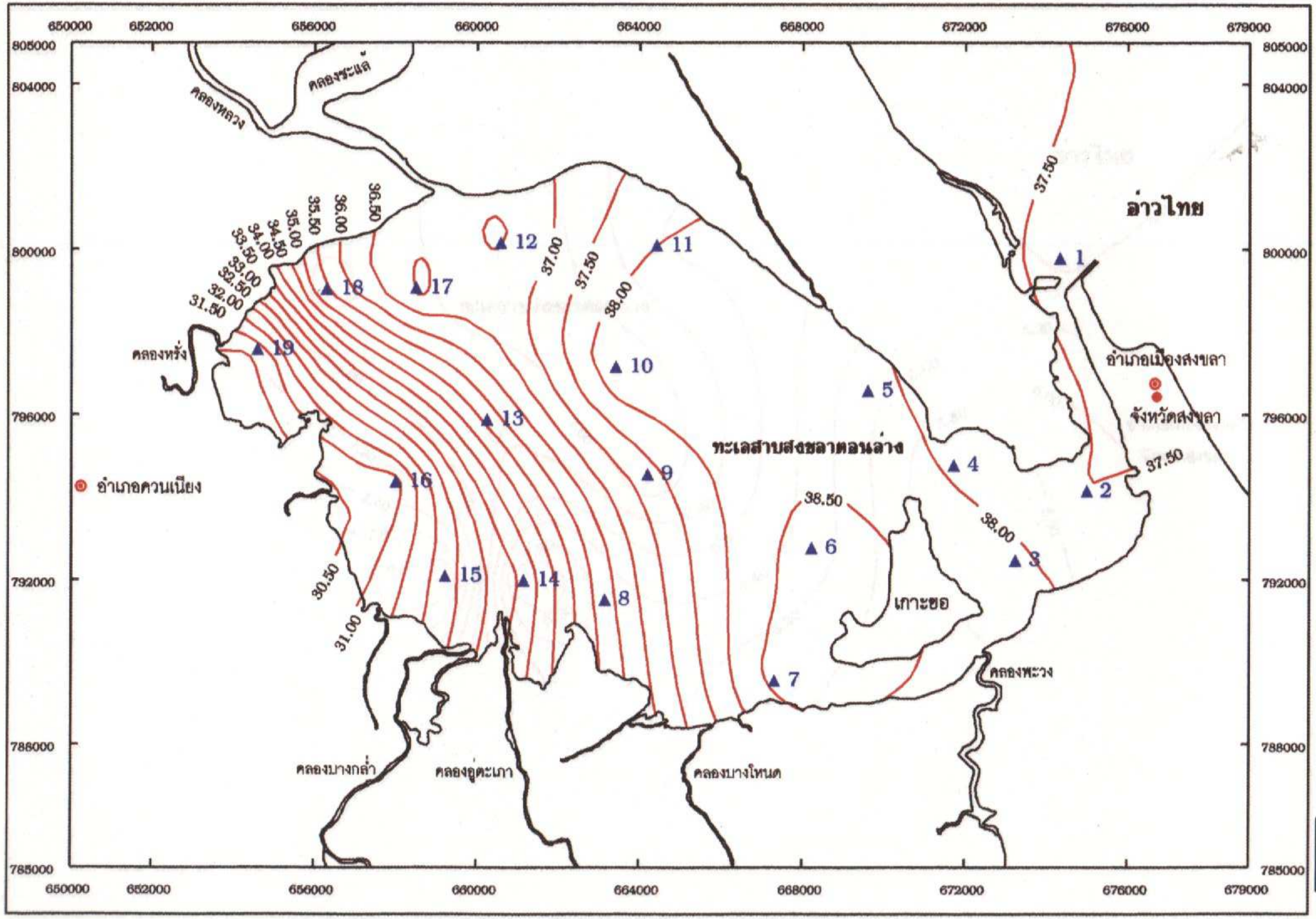
รูปที่ 23 ข แผนที่แสดงเส้นชั้นความโปร่งใสในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541

รูปที่ 23 ค แผนที่แสดงเส้นชั้นอุณหภูมิในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541

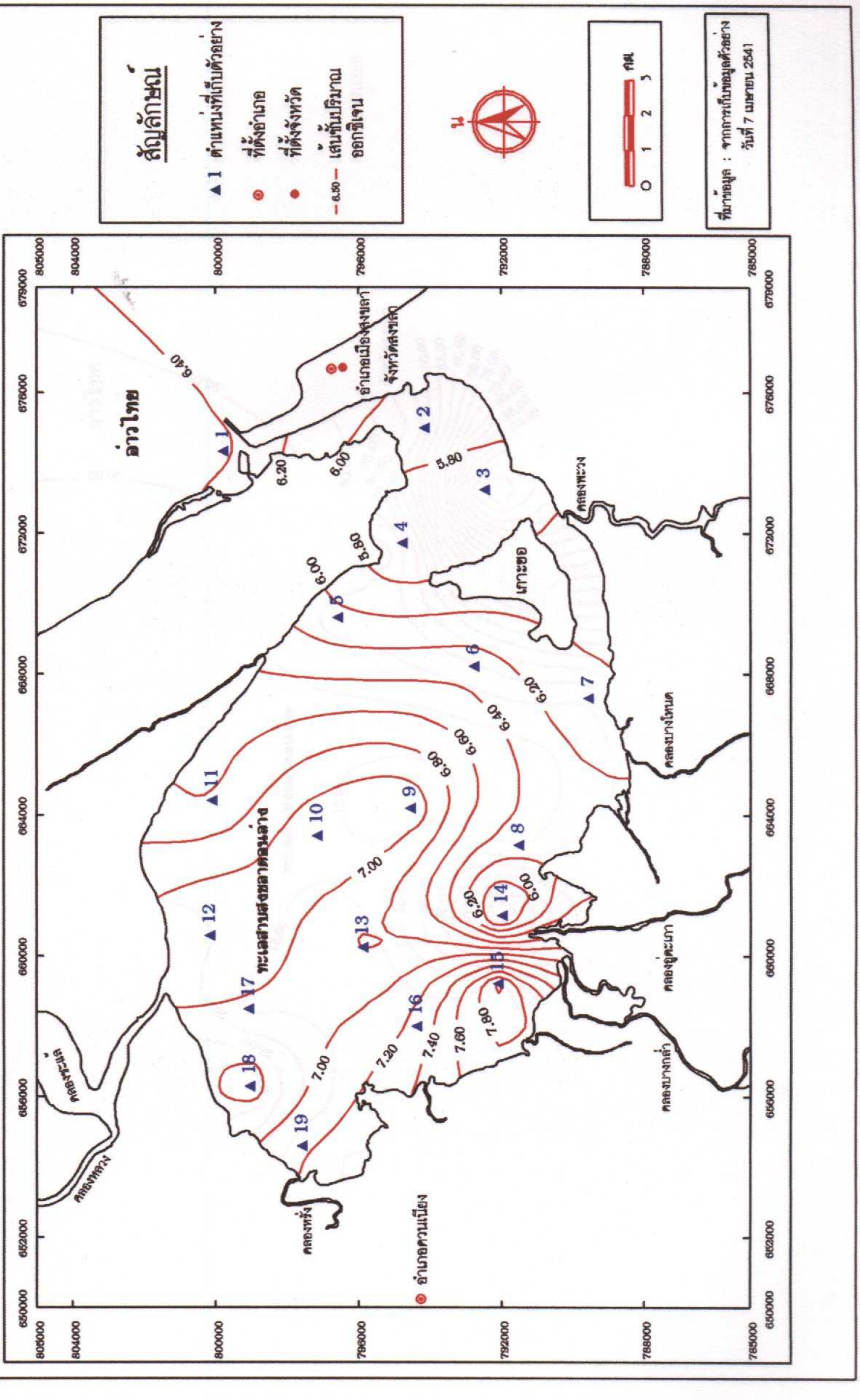




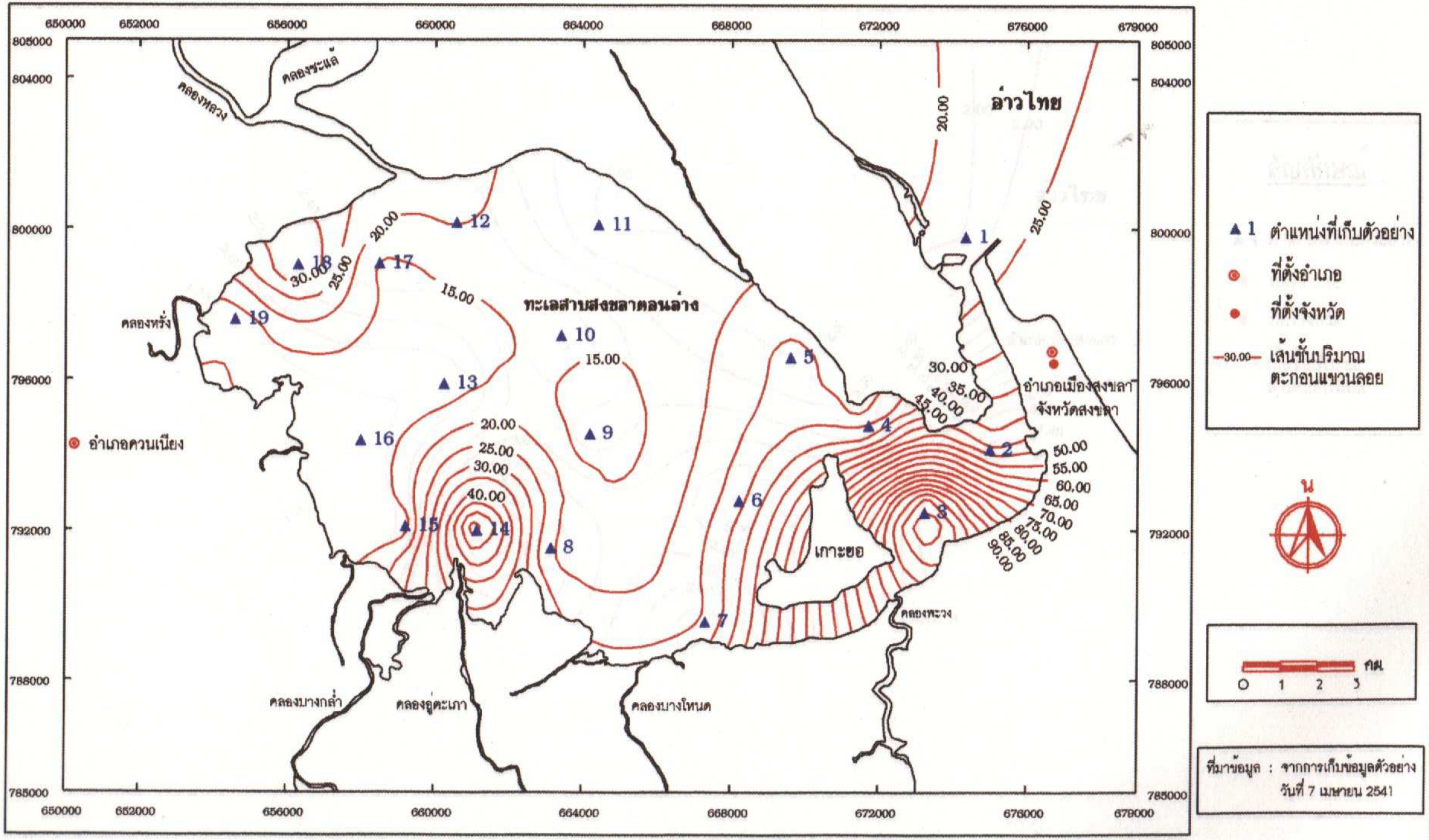
รูปที่ 23 ง แผนที่แสดงเส้นชั้นความเป็นกรดเป็นด่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



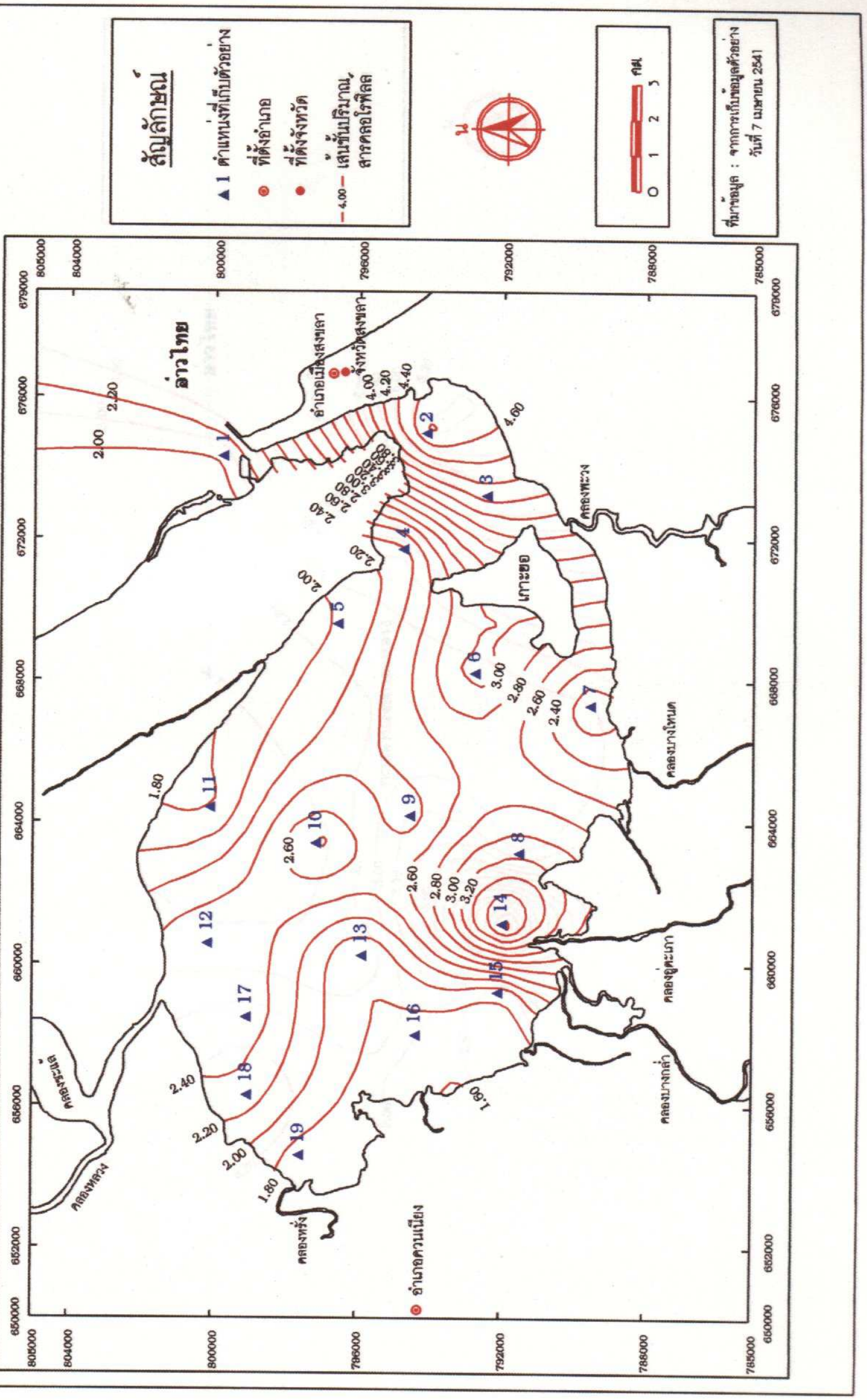
รูปที่ 23 จ แผนที่แสดงเส้นชั้นความเค็มในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



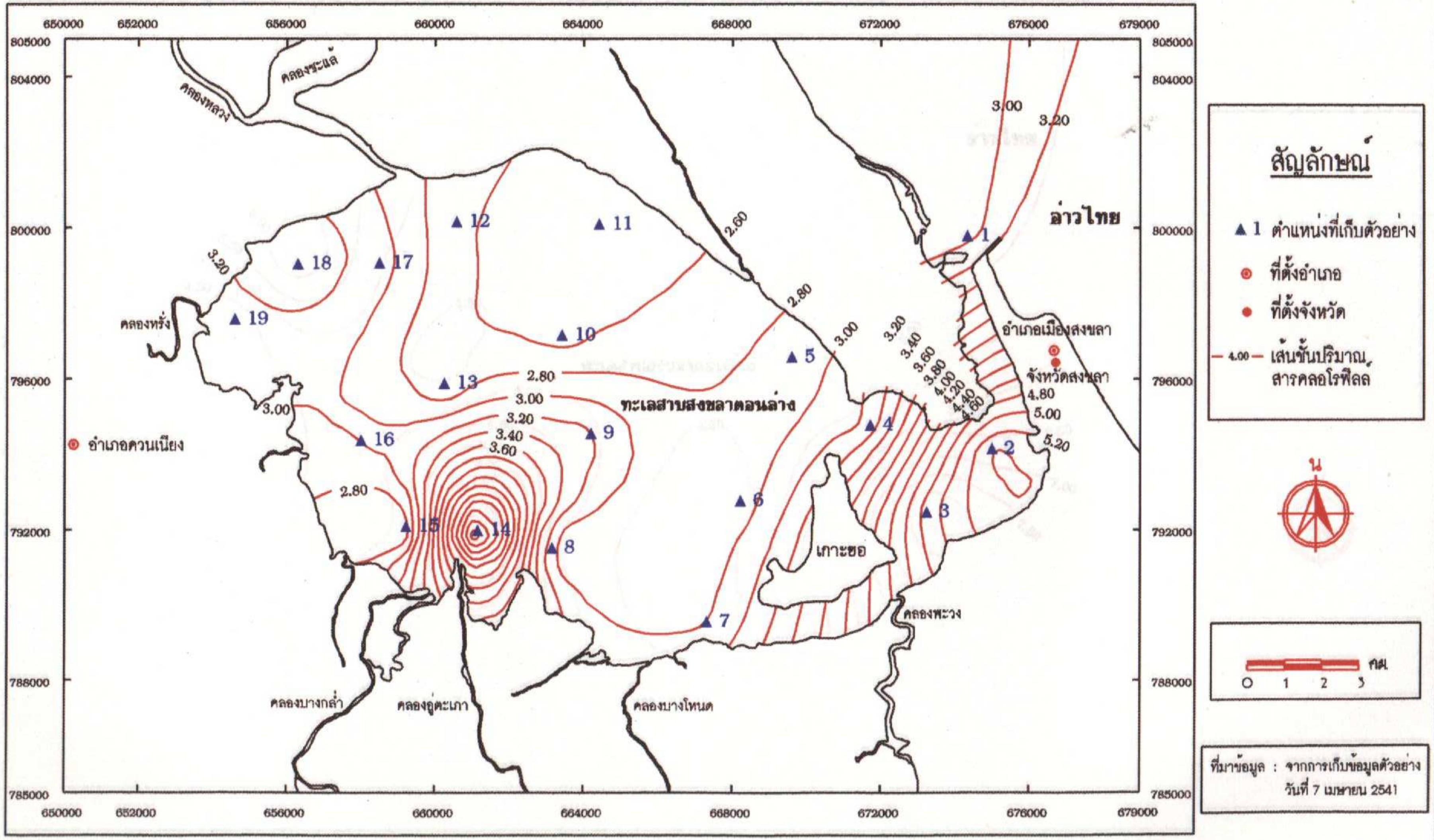
รูปที่ 23 ฉ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณออกซิเจนละลายในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



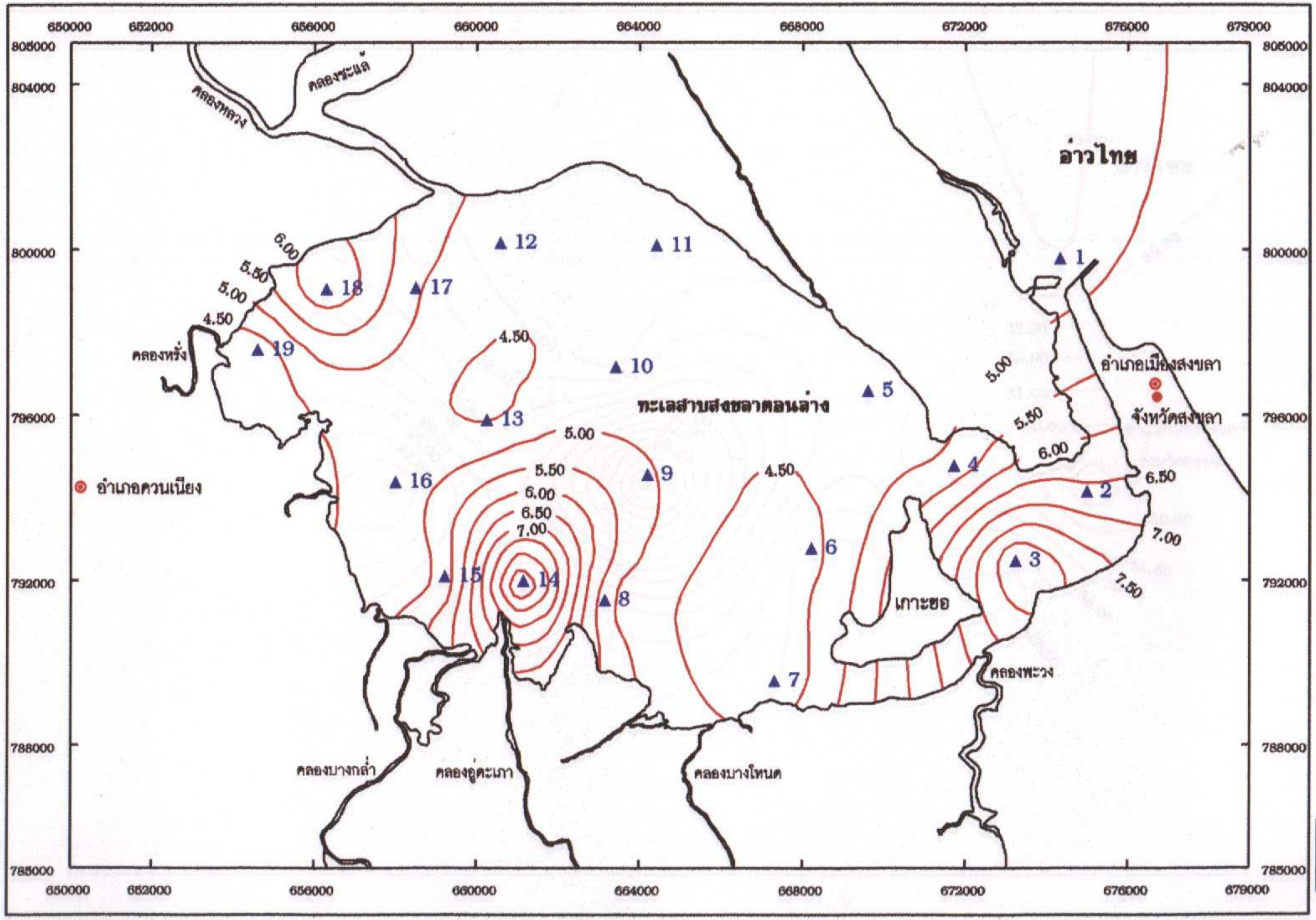
รูปที่ 23 ฯ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



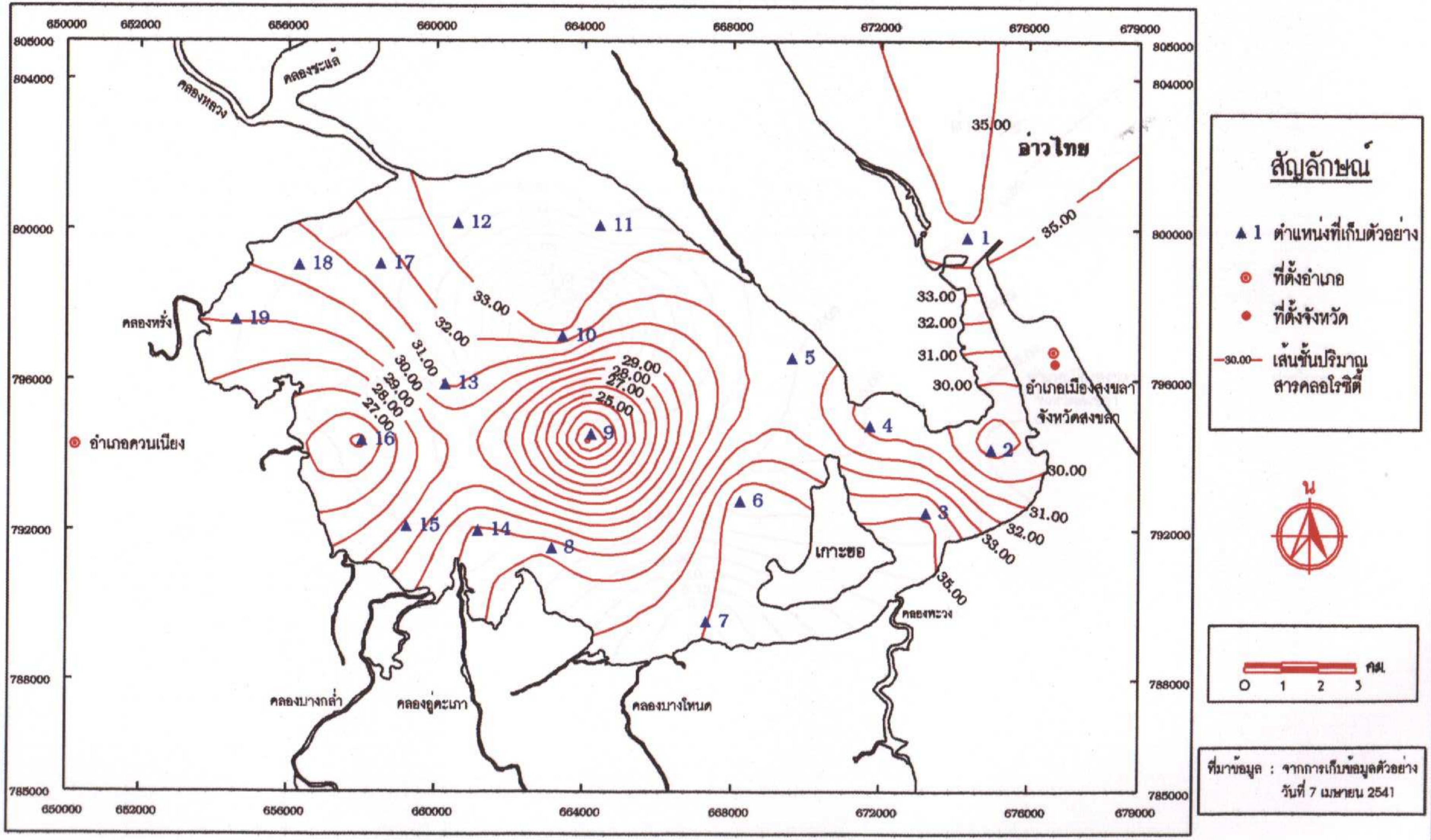
รูปที่ 23 ซ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ A ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



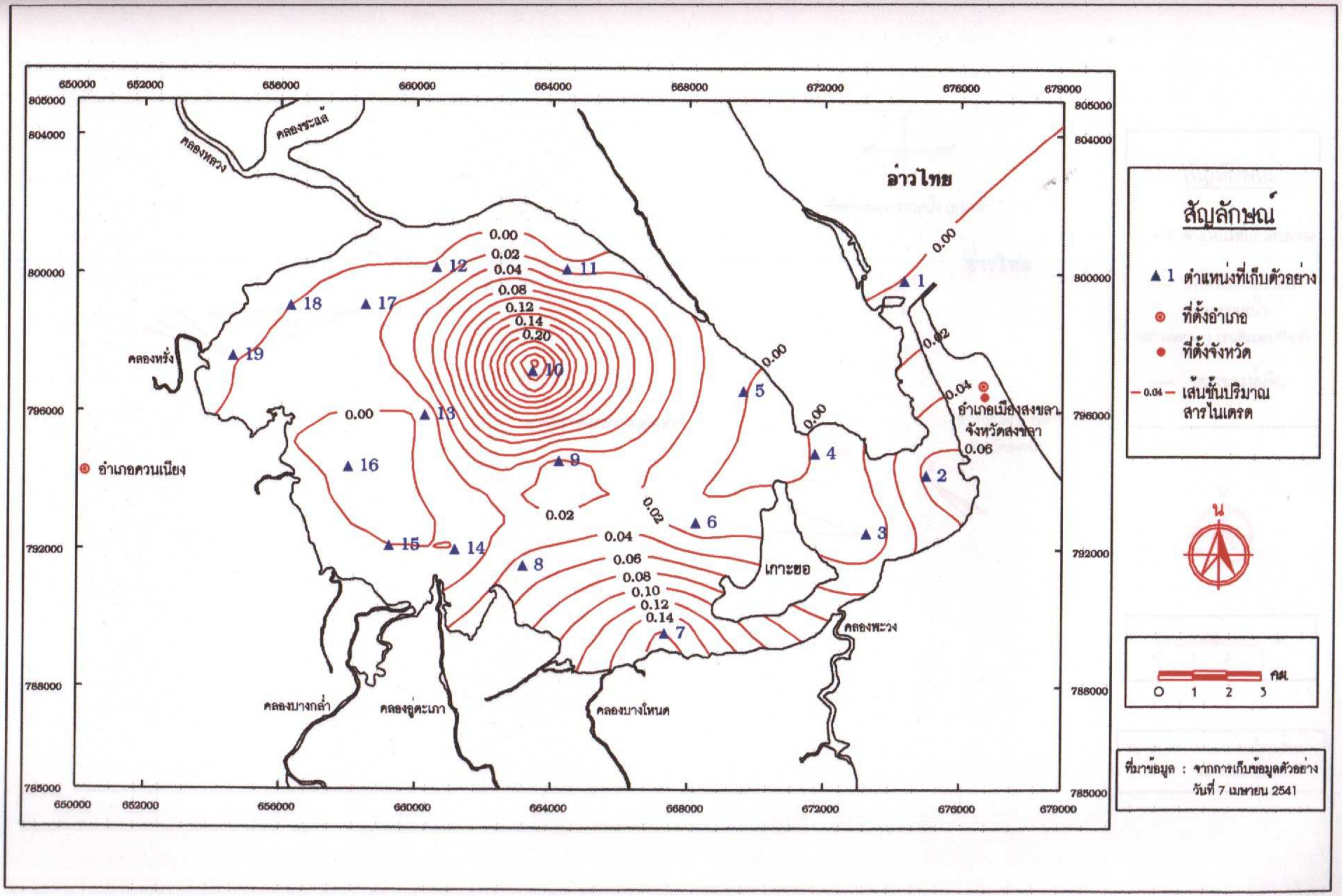
รูปที่ 23 ฌ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ B ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



รูปที่ 23 ญ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ C ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541

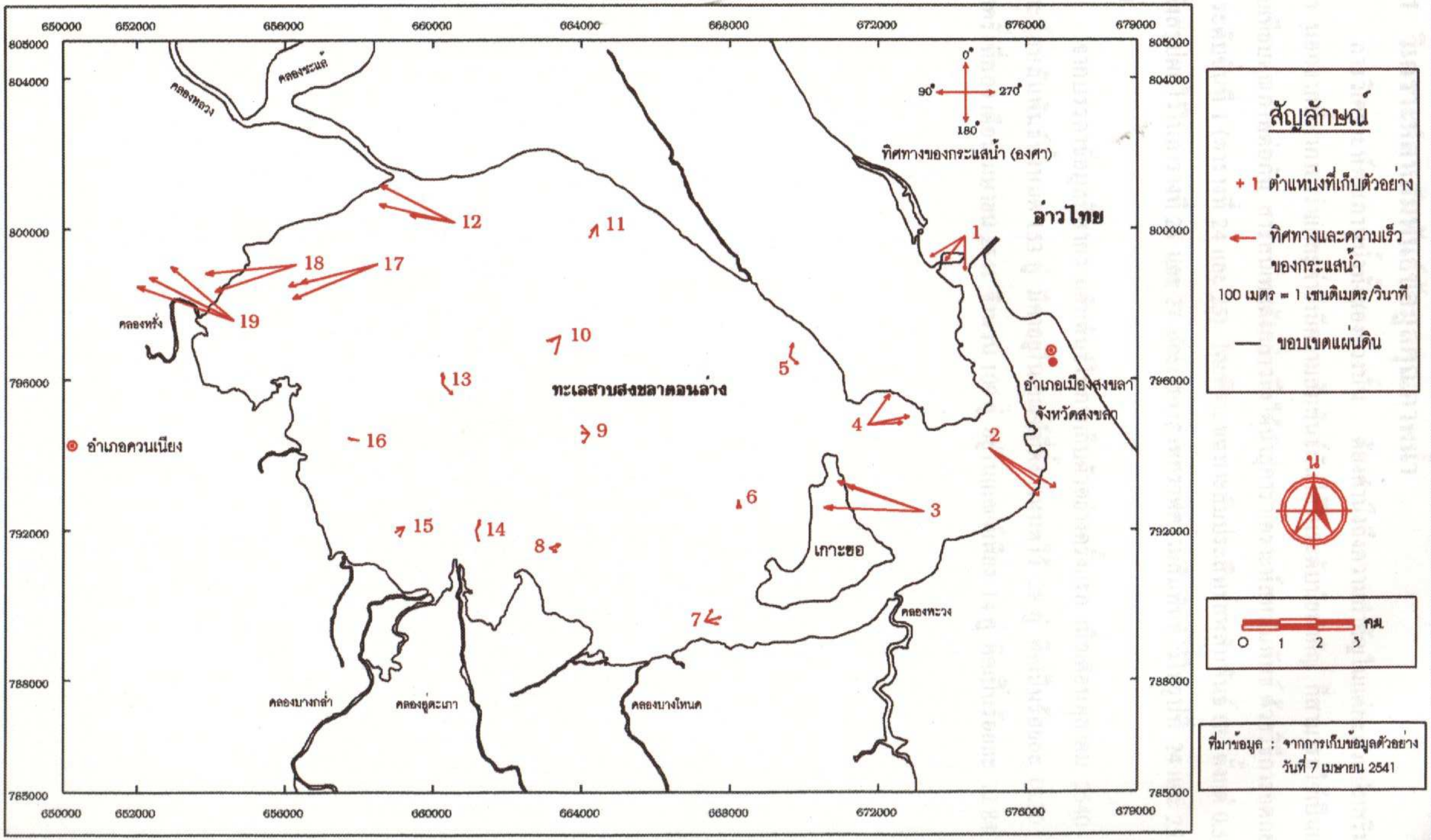


รูปที่ 23 แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณสารคลอโรซิตี้ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541



รูปที่ 23 ฎ แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณสารไนเตรตในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เดือนเมษายน 2541

รูปที่ 23 ข แผนที่แสดงทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง



3.11 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ข้อมูลคุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งสองช่วงนั้น ต้องคำนึงถึงความสำคัญในแต่ละตัวแปรเสริมที่ได้เก็บมา นอกจากนี้หากพบว่าแต่ละค่ายังมีความสัมพันธ์กันได้ในระดับนัยสำคัญ ก็สามารถใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบคุณภาพต่อกัน สารสนเทศดังกล่าวจึงได้นำสู่การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น ระดับขั้นที่ 1 (ตารางที่ 24 และ 25) โดยคิดเอาเฉพาะสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ดังสรุปผลไว้ในตารางที่ 26 และ 27 และแสดงภาพกราฟความสัมพันธ์ไว้ในรูปที่ 24 และ 25 ตามลำดับ

จากบรรดาข้อมูลที่หาความสัมพันธ์ในการเก็บตัวอย่างครั้งแรก เมื่อเดือนตุลาคม 2540 นำมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทั้งหมด 153 คู่ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งกำหนดไว้ 28 คู่ คิดเป็นร้อยละ 18.30 ส่วนข้อมูลครั้งที่สอง เดือนเมษายน 2541 จำนวน 109 คู่ อยู่ในเกณฑ์เพียง 14 คู่ คิดเป็นร้อยละ 12.84

ตารางที่ 24 แสดงสหสัมพันธ์ของตัวแปรเสริมทั้งหมด เดือนตุลาคม 2540

	ความลึก	โปร่งแสง	อุณหภูมิ	กรดด่าง	ความเค็ม	ออกซิเจน	ตะกอน	คลอโร A	คลอโร B	คลอโร C	คลอรินิ	คลอโรซิตี้	ไนไตรต์	ไนเตรต	แอมโม	ซิลิเกต	ฟอสฟอรัส	ซัลเฟต
ความลึก	1.000																	
โปร่งแสง	**0.647**	1.000																
อุณหภูมิ	-0.173	-0.130	1.000															
กรดด่าง	-0.076	-0.088	0.284	1.000														
ความเค็ม	**0.737**	**0.665**	-0.389	-0.132	1.000													
ออกซิเจน	-0.198	-0.185	0.085	**0.593**	-0.420	1.000												
ตะกอน	-0.137	-0.033	-0.126	0.118	-0.032	0.310	1.000											
คลอโร A	-0.187	-0.224	-0.304	0.441	-0.219	**0.758**	0.495	1.000										
คลอโร B	-0.328	**-0.556**	-0.180	-0.070	-0.484	0.146	-0.152	0.398	1.000									
คลอโร C	-0.292	-0.366	-0.287	0.374	-0.336	**0.726**	0.454	**0.964**	**0.553**	1.000								
คลอรินิตี้	**0.765**	**0.734**	-0.265	-0.100	**0.985**	-0.422	-0.081	-0.295	**-0.545**	-0.421	1.000							
คลอโรซิตี้	**0.854**	**0.731**	-0.239	-0.100	**0.960**	-0.424	-0.097	-0.317	-0.550	-0.452	**0.978**	1.000						
ไนไตรต์	-0.021	-0.229	-0.410	0.181	0.089	0.321	0.157	**0.563**	0.331	0.499	-0.011	-0.018	1.000					
ไนเตรต	-0.255	-0.102	**0.521**	0.001	-0.461	0.107	-0.287	-0.101	0.274	-0.049	-0.410	-0.377	-0.058	1.000				
แอมโมเนีย	-0.269	0.045	0.461	-0.076	**-0.511**	0.096	-0.074	-0.192	0.025	-0.189	-0.422	-0.404	-0.191	0.349	1.000			
ซิลิเกต	-0.442	-0.286	0.481	0.183	**-0.745**	0.462	0.000	0.263	0.372	0.381	**-0.701**	**-0.684**	-0.337	0.497	0.386	1.000		
ฟอสเฟต	-0.274	-0.303	-0.070	0.107	-0.458	0.299	0.022	0.491	**0.734**	**0.616**	-0.480	-0.477	-0.114	0.219	-0.068	**0.662**	1.000	
ซัลเฟต	-0.238	-0.180	0.051	0.056	-0.494	0.388	0.026	0.319	0.426	0.419	-0.460	-0.472	-0.366	0.049	0.139	**0.639**	**0.784**	1.000

ตารางที่ 25 แสดงสหสัมพันธ์ของตัวแปรเสริม เดือนเมษายน 2541

	ความลึก	โปร่งแสง	อุณหภูมิ	กรด-ด่าง	ความเค็ม	ออกซิเจน	ตะกอน	คลอโร A	คลอโร B	คลอโร C	คลอรินิตี้	คลอโรซิตี้	ไนไตรต์	ไนเตรต	แอมโมเนีย	ซิลิเกต	ฟอสฟอรัส	ซัลเฟต
ความลึก	1.000																	
โปร่งแสง	-0.163	1.000																
อุณหภูมิ	**-0.553**	0.173	1.000															
กรด-ด่าง	0.304	0.311	-0.448	1.000														
ความเค็ม	0.318	-0.040	**-0.754**	0.441	1.000													
ออกซิเจน	-0.216	**0.663**	0.549	0.085	-0.472	1.000												
ตะกอน	-0.133	**-0.586**	-0.206	-0.102	0.220	**-0.600**	1.000											
คลอโร A	0.163	-0.494	-0.273	-0.120	0.287	**-0.557**	**0.681**	1.000										
คลอโร B	0.073	**-0.590**	-0.023	-0.312	-0.025	**-0.609**	**0.733**	**0.808**	1.000									
คลอโร C	-0.151	-0.498	0.122	-0.411	-0.028	-0.494	**0.824**	**0.703**	**0.881**	1.000								
คลอรินิตี้	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1.000							
คลอโรซิตี้	0.021	-0.473	-0.260	-0.079	0.430	-0.391	0.325	0.179	-0.051	0.056	#DIV/0!	1.000						
ไนไตรต์	0.124	0.135	-0.234	0.106	0.230	-0.074	-0.156	-0.154	-0.097	-0.201	#DIV/0!	-0.426	1.000					
ไนเตรต	0.182	-0.091	-0.320	-0.083	0.298	-0.189	-0.106	-0.141	-0.175	-0.277	#DIV/0!	0.342	-0.031	1.000				
แอมโมเนีย	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1.000			
ซิลิเกต	-0.044	-0.271	-0.387	0.011	0.301	-0.378	-0.007	-0.207	-0.110	-0.172	#DIV/0!	0.151	0.496	0.181	#DIV/0!	1.000		
ฟอสฟอรัส	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1.000	
ซัลเฟต	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1.000

ตารางที่ 26 สหสัมพันธ์ของค่าตัวแปรเสริมของคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา เดือนตุลาคม พ.ศ. 2540

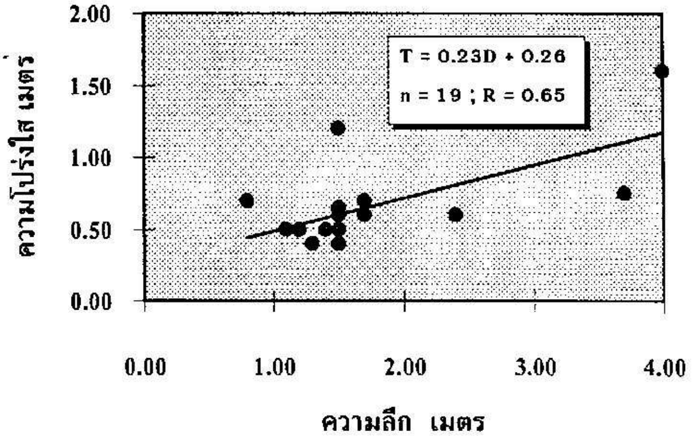
ลำดับ	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	สมการ
1	ความลึก	ความโปร่งใส	0.647	T = 0.23D + 0.26
2	ความลึก	สภาพความเค็ม	0.737	S = 5.88D - 5.42
3	ความลึก	คลอรินิตี้	0.765	Cn = 2.97D - 1.89
4	ความลึก	คลอโรซิตี้	0.854	Cc = 7.67D - 6.30
5	ความโปร่งใส	สภาพความเค็ม	0.655	S = 18.59T - 5.29
6	ความโปร่งใส	คลอโรฟีลล์ B	0.556	ChB = -3.05T + 6.08
7	ความโปร่งใส	คลอรินิตี้	0.734	Cn = 0.07T + 0.44
8	ความโปร่งใส	คลอโรซิตี้	0.731	Cc = 0.03T + 0.45
9	อุณหภูมิ	ไนเตรต	0.521	Nta = 2.00Tp + 29.9
10	ความเป็นกรดเป็นด่าง	ออกซิเจน	0.593	Do = 0.25pH + 6.56
11	สภาพความเค็ม	คลอรินิตี้	0.985	Cn = 0.485 + 0.99
12	สภาพความเค็ม	คลอโรซิตี้	0.960	Cc = 1.08S + 1.86
13	สภาพความเค็ม	แอมโมเนีย	0.511	Am = - 0.17S + 2.92
14	สภาพความเค็ม	ซิลิเกต	0.745	Si = -8.48S - 129.61
15	ออกซิเจนละลายในน้ำ	คลอโรฟีลล์ A	0.758	ChA = 14.30Do - 73.36
16	ออกซิเจนละลายในน้ำ	คลอโรฟีลล์ C	0.726	ChC = 2.26Do - 6.88
17	คลอโรฟีลล์ A	คลอโรฟีลล์ C	0.964	ChC = 0.16ChA + 4.71
18	คลอโรฟีลล์ B	คลอโรฟีลล์ C	0.553	ChC = 1.79ChB - 1.70
19	คลอโรฟีลล์ B	คลอรินิตี้	0.545	Cn = -1.09ChB + 7.65
20	คลอโรฟีลล์ A	ไนไตรต์	0.563	Nti = 0.0001ChA + 0.01
21	คลอโรฟีลล์ B	ฟอสเฟต	0.734	P = 0.17ChB - 0.39
22	คลอโรฟีลล์ C	ฟอสเฟต	0.616	P = 0.04ChC - 0.09
23	คลอรินิตี้	คลอโรซิตี้	0.978	Cc = 2.26Cn -0.40
24	คลอรินิตี้	ซิลิเกต	0.701	Si = -16.40Cn + 143.05
25	คลอโรซิตี้	ซิลิเกต	0.684	Si = -6.91Cc + 137.91
26	ซิลิเกต	ฟอสเฟต	0.662	P = 0.003Si +0.009
27	ซิลิเกต	ซัลเฟต	0.639	Sul = 0.85Si + 15.67
28	ฟอสเฟต	ซัลเฟต	0.784	Sul = 210.44P + 28.35

ตารางที่ 27 สหสัมพันธ์ของค่าตัวแปรเสริมของคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา เดือนเมษายน พ.ศ. 2541

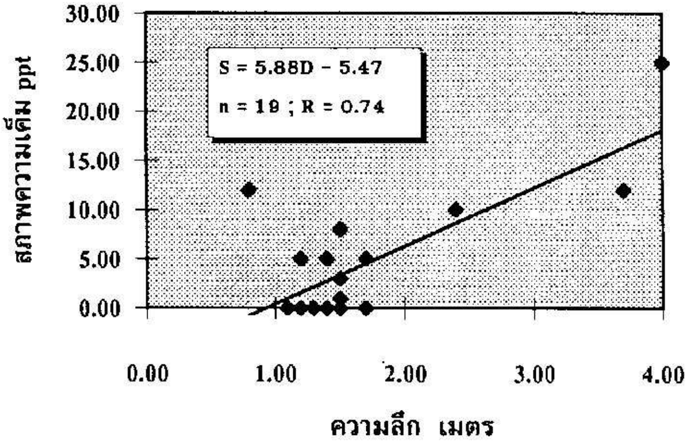
ลำดับ	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	สมการ
1	อุณหภูมิ	ความลึก	0.553	T = -0.52D + 32.12
2	ออกซิเจนละลายในน้ำ	ความโปร่งใส	0.662	Do = 1.22T + 5.24
3	ตะกอนแขวนลอยในน้ำ	ความโปร่งใส	0.586	Tss = - 41.07 + 73.78
4	คลอโรฟีลล์ B	ความโปร่งใส	0.589	ChB = - 1.57T + 5.04
5	สภาพความเค็ม	อุณหภูมิ	0.754	S = -2.45 Tp + 112.64
6	ออกซิเจน	อุณหภูมิ	0.549	Do = 0.46Tp - 7.86
7	ตะกอนแขวนลอยในน้ำ	ออกซิเจนละลายในน้ำ	0.600	Tss = - 22.87Do + 178.84
8	คลอโรฟีลล์ A	ออกซิเจนละลายในน้ำ	0.557	ChA = - 0.75Do + 7.52
9	คลอโรฟีลล์ B	ตะกอนแขวนลอยในน้ำ	0.609	ChB = - 0.88Do + 9.11
10	คลอโรฟีลล์ A	ตะกอนแขวนลอยในน้ำ	0.681	ChA = 0.02Tss + 1.89
11	คลอโรฟีลล์ B	ตะกอนแขวนลอยในน้ำ	0.733	ChB = 0.03Tss + 2.51
12	คลอโรฟีลล์ C	ตะกอนแขวนลอยในน้ำ	0.824	ChC = 0.05Tss + 4.03
13	คลอโรฟีลล์ B	คลอโรฟีลล์ A	0.808	ChB = 0.87ChA + 1.07
14	คลอโรฟีลล์ C	คลอโรฟีลล์ A	0.703	ChC = 1.12ChA + 2.46
15	คลอโรฟีลล์ C	คลอโรฟีลล์ B	0.881	ChC = 1.31ChB + 1.02

หมายเหตุ : Am = แอมโมเนีย (ammonia)
Cc = คลอโรซิตี้ (chlorocity)
Ch = คลอโรฟีลล์ (chlorophyll)
Cn = คลอรินิตี้ (chlorinity)
D = ความลึก
Do = ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen)
Nta = ไนเตรต (nitrate)
Nti = ไนไตรต์ (nitrite)
P = ฟอสเฟต (phosphate)
Si = ซิลิเกต (silicate)
Sul = ซัลเฟต (sulfate)
T = ความโปร่งใส (transparency)
Tp = อุณหภูมิ (temperature)
Tss = ตะกอนแขวนลอยในน้ำ (dispersion sediment)

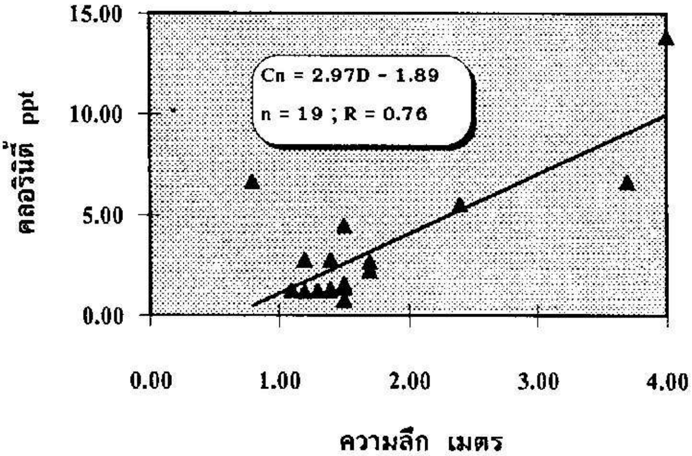
ก)



ข)

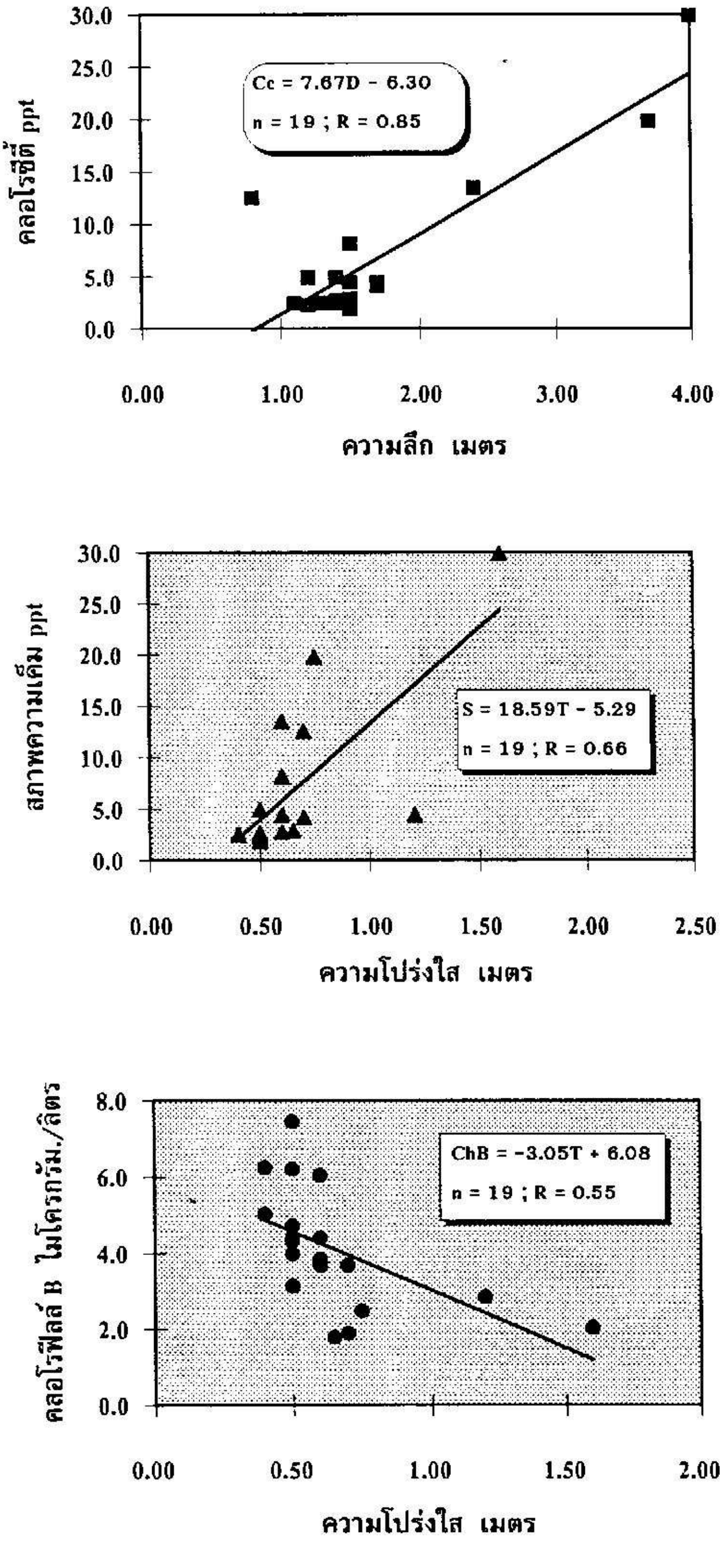


ค)



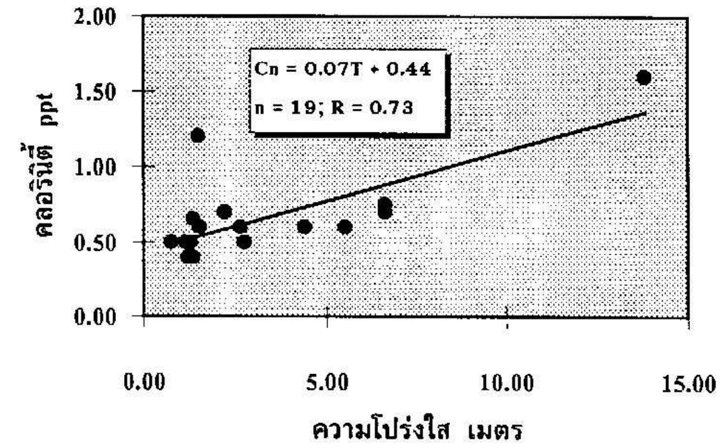
รูปที่ 24 ก กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนตุลาคม 2540 ระหว่าง ก) ความลึกกับความโปร่งใส ข) ความลึกกับสภาพความเค็ม และ ค) ความลึกกับคลอรินิตี้

ง) จ) ฉ)

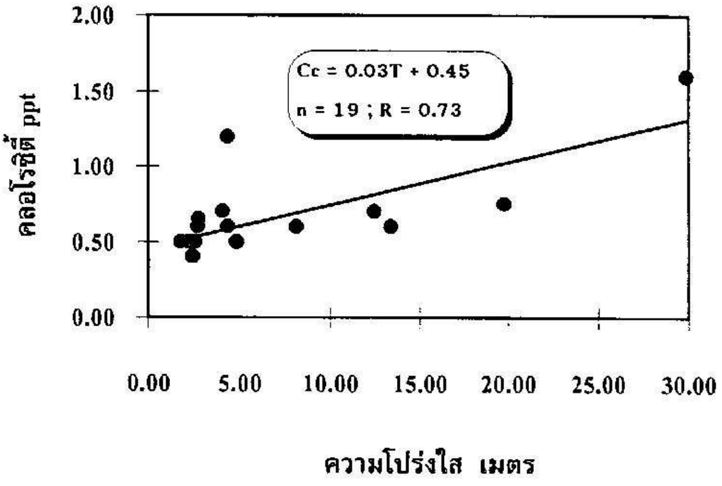


รูปที่ 24 ข กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2540 ระหว่าง ง) ความลึกกับคลอโรซิตี้ จ) ความโปร่งใสกับสภาพความเค็ม และ ฉ) ความโปร่งใสกับคลอโรฟีลล์ B

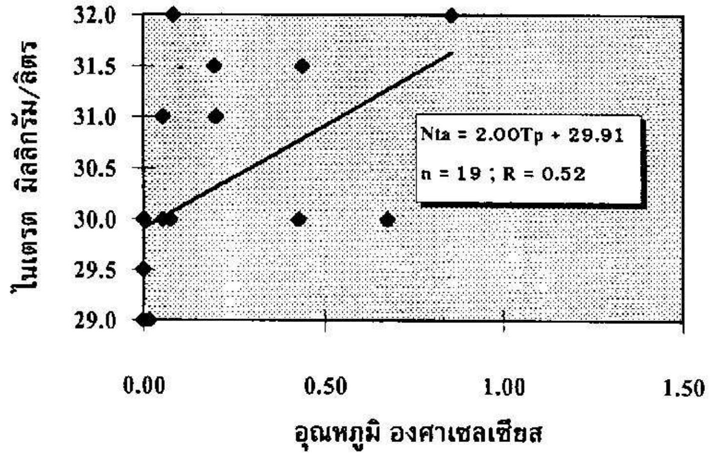
ช)



ซ)

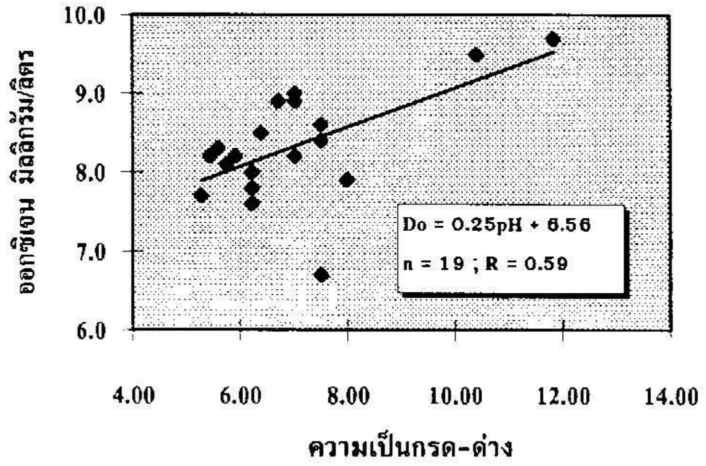


ญ)

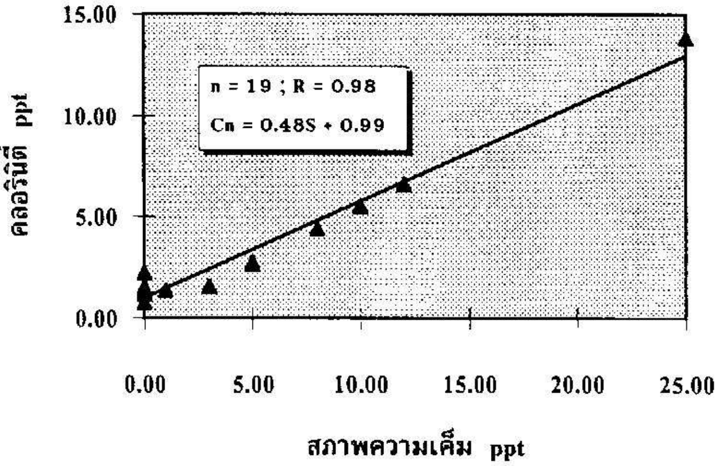


รูปที่ 24 ค กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2540 ระหว่าง ซ) ความโปร่งใสกับคลอรินิตี้ ซ) ความโปร่งใสกับคลอโรซิตี้ และ ญ) อุณหภูมิกับไนเตรต

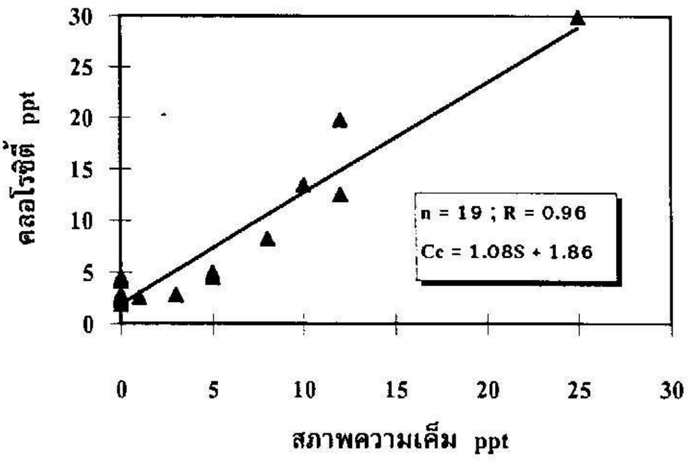
ฎ)



ฏ)

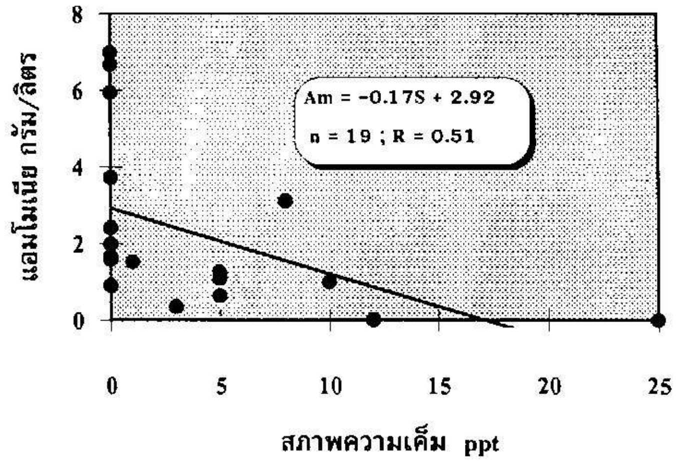


ฐ)

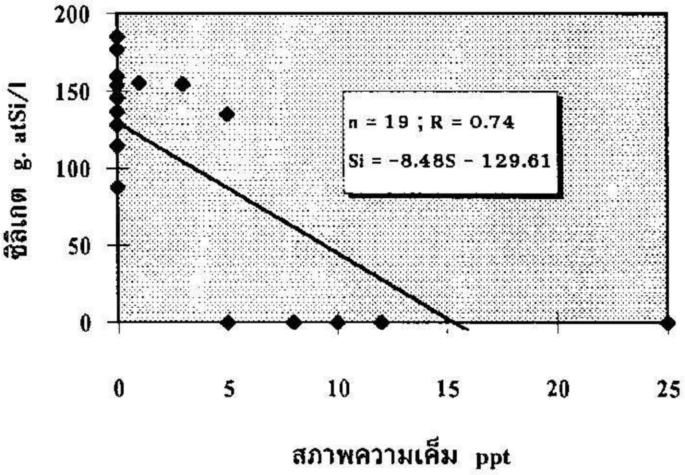


รูปที่ 24 ง กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือน ตุลาคม 2540 ระหว่าง ฎ) ความเป็นกรดด่างกับออกซิเจน ฏ) สภาพความเค็มกับคลอรินิตี้ และ ฐ) สภาพความเค็มกับคลอโรซิตี้

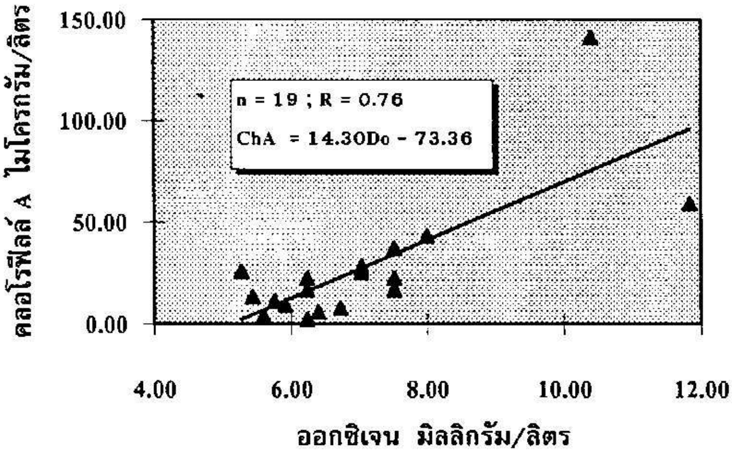
ฑ)



ฒ)

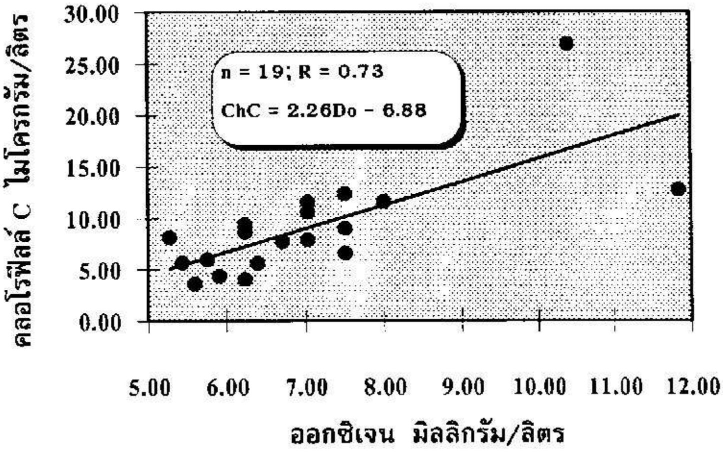


ณ)

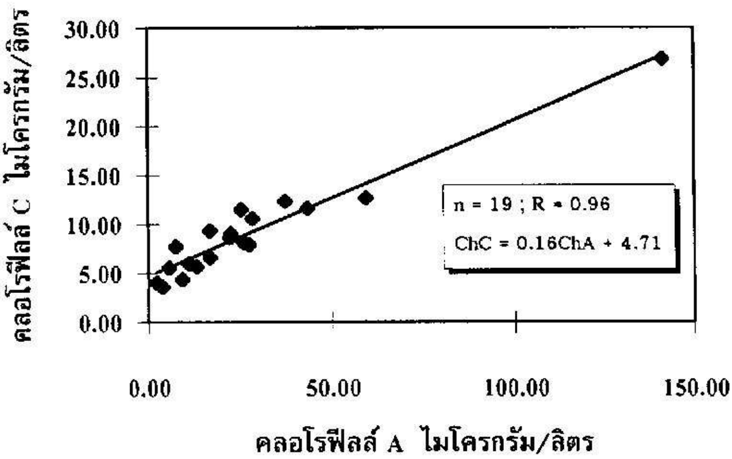


รูปที่ 24 จ กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือน ตุลาคม 2540 ระหว่าง ฑ) สภาพความเค็มกับออกซิเจน ฒ) สภาพความเค็มกับซิลิกา และ ณ) ออกซิเจนละลายน้ำกับคลอโรฟีลล์ A

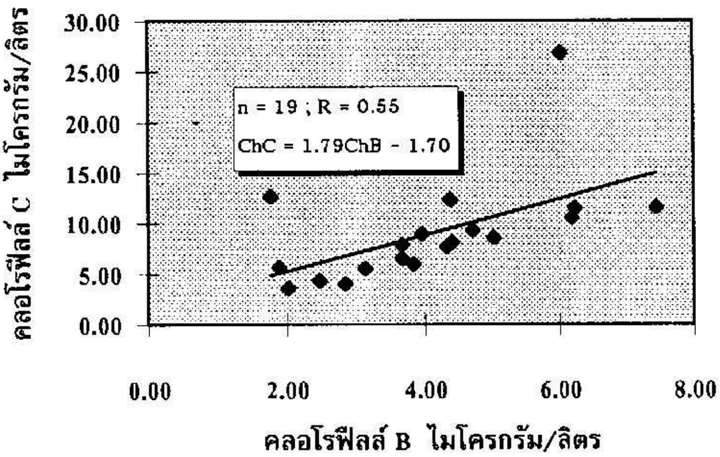
ค)



ต)

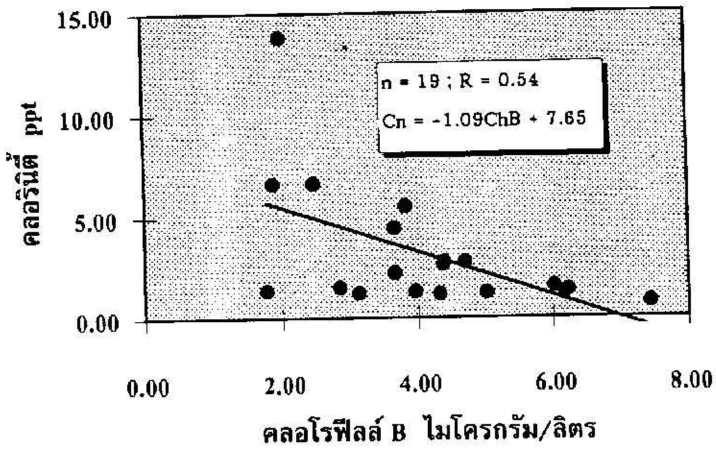


ถ)

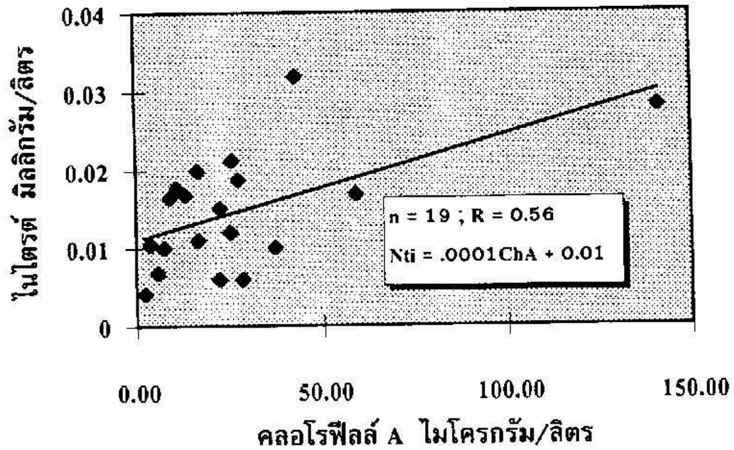


รูปที่ 24 ฉ กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือน ตุลาคม 2540 ระหว่าง ค) ออกซิเจนกับคลอโรฟีลล์ C ต) คลอโรฟีลล์ A กับคลอโรฟีลล์ C และ ถ) คลอโรฟีลล์ B กับคลอโรฟีลล์ C

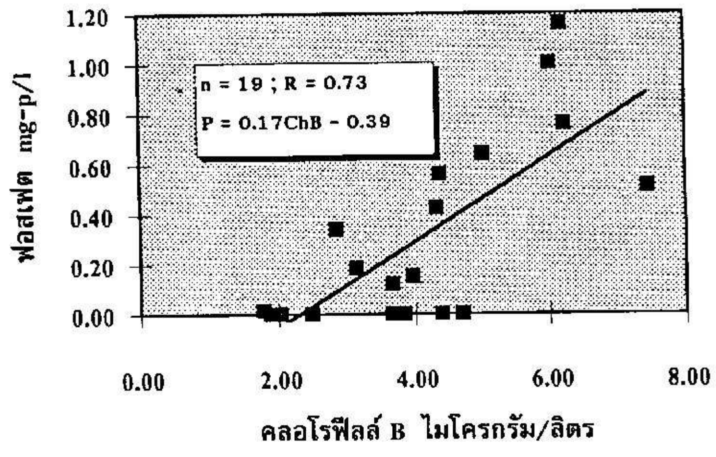
ท)



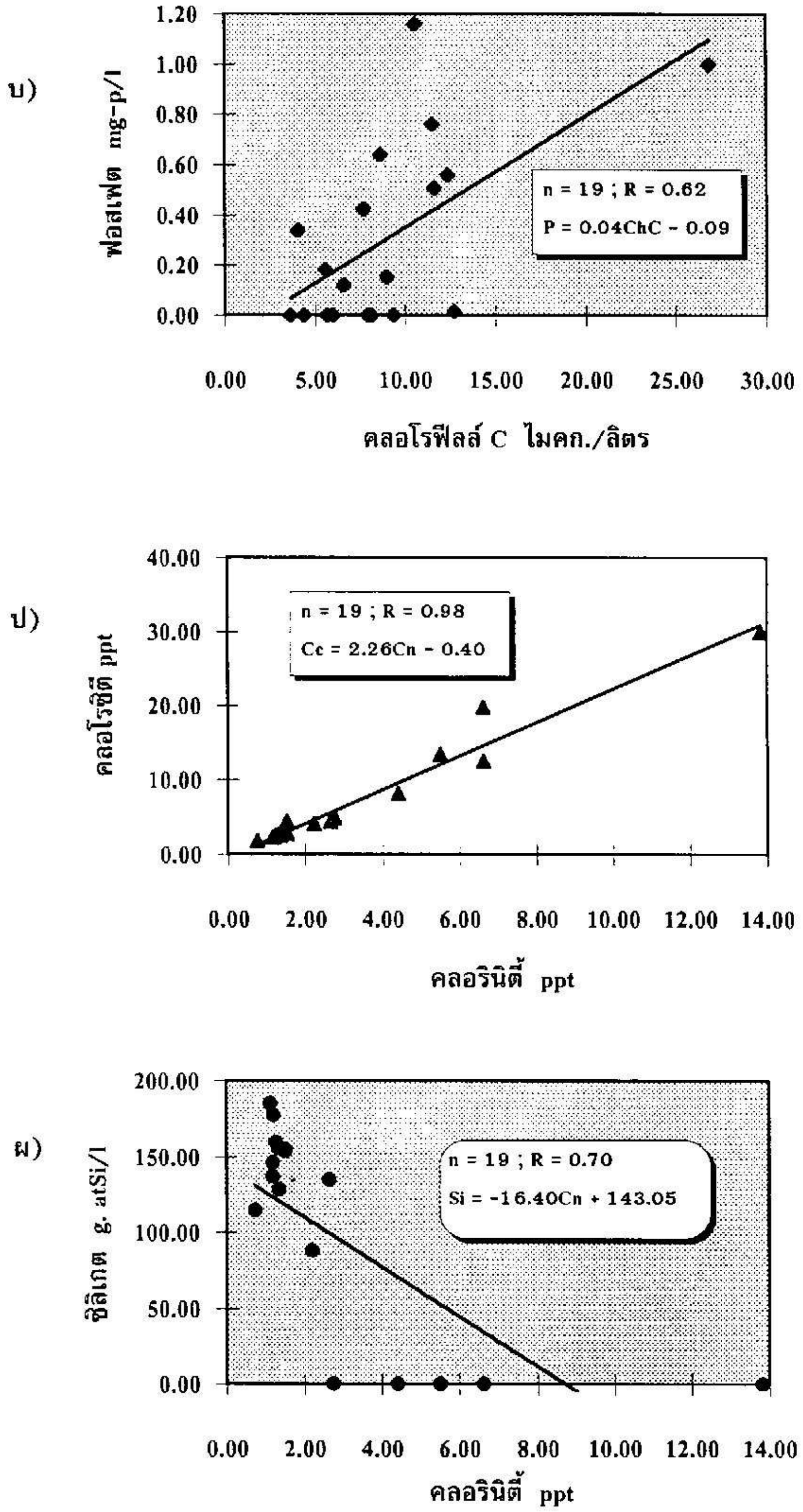
ธ)



น)

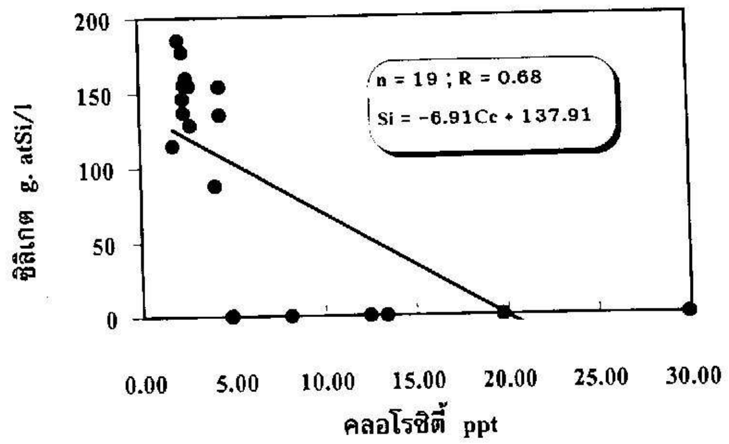


รูปที่ 24 ช กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือน ตุลาคม 2540 ระหว่าง ท) คลอโรฟีลล์ B กับคลอรินิตี้ ถ) คลอโรฟีลล์ A กับไนไตรต์ และ น) คลอโรฟีลล์ B กับฟอสเฟต

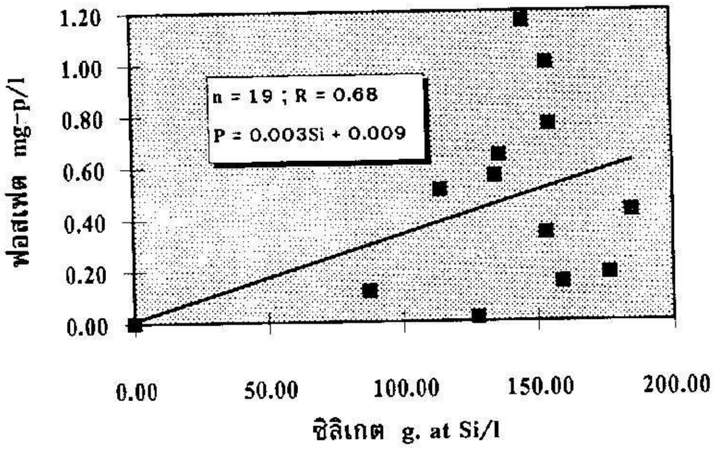


รูปที่ 24 ซ กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือน ตุลาคม 2540 ระหว่าง บ) คลอโรฟิลล์ C กับฟอสเฟต ป) คลอนิตี้กับคลอโรซิตี้ และ ผ) คลอรินิตี้กับซิลิเกต

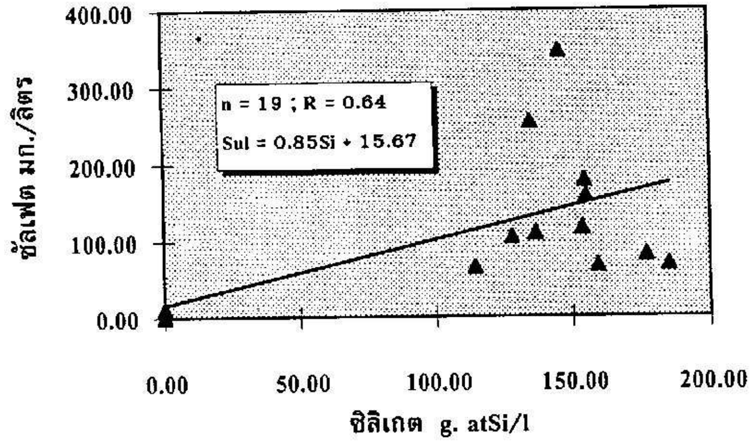
พ)



ฟ)

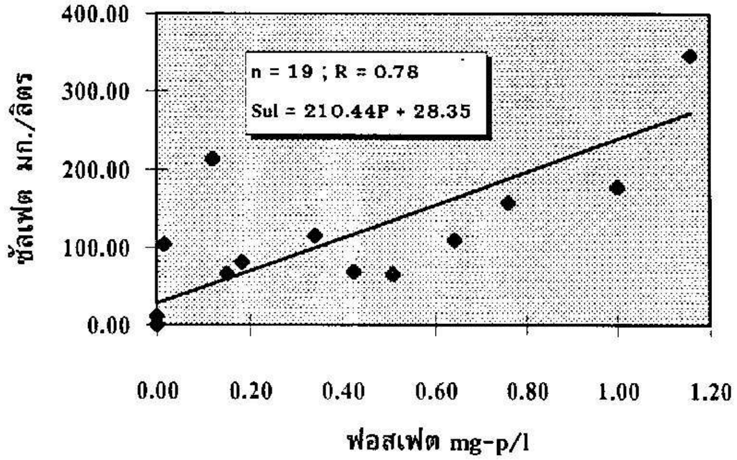


ภ)

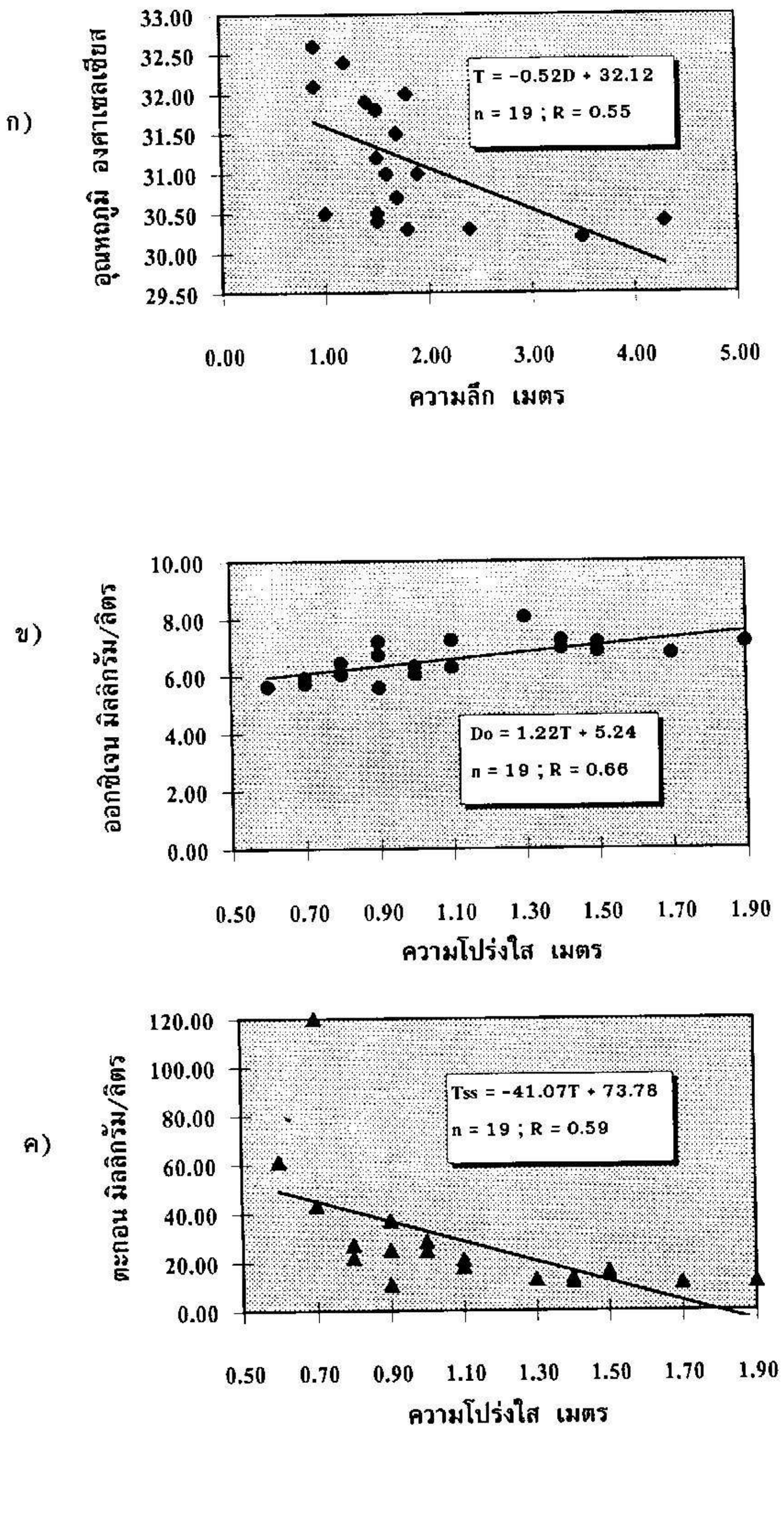


รูปที่ 24 ฌ กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือน ตุลาคม 2540 ระหว่าง พ) คลอโรซิตี้กับซิลิเกต ฟ) ซิลิเกตกับฟอสเฟต และ ภ) ซิลิเกตกับซัลเฟต

ม)

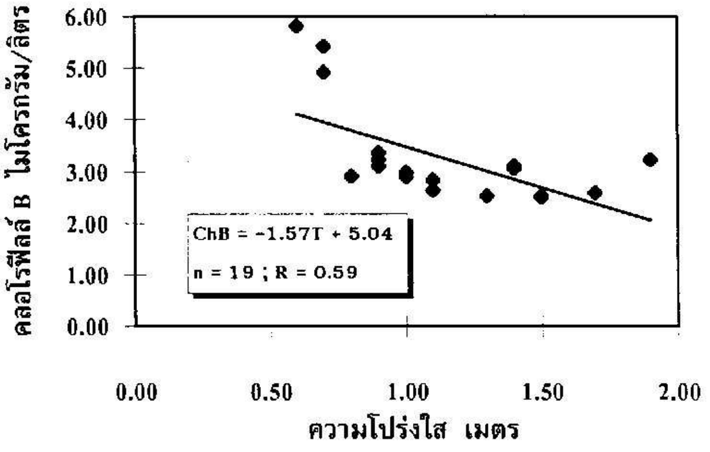


รูปที่ 24 ญ กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือน ตุลาคม 2540 ระหว่าง ม) ฟอสเฟตกับซัลเฟต

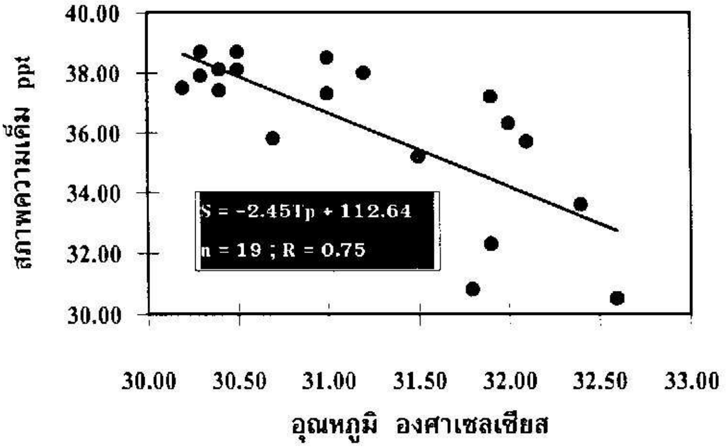


รูปที่ 25 ก กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนเมษายน 2541 ระหว่าง ก) อุณหภูมิกับความลึก ข) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำกับความโปร่งใส และ ค) ตะกอนที่แขวนลอยกับความโปร่งใส

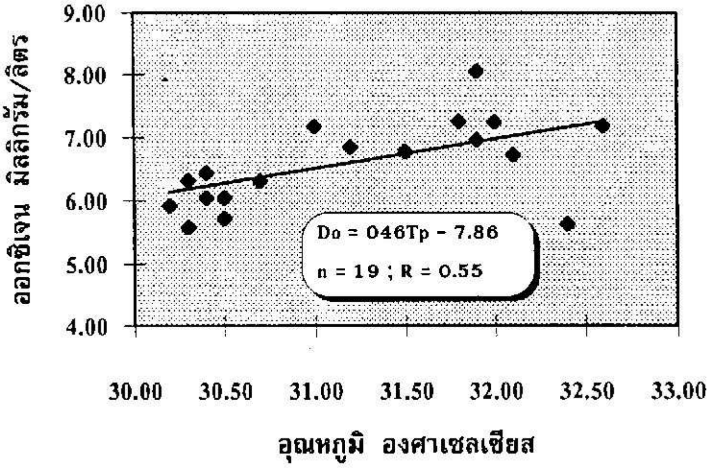
ง)



จ)

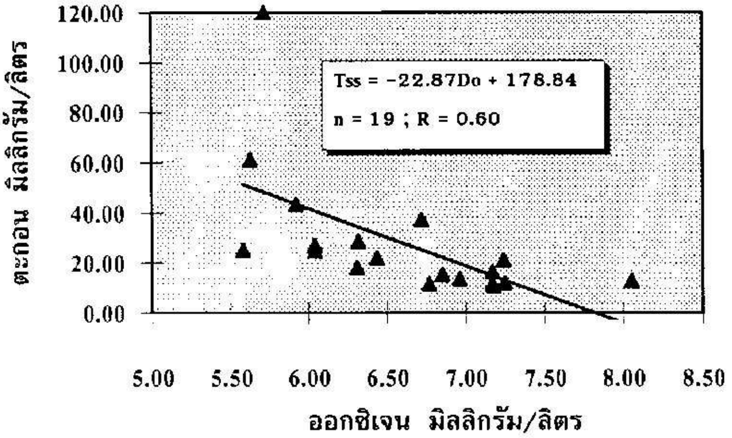


ฉ)

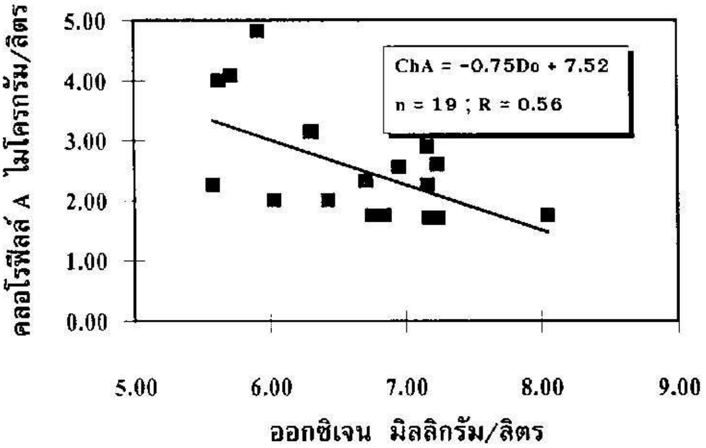


รูปที่ 25 ข กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนเมษายน 2541 ระหว่าง ง) คลอโรฟิลล์ B กับความโปร่งใส จ) สภาพความเค็มกับอุณหภูมิ และ ฉ) ออกซิเจนละลายน้ำกับอุณหภูมิ

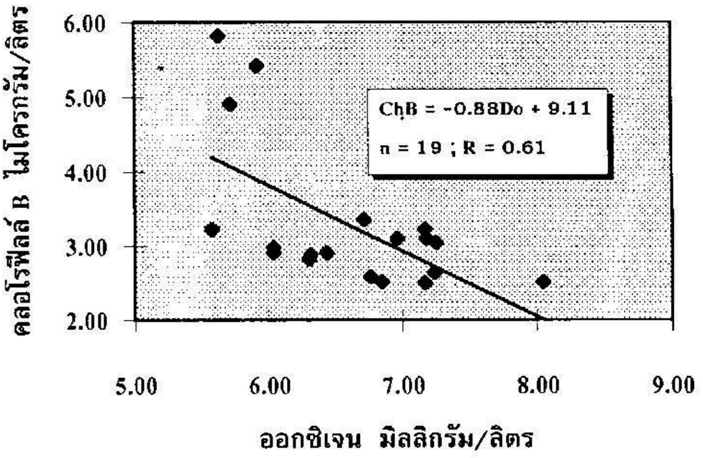
ช)



ซ)

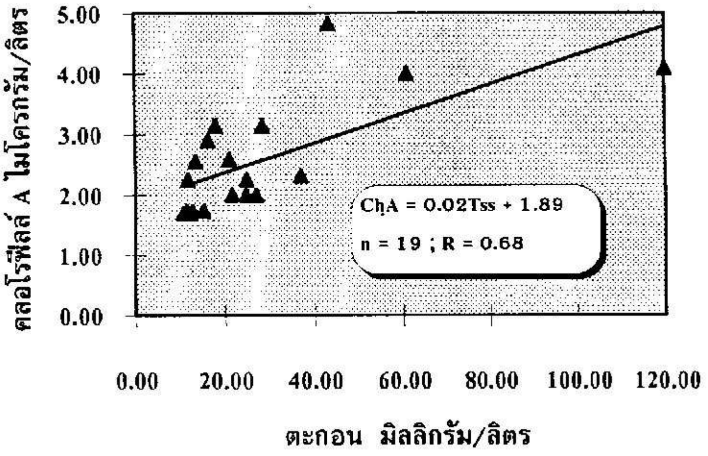


ญ)

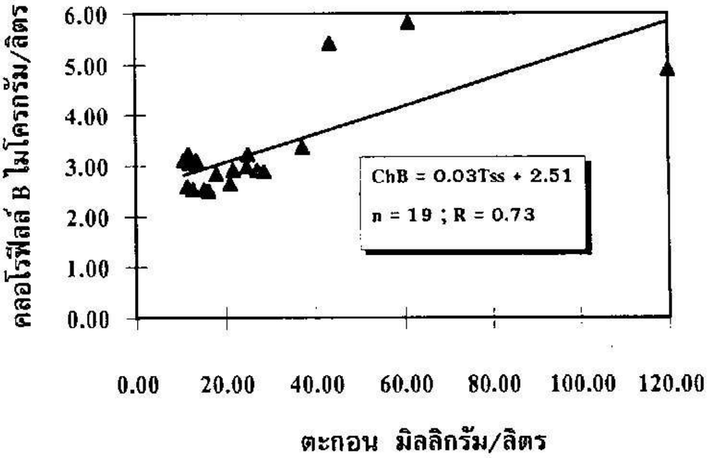


รูปที่ 25 ค กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนเมษายน 2541 ระหว่าง ช) ตะกอนที่แขวนลอยกับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซ) คลอโรฟีลล์ A กับออกซิเจน และ ญ) คลอโรฟีลล์ B กับออกซิเจน

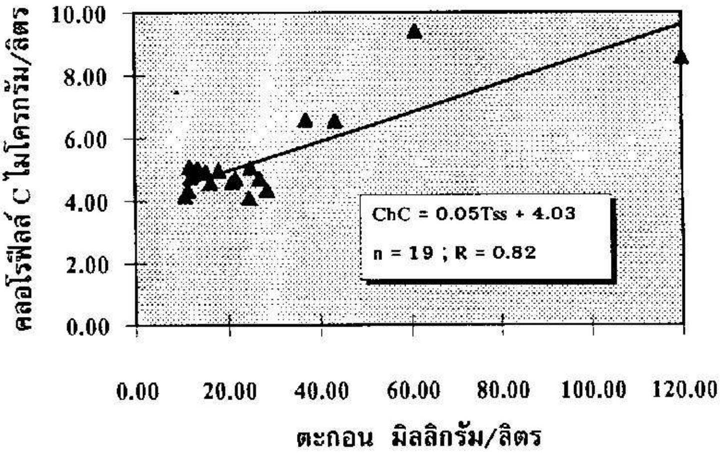
ฎ)



ฏ)

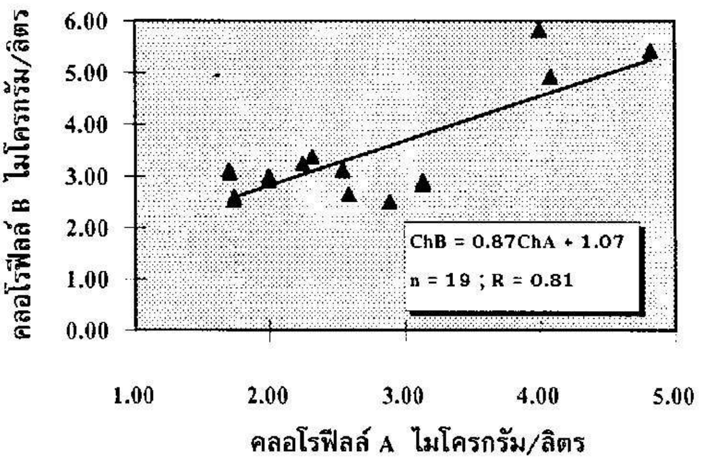


ฐ)

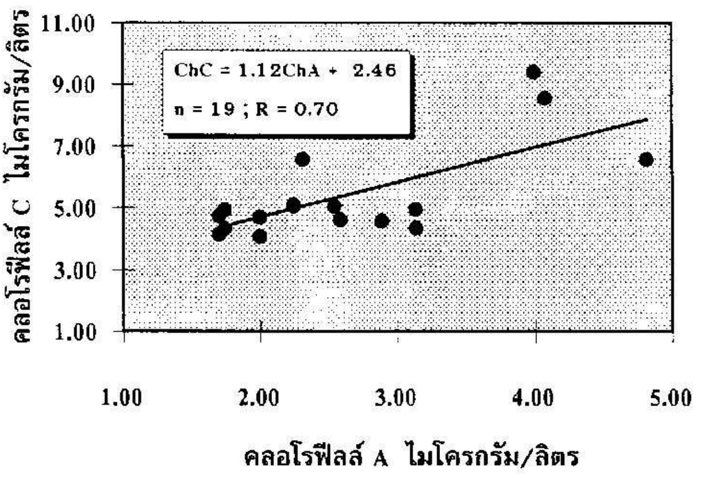


รูปที่ 25 ง กราฟแสดงสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนเมษายน 2541 ระหว่าง ฎ) คลอโรฟีลล์ A กับตะกอนที่แขวนลอย ฏ) คลอโรฟีลล์ B กับตะกอนที่แขวนลอย และ ฐ) คลอโรฟีลล์ C กับตะกอนที่แขวนลอย

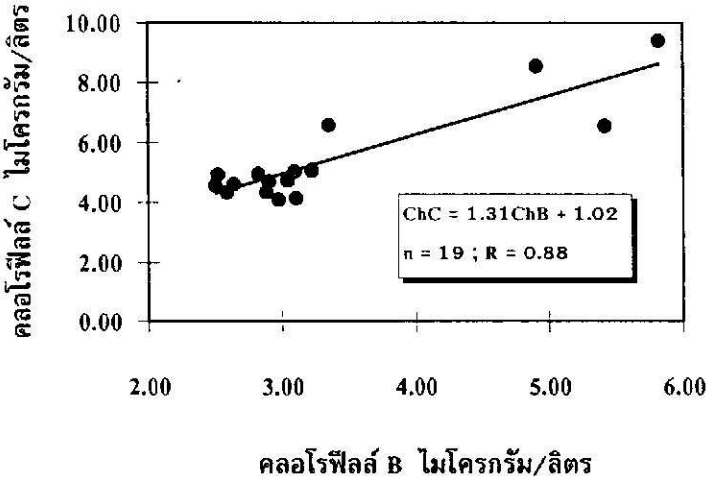
ฑ)



ฒ)



ณ)



รูปที่ 25 จ กราฟสหสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลเดือนเมษายน 2541 ระหว่าง ฑ) คลอโรฟีลล์ B กับคลอโรฟีลล์ A ฐ) คลอโรฟีลล์ C กับคลอโรฟีลล์ A และ ณ) คลอโรฟีลล์ C กับคลอโรฟีลล์ B

3.12 สถานะการณ์คุณภาพน้ำ

ผลจากการศึกษาเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่างครั้งนี้ ทั้งในแง่ลักษณะทางกายภาพของน้ำ ปริมาณสารอาหาร และปริมาณของคลอโรฟิลล์ พอสรุปในเบื้องต้นได้ดังนี้

3.12.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำ

1) ความลึก

ในช่วงฤดูฝน (เดือนตุลาคม) และฤดูแล้ง (เดือนเมษายน) ค่าความลึกไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนที่ลึกที่สุดจะอยู่บริเวณช่องทางเปิดที่ติดกับอ่าวไทย และด้านในของทะเลสาบจะตื้น ซึ่งสอดคล้องกับการประมวลผลด้วยภาพถ่ายดาวเทียมและรายงานวิจัยของสุภาพร (2537)

2) ความโปร่งใส

ในช่วงฤดูฝน ค่าความโปร่งใสทางด้านใน มีค่าต่ำกว่าทางด้านนอกที่อยู่ติดกับช่องทางเปิดสู่ทะเลอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง อันอาจนำเอาตะกอนและ/หรือสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเติบโตของแพลงตอนพืชในทะเลสาบ จึงทำให้ค่าความโปร่งใสลดลง และค่าความโปร่งใสในช่วงหน้าร้อนมีค่าสูงกว่าในช่วงหน้าฝนแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

3) อุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าของอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่างในสถานีต่างๆ ที่ตรวจวัดมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และค่าของอุณหภูมิในช่วงหน้าฝนและหน้าแล้ง ก็แตกต่างกันไม่มากนักเช่นกัน แม้ว่าในช่วงหน้าฝนจะมีแนวโน้มว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในหน้าแล้ง แต่ก็ต่างกันเพียงประมาณ 1-2° ซ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าในช่วงดังกล่าวจะเกิดปรากฏการณ์ *เอลนีโญ* (El Nino) ก็ตาม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าไม่ได้ส่งผลกระทบรุนแรงแก่พื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

4) ความเค็ม

ค่าของความเค็มในฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน ในทุกสถานีที่สำรวจ และในช่วงฤดูฝน ทางด้านในของทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีค่าความเค็มเป็น 0 (ศูนย์) ซึ่งหมายความว่าสภาพน้ำเป็นน้ำจืดทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากน้ำจืดจากแหล่งน้ำทั้งผิวดินและใต้ดิน ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

5) ตะกอนแขวนลอย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของตะกอนแขวนลอยในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง พบว่าในหน้าแล้ง จะมีปริมาณตะกอนแขวนลอยอยู่สูงกว่าในช่วงหน้าฝน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงฤดูฝนจะมีความเร็วของกระแสน้ำค่อนข้างแรง และมีค่าสูงกว่าในหน้าร้อน (สุภาพร, 2537) ทำให้การพัดพาตะกอนจากทะเลสาบสงขลาตอนล่างด้านในออกสู่ทะเลภายนอก เป็นไปด้วยความรวดเร็วและดีกว่า จึงทำให้พบตะกอนแขวนลอยในน้ำในช่วงหน้าแล้งมีค่าสูงกว่า

6) ทิศทางกระแสน้ำ

อนึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้วัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำในสถานีสำรวจเฉพาะช่วงหน้าแล้งเท่านั้น (รูปที่ 23 ฐ) เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวไม่พร้อมปฏิบัติงานในช่วงเก็บข้อมูลในหน้าฝน จึงไม่สามารถยืนยันข้อสันนิษฐานนี้ได้อย่างหนักแน่น

3.12.2 ปริมาณสารอาหาร

จากการตรวจวัดปริมาณสารอาหารในน้ำ (ไนไตรต์ ไนเตรต ฟอสฟอรัส และซิลิเกต) ในทะเลสาบสงขลา พบว่าค่าที่วัดได้มีค่าต่ำมาก และสารอาหารบางอย่างไม่สามารถตรวจพบได้เลย โดยเฉพะอย่างยิ่ง ปริมาณฟอสฟอรัสไม่สามารถตรวจวัดได้ในช่วงหน้าแล้ง ในขณะที่พบได้บ้างในช่วงหน้าฝน บริเวณที่อยู่ทางตอนในของทะเลสาบ

3.12.3 ปริมาณของคลอโรฟีลล์

ค่าของคลอโรฟีลล์จะเป็นตัวชี้บอกถึงปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ที่พบอยู่ในแหล่งน้ำ อันแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าค่าของคลอโรฟีลล์ในช่วงหน้าฝน มีค่าสูงกว่าในช่วงหน้าแล้งในทุกสถานีสำรวจ ทั้งนี้สันนิษฐานว่าอาจ เนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในช่วงหน้าแล้ง ได้นำพาเอาสารอาหารต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชลงมาสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างด้วย และอีกสาเหตุหนึ่งก็เป็นได้ ที่ทำให้คลอโรฟีลล์มีค่าสูงในช่วงหน้าฝน คือตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะถูกพัดพาออกสู่ทะเลได้ดีกว่า ทำให้แสงสามารถส่องผ่านลงสู่ท้องน้ำได้มากกว่า จึงทำให้แพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญได้ดีกว่าในช่วงหน้าแล้ง

3.13 การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ

จากการศึกษาเปรียบเทียบถึงข้อมูลที่ผ่านมา (หัวข้อ 1.4) ตั้งแต่ปี 2533 จนถึงการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบางตัวแปรเสริมดังนี้

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าค่อนข้างคงที่ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากจนระดับนัยสำคัญ

2. ออกซิเจนละลายในน้ำ

พบว่ามีการลดลงเล็กน้อย โดยเฉพาะในบริเวณปากทะเลสาบสงขลา

3. ความเค็ม

ค่าความเค็มมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะในปีที่เก็บข้อมูลศึกษาครั้งนี้ พบว่าความเค็มสูงสุดจากบรรดาที่เคยรายงานมา ทั้งนี้สันนิษฐานว่าอาจจะมีผลกระทบมาจากปรากฏการณ์เอลนิโญ

4. ความโปร่งใส

ในปัจจุบันค่าความโปร่งใสโดยภาพรวม ค่อนข้างสูงกว่าในอดีต แต่หากพิจารณาเป็นเฉพาะจุด ก็จะพบว่ามีความแปรปรวน โดยจุดที่อยู่ใกล้ปากคลองในฤดูฝนจะมีค่าความโปร่งใสต่ำกว่าในฤดูแล้ง และจุดอยู่ห่างไกลออกไป ก็จะมีค่าสูงกว่าจุดใกล้ปากคลอง หากเทียบจุดต่อจุดค่านี้ในช่วงที่ผ่านมากับการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากข้อมูลค่ามีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง ด้วยปัจจัยอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย

5. ความลึก

ระดับความลึกไม่สามารถเทียบเคียงกันได้ เนื่องจากจุดวัดไม่ใช่จุดเดียวกันและใต้ท้องทะเลสาบมีลักษณะภูมิประเทศลดหลั่นของระดับต่างกันอย่างมากมาย

6. อุณหภูมิ

จากปี 2537 จนถึงปี 2541 อุณหภูมิน้ำในทะเลสาบ แตกต่างกันตั้งแต่ 0.30 องศา จนถึง 2 องศา ในทั้งสองฤดูกาล

7. แอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต ฟอสเฟต และซิลิเกต

ปริมาณสารอาหารดังกล่าวลดลงจากปี 2537 (สุภาพร, 2537) ค่อนข้างมากกับช่วงเวลาที่ศึกษาครั้งนี้ จนถึงไม่พบเป็นระดับนัยสำคัญได้ แต่มีข้อสังเกตว่าในสองช่วงที่วัด มีความแตกต่างกันมาจากครั้งแรกที่เก็บมีสารอาหารและครั้งหลังไม่มี โดยครั้งหลังนั้นเป็นช่วงมีปรากฏการณ์ *เอลนีโญ* เกิดขึ้นแล้ว

4

สรุปผลและเสนอแนะ

4.1 สรุปผล

การใช้เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แสดงบทบาทอย่างใหญ่หลวงในการสร้างสรรค์ฐานข้อมูลในปัจจุบัน และในการชี้นำผลวิเคราะห์ครั้งนี้แสดงในรูปแผนที่และตารางได้อย่างผสมผสาน สามารถที่จะแสดงผลและสืบค้นได้ในจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทั้งหมด ซึ่งสร้างความสะดวกและการจัดเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถที่จะไปเทียบโยงเข้ากับข้อมูล ซึ่งการมีข้อมูลดีที่สุด ย่อมจะทำการจัดการในอนาคตได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว

4.1.1 คุณภาพน้ำ

ผลจากการศึกษาเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลาตอนล่างครั้งนี้ ทั้งในแง่ลักษณะทางกายภาพของน้ำ ปริมาณสารอาหาร และปริมาณของคลอโรฟีลล์ พอสรุปในเบื้องต้นได้ดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพของน้ำ

ก) ความลึก

ในช่วงฤดูฝน (เดือนตุลาคม) และฤดูแล้ง (เดือนเมษายน) ค่าความลึกไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนที่ลึกที่สุดจะอยู่บริเวณช่องทางเปิดที่ติดกับอ่าวไทย และด้านในของทะเลสาบจะตื้น ซึ่งสอดคล้องกับการประมวลผลด้วยภาพถ่ายดาวเทียมและรายงานวิจัยของสุภาพร (2537)

ข) ความโปร่งใส

ในช่วงฤดูฝน ค่าความโปร่งใสทางด้านใน มีค่าต่ำกว่าทางด้านนอกที่อยู่ติดกับช่องทางเปิดสู่ทะเลอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง อันอาจนำเอาตะกอนและ/หรือสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเติบโตของแพลงตอนพืชในทะเลสาบ จึงทำให้ค่าความโปร่งใสลดลง และค่าความโปร่งใสในช่วงหน้าร้อนมีค่าสูงกว่าในช่วงหน้าฝนแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

ค) อุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าของอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่างในสถานีต่างๆ ที่ตรวจวัดมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และค่าของอุณหภูมิในช่วงหน้าฝนและหน้าแล้ง ก็แตกต่างกันไม่มากนักเช่นกัน แม้ว่าในช่วงหน้าฝนจะมีแนวโน้มว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในหน้าแล้ง แต่ก็ต่างกันเพียงประมาณ 1-2° ซ

ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าในช่วงดังกล่าวจะเกิดปรากฏการณ์ *เอลนีโญ* (El Nino) ก็ตาม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าไม่ได้ส่งผลกระทบรุนแรงแก่พื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

ง) ความเค็ม

ค่าของความเค็มในฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน ในทุกสถานีที่สำรวจ และในช่วงฤดูฝน ทางด้านในของทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีค่าความเค็มเป็น 0 (ศูนย์) ซึ่งหมายความว่า สภาพน้ำเป็นน้ำจืดทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากน้ำจืดจากแหล่งน้ำทั้งผิวดินและใต้ดิน ที่ไหลสมทบลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

จ) ตะกอนแขวนลอย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของตะกอนแขวนลอยในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง พบว่าในหน้าแล้ง จะมีปริมาณตะกอนแขวนลอยอยู่สูงกว่าในช่วงหน้าฝน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงฤดูฝนจะมีความเร็วของกระแสน้ำค่อนข้างแรง และมีค่าสูงกว่าในหน้าร้อน (สุภาพร 2537) ทำให้การพัดพาตะกอนจากทะเลสาบสงขลาตอนล่างด้านในออกสู่ทะเลภายนอก เป็นไปด้วยความรวดเร็วและดีกว่า จึงทำให้พบตะกอนแขวนลอยในน้ำในช่วงหน้าแล้งมีค่าสูงกว่า

อนึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้วัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำในสถานีสำรวจเฉพาะช่วงหน้าแล้งเท่านั้น (รูปที่ 23 ฐ) เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวไม่พร้อมปฏิบัติงานในช่วงเก็บข้อมูลในหน้าฝน จึงไม่สามารถยืนยันข้อสันนิษฐานนี้ได้อย่างหนักแน่น

2) ปริมาณสารอาหาร

จากการตรวจวัดปริมาณสารอาหารในน้ำ (ไนไตรต์ ไนเตรต ฟอสฟอรัส และซิลิเกต) ในทะเลสาบสงขลา พบว่าค่าที่วัดได้มีค่าต่ำมาก และสารอาหารบางอย่างไม่สามารถตรวจพบได้เลย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณฟอสฟอรัสไม่สามารถตรวจวัดได้ในช่วงหน้าแล้ง ในขณะที่พบได้บ้างในช่วงหน้าฝน บริเวณที่อยู่ทางตอนในของทะเลสาบ

3) ปริมาณของคลอโรฟีลล์

ค่าของคลอโรฟีลล์จะเป็นตัวชี้บอกถึงปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ที่พบอยู่ในแหล่งน้ำ อันแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าค่าของคลอโรฟีลล์ในช่วงหน้าฝน มีค่าสูงกว่าในช่วงหน้าแล้งในทุกสถานีสำรวจ ทั้งนี้สันนิษฐานว่า อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในช่วงหน้าแล้ง ได้นำพาเอาสารอาหารต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชลงมาสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างด้วย และอีกสาเหตุหนึ่งก็เป็นได้ ที่ทำให้คลอโรฟีลล์มีค่าสูงในช่วงหน้าฝน คือตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะถูกพัดพาออกสู่ทะเลได้ดีกว่า ทำให้แสงสามารถส่องผ่านลงสู่ท้องน้ำได้มากกว่า จึงทำให้แพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญได้ดีกว่าในช่วงหน้าแล้ง

4.1.2 การจัดทำชั้นข้อมูล

ผลจากการนำข้อมูลที่สำรวจและเก็บมาวิเคราะห์ มาสร้างเส้นชั้นระดับของลักษณะทางกายภาพ เช่น ความลึก ความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง ความโปร่ง เป็นต้น ตลอดจนบรรดาสารอาหารต่างๆ ที่สำคัญ ก็พอให้แนวทางถึงเบาะแสเกี่ยวกับแหล่งที่เสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่างได้ (รูปที่ 22 ก-รูปที่ 23) นอกจากนี้การหาสหสัมพันธ์ของข้อมูลตัวแปรเสริมเหล่านี้ ก็ยังช่วยให้ลดการเก็บจำนวนตัวอย่างและพื้นที่ที่วิเคราะห์ นอกจากนั้นเป็นการตรวจสอบผลข้อมูลที่ได้ออกมาซึ่งกันและกัน (รูปที่ 24 ก-รูปที่ 25 จ)

4.1.3 การติดตามคุณภาพน้ำ

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ในเขตอำเภอเมืองสงขลาและอำเภอหาดใหญ่ นับจากอดีตจนถึงงานวิจัยครั้งนี้ บ่งว่าในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ดีนัก กล่าวคือบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์วิกฤติ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นแหล่งที่รับน้ำทิ้งจากชุมชนเมืองและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเลสาบทั้งทางตรงและทางอ้อม ผ่านลำน้ำธรรมชาติ เช่น คลองพะวง คลองอู่ตะเภา คลองสำโรง เป็นต้น ถึงแม้ว่าจะเป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้ง (เมษายน) หรือฤดูฝนตกหนักมาก (ตุลาคม) ก็แค่เพียงเจือจางความสกปรกลงได้ แต่คุณภาพน้ำในคลองสาขาก็ยังคงมีความสกปรกอยู่ ซึ่งส่งผลกระทบต่อทะเลสาบตอนล่าง แม้ว่าจากการวัดทิศทางน้ำพบว่าจะมีการไหลเวียนของน้ำออกไปสู่ทะเลอ่าวไทยบ้าง แต่ในการศึกษาระดับช่วงนี้ ก็ยังไม่สามารถสรุปได้ว่ามีการไหลออกเท่าใด และปริมาณที่ไหลออกไปทดแทนกับที่น้ำเสียไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

4.2 ข้อเสนอแนะ

คุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาที่ดี ย่อมเป็นหลักประกันถึงคุณภาพของสิ่งแวดล้อมไปด้วย ดังนั้นมาตรการที่ควรเสริมเข้ามาเพื่อให้บรรลุดังกล่าว มีดังนี้

1. ควรจัดเก็บข้อมูลในทะเลสาบให้ถี่ขึ้น และขยายพื้นที่ให้ครอบคลุมในบางส่วนที่ไม่ได้เก็บหรือในพื้นที่มีพลวัตในด้านคุณภาพน้ำสูง ทั้งนี้เพื่อขยายผลนำไปสู่ถึงผลตรวจสอบถึงความน่าเชื่อถือว่าจะมีถูกต้องเพียงใด กับข้อมูลที่มาจากการวิเคราะห์ด้วยเส้นชั้นระดับ และยังเป็นการครอบคลุมพื้นที่ให้เส้นชั้นคุณภาพมีความแม่นยำมากขึ้น

2. การหาตำแหน่งพิกัดสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลา ควรใช้อุปกรณ์สื่อสารที่สามารถนำร่องได้กับเรือที่ไปเก็บตัวอย่าง และหากเรือที่นำออกเก็บตัวอย่างสามารถมีระบบนำร่อง (navigator) ก็จะช่วยให้การเก็บตัวอย่างตรงจุดที่ได้วางแผนกำหนดไว้ อันส่งผลให้การโยงข้อมูลแต่ละจุดมีความน่าเชื่อถือมาก

3. ควรเสริมมาตรการระบบเครือข่าย (network) ของข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาให้แก่บรรดาหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ข้อมูลร่วมกันในการเฝ้าตรวจติดตามคุณภาพน้ำได้

อย่างใกล้ชิดและทันสมัย และทำการศึกษาในประเด็นหัวเรื่องที่ยังขาดอยู่หรือยังไม่พอ ตลอดจนการจัดทำนำเสนอข้อมูลดีแผ่แก่สาธารณชนให้ตระหนัก เพื่อให้เกิดสามัญสำนึกและรณรงค์ได้ช่วยกันดูแลทรัพยากรส่วนรวมร่วมกัน

4. ควรจัดทำแผนที่กำหนดขอบเขตทรัพยากรน้ำใช้ประโยชน์ ของชุมชนและอุตสาหกรรมและบริเวณใช้ทำประมงชาวบ้านริมทะเลสาบสงขลา ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้มีการควบคุมและแบ่งสรรทรัพยากรน้ำ และการป้องกันและติดตามสังเกตการณ์อย่างเป็นระบบได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

5. สมควรลองใช้ข้อมูลดาวเทียมมาสำรวจหาปริมาณของคลอโรฟีลล์ ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เนื่องจากความลึกไม่มาก ข้อมูลดาวเทียมสามารถที่จะสะท้อนคลอโรฟีลล์ที่อยู่ในน้ำและได้นำขึ้นมาได้ อันจะก่อให้เกิดผลย่นระยะเวลาในการสำรวจและวิเคราะห์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ก็ได้ลองหาดูเช่นกัน แต่ผลที่ได้ไม่ชัดเจน

หากมีโอกาสได้ข้อมูลที่บันทึกด้วยดาวเทียม Landsat 7 ซึ่งสามารถวัดการแผ่รังสีสะท้อนหรือ (emitted) ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า "Enhanced Thematic Mapper Plus" ก็น่าลองใช้ดูเพราะอาจได้ความสัมพันธ์กับการสำรวจบางอย่างในทะเลสาบสงขลา หรือข้อมูลของดาวเทียม TOPEX/Poseidon สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความสูงของผิวน้ำได้ถูกต้องใน 4 เซนติเมตร อาจสามารถโยงให้ทราบได้ถึงรูปแบบปรากฏการณ์ เอลนีโญ/ลานิญา ที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของทะเลสาบสงขลา ในช่วงทำการศึกษาอยู่ด้วย

ดังนั้นการดำเนินการเพื่อจัดทำระบบข้อมูลในการจัดการคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลานั้นให้สามารถมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น จะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และความถี่การสำรวจให้เหมาะสมจนข้อมูลมีความเชื่อถือในระดับนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงปีที่ทำการศึกษานี้ได้เกิดปรากฏการณ์ *เอลนีโญ* (El Nino) ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเก็บข้อมูลศึกษาในช่วงสั้นอย่างแน่นอน ดังนั้นเพื่อให้การจัดเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพ จึงควรตั้งระยะเวลาให้เหมาะสม ซึ่งก็จะทำให้การพยากรณ์โดยใช้เส้นระดับชั้นคุณภาพน้ำ (water quality contour) สามารถให้ความถูกต้องแม่นยำ อันจะนำไปสู่การการจัดการคุณภาพน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

ภาคผนวก ก

ตารางโครงสร้างการจัดฐานข้อมูล

โครงสร้างฐานข้อมูลการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

1. ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

Category : water

Fcode	Fname	Attribute Table	Ftype	level	color	weight	style	Digitize command
0111	Water_xy	Water	point	5	5	1	0	Place point

Table name : Water

Fields	Type	Width	Description
Mslink	Int		
Mapid	Int		
Station	int		จุดเก็บตัวอย่าง
X_coordinate	Int		ค่าพิกัด X
Y_coordinate	Int		ค่าพิกัด Y

Table name : Water_attribute1

Fields	Type	Width	Description
Station	Int		จุดเก็บตัวอย่าง
Depth	Real		ความลึก
Transp	Real		ค่าความโปร่งใส
Temp	Real		อุณหภูมิ
Ph	Real		ค่าความเป็นกรด ด่าง
Salin	Real		ความเค็ม
Do	Real		ปริมาณออกซิเจนในน้ำ
TSS	Real		ปริมาณตะกอนแขวนลอย
Chlorophyll	Real		คลอโรฟิลล์
Chloro_a	Real		คลอโรฟิลล์ a
Chloro_b	Real		คลอโรฟิลล์ b
Chloro_c	Real		คลอโรฟิลล์ c
Chlorinity	Real		คลอรินิตี้
Chlorocity	Real		คลอโรซิตี้
Nitrite	Real		ไนไตรท์
Nirate	Real		ไนเตรท
Ammonia	Real		แอมโมเนีย
Siligate	Real		ซิลิเกต
Fosforus	Real		ฟอสฟอรัส
Sulfate	Real		ซัลเฟต

Table name : Water_attribute2

Fields	Type	Width	Description
Station	Int		จุดเก็บตัวอย่าง
Depth	Real		ความลึก
Transp	Real		ค่าความโปร่งใส
Temp	Real		อุณหภูมิ
Ph	Real		ค่าความเป็นกรด ด่าง
Salin	Real		ความเค็ม
Do	Real		ปริมาณออกซิเจนในน้ำ
TSS	Real		ปริมาณตะกอนแขวนลอย
Chlorophyll	Real		คลอโรฟิลล์
Chloro_a	Real		คลอโรฟิลล์ a
Chloro_b	Real		คลอโรฟิลล์ b
Chloro_c	Real		คลอโรฟิลล์ c
Chlorinity	Real		คลอรินิตี้
Chlorocity	Real		คลอโรซิตี้
Nitrite	Real		ไนไตรท์
Nirate	Real		ไนเตรท
Ammonia	Real		แอมโมเนีย
Siligate	Real		ซิลิเกต
Fosforus	Real		ฟอสฟอรัส
Sulfate	Real		ซัลเฟต

Water_point (graphic)

Field
Mslink
Mapid
Station
X_cordinate
Y_cordinate

Water_attribute1

Fields
Station
Depth
Transp
Temp
Ph
Salin
Do
TSS
Chlorophyll
Chloro_a
Chloro_b
Chloro_c
Chlorinity
Chlorocity
Nitrite
Nirate
Ammonia
Siligate
Fosforus
Sulfate

Water_attribute2

Fields
Station
Depth
Transp
Temp
Ph
Salin
Do
TSS
Chlorophyll
Chloro_a
Chloro_b
Chloro_c
Chlorinity
Chlorocity
Nitrite
Nirate
Ammonia
Siligate
Fosforus
Sulfate

Water_attribute1 : ข้อมูลเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1

Water_attribute2 : ข้อมูลเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2

ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูลคุณภาพน้ำ

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลจัดเก็บในตารางเชิงอรรถชื่อ น้ำ 1 (water attribute 1) ของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

Station	East	North	Depth (m)	Transp (m)	Temp (oC)	pH	Salinity (ppt)	Do (mg/l)	TSS (mg/l)	Chlorophyll a (ug/l)	Chlorophyll b (ug/l)	Chlorophyll c (mg/l)	Chlorinity (ppt)	Chlorocity (ppt)	Nitrite (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Ammonia (g/l)	Silicate (g.atSi/l)	Fosforus (mg/l)	Sulfate (mg/l)
1	674314	800035	4	30	[illegible]	8.3	25	5.6	28.5	5.908	2.0334	3.614	13.83	29.89	0.0105	0	0	0.0105	0	11.47
2	674592	794703	[illegible]	30	6.75	8.2	12	5.92	30.7	[illegible]	[illegible]	4.3578	[illegible]	[illegible]	0.0165	0	1.02	0.0165	0	0
3	673164	792713	0.8	30	30.7	8.2	12	5.44	51.3	13.1948	1.5863	5.6563	[illegible]	12.59	0.0168	0	0	0.0168	0	0
4	671730	794602	2.4	29.5	30.6	8.1	10	5.76	53.2	[illegible]	1.8437	3.9773	[illegible]	13.41	0.0177	0	0	0.0177	0	0
5	669650	796285	1.4	29	30.5	8	5	6.24	64.7	6.641	4.714	3.346	2.75	4.87	0.0199	0	1.25	0.0199	0	0.21
6	668235	792815	1.5	29.5	30.6	8.9	5	7.04	59.3	17.2877	3.6747	7.9027	4.42	6.14	0.0187	0	3.1	0.0187	0	1.98
7	667446	789516	1.2	29	31.5	7.7	3	5.28	41.5	25.3077	4.3967	5.1253	2.75	4.905	0.0212	0	1.63	0.0212	0	2
8	663700	791195	1.5	30	30.6	9.5	3	10.4	53.5	14.23	6.0345	26.838	1.538	2.75	0.028	0.016	0.355	54.65		177.45
9	664070	794685	1.2	31.5	31.6	8.7	3	7.52	50.4	17.169	4.2941	12.352	2.548	4.4	0.01	0.016	1.085	135.04	1.56	253.89
10	663732	797001	1.5	30	30.4	8.2	1	7.04	4.5	25.2453	6.2393	11.5093	1.359	2.48	0.012	1.074	1.519	125.2	0.76	157.29
11	663956	800004	1.4	30	30.5	9	1	7.04	32.5	28.2027	5.1933	10.5573	1.236	2.4	0.006	1.053	1.399	146.07	1.16	346.25
12	661100	800000	1.3	31.5	30.4	7.8	0	6.24	35	22.331	5.0205	3.5975	1.216	2.42	0.006	1.439	1.984	136.24	1.64	109.41
13	661044	796023	1.7	31.5	30.7	8.4	1	7.52	29.6	16.7543	5.6067	5.582	2.218	4.1	0.011	1.197	1.937	37.77	1.12	213.99
14	661144	792037	1.3	30	30.5	7.9	0	3	30	43.2165	7.4475	11.6065	0.7538	1.3	0.0319	1.6741	2.713	114.48	1.508	65.75
15	659212	792188	1.5	31	0.65	9.7	0	11.34	55	50.0467	[illegible]	12.6803	[illegible]	2.3	0.0158	1.2006	1.58	128.05	0.016	103.92
16	658061	796071	1.5	30	31.2	7.5	1	6.24	42.3	2.2998	2.345	4.9463	2.5156	4.4	0.0041	1.428	1.983	153.7	1.34	15.27
17	658009	798732	1.4	32	31.5	8.6	0	7.52	53.3	22.108	7.969	4.9775	1.2979	2.6	0.0151	1.0529	1.667	159.53	1.152	16.732
18	656334	799021	1.2	32	30.5	8.9	0	6.72	33	[illegible]	1.3325	7.676	1.1528	2.2	0.01	1.556	1.659	165.13	1.124	18.943
19	655440	797154	[illegible]	31	31.5	8.5	1	6.4	24	[illegible]	3.3387	3.3703	1.2254	2.4	0.0068	1.0535	2.401	177.02	1.184	31.405

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลจัดเก็บในตารางเชิงอรรถชื่อ น้ำ 2 (water attribute 2) ของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

Station	East	North	Depth (m)	Transp (m)	Temp (°C)	pH	Salinity (ppt)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll c	[illegible]	Chloride	Nitrite	Nitrate	Ammonia	Silicate	Phosphate	Sulfate
1	674322	799790	-1.[illegible]	0.5	30.4	8.2	[illegible]	6.4	21.7[illegible]	2.603[illegible]	2.9142	4.703	NS	35.0[illegible]	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2	67497[illegible]	794150	-2.2	1.7	30.2	8.2	[illegible]	5.81	45.3[illegible]	4.82[illegible]	5.4266	6.557	NS	28.2027	0.0012	0.0693	NS	NS	NS	NS
3	673222	792482	[illegible]	0.7	30.5	8.2	38	5.72	126	4.054	[illegible]	3.557	NS	35.3606	0.00614	NS	NS	0.1226	NS	NS
4	671713	794782	-2.4	0.5	30.3	8.2	37[illegible]	5.53	25	2.2571	2.2373	3.083[illegible]	NS	30.2607	0.0042	NS	NS	1.632	NS	NS
5	669595	796582	-1.5	0.5	30.4	8.3	28	6.04	27	2.00[illegible]	2.914[illegible]	4.701[illegible]	NS	32.79	0.00462	NS	NS	4.844	NS	NS
6	668217	792787	-1.3		30.[illegible]	8.[illegible]	30.[illegible]	6.22	29.[illegible]	2.149	2.897	4.3449	NS	36.030	NS	NS	NS	NS	NS	NS
7	667311	789565	-1.5	[illegible]	30.7	8	35.7	6.04	24.77	2.0037	2.9808	4.085[illegible]	NS	34.9653	0.00208	0.1726	NS	1.8208	NS	NS
8	665137	791525	-1.7	1.2	30.7	7.9	35.3	6.3	18	3.146	2.9307	4.955	NS	32.9167	NS	0.049	NS	NS	NS	NS
9	664156	794563	-1.9	1.5	3[illegible]	8.2	37.[illegible]	7.[illegible]	11.7[illegible]	2.257[illegible]	2.257[illegible]	4.08[illegible]	NS	19.6793	0.00547	0.00086	NS	NS	NS	NS
10	663406	792155	-1.[illegible]	1.[illegible]	3	8.2	38.3	7.17	16.25	2.8907	2.507	4.2767	NS	32.2525	NS	0.0717	NS	NS	NS	NS
11	664402	800106	-1.5	[illegible]	31.2	8	38	6.51	15.2[illegible]	1.5435	2.5242	4.9332	NS	32.5137	NS	NS	NS	NS	NS	NS
12	660551	810163	-1.3	1	32	8	36.2	7.24	2[illegible]	[illegible]	2.6428	4.615	NS	[illegible]	0.0043[illegible]	NS	NS	NS	NS	NS
13	660222	795885	-1.7	1.[illegible]	31.[illegible]	8.2	37.2	6.77	13.[illegible]	[illegible]	2.5906	4.526	NS	31.29	NS	NS	NS	NS	NS	NS
14	661346	792086	-1.2	0.6	32.4	7.6	33.6	5.6[illegible]	6[illegible]	4.003	3.8287	6.4037	NS	32.547	NS	NS	NS	NS	NS	NS
15	659206	792103	-1.4	1.2	31.2	7.9	32.3	5.49	12.77	[illegible]	2.524	4.9331	NS	29.195	NS	NS	NS	NS	NS	NS
16	657977	794377	-1.2	1.6	31.5	8.2	30.3	7.21	32	795	2.07	4.7437	NS	24.682	0.00156	NS	NS	NS	NS	NS
17	658472	799060	-1.6	1.4	31.7	8.2	27.2	6.59	17.7	2.55[illegible]	[illegible]102	5.0411	NS	31.56	NS	0.017	NS	NS	NS	NS
18	656287	796654	-0.9	0.5	32	8	35.7	6.72	27	2.32[illegible]	2.36[illegible]	4.572	NS	30.3974	NS	NS	NS	NS	NS	NS
19	654500	797579	-0.4	0.5	32.6	8.[illegible]	30.7	7.15	16.7[illegible]	1.707	2.116[illegible]	6.130	NS	20.0833	NS	NS	NS	NS	NS	NS