สาหร่ายในกระบวนการผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำประปาสามเสน

นางสาวทันดาว ทองดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-3276-7
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ALGAE IN WATER TREATMENT PROCESS AT SAMSEN WATER TREATMENT PLANT

Miss Thandao Thongtan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-3276-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สาหร่ายในกระบวนการผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำประปาสามเสน
โดย	นางสาวทันดาว ทองตัน
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.อาภารัตน์ มหาขันธ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.อาภารัตน์ มหาขันธ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์)

ทันดาว ทองตัน : สาหร่ายในกระบวนการผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำประปาสามเสน. (ALGAE IN WATER TREATMENT PROCESS AT SAMSEN WATER TREATMENT PLANT) อ.ที่ปรึกษา : รศ.อรทัย ชวาลภาฤทธ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร.อาภารัตน์ มหาขันธ์, 110 หน้า. ISBN 974-17-3276-7.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำในระบบผลิตน้ำประปา รวมทั้งประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 5 จุดในระบบผลิตน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน ซึ่งได้แก่ น้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการตกตะกอนและเติมคลอรีนขั้นต้น น้ำล้างทรายกรอง น้ำที่ผ่านการกรอง และน้ำประปา ตลอดปี พ.ศ.2544 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการ ส่วนปัจจัยทางชีวภาพได้ศึกษาความหนาแน่นของสาหร่ายที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำต่างๆ จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ยตลอดปีของพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำดิบได้แก่ อุณหภูมิ 29.5 °ซ ค่าความเป็นกรด–เบส 7.28 ค่าการนำไฟฟ้า 230 µS/cm. ค่าความขุ่น 104 NTU ค่าออกซิเจนคอนซูม 4.12 มก./ล. ค่าออกซิเจนละลาย 5.71 มก./ล. และปริมาณไนเตรต 0.23 มก./ล. ผลการศึกษาสาหร่ายพบว่าสาหร่ายที่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตน้ำประปา มีกลุ่มเด่นอยู่ใน 3 ดิวิชัน ได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง (Division Chrysophyta) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Division Cyanophyta) และสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง คลาสที่พบมากที่สุดคือ Bacillariophyceae หรือกลุ่มไดอะตอม สกุลที่พบมากที่สุดคือ *Nitzschia* sp. ตามด้วย *Cymbella* sp. สำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สกุลที่พบมากที่สุดคือ *Oscillatoria* sp. และ *Phormidium* sp. ส่วนสาหร่ายสีเขียว สกุลที่พบมากที่สุดคือ *Chlorella* sp. และ *Closterium* sp.

ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำประปาเป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ทั้งยังสามารถกำจัดการปนเปื้อนของสาหร่ายได้ถึงร้อยละ 99.52 อย่างไรก็ตาม ยังพบสาหร่ายปนเปื้อนในน้ำประปาในจำนวนเล็กน้อย สกุลที่พบ เช่น *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp., และ *Achnanthes* sp.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4289666020 : MAJOR INTERDEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD : ALGAE / TAP WATER / WATER TREATMENT PLANT / SAMSEN
THANDAO THONGTAN : THESIS TITLE : ALGAE IN WATER TREATMENT PROCESS AT SAMSEN WATER TREATMENT PLANT. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. ORATAI CHAVALPARIT, THESIS CO-ADVISOR : APARAT MAHAKHANT, Ph.D.,
110 pp. ISBN 974-17-3276-7.

The objectives of this research are to study the physical, chemical and biological quality of the water in the water treatment process and also evaluate the efficiency of the process. Samples were collected from five stations in Samsen Water Treatment Plant, namely: Raw Water (RW), Clarified Water (CW), Backwash (BW), Filtered Water (FW), and Tap Water (TW). The results of the study found that the annual average of raw water quality in year 2001 are: temperature 29.5 °c.; pH 7.28; conductivity 230 µS/cm.; turbidity 104 NTU; oxygen consume 4.12 mg/L.; dissolved oxygen 5.71 mg/L; and nitrate 0.23 mg/L. The study on algae also showed that there are 3 prominent divisions of algae found in the process. These are Chrysophyta (Golden-Brown Algae), Cyanophyta (Blue-Green Algae) and Chlorophyta (Green Algae). For Chrysophyta, the most prominent class is Bacillariophyceae (Diatom), and the most prominent genus is *Nitzschia* sp. and followed by *Cymbella* sp. For Cyanophyta, the most prominent genus is *Oscillatoria* sp. followed by *Phormidium* sp. For Chlorophyta, the most prominent genus are *Chlorella* sp. and *Closterium* sp.

The efficiency of this treatment process is in accordance with relevant standards. Moreover, it is capable of removing the algae contamination at 99.52%. However, it is found that there is small algal contaminated in tap water, such as *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp. and *Achnanthes* sp.

Inter – department of Environmental Science Student's signature.....
Field of study Environmental Science Advisor's signature.....
Academic year 2002 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ โดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจากบุคคลหลายท่าน ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้มอบความไว้วางใจในการทำวิทยานิพนธ์ด้านการศึกษาสาหร่ายในกระบวนการผลิตน้ำประปา ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และมอบคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ดร.อาภารัตน์ มหาขันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาทางด้านสาหร่ายและตรวจแก้วิทยานิพนธ์เพื่อให้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รวมทั้งคณาจารย์จากสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณ คุณศิวไล กิจพิทักษ์ และส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต โรงผลิตน้ำประปาสามเสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ขอขอบพระคุณ ผศ.มัณฑนา นวลเจริญ อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏภูเก็ต ที่กรุณาตรวจสอบผลการจำแนกสาหร่าย

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ และหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์

ตลอดจนขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา รวมทั้งเพื่อนๆ และทุกๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งไม่สามารถระบุไว้ในที่นี้ได้ทั้งหมด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญ (ต่อ).....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ญ

สารบัญรูป (ต่อ).....ฏ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 แนวความคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 การผลิตน้ำประปา.....4

2.2 สาหร่าย.....10

2.3 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย..... 18

2.4 การควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย.....20

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 22

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....25

3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ใช้..... 25

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....29

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....32

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่าง.....32

4.2 ผลการตรวจนับจำนวนและประเภทของสาหร่าย..... 41

4.3 สาหร่ายที่มีผลต่อระบบผลิตน้ำประปา.....46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 55
5.2 ข้อเสนอแนะ.....57
รายการอ้างอิง.....58
บรรณานุกรม..... 61
ภาคผนวก ก ตารางผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....62
ภาคผนวก ข ตารางผลการนับจำนวนสาหร่าย.....73
ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์ OC, ไนเตรต และการเตรียมสารละลาย Lugol's Solution.....98
ภาคผนวก ง ตัวอย่างสาหร่ายที่มักพบในระบบผลิตน้ำประปา..... 102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 กลุ่มของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุของการอุดตันของระบบกรองน้ำด้วยทราย.....15
ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ..... 30
ตารางที่ 4.1 สรุปค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำดิบในเวลา 1 ปีตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม
พ.ศ.2544..... 32
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของสาหร่ายในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างใน 1 ปี
ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 – 14.00 น.
ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2544..... 41
ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายรวมตลอดปี ในระบบการผลิตน้ำ.....45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 แม่น้ำเจ้าพระยา และจุดสูบน้ำในการผลิตน้ำประปาในกรุงเทพฯ 5

รูปที่ 2.2 แผนผังการผลิตน้ำประปา 7

รูปที่ 2.3 เครื่องกรองน้ำชนิดกรองเร็ว 8

รูปที่ 2.4 สาหร่ายและผลกระทบที่มีต่อระบบประปา 17

รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ 5 จุด 26

รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 5 27

รูปที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 27

รูปที่ 3.4 จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 28

รูปที่ 3.5 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 28

รูปที่ 4.1 อุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง
ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือน มกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 33

รูปที่ 4.2 ค่า pH ของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง
ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือน มกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 34

รูปที่ 4.3 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง
ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือน มกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 35

รูปที่ 4.4 ค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง
ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 36

รูปที่ 4.5 ร้อยละการกำจัดของค่าความขุ่นที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา
ในแต่ละขั้นตอน 37

รูปที่ 4.6 ค่าของ OC ของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง
ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่ เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 38

รูปที่ 4.7 ร้อยละการกำจัดของค่า OC ที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาในแต่ละขั้นตอน 39

รูปที่ 4.8 ค่าของ DO ของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บน้ำตัวอย่าง
ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 39

รูปที่ 4.9 ปริมาณไนเตรตของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บน้ำตัวอย่าง
ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 40

รูปที่ 4.10 ความหนาแน่นของสาหร่ายรวมแต่ละดิวิชัน ในน้ำทั้ง 5 จุด ในการสำรวจในปี
พ.ศ.2544 42

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 4.11 ความหนาแน่นของสาหร่ายในจุดเก็บตัวอย่างน้ำต่างๆใน 1 ปี ณ เวลาที่เก็บตัวอย่างประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 42
รูปที่ 4.12 ความหนาแน่นของสาหร่ายในน้ำดิบในการสำรวจในปี พ.ศ. 2544 44
รูปที่ 4.13 *Spirogyra* sp. ที่ถังตกตะกอนด้านบน 46
รูปที่ 4.14 จำนวนสาหร่ายสกุล *Nitzschia* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 47
รูปที่ 4.15 จำนวนสาหร่ายสกุล *Aulacoseira* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 48
รูปที่ 4.16 จำนวนสาหร่ายสกุล *Navicuia* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 49
รูปที่ 4.17 จำนวนสาหร่ายสกุล *Cyclotella* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 50
รูปที่ 4.18 จำนวนสาหร่ายสกุล *Cymbella* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 51
รูปที่ 4.19 จำนวนสาหร่ายสกุล *Synedra* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 52
รูปที่ 4.20 จำนวนสาหร่ายสกุล *Oscillatoria* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 53
รูปที่ 4.21 จำนวนสาหร่ายสกุล *Phormidium* ที่พบในน้ำตัวอย่าง 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในชุมชนเมืองมีเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองใหญ่ เช่นกรุงเทพมหานคร แหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาที่ใช้ในกรุงเทพมหานครมาจากแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดี แต่เนื่องจากมีการใช้ที่ดินเพื่อทิ้งขยะมูลฝอยจากชุมชนเมืองอย่างไม่ถูกสุขลักษณะจึงก่อให้เกิดปัญหามลพิษลงสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้การทิ้งน้ำเสียที่ขาดการบำบัดจากโรงงานอุตสาหกรรม การทำเกษตรกรรม และจากชุมชน ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ต่างๆ ส่งผลกระทบให้คุณภาพของแหล่งน้ำด้อยลงกว่าในอดีตมาก อีกทั้งช่วงเวลากักเก็บน้ำ (Retention Time) ที่น้อยลงเนื่องจากปริมาณความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น จึงมีผลให้ความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น สภาวะการปนเปื้อนของสารอาหาร โดยเฉพาะไนเตรต และฟอสเฟต ในแหล่งน้ำเป็นปัจจัยให้สาหร่ายหลายชนิดเติบโตได้ดี เกิดการปนเปื้อนของสาหร่ายในกระบวนการผลิตน้ำประปา ทำให้น้ำประปาเกิดรส สี หรือกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ฉะนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาสภาวะการปนเปื้อนของสาหร่ายในน้ำดิบเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการและควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตน้ำประปา

สาหร่ายที่ปนเปื้อนในน้ำดิบ เมื่อถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปา ทำให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำหลายประการ ได้แก่

1) ลดประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอน เนื่องจากแรงลอยตัวของสาหร่าย
2) ทำให้ถังทรายกรองอุดตันเร็วขึ้น จึงต้องล้างทรายบ่อย เสียเวลาและสิ้นเปลืองน้ำสะอาดมากขึ้น
3) คุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลง เช่น ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ความเป็นกรด-เบส (pH) ความกระด้าง (Hardness) ความเป็นด่าง (Alkalinity) ค่า Oxygen Consume (OC) ค่าออกซิเจนละลาย (DO) เป็นต้น
4) คุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิ ความขุ่น
5) เพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ เช่น สารประกอบฟอสเฟต และ ไนเตรต
6) ทำให้พื้นผิวของระบบบำบัดมีสาหร่ายเกาะ เป็นเมือก ต้องทำความสะอาดบ่อยขึ้น

7) ทำให้ท่อส่งน้ำอุดตัน เนื่องจากสาหร่ายบางชนิดเติบโตได้แม้ในที่มีแสงน้อย เมื่อมีปริมาณมากจะรวมตัวเป็นกลุ่มที่พื้นผิวท่อส่งน้ำ
8) ทำให้น้ำประปามีรส สี กลิ่น และสารพิษที่เกิดจากสาหร่าย ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

ดังนั้นการศึกษาชนิดและปริมาณสาหร่าย รวมทั้งศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่ทำให้สาหร่ายยังคงเจริญเติบโตได้ในขั้นตอนการผลิตน้ำประปา จะนำไปสู่การประเมินคุณภาพน้ำที่ได้รับผลกระทบจากสาหร่าย รวมทั้งวิธีการควบคุมและจัดการสาหร่ายที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำดิบในระบบผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน
2) ศึกษาความหลากหลายของสกุล และปริมาณของสาหร่ายในน้ำดิบและในระบบการผลิตน้ำประปาในรอบ 1 ปี
3) คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดสารปนเปื้อนและสาหร่ายในน้ำประปา จากการบำบัดของโรงงานผลิตน้ำประปา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ตัวอย่างน้ำที่นำมาศึกษา มาจากกระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน โดยเก็บตัวอย่างน้ำจาก 5 จุด คือ 1. จุดสูบน้ำดิบ 2. น้ำหลังผ่านการตกตะกอนและเติมคลอรีนขั้นต้น 3. น้ำบนหน้าทรายขณะล้างทรายกรอง 4. น้ำหลังผ่านทรายกรอง และ 5. น้ำประปาก่อนจ่ายน้ำสู่ผู้บริโภค
2) ตรวจวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น ค่าออกซิเจนคอนซูม ค่าออกซิเจนละลาย รวมทั้งปริมาณไนเตรต
3) ศึกษาอนุกรมวิธานของสาหร่าย โดยจำแนกหมวดหมู่ ถึงระดับสกุล โดยศึกษาจากลักษณะสัณฐานวิทยา ได้แก่ รูปร่าง การเรียงตัวของเซลล์ สีของเซลล์ โดยผ่านกล้องจุลทรรศน์
4) หาความหนาแน่นของสาหร่าย โดยใช้วิธีการนับจำนวน
5) ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2544 เป็นเวลา 12 เดือน โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกเดือน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทำให้ทราบประเภทของสาหร่ายที่พบในกระบวนการผลิตน้ำประปาของกรุงเทพฯ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการและควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตน้ำประปา
2) ทำให้ทราบปริมาณและความหลากหลายของสาหร่ายที่พบในแต่ละเดือน เพื่อทำแผนภูมิการกระจายของสาหร่ายในระยะเวลา 1 ปี
3) เพื่อทราบประสิทธิภาพการกำจัดสารปนเปื้อนและสาหร่ายในน้ำด้วยระบบกรองน้ำของโรงผลิตน้ำประปาสามเสน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวความคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย จะกล่าวในเรื่องดังต่อไปนี้ คือ ประวัติและกระบวนการผลิตน้ำประปาในโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน การศึกษาและจัดจำแนกสาหร่าย ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อสาหร่าย และวิธีการควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย รวมทั้งงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

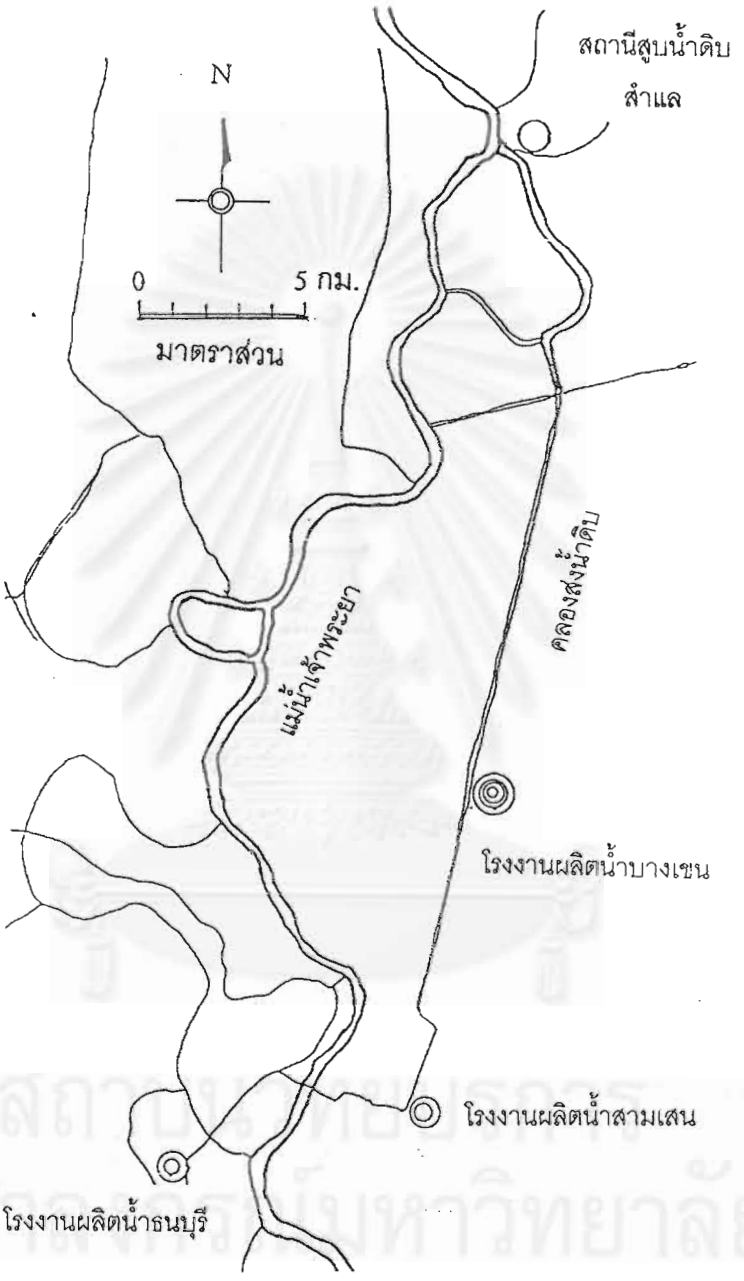
2.1 **การผลิตน้ำประปา** (การประปานครหลวง, 2543. และ ฝ่ายวางแผนการผลิตและควบคุมคุณภาพ, 2546)

น้ำประปาในประเทศไทยผลิตจากน้ำดิบในแหล่งน้ำธรรมชาติ ที่ได้รับการปกป้องเป็นพิเศษไม่ให้ปนเปื้อนสารมลพิษทุกชนิด โดยความหมายของน้ำประปา พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ทรงบัญญัติขึ้นจากคำในภาษาอังกฤษว่า "Water Supply" หมายถึง น้ำสะอาด ดังนั้นน้ำประปาจึงต้องผ่านกระบวนการเพื่อให้เป็นน้ำสะอาด

การประปานครหลวงใช้น้ำดิบจาก 2 แหล่งหลัก คือ แม่น้ำเจ้าพระยา ที่เหนือวัดสำแล จังหวัดปทุมธานี ผ่านคลองประปา 1 ขุดขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 5 แล้วเสร็จในรัชกาลที่ 6 และแหล่งที่ 2 คือ แม่น้ำท่าจีน จังหวัดนครปฐม ผ่านคลองประปา 2 ขุดขึ้นในรัชกาลปัจจุบัน ประมาณต้นเดือนมีนาคม พ.ศ.2545

แหล่งน้ำดิบทั้ง 2 แหล่ง ได้รับการคุ้มครองมิให้ปนเปื้อนมลพิษ โดยมติคณะรัฐมนตรีเห็นชอบตามมติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กำหนดเขตอนุรักษ์แหล่งน้ำดิบเพื่อการประปานครหลวง ครอบคลุมพื้นที่โดยรอบแหล่งน้ำที่จะชักน้ำดิบเข้าคลองประปาทั้ง 2 โดยห้ามตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่มีน้ำทิ้งประกอบด้วยสารพิษทุกชนิด ห้ามตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่มีน้ำทิ้งเกินวันละ 50 ลูกบาศก์เมตร ให้ควบคุมน้ำทิ้งชุมชนตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารและให้พื้นที่เขตอนุรักษ์แหล่งน้ำดิบเป็นเขตควบคุมอาคารภายใต้พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ให้ดูแลกิจกรรมการเกษตรที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย เช่น เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและฟาร์มสุกร ให้กรมชลประทานและหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลคลองในพื้นที่ปรับปรุงและควบคุมการระบายน้ำจากคลองอื่นซึ่งอาจมีความสกปรกปนเปื้อนสูงจนมีผลต่อคุณภาพน้ำดิบ

คลองประปา 1 ส่งน้ำดิบผ่านโรงงานผลิตน้ำ 3 แห่ง คือ โรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน สามเสน และธนบุรี ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แม่น้ำเจ้าพระยา และจุดสูบน้ำในการผลิตน้ำประปาในกรุงเทพฯ (Konno,1999)

โรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน เริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ.2457 สมัยพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 ได้ทรงเปิดกิจการ "**การประปากรุงเทพฯ**" อย่างเป็นทางการ ในวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2457 และเป็นครั้งแรกที่ประชาชนในกรุงเทพฯ เริ่มมีน้ำประปาใช้ จนวันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ.2510 ได้ตั้งเป็นรัฐวิสาหกิจ โดยใช้ชื่อว่า "**การประปานครหลวง**"

ปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน มีโรงกรองน้ำทั้งหมด 11 โรง แต่โรงกรองน้ำที่ดำเนินการอยู่คือโรงกรองที่ 11 ซึ่งก่อสร้างในปี พ.ศ.2538 มีชื่อว่า "**สามเสน 4**"

สำหรับกระบวนการผลิตน้ำประปา มีอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และมีรายละเอียดดังนี้

1) สถานีสูบน้ำดิบ ประกอบด้วย
   - (1.1) เครื่องสูบน้ำดิบ 2 เครื่อง ขนาดเครื่องละ 320 ลิตร/วินาที ปกติใช้งานเพียง 1 เครื่อง สำรอง 1 เครื่อง
   - (1.2) เครื่องสูบจ่ายน้ำประปา ขนาด 250 ลิตร/วินาที ใช้งาน 2 เครื่อง สำรอง 1 เครื่อง
   - (1.3) เครื่องทำลมสำหรับใช้เดินเครื่องสูบน้ำ 1 เครื่อง
   - (1.4) เครื่องวัดปริมาณน้ำ 2 เครื่อง
2) เครื่องจ่ายน้ำยาสารส้มไปยังท่อน้ำดิบ

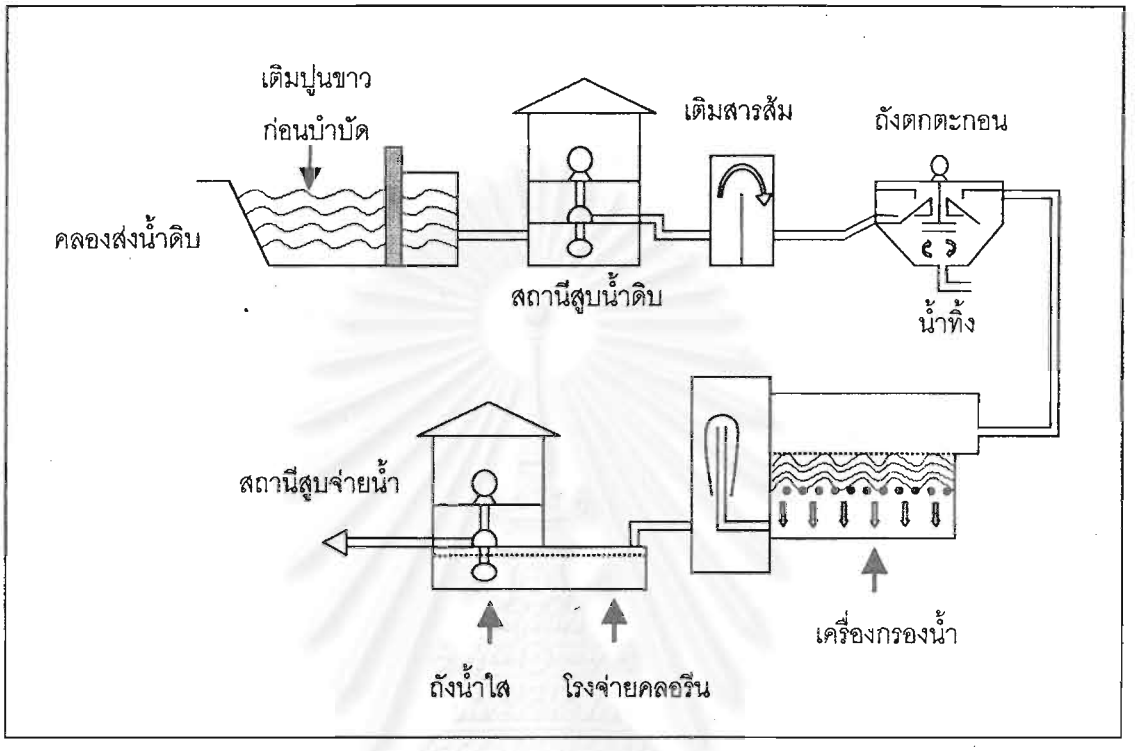
มีรูปร่างเป็นกรวย 6 กรวย สามารถตั้งอัตราการไหลได้ (สารส้มที่ใช้เป็นสารส้มเหลว) ปริมาณสารส้มที่ใช้ อยู่ระหว่าง 20 - 80 กรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยใช้ปริมาณเฉลี่ย 24 - 34 กรัม/ลูกบาศก์เมตร/ปี

3) ถังตกตะกอน

ทำด้วยคอนกรีต ขนาดกว้าง 22 เมตร ยาว 25 เมตร ลึก 6.5 เมตร มีความจุประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็น 4 ช่อง ภายในมีแผ่นคอนกรีต 5 แผ่น กั้นน้ำให้ไหลผ่านช่วงบนและล่างสลับกัน เนื่องจากสารส้มจะผสมกับน้ำเกิดเป็นเม็ดตะกอนตกลงบนพื้นถัง จะใช้ระยะเวลาในการตกตะกอน ประมาณ 2 - 4 ชั่วโมง และทำการล้างถังประมาณ 30 วัน/ครั้ง โดยล้างสลับกันครั้งละ 2 ช่อง

ระยะเวลาในการล้างถัง ขึ้นอยู่กับความขุ่นของน้ำดิบ กล่าวคือ ในฤดูฝนของบางปี อาจมีความขุ่นของน้ำถึง 300 NTU ทำให้มีตะกอนมาก ในบางครั้งในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม จะมีน้ำรากหญ้า (น้ำที่ชะล้างสารอินทรีย์จากพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน จากจังหวัดทางตอนกลางของแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น ชัยนาท สิงบุรี อ่างทอง อยุธยา ปทุมธานี) ที่มีตะกอนละเอียด และมีความขุ่นต่ำ คือมีค่าระหว่าง 20 - 40 NTU การตกตะกอนช้าทำให้บ่อกรองฝืด ต้องล้างบ่อบ่อยขึ้น

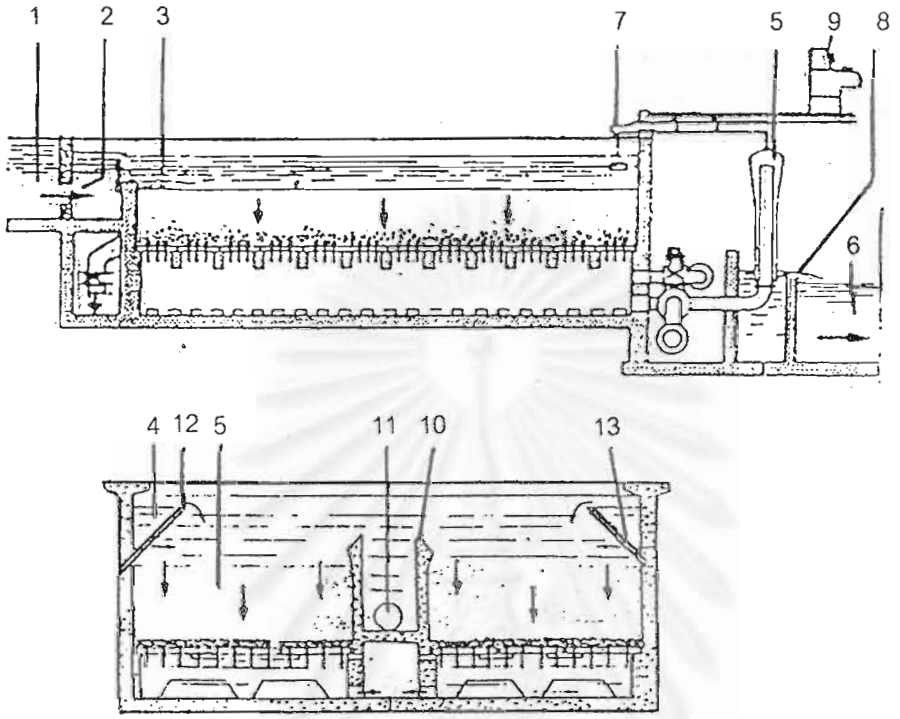
ถังตกตะกอนนี้สามารถผลิตน้ำได้วันละ 28,000 ลูกบาศก์เมตร แต่ต่อมา สร้างเพิ่มอีก 1 ถัง ที่มีขนาดยาวกว่าเดิม 4 เมตร จึงผลิตน้ำเพิ่มได้อีก 40,000 ลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 2.2 แผนผังการผลิตน้ำประปา (การประปานครหลวง, 2543)

4) เครื่องกรองน้ำ

เป็นเครื่องชนิดกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) ดังรูปที่ 2.3 มี 12 ถัง เป็นถังเหล็กทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.2 เมตร บรรจุทรายหนา 1 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9 – 1 มิลลิเมตร มีกรวดเล็กน้อย และใต้ชั้นกรวดมีหัวกรองทำด้วยทองเหลือง อัตราการกรอง (Filtration Rate) ประมาณ 9.6 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ล้างถังกรองด้วยการพ่นลมแบบล้างย้อน (Back - washing) ทุก 16 - 60 ชั่วโมง ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำ



1. Main influent channel
2. Flow regulation inlet orifice
3. Weir for even distribution
4. Side apertures for raw water admission
5. Concentric siphon
6. Filtered water channel
7. Control mechanism
8. Priming box of siphon
9. Washing desk/clogging indicator
10. Wash eater trough
11. Waste water drain valve
12. V-shaped channels
13. Surface sweep distribution

รูปที่ 2.3 เครื่องกรองน้ำชนิดกรองเร็ว

(การประปานครหลวง, 2543)

5) โรงจ่ายคลอรีน

ตั้งอยู่ตอนบนของถังน้ำใส เครื่องจ่ายคลอรีนมีหน้าที่จ่ายคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่ยังหลงเหลือจากการกรองน้ำ โดยใช้คลอรีนในรูปก๊าซบรรจุในถัง ขนาด 70 กิโลกรัม

6) ถังน้ำใส

ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 36x54x3 ลูกบาศก์เมตร ความจุประมาณ 5,700 ลูกบาศก์เมตร อยู่ใต้ระดับพื้นดินครึ่งหนึ่ง แบ่งเป็น 2 ตอน สามารถปิดกั้นแต่ละตอนเพื่อการทำความสะอาด

หลังจากนี้น้ำประปาจะถูกจ่ายไปตามบ้านเรือน ตามท่อที่ทำด้วยเหล็กฉาบสังกะสี มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 – 2.5 นิ้ว

ในขั้นตอนการผลิตน้ำประปา ตั้งแต่จุดสูบน้ำดิบจนถึงท่อน้ำประปา พบว่า น้ำใช้เวลากักเก็บในระบบ ประมาณ 2 ชั่วโมง สาหร่ายที่พบในระบบส่วนมากจึงมาจากคลองส่งน้ำดิบ และมีสาหร่ายหลายชนิดสามารถเจริญเติบโตในระบบ ซึ่งมักเป็นสาหร่ายที่ยึดเกาะพื้นผิวอุปกรณ์ภายในระบบ สาหร่ายที่มักพบเป็นปัญหาในระบบผลิต มีผลทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่างๆ ลดลง ปัญหาที่เกิดขึ้น ได้แก่

ก) ทำให้พื้นผิวของระบบบำบัดน้ำเป็นเมือก จึงต้องทำความสะอาดบ่อยขึ้น

ข) ลดประสิทธิภาพของถังตกตะกอน เนื่องจากแรงลอยตัวของสาหร่าย

ค) อุดตันระบบการกรองน้ำด้วยทราย

ง) ทำให้ท่อส่งน้ำอุดตัน เนื่องจากสาหร่ายบางชนิดเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงน้อย

จ) สาหร่ายบางชนิดทำให้น้ำประปาเกิดสี รส หรือกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 สาหร่าย

สาหร่าย (Algae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่พบทั่วไปในธรรมชาติ โดยเฉพาะในน้ำ ทั้งน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย นอกจากนี้ยังพบในดิน น้ำพุร้อน หรือแม้กระทั่งอาศัยพึ่งพาร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น รา หรือปะการังบางชนิด สาหร่ายจัดเป็นพืชชั้นต่ำที่มีโครงสร้างไม่สลับซับซ้อน เนื่องจากสาหร่ายไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น หรือใบ แม้ว่ามีบางชนิดที่มีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง จึงเรียกลักษณะของสาหร่ายว่าทัลลัส (Thallus) ซึ่งมักเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ (Macroalgae) ที่จัดสาหร่ายเป็นพืช เนื่องจากสาหร่ายมีรงควัตถุในการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ คลอโรฟิลล์ ทำให้สามารถสร้างอาหารเองได้

สาหร่ายมีรูปร่างและขนาดที่มีความหลากหลายมาก กล่าวคือ ชนิดที่มีขนาดเล็กที่สุดอาจมีขนาดใกล้เคียงกับแบคทีเรีย คือ ขนาดเพียง 0.2 – 2 ไมครอน ส่วนชนิดที่มีขนาดใหญ่ คือ Kelp ที่พบเฉพาะในมหาสมุทรแปซิฟิก อาจมีขนาดยาวถึง 200 ฟุต ส่วนรูปร่างนั้น มีรูปร่างต่างๆ เช่น รูปร่างกลม แบน ทรงกระบอก เป็นแฉก เป็นเหลี่ยม หรือรูปดาว เป็นต้น สาหร่ายสามารถแบ่งได้โดยดูจากลักษณะเซลล์ คือ สาหร่ายเซลล์เดี่ยว (Unicellular) และสาหร่ายหลายเซลล์ (Multicellular) เป็นเส้นสาย (Filament) หรือ เป็นกลุ่มเซลล์ (Colony) แบ่งจากการเคลื่อนที่ คือ เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้ เป็นต้น (Bold, 1985)

การแพร่กระจายของสาหร่ายขึ้นอยู่กับที่อยู่อาศัยของสาหร่าย (Habitat) สาหร่ายที่อยู่ในน้ำไหลเอื่อย จะมีรูปร่างและชนิดต่างจากชนิดที่อยู่ในน้ำไหลแรง เช่น ในน้ำตกมักพบสาหร่ายสีเขียว เช่น *Ulothrix* สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Rivularia* สาหร่ายสีแดง เช่น *Batrachospermum* และ *Demania* ส่วนในน้ำนิ่ง ชนิดของสาหร่ายขึ้นอยู่กับแสง อุณหภูมิ และความสมบูรณ์ของอินทรียสาร (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2532)

ในการศึกษาสาหร่าย มักศึกษาปัจจัยด้านต่างๆ ดังนี้

1) ชนิดของรงควัตถุ (Pigments) ในการสังเคราะห์แสง
2) ชนิดของอาหารสะสม
3) รูปร่าง ลักษณะ จำนวน รวมทั้งตำแหน่งของหนวด (Flagella)
4) องค์ประกอบของผนังเซลล์
5) วิธีการสืบพันธุ์
6) โครงสร้างของเซลล์

แต่การจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ จะใช้รงควัตถุภายในเซลล์ในการจำแนกได้เป็น 9 กลุ่ม (Divisions) ตาม Bold (1985) ดังนี้

1) Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)
2) Division Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว)
3) Division Chrysophyta (สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง)
4) Division Euglenophyta (Euglenoids)
5) Division Charophyta (สาหร่ายไฟ หรือ Stoneworts)
6) Division Phaeophyta (สาหร่ายสีน้ำตาล)
7) Division Pyrrophyta (สาหร่ายสีเหลืองแกมน้ำตาล หรือ Dinoflagellates)
8) Division Cryptophyta (Cryptomanads)
9) Division Rhodophyta (สาหร่ายสีแดง)

โดยสาหร่ายทำให้เกิดปัญหาในระบบผลิตน้ำประปา ส่วนมากอยู่ใน 3 กลุ่ม ต่อไปนี้

1) Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน หรือ Cyanobacteria)

จัดเป็นพวกเดียวกับแบคทีเรีย (Procaryotic Cell) เนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส แต่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมี คลอโรฟิลล์ เอ จึงสามารถสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งไม่พบในแบคทีเรีย

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพบได้ทุกหนแห่ง ส่วนใหญ่พบในน้ำจืด แต่ก็สามารถเจริญได้ในน้ำทะเล น้ำกร่อย แม้กระทั่งในน้ำพุร้อน หิมะ หรือในทะเลทราย เนื่องจากสาหร่ายเหล่านี้ทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดีกว่าสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ ลักษณะที่สำคัญคือ

1. รงควัตถุในการสังเคราะห์แสง ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ แคโรทีนอยด์ ไฟโคบิโลโปรตีน โดยรงควัตถุไม่อยู่ในพลาสติด แต่กระจายเป็นอิสระในไซโตพลาสซึม
2. มีผนังเซลล์ 2 ชั้น คล้ายแบคทีเรียชนิดแกรมลบ ด้านนอกผนังเซลล์ มีลักษณะเป็นเมือกใส เรียกว่า Sheath
3. ไม่มีหนวด (Flagella) แต่จะเคลื่อนที่แบบเลื่อนไหล (Gliding Movement) มีทั้งแบบถอยหน้าถอยหลัง แกว่งซ้ายขวา เคลื่อนไหวเป็นคลื่น หรือหมุนเป็นเกลียว
4. ไม่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
5. สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศและเซลล์สามารถเปลี่ยนสีได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของแสง ความเข้มของแสงหรือปริมาณธาตุอาหาร แต่จะพบในบางชนิดเท่านั้น

6. อาหารสะสมคือ แป้งไซยาโนไฟซิน (Cyanophycin Starch) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตในรูปแกรนูล (Granules) กระจายอยู่ในโครโมพลาสซึม นอกจากนี้ยังมีไกลโคเจนแกรนูลและหยดน้ำมัน

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบได้ทั้งเซลล์เดี่ยว (Unicellular) กลุ่มเซลล์ (Colony) แบบพาลเมลลา (Palmella) หรือแบบเส้นสาย (Filamentous) แบบเส้นสายที่พบบ่อยที่สุด คือ *Oscillatoria* โดยมีการเรียงตัวของเซลล์เป็นแถว เรียก Trichome รอบๆ Trichome จะมี Sheath หุ้ม จึงเรียก Trichome ที่มี Sheath หุ้ม ว่า Filament ในบางสกุลมีเซลล์ที่มีผนังหนาอยู่ระหว่างเซลล์ปกติ เรียกว่า Heterocyst เช่น สกุล *Anabaena* และ *Anabaenopsis* เส้นสายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีทั้งแบบแตกแขนงและไม่แตกแขนง และการแตกแขนง มีทั้งแบบแขนงแท้และแขนงเทียม

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายชนิดทำให้เกิดการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว (Water Bloom) จนทำให้แหล่งน้ำเปลี่ยนสี เมื่อมีปริมาณมากจะทำให้สัตว์น้ำตาย น้ำมีกลิ่นเหม็น สารเคมีบางชนิดทำให้น้ำมีกลิ่นและรสเปลี่ยนแปลง เช่น จีออสมิน (Geosmin) และสาร 2-methylisoborneol (2-MIB) และสาหร่ายบางชนิดยังสร้างสารพิษ (Toxin) เช่น *Microcystis* และ *Anabaena* สารพิษนี้มีผลในการทำลายตับและระบบประสาท สามารถทำให้คนถึงแก่ความตายถ้าดื่มน้ำที่มีสารพิษชนิดนี้

นอกจากนี้ถ้าสัมผัสกับน้ำที่มีการบลูมของสาหร่ายบางชนิดจะทำให้ผิวหนังอักเสบคันและบวม เช่น *Anabaena* spp., *Oscillatoria agardhii*, *O. rubescens*, *Lyngbya majuscula* หรือ *Gloeotrichia echinulata*

การทำลายพิษเหล่านี้ ไม่สามารถทำลายให้หมดโดยการกรอง การใส่คลอรีน การต้ม หรือแม้แต่การใช้ด่าง นอกจากนี้สารปฏิชีวนะ เช่น สเตรพโตมัยซิน (Strepmycin) หรือนีโอมัยซิน (Neomycin) สามารถลดการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดได้ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544) แต่วิธีที่ดีที่สุดคือการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

2) Division Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว หรือ Green Algae)

มีเซลล์เหมือนพืชชั้นสูง (Eucaryotic Cell) พบทั่วไปในน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำทะเล หรือแม้แต่บนดิน มีลักษณะที่สำคัญ คือ

1. รงควัตถุสีเขียว เนื่องจากไม่ถูกบดบังด้วยรงควัตถุอื่น มีส่วนประกอบเหมือนพืชชั้นสูง คือ มี คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี แคโรทีน และแซนโธฟิลล์ รงควัตถุอยู่ในคลอโรพลาสต์ โดยที่คลอโรพลาสต์มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น มีรูปร่างแตกต่างกัน เช่น รูปถ้วย

(Cup-shaped) รูปวงรอบเซลล์ (Girdle-shaped) เป็นตาข่าย (Reticulate) เป็นรูปเกลียว (Spiral) รูปดาว (Stellate) หรือเป็นแถบข้างเซลล์ (Parietal) และมีจำนวน 1 อันขึ้นไป

2. อาจมีหรือไม่มีผนังเซลล์ โดยทั่วไปมีผนังเซลล์ 2 ชั้น
3. มีหรือไม่มีหนวด จะพบหนวดในกลุ่มที่เคลื่อนที่ได้ โดยพบตั้งแต่ 1 เส้นหรือมากกว่า หนวดไม่มีขน (Tubular Hair) อาจพบเกล็ด (Scale) บนหนวดได้
4. อาหารสะสมมีทั้งแป้งและไขมัน ส่วนมากอยู่ในรูปของแป้ง ที่ประกอบด้วย อะไมโลส (Amylose) และ อะไมโลเพกติน (Amylopectin) สร้างจากไพรีนอยด์ซึ่งอยู่ภายในหรือบนคลอโรพลาสต์
5. สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ

3) Division Chrysophyta (สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง หรือ Golden-Brown Algae)

เป็นดิวิชันใหญ่ที่รวมสาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง (Yellow–Green Algae) และสาหร่ายกลุ่มไดอะตอม (Diatom) เข้าไว้ด้วยกัน มีลักษณะสำคัญ คือ

1. รงควัตถุอยู่ในคลอโรพลาสต์ คือ คลอโรฟิลล์ เอ บางชนิดมี คลอโรฟิลล์ ซี แคโรทีน ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน (β-Carotene) และเอบซีลอน-แคโรทีน (ε-Carotene) แซนโธฟิลล์ ได้แก่ ฟูโคแซนธิน (Fucoxanthin) ไดอะโตแซนธิน (Diatoxanthin) และไฟโคบิโลโปรตีน ปริมาณของแคโรทีนอยด์และแซนโธฟิลล์มีมากกว่าคลอโรฟิลล์ จึงทำให้สีของคลอโรพลาสต์มีสีตั้งแต่ เหลือง เขียวแกมเหลือง เขียวมะกอก เหลืองแกมน้ำตาล น้ำตาลแกมทอง น้ำตาลอ่อน เป็นต้น
2. ผนังเซลล์เป็นเนื้อเดียวกัน หรือเป็นแผ่น บางกลุ่มไม่มีผนังเซลล์แต่มีเยื่อหุ้มเซลล์
3. อาหารสะสมมีทั้งแป้ง (อยู่ในรูป Chrysolaminarin หรือ Leucosin) และไขมัน
4. เซลล์มีรูปร่างแตกต่างกัน อาจมีรูปร่าง รี กลม ทรงกระบอก หรือรูปกระสวย บางกลุ่มมีรูปร่างเฉพาะ เช่น ไดอะตอม คือมีลักษณะเป็น 2 ฝาครอบกันพอดี

สำหรับสาหร่ายกลุ่มไดอะตอม อยู่ใน Class Bacillariophyceae เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลุ่มประชากรสาหร่าย พบได้ในน้ำจืดและน้ำเค็ม อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวและกลุ่มเซลล์ เซลล์ปรกติไม่พบหนวด ผนังเซลล์ของไดอะตอมมีลักษณะพิเศษ ประกอบด้วย ฟรุสตูล (Frustule) ที่เป็นซิลิกาล้อมด้วยสารเมือก (Mucilagenous) ฟรุสตูลมี 2 ฝา คือฝาบน (Epitheca) และฝาล่าง (Hypotheca) และมีวงคาดรอบฝาทั้งสองเรียกว่า Girdle Band อนุกรมวิธานของไดอะตอมจำแนกโดยใช้รูปร่าง จำนวนและตำแหน่งของคลอโรพลาสต์ รวมทั้งรูปร่างของเซลล์ โครงสร้างและ

ลวดลายบนฝา (Striae) ที่มีลวดลายแตกต่างกันมากมาย โดยมี 2 อันดับ (Order) คือ Centric Diatom และ Pennate Diatom

กลุ่มของไดอะตอมในระบบนิเวศ แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

1. Euplanktonic Diatom เป็นกลุ่มที่เป็นแพลงก์ตอนตลอดเวลา ส่วนมากเป็น Centric Diatom มักก่อให้เกิดบลูมในฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วงในทะเลสาบและมหาสมุทรในเขตอบอุ่น และในฤดูร้อนในเขตละติจูดที่สูงกว่า
2. Benthic Diatom สาหร่ายกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็น Pennate Diatom เป็นสาหร่ายที่จับกับสิ่งที่จมน้ำเป็นกลุ่มแรก การขับเมือกของไดอะตอมและแบคทีเรีย ทำให้เกิดฟิล์มบางๆ บนพื้นผิวของสิ่งที่จมน้ำ เป็นการเตรียมพื้นผิวให้กับสาหร่ายอื่นๆ การเกาะกับพื้นผิวอาจใช้ฝาข้างหนึ่งแนบพื้นผิว หรือ เกาะโดยเมือกเหนียวๆ ก็ได้
3. Meroplanktonic Diatom เป็นแพลงก์ตอนชั่วคราว ส่วนมากเป็น Pennate Diatom ที่เกาะพื้นผิวอย่างหลวมๆ เมื่อถูกรบกวนจะพัดพากลายเป็นแพลงก์ตอนลอยอิสระในน้ำ

ในระบบผลิตน้ำประปา สาหร่ายที่สร้างกลิ่นและรสเป็นปัญหาในการผลิตน้ำ เช่น สกุล *Synura* ผลิตกลิ่นแตงกวาดิบ และรสขม สกุล *Dinobryon*, *Uroglenopsis* และ *Peridinium* ผลิตกลิ่นคาวปลาอย่างแรง *Synedra* ผลิตกลิ่นอับ หรือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Anabaena*, *Anacystis* และ *Aphanizomenon* ผลิตกลิ่นสกปรกคล้ายเส้าหมู *Gomphosphaeria*, *Cylindrospermum* และ *Rivularia* ผลิตกลิ่นหญ้า *Chlamydomonas*, *Cryptomonas* และ *Euglena* ผลิตรสหวาน (อาภารัตน์ มหาขันธ์, 2541)

กลุ่มสาหร่ายที่ผลิตเมือก (Slime) เช่น *Palmella*, *Anacystis*, *Rivularia*, *Anabaena* และ *Oscillatoria* เป็นสาเหตุของรสและกลิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีเกิดการย่อยสลายในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Anarobic Decomposition)

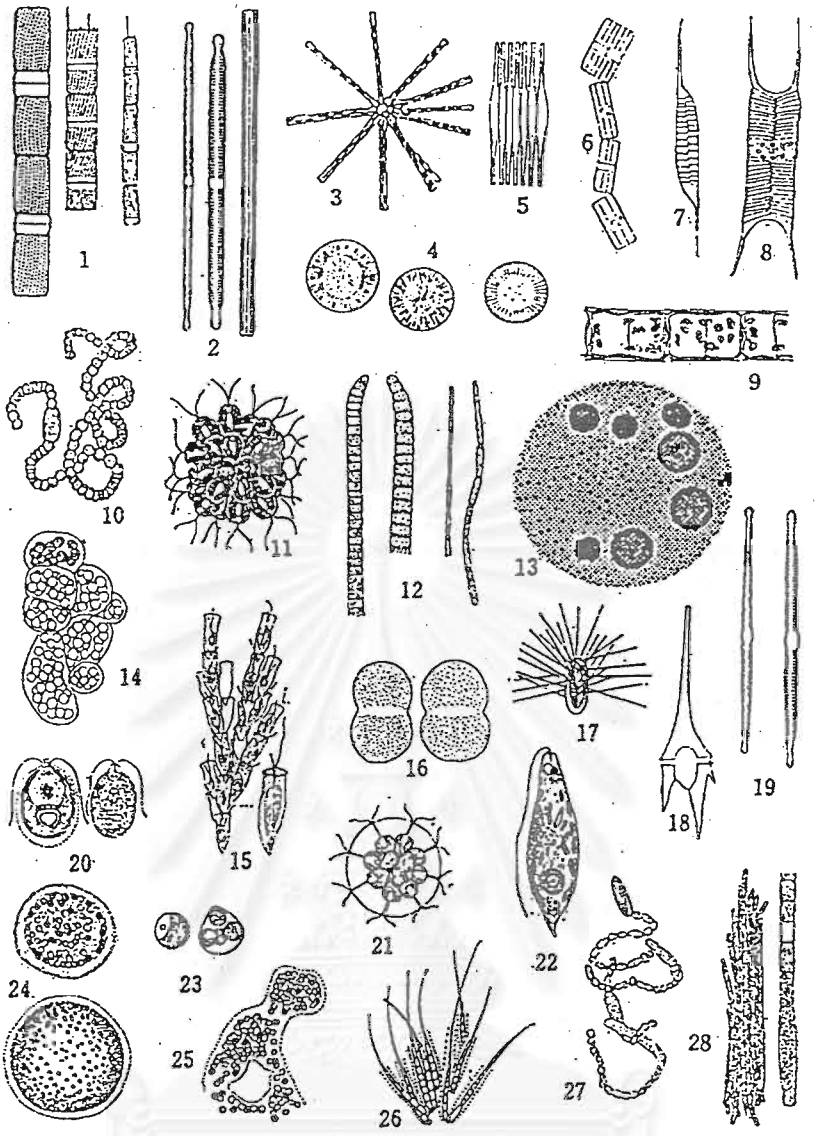
สาหร่ายที่เป็นสาเหตุของการอุดตันของระบบกรองน้ำด้วยทราย ทำให้ช่วงเวลากรองสั้นลง มักเป็นสาหร่ายกลุ่มไดอะตอม เช่น *Asterionella*, *Fragilaria*, *Tabellaria*, *Aulacoseira (Melosira)* และ *Synedra* ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กลุ่มของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุของการอุดตันของระบบกรองน้ำด้วยทราย (Amporn Kankanlaung, 2000)

กลุ่มของสาหร่าย	ชนิดของสาหร่าย
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanophyta)	*Anabaena flos-aquae*
	Anacyscis dimidiata หรือ *Chroococcus turgidus*
	Gloeotrichia echinulata
	Oscillatoria amphibia
	Oscillatoria chalybea
	Oscillatoria ornata
	Oscillatoria princeps
	Oscillatoria pseudogeminata
	Oscillatoria rubescens
	Oscillatoria splendida
	Rivularia dura
สาหร่ายสีเขียว (Chlorophyta)	*Chlorella pyrenoidosa*
	Cladophora aegagropila
	Closterium moniliferum
	Dictyosphaerium pulchellum
	Hydrodictyon sphaerocarpa
	Spirogyra porticalis
	Ulothrix variabilis
	Zygnema insigne
ไดอะตอม (Chrysophyta)	*Asterionella formosa*
	Cyclotella meneghiniana
	Cymbella ventricosa
	Diatoma vulgare
	Fragilaria crotonensis
	Melosira granulata
	Melosira varians
	Melosira granulata var. *angustissima f. spiralis*
	Melosira italiga
	Gyrosigma nodiferum
	Synedra ulna
	Synedra acus
	Navicula graciloides
	Tabellaria fenestrata
	Tabellaria flocculosa

สาหร่ายที่สะสมและเติบโตบนผิวของทรายกรอง ในลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ทำให้อัตราการไหลผ่านชั้นกรองลดลง แต่ก็อาจมีประโยชน์ในแง่ที่สามารถเพิ่มออกซิเจนให้น้ำที่ไหลผ่าน ก่อให้เกิดการย่อยสลายอินทรียสารในเครื่องกรองในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ เรียกเมือกของสาหร่าย พืชน้ำและสัตว์น้ำอื่นๆ ที่อยู่บนผิวกรองทรายช้า ว่า ผิวกรอง (Filter Skin) หรือ Schmutzdecke เมื่อเกิดปัญหาการอุดตันทำให้การล้างย้อนต้องทำบ่อยครั้งขึ้น สิ้นเปลืองเวลาและน้ำ รวมทั้งต้องเปลี่ยนทรายบ่อย ถ้ามีสาหร่ายมากจะรบกวนการทำงานของกระบวนการโคแอกกูเลชัน ทำให้การตกตะกอนของฟล็อคในถังตกตะกอนไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร (พิษณุพล สงวนนวล, 2543)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) สาหร่ายที่อุดตันระบบกรองน้ำ

1.และ 9.*Aulacoseira* 2.*Synedra* 3.*Asterionella* 4.*Cyclotella* 5.*Fragilaria* 6.*Tabellaria* 7.*Rhizosolenia* 8.*Atteya*

ข) สาหร่ายที่ทำให้เกิดกลิ่น

10.*Anabaena* 11.*Synura* 12.*Oscillatoria* 13.*Volvox* 14.*Microcystis* 15.*Dinobryon* 17.*Mallomonas* 18.*Ceratium* 19.*Synedra*

ค) สาหร่ายที่ทำให้เกิดสี

16.*Cosmarium* 20.*Chlamydomonas* 21.*Pandorina* 22. *Euglena* 23.*Chlorella*

ง) สาหร่ายที่สร้างสารพิษ

24.*Coelosphaerium* 25.*Microcystis* 26.*Gloeotrichia* 27.*Anabaena* 28.*Aphanizomenon*

รูปที่ 2.4 สาหร่ายและผลกระทบที่มีต่อระบบประปา (Konno,1999)

2.3 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ในการเจริญเติบโตและแพร่กระจายของสาหร่าย ขึ้นอยู่กับที่อยู่อาศัยของสาหร่าย โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนี้

2.3.1 แสง (Light)

เป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ปริมาณและความเข้มของแสงมีผลต่อการเติบโตของสาหร่าย เนื่องจากสาหร่ายใช้พลังงานแสงในกระบวนการชีวเคมีในเซลล์ ความเข้มของแสงจะเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับสี ความขุ่น และปริมาณเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำ และอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงไปตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น สาหร่ายแต่ละชนิดต้องการความเข้มข้นของแสงแตกต่างกัน

2.3.2 ความขุ่นของน้ำ (Turbidity)

เกิดจากการที่มีสิ่งแขวนลอยกั้นทางเดินแสงในน้ำ อาจมีขนาดแตกต่างกัน ทั้งอินทรียสารและอนินทรียสารเช่น ดินละเอียด แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการกระจาย (Scattered) และการดูดซึม (Absorbed) ของแสง แหล่งน้ำต่างๆ จะมีความขุ่นแตกต่างกัน ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะดินบนพื้นน้ำ อัตราการไหลของน้ำ อุณหภูมิน้ำ เป็นต้น ความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย ทำให้เป็นปัจจัยในการตัดสินของผู้บริโภคในการใช้น้ำ และยังเป็นอุปสรรคในการกรองน้ำและฆ่าเชื้อโรคในการผลิตน้ำประปา (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2543)

2.3.3 อุณหภูมิ (Temperature)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแหล่งน้ำธรรมชาติ ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ ความเข้มของแสง ฤดูกาล อุณหภูมิอากาศ กระแสลม กระแสน้ำ ระดับความสูง ตำแหน่งเส้นรุ้ง ลักษณะภูมิประเทศ ปริมาณน้ำ ความลึกของน้ำ ความขุ่น ต้นกำเนิดของแหล่งน้ำ เวลา สภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งน้ำ ความร้อนจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต ในเขตร้อน เป็นต้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของสาหร่าย อยู่ที่ 20 - 29 °ซ และที่ pH 6.0 - 7.5

2.3.4 กระแสน้ำ (Current)

เป็นปัจจัยที่ผลต่อการเจริญเติบโต การแพร่กระจาย รูปร่าง และชนิดของสาหร่าย สาหร่ายบางชนิดมีโครงสร้างที่เรียกว่า Holdfast และสร้างเมือกเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับสิ่งต่างๆ

ในน้ำ ได้แก่ สกุล *Cladophora, Gomphonema, Achnanthes, Cocconeis* และ *Cymbella* (Round, 1973; Palmer, 1977: อ้างถึงใน บานเย็น จันทราฤทธิกุล, 2534)

2.3.5 สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

คือความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้าผ่านสื่อนำไฟฟ้าพวกอิออนของสารประกอบอนินทรีย์ เช่น กรดอนินทรีย์ ด่าง และเกลือ สารอนินทรีย์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีเพราะแตกตัวให้อิออนบวกและลบ ทำให้ทราบปริมาณของสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนสารอินทรีย์ไม่แตกตัวจึงไม่นำไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำไม่ได้เป็นค่าเฉพาะของอิออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของอิออนทั้งหมดในน้ำ และค่านี้ไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ บอกแต่เพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และจะผันแปรตามความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ และ pH ของน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำและลุ่มน้ำ เช่น ลักษณะของดิน และหิน ภูมิประเทศ ฝน การระบายน้ำ ปริมาณน้ำ กระบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำ และกิจกรรมของมนุษย์ เป็นต้น น้ำที่ไหลจากต้นน้ำและผ่านพื้นที่ที่มนุษย์อาศัยอยู่ จะมีค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 100 – 5,000 µS/cm. แต่ปัจจุบันในประเทศไทยจะวัดค่าการนำไฟฟ้าได้สูงกว่าเพราะมีสารละลายปะปนอยู่ในปริมาณมาก ค่าการนำไฟฟ้าอาจเป็นเครื่องชี้ได้ถึงความเป็นมลพิษ คือถ้ามีค่าสูงกว่า 3,000 µS/cm. จัดว่ามีผลกระทบต่อการมีชีวิตของสัตว์และพืชน้ำ (บานเย็น จันทราฤทธิกุล, 2534)

2.3.6 ความเป็นกรด – เบส (pH)

เป็นค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในน้ำ ณ ช่วงเวลาที่ทำการวัด เป็นลักษณะทางเคมีของน้ำที่มีความสำคัญมากและสัมพันธ์กับระบบต่างๆ มากมาย pH มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 14 น้ำบริสุทธิ์มี pH เท่ากับ 7 น้ำที่มี pH สูงกว่า 7 ถือว่าเป็นเบส ส่วนน้ำที่มี pH ต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด ค่า pH ของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะแตกต่างกันได้ เนื่องจากลักษณะสภาพแวดล้อม โดยทั่วไป pH ของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5.0 - 9.0 ถ้ามีมากหรือน้อยกว่านี้ สิ่งมีชีวิตในน้ำจะได้รับอันตราย น้ำผิวดินมี pH 6.5 - 8.5 น้ำใต้ดินอาจมี pH ต่ำกว่า 6 เนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ในปริมาณสูง น้ำในบ่อหรืออ่างเก็บน้ำอาจมี pH สูงถึง 9 ได้หรือมากกว่า (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2543) และถ้ามีสาหร่ายเติบโตในปริมาณมากและมีการสังเคราะห์แสงในแหล่งน้ำนั้น pH ในน้ำอาจมีค่าถึง 10 ทำให้ต้องใช้สารส้มปริมาณมากในการลดค่า pH

2.3.7 ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO)

สิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของพืชที่ปล่อยออกซิเจนอิสระออกมาละลายในน้ำ และจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่น้ำ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความดัน อุณหภูมิ และปริมาณของแข็งละลาย ค่า DO สามารถบอกให้ทราบว่าน้ำมีมลภาวะหรือไม่ และมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในน้ำเพียงใด

2.3.8 ออกซิเจนคอนซูม (Oxygen Consume, OC)

คือปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ โดยการออกซิไดซ์ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ค่าออกซิเจนคอนซูม สามารถทำให้ทราบถึงปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ

2.4 การควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย

วิธีการควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีหลายวิธี ทั้งการควบคุมในแหล่งน้ำดิบ และการควบคุมในระบบผลิตน้ำประปา

2.4.1 การควบคุมในแหล่งน้ำดิบ

ก) ทางกายภาพ เช่น การใช้เครื่องจักรตักขึ้น การใช้สี การใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เพื่อปิดกั้นแสง การขุดลอกตะกอนที่ทับถมอยู่ก้นอ่างเก็บน้ำดิบ การใช้คลื่นเสียง (Ultrasonic Radiation) เพื่อกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ข) ทางเคมี วิธีการใช้สารฆ่าสาหร่าย (Algicides) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม สารที่ใช้กันมาก เช่น คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ในบางครั้งใช้ด่างทับทิมหรือสารโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ก็ได้ผลเช่นกัน ในการเลือกสารฆ่าสาหร่ายที่ดี ควรเลือกสารที่สามารถฆ่าเฉพาะสาหร่ายชนิดที่ต้องการได้ โดยไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ในแหล่งน้ำ ไม่ทำให้คุณภาพน้ำต่ำลง ไม่สะสมในแหล่งน้ำ มีราคาถูกและใช้งานง่าย ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

ค) ทางชีวภาพ เช่น การใช้โปรโตซัว แพลงก์ตอนสัตว์ การใช้ปลา ในการลดปริมาณสาหร่าย แต่ต้องไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ใหม่ ยังไม่สามารถใช้งานจริงในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ได้

ง) ควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำตามมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม โดยควบคุมปริมาณสารอาหารที่จำเป็น ในการเติบโตของสาหร่าย เช่น ฟอสเฟต ไนเตรต ไม่ให้มีค่ามากพอสำหรับการเติบโตของสาหร่าย

จ) การป้องกันการแบ่งชั้นของน้ำ (Destratification) โดยการเป่าอากาศลงในน้ำ ให้น้ำที่เย็นกว่าจากด้านล่างอ่างเก็บน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวน้ำ เป็นการลดปริมาณสาหร่ายได้อีกทางหนึ่ง

2.4.2 การควบคุมในระบบผลิตน้ำประปา

ก) ทางกายภาพ

- การเลือกตำแหน่งรับน้ำ (Water Intake) โดยเลือกตำแหน่งให้อยู่ต่ำกว่าพื้นผิวน้ำ เนื่องจากสาหร่ายส่วนใหญ่มักอาศัยอยู่ส่วนบนของน้ำ
- โดยการตักสาหร่ายที่ลอยขึ้นในถังทรายกรองและถังตกตะกอน เนื่องจากสาหร่ายบางชนิดสร้างฟองอากาศ
- การขัดบ่อ
- การบังแสงแดด โดยการหาวัสดุครอบถังบำบัด เป็นการช่วยลดปัจจัยในการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ทางหนึ่ง

ข) ทางเคมี

- การเพิ่มค่า pH เพื่อปรับสภาพน้ำให้ไม่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ที่เมืองลากอส ประเทศไนจีเรีย ทำการปรับค่า pH ของน้ำในถังตกตะกอน จาก 6 เป็น 8 สามารถป้องกันการเจริญของสาหร่ายเส้นใย เช่น *Spirogyra* ได้
- การใช้คลอรีน (Prechlorination) ในการฆ่าเชื้อโรค โดยผสมคลอรีนในถังตกตะกอนก่อนให้น้ำผ่านถังกรองทราย ความเข้มข้นของคลอรีนที่สูงขึ้นทำให้สาหร่ายลดจำนวนได้มาก แต่ข้อเสียคือ เมื่อคลอรีนทำปฏิกริยากับสารอินทรีย์จากการย่อยสลายของสาหร่าย ทำให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง จึงได้มีการกำหนดจากองค์การป้องกันสภาวะแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency: US EPA) ให้มีปริมาณสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาได้ไม่เกิน 100 ไมโครกรัม/ลิตร
- การเพิ่มสารโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) และการเติมถ่านกัมมันต์ แต่วิธีนี้ใช้ต้นทุนการผลิตสูง
- การใช้ไฟฟ้า ระบบประปาที่เมือง Poitiers ประเทศฝรั่งเศส ใช้รางที่มีขั้วทองแดง จุ่มในน้ำก่อนเข้าถังทรายกรองที่ไหลด้วยความเร็ว 30 เซนติเมตร/วินาที ให้มีสนามไฟฟ้า

36 โวลต์/เซนติเมตร กระแสไฟ 2.6 แอมแปร์ ความต่างศักย์ 115 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ พบว่าลดปริมาณสาหร่ายเส้นใย และยืดระยะการกรองของถังทรายกรองได้ แต่สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า

- การใช้ระบบกรอง เช่น ไมโครสเตรนเนอร์ (Microstrainer) และพรีฟิลเตอร์ (Prefilter) การใช้ไมโครสเตรนเนอร์ที่มีขนาดรู (Apertures) 35 ไมครอน สามารถกรองสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่กว่า 35 ไมครอนออกไปได้ แต่ถ้าต้องการกรองสาหร่ายที่มีขนาดเล็กกว่านี้จะต้องใช้ตะแกรงที่เล็กลง ทำให้ต้องใช้แรงดันน้ำมาก ซึ่งจะต้องใช้กลไกควบคุมการหมุนของตะแกรง และการฉีดน้ำล้างตะแกรงตลอดเวลา จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาก ส่วนวิธีพรีฟิลเตอร์ ใช้ต้นทุนต่ำกว่า แต่การใช้กรวดเป็นสารกรองทำให้อุดตันง่าย และทำความสะอาดยาก (พิษณุพล สงวนนวล, 2543)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sabater (1995) ศึกษาสาหร่ายจากตัวอย่างน้ำประปาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสเปน จากตัวอย่างน้ำพบสาหร่าย 2 – 9 ชนิด มีความหนาแน่นของสาหร่าย 20 – 1,000 เซลล์/มิลลิลิตร ชนิดที่พบไม่สัมพันธ์กับชนิดสาหร่ายในธรรมชาติในแต่ละฤดูกาล โดยส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายสีเขียวที่ลอยเป็นอิสระในน้ำ สาหร่ายที่เป็นเส้นสายพบน้อยแต่ต่อมาจะยึดเกาะกับถังเก็บน้ำและเจริญได้ดี

จากงานวิจัยปัญหาที่เกิดจากสาหร่ายในการประปาประเทศญี่ปุ่น 26 แห่ง ในรอบ 5 ปี ตั้งแต่ ปี ค.ศ.1987 ถึงปี ค.ศ.1991 พบว่า เกิดปัญหา 20 แห่ง และเกิดเหมือนกันทุกปี ปัญหาที่เกิดมากที่สุดที่เกิดจากสาหร่าย คือการใช้ออกซิเจนของสาหร่าย 63%, ค่า pH สูงขึ้น 21% และความขุ่นเพิ่มขึ้น 16% สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สกุลที่สร้างปัญหา คือ *Microcystis* sp. กลุ่มไดอะตอม คือ *Synedra* sp. และ *Cyclotella* sp. กลุ่มสาหร่ายสีเขียวสกุลที่สร้างปัญหา คือ *Dictyosphaerium* sp. ส่วนกลุ่ม Dinoflagellates ได้แก่ *Peridinium* sp. (Konno, 1999)

ปัจจัยทางด้านสภาพสารอาหาร มีผู้ศึกษาไว้มากมาย เช่น ธีรพล ดังคะเกตุ (2531) ทำการประเมินสถานภาพสารอาหารในน้ำจากอ่างเก็บน้ำภูมิพล พบว่าวิธีการทางเคมีวิเคราะห์และสาหร่ายวิเคราะห์ให้ผลสอดคล้องกัน และสามารถสรุปได้ว่า ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดอันดับแรกต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย และไนโตรเจนเป็นปัจจัยอันดับสอง ส่วนสารอื่นมีความสำคัญเป็นอันดับสาม

นคร บุญประคอง (2532) พบว่าปริมาณสาหร่ายในดิวิชัน Euglenophyta มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกับปริมาณธาตุอาหาร (แมกนิเซียม, โปแตสเซียม, ไบคาร์บอเนต และไนโตรเจน) แต่จะสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับอุณหภูมิ เนื่องจากสาหร่ายน้ำจืดทั่วไป เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25 – 30 °ซ เมื่ออุณหภูมิและซัลเฟตเพิ่ม จำนวนสกุลจะน้อย แต่ละสกุลจะมีปริมาณมากหรือเกิดบลูมขึ้น และสภาพน้ำค่อนข้างเสีย และเมื่อปริมาณซัลเฟตเปลี่ยนแปลงไปเป็นไฮโดรเจนซัลไฟต์ได้มากขึ้น จะเป็นพิษต่อสาหร่ายทั่วไป และมีสาหร่ายบางสกุลเท่านั้นที่สามารถทนทานและเจริญพันธุ์ได้ดี

ในประเทศไทย ได้มีรายงานการสำรวจสาหร่ายไว้มากมาย เช่น ตรัย เป็กทอง (2541) ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช และเบนทิคอัลจีในลำน้ำแม่สา ในเดือนเมษายน ปี 2540 ถึง กุมภาพันธ์ ปี 2541 พบ 87 ชนิด 5 ดิวิชัน 8 ลำดับ 19 วงศ์ 31 สกุล ที่พบส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไดอะตอม นอกจากนั้นสกุลที่พบรองลงมาคือ *Spirogyra* (7 ชนิด) *Cladophora* (2 ชนิด) และ *Ceramium* (2 ชนิด)

อาภารัตน์ มหาขันธ์ และคณะ (2543 ก., ข.) ดำเนินการโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างสาหร่ายจากแหล่งน้ำจืดในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างสาหร่ายจาก 6 จังหวัด 23 อำเภอ จำนวน 300 ตัวอย่าง สำรวจพบสาหร่าย 4 ดิวิชัน 16 ลำดับ 38 วงศ์ 91 สกุล 230 ชนิด (เฉพาะที่จำแนกได้) ได้แก่ ดิวิชัน Chlorophyta พบ 8 ลำดับ 18 วงศ์ 40 สกุล ดิวิชัน Chrysophyta 3 ลำดับ 10 วงศ์ 17 สกุล ดิวิชัน Cyanophyta 4 ลำดับ 9 วงศ์ 32 สกุล และ ดิวิชัน Euglenophyta 1 ลำดับ 1 วงศ์ 2 สกุล ส่วนการแพร่กระจาย พบสกุลของสาหร่ายที่มีการแพร่กระจายอยู่น้อยในพื้นที่ (พบ 1 - 5 แห่งจาก 300 แห่ง) ถึงร้อยละ 50 ของสกุลทั้งหมดที่พบ ส่วนสาหร่ายที่มีการแพร่กระจายสูงกว่าร้อยละ 20 มี 4 สกุล คือ *Chlorella*, *Phormidium*, *Scenedesmus* และ *Oscillatoria* (พบมากกว่า 25 แห่ง) เนื่องจากเป็นสาหร่ายที่มีความสามารถในการปรับตัวสูงต่อความเข้มข้นของสารอาหารในช่วงกว้างและมีแนวโน้มว่าจะเป็นสกุลที่เป็นสาเหตุของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำ

ด้านการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประปาในประเทศไทย เช่น สมพงษ์ จันทร์ขอนแก่น (2540) ศึกษาประสิทธิภาพของถังกรองทรายช้าของโรงกรองน้ำจังหวัดนครราชสีมาและศึกษาความหนาแน่นของสาหร่ายในน้ำดิบในอาคารแบ่งน้ำ และน้ำเหนือชั้นทรายกรอง และบนผิวทรายกรอง พบว่าที่อัตราการกรองแตกต่างกัน ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นและสารแขวนลอยไม่

แตกต่างกัน และพบว่าชนิดของสาหร่ายที่พบมากที่สุดในน้ำเหนือชั้นทรายกรองและบนผิวหน้าทรายกรอง คือ กลุ่ม Cyanophyta ชนิด *Trichodesmium* sp. รองลงมา คือ กลุ่ม Chrysophyta ชนิด *Melosira* sp. และ *Navicula* sp.

Phalla (1997) ศึกษาปัญหาที่เกิดจากสาหร่ายในกระบวนการตกตะกอน โดยใช้น้ำธรรมชาติในการศึกษา และหาปริมาณสาหร่ายจากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าเมื่อสาหร่ายสีเขียวมีปริมาณมากขึ้น จะทำให้การจับตัวของตะกอนมีประสิทธิภาพลดลง คือ ตะกอนมีขนาดใหญ่รวมทั้งมีความหนาแน่นต่ำ จึงตกตะกอนช้า ทำให้ต้องใช้สารส้มในการตกตะกอนมากขึ้น และประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นลดลง

กาญจนา ฟูตระกูล (2537) เปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำสามเสนและบางเขน พบว่าน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำสามเสนมีความขุ่นกว่าจากโรงผลิตน้ำบางเขน ส่วนประสิทธิภาพในการ ควบคุมคุณภาพน้ำประปาทั้ง 2 โรงงานมีประสิทธิภาพลดลงเรื่อย ๆ

Konno (1999) ศึกษาสาหร่ายที่มีผลกระทบต่อการผลิตน้ำประปาในประเทศไทย 2 แห่ง คือ โรงผลิตน้ำประปาสามเสน และหนองแค ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ในปี ค.ศ.1998 พบว่าในแม่น้ำเจ้าพระยา มีจำนวนสาหร่ายรวมสูงสุดเฉลี่ย 1,000 หน่วย ใน 100 มิลลิลิตร ในจำนวนมากกว่า 70% เป็นสาหร่ายที่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบกรองน้ำ 30 ถึง 80% เป็นสาหร่ายที่ทำให้เกิดรสและกลิ่น อัตราการกำจัดสาหร่าย มีเพียง 60% โดยเฉลี่ย หรืออาจน้อยกว่าเหลือเพียง 40%

Konno ยังพบอีกว่า ขนาดของทรายที่ใช้กรองน้ำที่โรงผลิตน้ำสามเสนนั้นมีขนาดอนุภาคใหญ่ว่าค่ามาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น คือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.18 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยในการล้างทราย ให้เร่งอัตราการเป่าอากาศให้เร็วขึ้นก่อนที่ตะกอนจะจมตัวในชั้นทรายชั้นล่าง และเพิ่มการระบายน้ำทิ้งเพื่อแยกตะกอนให้เหลือน้อยที่สุด ส่วนที่โรงผลิตน้ำหนองแคใช้ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า คือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.74 มิลลิเมตร แต่มีปริมาณความหนาของทรายต่ำเกินไป แก้ปัญหาได้โดยเพิ่มปริมาณทราย และเพิ่มอัตราและความถี่ในการล้างทรายให้เหมาะสม เมื่อนำทรายที่ผ่านการล้างมาตรวจหาสาหร่าย ยังพบสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมที่มีรูปร่างเรียวยาวขนาดประมาณ 100 ไมครอน เนื่องจากเม็ดทรายที่ใช้ในโรงกรองน้ำทั้งสองยังมีขนาดใหญ่นั่นเอง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ใช้

3.1.1 สถานที่ที่เก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างจากโรงผลิตน้ำประปาสามเสน ถนนพระราม 6 โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา รวมทั้งสิ้น 5 จุด ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ถึง 3.5 และมีรายละเอียดดังนี้

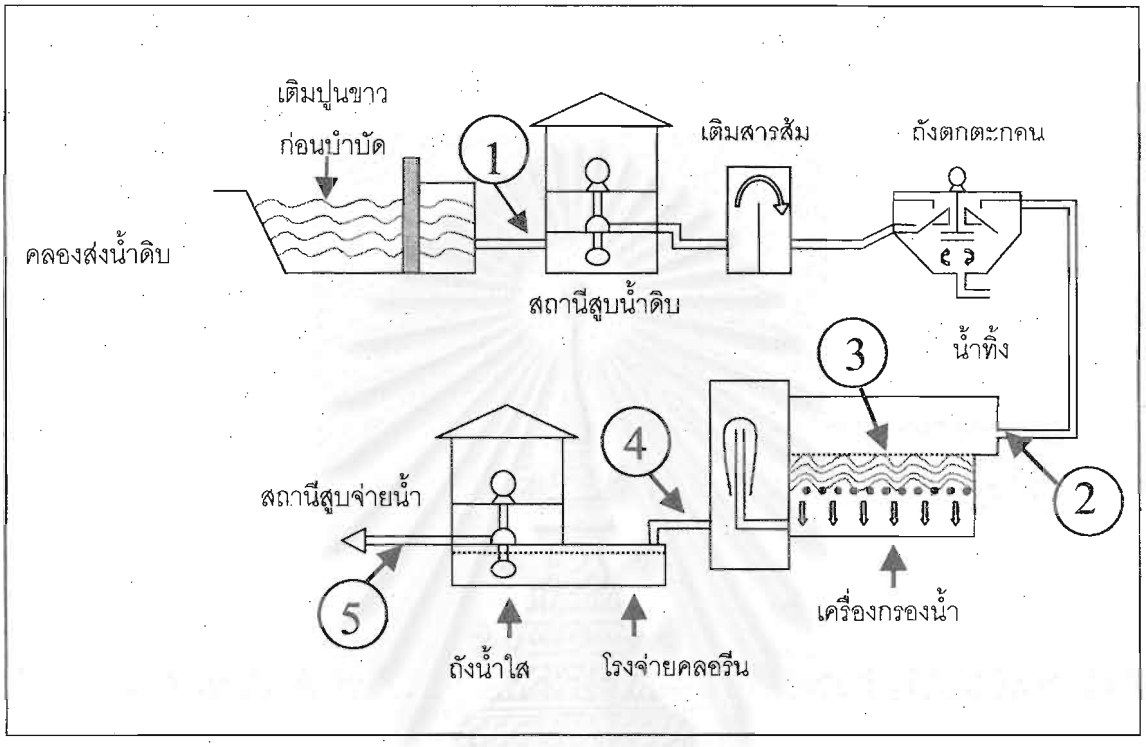
จุดที่ 1 จุดสูบน้ำดิบ (RW) เก็บตัวอย่างจากท่อสูบน้ำดิบจากคลองประปา โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 1 เมตร และลึกจากผิวน้ำเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร (โดยเชื่อมท่อสูบน้ำเข้าสู่ห้องวิเคราะห์น้ำ)

จุดที่ 2 น้ำหลังผ่านการกวนสารส้มและเติมคลอรีนขั้นต้น (Pre-Chlorine) (CW) เก็บตัวอย่างจากน้ำที่ไหลผ่านมาบริเวณขอบบ่อกรองด้านใน ก่อนเข้าสู่บ่อกรอง H ซึ่งอยู่บนโรงผลิตน้ำสามเสน 4

จุดที่ 3 น้ำล้างทรายจากถังทรายกรอง (BW) เก็บตัวอย่างจากผิวน้ำ หน้าทรายกรองแบบ Slow - Sand Filter ซึ่งอยู่เหนือผิวหน้าทรายประมาณ 1 เมตร โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำเมื่อหยุดเครื่องเป่าอากาศแล้วครบ 1 นาที เพราะในขณะเป่าอากาศจะมีตะกอนดินลอยฟุ้งขึ้นมาปะปนกับน้ำเป็นจำนวนมากเมื่อทิ้งไว้สักพัก ตะกอนดินจะจมลง แต่สาหร่ายจะยังคงลอยตัวอยู่

จุดที่ 4 น้ำหลังการผ่านทรายกรอง (FW) เก็บตัวอย่างจากถังเก็บน้ำที่ผ่านทรายกรองมาแล้วก่อนการเติมคลอรีน จุดเก็บตัวอย่างอยู่ด้านล่างบ่อกรอง H ด้านบนมีฝาพลาสติกเพื่อสามารถตักน้ำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ น้ำภายในถังจะมีเครื่องกวนอยู่ตลอดเวลา และจะส่งน้ำไปตามท่อส่งน้ำประปา

จุดที่ 5 น้ำประปา (TW) เก็บตัวอย่างจากน้ำประปาสะอาดที่พร้อมจ่ายสู่ท่อส่งน้ำ



รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ 5 จุด

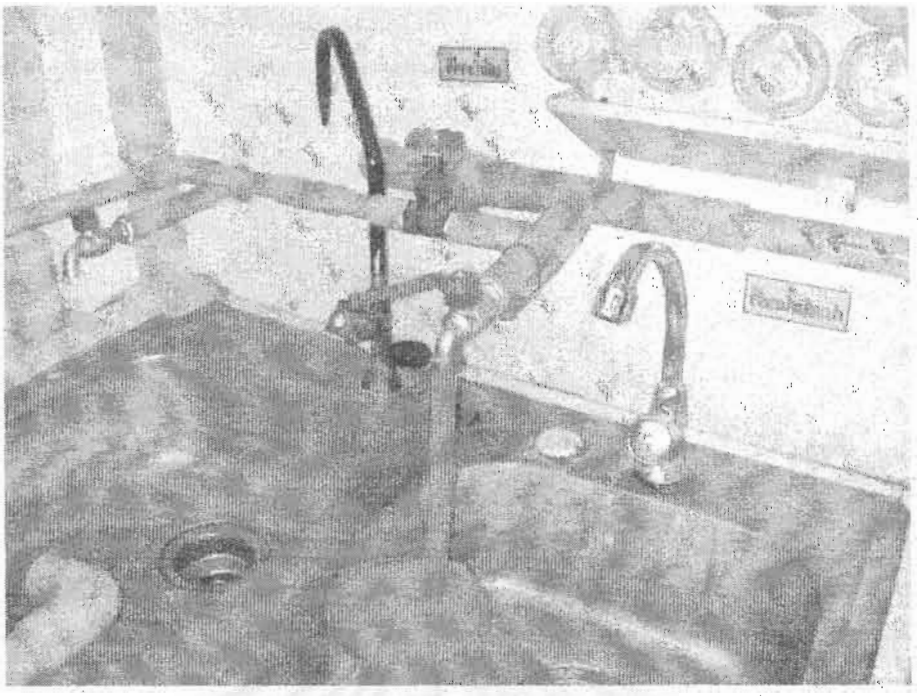
จุดที่ 1 น้ำดิบ (RW)

จุดที่ 2 น้ำหลังผ่านการกวนสารส้มและเติมคลอรีนขั้นต้น (CW)

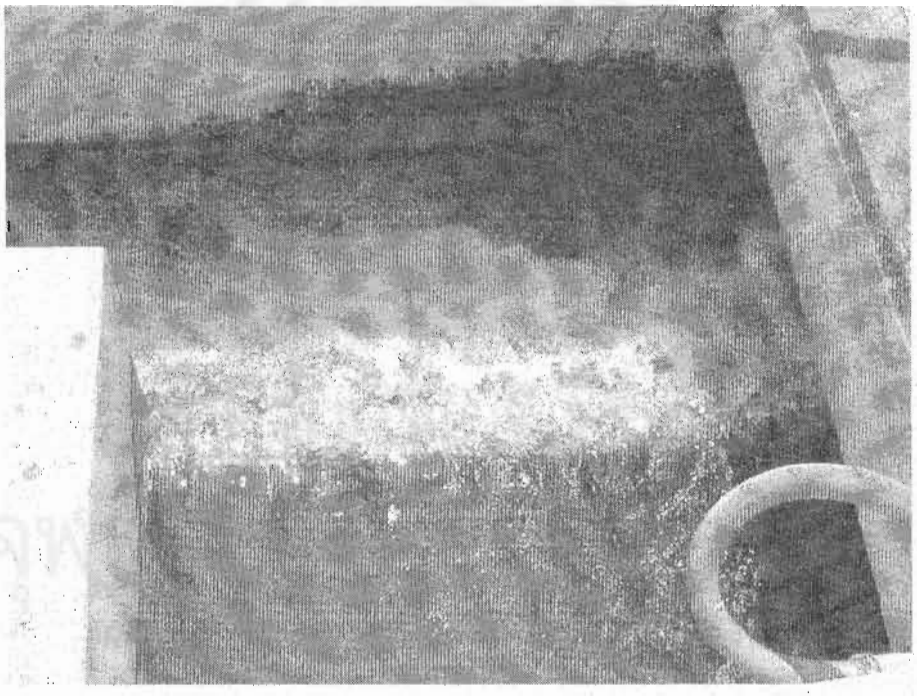
จุดที่ 3 น้ำล้างทราย (BW)

จุดที่ 4 น้ำหลังการกรอง (FW)

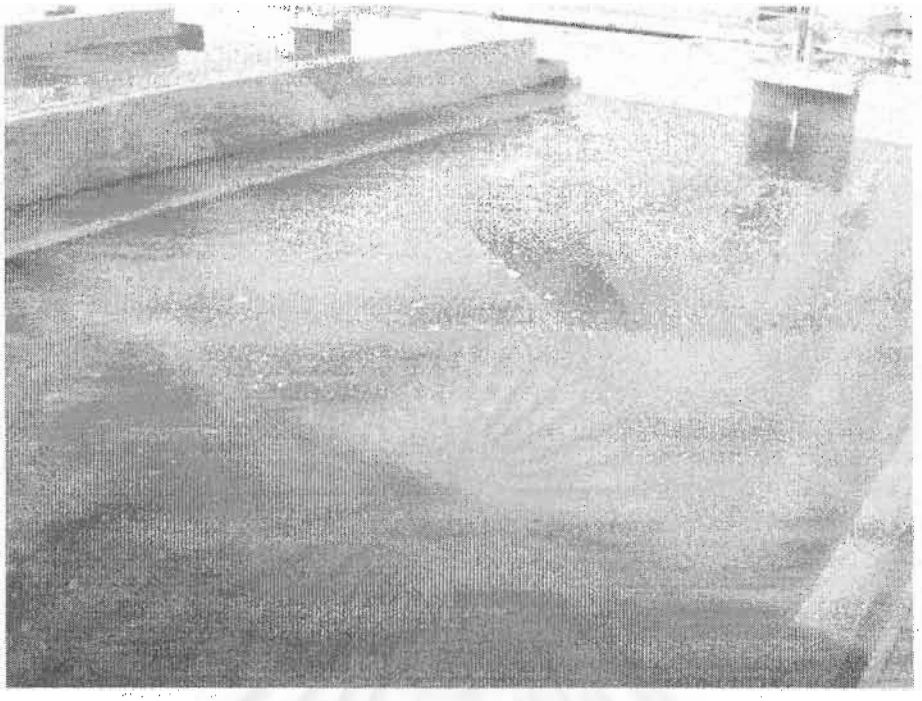
จุดที่ 5 น้ำประปา (TW)



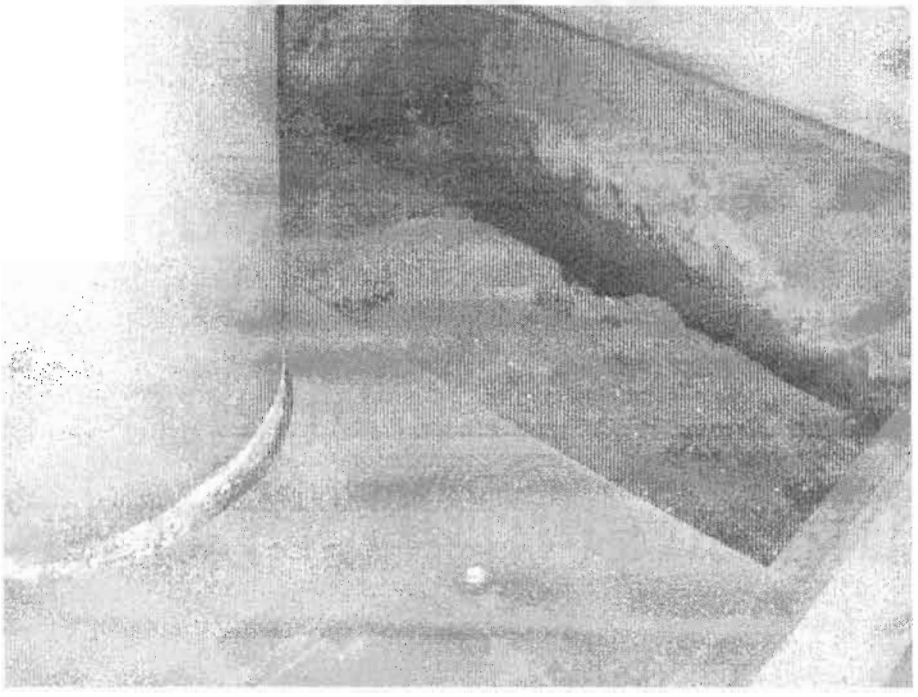
รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 5



รูปที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 3.4 จุดเก็บตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 3.5 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4

3.1.2 ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้ทำการเก็บน้ำตัวอย่างในช่วงกลางของเดือน คือ ประมาณวันที่ 15 ของแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2544 เวลาที่เก็บตัวอย่าง ตั้งแต่ 12.00 น. ถึง 14.00 น. เนื่องจากเวลา 14.00 น. เป็นเวลาที่เจ้าหน้าที่เปิดเครื่องเป่าอากาศ (เพื่อล้างตะกอนที่อุดตันทรายกรอง) รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 12 เดือน ซึ่งครอบคลุม 3 ฤดูกาลใน 1 ปี

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

- ขวดเก็บตัวอย่างพลาสติกผ่าเกลียว ความจุ 400 มิลลิลิตร
- กระติกน้ำแข็งทึบแสง
- อุปกรณ์จดบันทึก
- เทอร์โมมิเตอร์
- เครื่องวัดความเป็นกรด – เบส (pH Meter) รุ่น 761 Calimatic
- เครื่องวัดความนำไฟฟ้า Conductometer WTW รุ่น Inolab
- เครื่องวัดความขุ่น Turbidimeter HACH รุ่น 2100 AN
- กระบอกกรองสาหร่าย Plankton net ขนาดรู 25 ไมครอน
- น้ำยาดองสาหร่ายลูกอล (Lugol's Solution)
- อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่า OC, ไนเตรต (ดังแสดงในภาคผนวก ค) และ DO

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 การเก็บตัวอย่าง

- เก็บตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างละ 400 มิลลิลิตร 5 จุด จุดละ 5 ขวด โดยตักน้ำตัวอย่างที่ผิวน้ำจนถึงลึกจากผิวน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร
- ขวดที่จะนำไปหาปริมาณสาหร่าย จะกรองด้วยกระบอกกรองสาหร่ายในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ น้ำ RW และ CW กรองในอัตราส่วน 10 เท่า น้ำ BW ไม่กรอง ส่วนน้ำ FW และ TW กรองในอัตราส่วน 20 เท่า

- เก็บรักษาสาหร่ายด้วยน้ำยาลูกอล โดยหยดน้ำยาลงในขวดเก็บตัวอย่างจำนวน 10 หยด หรือหยดจนกระทั่งเห็นน้ำเป็นสีน้ำตาลเพียงเล็กน้อย เขย่าให้เข้ากัน
- บรรจุขวดเก็บตัวอย่างในกระติกน้ำแข็งทึบแสง
- บันทึกรายละเอียด คือ วันที่ เวลา สถานที่เก็บ ลักษณะตัวอย่าง ลักษณะสภาพแวดล้อมในขณะนั้น ดังนี้ คือ อุณหภูมิอากาศ สภาพลมและแสงแดด
  สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ DO
- ค่อยๆ รินน้ำตัวอย่างใสขวด DO จนล้น เคาะขวดเบาๆ จนฟองอากาศหมด ค่อยปิดฝา

3.2.2 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในขณะเก็บตัวอย่างและในห้องปฏิบัติการที่ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต โดย ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น ค่า OC ค่า DO ปริมาณไนเตรต

ขวดที่ 1 จะนำไปวัดอุณหภูมิ pH ค่าการนำไฟฟ้า วัดความขุ่น ทำทันทีหลังเก็บตัวอย่างน้ำ

ขวดที่ 2 นำไปหาค่า OC

ขวดที่ 3 ขวด DO นำไปหาค่า DO

ขวดที่ 4 นำไปหาค่าไนเตรต

ขวดที่ 5 นำไปหาปริมาณสาหร่าย

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

การหาค่า	วิธีการวิเคราะห์
pH	pH Meter
ค่าการนำไฟฟ้า	Conductometer
ค่าความขุ่น	Nephelometric Method (APHA 2130 B, 1995)
ออกซิเจนละลาย (DO)	Azide Modification Method (APHA 4500-O C, 1995)
ออกซิเจนคอนซูม (OC)	ตามวิธีของการประปาส่วนภูมิภาค (ในภาคผนวก ค)
ปริมาณไนเตรต	Ultraviolet spectrophotometric Screening Method (APHA 4500-NO_3^- ,1995)

3.2.3 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาหร่าย

1) เขย่าน้ำตัวอย่างที่ดองสาหร่ายแล้วจนเป็นเนื้อเดียวกัน สุ่มตัวอย่างจากขวด หยดลงบนแผ่นสไลด์ธรรมดา ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ และตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ด้วยกำลังขยายต่างๆ ให้ทั่วแผ่นสไลด์ บันทึก
2) จำแนกสกุลของสาหร่าย โดยใช้การจัดอนุกรมวิธานของสาหร่าย ตามเอกสารที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ Prescott, 1978; Bellinger, 1992; Lind et al, 1980; Bold, 1985; ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Compound Microscope ยี่ห้อ Nikon รุ่น ECLIPS E200 ถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพที่ต่อกับกล้องจุลทรรศน์
3) ศึกษาความหนาแน่นของสาหร่าย ด้วยชุด Sedgwick-Rafter Counting Chamber ขนาด 50x20x1 มิลลิเมตร ฉะนั้นจะมีปริมาตรทั้งหมด 1,000 ลูกบาศก์มิลลิเมตร หรือคิดเป็นความจุ 1 มิลลิลิตร ภายในช่องจะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส 1,000 ช่อง โดยดูดน้ำตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ค่อยๆ หยดลงแผ่นนับเซลล์ที่วางแผ่นปิดไว้แล้วเหลือช่องไว้เล็กน้อย จนกระทั่งน้ำตัวอย่างเต็มสไลด์ ปิดสไลด์ให้สนิท ระวังไม่ให้มีฟองอากาศ ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที แล้วนับจำนวนเซลล์สาหร่ายที่พบในแผ่นสไลด์ ด้วยวิธีการนับหน่วยธรรมชาติ (Natural Unit Count, Clump Count) คือหากเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวจะนับเป็นเซลล์ (Cell) หากอยู่รวมตัวกันเป็นกลุ่มเซลล์ (Colony) จะนับจำนวนเป็นกลุ่ม หากเป็นสาหร่ายที่เป็นเส้นสาย (Filament) จะนับเป็นจำนวนเส้น การนับเซลล์ จะนับทั้งหมดทุกช่อง แต่สาหร่ายบางชนิดพบจำนวนมากจึงนับแบบสุ่ม 500 ช่อง โดยนับแบบช่องเว้นช่อง แล้วหาค่าเฉลี่ย
4) คำนวณกลับ ให้เป็นหน่วยต่อปริมาตร 1 ลิตร
5) เลือกศึกษาสาหร่ายชนิดที่มีแนวโน้มว่าจะมีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำประปา หรืออาจมีผลต่อสุขภาพ และทำแผนภูมิแสดงจำนวนของสาหร่ายใน 1 ปี
6) นำข้อมูลจำนวนสาหร่าย มาคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายจากน้ำดิบของกระบวนการผลิตน้ำประปา

บทที่ 4

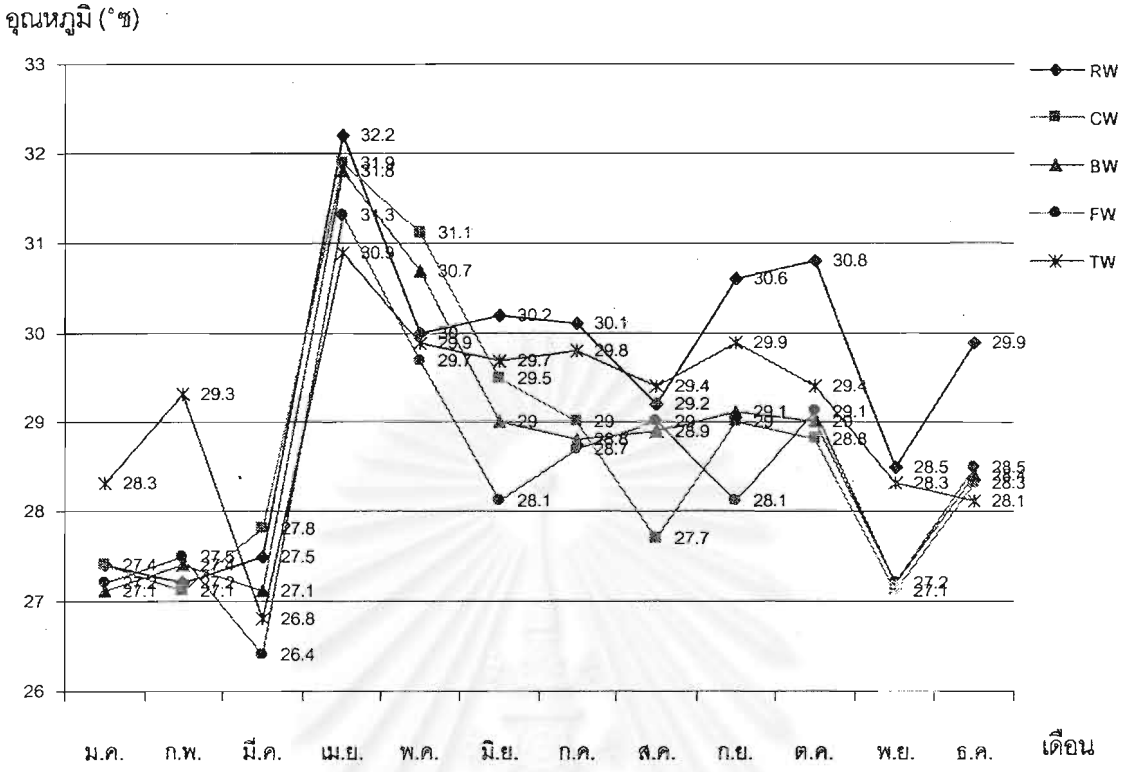
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่าง

ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำในโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน จำนวน 5 จุด คือ จุดสูบน้ำดิบ (RW) น้ำหลังผ่านการกวนสารส้มและเติมคลอรีนขั้นต้น (CW) น้ำล้างทรายจากถังทรายกรอง (BW) น้ำหลังการผ่านทรายกรอง (FW) และน้ำประปาสะอาดที่พร้อมจ่าย (TW) ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2544 รวมทั้งสิ้นเป็นเวลา 1 ปี ซึ่งผลการวิเคราะห์ตัวอย่างได้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก และสามารถสรุปผลที่ได้ในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำดิบในเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

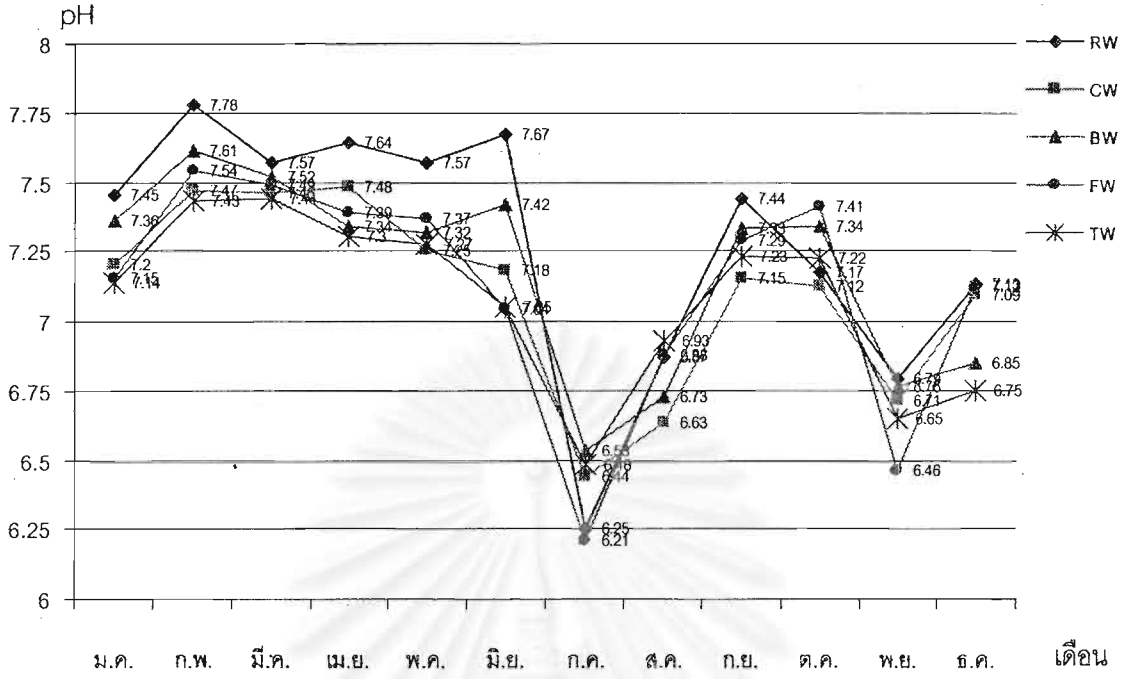
ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำ / พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่าง				
	RW	CW	BW	FW	TW
อุณหภูมิ (°ซ)	29.5±1.54	28.7±1.53	28.7±1.45	28.4±1.31	29.2±1.09
ความเป็นกรด – เบส (pH)	7.28±0.45	7.10±0.34	7.21±0.36	7.11±0.41	7.07±0.31
ค่าการนำไฟฟ้า (µS/cm.)	230±47.4	235±44.4	236±45.7	235±43.5	239±44.2
ค่าความขุ่น (NTU)	104±43.6	6.82±2.27	1571±710	0.59±0.38	0.45±0.26
ค่าออกซิเจนคอนซูม (มิลลิกรัม/ลิตร)	4.12±0.76	3.31±0.93	7.25±1.79	3.27±0.87	2.52±1.00
ค่าออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	5.71±0.39	6.48±0.69	6.75±0.71	6.65±0.64	7.20±0.71
ปริมาณไนเตรต (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.23±0.08	0.21±0.08	0.21±0.07	0.17±0.07	0.15±0.05



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

จากรูปที่ 4.1 พบว่าอุณหภูมิของน้ำจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด ที่ศึกษามีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน มีค่าระหว่าง 26.4 °ซ ถึง 32.2 °ซ ซึ่งอุณหภูมิสูงที่สุด คือ ช่วงเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.6 และ 30.3 °ซ ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนมีนาคม ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 27.1 °ซ โดยน้ำจากน้ำดิบ (RW) น้ำหลังผ่านการเติมคลอรีนและสารส้มในขั้นต้น (CW) น้ำล้างทราย (BW) น้ำหลังการกรอง (FW) และน้ำประปา (TW) มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเท่ากับ 29.5, 28.7, 28.7, 28.4 และ 29.2 °ซ ตามลำดับ

ตัวอย่างน้ำจากจุดสูบน้ำดิบจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำจากจุดอื่นๆ เนื่องจากผิวน้ำสัมผัสความร้อนจากแสงแดดมากกว่าจุดอื่นๆ ในระบบการผลิตน้ำประปา และอุณหภูมิของน้ำประปา (TW) มีอุณหภูมิลดลงจากน้ำดิบ เฉลี่ย 0.32 °ซ

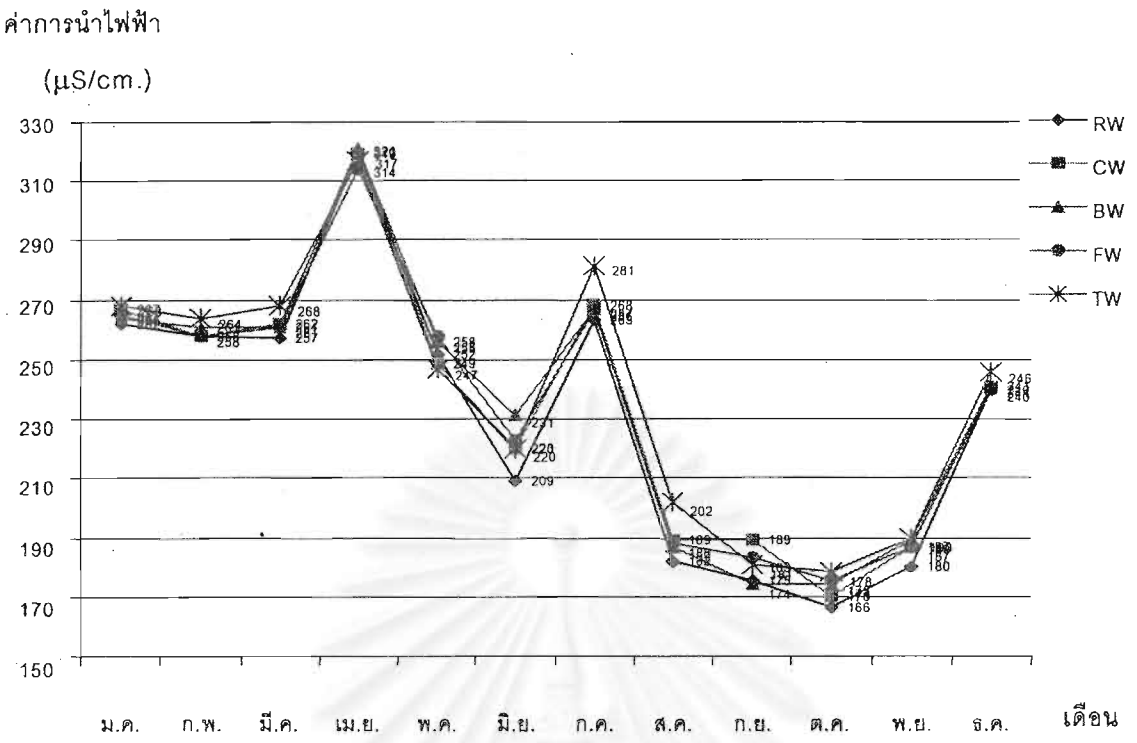


รูปที่ 4.2 ค่า pH ของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

จากผลการวิเคราะห์ค่า pH ของน้ำจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด ที่ศึกษา พบว่ามีค่าตามกันตลอดปี เฉลี่ย 7.15 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.21 ถึง 7.78

พบว่าในเดือนกรกฎาคมและเดือนพฤศจิกายนมีค่าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือมีค่าต่ำ คือมีค่า pH เฉลี่ย 6.38 และ 6.67 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน pH น้ำประปาของการประปานครหลวงปี พ.ศ. 2525 คือให้มี pH น้ำประปาอยู่ในช่วง 6.8 – 8.2 สาเหตุที่น้ำดิบมีค่าค่อนข้างเป็นกรด ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น ฝนที่ตกลงมาละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกลายเป็นกรดคาร์บอนิก หรือการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเกิดกรดอินทรีย์ต่างๆ เมื่อลงสู่แหล่งน้ำ มีผลทำให้ pH ต่ำลง

จากแผนภูมิสามารถสรุปได้ว่า pH ของน้ำดิบมีค่าสูงสุด และเมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาแล้วค่า pH ของน้ำจะลดลงเล็กน้อย โดยค่า pH เฉลี่ยของน้ำดิบ (RW) น้ำหลังผ่านการเติมคลอรีนและสารส้มในขั้นต้น (CW) น้ำล้างทรายกรอง (BW) น้ำหลังการกรอง (FW) และน้ำประปา (TW) มีค่า 7.28, 7.10, 7.21, 7.11 และ 7.07 ตามลำดับ การที่ pH ของน้ำประปามีค่าลดลง อาจเนื่องจากการเติมคลอรีน ซึ่งจะเกิดเป็นกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) ที่จำเป็นสำหรับการกำจัดเชื้อโรคในน้ำ

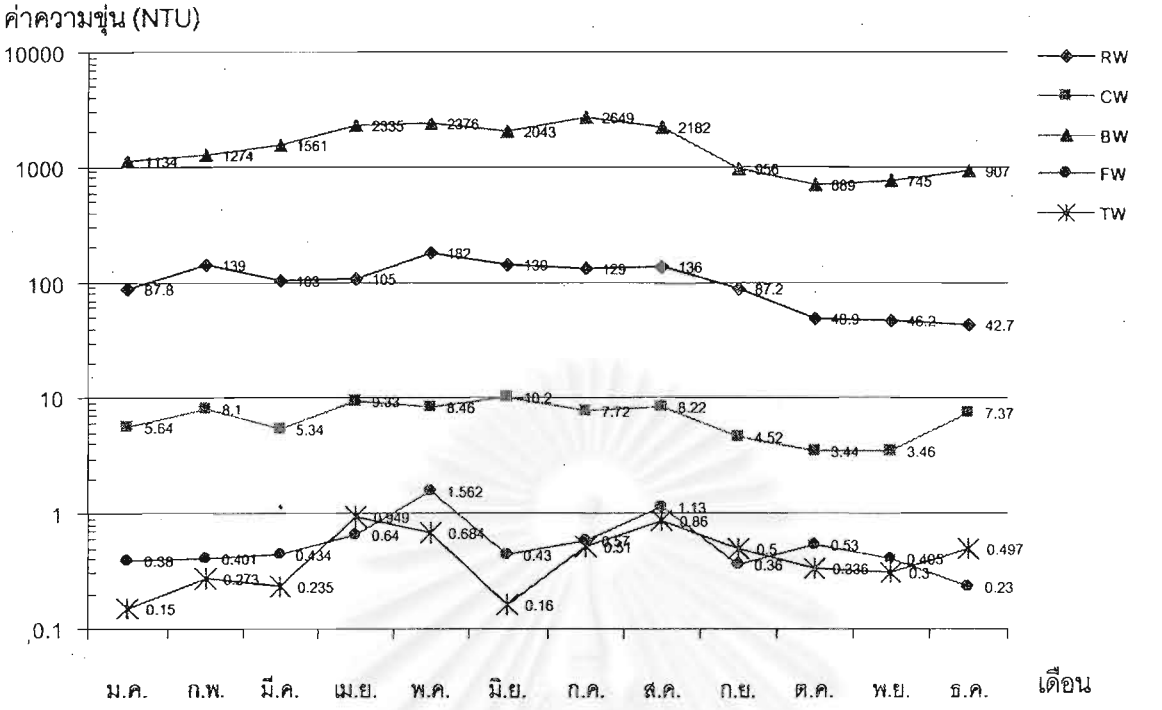


รูปที่ 4.3 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

ค่าการนำไฟฟ้า ทำให้ทราบถึงปริมาณของสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ และจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ จากการตรวจวัด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่างน้ำทั้ง 5 จุด มีค่าตามกันในแต่ละเดือน ตลอดทั้งปี ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดในเดือนเมษายน มีค่าเฉลี่ย 318.2 µS/cm. และต่ำสุดในเดือนตุลาคม มีค่าเฉลี่ย 172.6 µS/cm. เนื่องจากในเดือนเมษายนอยู่ในฤดูแล้ง น้ำจึงมีความเข้มข้นของสารละลายสูง แต่ในเดือนตุลาคมอยู่ในช่วงมรสุม น้ำจึงมีปริมาณมาก ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำต่ำเป็นผลให้ค่าการนำไฟฟ้าต่ำไปด้วย

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยน้ำดิบ (RW) น้ำหลังผ่านการเติมคลอรีนและสารส้มในขั้นต้น (CW) น้ำล้างทรายกรอง (BW) น้ำหลังการกรอง (FW) และน้ำประปา (TW) มีค่าเฉลี่ยของการนำไฟฟ้า 230, 235, 236, 235 และ 239 µS/cm. ตามลำดับ

เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าที่จุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดมีค่าใกล้เคียงกัน และอาจเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในน้ำประปา จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบกรองน้ำประปาไม่สามารถกำจัดสารละลายที่มีอยู่ในน้ำได้



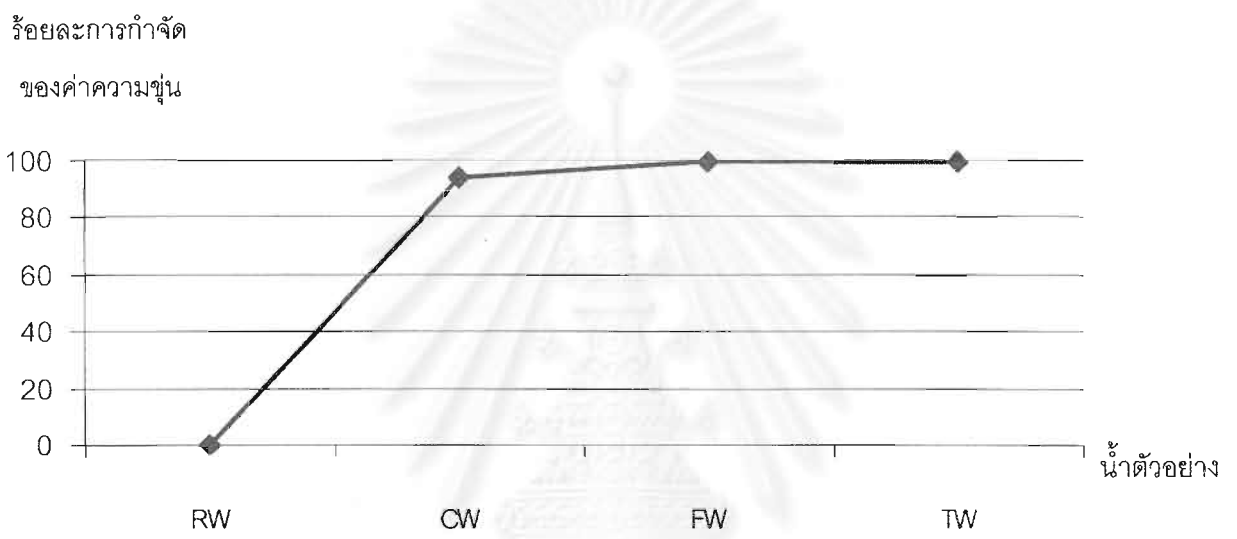
รูปที่ 4.4 ค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

จากรูปที่ 4.4 พบว่าความขุ่นของน้ำจากการล้างหน้าทรายกรองมีค่าสูงเฉลี่ย 1571 NTU เนื่องจากมีตะกอนดินโคลนปะปนมากในการล้างด้วยการเป่าอากาศ ส่วนน้ำตัวอย่างที่เก็บจากการกรองมาแล้ว (FW) และน้ำประปา (TW) มีค่าความขุ่นใกล้เคียงกัน และต่ำสุด เฉลี่ย 0.59 และ 0.45 NTU ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างในรอบ 1 ปี น้ำดิบมีค่าความขุ่นต่ำสุดคือ 42.7 NTU ในเดือนธันวาคม และมีค่าความขุ่นสูงสุดในเดือน พฤษภาคม คือ 182 NTU และมีค่าความขุ่นเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 103.82 NTU ที่ในเดือนธันวาคมมีค่าความขุ่นต่ำ เป็นไปได้ว่าเป็นฤดูหนาว น้ำไหลช้า และนิ่งเพราะเป็นช่วงที่น้ำลดหลังฤดูน้ำหลากประจำปี ส่วนเดือนพฤษภาคม เป็นเดือนแรกของฤดูน้ำหลากฝนได้ชะล้างสิ่งต่างๆ จากผิวดินลงสู่แหล่งน้ำ จึงทำให้น้ำตัวอย่างในเดือนนี้มีค่าความขุ่นสูง ทั้งนี้ความขุ่นของน้ำขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย นอกเหนือจากฤดูกาลแล้ว มีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น คือ ความเร็วของกระแสน้ำ และกิจกรรมการดูดทราย ทำให้ค่าความขุ่นไม่เป็นไปตามธรรมชาติ คือมีความปรวนแปรในแต่ละวัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบน้ำเหนือบริเวณที่มีการดูดทราย น้ำจะมีค่าความขุ่นต่ำกว่ามาก ในปี พ.ศ.2545 ทางจังหวัดปทุมธานี ร่วมกับกรมเจ้าท่า ได้ย้ายบริเวณดูดทรายให้ขึ้นไปทางเหนือของแม่น้ำเจ้าพระยามากขึ้น คือไปอยู่ที่หน้าบริเวณ

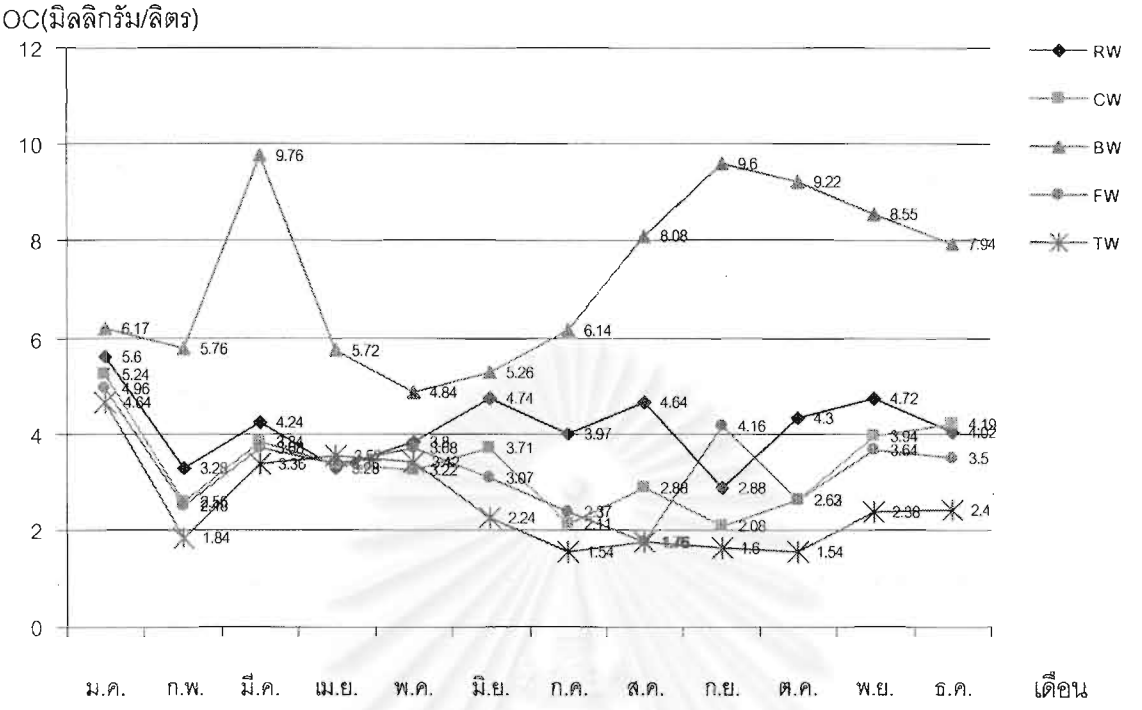
ศูนย์ศิลปาชีพ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อให้ความปรวนแปรของความขุ่นของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่จะเข้าสู่บริเวณก่อนสูบน้ำดิบที่คลองสำแลลดลง (ฝ่ายวางแผนการผลิตและควบคุมคุณภาพ, 2546)

จากการศึกษาจากตัวอย่างน้ำทั้ง 4 จุด (ไม่รวมน้ำจากการล้างทราย) ตลอดปี พ.ศ 2544 พบว่าการผลิตน้ำประปาที่โรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน มีความความขุ่นเฉลี่ยทั้งปี จากน้ำดิบ (RW) ที่มีค่าความขุ่น 104 NTU เหลือค่าความขุ่นในน้ำประปา (TW) เพียง 0.45 NTU ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ร้อยละการกำจัดของค่าความขุ่น ที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาในแต่ละขั้นตอน

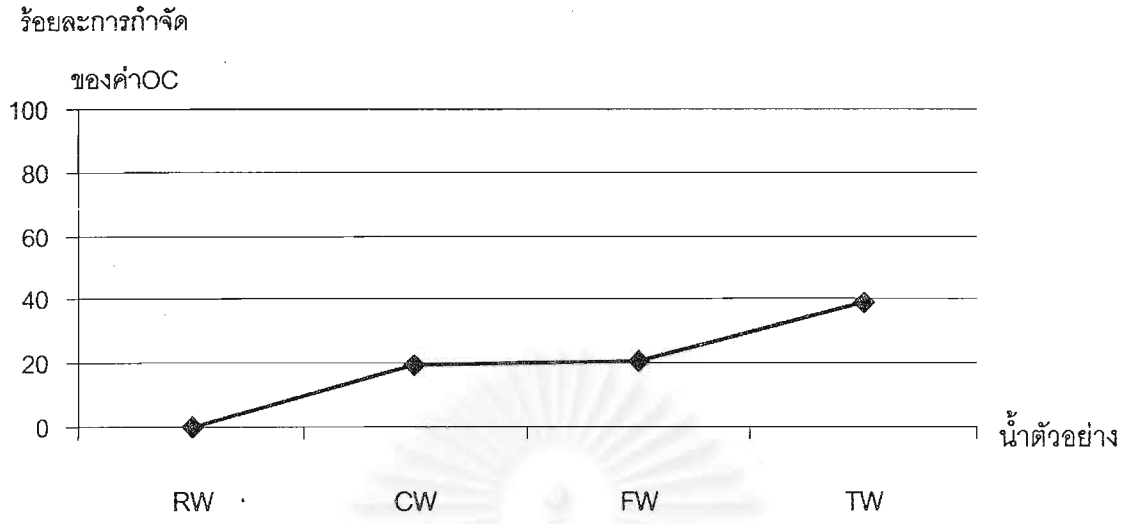
จากรูปที่ 4.5 ในกระบวนการเติมคลอรีนขั้นต้น การกวนด้วยสารส้มและการตกตะกอน (CW) สามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 93.43 หลังจากการกรองด้วยทรายแล้ว (FW) ความขุ่นลดลงร้อยละ 99.43 และน้ำประปา (TW) มีค่าความขุ่นลดลงร้อยละ 99.56 เมื่อเทียบกับน้ำดิบ (RW) จึงสรุปได้ว่าในปีที่ศึกษา ระบบผลิตน้ำประปาที่โรงผลิตน้ำสามเสน สามารถกำจัดความขุ่นได้ร้อยละ 99.56 เปรียบเทียบกับ Konno ที่ได้ศึกษาไว้ในปี พ.ศ.2541 แล้ว มีอัตราใกล้เคียงกัน คือกำจัดความขุ่นได้ประมาณร้อยละ 98



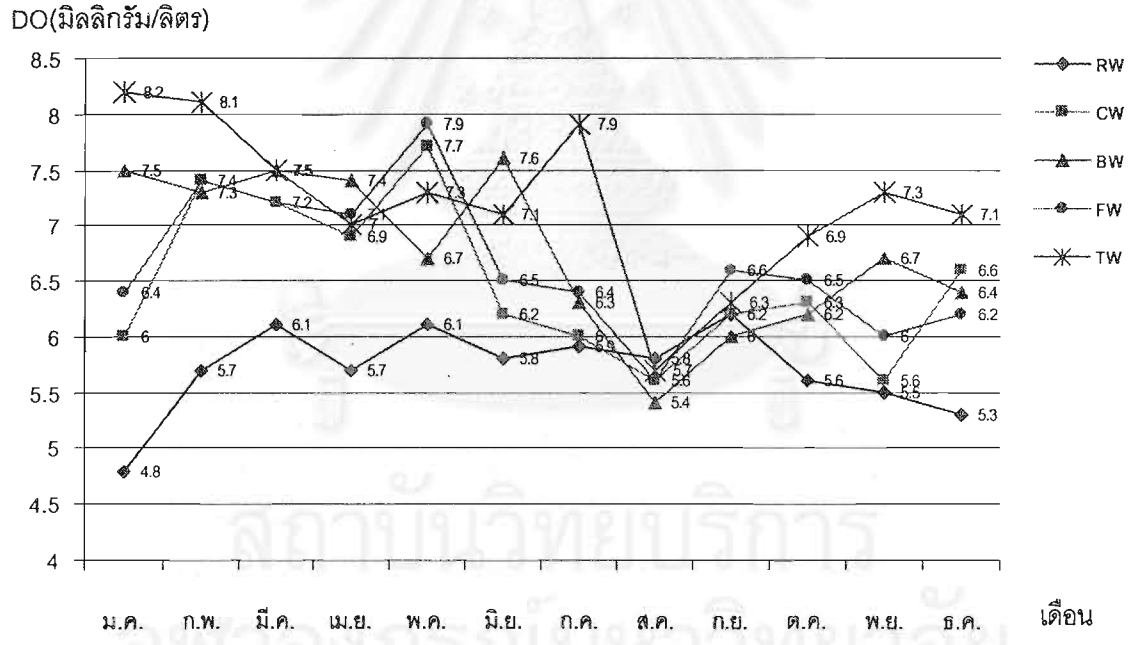
รูปที่ 4.6 ค่าของ OC ของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

ค่า OC สามารถใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพคือจะแปรผันตามปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ จากรูปที่ 4.6 น้ำตัวอย่างจากน้ำล้างทรายกรองมีค่า OC สูงที่สุด เฉลี่ย 7.25 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากมีสารอินทรีย์มากกว่าจุดอื่นๆ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ น้ำดิบ (RW) มีค่าเฉลี่ย 4.12 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำหลังการเติมคลอรีนขั้นต้นและสารส้ม (CW) มีค่าเฉลี่ย 3.31 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำหลังผ่านการกรอง (FW) มีค่าเฉลี่ย 3.27 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำประปามี (TW) ค่าเฉลี่ย 2.52 มิลลิกรัม/ลิตร ค่า OC ของน้ำล้างทรายกรอง (BW) จะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความถี่ในการทำสะอาดบ่อกรองด้วย โดยปกติจะล้างทุกวัน แต่ในบางกรณีที่มีตะกอนและสาหร่ายอุดตันมาก จำเป็นต้องล้างบ่อยขึ้น

หากหาค่าการลดลงของค่า OC ในกระบวนการต่างๆ พบว่าในกระบวนการเติมคลอรีนขั้นต้น การกวนและการตกตะกอน (CW) สามารถลดค่า OC ได้ร้อยละ 19.65 หลังจากการกรองด้วยทรายแล้ว (FW) ค่า OC ลดลงเป็นร้อยละ 20.58 และน้ำประปา (TW) มีค่า OC ลดลงร้อยละ 38.87 เมื่อเทียบกับน้ำดิบ (RW) ดังรูป ที่ 4.7

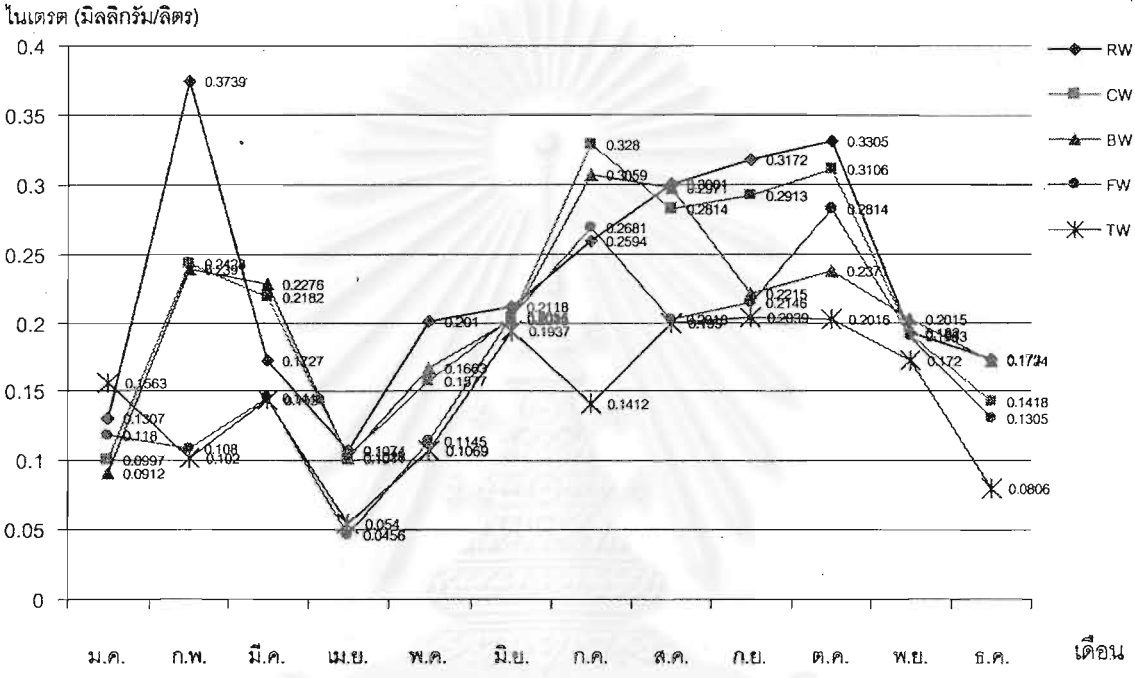


รูปที่ 4.7 ร้อยละการกำจัดของค่า OC ที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 4.8 ค่า DO ของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

จากรูปที่ 4.8 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำดิบมีค่า DO เฉลี่ย 5.71 มิลลิกรัม/ลิตร ตามค่ามาตรฐานของ DO ที่มีคุณภาพดีคือมีค่า 5 – 7 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำตัวอย่างจากจุดอื่นๆ มีค่า DO สูง เนื่องจากน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปาขณะที่เก็บตัวอย่าง มีการกวนอากาศอยู่ตลอดเวลา ค่า DO จึงไม่มีผลในกระบวนการผลิตน้ำประปา และจากการประเมินคุณภาพน้ำดิบ ถือว่าน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมีคุณภาพดี



รูปที่ 4.9 ปริมาณไนเตรตของน้ำตัวอย่าง ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

จากการตรวจวัดค่าไนเตรตในน้ำตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.37 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าไนเตรตเฉลี่ยในน้ำดิบมีปริมาณ 0.23 มิลลิกรัม/ลิตร และในน้ำประปา คือ 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำดิบในเดือนเมษายนมีปริมาณต่ำสุด เท่ากับ 0.11 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าสูงสุด คือ 0.37 มิลลิกรัม/ลิตร ถึงแม้ไนเตรตจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำ แต่ค่าไนเตรตสูงสุดที่วัดได้นี้ ก็ยังมีค่าต่ำ ซึ่งสถาบัน EPA ได้กำหนดมาตรฐานไนเตรตไนโตรเจนในน้ำประปาไว้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร

4.2 ผลการตรวจนับจำนวนและประเภทของสาหร่าย

4.2.1 ความหนาแน่นของสาหร่ายในระบบผลิตน้ำประปา

จากการเก็บตัวอย่างและสำรวจความหนาแน่นของสาหร่ายในระบบผลิตน้ำประปา โดยเก็บตัวอย่างน้ำจาก 5 จุดคือ

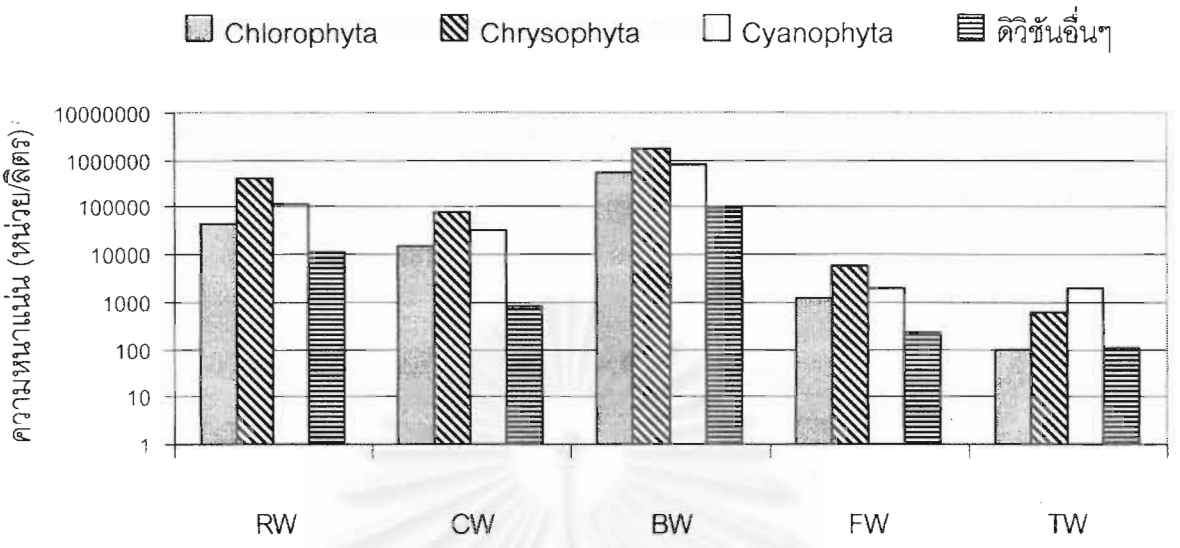
จุดที่ 1 จุดสูบน้ำดิบ (RW)
จุดที่ 2 น้ำหลังผ่านการเติมคลอรีนขั้นแรก และกวนสารส้ม (CW)
จุดที่ 3 น้ำล้างทรายจากบ่อทรายกรอง (BW)
จุดที่ 4 น้ำหลังการผ่านทรายกรอง (FW)
จุดที่ 5 น้ำประปาสะอาดที่พร้อมจ่าย (TW)

ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 รวมทั้งสิ้นเป็นเวลา 1 ปี เก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น โดยนำน้ำทั้ง 5 จุด มาตรวจนับ และหาประเภทของสาหร่าย พบสาหร่าย 3 ดิวิชัน ใหญ่ๆ คือ Chlorophyta, Cyanophyta และ Chrysophyta

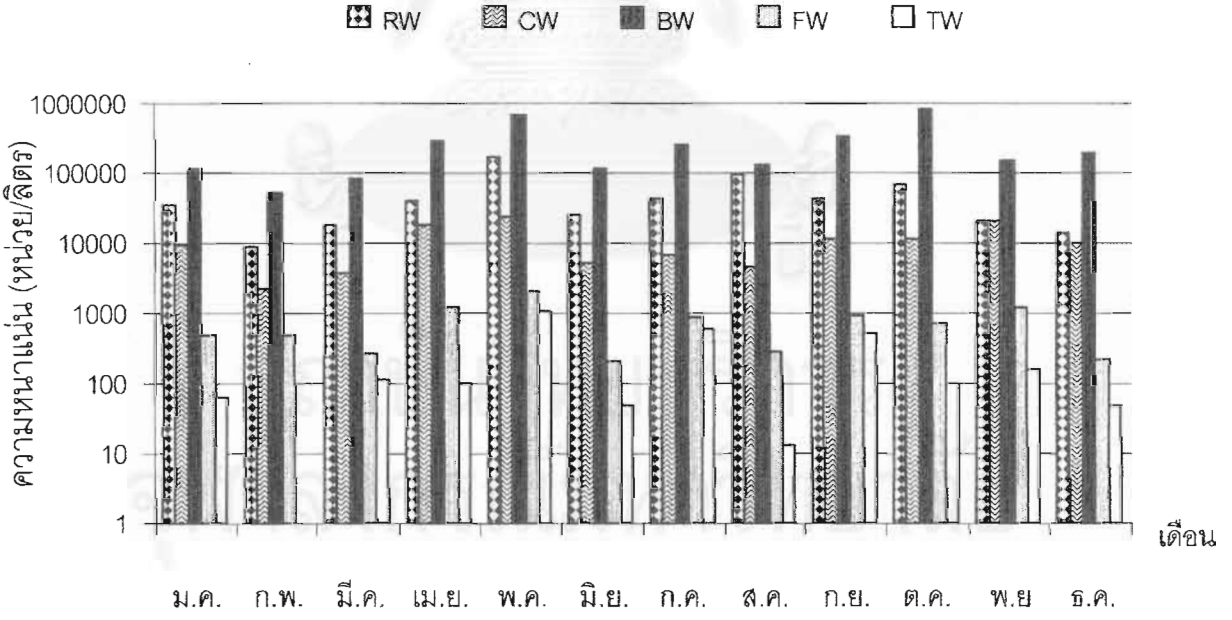
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของสาหร่ายในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างใน 1 ปี ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสาหร่าย (หน่วย/ลิตร/เดือน)	จุดเก็บตัวอย่าง				
	RW	CW	BW	FW	TW
ดิวิชัน					
1.Cyanophyta	9,661	2,793	64,125	168	159
2.Chlophyta	3,483	1,201	4,7075	99	8
3.Crysophyta	34,372	6,488	146,291	466	52
4.กลุ่มอื่นๆ	897	67	7,750	19	12
รวม	48,413	10,549	265,241	752	231

และผลรวมของความหนาแน่นสาหร่ายสามารถสรุปได้ในรูปที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.10 ความหนาแน่นของสาหร่ายรวมแต่ละดิวิชัน ในน้ำทั้ง 5 จุด ในการสำรวจในปี พ.ศ.2544



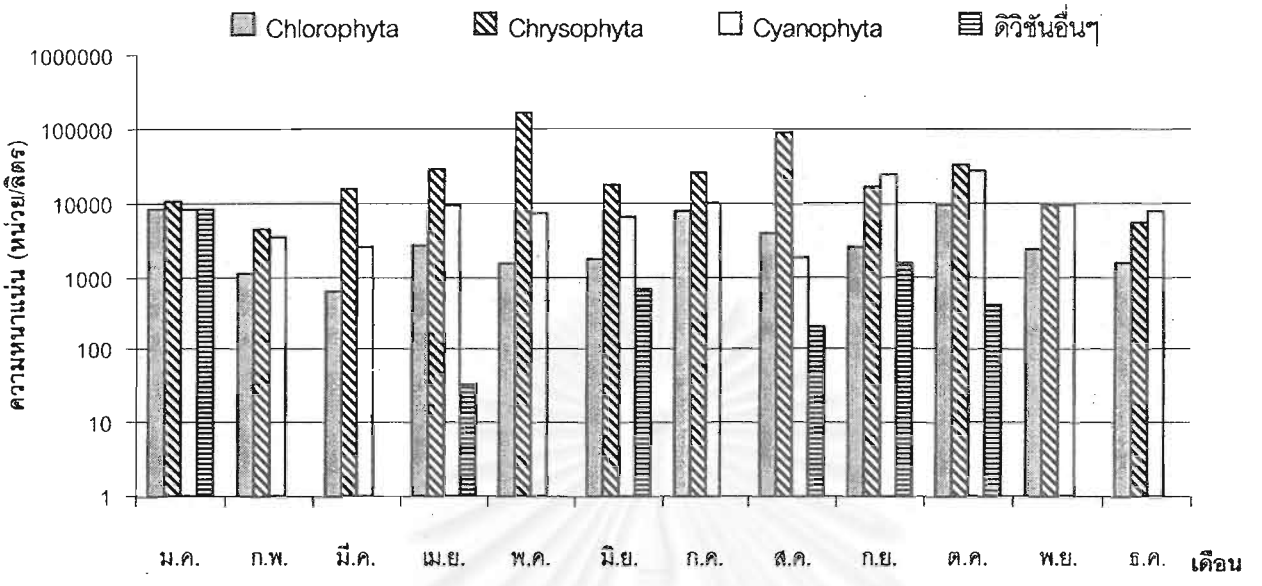
รูปที่ 4.11 ความหนาแน่นของสาหร่ายในจุดเก็บตัวอย่างน้ำต่างๆใน 1 ปี ณ เวลาที่เก็บตัวอย่างประมาณ 12.00 -14.00 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544

จากตารางที่ 4.2 การศึกษาครั้งนี้พบสาหร่ายในดิวิชัน Chrysophyta และอยู่ในกลุ่มไดอะตอมทั้งหมด โดยมีจำนวนเซลล์มากในเกือบทุกตัวอย่างน้ำ จำนวนความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ยประมาณ $3x10^4$ เซลล์/ลิตร/เดือน ในน้ำดิบ และดิวิชัน Cyanophyta สกุลที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเส้นสาย มีจำนวนความหนาแน่นของเส้นสายเฉลี่ยประมาณ 10^4 เส้นสาย/ลิตร/เดือน ในน้ำดิบ และดิวิชัน Chlorophyta มีปริมาณในหน่วยธรรมชาติเฉลี่ยประมาณ $3x10^3$ หน่วย/ลิตร/เดือน โดยนับเฉพาะในน้ำดิบ

และเมื่อนับจำนวนสาหร่ายในน้ำประปา ยังคงพบว่ามีสาหร่ายหลงเหลือประมาณร้อยละ 0.48 ส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Cyanophyta โดยพบประมาณเฉลี่ย 10^2 เส้นสาย/ลิตร/เดือน เป็นสกุล *Oscillatoria* และ *Phormidium* ที่มีขนาดเส้นสายเล็กมาก บางชนิดเกือบใส รองลงมาเป็นกลุ่มไดอะตอม พบประมาณเฉลี่ย 53 เซลล์/ลิตร/เดือน ส่วนใหญ่อยู่ในสกุล *Achnanthes* ซึ่งมักเป็นชนิดที่มีเซลล์ขนาดเล็ก

จากรูปที่ 4.10 และ รูปที่ 4.11 จะเห็นว่าในแต่ละขั้นตอนในระบบ สามารถลดจำนวนสาหร่ายลงได้ทุกขั้นตอน แต่เมื่อถึงขั้นตอนการเติมคลอรีนในครั้งสุดท้ายหลังจากกรองน้ำด้วยทรายแล้ว สามารถลดจำนวนสาหร่ายในดิวิชัน Cyanophyta ได้เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากสาหร่ายกลุ่มนี้สามารถทนต่อคลอรีนได้ เพราะบางชนิดมีผนังหุ้มเซลล์หนา บางชนิดมี Sheath หุ้มเป็นต้น และพบว่าในช่วงฤดูร้อนจะพบสาหร่ายมากกว่าฤดูอื่น คือมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม รองลงมาคือฤดูน้ำหลาก คือเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 ความหนาแน่นของสาหร่ายในน้ำดิบในการสำรวจในปี พ.ศ. 2544

จากรูปที่ 4.12 พบว่าสาหร่ายดิวิชัน Chrysophyta มีมากที่สุดในฤดูร้อนคือเดือนพฤษภาคม ในระยะเดียวกันนี้พบว่าน้ำมีอุณหภูมิและความขุ่นสูง เมื่อตรวจค่าการนำไฟฟ้าพบว่ามีค่าสูงกว่าเดือนอื่นๆ แสดงให้เห็นว่ามีสารอนินทรีย์ปะปนอยู่มาก และมักพบว่าในเดือนนี้มีสาหร่ายดิวิชันอื่นน้อยลงไป ส่วนสาหร่ายดิวิชัน Cyanophyta พบมากที่สุดในเดือนตุลาคมและกันยายน จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระยะนี้ น้ำมีอุณหภูมิ ความขุ่น และค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ส่วนปริมาณสารอินทรีย์มีค่าสูงกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากน้ำชะรากหญ้า จึงทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญเติบโตได้ดี

4.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่าย

เมื่อนำความหนาแน่นของสาหร่ายในแต่ละขั้นตอนการผลิตน้ำ มาคำนวณประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่าย สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ความหนาแน่นของสาหร่าย (หน่วย)	RW	CW	% การกำจัด RW->CW	FW	% การกำจัด CW->FW	TW	% การกำจัด FW->TW
สาหร่ายสีเขียว	42,664	14,419	66.20	1,192	91.73	100	91.61
ไดอะตอม	412,475	77,867	81.12	5,602	92.81	635	88.66
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	115,941	33,517	71.09	2,018	93.98	1,964	2.68
สาหร่ายกลุ่มอื่นๆ	10,767	805	92.52	239	70.31	101	57.74
รวม	581,847	126,608	78.24	9,051	92.85	2,800	69.06

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายรวมตลอดปีในระบบผลิตน้ำ

จากตารางที่ 4.3 การบำบัดขั้นต้นด้วยการตกตะกอนและเติมคลอรีน สามารถลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวได้ร้อยละ 66.20 ลดจำนวนสาหร่ายกลุ่มไดอะตอมได้ร้อยละ 81.12 ลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ร้อยละ 71.09 และลดจำนวนสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ ได้ร้อยละ 92.52 เมื่อน้ำผ่านขั้นตอนการกรอง สามารถลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวได้ร้อยละ 91.73 ลดจำนวนสาหร่ายกลุ่มไดอะตอมได้ร้อยละ 92.81 ลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ร้อยละ 93.98 ส่วนกลุ่มอื่นๆ ลดจำนวนได้ร้อยละ 70.31 จากนั้นน้ำจะผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการเติมคลอรีนขั้นสุดท้ายและพักในถังพักน้ำ ขั้นตอนดังกล่าวลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวได้ร้อยละ 91.62 ลดจำนวนสาหร่ายกลุ่มไดอะตอมได้ร้อยละ 88.66 ลดจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ร้อยละ 2.68 และลดจำนวนสาหร่ายอื่นๆ ได้ร้อยละ 57.74

เมื่อรวมประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายทั้งหมดของทั้งระบบผลิต สามารถลดจำนวนสาหร่ายได้ร้อยละ 99.25 จากน้ำดิบ และแต่ละระบบ คือ การบำบัดขั้นต้น กำจัดสาหร่ายได้ร้อยละ 78.24 ระบบกรองน้ำสามารถลดจำนวนสาหร่ายได้ร้อยละ 92.85 และการเติมคลอรีนในขั้นสุดท้าย กำจัดสาหร่ายได้ร้อยละ 69.06

เมื่อเปรียบเทียบกับ Konno (1999) ที่ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายในปี พ.ศ.2541 ที่พบว่าระบบการกรองด้วยทรายของโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน มีอัตราการกำจัดสาหร่ายประมาณร้อยละ 60 แต่ในการศึกษาครั้งนี้ในปี พ.ศ. 2544 มีประสิทธิภาพสูงกว่า คือ ร้อยละ 92.85 เนื่องจากทางโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสนได้ตรวจสอบระบบกรองน้ำมากขึ้น และขนาดของเม็ดทรายอาจเปลี่ยนแปลงได้จากการใช้งานเป็นเวลานาน

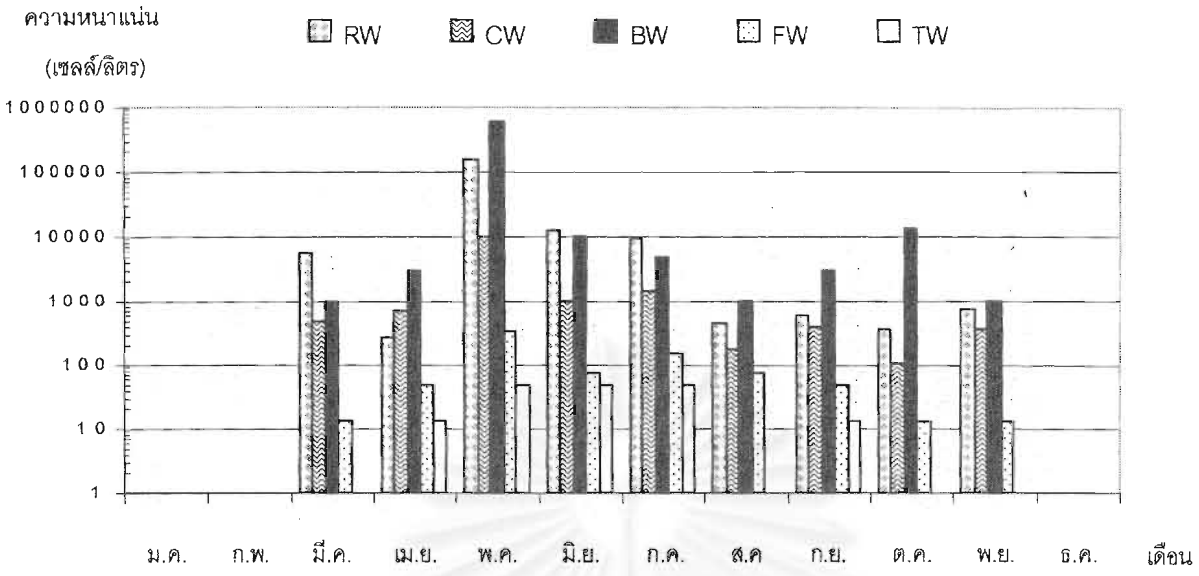
4.3 สาหร่ายที่มีผลต่อระบบผลิตน้ำประปา

สาหร่ายที่สร้างปัญหาให้กับระบบผลิตน้ำประปา คือสาหร่ายที่อุดตันระบบการกรองน้ำด้วยทราย สาหร่ายที่พบมากในน้ำล้างทรายที่ใช้กรองน้ำ พบเป็นสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอม ได้แก่ สกุล *Nitzschia, Aulacoseira, Navicula, Cyclotella, Cymbella, Synedra* นอกจากนี้ตรวจพบสาหร่ายสกุล *Fragilaria, Gyrosigma* และ *Achnanthes* ในบางเดือนที่ศึกษาด้วย เนื่องจากสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอม มีผนังเซลล์เป็นซิลิกา ที่ย่อยสลายได้ยาก จึงสามารถเข้าไปแทรกตัวตามชั้นทรายทำให้ระบบกรองน้ำอุดตันเร็ว บางชนิดสร้างเมือกเกาะกลุ่มกันเป็นกลุ่มใหญ่ และแน่นหนาตามพื้นผิวบ่อ บางครั้งลอยเป็นกระจุกบนผิวน้ำ

สาหร่ายในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด สร้างปัญหาต่อระบบกรองน้ำเช่นกัน เพราะสาหร่ายกลุ่มนี้ มักอยู่รวมเป็นกระจุกแน่นและสร้างเมือกที่ผิวหน้าทราย ทำให้ระบบกรองน้ำอุดตันเร็วกว่าปกติ สกุลที่พบมากที่สุดในตัวอย่างน้ำ คือ สกุล *Oscillatoria*, รองลงมาคือ *Phormidium* และ *Lyngbya* ส่วนสาหร่ายสีเขียวที่พบบ่อย ได้แก่ *Closterium, Chlorella* และ *Cosmarium*

นอกจากนี้ สาหร่ายที่มักพบเกาะพื้นระบบผลิตน้ำ ที่มีขนาดใหญ่ คือสกุล *Spirogyra* จะพบในถังตกตะกอนด้านบนที่ถูกแสงแดดจัด ซึ่งไม่เป็นปัญหาเนื่องจากสามารถกำจัดโดยการตักได้ง่าย

รูปที่ 4.13 *Spirogyra* sp. ที่ถังตกตะกอนด้านบน

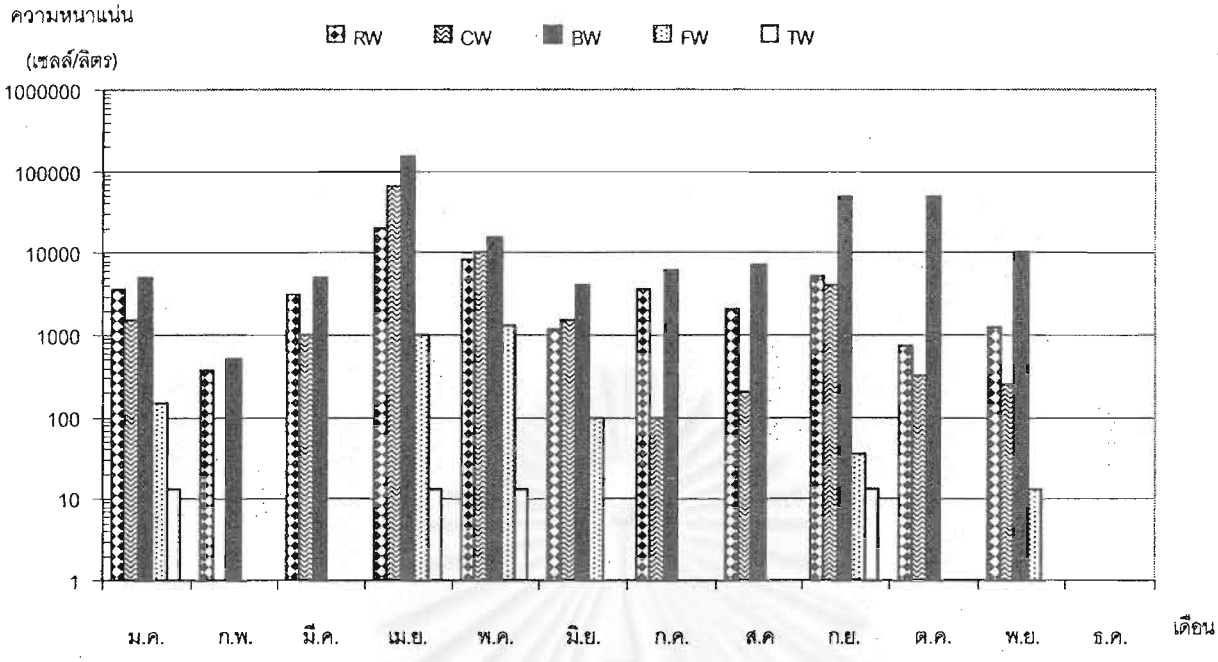


รูปที่ 4.14 จำนวนสาหร่ายสกุล *Nitzschia* ที่พบในน้ำตัวอย่าง

จากรูป ในเดือนพฤษภาคมพบว่าสาหร่ายที่มีการปนเปื้อนสูงคือ สกุล *Nitzschia* ซึ่งเป็นสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอม และพบว่าชนิดที่มีมากมีชนิดเดียวคือ *N. obtusa* โดยจากการนับจำนวน พบถึง 600,000 เซลล์/ลิตรในน้ำล้างทราย และ 154,000 เซลล์/ลิตรในน้ำดิบ จากการตรวจนับสาหร่ายจากน้ำที่ผ่านการกรอง (FW) และในน้ำประปา (TW) ยังพบสาหร่ายชนิดนี้หลงเหลืออยู่ในปริมาณเล็กน้อย เนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้มีรูปทรงเรียวยาว จึงอาจมีบางเซลล์รอดเม็ดทรายไปได้

จากการศึกษาและหาค่าเฉลี่ยจำนวนสาหร่าย ในปี พ.ศ. 2544 พบว่ากระบวนการผลิตน้ำประปา สามารถกำจัดสาหร่ายสกุลนี้จากน้ำดิบ คิดเป็นร้อยละ 99.90 จากปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบ เฉลี่ยต่อเดือน 15,314 เซลล์/ลิตร เหลือ 15 เซลล์/ลิตร

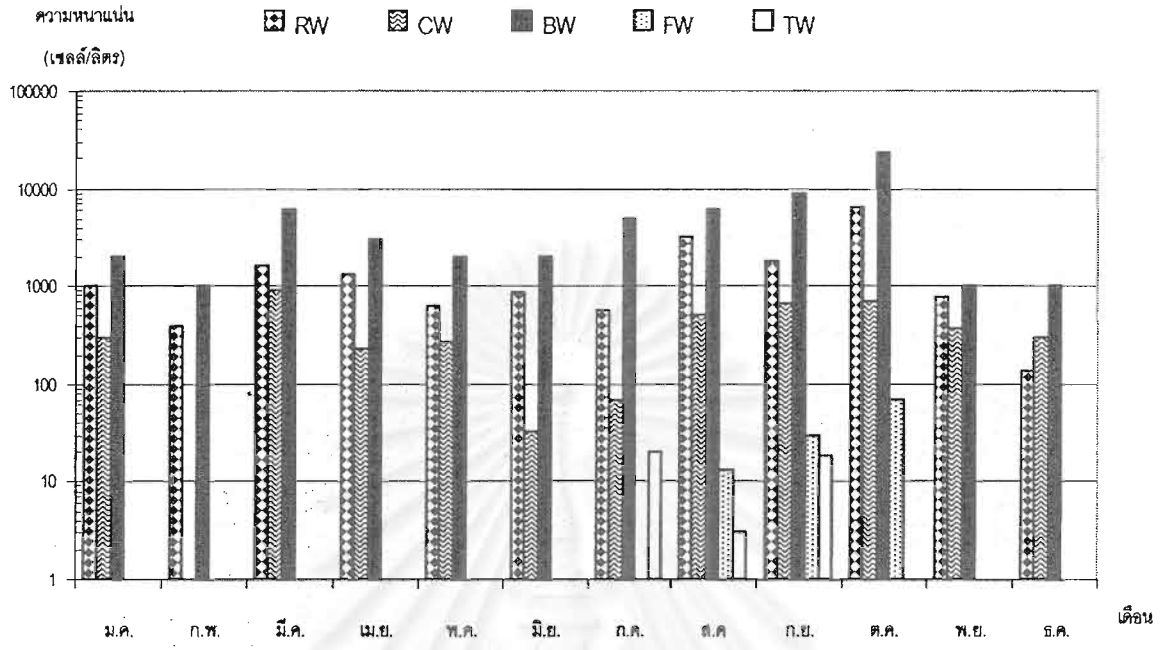
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 จำนวนสาหร่ายสกุล *Aulacoseira* ที่พบในน้ำตัวอย่าง

พบว่าในเดือนเมษายน พบสาหร่ายสกุลนี้มากที่สุดในช่วงเวลาที่ศึกษา คือ มีจำนวนเฉลี่ย 20,267 เซลล์ โดยชนิดที่มีมากที่สุด คือ *A. granulata* ส่วนในเดือนพฤษภาคม พบสาหร่ายสกุลนี้ คือ เฉลี่ย 8,333 เซลล์ ส่วนเดือนอื่นๆ พบสาหร่ายสกุลนี้ในจำนวนไม่มากและไม่พบในเดือนธันวาคม

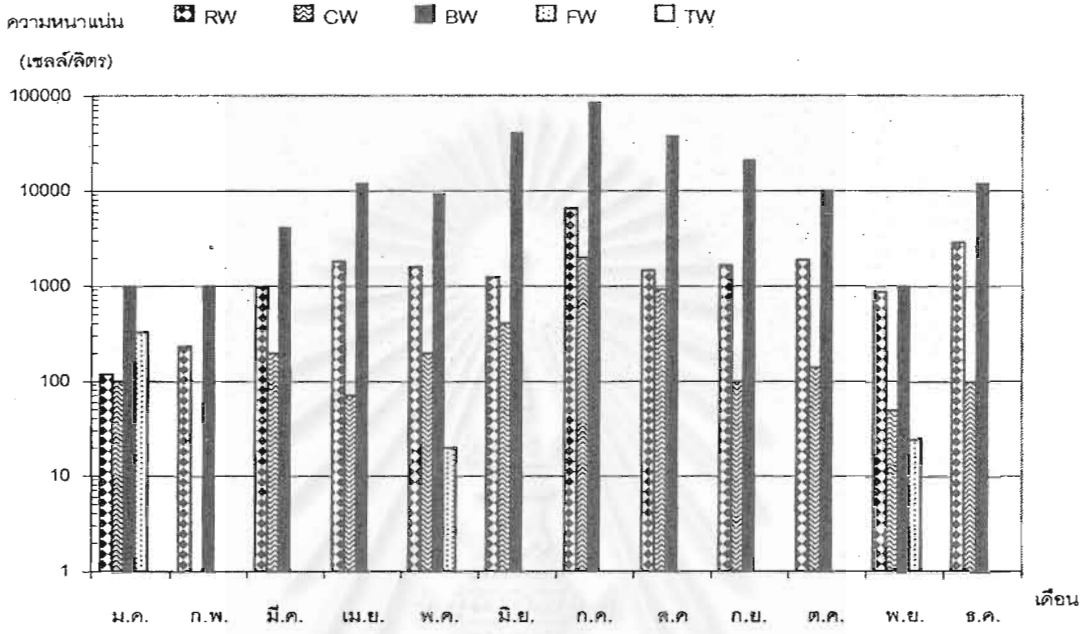
สำหรับความสามารถในการกำจัดสาหร่ายสกุลนี้ จากในน้ำดิบ จนเหลือในน้ำประปา จำนวนลดลงคิดเป็นร้อยละ 99.88 จากปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบ รวม 4,152 เซลล์/ลิตร เหลือ 5 เซลล์/ลิตร



รูปที่ 4.16 จำนวนสาหร่ายสกุล *Navicula* ที่พบในน้ำตัวอย่าง

สาหร่ายสกุล *Navicula* พบทุกเดือนที่ศึกษาในรอบปี พ.ศ. 2544 และพบในปริมาณสม่ำเสมอ มีปริมาณสูงในเดือนตุลาคมในน้ำดิบ 6,333 เซลล์/ลิตร เนื่องจากเดือนตุลาคมเป็นฤดูน้ำหลาก จึงพัดพาตะกอนมาพร้อมกับสาหร่าย จากการศึกษา พบปริมาณสาหร่ายสกุลนี้ในน้ำดิบเฉลี่ย 1,561.08 เซลล์/ลิตร และกระบวนการผลิตน้ำประปาสามารถกำจัดสาหร่ายสกุลนี้เหลือ 3.42 เซลล์/ลิตร คิดเป็นร้อยละการกำจัด 99.78

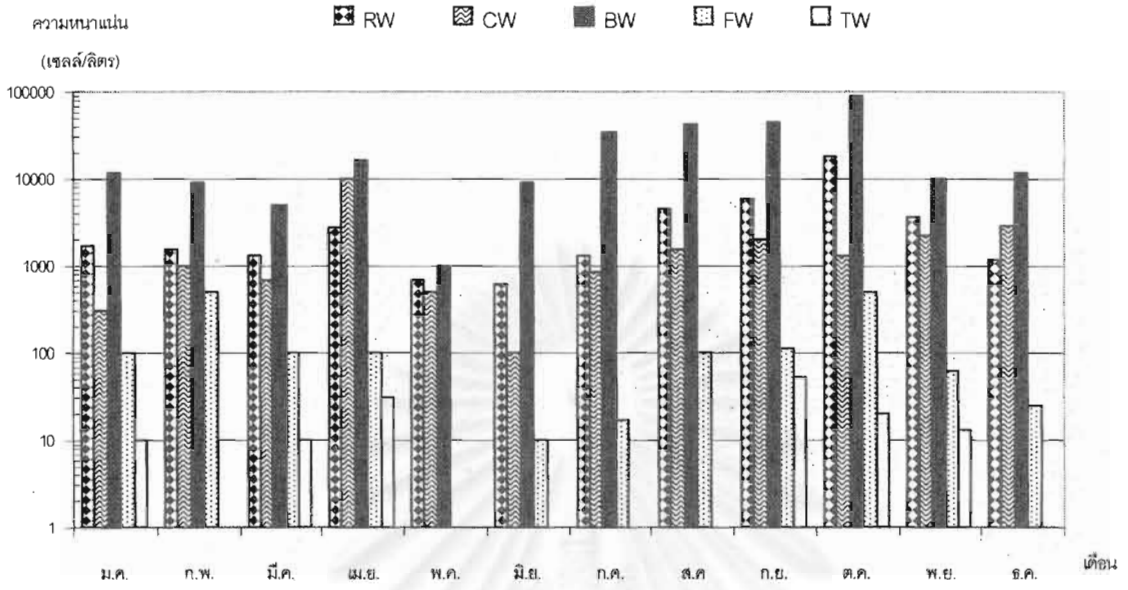
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.17 จำนวนสาหร่ายสกุล *Cyclotella* ที่พบในน้ำตัวอย่าง

พบสาหร่ายสกุล *Cyclotella* ในน้ำตัวอย่างทุกเดือนที่ศึกษาในรอบปี พ.ศ. 2544 จะพบมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม คือมีปริมาณในน้ำดิบ 6,467 เซลล์ และไม่พบเลยในน้ำประปา จึงสรุปได้ว่าระบบผลิตน้ำประปา สามารถกำจัดสาหร่ายสกุลนี้ได้หมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

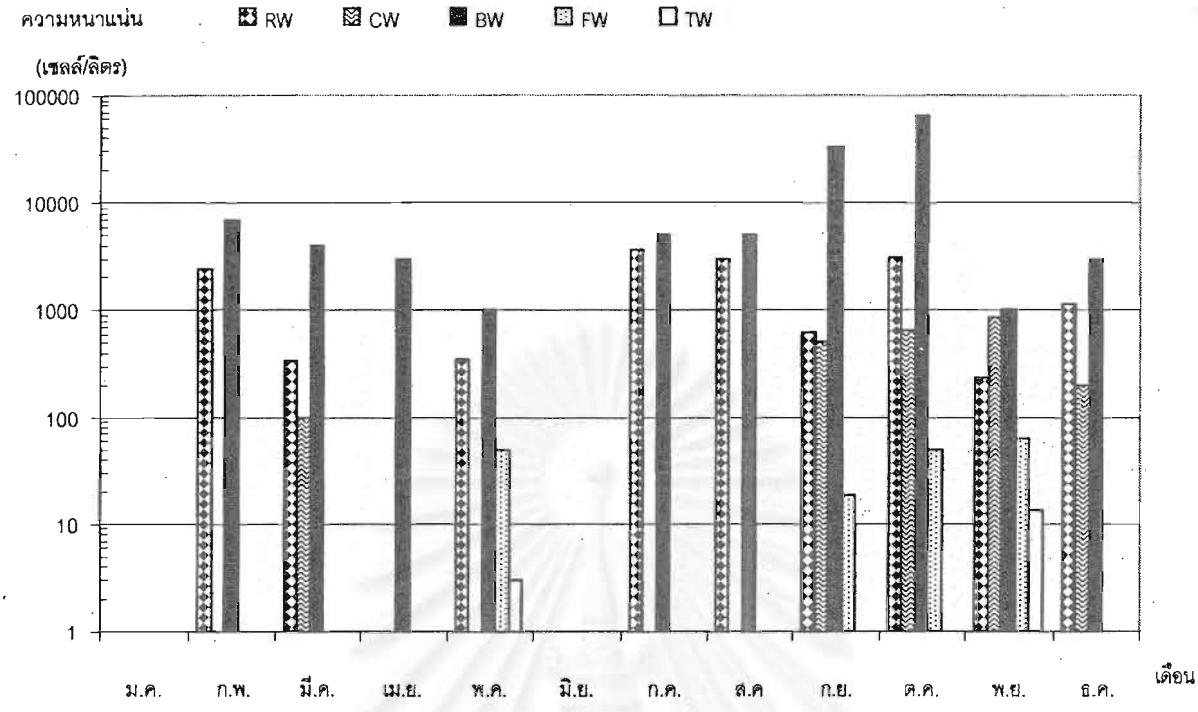


รูปที่ 4.18 จำนวนสาหร่ายสกุล *Cymbella* ที่พบในน้ำตัวอย่าง

จากรูป 4.18 พบว่าสาหร่ายสกุล *Cymbella* พบมากในฤดูน้ำหลาก มักมาพร้อมกับตะกอนดิน ส่วนใหญ่จะเป็นชนิด *C. tumida* สาหร่ายสกุลนี้มักเกาะเป็นกลุ่มใหญ่ เมื่อมีจำนวนมากจะลอยตัวบนผิวน้ำ เนื่องจากมีแรงลอยตัว จากการสร้างฟองอากาศ มีเมือกลักษณะเป็นท่อที่ก้านเซลล์ (Stalk) จึงเป็นปัญหาทำให้ทรายอุดตันเร็ว

จากการตรวจน้ำตัวอย่างน้ำดิบในปี พ.ศ.2544 พบสาหร่ายสกุลนี้มากที่สุดในเดือนตุลาคม มีจำนวน 17,567 เซลล์/ลิตร และน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน พบจำนวน 633 เซลล์/ลิตร ในกระบวนการผลิตน้ำประปาสามารถกำจัดสาหร่ายสกุลนี้ได้ร้อยละ 99.88 จากความหนาแน่นเฉลี่ยในน้ำดิบ 6,914 เซลล์/ลิตร/เดือน เหลือ 8 เซลล์/ลิตร/เดือน

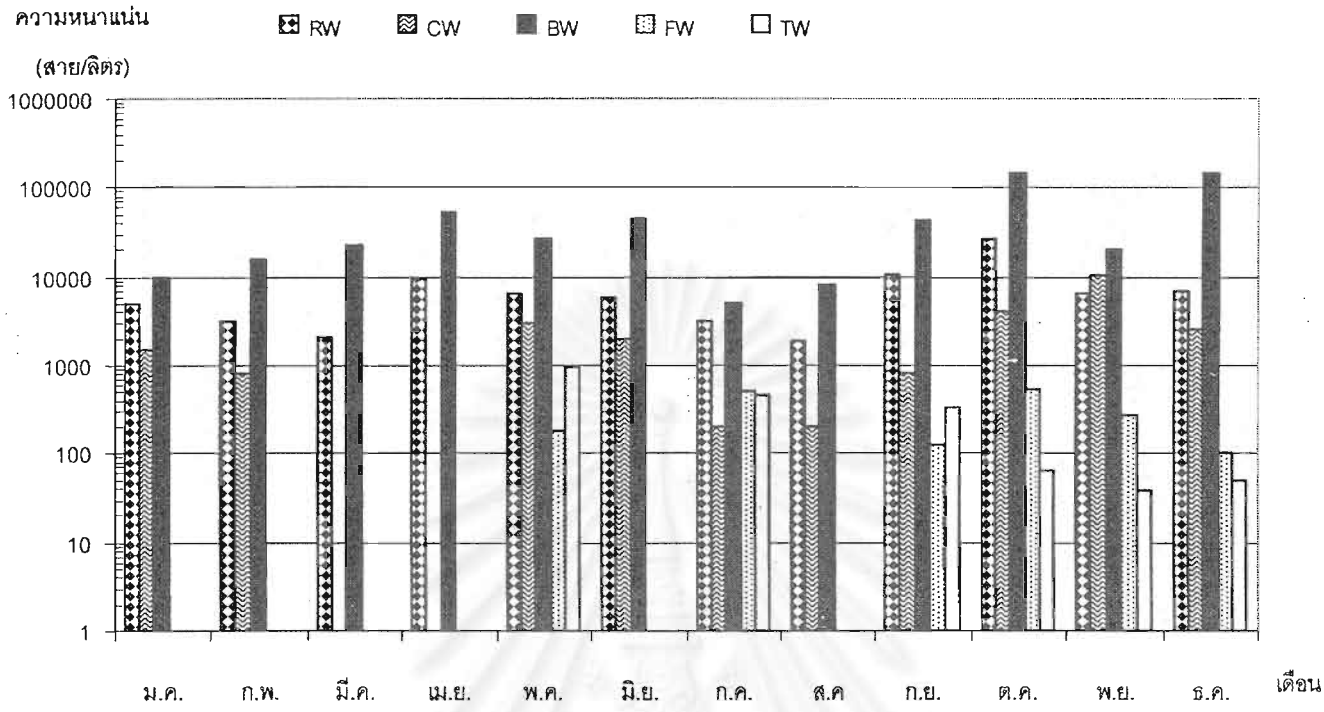
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 จำนวนสาหร่ายสกุล Synedra ที่พบในน้ำตัวอย่าง

จากการศึกษาน้ำตัวอย่างจากกระบวนการผลิตน้ำประปาทั้ง 12 เดือน พบว่ามีสาหร่ายสกุลนี้ในกรกฎาคมมีจำนวนมากที่สุด ในน้ำดิบมีจำนวนเฉลี่ย 3,633 เซลล์/ลิตร พบน้อยที่สุดในเดือนมกราคม มีจำนวนเฉลี่ย 100 เซลล์/ลิตร ชนิดที่พบบ่อย คือ *S. ulna* และ *S. acus* และในกระบวนการผลิตน้ำประปาสามารถกำจัดสาหร่ายสกุลนี้ได้ร้อยละ 99.92 จากความหนาแน่นเฉลี่ยในน้ำดิบ 1,235 เซลล์/ลิตร เหลือ 1 เซลล์/ลิตร

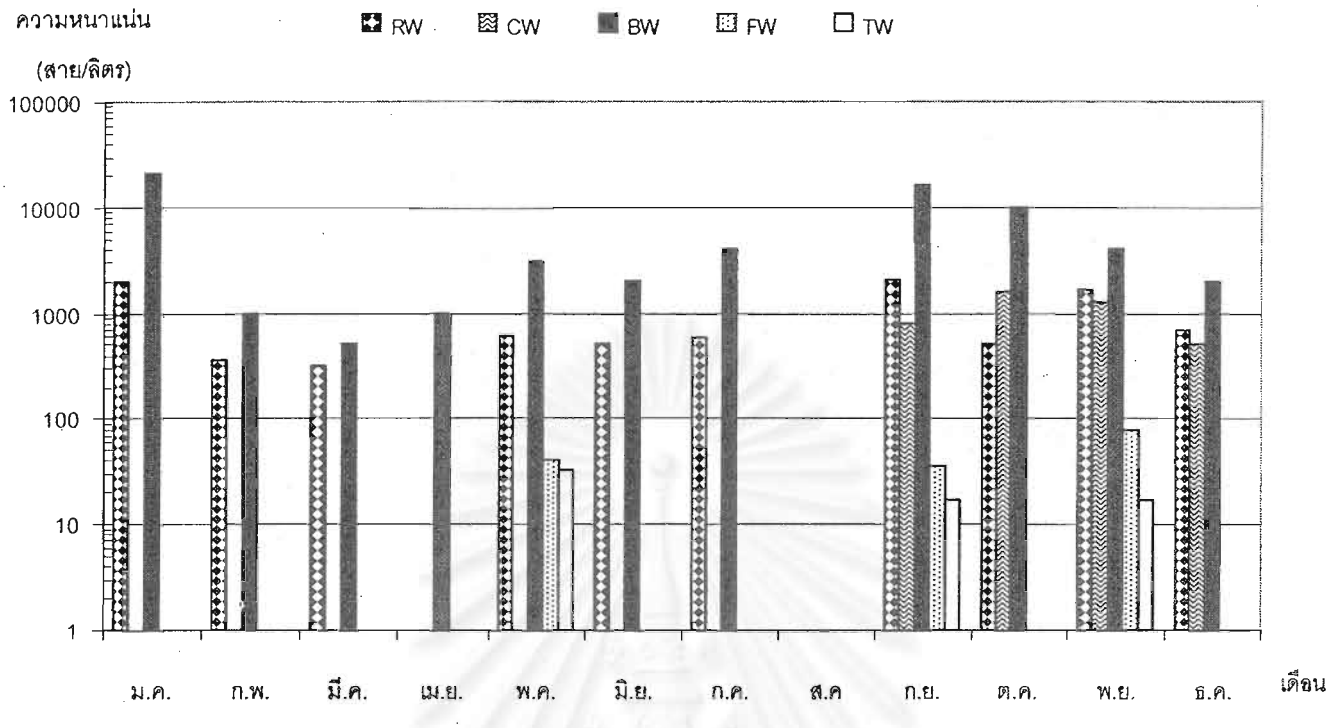
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.20 จำนวนสาหร่ายสกุล *Oscillatoria* ที่พบในน้ำตัวอย่าง

สาหร่ายสกุลนี้เป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบมากที่สุดในน้ำตัวอย่างและเป็นปัญหาในกระบวนการกรองน้ำ สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และมักเกาะตามพื้นผิวบ่อ ทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อยๆ

จำนวนสาหร่ายสกุล *Oscillatoria* ที่พบในน้ำดิบจากนับจำนวน มีปริมาณเฉลี่ยทั้งปี 7,289 สาย/ลิตร เมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาเหลือจำนวนเฉลี่ย 156 สาย/ลิตร คิดเป็นค่าการกำจัดร้อยละ 97.86 โดยมักเป็นชนิดที่มีเส้นสายขนาดเล็ก เช่น *O. limnetica, O. amoena*



รูปที่ 4.21 จำนวนสาหร่ายสกุล *Phormidium* ที่พบในน้ำตัวอย่าง

จากรูปที่ 4.21 พบสาหร่ายสกุล *Phormidium* ในเกือบทุกเดือนที่ศึกษาในปี พ.ศ.2544 แต่จะไม่พบในเดือนสิงหาคม พบมากที่สุดในเดือนกันยายน เฉลี่ยจำนวน 2,033 สาย/ลิตร จำนวนที่พบเฉลี่ยทั้งปี 772 สาย/ลิตร และหลังผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา ยังพบเหลือจำนวนเฉลี่ย 5.6 สาย/ลิตร คิดเป็นร้อยละการกำจัด 99.27 ชนิดที่พบบ่อยที่สุดคือ *P. tenue*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาตัวอย่างน้ำทั้ง 5 ตัวอย่างที่เก็บจากโรงงานผลิตน้ำประปาสามเสนในกระบวนการผลิตได้แก่ น้ำดิบ (RW) น้ำที่ผ่านกระบวนการตกตะกอนและเติมคลอรีนขั้นต้น (CW) น้ำที่ใช้ล้างทรายกรอง (BW) น้ำที่ผ่านการกรอง (FW) และในน้ำประปา (TW) ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2544 รวมทั้งสิ้นเป็นเวลา 1 ปี สามารถสรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

1) คุณภาพน้ำของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาตลอดปี พ.ศ. 2544 พบว่าอุณหภูมิน้ำดิบเฉลี่ยเท่ากับ 29.5 ^{o}ซ ค่าความเป็นกรด-เบส เฉลี่ยเท่ากับ 7.28 ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 230 μS/cm. ค่าความขุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 104 NTU ค่าออกซิเจนคอนซูมเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ยเท่ากับ 5.71 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณไนเตรตเฉลี่ย เท่ากับ 0.23 มิลลิกรัม/ลิตร
2) สาหร่าย 3 ดิวิชัน ใหญ่ๆ ที่พบในกระบวนการผลิตน้ำประปามากที่สุด คือ ดิวิชัน Cyanophyta Chrysophyta และ Cyanophyta โดยนำข้อมูลเฉพาะน้ำดิบมาคำนวณ ในจำนวนสาหร่ายทั้งหมด 581,847 หน่วย
   - พบสาหร่ายในดิวิชัน Chrysophyta หรือกลุ่มสาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง มีจำนวนมากที่สุด คือร้อยละ 70.90 ของสาหร่ายทั้งหมด คิดในหน่วยธรรมชาติ Class ที่พบมากที่สุดคือ Bacillariophyceae หรือกลุ่มไดอะตอม สกุลที่พบมากที่สุดคือ *Nitzschia* sp. พบจำนวน 183,770 เซลล์ คิดเป็นร้อยละ 31.58 สกุลที่พบรองลงมาคือ *Cymbella* sp. จำนวน 82,966 เซลล์ คิดเป็นร้อยละ 14.26 ของสาหร่ายทั้งหมด
   - สาหร่ายดิวิชัน Cyanophyta พบจำนวนเฉลี่ยร้อยละ 19.93 ของสาหร่ายในน้ำดิบ สกุลที่พบมากที่สุดคือ *Oscillatoria* sp.พบ 87,467 สาย คิดเป็นเฉลี่ยร้อยละ 15.03 ของสาหร่ายในน้ำดิบ รองลงมาคือ *Phormidium* sp. พบ 9,274 สาย คิดเป็นร้อยละ 1.59 ของสาหร่ายทั้งหมด
   - ส่วนสาหร่ายดิวิชัน Chlorophyta พบร้อยละ 7.33 ของสาหร่ายในน้ำดิบ และสกุลที่พบมากที่สุดคือ *Chlorella* sp. พบจำนวน 9,183 เซลล์ คิดเป็นร้อยละ 1.58 รองลงมาคือ สกุล

Closterium sp. พบจำนวน 9,067 เซลล์ คิดเป็นร้อยละ 1.56 ของจำนวนสาหร่ายทั้งหมดที่พบในน้ำดิบ

3) จากจำนวนสาหร่ายที่พบทั้งหมดในน้ำดิบ 581,847 หน่วย คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย 48,487 หน่วย/ลิตร/เดือน ในปีที่ศึกษา โดยในน้ำประปาที่ผ่านการบำบัดแล้ว พบปริมาณสาหร่ายที่เหลือ 2,800 หน่วย คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย 233 หน่วย/ลิตร/เดือน คิดเป็นร้อยละการกำจัดสาหร่ายร้อยละ 99.52 จากปริมาณสาหร่ายในน้ำดิบ

แม้จะพบว่าสาหร่ายสร้างปัญหาต่อระบบการผลิต ทำให้ระบบการกรองน้ำอุดตันเร็ว ในบางเดือน อาจพบสาหร่ายกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมากกว่าปกติ การล้างบ่อกรองบ่อยขึ้นทำให้ปัญหาต่างๆ ลดลง เจ้าหน้าที่ควบคุมระบบจึงต้องหมั่นตรวจตราระบบมากขึ้น ในช่วงเดือน เมษายนถึงเดือนมิถุนายน และฤดูน้ำหลากคือช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน

นอกเหนือจากค่าต่างๆ ที่ทำการศึกษาจะมีผลทำให้สาหร่ายมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งบางปัจจัยสามารถควบคุมได้โดยง่าย บางปัจจัยก็ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น

1. เรือดูดทรายที่ทำการดูดทรายใกล้จุดสูบน้ำ ควรมีพระราชกำหนดให้เรือดูดทรายทำการได้ ห่างจากจุดสูบน้ำอย่างน้อย 100 กิโลเมตร จะช่วยให้ความขุ่นของน้ำลดการแปรปรวนลงได้มาก
2. น้ำรากหญ้าหลังฤดูน้ำหลาก เป็นปัจจัยภายนอก ที่ควบคุมได้ยาก น้ำรากหญ้าจะพาสารอินทรีย์จากพื้นที่ภาคกลางตอนบนที่ทำการเกษตรกรรม ปนเปื้อนมากับแหล่งน้ำ แม้ว่าน้ำในช่วงนี้จะไม่ขุ่นนัก แต่มีผลทำให้สาหร่ายเพิ่มจำนวนได้มาก
3. ปริมาณแสงแดดที่ส่องลงสู่ระบบบำบัดน้ำ มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เกาะที่พื้นผิวของระบบอย่างมาก เช่น สาหร่ายกลุ่มที่สามารถสร้างเมือก กลุ่มที่เป็นเส้นสาย และกลุ่มไดอะตอม สาหร่ายเหล่านี้สามารถทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงได้ จึงควรมีมาตรการในการควบคุมแสงแดด เช่น การจัดวัสดุปิดกั้นแสง หรือเพิ่มความลึกของบ่อ หรือใช้ระบบปิดในการบำบัด เป็นต้น
4. ปริมาณสาหร่ายที่สะสมอยู่ในระบบ เป็นองค์ประกอบที่สามารถควบคุมได้ง่าย โดยการทำความสะอาด ล้างอุปกรณ์ หรือพื้นผิววัสดุ ให้บ่อยขึ้น ก่อนจะเกิดการสะสม

ตะกอนที่จะเป็นสารอาหารของสาหร่ายในระบบ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบกรองดีขึ้นเมื่อมีการทำความสะอาดระบบอย่างเหมาะสม และสม่ำเสมอ ทั้งยังจะลดปริมาณสาหร่ายที่อาจมาจากสาหร่ายเดิมที่เกาะอยู่ที่อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบได้ด้วย

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาปริมาณสาหร่าย รวมทั้งศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมี สรุปได้ว่า โรงงานผลิตน้ำประปาสามเสน มีความสามารถในการผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพดีในระดับที่สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยการฆ่าเชื้อและปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ตามปรกติ แม้น้ำประปาที่ได้ยังคงมีสาหร่ายหลงเหลืออยู่ในปริมาณหนึ่ง ซึ่งไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำประปาและสุขภาพของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยไม่อาจสรุปได้ว่าน้ำประปาที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำประปานั้น สะอาด ปลอดภัย และปราศจากการปนเปื้อนของสาหร่ายพิษเนื่องจากสาหร่ายที่พบในน้ำประปา มีสกุลที่มีความเสี่ยงจะเป็นชนิดของสาหร่ายที่สร้างพิษอยู่ด้วย ดังนั้นการควบคุมและจัดการสาหร่ายที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา และสม่ำเสมอ จะสามารถรักษาคุณภาพน้ำประปาให้สะอาด ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การนับจำนวนสาหร่าย แบบนับหน่วยธรรมชาติ มีข้อเสียคือ เกิดการคลาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบได้ง่าย เนื่องจากสาหร่ายแต่ละกลุ่มนั้น มีลักษณะของหน่วยตามธรรมชาติแตกต่างกัน บางชนิดเป็นเซลล์เดี่ยว บางชนิดเป็นกลุ่มเซลล์ และบางชนิดเป็นเส้นสาย ทำให้ไม่สามารถระบุปริมาณที่ถูกต้อง แม่นยำได้ จึงควรจะนับโดยการใช้จำนวนเซลล์สำหรับสาหร่ายทุกชนิด แต่ต้องระบุวิธีการอย่างชัดเจน หรืออาจใช้วิธีการอื่นที่สามารถระบุปริมาตรชีวมวล (Biovolume) ได้อย่างแม่นยำกว่า เช่น การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เป็นต้น
2) ควรมีการติดตามตรวจสอบความหลากหลายของสาหร่าย ติดต่อกันอย่างน้อย 3-5 ปี อย่างสม่ำเสมอ ด้วยความถี่ที่สูงขึ้น เพื่อศึกษาแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และนำไปใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมสาหร่ายต่อไป
3) ควรมีการจำแนกอนุกรมวิธานของสาหร่ายถึงระดับชนิด (Species) เนื่องจากสาหร่ายในแต่ละสกุล มีความแตกต่างทั้งในด้านขนาด รูปร่าง ความเป็นพิษ กลิ่น และสี ที่จะส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำในระบบการผลิต

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กาญจนา ฟูตระกูล. 2537. การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตจากโรงงานผลิตน้ำสามเสนและโรงงานผลิตน้ำบางเขน ของการประปานครหลวง. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานโยบายและการวางแผนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเกริก.

การประปานครหลวง. 2543. โรงงานผลิตน้ำสามเสน – ธนบุรี. กรุงเทพมหานคร. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ตรัย เป็กทอง. 2541. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและเบนทิคอัลจีในลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ – ปุย ระดับความสูง 330 ถึง 550 เมตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีรพล ตังคะเกตุ. 2531. การประเมินสถานภาพสารอาหารในน้ำจากอ่างเก็บน้ำภูมิพล โดยวิธีเคมีวิเคราะห์และสาหร่ายวิเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นคร บุญประคอง. 2532. บทบาทของสาหร่ายที่มีต่อคุณภาพน้ำของลุ่มแม่น้ำที่สำคัญบริเวณภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บานเย็น จันทราฤทธิกุล. 2534. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและการแพร่กระจายของสาหร่ายกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฝ่ายวางแผนการผลิตและควบคุมคุณภาพ. 2546. คุณภาพน้ำดิบการประปานครหลวง. [แหล่งที่มา: http://www.mwa.or.th., 15 ม.ค. 2546]

พิษณุพล สงวนนวล. 2543. การศึกษากระบวนการทำให้ลอยตัวด้วยอากาศที่ละลายน้ำเพื่อกำจัดสาหร่ายออกจากน้ำดิบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มัณฑนา นวลเจริญ. 2543. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในพรุจังหวัดกระบี่. รายงานการวิจัย. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏภูเก็ต.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2532. สาหร่าย: ALGAE. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช - Phytoplankton. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพงษ์ จันทร์ขอนแก่น. 2540. ประสิทธิภาพของถังกรองทรายช้าขนาดใหญ่ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาเอกอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

อาภารัตน์ มหาขันธ์. 2541. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสาหร่าย. ศูนย์เก็บรักษาและรวบรวมข้อมูลจุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

อาภารัตน์ มหาขันธ์ และคณะ. 2543,ก. สาหร่ายในแหล่งน้ำจืดเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล: 1.องค์ประกอบของชนิด. วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 15 (1) มกราคม – เมษายน: 3-20.

อาภารัตน์ มหาขันธ์ และคณะ. 2543,ข. สาหร่ายในแหล่งน้ำจืดเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล: 2.การแพร่กระจาย. วารสารการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 15 (2) พฤษภาคม – สิงหาคม: 73-86.

ภาษาอังกฤษ

Amporn Kankanlaung. 2000. Study of Algae in Raw Water Sources of Phnom Penh Water Supply Authority and Problems Caused by Algae in Phum Prek Water Supply. Report on JICA Third Country Expert September, 2000. (Mimeographed)

APHA, AWWA and WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. APHA: Washington DC.

Bellinger, E.G. 1992. A Key to Common Algae (Freshwater Estuarine and Some Coastal Species). Fourth Edition. The Institution of Water and Environmental Management: London.

Bold, H.C. 1985. Introduction to the Algae. Prentice Hall: London.

Elnaggar, M. 1994. Studies on the Fresh-Water Algae of Makkah Area, Saudi-Arabia [On-line]. Pakistan Journal of Botany. 26 (2) Dec: 203-213. Abstract from: Science Citation Index Expanded (ISI).

Konno, H. 1999. Some Issues Caused by Algae on Waterworks in Thailand. Report of Research. Department of Civil Eng.: Tohoku Institute of Technology.

Lind, Edna M. and Brook, Alan J. 1980. A Key to the Commoner Desmids of the English Lake District. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No.42. The Ferry House: Cumbria LA.

Phalla, C. 1997. Problems of Water Purification Caused by Algae and Their Counter Measures. Master's Thesis of Engineering. Asian Institute of Technology.

Prescott, G.W. 1978. How to Know the Freshwater Algae. 3rd edition. University of Montana United States of America.

Sabater S. 1995. Algae in Urban Drinking Waters in N.E. Spain. Journal of Applied Phycology. 7 (5) Oct: 455-460. Abstract from: Science Citation Index Expanded (ISI).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ (ดำเนินการศึกษาโดยภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่). 2544. การสำรวจและติดตามตรวจสอบสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา. รายงานหลัก เล่มที่ 1/3. กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย: ALGAE. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, ลัดดา วงศ์รัตน์ และ ชัชรี สุพรรณวนิช. 2538. Algae in Thailand. First published. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (Office of Environmental Policy and Planning: OEPP).

จันทนา สุขปรีดี. 2540. ความหลากหลายของสาหร่ายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. รายงานผลการวิจัย ทุนอุดหนุนวิจัย มก. งบประมาณปี 2539 – 2540. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรทิพา ตั้งใจตรง. 2528. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายสไปรูไลน่า (*Spirulina* sp.) วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรีคำ อนุชาชาติ. 2543. การกำจัดสาหร่ายโดยการกรองแบบไหลย้อนขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุคนธ์ คล่องดี. 2534. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำของการประปาเชียงราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. 2545. คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

Kazunori, K. 2000. Organisms of Water Supplies in Japan – Photographs and Descriptions. Japan Water Works Association: Kogusuri Printing.

Nural, A.K.M. islam, and Yusuf, A.K. Haroon. 1980. Desmids of Bangladesh. Department of Botany University of Decca. Hydrobiol 65 (4): 551-604.

Sladeckowa A. 1998. Green Algae in Water Supplies: a review. Biologia 53 (4) Aug: 557-565. Abstract from: Abstract from: Science Citation Index Expanded (ISI).

ภาคผนวก ก

ตารางผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 1 วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดเล็กน้อย ลมสงบ อุณหภูมิอากาศขณะวัด 29 °C

ครั้งที่ 1	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW1	ขุ่นปานกลาง	27.4	7.45	262	87.8	5.60	4.8	0.1307
CW1	ขุ่นเล็กน้อย	27.4	7.20	267	5.64	5.24	6.0	0.0997
BW1	ขุ่นมาก สีน้ำตาล	27.1	7.36	264	1134	6.17	7.5	0.0912
FW1	ใส	27.2	7.15	265	0.38	4.96	6.4	0.1180
TW1	ใส	28.3	7.14	268	0.15	4.64	8.2	0.1563

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 2 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด ลมสงบ อุณหภูมิอากาศขณะวัด 30 °C

ครั้งที่ 2	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW2	ขุ่นเล็กน้อย	27.2	7.78	258	139	3.28	5.7	0.3739
CW2	ขุ่นเล็กน้อย	27.1	7.47	258	8.1	2.56	7.4	0.2428
BW2	ขุ่นมาก มีสีน้ำตาลอ่อน	27.4	7.61	261	1274	5.76	7.3	0.2391
FW2	ใสมาก	27.5	7.54	258	0.401	2.48	7.4	0.1080
TW2	ใสมาก	29.3	7.43	264	0.273	1.84	8.1	0.1020

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 3 วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดจัด ลมอ่อน อุณหภูมิอากาศขณะวัด 28 °C

ครั้งที่ 3	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW3	ขุ่นปานกลาง	27.5	7.57	257	103	4.24	6.1	0.1727
CW3	มีสาหร่ายลอยบ้าง	27.8	7.46	262	5.34	3.84	7.2	0.2182
BW3	ขุ่นมาก	27.1	7.52	261	1561	9.76	7.5	0.2276
FW3	ใส	26.4	7.49	261	0.434	3.68	7.2	0.1448
TW3	ใสมาก	26.8	7.44	268	0.235	3.36	7.5	0.1434

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 4 วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ร้อนมาก ท้องฟ้าโปร่ง ลมสงบ อุณหภูมิอากาศขณะวัด 35 °C

ครั้งที่ 4	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW4	ขุ่นเล็กน้อย	32.2	7.64	320	105	3.28	5.7	0.1074
CW4	ค่อนข้างใส	31.9	7.48	319	9.33	3.36	6.9	0.1028
BW4	ขุ่นมาก	31.8	7.34	321	2335	5.72	7.4	0.1011
FW4	ใส	31.3	7.39	314	0.64	3.36	7.1	0.0456
TW4	ใส	30.9	7.30	317	0.949	3.52	7.0	0.0540

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 5 วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดเล็กน้อย ลมสงบ อุณหภูมิอากาศขณะวัด 31 °C

ครั้งที่ 5	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW5	ขุ่นปานกลาง	30.0	7.57	252	182	3.80	6.1	0.2010
CW5	ขุ่นเล็กน้อย	31.1	7.25	249	8.46	3.22	7.7	0.1577
BW5	ขุ่นมาก	30.7	7.32	256	2376	4.84	6.7	0.1663
FW5	ใส	29.7	7.37	258	1.562	3.68	7.9	0.1145
TW5	ใส	29.9	7.27	247	0.684	3.42	7.3	0.1069

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 6 วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ร้อนชื้น ท้องฟ้าโปร่ง ลมสงบ วัดความชื้นในอากาศได้ 64 % อุณหภูมิอากาศขณะวัด 32 °C

ครั้งที่ 6	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW6	ขุ่นเล็กน้อย	30.2	7.67	209	139	4.74	5.8	0.2118
CW6	ขุ่นเล็กน้อย	29.5	7.18	220	10.2	3.71	6.2	0.2035
BW6	ขุ่นมาก	29.0	7.42	231	2043	5.26	7.6	0.2019
FW6	ใส	28.1	7.04	223	0.43	3.07	6.5	0.2054
TW6	ใส	29.7	7.05	220	0.16	2.24	7.1	0.1937

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 7 วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ร้อน ท้องฟ้าครึ้มเล็กน้อย ลมสงบ อุณหภูมิอากาศขณะวัด 32 °C

ครั้งที่ 7	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW7	ขุ่นปานกลาง	30.1	6.25	263	129	3.97	5.9	0.2594
CW7	ขุ่นเล็กน้อย	29.0	6.44	268	7.72	2.11	6.0	0.3280
BW7	ขุ่นมาก	28.8	6.53	267	2649	6.14	6.3	0.3059
FW7	ใส	28.7	6.21	266	0.57	2.37	6.4	0.2681
TW7	ใส	29.8	6.48	281	0.51	1.54	7.9	0.1412

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 8 วันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 13.30 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ค่อนข้างร้อน ครึ้มฟ้าครึ้มฝน ลมสงบ วัดความชื้นในอากาศได้ 65% อุณหภูมิอากาศขณะวัด 30 °C

ครั้งที่ 8	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW8	ขุ่น	29.2	6.87	182	136	4.64	5.8	0.3001
CW8	ขุ่นเล็กน้อย	27.7	6.63	189	8.22	2.88	5.6	0.2814
BW8	ขุ่นมาก	28.9	6.73	187	2182	8.08	5.4	0.2971
FW8	ใส	29.0	6.88	188	1.13	1.76	5.6	0.2018
TW8	ใส	29.4	6.93	202	0.86	1.76	5.7	0.1990

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 9 วันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดเล็กน้อย ลมอ่อน อุณหภูมิอากาศขณะวัด 28 °C

ครั้งที่ 9	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW9	ขุ่น	30.6	7.44	175	87.20	2.88	6.2	0.3172
CW9	ใส	29.0	7.15	189	4.52	2.08	6.2	0.2913
BW9	ขุ่นมาก	29.1	7.33	174	956.00	9.60	6.0	0.2215
FW9	ใส	28.1	7.29	183	0.36	4.16	6.6	0.2146
TW9	ใส	29.9	7.23	181	0.50	1.60	6.3	0.2039

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 10 วันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 13.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดเล็กน้อย ลมสงบ อุณหภูมิอากาศขณะวัด 29 °C

ครั้งที่ 10	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW10	ขุ่น	30.8	7.17	166	48.90	4.30	5.6	0.3305
CW10	ใส	28.8	7.12	170	3.440	2.62	6.3	0.3106
BW10	ขุ่นมาก	29.0	7.34	174	6890	9.22	6.2	0.2371
FW10	ใส	29.1	7.41	175	0.530	2.63	6.5	0.2814
TW10	ใส	29.4	7.22	178	0.336	1.54	6.9	0.2016

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 11 วันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 12.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดเล็กน้อย ลมสงบ อุณหภูมิอากาศขณะวัด 29 °C

ครั้งที่ 11	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW11	ขุ่นเล็กน้อย	28.5	6.79	180	46.2	4.72	5.5	0.1920
CW11	ใส	27.1	6.71	187	3.46	3.94	5.6	0.1910
BW11	ขุ่นมาก	27.2	6.76	189	745	8.55	6.7	0.2015
FW11	ใส	27.2	6.46	187	0.405	3.64	6.0	0.1903
TW11	ใส	28.3	6.65	190	0.3	2.38	7.3	0.1720

ตัวอย่างน้ำจากโรงผลิตน้ำสามเสน 4 ครั้งที่ 12 วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2544 เวลาเก็บ 13.00 – 14.00 น.

สภาพอากาศ เย็น ท้องฟ้าโปร่ง มีแดดเล็กน้อย ลมอ่อน อุณหภูมิอากาศขณะวัด 28 °C

ครั้งที่ 12	ลักษณะตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	Conductivity (µS/cm.)	Turbidity (NTU)	OC (mg/L.)	DO (mg/L.)	Nitrate Nitrogen (mg/L.)
RW12	ขุ่นเล็กน้อย	29.9	7.13	240	42.70	4.02	5.3	0.1730
CW12	มีตะกอนเล็กน้อย	28.3	7.09	241	7.37	4.19	6.6	0.1418
BW12	ขุ่น	28.4	6.85	241	907	7.94	6.4	0.1724
FW12	ใส	28.5	7.12	240	0.23	3.50	6.2	0.1305
TW12	ใส	28.1	6.75	246	0.497	2.40	7.1	0.0806

ตารางแสดงอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างที่ศึกษา (°C)

Temp.	RW	CW	BW	FW	TW
1	27.4	27.4	27.1	27.2	28.3
2	27.2	27.1	27.4	27.5	29.3
3	27.5	27.8	27.1	26.4	26.8
4	32.2	31.9	31.8	31.3	30.9
5	30.0	31.1	30.7	29.7	29.9
6	30.2	29.5	29.0	28.1	29.7
7	30.1	29.0	28.8	28.7	29.8
8	29.2	27.7	28.9	29.0	29.4
9	30.6	29.0	29.1	28.1	29.9
10	30.8	28.8	29.0	29.1	29.4
11	28.5	27.1	27.2	27.2	28.3
12	29.9	28.3	28.4	28.5	28.1
ค่าเฉลี่ย	29.46667	28.725	28.70833	28.4	29.15
STDEV	1.544099	1.525615	1.450679	1.311488	1.092537

ตารางแสดงค่า pH ของน้ำตัวอย่างที่ศึกษา

pH	RW	CW	BW	FW	TW
1	7.45	7.20	7.36	7.15	7.14
2	7.78	7.47	7.61	7.54	7.43
3	7.57	7.46	7.52	7.49	7.44
4	7.64	7.48	7.34	7.39	7.30
5	7.57	7.25	7.32	7.37	7.27
6	7.67	7.18	7.42	7.04	7.05
7	6.25	6.44	6.53	6.21	6.48
8	6.87	6.63	6.73	6.88	6.93
9	7.44	7.15	7.33	7.29	7.23
10	7.17	7.12	7.34	7.41	7.22
11	6.79	6.71	6.76	6.46	6.65
12	7.13	7.09	6.85	7.12	6.75
ค่าเฉลี่ย	7.2775	7.098333	7.205455	7.1125	7.074167
STDEV	0.453073	0.338629	0.355974	0.414468	0.310292

ตารางแสดงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่างที่ศึกษา (μS/cm.)

Conduct.	RW	CW	BW	FW	TW
1	262	267	264	265	268
2	258	258	261	258	264
3	257	262	261	261	268
4	320	319	321	314	317
5	252	249	256	258	247
6	209	220	231	223	220
7	263	268	267	266	281
8	182	189	187	188	202
9	175	189	174	183	181
10	166	170	174	175	178
11	180	187	189	187	190
12	240	241	241	240	246
ค่าเฉลี่ย	230.3333	234.9167	235.5	234.8333	238.5
STDEV	47.36192	44.35899	45.69165	43.50723	44.1907

ตารางแสดงค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่างที่ศึกษา (NTU)

Turbidity	RW	CW	BW	FW	TW
1	87.8	5.64	1134	0.38	0.15
2	139	8.1	1274	0.401	0.273
3	103	5.34	1561	0.434	0.235
4	105	9.33	2335	0.64	0.949
5	182	8.46	2376	1.562	0.684
6	139	10.2	2043	0.43	0.16
7	129	7.72	2649	0.57	0.51
8	136	8.22	2182	1.13	0.86
9	87.2	4.52	956	0.36	0.5
10	48.9	3.44	689	0.53	0.336
11	46.2	3.46	745	0.405	0.3
12	42.7	7.37	907	0.23	0.497
ค่าเฉลี่ย	103.8167	6.816667	1570.917	0.589333	0.4545
STDEV	43.55124	2.270596	710.2182	0.380115	0.264072

ตารางแสดงค่า OC ของน้ำตัวอย่างที่ศึกษา (mg/L.)

OC	RW	CW	BW	FW	TW
1	5.60	5.24	6.17	4.96	4.64
2	3.28	2.56	5.76	2.48	1.84
3	4.24	3.84	9.76	3.68	3.36
4	3.28	3.36	5.72	3.36	3.52
5	3.80	3.22	4.84	3.68	3.42
6	4.74	3.71	5.26	3.07	2.24
7	3.97	2.11	6.14	2.37	1.54
8	4.64	2.88	8.08	1.76	1.76
9	2.88	2.08	9.60	4.16	1.60
10	4.30	2.62	9.22	2.63	1.54
11	4.72	3.94	8.55	3.64	2.38
12	4.02	4.19	7.94	3.50	2.40
ค่าเฉลี่ย	4.1225	3.3125	7.253333	3.274167	2.52
STDEV	0.758924	0.930495	1.79104	0.871044	0.996795

ตารางแสดงค่า DO ของน้ำตัวอย่างที่ศึกษา (mg/L.)

DO	RW	CW	BW	FW	TW
1	4.8	6.0	7.5	6.4	8.2
2	5.7	7.4	7.3	7.4	8.1
3	6.1	7.2	7.5	7.2	7.5
4	5.7	6.9	7.4	7.1	7.0
5	6.1	7.7	6.7	7.9	7.3
6	5.8	6.2	7.6	6.5	7.1
7	5.9	6.0	6.3	6.4	7.9
8	5.8	5.6	5.4	5.6	5.7
9	6.2	6.2	6.0	6.6	6.3
10	5.6	6.3	6.2	6.5	6.9
11	5.5	5.6	6.7	6.0	7.3
12	5.3	6.6	6.4	6.2	7.1
ค่าเฉลี่ย	5.708333	6.475	6.75	6.65	7.2
STDEV	0.387201	0.690356	0.712869	0.641731	0.714779

ตารางแสดงค่า Nitrate ของน้ำตัวอย่างที่ศึกษา (mg/L.)

Nitrate	RW	CW	BW	FW	TW
1	0.1307	0.0997	0.0912	0.1180	0.1563
2	0.3739	0.2428	0.2391	0.1080	0.1020
3	0.1727	0.2182	0.2276	0.1448	0.1434
4	0.1074	0.1028	0.1011	0.0456	0.0540
5	0.2010	0.1577	0.1663	0.1145	0.1069
6	0.2118	0.2035	0.2019	0.2054	0.1937
7	0.2594	0.3280	0.3059	0.2681	0.1412
8	0.3001	0.2814	0.2971	0.2018	0.1990
9	0.3172	0.2913	0.2215	0.2146	0.2039
10	0.3305	0.3106	0.2371	0.2814	0.2016
11	0.1920	0.1910	0.2015	0.1903	0.1720
12	0.1730	0.1418	0.1724	0.1305	0.0806
ค่าเฉลี่ย	0.230808	0.214067	0.205225	0.168583	0.146217
STDEV	0.084327	0.078708	0.066035	0.070048	0.050941

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตารางผลการนับจำนวนสาหร่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 1 วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	4500	2400	9000	100	50
Cosmarium (cells)	733		1000		
Closterium (cells)	1533	2600	5000		
Coelastrum (colonies)	133		1000		
Crucigina (colonies)					
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)					
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)					
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)					
Spirogira (filaments)	1300	300	4000		
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)	167	100	3000		
Total	8366	5400	23000	100	50
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)					
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	120		1000	50	
Cymbella (cells)	1733	300	12000	100	
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)	2067	200	6000	100	
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)	1800		4000		
Melosira [Aulacoseira] (cells)	3667	1500	5000	150	13
Navicula (cells)	1000	300	2000		
Nitzschia (cells)					
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	100		1000		
Total	10487	2300	31000	400	13

ครั้งที่ 1 วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)			1000		
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)	1033		5000		
Merismopedia (colonies)	200		1000		
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	5067	1500	10000		
Phormidium (filaments)	2000		21000		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)					
Total	8300	1500	38000	0	0
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)	8000		21000		
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)					
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)					
Total	8000	0	21000	0	0
Grand Total	35153	9200	113000	500	63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 2 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	100		2000		
Cosmarium (cells)					
Closterium (cells)	500	200	8000		
Coelastrum (colonies)	400	50	3000		
Crucigina (colonies)					
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)					
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)					
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)					
Spirogira (filaments)	66		100		
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	1066	250	13100	0	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)					
Asterionella (cells)			1000		
Attheya (cells)			2000		
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	233	100	1000		
Cymbella (cells)	1533	1000	9000	500	
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)					
Melosira [Aulacoseira] (cells)	367		500		
Navicula (cells)	400		1000		
Nitzschia (cells)					
Pinnularia (cells)			1000		
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	1733		3000		
Total	4266	1100	18500	500	0

ครั้งที่ 2 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)			1000		
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	3100	800	16000		
Phormidium (filaments)	367		1000		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)					
Total	3467	800	18000	0	0
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)			1000		
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)					
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)					
Total	0	0	1000	0	0
Grand Total	8799	2150	50600	500	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 3 วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	466		3000		
Cosmarium (cells)					
Closterium (cells)	167		1000		
Coelastrum (colonies)					
Crucigina (colonies)			2000		
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)					
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)			2000		
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)			3000		
Pediastrum (colonies)					
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)					
Spirogira (filaments)					
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	633	0	11000	0	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)	867	400	10000	150	100
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)	1033		2000		
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	967	200	4000		
Cymbella (cells)	1300	700	5000	100	13
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)	220		4000		
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)			1000		
Melosira [Aulacoseira] (cells)	3100	1000	5000		
Navicula (cells)	1633	900	6000		
Nitzschia (cells)	5700	500	1000	13	
Pinnularia (cells)			2000		
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	333	100	4000		
Total	15153	3800	44000	263	113

ครั้งที่ 3 วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)					
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	2100		23000		
Phormidium (filaments)	320		500		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)					
Total	2420	0	23500	0	0
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)					
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)					
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)			1000		
Total	0	0	1000	0	0
Grand Total	18206	3800	79500	263	113

ครั้งที่ 4 วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)					
Cosmarium (cells)					
Closterium (cells)	833	100	9000		
Coelastrum (colonies)					
Crucigina (colonies)					
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)			2000		
Eudorina (colonies)			3000		
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)	100		3000		
Monoraphidium (cells)	433	400	3000	100	
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)	900	300	10000		
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)	233	100	5000		
Spirogira (filaments)	167		500		
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	2666	900	35500	100	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)	167		1000		50
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	1800	70	12000		
Cymbella (cells)	2733	10000	16000	100	25
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)					
Melosira [Aulacoseira] (cells)	20267	6500	150000	1000	13
Navicula (cells)	1300	233	3000		
Nitzschia (cells)	270	700	3000	50	13
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)	467		3000		
Synedra (cells)	667		3000		
Total	27671	17503	191000	1150	101

ครั้งที่ 4 วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)					
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)			1000		
Oscillatoria (filaments)	9467		51000		
Phormidium (filaments)			1000		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)					
Total	9467	0	53000	0	0
สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ Ceratium (cells)	RW	CW	BW	FW	TW
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)					
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)	33		3000		
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)					
Total	33	0	3000	0	0
Grand Total	39837	18403	282500	1250	101

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 5 วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)					
Cosmarium (cells)					
Closterium (cells)					
Coelastrum (colonies)				13	
Crucigina (colonies)			1000	13	
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)	400		1000		
Eudorina (colonies)				13	
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)	1100		1000	60	
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)					
Spirogira (filaments)					
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	1500	0	3000	99	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)			3000	13	
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	1607	200	9000	25	
Cymbella (cells)	700	500	1000		
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)					
Melosira [Aulacoseira] (cells)	8333	10000	15000	1300	13
Navicula (cells)	633	266	2000		
Nitzschia (cells)	154000	10000	600000	340	50
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	357		1000	50	13
Total	165630	20966	631000	1728	76

ครั้งที่ 5 วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)					
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	6533	3000	26000	178	933
Phormidium (filaments)	600		3000	40	38
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)					
Total	7133	3000	29000	218	971
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)					
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)				13	
Phacus (cells)			1000	13	
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)					
Total	0	0	1000	26	0
Grand Total	174263	23966	664000	2071	1047

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 6 วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	867				
Cosmarium (cells)					
Closterium (cells)					
Coelastrum (colonies)					
Crucigina (colonies)					
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)					
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)					
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)	500	200	2000		
Spirogira (filaments)	300		1000		
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	1667	200	3000	0	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)					
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)			1000		
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	1233	400	40000		
Cymbella (cells)	633	100	9000	25	
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)					
Melosira [Aulacoseira] (cells)	1167	1500	4000	100	
Navicula (cells)	867	33	2000		
Nitzschia (cells)	12433	1000	10000	75	50
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	333		1000		
Total	16666	3033	67000	200	50

ครั้งที่ 6 วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)					
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	5800	2000	44000		
Phormidium (filaments)	500		2000		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)					
Total	6300	2000	46000	0	0
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)					
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)	667		1000		
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)					
Total	667	0	1000	0	0
Grand Total	25300	5233	117000	200	50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 7 วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)					
Cosmarium (cells)	2000	333	11000	100	
Closterium (cells)	2000	1167	17000		
Coelastrum (colonies)	1667		7000		
Crucigina (colonies)	200		2000		
Cylindrocystis (cells)			1000		
Dictyospaerium (colonies)					
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)	833		6000		
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)	733	400	17000		
Spirogira (filaments)					
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)			1000		
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	7433	1900	62000	100	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)	667		2000	50	50
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	6467	2000	83000	25	
Cymbella (cells)	1300	860	34000	13	
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)					
Melosira [Aulacoseira] (cells)	3700	100	6000		
Navicula (cells)	567	70	5000		25
Nitzschia (cells)	9167	1400	5000	150	50
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	3633		5000		
Total	25501	4430	140000	238	125

ครั้งที่ 7 วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)					
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	3167	200	5000	500	450
Phormidium (filaments)	587		4000		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)	6000	300	43000	50	
Total	9754	500	52000	550	450
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)					
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)					
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)					
Total	0	0	0	0	0
Grand Total	42688	6830	254000	888	575

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 8 วันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)					
Cosmarium (cells)	1800	700	10000	100	
Closterium (cells)	1667	200	9000		
Coelastrum (colonies)					
Crucigina (colonies)	433		3000		
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)					
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)					
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)					
Spirogira (filaments)					
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)			1000		
Total green Algea	3900	900	23000	100	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)					
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	1467	900	37000		
Cymbella (cells)	45000	1520	42000	100	
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)					
Melosira [Aulacoseira] (cells)	32267	200	7000		
Navicula (cells)	3300	500	6000	13	13
Nitzschia (cells)	466	175	1000	75	
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	3000		5000		
Total	85500	3295	98000	188	13

ครั้งที่ 8 วันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)					
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	1833	200	8000		
Phormidium (filaments)					
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)					
Total	1833	200	8000	0	0
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)	200		3000		
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)					
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)					
Total	200	0	3000	0	0
Grand Total	91433	4395	132000	288	13

ครั้งที่ 9 วันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)			3000		
Ankistrodesmus (colonies)					
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	567	467	5000	125	
Cosmarium (cells)	433	100	2000	50	
Closterium (cells)	100	50	4000	25	
Coelastrum (colonies)	233		2000	13	
Crucigina (colonies)	133		3000	13	
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)				13	
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)	300	50	4000	50	
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)			1000	13	
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)	233		11000		
Spirogira (filaments)	467		1000		
Tetralantos (colonies)					
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	2466	667	36000	302	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)	200		4000	13	
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	1700	100	21000		
Cymbella (cells)	5700	2000	46000	100	50
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)			1000	50	25
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)	100		1000		13
Melosira [Aulacoseira] (cells)	5233	4000	48000	25	13
Navicula (cells)	1800	667	9000	25	
Nitzschia (cells)	600	400	3000	50	13
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	633	500	33000	25	
Total	15966	7667	166000	288	114

ครั้งที่ 9 วันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)	1200		6000		
Lyngbya (filaments)					
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)			1000		13
Oscillatoria (filaments)	10500	800	43000	125	325
Phormidium (filaments)	2033	800	16000	50	25
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)	10000	1200	42000	25	
Total	23733	2800	108000	200	363
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)	867		4000	100	25
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)					
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)	600		10000	25	25
Total	1467	0	14000	125	50
Grand Total	43632	11134	324000	915	527

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 10 วันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)	467	70	3000		
Ankistrodesmus (cells)	1400	140	27000	50	25
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	1133	280	4000		
Cosmarium (cells)	100	35	7000		
Closterium (cells)	2100	105	54000		
Coelastrum (colonies)		35	3000		
Crucigina (colonies)	1800		170000		
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)			10000		
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)		35	1000		
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)					
Pendorina (colonies)			1000		
Radiococcus (cells)		70			
Scenedesmus (colonies)	2200	70	6300		
Spirogira (filaments)		41	1000		
Tetralantos (colonies)		35	3000		
Tetratrum (colonies)		35			
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	9200	951	290300	50	25
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)	900	280	17000		
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (cells)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	1900	140	10000		
Cymbella (cells)	17567	1330	90000		
Diatoma (cells)					
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)	200	105	13000		
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)			7000		
Melosira [Aulacoseira] (cells)	733	315	47000		
Navicula (cells)	6333	700	23000	75	
Nitzschia (cells)	367	105	13000	13	
Pinnularia (cells)	167	315	3000		
Surirella (cells)		18	10000		
Synedra (cells)	3067	665	64000	50	
Total	31234	3973	297000	138	0

ครั้งที่ 10 วันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)			1000		
Chroococcus (cells)		70	14000		
Lyngbya (filaments)			1000		
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	26600	4147	144000	550	75
Phormidium (filaments)	500	1600	10000		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)		350	20000		
Total	27100	6167	190000	550	75
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)	400	70	14000		
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)		35	10000		
Phacus (cells)					
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)			20000		
Total	400	105	44000	0	0
Grand Total	67934	11196	821300	738	100

ครั้งที่ 11 วันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)			5000	13	
Ankistrodesmus (colonies)	600	100	6000	75	
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	700	625	1000		
Cosmarium (cells)	200	125	1000		
Closterium (cells)	167	50	1000	38	25
Coelastrum (colonies)					
Crucigina (colonies)	100	125	14000	50	
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)	100	125	3000	13	
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)					
Monoraphidium (cells)	333	250	10000	38	
Palmella (cells)					
Pediastrum (colonies)		75	2000	13	
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)		88	4000	38	
Spirogira (filaments)		125			
Tetraedron (colonies)	100	63	3000	13	
Tetratrum (colonies)		125	2000		
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)		50			
Total	2300	1926	52000	291	25
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)	1600	925	10000	307	
Asterionella (cells)					
Attheya (cells)					
Bacillaria (colonies)		75	2000		
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	867	50	1000	25	
Cymbella (cells)	3567	2250	10000	63	13
Diatoma (cells)		125			
Fragilaria (cells)		75	4000		
Gomphonema (cells)					
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)					
Melosira [Aulacoseira] (cells)	1200	250	10000	13	
Navicula (cells)	767	375	1000		
Nitzschia (cells)	767	375	1000	13	
Pinnularia (cells)		125	1000		
Surirella (cells)					
Synedra (cells)	233	875	2000	63	17
Total	9001	5500	42000	484	30

ครั้งที่ 11 วันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)	767		25000	38	
Merismopedia (colonies)		300			
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	6600	10250	20000	269	38
Phormidium (filaments)	1667	1250	4000	80	17
Raphidiosis (filaments)		575			
Spirulina (filaments)		175		13	
Total	9034	12550	49000	400	55
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)			2000	13	13
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)		125	1000		38
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)		175	1000	25	
Total	0	300	4000	38	51
Grand Total	20335	20276	147000	1213	161

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 12 วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Chlorophyta (Green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Actinastrum (colonies)					
Ankistrodesmus (colonies)	200		1000		
Asterococcus (colonies)					
Chlorella (cells)	850	125	3000		
Cosmarium (cells)		100			
Closterium (cells)		100			
Coelastrum (colonies)		100	2000		
Crucigina (colonies)	50	100			
Cylindrocystis (cells)					
Dictyospaerium (colonies)					
Eudorina (colonies)					
Golenkinia (cells)					
Micractinium (colonies)		200			
Monoraphidium (cells)					
Palmella (cells)		200	4000		
Pediastrum (colonies)					
Pendorina (colonies)					
Radiococcus (cells)					
Scenedesmus (colonies)	367	100	1000	25	
Spirogira (filaments)		200			
Tetraedron (colonies)		100	2000	25	
Tetratrum (colonies)					
Ulotrix (filaments)					
Volvox (colonies)					
Total	1467	1325	13000	50	0
Division Chrysophyta (กลุ่ม diatoms) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Achnanthes (cells)					
Asterionella (cells)		100			
Attheya (cells)		100			
Bacillaria (colonies)					
Coscinodiscus (cells)					
Cyclotella (cells)	2900	100	12000		
Cymbella (cells)	1200	2900	12000	25	
Diatoma (cells)		100			
Fragilaria (cells)					
Gomphonema (cells)		300	2000		
Gyrosigma,Pleurosigma (cells)		100			
Melosira [Aulacoseira] (cells)					
Navicula (cells)	133	300	1000		
Nitzschia (cells)					
Pinnularia (cells)					
Surirella (cells)		100			
Synedra (cells)	1167	200	3000		
Total	5400	4300	30000	25	0

ครั้งที่ 12 วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2544 (หน่วย / ลิตร)

Division Cyanophyta (Blue-green algae) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Anabaena (filaments)					
Chroococcus (cells)					
Lyngbya (filaments)		900	3000		
Merismopedia (colonies)					
Nostoc (filaments)					
Oscillatoria (filaments)	6700	2500	150000	100	50
Phormidium (filaments)	700	500	2000		
Raphidiosis (filaments)					
Spirulina (filaments)		100			
Total	7400	4000	155000	100	50
กลุ่ม อื่นๆ (Euglenophytes, Cryptophytes, Dinophytes) สกุลที่พบ/จุดที่สำรวจ	RW	CW	BW	FW	TW
Ceratium (cells)					
Cryptomonas (cells)					
Dinobryon (cells)					
Euglena (cells)		200			
Lepocinclis (cells)					
Mallomonas (cells)					
Peridinium (cells)					
Phacus (cells)		100			
Synura (colonies)					
Trachelomonas (cells)		100		50	
Total	0	400	0	50	0
Grand Total	14267	10025	198000	225	50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์ OC, ไนเตรต และการเตรียมสารละลาย Lugol's Solution

วิธีวิเคราะห์ออกซิเจนคอนซูม (OC)

ออกซิเจนคอนซูม (Oxygen Consume) คือการหาค่าของปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ โดยการออกซิไดส์ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ การหาค่า OC ของน้ำดิบจะเชื่อมโยงให้ทราบถึงปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำได้

หลักการวิเคราะห์ OC :

1. ให้สารอินทรีย์ทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนในสภาวะเป็นกรด ณ อุณหภูมิ 100 °C $KMnO_4$ในสภาวะที่เป็นกรดจะแตกตัวให้ O_2 ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์เกิดเป็น CO_2 และ H_2O ซึ่งจำนวน O_2 ที่ใช้ในขบวนการคือ ค่า OC

2. เนื่องจากเติม $KMnO_4$ ให้ทำปฏิกิริยาจึงต้องหาปริมาณที่ใช้จริง โดยเติมกรดออกซาลิก ($H_2C_2O_4$) ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับ $KMnO_4$ ลงไป แล้วทำการไตเตรทกับ $KMnO_4$ อีกทีเพื่อหาปริมาณ $KMnO_4$ที่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์

3. คำนวณให้อยู่ในรูปออกซิเจน หรือ ค่าเปอร์แมงกาเนต (Permanganate Value)

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. Hot plate 2. Thermometer 3. Buret (สีชา)

สารเคมี :

1. 0.01 N $KMnO_4$: ชั่งสาร $KMnO_4$ 0.316 g. ละลายในน้ำกลั่นจนครบ 1 L. เก็บไว้ในขวดสีชา เนื่องจากสารนี้สลายตัวง่ายเมื่อถูกแสง

2. 0.01 N Oxalic acid : ชั่งสาร Oxalic acid [$(COOH)_2 . 2H_2O$] 0.6304 g. ละลายในน้ำกลั่นจนครบ 1 L.

3. 20% H_2SO_4 : เจือจางกรดซัลฟุริคเข้มข้น ปริมาตร 200 ml. ด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรครบ L. (ควรทำอย่างระมัดระวังเพราะจะมีความร้อนเกิดขึ้นมากพอสมควร)

วิธีวิเคราะห์ :

Blank : ตวงน้ำกลั่น 100 ml. เติม 20% H_2SO_4 5 ml. และกรดออกซาลิก 15 ml. นำไปอุ่นให้ร้อน จนมีอุณหภูมิ 60 °C แล้วนำมาไตเตรททันทีกับ 0.01 N $KMnO_4$ จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน จดปริมาณ $KMnO_4$ ที่ใช้ = A ml.

Sample : ตวงน้ำตัวอย่างมา 100 ml. ใส่ใน flask เติม 20% H_2SO_4 5 ml. และสาร 0.01 N $KMnO_4$ ปริมาณ A ml. ปิด flask ด้วยแก้วที่มีรอยเปิดให้อากาศระบายได้เพียงเล็กน้อยป้องกันการระเหยของน้ำมากเกินไป นำไปต้มให้เดือดนาน 10 นาที แล้วนำมาเติม 0.01 N oxalic acid 15 ml. สารละลายจะเปลี่ยนเป็นไม่มีสี หรือสีเหลืองอ่อนๆ แล้วนำไปไตเตรททันทีกับ สาร 0.01 N $KMnO_4$ จนสีเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน จดปริมาณ $KMnO_4$ ที่ใช้ = B ml.

การคำนวณ : Oxygen Consume (mg./L.) = B x 0.8

วิธีวิเคราะห์ไนเตรต

ใช้วิธีอุลตราไวโอเลต สเปคโตรโฟโตเมตริก สกรีนนิ่ง (Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method) ใช้วัดแอบซอร์บแบนซ์ ของ NO_3^- ที่ 220 nm. ซึ่งเหมาะสมกับน้ำสะอาดที่มีสารอินทรีย์น้อย เช่น น้ำตามธรรมชาติ น้ำประปา

ไนเตรตเกิดจากการออกซิไดซ์ของไนไตรท์และใช้เป็นปุ๋ยของพืชได้ เมื่อมันลงไปสู่แหล่งน้ำในปริมาณมากจะมีผลกระตุ้นการเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำ ทำให้แหล่งน้ำนั้นมีสภาพไม่น่าดูและอาจเกิดการเติบโตของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว เรียกว่า ยูโทรฟิเดชั่น (Eutrophication) นอกจากนั้นน้ำดื่มที่มีปริมาณไนเตรตสูงจะทำให้เกิดโรคเมทฮีโมโกลบิลิน (Methemoglobiline) ในทารกซึ่งสถาบัน EPA ได้กำหนดมาตรฐานไนเตรตไนโตรเจนในน้ำประปาไม่เกิน 10 mg/L.

การวิเคราะห์ไนไตรท์ที่มีความถูกต้องสูงโดยการทำให้เกิดสีจึงเลือกใช้วิธีดัดแปลงจากวิธี กรีส-ไอโลส์วีไดอะเซไทเซชั่น (Griess-Ilosvay Diazation Method)

หลักการ

การตรวจวัด NO_3^- โดยการดูดกลืนแสงที่ 220 nm. เป็นวิธีที่เร็วและสะดวก โดยที่สารอินทรีย์สามารถถูกกลืนที่ 220 nm. ด้วย แต่ NO_3^- ไม่ถูกกลืนแสงที่ 275 nm. ดังนั้นจึงต้องตรวจวัดที่ 220 nm. แล้วนำค่าที่วัดครั้งที่ 2 มาหักออกจากครั้งแรกก็จะได้ค่า NO_3^- ที่ถูกต้อง การวิเคราะห์ต้องกรองตัวอย่างน้ำเพื่อกำจัดสารแขวนลอยที่จะรบกวนการวิเคราะห์ ทำตัวอย่างให้เป็นกรดโดยเติม 1N HCl เพื่อกำจัดสารรบกวนพวกไฮดรอกไซด์ หรือคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้นสูงถึง 1,000 mg. $CaCO_3$ /L.

สารรบกวนการวิเคราะห์ ได้แก่ สารอินทรีย์ สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) NO_2^- และ Cr^{6+}

เครื่องมือและอุปกรณ์

สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ 220 และ 275 nm. และ หลอดซิลิกา ขนาด 1 cm.

สารเคมี

1. <u>น้ำปราศจากไนเตรต</u> : ใช้น้ำกลั่น 2 ครั้ง หรือน้ำกลั่นที่ผ่านการดีไอโอไนซ์ (Deionized) เพื่อเตรียมสารเคมีและเจือจางตัวอย่าง

2. <u>สารละลายสต็อกไนเตรต</u> : โปตัสเซียมไนเตรต (KNO_3) อบแห้งที่ 105 °c เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่ง KNO_3 มา 0.7218 g. ละลายในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1,000 ; 1.00 ml. = 100 µg. NO_3^- -N เก็บรักษาโดยเติม $CHCl_3$ (คลอโรฟอร์ม) 2 ml. / น้ำตัวอย่าง 1 L. สารละลายนี้สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน

3. <u>สารละลายอินเตอร์มีเดียดไนเตรต</u> : ใช้สารละลายสต็อกไนเตรต 100 ml. เจือจางเป็น 1,000 ml. ด้วยน้ำ ; 1.00 ml. = 10.0 µg NO_3^- -N เก็บรักษาโดยผ่าน $CHCl_3$ 2 ml. / น้ำตัวอย่าง 1 L. สารละลายนี้สามารถเก็บได้นานกว่า 6 เดือน

การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการทดลอง

1. <u>การกำจัดความขุ่น</u> ถ้าตัวอย่างน้ำมีความขุ่นหรือสารแขวนลอย ให้นำไปกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วก่อน

2. <u>การปรับ pH</u> ถ้า pH สูงกว่า 9 ปรับให้อยู่ระหว่าง 7-9 ด้วย HCl หรือ NaOH เจือจาง

3. <u>การกำจัดไขมัน และน้ำมัน</u> นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้วมา 100 ml. และปรับ pH ให้เท่ากับ 2 โดยใช้ Conc. HCl แล้วสกัดไขมันออกโดยใช้ ฟรีออนคลอโรฟอร์ม หรือ เฮกเซน

วิธีวิเคราะห์

1. <u>การเตรียมน้ำตัวอย่าง</u> น้ำตัวอย่างใส่ 50 ml. (ถ้าไม่ใสให้กรองก่อน) แล้วเติม HCl 1 N 1 ml. ผสมให้เข้ากัน

2. <u>การเตรียมกราฟมาตรฐาน</u> เตรียมสารละลายมาตรฐาน NO_3^- ให้อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0 ถึง 7 mg./L. NO_3^- -N โดยใช้สารละลายอินดิเคเตอร์มีเดียดไนเตรทดังนี้ : 0, 1.00, 2.00, 4.00, 7.00, ...35.00 ml. แล้วเจือจางเป็น 50 ml. แล้วทำทุกอย่างเหมือนตัวอย่างน้ำ แล้วเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าแอบซอร์บแบนซ์กับความเข้มข้นของ NO_3^- -N

3. <u>การวัดด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์</u> ปรับค่าแอบซอร์บแบนซ์ของเครื่องให้เท่ากับ 0 โดยใช้น้ำกลั่น ปรับความยาวคลื่นที่ 220 nm. เพื่อตรวจวัด NO_3^- และความยาวคลื่น 275 nm. เพื่อหาสารรบกวนเนื่องจากสารอินทรีย์ละลายน้ำ

การคำนวน

นำค่าแอบซอร์บแบนซ์ที่อ่านได้จากที่ 275 nm. คูณ 2 แล้วจึงนำไปหักลบออกจากแอบซอร์บแบนซ์ที่อ่านได้ที่ 220 nm. ก็จะได้ค่า NO_3^- ที่ถูกต้อง แล้วนำค่าที่หักลบนี้ไปหาความเข้มข้นของ NO_3^- เทียบกับกราฟมาตรฐาน

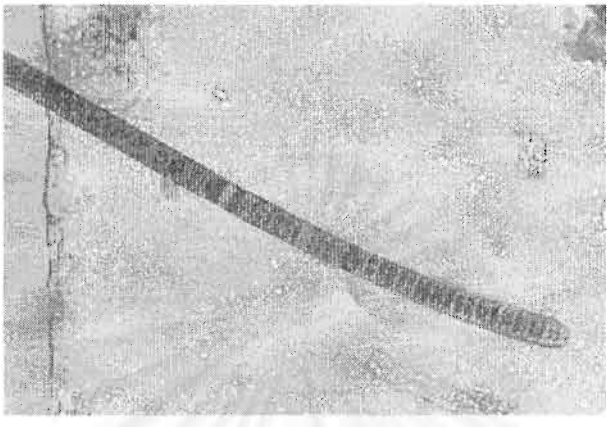
การเตรียมสารละลาย Lugol's Solution

เตรียมโดยการ นำน้ำกลั่น 200 ml. ผสมกับกรดอะซิติก 20 ml. จากนั้นละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ 20 g. กับผลึกไอโอดีน 10 g. ลงไป หากเกิดตะกอนให้กรองเอาตะกอนออกก่อน และการเตรียมทั้งหมดควรทำในตู้ดูดควัน

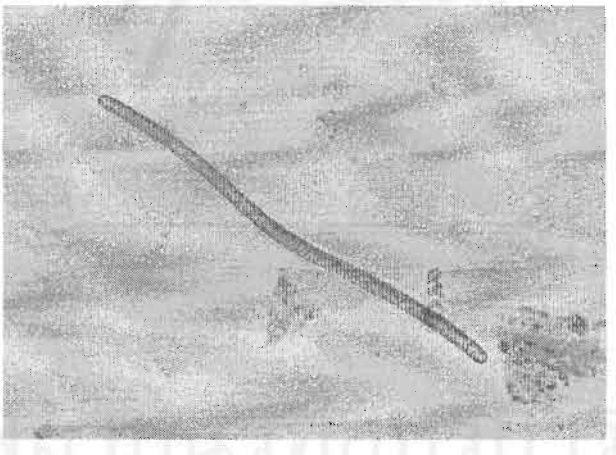
ภาคผนวก ง

ตัวอย่างสาหร่ายที่มักพบในระบบผลิตน้ำประปา

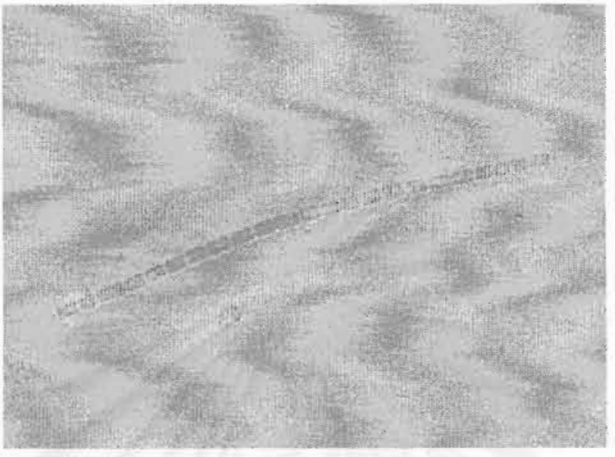
ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มักพบในระบบผลิตน้ำประปา



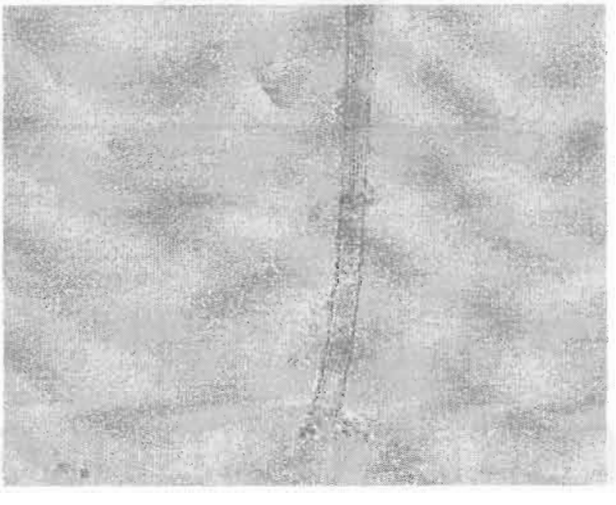
สาหร่ายสกุล *Oscillatoria* (200x)



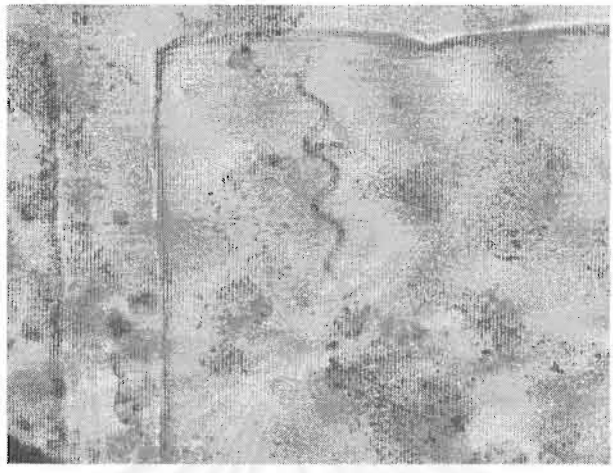
สาหร่ายสกุล *Oscillatoria* (200x)



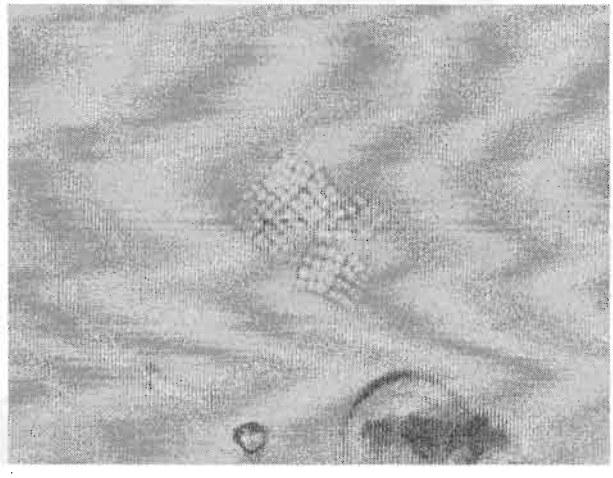
สาหร่ายในสกุล *Phormidium* (400x)



สาหร่ายสกุล *Lyngbya* (400x)

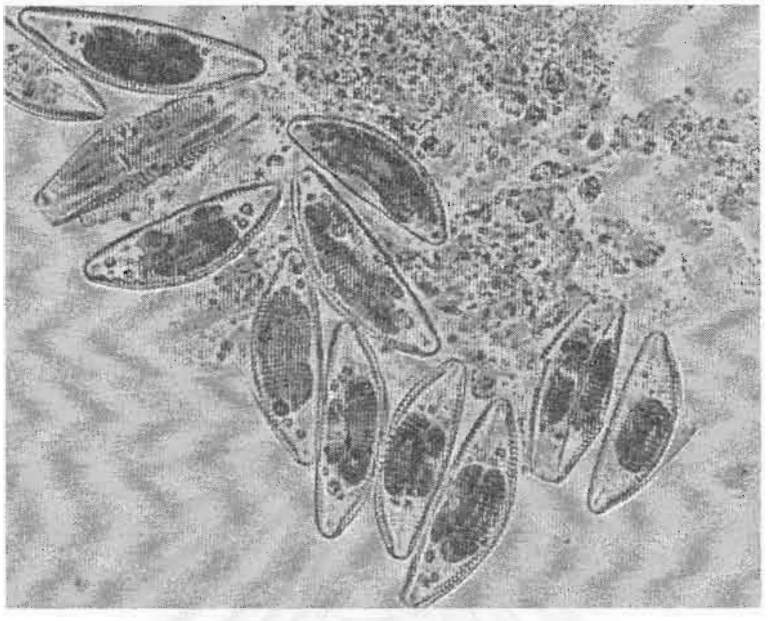


สาหร่ายสกุล *Spirulina* (200x)

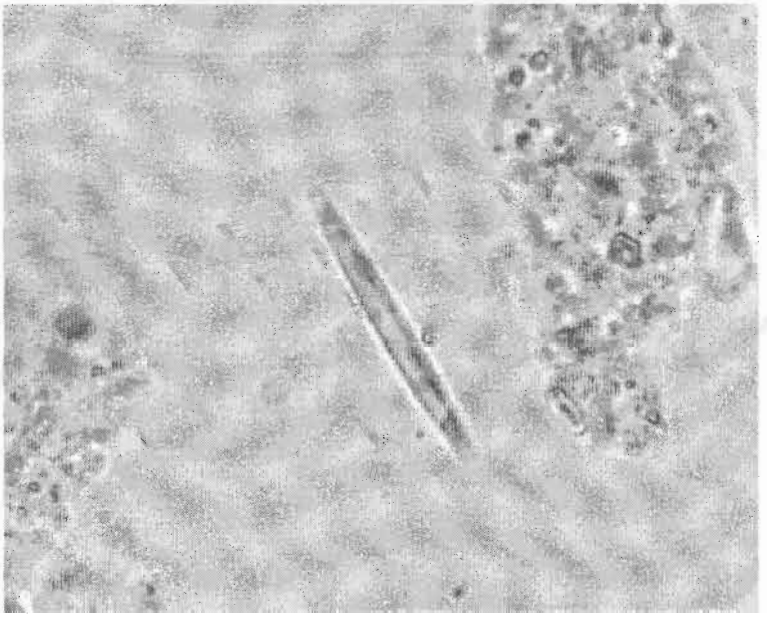


สาหร่ายสกุล *Merismopedia* (600x)

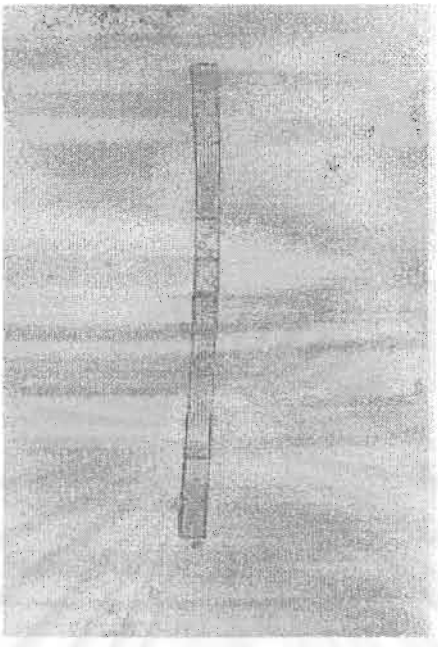
ตัวอย่างสาหร่ายกลุ่มไดอะตอมที่มักพบในระบบผลิตน้ำประปา



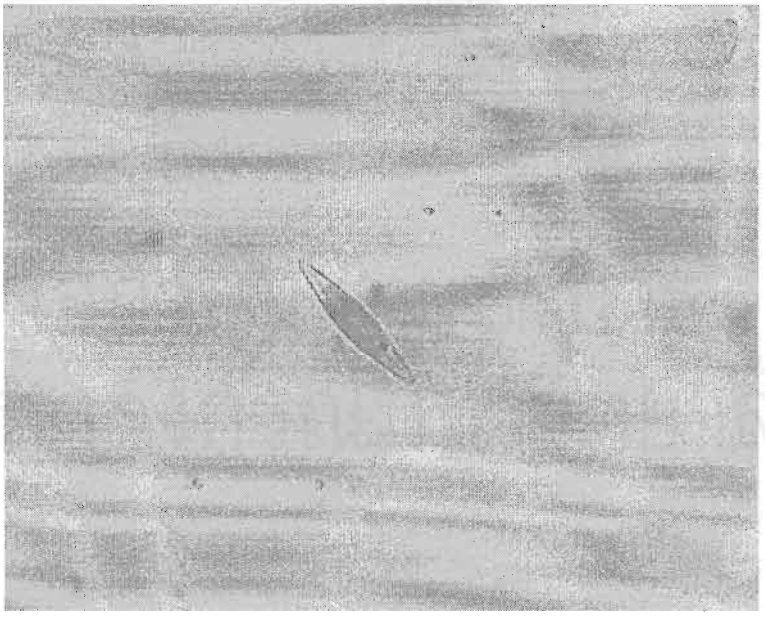
สาหร่ายสกุล *Cymbella* (400x)



สาหร่ายสกุล *Nitzschia* (400x)

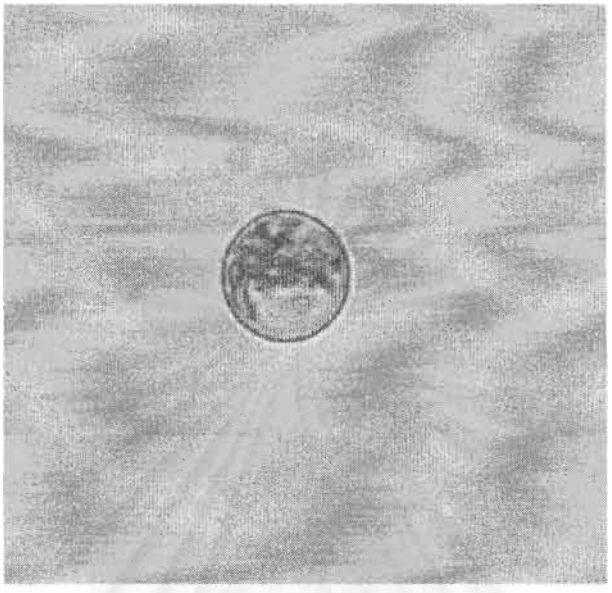


สาหร่ายสกุล *Aulacoseira* (400x)

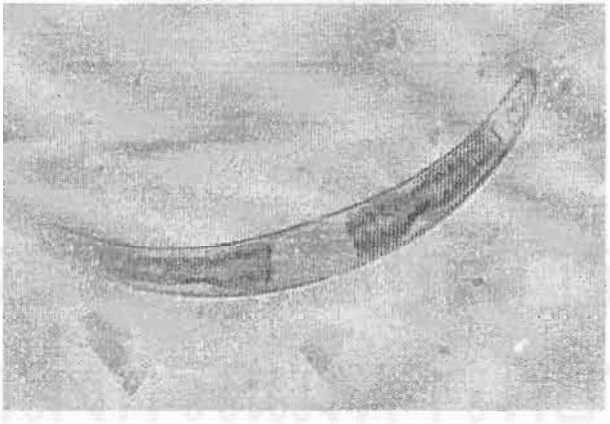


สาหร่ายสกุล *Navicula* (400x)

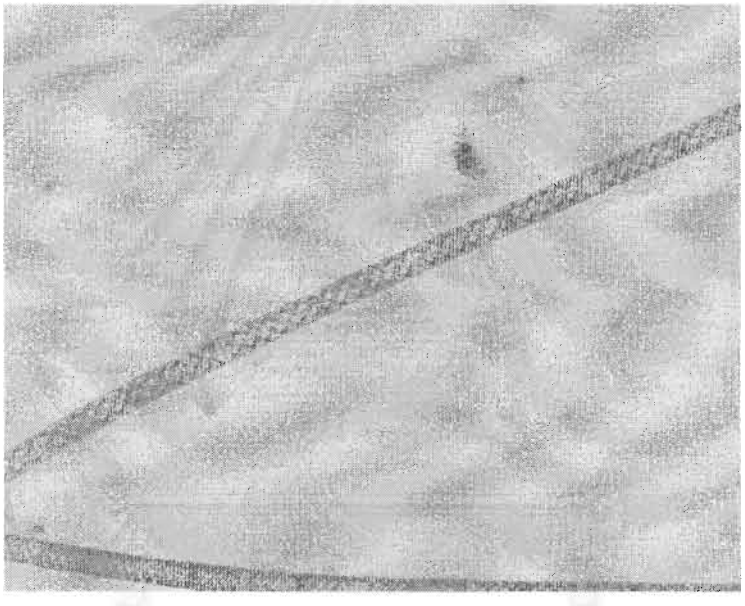
ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียวที่มักพบในระบบผลิตน้ำประปา



สาหร่ายสกุล *Chlorella* (400x)



สาหร่ายสกุล *Closterium* (400x)



สาหร่ายสกุล *Spirogyra* (100X)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวทันดาว ทองตัน เกิดเมื่อวันอาทิตย์ที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2519 ณ จังหวัดภูเก็ต สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อที่สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย