การประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

นางสาว นันทมล ลิมป์พิทักษ์พงศ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM: CASE STUDY BANGKOK

Miss Nantamol Limphitakphong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร
โดย	นางสาว นันทมล ลิมป์พิทักษ์พงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นันทมล ลิมป์พิทักษ์พงศ์ : การประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร. (LIFE CYCLE ASSESSMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM: CASE STUDY BANGKOK). อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร. ชนาธิป ผาริโน, 257 หน้า.

ปัญหามลพิษทางน้ำ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมสำคัญของกรุงเทพมหานครที่ยังรอการแก้ไขอย่างเร่งด่วนและต่อเนื่องในระยะยาว เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่มาก แต่ประสิทธิภาพในการรวบรวมและบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นยังไม่เพียงพอ ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมจำนวน 7 แห่ง สามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 992,000 ลบ.ม./วัน หรือประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาระดับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย และปัจจัยส่งเสริมประสิทธิภาพการบำบัดและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือวิเคราะห์การทำงานของระบบบำบัด การเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากร – พลังงานที่ใช้ และผลกระทบที่เกิดขึ้น จะคำนวณเปรียบเทียบในหน่วย 1 ลบ.ม.ของน้ำเสีย ทั้งนี้ขอบเขตของการศึกษาไม่รวมถึงผลกระทบจากการก่อสร้างและการบำรุงรักษาระบบ

จากกรณีศึกษาของกรุงเทพมหานคร พบว่า อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำเฉลี่ยประมาณ 0.22 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อ 1 ลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ Toxicity และ Eutrophication เนื่องจากขั้นตอนการระบายน้ำทิ้งและกากตะกอนออกสู่สิ่งแวดล้อม ปริมาณผลกระทบด้าน Global Warming Acidification และ Photochemical Oxidant จะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด ปริมาณผลกระทบด้าน Toxicity และ Eutrophication จะขึ้นอยู่กับปริมาณมลสารที่ระบายออก จากผลการวิจัยสามารถสรุปสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ คือ Y_w = 38.3803 WW – 1,157,908.9508 โดยที่ Y_w คือ คะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คะแนน) และ WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลูกบาศก์เมตร)

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต นันทมล ลิมป์พิทักษ์พงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อ อ.ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา.2552.....

5070572521: MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS: LIFE CYCLE ASSESSMENT/ BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT/ MUNICIPAL WASTEWATER.

NANTAMOL LIMPHITAKPHONG: LIFE CYCLE ASSESSMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM: CASE STUDY BANGKOK. THESIS ADVISOR: CHANATHIP PHARINO. , Ph.D., 257 pp.

Water pollution is a critical problem for Bangkok because the large volumes of wastewater were generated without sufficient wastewater collection and treatment performance. To deal with this problem, Bangkok Metropolitan Administration currently has constructed seven centralized wastewater treatment plants (WWTP) with total treatment capacity of 992,000 m^3/d, or covered approximately 50% of generated wastewater. This study aims to evaluate environmental impacts from wastewater treatment operation and investigate factors promoting operation efficiency of Bangkok Wastewater Treatment System. Life cycle assessment (LCA) was used to analyze quantity of resource - energy used and related impacts of WWTP. The functional unit used to compare the efficiency of each plant is per cubic meter of wastewater. The system boundary in the study excludes construction and maintenance phases.

The study found that average electricity consumption from all treatment facilities was 0.22 kWh/m^3 of wastewater. Toxicity and Eutrophication are the highest impact compared with other environmental issues due to discharging the pollutant to environment. The impact level of Global Warming, Acidification, and Photochemical Oxidant vary directly to WWTP capacity. The impact level of Toxicity and Eutrophication depends on amount of effluent loads discharged into environment. The study developed the equation to predict relationship between total environmental impact scores and amount of wastewater which is $Y_w = 38.3803\ WW - 1,157,908.9508$ [where Y_w is total environmental impact scores (points), and WW is wastewater (m^3)].

Department: Environmental Engineering Student's Signature Nantamol Limphitakphong.

Field of Study: Environmental Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณต่อผู้ให้ความอนุเคราะห์ทุกท่าน ดังนี้

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน ซึ่งได้สละเวลาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ และช่วยเหลือในงานวิจัยมาโดยตลอด จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงโดยสมบูรณ์ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเธียร อาจารย์ ดร. พิสุทธิ์ เพียรมนกุล และดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ

ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนทุนการวิจัยและโปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิต จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและให้ความรู้ รวมถึงบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

คุณเกษม เทพหนู และเจ้าหน้าที่สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสียด้วยดีมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว ที่ได้ให้การสนับสนุน และคอยให้กำลังใจอันเป็นแรงผลักดันสำคัญยิ่งให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฐ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 4

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 4

1.4 ข้อจำกัดของการศึกษา..... 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

2.1 ปัญหาน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร..... 7

2.1.1 มาตรการด้านการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย..... 9

2.1.2 มาตรการด้านกฎหมาย..... 10

2.1.3 มาตรการด้านการประชาสัมพันธ์..... 11

2.2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร..... 12

2.2.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา..... 12

2.2.2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์..... 13

2.2.3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี..... 14

2.2.4 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม..... 15

2.2.5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ..... 17

2.2.6 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง..... 18

2.2.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร..... 19

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์..... 22

2.3.1 หลักการทำงานของระบบ..... 22

หน้า

2.3.2 กลไกการทำงานของระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์.....24
2.3.3 ระบบแอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส..... 24
2.3.4 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบสองขั้นตอน..... 25
2.3.5 ระบบแอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบไหลแนวดิ่ง.....25
2.3.6 ระบบแอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบเอสบีอาร์.....26
2.3.7 ระบบแอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบ Biological Nutrient Removal 27
2.3.8 ตัวแปรสำหรับการควบคุมระบบ.....27
2.3.9 ปัญหาตะกอนในระบบบำบัด.....28
2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิต.....29
2.4.1 ความหมายและความสำคัญ.....33
2.4.2 หลักการและการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต..... 33
2.4.3 ขั้นตอนในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต..... 34
2.4.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา.....35
2.4.3.2 การจัดทำบัญชีรายการ.....39
2.4.3.3 การประเมินผลกระทบ.....42
2.4.3.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต..... 43
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....44
2.5.1 งานวิจัยด้านการบำบัดน้ำเสียชุมชน.....44
2.5.2 งานวิจัยด้านระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์.....47
2.5.3 งานวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต..... 48
2.5.4 งานวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตระบบบำบัดน้ำเสีย.....49

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....53
3.1 การรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ..... 55
3.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตระบบบำบัดน้ำเสีย.....61
3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา..... 61
3.2.2 การจัดทำบัญชีรายการ.....62
3.2.3 การประเมินผลกระทบ.....67
3.2.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต.....72

หน้า

3.2.4.1 Characterisation Model……72
3.2.4.2 Damage Assessment……76
3.2.4.3 Weighting factor……77
3.3 การวิเคราะห์ผลกระทบจากการประเมินวัฏจักรชีวิต รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย……77

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล……78
4.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ……80
4.2 ผลการดำเนินงานของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ……84
4.2.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา……84
4.2.2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์……85
4.2.3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ……86
4.2.4 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี……87
4.2.5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร……88
4.2.6 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม……90
4.2.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง……92
4.3 ปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย……93
4.3.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า……93
4.3.1.1 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย……94
4.3.1.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย……98
4.3.1.3 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่ง……100
4.3.1.4 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ…. 101
4.3.1.5 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยบีโอดีที่เข้าสู่ระบบ……103
4.3.2 ปริมาณการใช้สารเคมี…… 105
4.3.2.1 ปริมาณการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง…… 105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.3.2.2 ปริมาณการใช้โพลิเมอร์ในการกำจัดกากตะกอน เปรียบเทียบกัน ระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง..... 106
4.3.3 อัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย..... 108
4.3.3.1 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียของ โรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง..... 108
4.3.3.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ แต่ละแห่ง.....110
4.4 การปนเปื้อนมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม.....111
4.4.1 การปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศ.....112
4.4.2 การปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำ.....118
4.4.3 การปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดิน..... 126
4.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต.....134
4.5.1 Characterization Model.....134
4.5.1.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย..... 135
4.5.1.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย..... 146
4.5.2 Damage Assessment..... 154
4.5.3 Weighting Method..... 160
4.6 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย.....163
4.6.1 สัดส่วนประเภทของค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย..... 163
4.6.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสีย ระหว่างโรงควบคุม คุณภาพน้ำแต่ละแห่ง.....164
4.6.3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสียต่อปริมาณบีโอดี ที่ถูกกำจัด ระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง..... 165
4.7 สถานการณ์สมมติ..... 165
4.8 การสร้างดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม..... 169

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....177

หน้า

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 177
5.1.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ.....178
5.1.2 ผลการดำเนินงานโรงควบคุมคุณภาพน้ำ..... 178
5.1.3 ปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย.....179
5.1.4 การปนเปื้อนมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม.....181
5.1.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต.....184
5.1.6 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย.....188
5.1.7 สถานการณ์สมมติ กรณีศึกษาระบบกำจัดตะกอน..... 189
5.1.8 การสร้างดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....190
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 191
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยเพิ่มเติม..... 195

รายการอ้างอิง.....196
ภาคผนวก..... 203
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ติดต่อขอรับข้อมูลกระบวนการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร.....204
ภาคผนวก ข ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ.2551..... 205
ภาคผนวก ค จำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักรของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551.....212
ภาคผนวก ง ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551..... 221
ภาคผนวก จ ผลวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551.....238
ภาคผนวก ฉ ปัญหาการดำเนินงานและแนวทางแก้ไขของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ.2551..... 242
ภาคผนวก ช บัญชีรายการสำหรับโปรแกรมสำเร็จรูป.....244
ภาคผนวก ซInventory Data..... 251
ภาคผนวก ฌ Characterization factor.....253

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก ญ Damage factors.....255
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....257

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 สรุปข้อมูลโครงการโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร.....21
ตารางที่ 2.2 เครื่องมือการจัดการและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม.....30
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลเพื่อป้อนเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป.....63
ตารางที่ 3.2 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจากก๊าซเรือนกระจก.....73
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร....78
ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ..... 80
ตารางที่ 4.3 ลักษณะสมบัติน้ำเสียชุมชน.....81
ตารางที่ 4.4 รายงานการรับตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ประจำปี พ.ศ.2551.....82
ตารางที่ 4.5 อัตราการเกิดกากตะกอนส่วนเกิน.....83
ตารางที่ 4.6 สรุปผลวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศ.....118
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ..... 119
ตารางที่ 4.8 ที่มาของโลหะหนักในน้ำเสียชุมชน โดยแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์..... 121
ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย..... 122
ตารางที่ 4.10 สรุปผลวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำ..... 125
ตารางที่ 4.11 ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน.....127
ตารางที่ 4.12 ข้อดี – ข้อเสียของปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี.....128
ตารางที่ 4.13 สรุปผลการวิเคราะห์โลหะหนักที่ระบายออกสู่พื้นดิน..... 133
ตารางที่ 4.14 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา... 135
ตารางที่ 4.15 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำ
รัตนโกสินทร์..... 137
ตารางที่ 4.16 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ.....138
ตารางที่ 4.17 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี. 140
ตารางที่ 4.18 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร..... 142
ตารางที่ 4.19 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม. 143
ตารางที่ 4.20 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง.... 145
ตารางที่ 4.21 การปันส่วนข้อมูลการกำจัดกากตะกอน..... 167
ตารางที่ 4.22 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์สมมติ.....168
ตารางที่ 5.1 สรุปปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม..... 186

สารบัญภาพ

รูป หน้า
รูปที่ 2.1 ปริมาณน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร....8
รูปที่ 2.2 ภาระบรรทุกบีโอดีในเขตกรุงเทพมหานคร.... 9
รูปที่ 2.3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา....12
รูปที่ 2.4 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา.... 13
รูปที่ 2.5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์....13
รูปที่ 2.6 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์....14
รูปที่ 2.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี....15
รูปที่ 2.8 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี....15
รูปที่ 2.9 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม.... 16
รูปที่ 2.10 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม.... 16
รูปที่ 2.11 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ.... 17
รูปที่ 2.12 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ.... 18
รูปที่ 2.13 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง.... 19
รูปที่ 2.14 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง.... 19
รูปที่ 2.15 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร.... 20
รูปที่ 2.16 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร....20
รูปที่ 2.17 ถังเติมอากาศ....23
รูปที่ 2.18 ถังตกตะกอน....23
รูปที่ 2.19 ลานตากตะกอน....23
รูปที่ 2.20 ระบบเอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส....25
รูปที่ 2.21 ระบบแอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบไหลแนวดิ่ง....26
รูปที่ 2.22 ระบบแอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบเอสบีอาร์.... 27
รูปที่ 2.23 กรอบการดำเนินงาน LCA ของ UNEP....35
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างกระบวนการย่อย สารขาเข้าและสารขาออก....37
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างแสดงขอบเขตระบบและระบบผลิตภัณฑ์ในการวิเคราะห์.... 38
รูปที่ 2.26 ขั้นตอนทั่วไปของการวิเคราะห์บัญชีรายการ....40
รูปที่ 3.1 แนวทางการดำเนินงานวิจัย....54
รูปที่ 3.2 ขอบเขตการพิจารณาวงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสีย.... 61
รูปที่ 3.3 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา....63

รูป หน้า

รูปที่ 3.4 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์..... 64
รูปที่ 3.5 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี..... 64
รูปที่ 3.6 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม..... 65
รูปที่ 3.7 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ..... 65
รูปที่ 3.8 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง..... 66
รูปที่ 3.9 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร..... 66
รูปที่ 3.10 กรอบแนวคิด LIME..... 68
รูปที่ 3.11 การระบุเป้าหมายของการศึกษา..... 69
รูปที่ 3.12 การกำหนดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและขอบเขตของการศึกษา..... 70
รูปที่ 3.13 บัญชีรายการแสดงสมดุลมวลสารและพลังงาน..... 70
รูปที่ 3.14 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม..... 71
รูปที่ 4.1 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา..... 85
รูปที่ 4.2 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์..... 86
รูปที่ 4.3 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ..... 87
รูปที่ 4.4 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี..... 88
รูปที่ 4.5 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร..... 89
รูปที่ 4.6 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม..... 91
รูปที่ 4.7 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง..... 92
รูปที่ 4.8 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา..... 94
รูปที่ 4.9 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์..... 95
รูปที่ 4.10 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ..... 95
รูปที่ 4.11 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี..... 96
รูปที่ 4.12 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร..... 97
รูปที่ 4.13 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม..... 97
รูปที่ 4.14 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง..... 98
รูปที่ 4.15 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามกระบวนการบำบัด..... 99
รูปที่ 4.16 สัดส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้า..... 101
รูปที่ 4.17 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยปริมาณน้ำเสีย..... 102
รูปที่ 4.18 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด..... 103

รูป หน้า

รูปที่ 4.19 ปริมาณการใช้สารเคมี..... 105
รูปที่ 4.20 ปริมาณการใช้โพลิเมอร์ในการกำจัดตะกอน.....107
รูปที่ 4.21 อัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย..... 109
รูปที่ 4.22 สัดส่วนการใช้พื้นที่..... 110
รูปที่ 4.23 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระบายออกสู่บรรยากาศ..... 112
รูปที่ 4.24 ปริมาณมีเทนที่ระบายออกสู่บรรยากาศ.....113
รูปที่ 4.25 ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนที่ระบายออกสู่บรรยากาศ.....114
รูปที่ 4.26 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ระบายออกสู่บรรยากาศ..... 116
รูปที่ 4.27 ปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่ระบายออกสู่บรรยากาศ..... 117
รูปที่ 4.28 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกากตะกอน..... 127
รูปที่ 4.29 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming.....147
รูปที่ 4.30 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity..... 149
รูปที่ 4.31 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification.....150
รูปที่ 4.32 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication.....151
รูปที่ 4.33 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant..... 152
รูปที่ 4.34 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use..... 153
รูปที่ 4.35 การประเมินความเสียหายด้าน Human Health..... 155
รูปที่ 4.36 การประเมินความเสียหายด้าน Social Assets..... 156
รูปที่ 4.37 การประเมินความเสียหายด้าน Biodiversity.....158
รูปที่ 4.38 การประเมินความเสียหายด้าน Primary Productivity.....159
รูปที่ 4.39 ผลรวมคะแนนจากการบำบัดน้ำเสีย.....161
รูปที่ 4.40 การ normalization คะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม..... 162
รูปที่ 4.41 สัดส่วนประเภทของค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย.....163
รูปที่ 4.42 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสีย..... 164
รูปที่ 4.43 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสียต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด..... 165
รูปที่ 4.44 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming.....170
รูปที่ 4.45 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification..... 171
รูปที่ 4.46 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication..... 172
รูปที่ 4.47 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant.....173

รูป หน้า

รูปที่ 4.48 ดัชนีชี้วัดความเสียหายด้าน Human Health ……..174
รูปที่ 4.49 ดัชนีชี้วัดความเสียหายด้าน Social Assets…….. 175
รูปที่ 4.50 ดัชนีชี้วัดคะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม……..176

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงและเมืองที่มีประชากรมากที่สุดในประเทศไทย มีความเจริญเติบโตด้านต่างๆ เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก รวมทั้งเป็นศูนย์กลางการปกครอง การศึกษา การคมนาคมขนส่ง และการพาณิชย์ของประเทศไทย ส่งผลให้ประชาชนอพยพเข้าสู่เมืองหลวงเพื่อประกอบอาชีพ มหานครที่ยิ่งใหญ่จึงกลายเป็นชุมชนแออัดในเวลาต่อมา กรุงเทพมหานครมีพื้นที่ทั้งหมด 1,568.737 ตารางกิโลเมตร แต่จากข้อมูลของประกาศสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง พบว่า ในปี พ.ศ. 2551 มีประชากรอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 5,710,883 คน ซึ่งคิดเป็นความหนาแน่นของประชากร 3,640.52 คน/ตารางกิโลเมตร ความอิ่มตัวของพื้นที่จากการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ ปัญหามลพิษอากาศ ปัญหาขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล และปัญหาน้ำท่วม

ปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมสำคัญที่กรุงเทพมหานครกำลังประสบอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากการปล่อยน้ำเสียจากที่พักอาศัย ชุมชน สถานประกอบการ อาคารสำนักงาน รวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เป็นเหตุให้น้ำในคูคลอง และแม่น้ำเจ้าพระยามีสภาพเสื่อมโทรม ส่งผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อม สภาพทางเศรษฐกิจ - สังคม และคุณภาพชีวิตของประชาชน รวมทั้งระบบนิเวศน์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ ซึ่งมีหน้าที่โดยตรงในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้วางแนวทางการแก้ไขปัญหาเป็น 3 มาตรการหลัก ประกอบด้วย มาตรการด้านการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย มาตรการด้านกฎหมาย และมาตรการด้านการประชาสัมพันธ์ ในส่วนของมาตรการด้านการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ การแก้ไขปัญหาจึงจำเป็นต้องแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ การแก้ไขปัญหาระยะสั้น ซึ่งเป็นการสร้างโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะจุดในระยะเวลาอันสั้น การแก้ไขปัญหาระยะยาว ซึ่งเป็นการดำเนินงานโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ และแผนการดำเนินงานในอนาคต เพื่อขยายโครงการการบำบัดน้ำเสียให้เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น และรองรับปริมาณน้ำเสียที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต

โครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่เป็นแนวปฏิบัติหลักของกรุงเทพมหานครในการจัดการปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ โดยการก่อสร้างโรงควบคุมคุณภาพน้ำจะประยุกต์ให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่โครงการ เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมน้ำเสียจากชุมชนเข้าสู่ระบบบำบัดก่อนระบายลงสู่คูคลองและแม่น้ำเจ้าพระยาต่อไป กรุงเทพมหานครได้ดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวม จำนวน 7 พื้นที่ 6 โครงการ ครอบคลุมพื้นที่รวม 191.7 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 40,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 200,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 157,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 65,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 350,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสีย 150,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ฉะนั้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ของกรุงเทพมหานครมีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียรวม 992,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ เป็นระบบบำบัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานครเลือกใช้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง และสามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรม จึงเหมาะสมต่อลักษณะน้ำเสียของกรุงเทพมหานครที่มีความหลากหลายของแหล่งที่มาของน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย การเดินระบบประเภทนี้มีความยุ่งยากซับซ้อนเล็กน้อย เนื่องจากต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆ ให้เหมาะสมต่อการทำงาน และการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัด ทั้งนี้รูปแบบของระบบบำบัดที่เลือกใช้ในโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่โครงการเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม แม้รูปแบบของระบบบำบัดจะแตกต่างกัน แต่หลักการทำงานของระบบยังคงมีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียเข้าสู่ถังเติมอากาศ ซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ออกแบบไว้ ภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูป

คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำใส ตะกอนที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศเพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด อีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

ปัจจุบันเครื่องมือในการวางแผนจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมมีหลายประเภท เช่น เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology : CT) การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment : EIA) หรือ การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ซึ่งการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นการพิจารณาปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่หรือการแปรรูป และการจัดการเศษซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและทรัพยากรที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพและระดับของผลกระทบด้านต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และสามารถประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นในรูปของค่าน้ำหนักของผลกระทบได้อีกด้วย เพื่อหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการดำเนินงานให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาระดับของผลกระทบ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานครเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของชุมชนเมือง ส่งผลให้น้ำเสียเกิดขึ้นในปริมาณมาก ประกอบกับลักษณะน้ำเสียมีความหลากหลายของแหล่งที่มา ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว การศึกษาจะใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณทรัพยากร - พลังงานที่ต้องใช้ และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมและสอบถามจากสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการจัดการปัญหาน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร โดยมีระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 1 ปี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพ ไม่ผันแปรตามฤดูกาล ผลการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิจัยด้านปริมาณพลังงานและทรัพยากรที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และการวิจัยด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โดยจะคำนวณในหน่วยของปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ สำหรับการศึกษาวัฏจักร

ชีวิตจะพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 6 ประการ คือ ภาวะโลกร้อน (Global Warming), ความเป็นพิษ (Toxicity), ภาวะความเป็นกรด (Acidification), ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication), ปรากฏการณ์โฟโตเคมิคอลออกซิแดนท์ (Photochemical Oxidant) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ผลการศึกษาสามารถใช้เสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อันจะนำไปสู่การสร้างเครื่องมือในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัด เพื่อให้สามารถบริหารจัดการน้ำเสียได้อย่างเป็นระบบและง่ายสำหรับการตรวจสอบในอนาคตต่อไป ในปัจจุบันแม้จะมี การวิจัยข้อดี – ข้อเสียของระบบบำบัด ทั้งในเชิงประสิทธิภาพ ต้นทุนการบำบัด และระดับของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป แต่การศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงานจากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงจะเป็นประโยชน์อย่างมาก สำหรับการวางแผนการดำเนินการบำบัดน้ำเสียและปรับปรุงระบบในอนาคต ดังนั้น การประเมินประสิทธิภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบบครบวงจรของการบำบัดน้ำเสียจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยน้ำเสีย โดยจะคำนึงถึงคุณลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบด้วย

1.2.2 เพื่อศึกษาระดับผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ จากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ และสร้างดัชนีเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการหาสาเหตุและสัดส่วนของการเกิดผลกระทบ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย โดยใช้โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร จำนวน 7 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี โรงควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณภาพน้ำหนองแขม โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง และโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร เป็นกรณีศึกษา

1.3.2 ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ 1 ปี โดยเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ มกราคม – ธันวาคม 2551

1.3.3 การพิจารณาวงจรการบำบัดน้ำเสีย เริ่มจากการรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบไปสิ้นสุดที่การระบายน้ำทิ้งออกจากระบบและการจัดการกากตะกอน โดยกำหนดให้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นไปตามข้อกำหนดของ International Standards Organization และใช้โปรแกรม JEMAI เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

1.3.4 การประเมินวัฏจักรชีวิตจะพิจารณาเฉพาะการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเท่านั้น โดยยกเว้นขั้นตอนการก่อสร้าง การบำรุงรักษา หรือขั้นตอนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.4 ข้อจำกัดของการศึกษา

1.4.1 ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร เนื่องจากไม่มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่โครงการ การประเมินปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมในงานวิจัย จึงไม่สามารถครอบคลุมการระบายมลสารออกสู่บรรยากาศจากการขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

1.4.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตระบบบำบัด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป JEMAI-lca Pro เนื่องจากฐานข้อมูลของประเทศไทยเพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมอยู่ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล ทำให้ต้องใช้ฐานข้อมูลในโปรแกรม ซึ่งเป็นฐานข้อมูลจากต่างประเทศ (ประเทศญี่ปุ่น) ในการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ในบางประเด็นจึงอาจมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยจากสถานการณ์ในประเทศไทย

1.4.3 ฐานข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยเป็นข้อมูลที่อ้างอิงจากสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ซึ่งในการวิเคราะห์เลือกใช้ฐานข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน ส่งผลให้ปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นเป็นเพียงตัวแทนของมลสารจากการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินเท่านั้น ไม่ใช่มลสารจากการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงภาพรวม ประสิทธิภาพและวงจรของปริมาณทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยน้ำเสียที่บำบัด รวมถึงมลภาวะสุทธิด้านต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนในกรณีศึกษา และเป็นต้นแบบการศึกษาสำหรับระบบบำบัดประเภทอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

1.5.2 ทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ รวมถึงสัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบจากปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด โดยพิจารณาความสามารถในการบำบัดประกอบด้วย

1.5.3 สามารถวางแผนการจัดการลดผลกระทบและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำในอนาคตได้ โดยใช้เป็นดัชนีข้อมูลที่เป็นระบบประกอบการบริหารจัดการได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

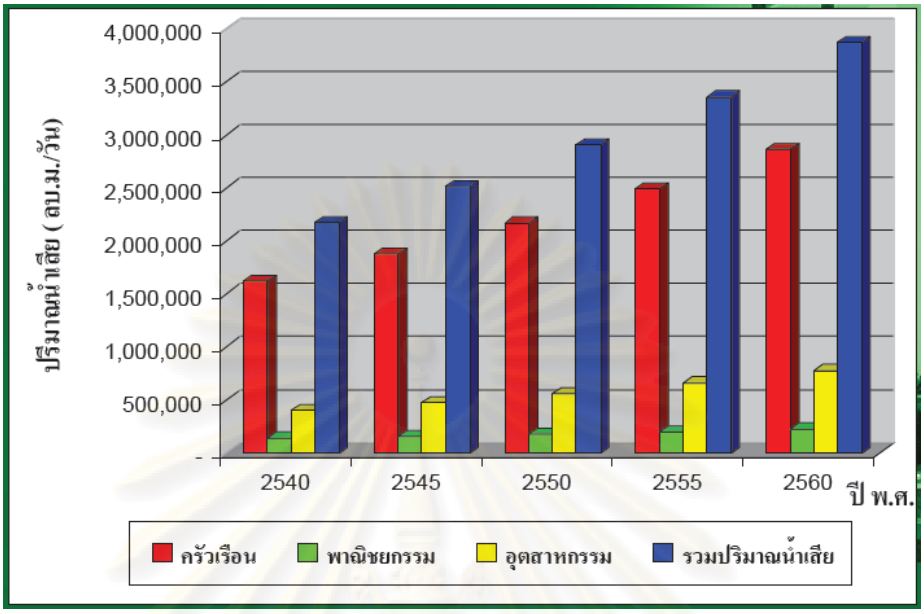
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานคร เป็นเมืองหลวงและเมืองที่มีประชากรมากที่สุดในประเทศไทย รวมทั้งเป็นศูนย์กลางการปกครอง การศึกษา การคมนาคมขนส่ง การพาณิชย์ ฯลฯ ของประเทศ มีแม่น้ำสายสำคัญ คือ แม่น้ำเจ้าพระยา กรุงเทพมหานครมีลักษณะเป็นเขตการปกครองพิเศษ โดยแบ่งออกเป็น 50 เขต มีพื้นที่ทั้งหมด 1,568.737 ตารางกิโลเมตร โดยมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ คือ ละติจูด 13° 45' เหนือ ลองจิจูด 100° 31' ตะวันออก [กรุงเทพมหานคร, 2552] เนื่องจากกรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางความเจริญของประเทศในทุกๆ ด้าน ส่งผลให้ประชาชนอพยพย้ายถิ่นฐานเพื่อเข้ามาแสวงหาความเจริญรุ่งเรืองเป็นจำนวนมาก กรุงเทพมหานครจึงต้องมีการพัฒนาและขยายตัวอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา โดยมีแนวโน้มจะขยายตัวออกไปบริเวณวงแหวนรอบนอก เนื่องจากความอิ่มตัวของพื้นที่ชั้นใน ซึ่งมีการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่แล้ว และก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ ปัญหามลพิษอากาศ ปัญหาขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล หรือปัญหาน้ำท่วม

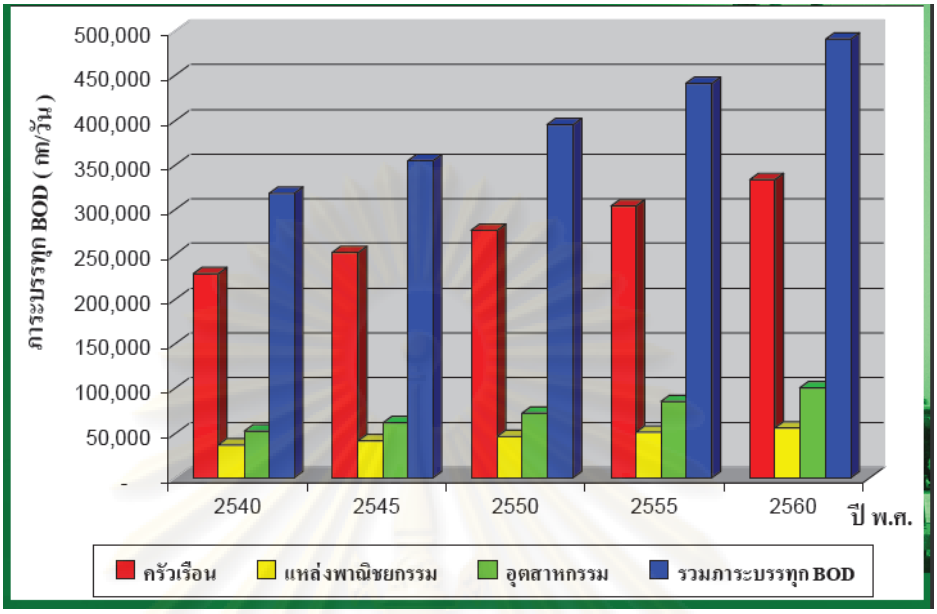
จากข้อมูลของสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง เรื่อง จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักรแยกเป็นกรุงเทพมหานคร และจังหวัดต่างๆ ตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2551 พบว่า ประชากรที่อาศัยในกรุงเทพมหานครมีจำนวน 5,710,883 คน ซึ่งคิดเป็นความหนาแน่นประชากร 3,640.52 คนต่อตารางกิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีประชากรแฝงอีกประมาณร้อยละ 40 [ปราโมทย์ และคณะ, 2550] ฉะนั้น ประชากรทั้งหมดในกรุงเทพมหานครประมาณ 8,000,000 คน ซึ่งหากคำนวณปริมาณการเกิดน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดให้อัตราการเกิดน้ำเสียเท่ากับ 250 ลิตร/คน/วัน [สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2538] จะได้ว่า ใน 1 วัน จะมีน้ำเสียเกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครเท่ากับ 2,000,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่ง่ายเลยในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นปริมาณมากเช่นนี้ ปัญหาน้ำเสียจึงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของกรุงเทพมหานครที่ทุกคนควรตระหนักและหันมาดูแล เอาใจใส่อย่างจริงจังก่อนที่จะไม่มีแหล่งน้ำสะอาดเหลืออยู่อีกต่อไป



รูปที่ 2.1 ปริมาณน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ, 2541

ปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา และคลองต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานครทวีความรุนแรงอย่างต่อเนื่องเรื่อยมา ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย การอุปโภคบริโภค และการประกอบอาชีพของประชากร รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสภาพทางเศรษฐกิจ - สังคม และระบบนิเวศน์ของสิ่งมีชีวิตด้วย แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญของกรุงเทพมหานครประกอบด้วย ชุมชน – ที่พักอาศัย สถานประกอบการ – แหล่งพาณิชกรรม และอุตสาหกรรม โดยมีสาเหตุสำคัญของการเกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ดังนี้

- การปล่อยน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด แต่ไม่ได้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามที่กฎหมายกำหนด ลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง
- ระดับน้ำใต้ดินสูง ทำให้น้ำซึมลงดินได้ไม่ดี
- ระบบบำบัดน้ำเสียไม่มีประสิทธิภาพ
- การดูแล บำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียไม่มีประสิทธิภาพ
- การทิ้งขยะลงคูคลอง



รูปที่ 2.2 ภาระบรรทุกบีโอดีในเขตกรุงเทพมหานคร
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ, 2541

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ ซึ่งมีหน้าที่โดยตรงในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้วางแนวทางการแก้ไขปัญหาออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

2.1.1 มาตรการด้านการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

ในระยะแรก ยังไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวม เพราะข้อกำจัดทางด้านงบประมาณ การแก้ไขปัญหาน้ำเสียจึงแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

- **การแก้ไขปัญหาระยะสั้น**

เป็นการดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณและเร่งแก้ไขปัญหาน้ำเสียเฉพาะจุดในระยะเวลาอันสั้น จึงมีการก่อสร้างโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็ก จำนวน 2 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำอ่อนนุช และพระราม 9 นอกจากนี้ยังมีโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กที่รับโอนจากการเคหะแห่งชาติ จำนวน 12 แห่ง ประกอบด้วยโรงควบคุมคุณภาพน้ำห้วยขวาง บางนา คลองจั่น รามอินทรา ทุ่งสองห้อง 1 ทุ่งสองห้อง 2 หัวหมาก ท่าทราย คลองเตย ร่มเกล้า บางบัว และบ่อนไก่

- **การแก้ไขปัญหาระยะยาว**

เป็นการดำเนินงานโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ โดยใช้แผนหลักการบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครเป็นแนวทางในการวางแผนปฏิบัติงาน ซึ่งจะประยุกต์ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะพื้นที่ที่เอื้ออำนวยต่อการก่อสร้าง เพื่อรวบรวมน้ำเสียจากชุมชนเข้าสู่ระบบบำบัดก่อนปล่อยลงสู่คูคลองและแม่น้ำจ้าพระยาต่อไป กรุงเทพมหานครได้ดำเนินโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวม จำนวน 7 พื้นที่ 6 โครงการ ครอบคลุมพื้นที่รวม 191.7 ตารางกิโลเมตร มีความสามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียรวมได้ทั้งสิ้น 992,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ช่องนนทรี หนองแขม ทุ่งครุ ดินแดง และจตุจักร

- **แผนการดำเนินงานในอนาคต**

เป็นการจัดทำแผนงานการบำบัดน้ำเสียรวมเพิ่มเติมในแผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ฉบับที่ 5 (ปี พ.ศ.2545 - 2549) โดยจะดำเนินการก่อสร้างโครงการบำบัดน้ำเสียรวมอีก 3 โครงการ ครอบคลุมพื้นที่ 150 ตารางกิโลเมตร สามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียได้รวมทั้งสิ้น 823,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบด้วย โครงการบำบัดน้ำเสียคลองเตย ธนบุรี และบางซื่อ

2.1.2 มาตรการด้านกฎหมาย

เป็นการตรวจสอบ ควบคุม และติดตามคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร สถานประกอบการประเภทต่างๆ โรงงานอุตสาหกรรม และสถานที่ก่อเหตุเดือดร้อนรำคาญตามที่กฎหมายกำหนด โดยมีกฎหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพน้ำที่กรุงเทพมหานครนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่สำคัญ ดังนี้

- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522
- พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535
- พระราชบัญญัติรักษาความสะอาด และความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ.2535
- พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535

2.1.3 มาตรการด้านการประชาสัมพันธ์

เนื่องจากปัญหาน้ำเสียไม่สามารถแก้ไขได้โดยหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่ง แต่ต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งภาครัฐ เอกชน และประชาชนทั่วไป การประชาสัมพันธ์จึงมีความสำคัญยิ่งต่อการเผยแพร่ข่าวสาร ข้อมูล และรายงานสถานการณ์ให้ทุกฝ่ายเกิดความรู้ ความเข้าใจ ตระหนักในปัญหาน้ำเสีย และพร้อมที่จะให้ความร่วมมือในการส่งเสริมการปฏิบัติงานแก้ไขปัญหาน้ำเสีย

กิจกรรมประชาสัมพันธ์เรื่องปัญหาและการแก้ไขปัญหาน้ำเสีย เป็นกิจกรรมที่สำนักการระบายน้ำดำเนินการอย่างต่อเนื่องมาโดยลำพัง และได้รับการส่งเสริมมากยิ่งขึ้น เมื่อปัญหาน้ำเสียทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น การประชาสัมพันธ์เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่ได้ดำเนินการแล้ว ได้แก่

- จัดทำเอกสาร และสื่อประชาสัมพันธ์ ประเภทต่างๆ เช่น โปสเตอร์ วีดีโอ แผ่นปลิว แผ่นพับ และเอกสารทางวิชาการต่างๆ ในเรื่องมลพิษทางน้ำ กฎหมายที่เกี่ยวข้องในการควบคุมมลพิษ วิธีการบำบัดน้ำเสีย ผลกระทบของปัญหาน้ำเสีย ข้อมูลคุณภาพน้ำและคุณภาพตะกอนน้ำเสียของแหล่งน้ำสาธารณะและแม่น้ำเจ้าพระยา การเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่าย และรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการบำบัดน้ำเสียรวมของกรุงเทพมหานคร

- การให้บริการทางวิชาการในรูปแบบของการเข้าร่วมสัมมนา บรรยายทางวิชาการ ต้อนรับผู้ดูงาน สนับสนุนข้อมูล และเอกสารวิชาการแก่นักศึกษา หน่วยงานต่างๆ และประชาชนทั่วไป รวมทั้งสื่อมวลชนแขนงต่างๆ

- ดำเนินการฝึกอบรม และเผยแพร่ความรู้ให้แก่เจ้าของหรือผู้ดูและระบบบำบัดน้ำเสีย และเจ้าของสถานประกอบการรวมทั้งนักเรียน นักศึกษา ครู ประชาชนทั่วไป และเจ้าหน้าที่หรือส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร

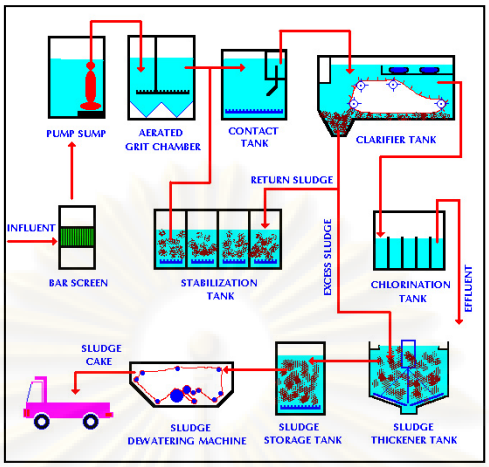
กรุงเทพมหานครได้ดำเนินโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่รวม จำนวน 7 พื้นที่ 6 โครงการ ครอบคลุมพื้นที่รวม 191.7 ตารางกิโลเมตร สามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียรวมได้ทั้งสิ้น 992,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

2.2.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา อยู่ในสังกัดกลุ่มงานปฏิบัติการ 2 (ช่องนนทรี) สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่บริเวณปากคลองผดุงกรุงเกษม ถนนสี่พระยา เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของแขวงป้อมปราบศัตรูพ่าย บางส่วนของแขวงวัดเทพศิรินทร์ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย แขวงตลาดน้อย บางส่วนของแขวงสัมพันธวงศ์ เขตสัมพันธวงค์ และแขวงมหาพฤฒาราม เขตบางรัก เริ่มเดินระบบตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 โดยสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ เป็นผู้ดำเนินงาน รายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

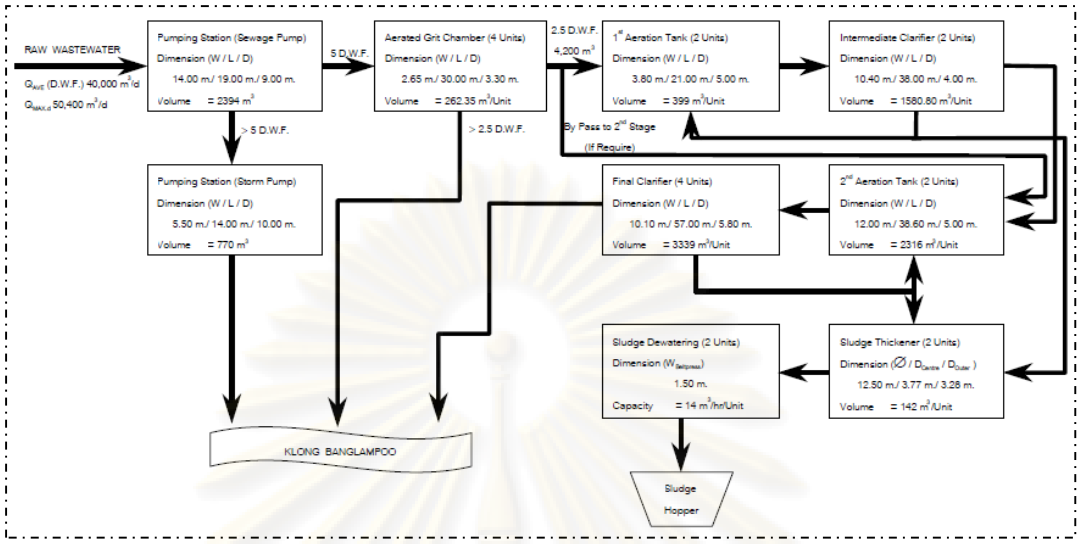


รูปที่ 2.4 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

2.2.2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ อยู่ในสังกัดกลุ่มงานปฏิบัติการ 1 (ดินแดง) สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่บริเวณตลาดบ้านพานถม เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่แขวงชนะสงคราม แขวงวัดบวรนิเวศน์ แขวงเสาชิงช้า แขวงวัดราชบพิธ แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ แขวงสำราญราษฎร์ แขวงพระบรมราชวัง และแขวงบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร เริ่มเดินระบบตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2543 โดยสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ เป็นผู้ดำเนินงานรายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

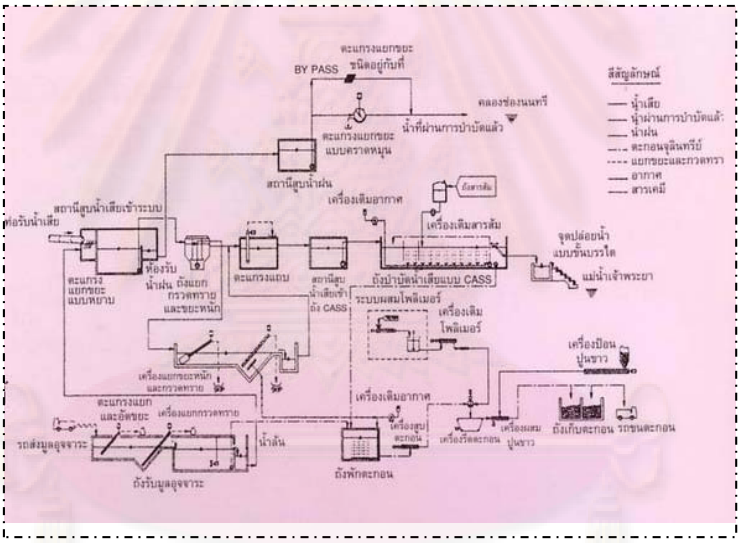


รูปที่ 2.6 ผังการไหลระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

2.2.3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี อยู่ในสังกัดกลุ่มงานปฏิบัติการ 2 (ช่องนนทรี) สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่ริมแม่น้ำเจ้าพระยา ปากคลองช่องนนทรี บริเวณแยกถนนพระราม 3 - ถนนนราธิวาสราชนครินทร์ เขตบางคอแหลม กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่แขวงสี่พระยา แขวงสุรวงค์ แขวงสีลม บางส่วนของแขวงบางรัก เขตบางรัก แขวงยานนาวา แขวงทุ่งวัดดอน แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร แขวงวัดพระยาไกร แขวงบางโคล่ แขวงบางคอแหลม เขตบางคอแหลม และแขวงช่องนนทรี แขวงบางโพงพาง เขตยานนาวา เริ่มเดินระบบครั้งแรกตั้งแต่เดือนธันวาคม 2542 โดยสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ เป็นผู้ดำเนินงาน จากนั้นเดือนมีนาคม 2547 บริษัท โกลบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด (GUSCO) เป็นผู้รับจ้างดำเนินงานเรื่อยมา รายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552



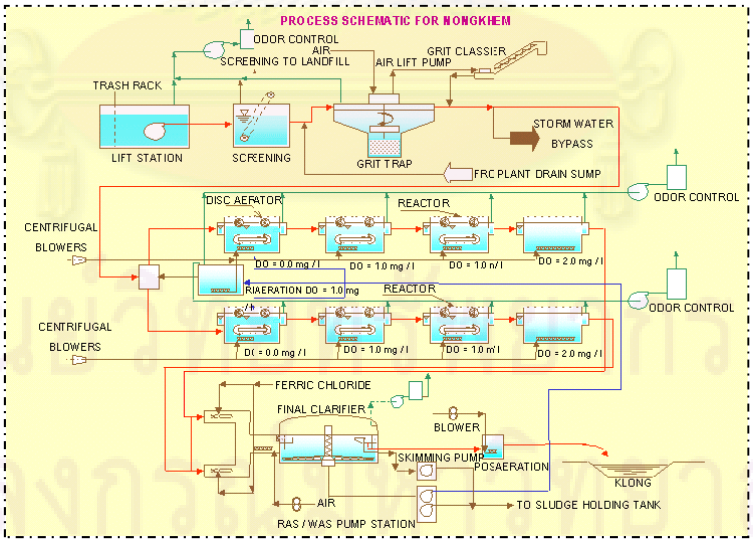
รูปที่ 2.8 ผังการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

2.2.4 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม อยู่ในสังกัดกลุ่มงานปฏิบัติการ 3 (หนองแขม) สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่บริเวณโรงกำจัดขยะมูลฝอยหนองแขม ซอยเพชรเกษม 104 เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของแขวงหนองค้างพลูเขต บางส่วนของแขวงหนองแขม เขตหนองแขม แขวงบางแค

เหนือ บางส่วนของแขวงบางแค บางส่วนของแขวงหลักสอง เขตบางแค และแขวงบางด้วน บางส่วนของแขวงคูหาสวรรค์ บางส่วนของแขวงปากคลองภาษีเจริญ บางส่วนของแขวงบางหว้า บางส่วนของแขวงคลองขวาง เขตภาษีเจริญ เริ่มเดินระบบครั้งแรกตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2545 โดยกิจการร่วมค้า ยูทิลิตี้ บิสิเนส อัลลายแอนด์ จำกัด และบริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด เป็นผู้ดำเนินงาน รายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.9 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552



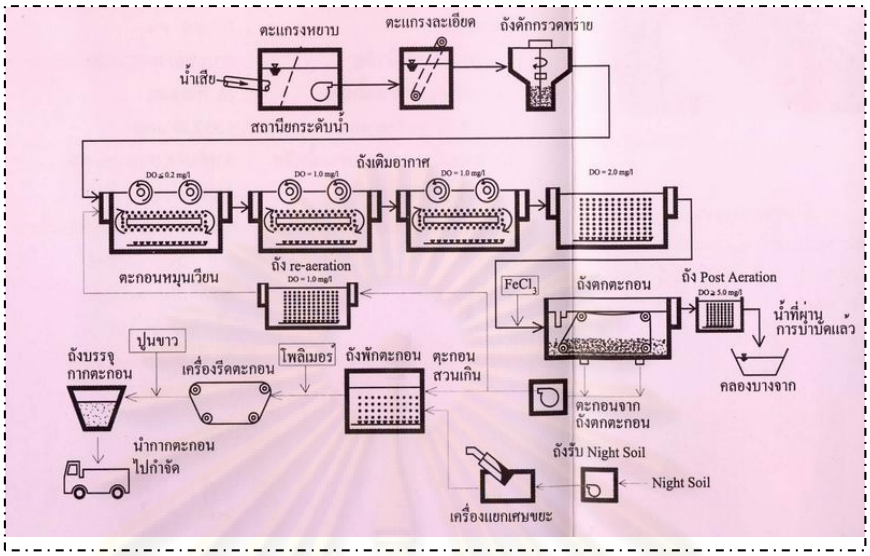
รูปที่ 2.10 ผังการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

2.2.5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ อยู่ในสังกัดกลุ่มงานปฏิบัติการ 3 (หนองแขม) สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่บริเวณ ซอยประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่แขวงจอมทอง แขวงบางมด เขตจอมทอง แขวงบางมด แขวงทุ่งครุ เขตทุ่งครุ และแขวงราษฎร์บูรณะ แขวงบางประกอก เขตราษฎร์บูรณะ เริ่มเดินระบบครั้งแรกตั้งแต่เดือนเดือนกุมภาพันธ์ 2545 โดยสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำเป็นผู้ดำเนินงาน จากนั้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2549 กิจการร่วมค้า ยูทิลิตี้ บิสิเนส อัลลายแอนด์ จำกัด และบริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด เป็นผู้รับจ้างดำเนินงานเรื่อยมา รายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.11 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

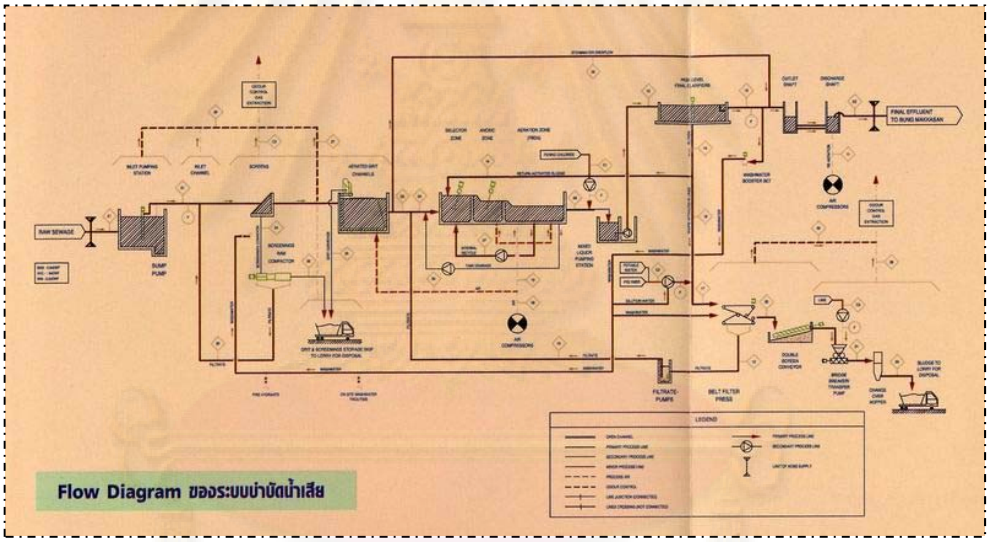


รูปที่ 2.12 ผังการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

2.2.6 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง อยู่ในสังกัดกลุ่มงานปฏิบัติการ 1 (ดินแดง) สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่บริเวณใกล้กับศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร 2 ถนนมิตรไมตรี แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของแขวงถนนนครไชยศรี แขวงวชิรพยาบาล แขวงดุสิต แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต บางส่วนของแขวงสามเสนใน เขตพญาไท ส่วนใหญ่ของแขวงดินแดง เขตดินแดง แขวงทุ่งพญาไท แขวงถนนพญาไท แขวงถนนเพชรบุรี และบางส่วนของแขวงมักกะสัน เขตราชเทวี แขวงวัดสามพระยา แขวงบางขุนพรหม แขวงบ้านพานถม เขตพระนคร แขวงลุมพินี แขวงปทุมวัน แขวงวังใหม่ แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน บางส่วนของแขวงป้อมปราบศัตรูพ่าย บางส่วนของแขวงวัดเทพศิรินทร์ แขวงบ้านบาตร แขวงคลองมหานาค แขวงวัดโสมนัส เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย และแขวงจักรวรรดิ บางส่วนของแขวงสัมพันธวงศ์ เขตสัมพันธวงศ์ เริ่มเดินระบบตั้งแต่เดือนตุลาคม 2547 โดยบริษัทผู้รับจ้าง GUSCO เป็นผู้ดำเนินงาน รายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.13 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552



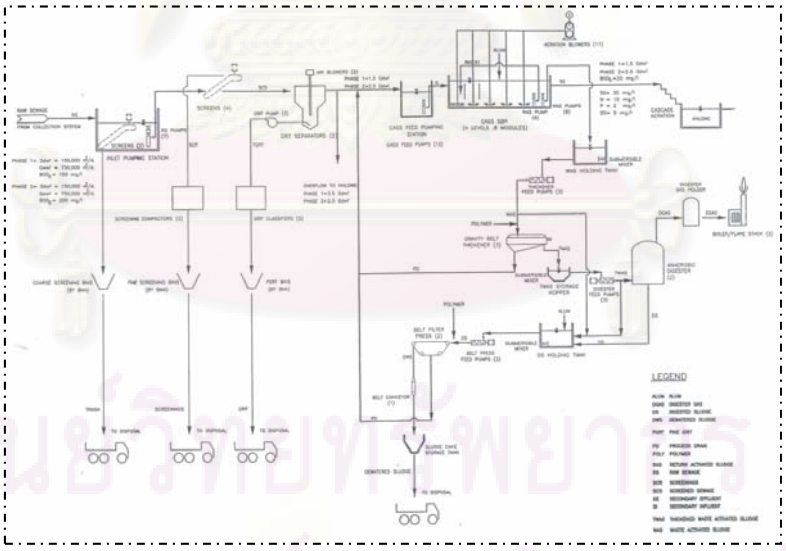
รูปที่ 2.14 ผังการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

2.2.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร อยู่ในสังกัดกลุ่มงานปฏิบัติการ 1 (ดินแดง) สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่บริเวณริมคลองบางซื่อ ในซอยอินทรามระ 35 ถนนวิภาวดีรังสิต เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่บริการครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของแขวงลาดยาว เขตจตุจักร บางส่วนของแขวงสามเสนใน เขตพญาไท บางส่วนของ

แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง และบางส่วนของแขวงดินแดง เขตดินแดง เริ่มเดินระบบครั้งแรก ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2549 โดยบริษัทไอบีซี คอนสตรัคชั่น แอนด์ดีเวลล๊อปเม้นท์ จำกัด เป็นผู้ดำเนินงาน รายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.15 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552



รูปที่ 2.16 แผนผังการไหลของระบบบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร
ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 สรุปข้อมูลโครงการโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร

	สี่พระยา	**รัตนโกสินทร์**	**ช่องนนทรี**	**หนองแขม**	**ทุ่งครุ**	**ดินแดง**	**จตุจักร**
พื้นที่บริการ (ตร.กม.)	2.7	4.1	28.5	44	42	37	33.4
ประชากร (คน)	120,000	70,000	580,000	520,000	177,000	1,080,000	432,000
ขนาดระบบ (ลบ.ม./วัน)	30,000	40,000	200,000	157,000	65,000	350,000	150,000
พื้นที่โครงการ	1 ไร่ 3 งาน	4 ไร่	20 ไร่	54 ไร่	9 ไร่	17 ไร่	7 ไร่
ระบบบำบัดน้ำเสีย	Contact Stabilization Activated Sludge System	Two Stage Activated Sludge System	Cyclic Activated Sludge System (CASS)	Vertical Loop Reactor Activated Sludge System (VLR-AS)	Vertical Loop Reactor Activated Sludge System (VLR-AS)	Activated sludge With Nutrients Removal System	Cyclic Activated Sludge System (CASS)
บ่อดักน้ำเสีย (บ่อ)	81	77	356	228	205	395	175
ความยาวท่อ (กม.)	2.3	16.25	51	46	26	63	28.2
ขนาดท่อ (ม.)	0.6-1.20	0.25-1.50	0.15-2.25	0.3-2.30	0.3-2.30	0.15-3.20	0.2-2.30
จุดระบายน้ำทิ้ง	คลองผดุงกรุงเกษม	คลองบางลำภู	คลองช่องนนทรี	คลองราษฎร์บูรณะ	คลองบางจาก	บึงมักกะสัน	คลองบางซื่อ

ที่มา : สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงระบบหนึ่ง คือ ประมาณ 85 - 95% โดยใช้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบำบัดน้ำเสียจากอาคารและโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร การเดินระบบประเภทนี้มีความยุ่งยากซับซ้อนเล็กน้อย เนื่องจากต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพต่างๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงาน และการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด ปัจจุบันระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

2.3.1 หลักการทำงานของระบบ

โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะเข้าสู่ถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ออกแบบไว้ สภาวะภายในถังเติมอากาศจะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลไปถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศอีกครั้ง เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของสลัดจ์ให้ได้ตามที่กำหนดไว้ และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.17 ถังเติมอากาศ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552

รูปที่ 2.18 ถังตกตะกอน

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552

รูปที่ 2.19 ลานตากตะกอน

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552

2.3.2 กลไกการทำงานของระบบแอตติเวตเตดสลัดจ์

หัวใจสำคัญของระบบ คือ การอาศัยจุลินทรีย์ทั้งหลายที่มีอยู่ในถังเติมอากาศของระบบเป็นตัวย่อยสลายสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในน้ำเสียให้หมดไป หรือมีความสะอาดสามารถระบายทิ้งได้โดยไม่ก่อให้น้ำในคูคลองเน่าเสีย สิ่งสกปรกในน้ำเสียที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ส่วนใหญ่เป็นพวกสารอินทรีย์ทั้งในรูปที่ละลายน้ำได้และในรูปของคอลลอยด์ ผลผลิตสุดท้ายที่ได้ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ เซลล์จุลินทรีย์ตัวใหม่ และพลังงาน ดังนี้

น้ำเสีย (สารอินทรีย์) + จุลินทรีย์ + ออกซิเจน

↓

คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + จุลินทรีย์ตัวให้ + พลังงาน

เซลล์จุลินทรีย์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ 70 - 90% และส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์อีก 10 - 30% ดังนั้น สารอินทรีย์ซึ่งเป็นสิ่งสกปรกในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ เนื่องจากตะกอนจุลินทรีย์มีน้ำหนักมากกว่าจึงสามารถแยกออกจากน้ำได้ง่ายด้วยถังตกตะกอน [เสริมพล และไชยยุทธ, 2518]

2.3.3 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส

ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge : CSAS) ลักษณะสำคัญ คือ ถังเติมอากาศจะแบ่งออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน ได้แก่ ถังสัมผัส (Contact Tank) และถังย่อยสลาย (Stabilization Tank) โดยตะกอนที่สูบมาจากก้นถังตกตะกอนขั้นสองจะถูกส่งมาเติมอากาศอีกครั้งในถังย่อยสลาย จากนั้นจะส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ถังสัมผัสจะมีความเข้มข้นของสลัดจ์ลดลงตามปริมาณน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่บำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนขั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับน้ำใสออกจากกัน โดยน้ำใสส่วนบนจะระบายออกจากระบบ และตะกอนที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปทิ้ง ทำให้บ่อเติมอากาศมีขนาดเล็กกว่าบ่อเติมอากาศของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ทั่วไป

รูปที่ 2.20 ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552

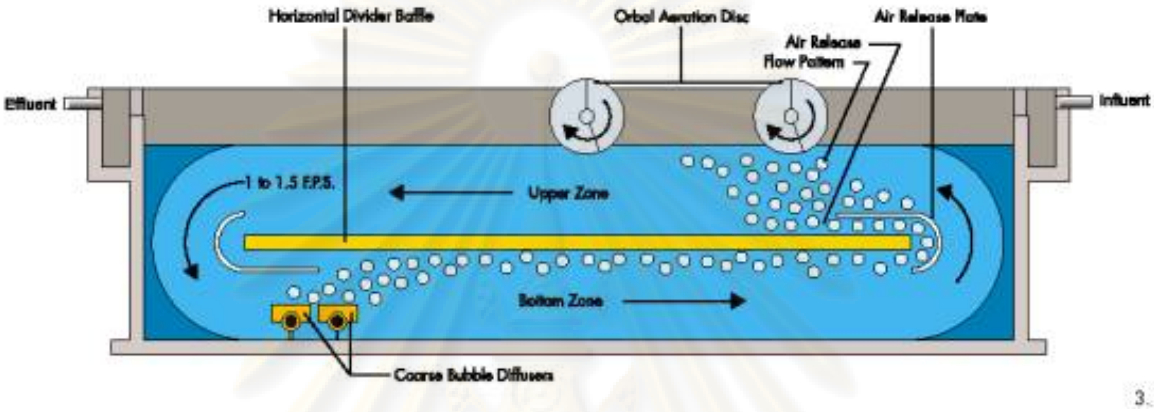
2.3.4 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบสองขั้นตอน

ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบสองขั้นตอน (Two Stage Activated Sludge : TSAS) ลักษณะสำคัญ คือ มีการเติมอากาศ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ถังเติมอากาศขั้นแรก (1st Aerated Tank) และถังเติมอากาศขั้นที่ 2 (2nd Aerated Tank) โดยน้ำเสียจะส่งมาเติมอากาศที่ถังเติมอากาศขั้นแรก จากนั้นน้ำเสียที่บำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนขั้นแรก เพื่อแยกตะกอนกับน้ำใสออกจากกัน โดยน้ำใสส่วนบนจะไหลต่อไปยังถังเติมอากาศขั้นที่สอง และตะกอนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อสูบกลับมายังถังเติมอากาศขั้นแรกและสูบไปกำจัดต่อไป น้ำเสียที่เข้าสู่ถังเติมอากาศขั้นที่สองจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนขั้นสอง เพื่อแยกตะกอนกับน้ำใสออกจากกันอีกครั้ง โดยน้ำใสส่วนบนจะระบายออกจากระบบ และตะกอนที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะสูบกลับไปเข้าถังเติมอากาศขั้นที่สอง และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปรวมกับตะกอนจากถังตกตะกอนขั้นแรกเพื่อนำไปกำจัดต่อไป

2.3.5 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบไหลแนวดิ่ง

ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบไหลแนวดิ่ง (Vertical Loop Reactor Activated Sludge : VLR-AS) เป็นรูปแบบหนึ่งของระบบคลองเวียนวน ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์นี้ คือ รูปแบบของถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงรีหรือวงกลม ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของถังเติมอากาศ และรูปแบบการกวนที่ใช้เครื่องกลเติมอากาศตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) รูปแบบของถังเติมอากาศลักษณะนี้จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า

แอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำ ทำให้ไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^{2-}) ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยแบคทีเรียจำพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrosomonas Spp. และ Nitrobactor Spp.) ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้

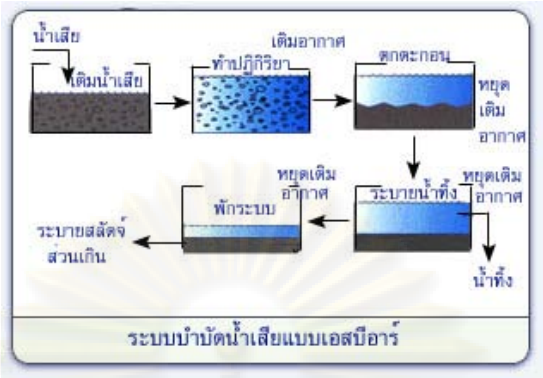


รูปที่ 2.21 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบไหลแนวดิ่ง
ที่มา : Stowa, 2006

2.3.6 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบเอสบีอาร์

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Cyclic Activated Sludge System; CASS ลักษณะสำคัญ คือ เป็นระบบแอกทิเวเต็ดจ์สลัดจ์ประเภทเติมเข้า - ถ่ายออก (Fill and Draw Activated Sludge) โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่น คือ การเติมอากาศ (Aeration) และการตกตะกอน (Sedimentation) จะดำเนินไปตามลำดับภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน การเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ 1 รอบการทำงานมี 5 ช่วงตามลำดับ ดังนี้

1.) ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) เพื่อนำน้ำเสียเข้าระบบ
2.) ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เพื่อลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
3.) ช่วงตกตะกอน (Settle) เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงก้นถังปฏิกิริยา
4.) ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) เพื่อระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบ
5.) ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมระบบหรือรอรับน้ำเสียใหม่



รูปที่ 2.22 ระบบแอกติเวกเต็ดสลัดจ์แบบเอสบีอาร์
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552

2.3.7 ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบ Biological Nutrient Removal

ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบ Biological Nutrient Removal (Biological Nutrient Removal Activated Sludge : BNRAS) ลักษณะสำคัญ คือ ระบบจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเรียงกัน คือ ส่วนแรกเป็นถังปฏิกิริยาแบบ Anaerobic ส่วนที่สองเป็นถังปฏิกิริยาแบบ Anoxic และส่วนที่สามเป็นถังปฏิกิริยาแบบ Aerobic เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกำจัดสารประกอบบีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งจะเชื่อมโยงกับกระบวนการ Nitrification และ Denitrification จากนั้นน้ำเสียจะส่งต่อไปยังถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำใส ซึ่งน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ

2.3.8 ตัวแปรสำหรับการควบคุมระบบ

ตัวแปรสำคัญที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ มี 2 ตัวแปร ดังนี้

(1) **อายุตะกอน (Sludge Age)** หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยที่ตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียนในถังเติมอากาศ การควบคุมกระทำได้โดยการนำตะกอนส่วนเกินออกจากระบบ โดยทั่วไปจะควบคุมให้มีระบบอายุตะกอน 5 - 15 วัน

(2) อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio) หมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบ (กก./วัน) ต่อน้ำหนักตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ (กก.) โดยทั่วไปจะควบคุมให้

ระบบมีค่า F/M ratio ระหว่าง 0.1 - 0.4 ต่อวัน คุณสมบัติของน้ำเสียมักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทั้งอัตราการไหลและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ ทำให้การควบคุมระบบโดยใช้ F/M ratio ทำได้ยาก และมีความไม่แน่นอน ในทางปฏิบัติจึงนิยมควบคุมระบบโดยอายุตะกอนมากกว่า

2.3.9 ปัญหาตะกอนในระบบบำบัด

ปัญหาที่พบมากที่สุดในการควบคุมระบบแอตติเวเต็ดสลัดจ์ มี 2 ปัญหา คือ ปัญหา การลอยตัวของตะกอนในถังตะกอน (Rising Sludge) และปัญหาตะกอนเบาจมตัวลำบาก (Bulking Sludge)

(1) **ตะกอนไม่จมตัว (Bulking Sludge)** เกิดจากสภาวะที่มีจุลินทรีย์จำพวกเส้นใย (Filamentous Organism) มากเกินไป จึงเป็นสาเหตุให้ตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศไม่จับตัวกันเป็นฟล็อค (Floc) เมื่อไหลไปยังถังตกตะกอน จะพบว่า ตะกอนจุลินทรีย์เหล่านี้จะลอยขึ้นมาคล้ายลูกคลื่นเป็นชั้นตลอดทั่วทั้งถังตกตะกอน การควบคุมจุลินทรีย์จำพวกเส้นใยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเติมคลอรีนหรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในตะกอนจุลินทรีย์ที่สูบกลับ (Return Sludge) ส่วนการป้องกันการเกิดจุลินทรีย์เส้นใยในระบบต้องควบคุมให้ระบบมีสภาวะการทำงานที่เหมาะสม เช่น การควบคุมค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังเติมอากาศไม่ให้น้อยกว่า 2 มก./ล. และการเติมสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่พอเหมาะ การควบคุมพีเอชไม่ให้ต่ำกว่า 6.5 เป็นต้น

(2) **ตะกอนลอย (Rising Sludge)** เกิดจากสภาวะ Denitrification ซึ่งเป็นการเปลี่ยนไนไตรท์และไนเตรทเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยก๊าซไนโตรเจนจะสะสมตัวอยู่ใต้ชั้นของตะกอนจุลินทรีย์ในถังตกตะกอนจนมากพอที่จะดันให้ตะกอนเหล่านั้นลอยขึ้นมาเป็นก้อนใหญ่ๆ เมื่อลอยขึ้นมาจนถึงผิวน้ำแล้วจะแตกกระจายออกเป็นแผ่นมองเห็นฟองก๊าซเล็กๆ ลอยขึ้นมากับตะกอน การแก้ปัญหาตะกอนลอยสามารถทำได้โดย การเพิ่มอัตราการสูบตะกอนกลับจากถังตกตะกอนเพื่อลดระยะเวลาเก็บกักตะกอนในถังตกตะกอน หรือการลดอายุสลัดจ์ (Sludge Age) โดยเพิ่มอัตราการระบายตะกอนส่วนเกินทิ้ง

2.4 การประเมินวัฏจักรชีวิต

เครื่องมือการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สามารถประเมินได้ครอบคลุมประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน และสามารถระบุขนาดและระดับความรุนแรงของผลกระทบจากผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ หรือการดำเนินโครงการต่างๆ ในปัจจุบันเครื่องมือในการจัดการและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมีหลายวิธี เช่น Life Cycle Assessment (LCA) , RA (Risk Assessment) , EIA (Environmental Impact Assessment) , EPE (Environmental Performance Evaluation) โดยแต่ละวิธีมีเป้าหมายและความเหมาะสมในการเลือกใช้ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 เครื่องมือการจัดการและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

เครื่องมือ	LCA (Life Cycle Assessment)	RA (Risk Assessment)	EIA (Environmental Impact Assessment)	EPE (Environmental Performance Evaluation)
วัตถุประสงค์รวม	- เพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมของระบบ - เพื่อระบุลำดับความสำคัญในการปรับปรุงระบบ	- เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เป็นอันตราย	- เพื่อประเมินผลกระทบด้านบวกและด้านลบต่อสิ่งแวดล้อมของแผนโครงการในอนาคต	- เพื่อจัดหาข้อมูลที่เชื่อถือและพิสูจน์ได้เกี่ยวกับสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมขององค์กร
ข้อดี	- พิจารณาผลกระทบทั้งระดับโลกและภูมิภาค - สะดวกในการพิจารณาผลกระทบต่อสังคม	- ประเมินผลกระทบระดับพื้นที่และภูมิภาคต่อเป้าหมายเฉพาะ	- ประเมินผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบ - พิจารณาผลกระทบของโครงการในระดับพื้นที่	- มีการวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์โดยตรงกับนโยบายและเป้าหมาย
ข้อเสีย	- ไม่ได้ระบุเกี่ยวกับเวลา – สถานที่ ที่มีอิทธิพลต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม	- มิได้พิจารณาตลอดวงจรชีวิตและไม่พิจารณาถึงปริมาณการใช้ทรัพยากร	- ยากต่อการวิเคราะห์ผลกระทบระดับโลก ภูมิภาค และตลอดวงจรชีวิต	- ให้ความสัมพันธ์ที่ไม่สัมบูรณ์ในการวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2(ต่อ) เครื่องมือการจัดการและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

เครื่องมือ	LCA (Life Cycle Assessment)	RA (Risk Assessment)	EIA (Environmental Impact Assessment)	EPE (Environmental Performance Evaluation)
ผู้ใช้:อุตสาหกรรม	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงแผนงานโครงการ - กลยุทธ์ในการวางแผนระยะยาว - การติดต่อสื่อสาร	- เพื่อตรวจสอบการยอมรับความเสี่ยงจากการปฏิบัติงาน	- เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการทางกฎหมาย - ชี้วัดความต้องการในการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนย้ายผลกระทบจากโครงการ	- เพื่อวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมและการปรับปรุง - เพื่อชี้วัดกลยุทธ์โอกาสทางธุรกิจ
หน่วยงานรัฐ	- ใช้สนับสนุนการใช้ความคิดแบบครบวงจร	- เพื่ออธิบายสถานการณ์ความเสี่ยงของโครงการที่ยอมรับได้ - ในการจัดสรรลำดับทรัพยากรให้เป็นไปตามข้อกำหนดกฎหมาย	- เป็นเหมือนข้อมูลเข้าเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการยอมรับแผนโครงการ	- เพื่อติดตามตรวจสอบความถูกต้องของกฎหมาย นโยบาย หรือมาตรฐานต่างๆ
หน่วยงานที่มิใช่รัฐ	- ใช้สนับสนุนการติดตามแบบครบวงจรแต่ยังมีข้อสงสัยในการประยุกต์ใช้	- เพื่อคัดค้านการยอมรับสถานการณ์ที่เป็นอันตราย	- เพื่อคัดค้านการยอมรับต่อแผนโครงการ	- ไม่ได้นำไปใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2(ต่อ) เครื่องมือการจัดการและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

เครื่องมือ	LCA (Life Cycle Assessment)	RA (Risk Assessment)	EIA (Environmental Impact Assessment)	EPE (Environmental Performance Evaluation)
เป้าหมายของการวิเคราะห์	- ผลิตภัณฑ์ หรือการบริการ	- สถานการณ์ความเป็นพิษ	- แผนสร้างโครงการ โดยทั่วไปเป็นโครงการก่อสร้าง	- กิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร
การจำกัดพื้นที่	- ไม่จำกัด	- จำกัดเขตหรือพื้นที่	- จำกัดเขตหรือพื้นที่	- จำกัดกิจกรรมในองค์กร
พิจารณาผลกระทบทางด้านใด	- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมจากการใช้ทรัพยากรและข้อเสียที่เกิดขึ้น	- ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และเป้าหมายทางสิ่งแวดล้อม	- ผลกระทบทั้งหมดของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่	- ผลกระทบที่สัมพันธ์กับกิจกรรมขององค์กร
การแปลผล	- การประเมินผลกระทบ	- เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ยอมรับได้	- ต้นทุนและกำไรทางสิ่งแวดล้อม	- ระบุการชี้วัดที่ตรงกับปัญหาของสมรรถนะ
ฐานการเปรียบเทียบ	- หน่วยหน้าที่	- สถานการณ์ที่ต้องการเปรียบเทียบ	- โครงการ	- หน่วยการทำงาน

ที่มา : SETAC – Europe Working Group, 2003

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.1 ความหมายและความสำคัญ

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนหมดอายุการใช้งาน (Cradle to Grave) โดยการประเมินสามารถประมาณปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อหาวิธีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

LCA มีประวัติความเป็นมายาวนาน เริ่มมีการศึกษาทั้งในสหรัฐอเมริกา และประเทศแถบยุโรป จากนั้นสถาบันต่างๆ ได้เข้ามาศึกษาและพัฒนาการวิจัยผลิตภัณฑ์ต่างๆ จนกระทั่ง พ.ศ. 2540 สถาบันรับรองมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization Standardization : ISO) ได้กำหนดอนุกรมมาตรา ISO 14040 – 43 ว่าด้วยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นอนุกรมที่ให้การรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ดังนี้

ISO 14040 หลักการและแนวทางปฏิบัติโดยทั่วไป
ISO 14041 การวิเคราะห์และบัญชีข้อมูล
ISO 14042 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม
ISO 14043 การแปลผล

ISO กล่าวว่า การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเทคนิคในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือการบริการตลอดวงจรชีวิต เพื่อพิจารณาทุกกระบวนการหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ว่า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามลักษณะกลุ่มเป้าหมาย คือ การใช้ทรัพยากร สุขภาพของมนุษย์ และผลต่อระบบนิเวศน์

2.4.2 หลักการและการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต

เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ คือ LCA เป็นกระบวนการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ตลอดวงจรชีวิต โดยเน้นเชิงปริมาณอย่างชัดเจน ทำให้การศึกษา LCA มีความซับซ้อนมากกว่า

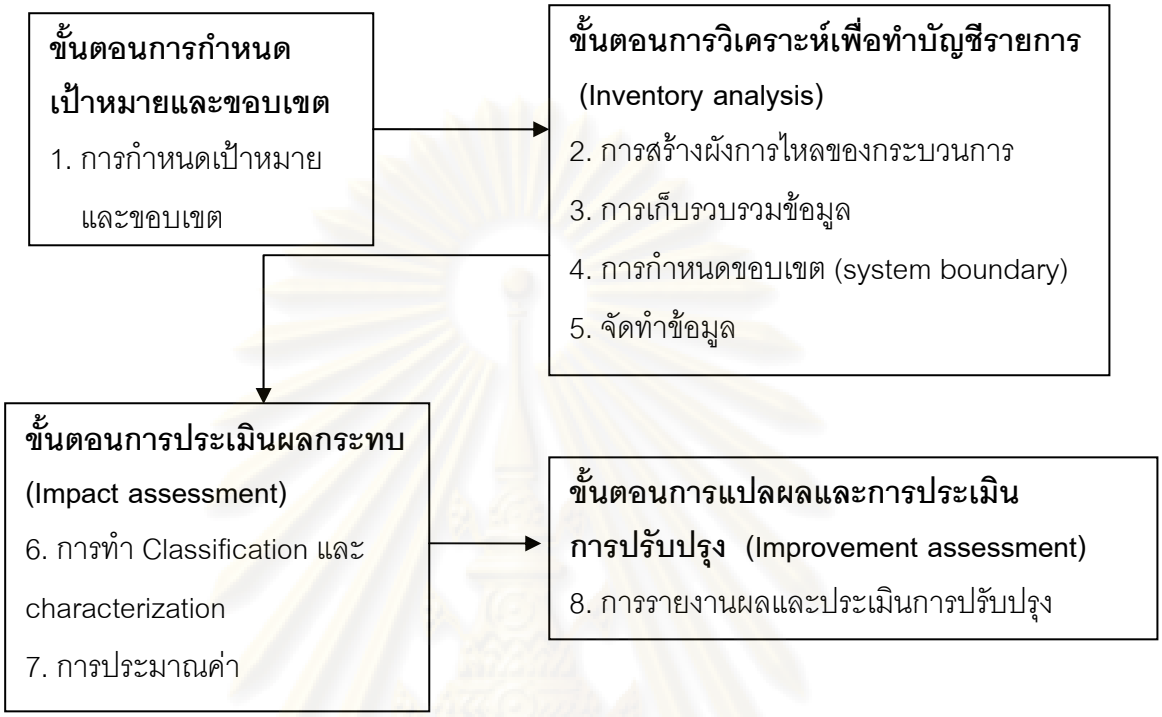
เครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เพราะต้องวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้จนถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทุกประเด็นที่เกิดขึ้น และให้ความสำคัญทั้งเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลือง และสารอันตรายที่ปล่อยออกมา แต่ LCA จะเป็นการมองผลกระทบในภาพรวมที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การทำให้โลกร้อน มากกว่าการมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา

วัตถุประสงค์ของ LCA คือ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์หรือหน้าที่การใช้งานผลิตภัณฑ์ ดังนั้น LCA จึงเป็นเพียงเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางสิ่งแวดล้อม ไม่ได้แทนเครื่องมือวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมชนิดอื่นๆ ซึ่งถูกกำหนดขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง LCA สามารถนำมาพิจารณาประกอบกับข้อมูลประเด็นอื่นๆ เช่น ต้นทุน ความสะดวกสบาย และความปลอดภัยของผู้บริโภค เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจหรือการกำหนดแนวทางการดำเนินการของภาครัฐ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม

2.4.3 ขั้นตอนในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.23 กรอบการดำเนินงาน LCA ของ UNEP
ที่มา : UNEP, 1996

2.4.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

- **การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา** (Goal)

เป้าหมายของการศึกษา LCA ควรกำหนดเหตุผลและจุดมุ่งหมายของการศึกษาอย่างชัดเจน ไม่คลุมเครือ นอกจากนี้ควรประเมินว่า วิธีการวิเคราะห์วิธีใดสามารถใช้ในการศึกษาได้บ้าง เพราะถ้านำผลการวิเคราะห์ไปใช้อย่างผิดๆ จะนำไปสู่การสรุปผลที่ไม่ถูกต้อง

- **การกำหนดขอบเขตของการศึกษา** (Scope)

ขอบเขตของการศึกษาเป็นตัวกำหนดขอบเขตความต้องการข้อมูล สมมติฐานและข้อจำกัดของข้อมูล โดยควรกำหนดรายละเอียดของขอบเขตอย่างเพียงพอ เพื่อให้แน่ใจว่า

ความกว้างและความลึกในการวิเคราะห์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งขอบเขตทั้งหมดรวมทั้งลำดับขั้นและสมมติฐานควรกล่าวไว้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย บางครั้งอาจต้องกล่าวถึงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ (ท้องถิ่น เชื้อชาติ ภูมิภาค ทวีป หรือโลก) และเวลา (ช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ และช่วงเวลาของข้อมูลที่นำมาศึกษา) ด้วย

วัตถุประสงค์ของการกำหนดขอบเขต คือ การบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมิน และจำกัดรวบรวมสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งประกอบด้วย

1. การกำหนดสิ่งที่จะศึกษารวมทั้งหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์
2. การเลือกระบบอ้างอิงหรือผลิตภัณฑ์อ้างอิง เพื่อแสดงให้เห็นวัตถุประสงค์ของการศึกษา
3. การออกแบบตัวแปร (Parameter) ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย
4. การบ่งชี้กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ ที่สัมพันธ์กับเป้าหมายของ LCA
5. การกำหนดขอบเขตของเวลา ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของ LCA รวมทั้งกำหนดเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์
6. การจัดสรรการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์

- **หน้าที่ของผลิตภัณฑ์** (Function)

การกำหนดขอบเขตของการศึกษา LCA ควรระบุหน้าที่และคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน เนื่องจากผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ อาจมีหน้าที่หลายอย่าง เช่น รองเท้ามีหน้าที่หลัก คือ ใส่เพื่อป้องกันเท้า และยังมีหน้าที่รองอื่นๆ เช่น ใส่เพื่อเป็นแฟชั่น ใส่เพื่อความเหมาะสม หรือใส่เพื่อเป็นทางการ ซึ่งการศึกษา LCA ของผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุมทั้งหน้าที่หลักและหน้าที่รองจะมีความซับซ้อนและยากยิ่งขึ้น ดังนั้น หน้าที่ที่นำมาใช้เพื่อทำการศึกษา LCA จะต้องสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาอย่างแท้จริง

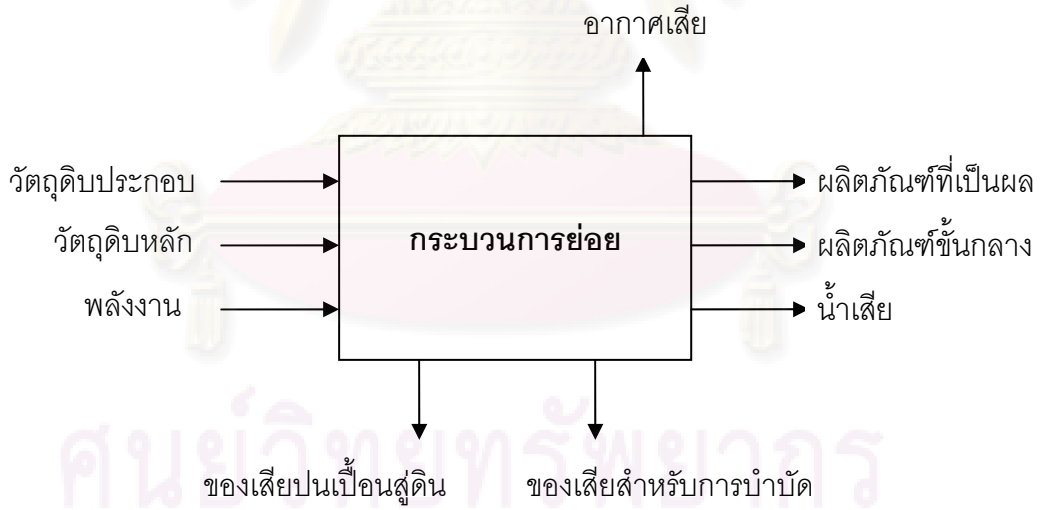
- **หน่วยการทำงาน** (Functional Unit)

หน่วยการทำงานถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับกำหนดการวัด หรือเก็บข้อมูลสารขาเข้า - ออกของระบบ หน่วยการทำงานมีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผล LCA

โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบระบบที่ต่างกันระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือหลายผลิตภัณฑ์ที่รวมเป็นผลิตภัณฑ์เดียว เพื่อให้ข้อมูลสารขาเข้า - สารขาออกของระบบตั้งอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน หน่วยการทำงานมีได้หลายรูปแบบ เช่น การผลิตกระป๋องอลูมิเนียม 1 กระป๋อง หรือการผลิตกระป๋องอลูมิเนียมจากวัตถุดิบ 1 ตันของอลูมิเนียม ฯลฯ

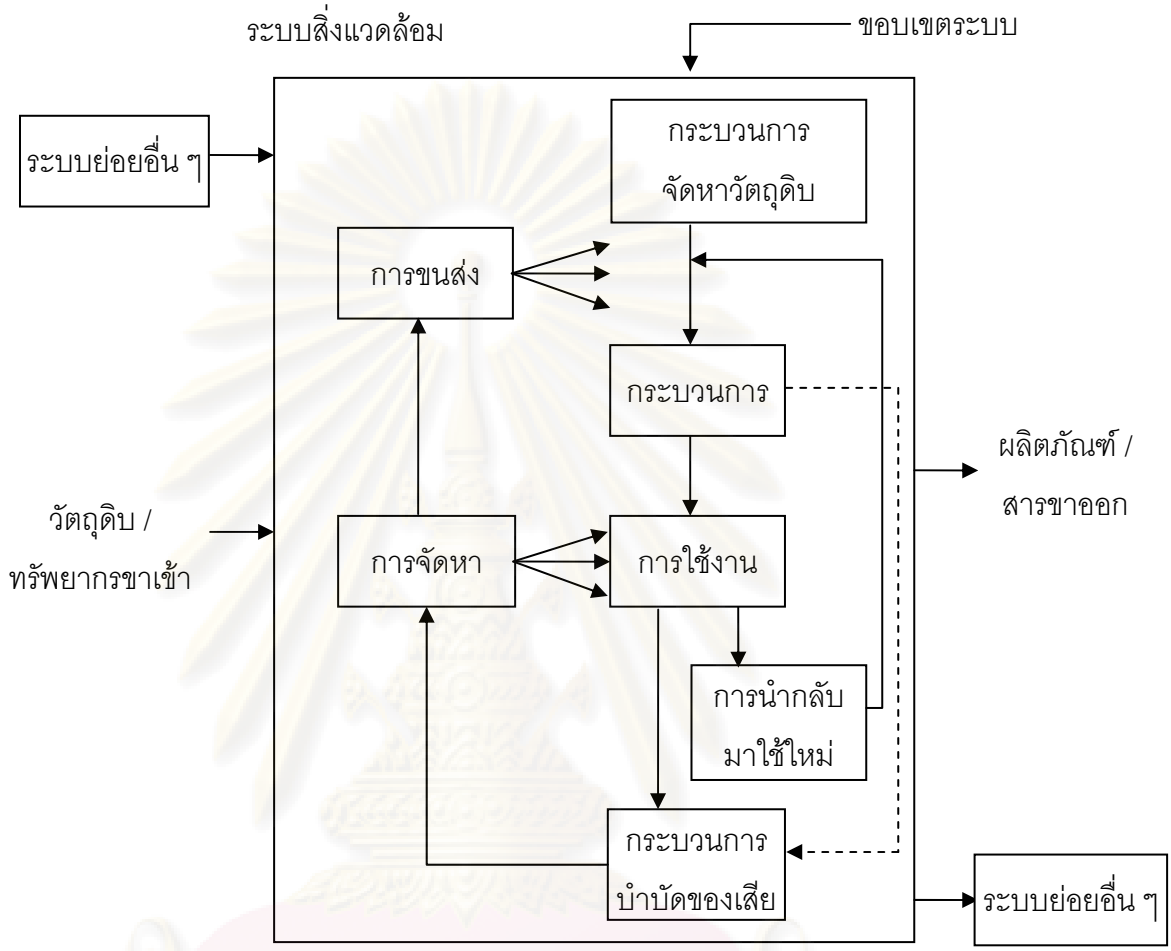
- **ขอบเขตของระบบ** (System boundaries)

ขอบเขตของระบบ หมายถึง ขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์ (product system) กับสิ่งแวดล้อม หรือผลิตภัณฑ์อื่น ระบบผลิตภัณฑ์ คือ ระบบที่ถูกจำลองขึ้นจากกระบวนการย่อย (unit process) หลายกระบวนการมาเชื่อมต่อกัน โดยอาศัยการไหลของผลิตภัณฑ์ หรือของเสียที่ต้องนำไปบำบัดในแต่ละกระบวนการย่อยเป็นตัวเชื่อมโยง ดังนั้น ระบบผลิตภัณฑ์จึงประกอบด้วยกระบวนการย่อย ผังการไหลของทรัพยากร วัตถุดิบ หรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ และผังการไหลของผลิตภัณฑ์ หรือของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 2.24 – 2.25



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างกระบวนการย่อย สารขาเข้าและสารขาออก
ที่มา : International Standard ISO 14041, 1998 (E)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างแสดงขอบเขตระบบและระบบผลิตภัณฑ์ในการวิเคราะห์

ที่มา : International Standard ISO 14041, 1998 (E)

ขอบเขตระบบที่กำหนดขึ้นในการศึกษา LCA แสดงให้เห็นถึงขอบเขตของระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย รวมถึงสารขาเข้า - ออกที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในทางอุดมคติการทำ LCA ต้องศึกษาสารขาเข้า - ออกที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตภัณฑ์ แต่ความจริงเป็นไปได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูล ทรัพยากรและเวลา ดังนั้น การกำหนดขอบเขตของระบบจึงอาจเลือกศึกษาสารขาเข้า – ออก เฉพาะที่มีความสำคัญและมีผลต่อสิ่งแวดล้อมสูง โดยการคัดเลือกว่าจะศึกษาหรือละเว้นการศึกษาข้อมูลใด ต้องมีเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจที่ชัดเจนและอธิบายได้

นอกเหนือจากการจำลองระบบผลิตภัณฑ์แล้ว การจัดทำแผนภาพการไหลของกระบวนการ (process flow diagram) ภายในระบบผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งจำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อ

การศึกษา LCA เนื่องจากทำให้การระบุสารขาเข้า - ออกของระบบผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างครบถ้วน ทำให้การวิเคราะห์สมดุลมวลสารและพลังงานของแต่ละกระบวนการเป็นไปอย่างถูกต้อง

การสร้างแผนภาพกระบวนการทำได้โดย เริ่มจากกระบวนการย่อยเริ่มต้น ซึ่งอาจอยู่ในรูปของกระบวนการรับวัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (intermediate products) แล้วจึงเขียนกระบวนการย่อยอื่นที่ต่อเนื่องมาไปจนถึงกระบวนการย่อยสุดท้าย และสิ่งสำคัญอีกประการคือ ควรอธิบายรายละเอียดวิธีปันส่วน (allocation) ข้อมูลสารขาเข้า - ออกที่ชัดเจน เพื่อให้ผู้อ่านหรือผู้ศึกษาต่อสามารถเข้าใจได้อย่างถูกต้อง

- **คุณภาพของข้อมูล** (Data quality)

เนื่องจากการศึกษาด้าน LCA ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้น การระบุรายละเอียด และระดับคุณภาพของข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น การระบุคุณภาพของข้อมูลควรครอบคลุมถึงตัวแปรที่สำคัญ เช่น

- ช่วงเวลาของข้อมูล เพื่อให้ทราบว่า ข้อมูลอยู่ในช่วงเวลาใด และระยะเวลาการเก็บข้อมูลเป็นอย่างไร

- ลักษณะที่มาของข้อมูล เพื่อให้ทราบว่า เป็นข้อมูลจากกระบวนการใด เป็นข้อมูลการผลิตจริงหรือข้อมูลสถิติ เป็นข้อมูลตัวแทนของโรงงานเดียวหรือภาพรวมอุตสาหกรรม

- เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล เพื่อให้ทราบว่า เป็นข้อมูลจากสภาวะการผลิตปกติ ผิดปกติ หรือช่วงที่กำลังการผลิตสูงสุด เนื่องจากมีผลต่อการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

หากข้อมูลใดต้องใช้สมมติฐานในการวิเคราะห์ ต้องอธิบายสมมติฐานต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดด้วย เพื่อให้ผู้อ่านผลการศึกษาได้ทราบถึงที่มาของข้อมูลและผลการวิเคราะห์อย่างแท้จริง

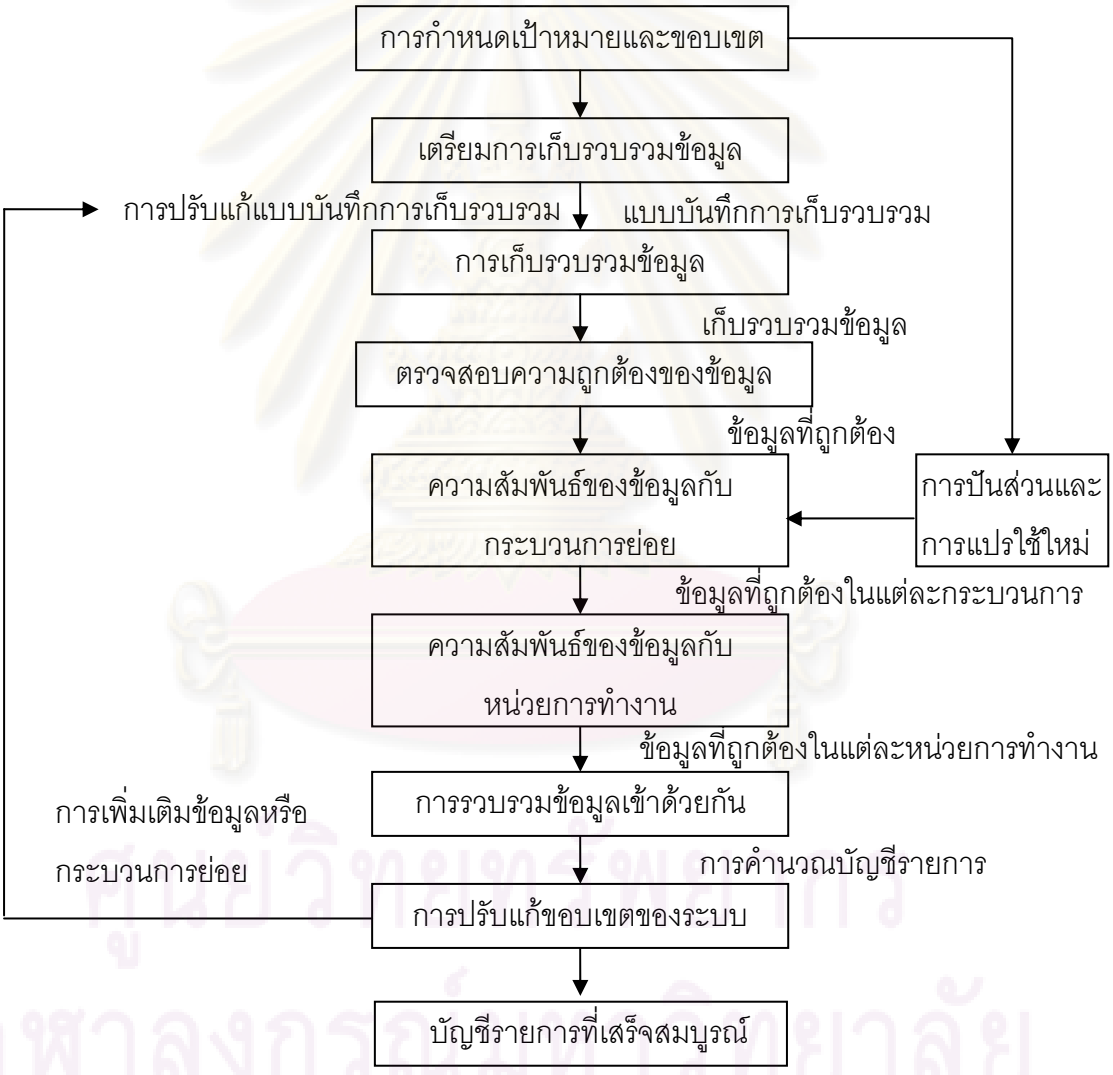
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.3.2 การจัดทำบัญชีรายการ

จุดมุ่งหมายของการทำบัญชีรายการ คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต รวมทั้งการสร้างแบบ

จำลองระบบผลิตภัณฑ์ การคำนวณปริมาณสารขาเข้า - ออกจากระบบ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ควรพิจารณาประเด็นต่างๆ ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณ ความถูกต้องของข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับระบบย่อย การกำหนดขอบเขตของระบบให้เหมาะสมขึ้น และการปันส่วนขั้นตอนต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.26 ขั้นตอนทั่วไปของการวิเคราะห์บัญชีรายการ

ที่มา : International Standard ISO 14041, 1998 (E)

- **การเก็บรวบรวมข้อมูล** (Collection of data)

หลังจากแบ่งกระบวนการทั้งระบบออกเป็นกระบวนการย่อยต่างๆแล้ว จึงเก็บรวบรวมข้อมูล โดยต้องแสดงรายละเอียดของสารขาเข้า (วัตถุดิบและพลังงาน) และสารขาออก (ผลิตภัณฑ์ ของเสีย มลสารที่ปล่อยออกสู่อากาศ น้ำ และดิน)

- **ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล** (Validation of data)

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต้องดำเนินการในระหว่างการเก็บรวบรวม หรือคัดเลือกข้อมูลเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลอย่างมีหลักเกณฑ์จะแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงข้อมูล หรือความใกล้เคียงกันของข้อมูลกับกระบวนการอื่นๆ

- **ความสัมพันธ์ของข้อมูลกับกระบวนการย่อย** (Relating data to the specific system)

พื้นฐานของข้อมูลขาเข้า - ออก มักได้จากหน่วยที่กำหนดเอง เช่น พลังงาน หน่วยเมกกะจูลต่อเครื่องจักรต่อสัปดาห์ หรือของเสียต่อระบบการจัดการของเสีย เช่น น้ำหนักของโลหะต่อปริมาตรน้ำเสีย ซึ่งไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา แต่บ่อยครั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงนั้นมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต

- **การคำนวณข้อมูล** (Calculation of data)

การคำนวณการทำบัญชีรายการที่เกี่ยวกับพลังงานควรพิจารณาแหล่งที่มา และแสดงหน่วยของพลังงานด้วย ส่วนการใช้วัตถุดิบอาจคำนวณในหน่วยมวลของสารขาเข้า วัตถุดิบที่เป็นสารอินทรีย์จะมีวิธีการคำนวณที่ซับซ้อน เนื่องจากสารอินทรีย์วัตถุสามารถใช้เป็นวัตถุดิบหรือเชื้อเพลิงก็ได้ หากใช้เป็นเชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้จะเกิดพลังงานและก๊าซต่างๆ และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ในทางตรงข้ามหากใช้เป็นวัตถุดิบจะสามารถแปรรูปมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นการคำนวณการใช้ทรัพยากรของผลิตภัณฑ์ต้องคิดรวมถึงพลังงานที่ป้อนเข้าระบบ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ด้วย

2.4.3.3 การประเมินผลกระทบ

จากการทำบัญชีรายการจะทราบถึง ข้อมูลการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญ แต่บางอย่างไม่ใช่ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการจึงต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม แหล่งที่มาของทรัพยากร และสภาพแวดล้อมของการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่า การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ

- **การจำแนกประเภท** (Classification)

เป็นการจำแนกข้อมูลสารขาเข้า - ออกไปยังผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ เช่น มีเทน (CH_4) จัดอยู่ในรูปผลกระทบประเภทการทำให้โลกร้อนขึ้น หรือ Climate Change บางสารสามารถจัดเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบมากกว่า 1 ประเภท การจัดการเกี่ยวกับปัญหานี้สามารถทำได้โดย กรณีแรก SO_2 เป็นปัจจัยให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์ และภาวะความเป็นกรด ซึ่งผลกระทบไม่ได้เกิดในเวลาเดียวกัน ปริมาณของ SO_2 จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ร้อยละ 50 ของสุขภาพมนุษย์ และร้อยละ 50 ของภาวะ ความเป็นกรด กรณีที่สอง NO_2 เป็นปัจจัยให้เกิดผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซน และภาวะความเป็นกรด ซึ่งผลกระทบเกิดในเวลาเดียวกัน ปริมาณของ NO_2 จะคิดเป็นร้อยละ 100 ของการลดลงของชั้นโอโซน และร้อยละ 100 ของภาวะความเป็นกรด

- **การกำหนดบทบาท** (Characterisation)

เป็นการแสดงประเภทของผลกระทบให้อยู่ในรูปตัวบ่งชี้ (Indicator) โดยใช้ Characterization factor ในการคูณ เพื่อเปลี่ยนจากปริมาณน้ำหนักเป็นค่าบ่งชี้ของผลกระทบ และรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบ ดังสมการ

$$EPj = Qj \times EFij$$

โดยที่ EPj (Environmental impact potential) คือ ศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg substance equivalent)

Qj (Quantity of substance) คือ ปริมาณมลสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

EPij (Equivalency factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent / kg substance j)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **การหาขนาดของผลกระทบ (Normalisation)**

เป็นการแสดงขนาดผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการ โดยการเปรียบเทียบกับผลผลิตหรือบริการที่ต้องการอ้างอิง

$$NPj = EPj / (T \times ERj)$$

โดยที่ NPj (Normalized environment impact potential) คือ ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ของผลิตภัณฑ์ (person)

T (Lifetime of product) คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (year)

ERj (Normalization Reference) คือ ค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent / person / year)

- **การให้น้ำหนัก (Weighting)**

เป็นการให้ความสำคัญลักษณะของผลกระทบทั้ง 3 ประเภท คือ สุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศน์ และการใช้ทรัพยากร จากนั้นรวมค่าของตัวชี้วัดทั้ง 3 ประเภทให้เป็นคะแนนเดี่ยว

$$WPj = WFj \times NPj$$

โดยที่ WPj (Weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ (person for target year ; Pt.)

WFj (Weighting factor) คือ ค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.3.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต

การแปลผลหรือการตีความเป็นขั้นตอนการนำผลจากการทำบัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบรวมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และขอบเขตของการศึกษา

ISO นิยามการแปลผลไว้ 2 ความหมาย คือ เพื่อวิเคราะห์ผลให้ได้ข้อสรุป อธิบายข้อจำกัดและข้อแนะนำ โดยใช้ผลการประเมินวัฏจักรชีวิต LCA หรือการวิเคราะห์บัญชีรายการเพื่อรายงานการแปลผลวัฏจักรชีวิตในลักษณะที่ชัดเจน และนำเสนอผลงาน และการวิเคราะห์บัญชีรายการที่เข้าง่าย ถูกต้องสมบูรณ์ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ประเด็นหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการแปลผล มีดังนี้

- การระบุประเด็นที่สำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม
- การประเมินผลที่สมบูรณ์ ละเอียด และเที่ยงตรง
- การตรวจสอบบทสรุปว่าตรงกับวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา ข้อจำกัดและสมมติฐานอื่นๆ หรือไม่

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่องนี้ มีจุดประสงค์เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาและใช้เป็นแนวทางในการวิจัย เพื่อช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์ที่สุด โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสามารถสรุปโดยย่อได้ดังนี้

2.5.1 งานวิจัยด้านการบำบัดน้ำเสียชุมชน

ธเรศ และคณะ [2544] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดในการลดค่า BOD ของน้ำเสียกับปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ปรอทในกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา เพื่อสร้างสมการเส้นตรงในการทำนายปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในกากตะกอน รวมทั้งศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของกากตะกอน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$ สมการเส้นตรงที่ใช้คาดการณ์ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในกากตะกอน ได้แก่ $Y_{[cd]} = 0.010TDS - 3.267$, $Y_{[Pb]} = 0.0432 - 98.952$, $Pb_{[eff]} + 0.0018SS$ และ $Y_{[Hg]} = 0.463pH - 3.11$ ตามลำดับ ซึ่งสามารถใช้ได้เฉพาะโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาเท่านั้น กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยามีความเหมาะสมในการเกษตรกรรม เพราะมีอินทรียวัตถุและธาตุอาหารสูง มีโลหะหนักในระดับต่ำ ปริมาณโลหะหนักทั้งสามชนิดอยู่ในระดับที่ยอมให้มีได้ในดินที่ใช้ในการเกษตรกรรมของกลุ่มประเทศในยุโรป

นันทชัย [2543] ศึกษาการจัดการน้ำเสียด้วยระบบร่วมเยื่อแผ่น - ถังโปรยกรอง เป็นการดัดแปลงระบบถังโปรยกรองปกติ โดยเพิ่มชั้นตัวกลางที่เคลือบผิวด้วยสารละลายพอลิเมอร์ไคโตซาน ซึ่งสังเคราะห์จากเปลือกกุ้ง สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และมีชั้นตัวกลางที่ไม่เคลือบผิวอยู่ถัดขึ้นไป น้ำเสียที่ใช้นำมาจากบ่อปรับสภาพน้ำเสียของโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำสี่พระยา ซึ่งผ่านขั้นตอนการดักของแข็งขนาดหยาบและละเอียดแล้ว โดยมีค่า BOD - Loading, COD - Loading, N - Loading และ P - Loading อยู่ในช่วง 0.03 - 0.124, 0.119 - 0.269, 0.01 - .025 และ 0.019 - 0.03 กก./ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ระบบร่วมเยื่อแผ่น - ถังโปรยกรองที่ใช้ชั้นความสูงของตัวกลาง 10 และ 20 ซม. ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในเทอมของบีโอดีและซีโอดีเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 และ 55 เป็นร้อยละ 60 และ 65 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 15-20 และประสิทธิภาพในการกำจัดค่าทีเคเอ็นดีขึ้นเล็กน้อย เยื่อแผ่นไคโตซานที่เคลือบบนผิวตัวกลางมีอายุการใช้งาน 12 วัน

พูนศิริ [2543] ศึกษาประสิทธิภาพกระบวนการกรองที่ใช้เศษคอนกรีตเป็นสารกรอง เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 จากอาคารวิทยกิตติ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเป็นการป้อนน้ำเสียแบบไหลลง ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ที่เหมาะสมที่สุด โดยการทดสอบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อใช้เศษคอนกรีตขนาด 1.6 - 2.0 มม. อัตราการไหลของน้ำ 5 ลบ.ม. ต่อตร.ม.-ชม. และระดับความลึกของชั้นเศษคอนกรีต 1.5 ม. ปริมาตรน้ำที่กรองได้ 46.8 ล. ระยะเวลาเดินระบบ 6 ชั่วโมง ความเป็นกรดด่างของน้ำทิ้งเท่ากับ 8.4 และสามารถลดค่าของแข็งแขวนลอย ซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด ไนเตรต-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้เฉลี่ยร้อยละ 89.3, 46.8, 24.2, 22.7, 49.4 และ 53.6 ตามลำดับ

มนต์ชัย [2548] ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของหญ้าแฝกในระบบบำบัดจำลอง จากการคัดเลือกกลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสม พบว่า หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สงขลา3 และสุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ฟอสฟอรัสทั้งหมด และออร์โธฟอสเฟต สูงเป็น 2 ลำดับแรก การศึกษาใช้การปล่อยน้ำเสียแบบต่อเนื่อง ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียเมื่อระยะเวลากักเก็บ และความเข้มข้นของน้ำเสียต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด ชุดทดลองน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด และออร์โธ

ฟอสเฟตสูงสุด ส่วนชุดทดลองน้ำเสียความเข้มข้นต่ำมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนสูงสุด แต่ประสิทธิภาพการบำบัดของหญ้าแฝกต่างกลุ่มพันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามชุดทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าชุดควบคุม หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สงขลา3 มีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงสุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง ขณะที่กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงสุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ดังนั้นผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การปลูกหญ้าแฝกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชนควรใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน และใช้หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี แต่หากน้ำเสียมีบีโอดีและธาตุอาหารสูงสามารถใช้หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สงขลา3 ได้

รังสฤษดิ์ [2549] ศึกษารูปแบบ วิธีการดำเนินงาน และพัฒนาแนวทางการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพของโครงการจัดการขยะมูลฝอย และโครงการบำบัดน้ำเสียในความรับผิดชอบขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นของประเทศไทย โดยอาศัยการเปรียบเทียบกระบวนการดำเนินงานของโครงการต่างๆ ตามปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของโครงการที่กำหนดขึ้น เพื่อหาโครงการที่มีการดำเนินงานที่ดีที่สุดในแต่ละด้าน นำมารวบรวมเข้าด้วยกัน จากนั้นนำผลการวิจัยที่ได้ไปสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า หากปริมาณน้ำที่เข้าสู่โครงการต่ำกว่าปริมาณที่ออกแบบไว้จะส่งผลกระทบอย่างมากต่อค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการดำเนินงานของโครงการที่สูงขึ้น โดยเฉพาะด้านบุคลากร และด้านการปฏิบัติการของเครื่องจักร นอกจากนี้แม้โครงการประเภท Aerated Lagoon มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่สูงกว่า เนื่องจากเครื่องเติมอากาศต้องใช้ไฟฟ้า แต่การบำบัดด้วยระบบ stabilization pond หลายโครงการต้องใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสียบ้างเพื่อให้น้ำทิ้งมีค่าตามที่กฎหมายกำหนด เพราะคุณภาพของน้ำเสียที่เข้าสู่โครงการต่ำ และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบ Stabilization pond ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโครงการประเภท Aerated Lagoon และ stabilization pond มีความใกล้เคียงกัน

วัฒนาพร [2543] ประยุกต์ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่สำหรับใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำเสียจริงจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ตัวกลางสารกรองที่ใช้สังเคราะห์ขึ้นจากพลาสติกชนิดพีวีซี (PVC) ผลการทดลองพบว่า เมื่อเดินระบบที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 0.5 - 3 ลบ.ม. ต่อตร.ม.-ชม. และควบคุมอัตราการหมุนเวียนสารกรองร้อยละ 20 - 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน น้ำทิ้งมีค่าซีโอดีกรองช่วง 22.0 - 38.5 มก./ล. ซึ่งสามารถคำนวณเป็นบีโอดีได้ 9.5 -

16.6 มก./ล. และของแข็งแขวนลอยโดยเฉลี่ย 16.8 - 29.6 มก./ล. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน และให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรอง และของแข็งแขวนลอยโดยเฉลี่ยร้อยละ 65 - 75 และร้อยละ 28 - 74 ตามลำดับ น้ำเสียสามารถบำบัดได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องหยุดพักระบบ

2.5.2 งานวิจัยด้านระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์

ชฎารัตน์ [2540] ศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของกระบวนการแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบฟอรีดอกซ์ 3 ขั้นตอน ผลการทดลองพบว่า เมื่อความเข้มข้นของคลอไรด์เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 5, 10, 20, และ 30 ก./ล. ระบบที่ใช้หัวเชื้อที่ไม่ชินต่อคลอไรด์ ซึ่งนำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน มีความสามารถในการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ในรูปซีโอดีลดลงจากร้อยละ 96.5 เป็น 84.7, 84.0, 73.6 และ 60.0 ตามลำดับ การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดลดลงจากร้อยละ 87.8 เป็น 80.4, 75.8, 69.5 และ 66.9 ตามลำดับ ส่วนผลการวัดอัตราไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันจำเพาะก็ลดลงเช่นกันเมื่อปริมาณคลอไรด์เพิ่มขึ้น สำหรับการกำจัดฟอสฟอรัสนั้นผลที่ได้ไม่ชัดเจนนัก ประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อปริมาณคลอไรด์เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันมาก

พิชญ์นาฏ [2546] ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันถั่วเหลืองโดยการเติมแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ไลเปสในระบบบำบัดแบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์ การคัดเลือกแบคทีเรียผลิตไลเปสด้วยอาหารที่ประกอบด้วยน้ำมันมะกอกจากตัวอย่างดินและน้ำเสียจากร้านอาหาร ตลาด และบ้านเรือน ได้แบคทีเรียผสมกลุ่มสุดท้าย 3 ไอโซเลท คือ L1, L2 และ L3 ผลการศึกษาพบว่า ชุดควบคุมสามารถลดค่าน้ำมันถั่วเหลือง ซีโอดี และบีโอดี ได้ร้อยละ 90.9, 84.1 และ 85.2 ตามลำดับ ชุดที่มีการเติมแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ L1, L2, L3, *Acinetobacter* และ *Yarrowia* สามารถลดค่าน้ำมันถั่วเหลือง ซีโอดี และบีโอดีลงได้ร้อยละ 97.5, 86.5 และ 87.6 ตามลำดับ การติดตามความสามารถในการคงอยู่ในระบบของแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ รวมทั้ง *Acinetobacter* และ *Yarrowia* พบว่า จุลินทรีย์สามารถเจริญอยู่ในระบบได้ตลอดการทดลอง แสดงว่าจุลินทรีย์เหล่านี้น่าจะใช้ในระบบบำบัดจริงได้

อนันต์ [2539] ศึกษาผลของระยะเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกที่มีต่อการกำจัดซีโอดีในกระบวนการแอกติเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก – แอโรบิก โดยใช้เป็นน้ำเสียจากการผลิตเบียร์ที่มีค่าซีโอดี 1,000 มก./ล. ปรับสภาพให้มีอัตราส่วน COD : N : P ที่ 150 : 5 : 2 ป้อนเข้าสู่ระบบแบบต่อเนื่อง มีอัตราการเวียนตะกอนกลับร้อยละ 100 ผลการวิจัยพบว่า เวลากักน้ำในถัง

แอนแอโรบิคมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี โดยที่เวลากักน้ำน้อยกว่า 5 ชม. ให้ค่าอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อจุลินทรีย์มากกว่า 3.0 กก.ซีโอดีต่อกก.ตะกอนจุลินทรีย์–วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีอยู่ในช่วงร้อยละ 60 – 64 แต่ที่เวลากักน้ำเท่ากับ 7 ชม. ให้ค่าอัตราส่วนปริมาณสารอาหารต่อจุลินทรีย์ 1.9 กก.ซีโอดีต่อกก.ตะกอนจุลินทรีย์–วัน ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงถึงร้อยละ 84 ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังแอนแอโรบิกมีผลต่อดัชนีปริมาตรของตะกอน โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่สูงกว่าร้อยละ 80 ให้ค่าดัชนีปริมาตรต่ำกว่า 200 มก./ล.

Chipasa และ Mdrzycka [2008] ศึกษาลักษณะสภาวะของไขมันในระบบ Activated sludge ผลการศึกษาพบว่า ส่วนประกอบของไขมันทั้งหมดในน้ำทิ้งไม่สามารถลดลงน้อยกว่า 300 มก./ล. หากน้ำเข้ามีไขมันเป็นองค์ประกอบ 2,000 มก./ล. อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบของกรดไขมันอิสระจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบ่งชี้ให้ทราบว่า กรดไขมันอิสระถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ได้ดีใกล้เคียงกับการปล่อยออกสู่น้ำทิ้ง

Mezrioui และ Baleux [2003] ศึกษารูปแบบสายพันธุ์ของ *E.coli* จากการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบบ่อเติมอากาศและแอกติเวตเต็ดสลัดจ์ โดยประเมินประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ ผลการศึกษาพบว่า ในฤดูร้อนระบบบ่อเติมอากาศสามารถกำจัดฟีคอลโคลิฟอร์มได้ร้อยละ 99.99 ซึ่งมากกว่าระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ที่สามารถกำจัดได้ร้อยละ 91.30 เนื่องจากเชื้อ *E.coli* มีความสำคัญต่อปัญหาสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก การศึกษาความต้านทานของสายพันธุ์ต่อยาปฏิชีวนะจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งผลการศึกษาบ่งชี้ว่า เชื้อ *E.coli* สายพันธุ์จากระบบบ่อเติมอากาศมีความต้านทานต่อยาปฏิชีวนะร้อยละ 34.66 ซึ่งมากกว่าความต้านทานของสายพันธุ์ที่อยู่ในน้ำเสียชุมชนที่มีค่าเพียงร้อยละ 23 เท่านั้น

2.5.3 งานวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต

จักรภพ [2546] ศึกษาการเปรียบเทียบวัฏจักรพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตระหว่างการใช้ดีเซลผสมเอทานอลชนิด 95% และ 99.5% ในภาคการขนส่งของประเทศไทย การศึกษาพิจารณาเฉพาะการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในประเทศไทย วงจรชีวิตของเชื้อเพลิงแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิง (ขั้นตอนย่อยประกอบด้วย

การผลิตอ้อย การผลิตน้ำตาล การผลิตเอทานอล และการขนส่งเชื้อเพลิงและวัตถุดิบ) และขั้นตอนการใช้เชื้อเพลิงในรถยนต์ ผลการศึกษาเมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของเอทานอล พบว่า การผลิตเอทานอล 95% ต้องใช้พลังงานส่วนใหญ่ในขั้นตอนการกลั่น และการผลิตกากน้ำตาล ส่วนการผลิตเอทานอล 99.5% ต้องใช้พลังงานส่วนใหญ่ในขั้นตอนการกำจัดน้ำการกลั่น และการผลิตกากน้ำตาล โดยการใช้พลังงานในขั้นตอนการทำไร่อ้อย การขนส่งอ้อย และการขนส่งกากน้ำตาลมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ เป็นผลมาจากเงื่อนไขที่กำหนดให้นำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงดีโซฮอลสำหรับท้องถิ่นนั้นๆ เท่านั้น

Kim และ Dale [2005] ศึกษาวัฏจักรชีวิตการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากข้าวโพดและถั่วเหลือง โดยใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกขนาด 1 เฮกแตร์เป็นหน่วยในการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อม ข้อดีของข้าวโพด คือ มีการสูญเสียไนโตรเจนจากดินน้อยกว่า และสามารถผลิตเอทานอลได้มากกว่า ส่วนข้อดีของถั่วเหลือง คือ มีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินมากกว่า และใช้พลังงานในการเก็บเกี่ยวน้อยกว่า การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมพบว่า การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากชีวมวลจะให้ผลดีในด้าน Nonrenewable energy consumption และ Global warming impact แต่ให้ผลเสียในด้าน Acidification และ Eutrophication

Nguyen และ Gheewala [2008] ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างการผลิตแก๊สโซฮอล อี10 จากมันสำปะหลัง กับแก๊สโซลีน ผลการศึกษาพบว่าเอทานอลจากมันสำปะหลังในรูปของอี 10 มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแก๊สโซลีน ดังนี้ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลร้อยละ 6.1 ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนร้อยละ 6.0 และภาวะความเป็นกรดร้อยละ 6.8 จึงสรุปได้ว่า การใช้ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นกลไกนำไปสู่การพัฒนาด้านพลังงานตลอดวงจรชีวิตและการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อไป

2.5.4 งานวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตระบบบำบัดน้ำเสีย

Tillman และคณะ [1998] ศึกษาการวางแผนระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ชุมชนที่ใช้เป็นกรณีศึกษา คือ Bergsjon (Goteborg suburb) และ Hamburgsund ระบบบำบัดน้ำเสียเดิมประกอบด้วย กระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ความร้อนในน้ำเสียจาก Bergsjon จะถูกกู้คืนเพื่อนำมาใช้ในระบบผลิตความร้อนของตำบล การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมเป็นการเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำ

เสียเดิมของแต่ละเมืองกับระบบบำบัดทางเลือกใหม่ 2 ระบบ ระบบแรก ประกอบด้วย การบำบัดเบื้องต้น การย่อยแบบไม่ใช้อากาศหรือการทำให้แห้งในส่วนของของแข็ง และการบำบัดน้ำเสียด้วยการกรองผ่านชั้นทราย ระบบที่สอง เป็นระบบบำบัดแบบแยกท่อระบายของเสียระหว่างท่อปัสสาวะ ท่ออุจจาระ และท่อน้ำเสียอื่นๆ โดยที่ปัสสาวะจะนำไปใช้เป็นปุ๋ย อุจจาระจะนำไปย่อยหรือทำให้แห้ง และน้ำเสียอื่นๆ จะบำบัดด้วยการกรองผ่านชั้นทราย ผลการศึกษาพบว่า เมือง Hamburgsund ระบบบำบัดทางเลือกใหม่ทั้ง 2 ระบบให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระดับที่น้อยกว่าระบบเดิมที่ใช้อยู่ โดยระบบทางเลือกใหม่แบบแยกท่อระบายของเสียจะมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ส่วนเมือง Bergsjon ให้ผลการศึกษาที่ยากต่อการแปลผล เนื่องจากระบบเดิมมีการใช้พลังงานน้อยที่สุด ในขณะที่ระบบทางเลือกใหม่มีการปล่อยมลพิษทางอากาศที่น้อยกว่าระบบเดิม

Dixon และคณะ [2003] ศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก 2 ระบบ คือ reedbed system และ aerated biological filter โดยเป็นการเปรียบเทียบผลกระทบในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้างระบบบำบัดและการดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย ประเด็นที่ใช้ในการพิจารณาประกอบด้วย ปริมาณการใช้พลังงาน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปล่อยของเสียประเภทของแข็ง ผลการศึกษาพบว่า ตลอดวงจรชีวิตของระบบ reedbed และระบบ aerated biological filter มีการใช้พลังงานในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ การขนส่งที่มีขึ้นในระหว่างการก่อสร้างและการเดินระบบนั่นเอง ส่วนผลกระทบด้านการปล่อยของเสียประเภทของแข็ง ระบบ reedbed จะส่งผลกระทบมากกว่าระบบ aerated biological filter เนื่องจากของเสียจากระบบ reedbed ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการขุดเจาะพื้นที่ในการก่อสร้างระบบ ส่วนระบบ aerated biological filter ของเสียส่วนใหญ่เป็นกากตะกอนที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทั้งนี้ผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้นอยู่กับข้อสมมติฐานที่ตั้งโดยผู้วิจัยเป็นหลัก

Lundin และคณะ [2003] ศึกษาการประเมินทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ในการเลือกวิธีกำจัดกากตะกอน โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการศึกษา วิธีกำจัดกากตะกอนที่ใช้เป็นกรณีศึกษาประกอบด้วย agricultural application, co-incineration with waste, incineration combined with phosphorus recovery และ fractionation including phosphorus recovery ผลการศึกษาพบว่า หากพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม วิธี co-incineration with waste เป็นวิธีที่มีสมดุลพลังงานที่ดีที่สุด ในขณะที่วิธี incineration combined with phosphorus recovery และวิธี fractionation including phosphorus recovery เป็นวิธีที่มีการกู้

คืนทั้งพลังงานและฟอสฟอรัส ซึ่งหากเปรียบเทียบกันจะพบว่า วิธี incineration combined with phosphorus recovery เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ส่วนวิธี agricultural application เป็นทางเลือกที่แย่ที่สุด แต่หากพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ วิธี agricultural application เป็นทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ในขณะที่วิธี co-incineration with waste เป็นทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายสูงที่สุด

Hospido และคณะ [2005] ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการบำบัดกากตะกอนที่แตกต่างกันระหว่างกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ (anaerobic digestion) และกระบวนการบำบัดด้วยความร้อน (pyrolysis and incineration) โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์กระบวนการบำบัดทางชีวภาพประกอบด้วย การกู้คืนพลังงานและสารอาหาร ส่วนกระบวนการบำบัดด้วยความร้อนประกอบด้วย การกู้คืนพลังงานและการเกิดผลพลอยได้ จากการศึกษาพบว่า กระบวนการบำบัดทางชีวภาพมีผลกระทบในเชิงลบเนื่องจากการแพร่กระจายกากตะกอนสู่พื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้ต้นไม้และพันธุ์ไม้ต่างๆ ดูดซึมโลหะหนักเข้าไป ส่วนกระบวนการบำบัดด้วยความร้อนมีผลกระทบในเชิงบวกด้านการกู้คืนพลังงานจากกากตะกอน แม้ว่าจะมีการสูญหายไปของสารอาหารก็ตามแต่กระบวนการ pyrolysis จะให้น้ำมันดินและถ่านหินเป็นผลพลอยได้ ส่วนกระบวนการ incineration สามารถเวียนใช้เถ้าที่เกิดจากการเผาได้

Vlasopoulos และคณะ [2006] ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากน้ำทิ้งของปิโตรเลียม แนวการศึกษาเป็นการเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 20 ระบบ ที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสกัดน้ำมันและก๊าซ การประเมินผลกระทบจะพิจารณาตั้งแต่การก่อสร้างระบบและการใช้งานระบบตลอดช่วงเวลา 15 ปี โดยประเด็นด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาประกอบด้วย Abiotic depletion, Acidification, Eutrophication, Global warming และ Photo-oxidant formation ผลการศึกษาพบว่า ระบบ dissolved air flotation ระบบ absorbents ระบบ dual media filtration และระบบ reverse osmosis เป็นเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับต่ำ

Renou และคณะ [2007] ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่ออธิบายเกี่ยวกับแนวทางการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตกับโครงการด้านการบำบัดน้ำเสีย อันจะส่งผลให้โรงงานอุตสาหกรรมตระหนักถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละระบบ งานวิจัยนี้ศึกษาความแตกต่างระหว่างเครื่องมือ 5 ประเภท คือ CML 2000, Eco Indicator 99, EDIP 96, EPS

และ Ecoprints 97 ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย Greenhouse effect, Resource depletion, Eutrophication และ Acidification จากการศึกษาพบว่า เครื่องมือประเภท CML 2000, Eco Indicator 99 และ EDIP 96 มีการแปลผลกระทบด้าน Acidification และ Eutrophication ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนผลกระทบด้าน Greenhouse effect เครื่องมือที่มีการแปลผลใกล้เคียงกัน คือ CML 2000, Eco Indicator 99, EDIP 96 และ EPS ในขณะที่ผลกระทบด้าน resource depletion นั่น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประเมินผลกระทบไม่ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องมือที่ใช้ แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องที่นั้นนั่นเอง

Weiss และคณะ [2008] ศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากระบบบำบัดน้ำเสีย 4 ประเภท คือ การซึมลงดิน การตกตะกอนด้วยสารเคมี การกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ Filtra P เป็นตัวกลาง และการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ Filtralite P เป็นตัวกลาง ผลการศึกษาพบว่า การตกตะกอนด้วยสารเคมีเป็นระบบที่อนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ Filtra P และ Filtralite P เป็นตัวกลางให้ผลที่คล้ายคลึงกัน คือ มีศักยภาพสูงสุดในการลดสารตั้งต้นที่เป็นต้นเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ Eutrophication แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองระบบมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านการใช้พลังงานมาก โดยจะสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่ของระบบ ระบบสุดท้าย คือ ระบบการซึมลงดิน มีคะแนนผลกระทบสิ่งแวดล้อมในทุกด้านที่ดีที่สุด แต่เป็นระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนสารอาหารกลับมาใช้ในระบบ และมีศักยภาพการกำจัดฟอสฟอรัสที่ไม่แน่นอน จึงเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบระบบนี้กับระบบอื่นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

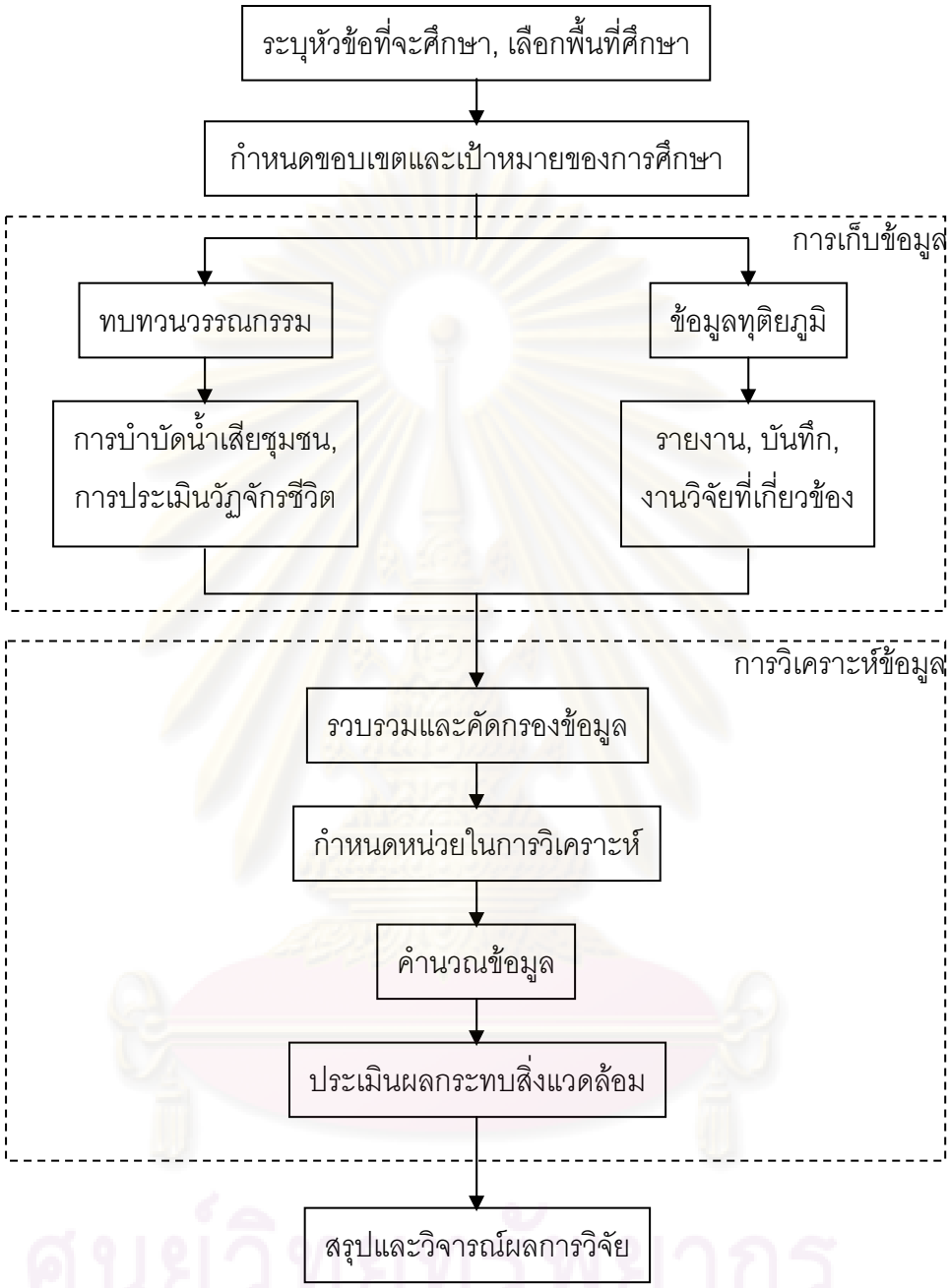
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร การวิจัยจะวิเคราะห์และศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย รวมถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียตลอดวงจรชีวิต ตั้งแต่การรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบจนถึงการระบายน้ำทิ้งออกจากระบบและการจัดการกากตะกอนที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย และข้อมูลการกำจัดกากตะกอนที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่รวบรวมได้ต้องผ่านการประเมินคุณภาพก่อนนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป JEMAI-Ica Pro ในการแปรผล ทั้งนี้การศึกษาสามารถสรุปออกเป็น 3 ขั้นตอนโดยสังเขป คือ

1. การศึกษารวบรวมข้อมูลจากสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ
2. การประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเริ่มจากกระบวนการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ไปสิ้นสุดที่การระบายน้ำทิ้งออกจากระบบและการจัดการกากตะกอน
3. การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย และการให้บริการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

โดยแผนการดำเนินงานการวิจัยสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แนวทางการดำเนินงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 การรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จัดเป็นข้อมูลประเภททุติยภูมิ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

(1) ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีการวิจัย องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็น ซึ่งสืบค้นจากรายงาน บทความ หนังสือ หรืองานวิจัยที่ผ่านมา

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณ - ลักษณะน้ำเสีย กระบวนการบำบัดน้ำเสีย ทรัพยากร - พลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และการจัดการกากตะตอนที่เกิดขึ้นของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ผู้ดำเนินงานบริหารจัดการโรงควบคุมคุณภาพน้ำเก็บรวบรวม และรายงานต่อสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำเป็นประจำทุกเดือน

กรุงเทพมหานครแบ่งการแก้ไขปัญหาน้ำเสียออกเป็น 3 ระยะ ตามความเร่งด่วนของปัญหา และข้อจำกัดด้านงบประมาณ ซึ่งงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาโรงควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาระยะยาว เนื่องจากเป็นแผนงานหลักในการบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร เพื่อรวบรวมน้ำเสียจากชุมชนเข้าสู่ระบบบำบัดก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมของกรุงเทพมหานครจำนวน 7 พื้นที่ 6 โครงการ สามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียได้ 992,000 ลบ.ม./วัน ประกอบด้วย

1. โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา
2. โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์
3. โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี
4. โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม
5. โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ
6. โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง
7. โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียที่รวบรวมจากสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ เพื่อใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 8 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. Flow Diagram และข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงควบคุมคุณภาพน้ำ
2. วัตถุดิบ สารเคมี และกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
3. ลักษณะสมบัติของน้ำเสียเข้า - ออกระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ปริมาณการใช้พลังงานในการบำบัดน้ำเสีย
5. ปริมาณการใช้ทรัพยากรในการบำบัดน้ำเสีย
6. ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการจัดการระบบบำบัด
7. ปัญหาในการดำเนินงานควบคุม ดูแล รักษาระบบบำบัดน้ำเสีย
8. มาตรการติดตามตรวจสอบทางสิ่งแวดล้อม

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยอาศัยการใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกใช้เหมือนกันทุกแห่ง คือ ระบบ Activated Sludge แต่จะมีรูปแบบของระบบที่แตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ อาทิ ขนาดพื้นที่บริการ ขนาดพื้นที่ก่อสร้างโครงการ เป็นต้น ข้อมูลกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งโดยสังเขป มีดังนี้

1. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา** มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 30,000 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ คือ Contact Stabilization Activated Sludge System แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

- การบำบัดขั้นต้น ประกอบด้วย เครื่องดักขยะขนาดหยาบ (Automatic Bar Screen) ทำหน้าที่ดักขยะชิ้นใหญ่ออกจากน้ำเสีย มีการทำงานแบบ Automatic โดยใช้ Timer ควบคุมการทำงานทุก 15 นาที เครื่องดักขยะชนิดละเอียด (Fine Screen) บ่อรวบรวมน้ำเสีย (Equalization) ซึ่งภายในมี Mixer ทำหน้าที่กวนน้ำเสียให้มีคุณสมบัติเท่ากัน และบ่อดักกรวดทราย (Aerated Grit Chamber) ทำหน้าที่แยกกรวดทราย และคราบไขมันออกจากน้ำเสีย โดยใช้ Air Lift Pump

- การบำบัดทางชีวภาพ ประกอบด้วย บ่อสัมผัส (Contact Tank) เพื่อเติมอากาศให้ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ บ่อตกตะกอน (Clarifier Tank) ซึ่งภายในมีเครื่องกวาดตะกอน (Scraper) มารวมอยู่ใน Hopper ก้นถัง น้ำใสด้านบนก็จะไหลล้น Weir ไปยังบ่อสเปรย์น้ำ (Spray Water Tank) และบ่อย่อยสลาย (Stabilization Tank) เพื่อเติมอากาศให้แก่จุลินทรีย์ที่หมุนเวียนอยู่ในระบบ

- การกำจัดตะกอน ประกอบด้วย ถังทำตะกอนข้น (Sludge Thickener Tank) ถังกักเก็บและย่อยตะกอน (Sludge Storage Tank) และเครื่องรีดตะกอน (Dewatering Machine)

ตะกอนที่ได้จะมีค่าของแข็งคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 20% (มีน้ำ 80%) แล้วส่งไปกำจัดที่ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต่อไป

2. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์** มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 40,000 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ คือ Two Stage Activated Sludge System แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

- การบำบัดขั้นต้น ประกอบด้วย การดักขยะด้วยตะแกรงหยาบ (Coarse Screening) การดักขยะละเอียด (Fine Screening) และการแยกกรวดทราย (Grit Removal)

- การบำบัดทางชีวภาพ ประกอบด้วย ถังเติมอากาศขั้นแรกแบบ High rate aeration ถังเติมอากาศขั้นที่สองแบบ Extended aeration เพื่อควบคุมระบบให้เป็นแบบ Anoxic และถังตกตะกอน เพื่อแยกสลัดจ์และน้ำทิ้งออกจากกัน

- การกำจัดตะกอน ประกอบด้วย เครื่องเพิ่มความเข้มข้นตะกอน (Sludge Thickener) และเครื่องรีดตะกอน ตะกอนที่ได้จะมีค่าของแข็งคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 20% (มีน้ำ 80%) แล้วส่งไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต่อไป

3. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี** มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 200,000 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ คือ Cyclic Activated Sludge System แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

- การบำบัดขั้นต้น ประกอบด้วย ท่อรับน้ำเสีย (Inlet chamber) สถานีสูบน้ำเสีย (Inlet pumping station) ท่อน้ำล้น กรณีฝนตกหนัก (Storm chamber) และการแยกกรวดทราย (Grit Removal)

- การบำบัดทางชีวภาพ ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำเสียที่ผ่านการแยกขยะและของแข็งออกแล้ว (CASS feed pumping station) ไปสู่การบำบัดขั้นที่สอง (CASS basin) ซึ่งจะเติมอากาศโดยใช้ air blower จ่ายลมผ่านหัวเติมอากาศ (Air diffuser) มีเครื่องสูบตะกอนหมุนเวียนตะกอนในถัง และเครื่องสูบตะกอนส่วนเกินออกจากถัง มี Decanter เพื่อรับน้ำใสที่บำบัดแล้วออกจากถัง และ Outfall cascade เพื่อให้น้ำทิ้งมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น

- การกำจัดตะกอน ประกอบด้วย Screen & compactor และ Grit classifier screen เพื่อแยกของแข็งหยาบออกจากของเสีย submersible mixer เพื่อกวนไม่ให้เกิดการทับถม

ของตะกอน เครื่องสูบตะกอนออกจากถัง ถังเก็บตะกอน (Sludge buffer) โดยภายในมีการเติมอากาศจาก Air blower และ Combined belt press ตะกอนจะถูกผสมกับโพลีเมอร์ เพื่อให้สามารถรีดน้ำออกได้ง่าย และปรับสภาพตะกอนให้แห้งมากขึ้น ตะกอนที่ได้จะมีค่าของแข็งคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 20% (มีน้ำ 80%) แล้วส่งไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต่อไป

4. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม** มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 157,000 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ คือ Vertical Loop Reactor Activated Sludge System แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- การบำบัดขั้นต้น ประกอบด้วย ตะแกรงดักขยะแบบหยาบ (Trash Rack Screen) ตะแกรงดักขยะแบบละเอียด (Fine Screen) ซึ่งเป็นแบบ Rotating Band Screen และถังแยกกรวดทราย (Grit Trap) โดยวิธี Vertex Method ตะกอนทรายที่แยกได้จะถูกสูบออกโดย Air Lift Pump เพื่อนำไปกำจัดต่อไป

- การบำบัดทางชีวภาพ ประกอบด้วย ถังเติมอากาศสำหรับตะกอนหมุนเวียน (Reaeration Tank) ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) โดยเป็นชนิดไหลแนวดิ่ง (Envirex Vertical Loop Reactors-VLR) และถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย (Final Clarifier) น้ำใสด้านบนซึ่งเติมอากาศด้วยหัวจ่ายลมแบบ fine bubble จะไหลไปยังรางรับน้ำเพื่อระบายออกต่อไป ส่วนตะกอนที่ตกลงมาบริเวณก้นถังจะถูกรวบรวมมายังถังเก็บตะกอน (Sludge Holding Tank)

- การกำจัดตะกอน ปริมาณตะกอนและลักษณะของตะกอน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขม-ภาษีเจริญ [ตะกอนส่วนเกินจากถังเก็บตะกอน (Sludge Holding Tank) และตะกอนลอยในถังตกตะกอน (Scum)] และตะกอนที่มาจากแหล่งอื่น กระบวนการกำจัดตะกอน ประกอบด้วย Sludge Holding Tank เพื่อกักเก็บตะกอน ภายในถังจะกวนโดย fine bubble diffusers เพื่อป้องกันการเกิดสภาพไร้ออกซิเจน จนทำให้เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัส จากนั้นตะกอนจะถูกผสมกับโพลิเมอร์ในท่อ Static Mixing ก่อนเข้าสู่ถังทำตะกอนข้น (Gravity Belt thickener) ตะกอนที่ผสมแล้วจนมีความเข้มข้น 10% DS จะถูกทำให้ร้อนขึ้นที่อุณหภูมิ 35°C โดยใช้ระบบ Heat Exchanger แล้วส่งไปหมักในถังหมักตะกอนแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestor) ก๊าซที่เกิดขึ้นในถังหมักส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้กวนตะกอนในถังและนำไปใช้เป็นพลังงานในการอุ่นตะกอน ก๊าซส่วนเกินจะถูกเผาทิ้งไป ตะกอนที่ผ่านการหมักแล้ว

จะนำมาเก็บไว้ในถัง Digested Sludge Holding Tank และผสมกับโพลิเมอร์ก่อนนำไปรีดน้ำที่ Belt Filter Press ต่อไป ตะกอนที่ผ่านการรีดจะมีความเข้มข้น 20% DS

- การกำจัดกลิ่น มีระบบควบคุมกลิ่น ณ จุดต่างๆ ดังนี้ สถานีสูบน้ำเสียหลัก มีระบบ Wet Scrubber บ่อเติมอากาศและถังตกตะกอน มีระบบ Dry Activated Carbon Scrubber

5. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ** มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 65,000 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ คือ Vertical Loop Reactor Activated Sludge System แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- การบำบัดขั้นต้น ประกอบด้วย ตะแกรงดักขยะแบบหยาบ (Trash Rack Screen) ตะแกรงดักขยะแบบละเอียด (Fine Screen) ซึ่งเป็นแบบ Rotating Band Screen และถังแยกกรวดทราย (Grit Trap) โดยวิธี Vertex Method ตะกอนทรายที่แยกได้จะถูกสูบออกโดย Air Lift Pump เพื่อนำไปกำจัดต่อไป

- การบำบัดทางชีวภาพ ประกอบด้วย ถังเติมอากาศสำหรับตะกอนหมุนเวียน (Reaeration Tank) ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) โดยเป็นชนิดไหลแนวดิ่ง (Envirex Vertical Loop Reactors-VLR) และถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย (Final Clarifier) น้ำใสด้านบนซึ่งเติมอากาศด้วยหัวจ่ายลมแบบ fine bubble จะไหลไปยังรางรับน้ำเพื่อระบายออกต่อไป ส่วนตะกอนที่ตกลงมาบริเวณก้นถังจะรวบรวมมายังถังเก็บตะกอน (Sludge Holding Tank)

- การกำจัดตะกอน ประกอบด้วย Sludge Holding Tank เพื่อกักเก็บตะกอน ภายในถังจะกวนโดย fine bubble diffuser เพื่อป้องกันการเกิดสภาพไร้ออกซิเจน จนทำให้เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัส จากนั้นตะกอนจะผสมกับโพลิเมอร์ในท่อ Static Mixing ก่อนเข้าสู่ถังทำตะกอนข้น (Gravity Belt thickener) และส่งไปรีดน้ำที่ Belt Filter Press ตะกอนที่ได้จะมีค่าของแข็งคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 20% (มีน้ำ 80%) แล้วส่งไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต่อไป

- การกำจัดกลิ่น มีระบบควบคุมกลิ่น ณ จุดต่างๆ ดังนี้ สถานีสูบน้ำเสียหลัก มีระบบ Wet Scrubber บ่อเติมอากาศและถังตกตะกอน มีระบบ Dry Activated Carbon Scrubber

6. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง** มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 350,000 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ คือ Activated sludge With Nutrients Removal System แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- การบำบัดขั้นต้น ประกอบด้วย การดักขยะด้วยตะแกรง (Screen) และการแยกกรวดทราย (Grit Removal)

- การบำบัดทางชีวภาพ ประกอบด้วย การเติมออกซิเจน การใช้ตะกอนจุลินทรีย์หมุนเวียนในระบบ และการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้สารเคมี ($FeCl_3$) ช่วยในการตกตะกอน แล้วจึงนำไปทิ้งพร้อมกับตะกอน

- การกำจัดตะกอน ประกอบด้วย การเพิ่มความเข้มข้น และการรีดน้ำออกโดย Belt Fillter Press ตะกอนที่ได้จะมีค่าของแข็งคิดเป็นน้ำหนักแห้ง 20% (มีน้ำ 80%) แล้วส่งไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต่อไป

- การกำจัดกลิ่น เป็นการกำจัดโดยใช้สารเคมีก่อนปล่อยสู่บรรยากาศต่อไป

7. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร** มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 150,000 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ คือ Cyclic Activated Sludge System แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

- การบำบัดขั้นต้น ประกอบด้วย ท่อรับน้ำเสีย (Inlet chamber) สถานีสูบน้ำเสีย (Inlet pumping station) Fine screen แบบ Vertical และบ่อดักกรวดทราย (Aerated Grit Chamber) โดยใช้ Air Lift Pump

- การบำบัดทางชีวภาพ ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำเสียที่แยกขยะและของแข็งออกแล้ว (CASS feed pumping station) ไปการบำบัดขั้นที่สอง (CASS basin) ซึ่งจะเติมอากาศโดยใช้ air blower จ่ายลมผ่านหัวเติมอากาศ (Air diffuser) มีเครื่องสูบตะกอนหมุนเวียนตะกอนในถังและเครื่องสูบตะกอนส่วนเกินออกจากถัง มี Decanter เพื่อรับน้ำใสที่บำบัดแล้วออกจากถัง และ Outfall cascade เพื่อให้น้ำทิ้งมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น

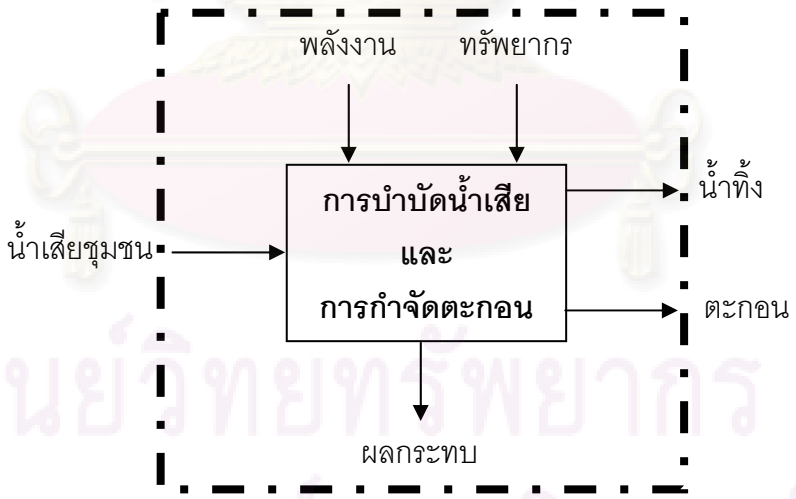
- การกำจัดตะกอน ประกอบด้วย Sludge buffer เป็นถังเก็บตะกอนที่มาจาก CASS basin ตะกอนจะถูกผสมกับโพลิเมอร์ก่อนส่งไปรีดน้ำที่ Belt Filter Press ตะกอนที่ผ่านการรีดจะมีความเข้มข้น 20% DS

3.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสีย

การประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต, การจัดทำบัญชีรายการ, การประเมินผลกระทบ และการแปลผล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการประเมิน และเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยการบำบัดน้ำเสีย เพื่อศึกษาระดับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ จากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร และสร้างดัชนีเพื่อเป็นเครื่องมือในการหาสาเหตุและสัดส่วนของผลกระทบที่เกิดขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตการศึกษาปริมาณพลังงานและทรัพยากรที่ใช้ รวมถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในช่วงการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียจริงเท่านั้น โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบ กระบวนการบำบัดน้ำเสียในแต่ละขั้นตอน การจัดการตะกอน และการระบายน้ำทิ้งออกสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ขอบเขตในการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขอบเขตการพิจารณาวงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสีย

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานครที่ใช้เป็นกรณีศึกษา จำนวน 7 แห่ง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ช่องนนทรี หนองแขม ทุ่งครุ ดินแดง และจตุจักร

หน่วยที่ใช้ในการเปรียบเทียบการทำงานของระบบบำบัดแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

- การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ต่อหน่วยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด
- การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด

เงื่อนไขด้านเวลาของการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดี มีคุณภาพ สามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูล ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 1 ปี โดยเป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่มกราคม – ธันวาคม 2551 ทั้งนี้หากข้อมูลที่ได้ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีได้ ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลก็จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้ข้อมูลมีคุณภาพสูงสุด

ในการวิจัยมีข้อจำกัดที่ต้องใช้ประกอบการพิจารณาและสมมติฐานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ เนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จึงมีความหลากหลายและคุณภาพของข้อมูลที่ไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจะใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย และตัวแทนของข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลมีคุณภาพใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

3.2.2 การจัดทำบัญชีรายการ

เป็นการคัดกรองและจำแนกข้อมูล โดยแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ด้านปริมาณสารเคมีและพลังงานที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล จากนั้นจึงจัดทำสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน จากข้อมูลของงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินวัฏจักรชีวิตต่อไป

รายละเอียดข้อมูลที่ต้องใช้เพื่อป้อนเข้าสู่โปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงในตารางที่ 3.1

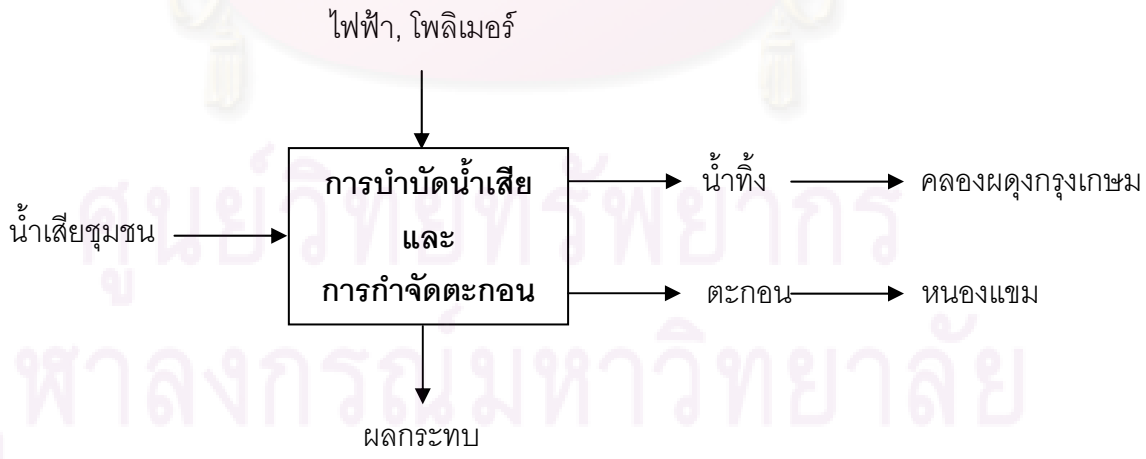
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลเพื่อป้อนเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป

รายละเอียด	เดือน												เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ (ลบ.ม.)													
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม.)													
ปริมาณการใช้น้ำประปา (ลบ.ม.)													
ปริมาณการใช้สารเคมี (กก.)													
ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม.)													
ปริมาณกากตะกอนส่วนเกิน (ลบ.ม.)													
ปริมาณการปล่อยมลสารออกสู่แหล่งน้ำ													
ปริมาณการปล่อยมลสารออกสู่พื้นดิน													

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมเบื้องต้นดังแสดงในหัวข้อ 3.1 และการกำหนดขอบเขตการวิจัยในหัวข้อ 3.2.1 ทำให้สามารถสร้างผังวงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง ได้ดังนี้

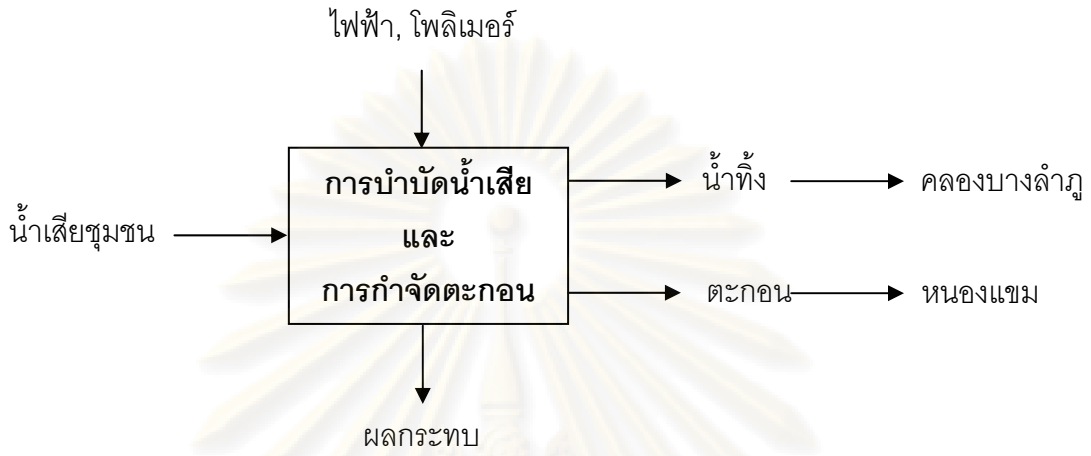
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา**



รูปที่ 3.3 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

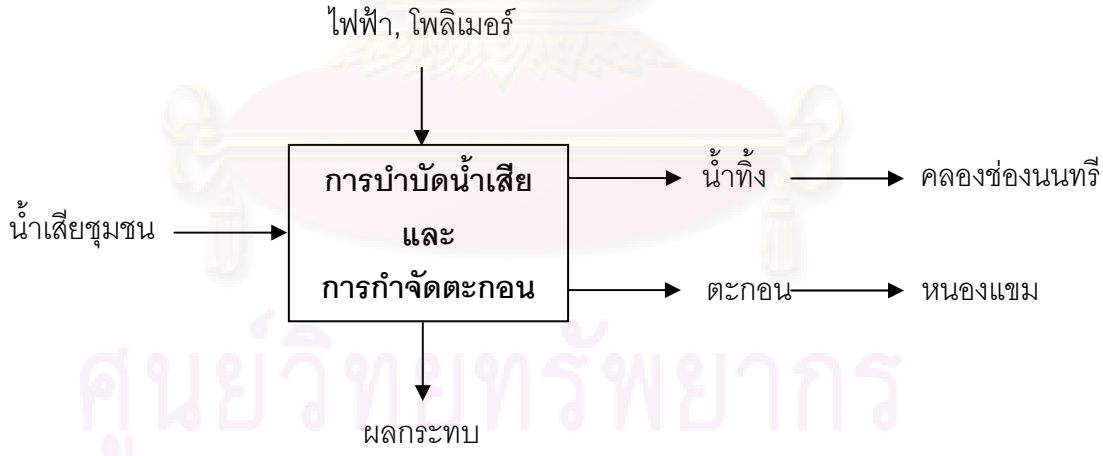
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์**



รูปที่ 3.4 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

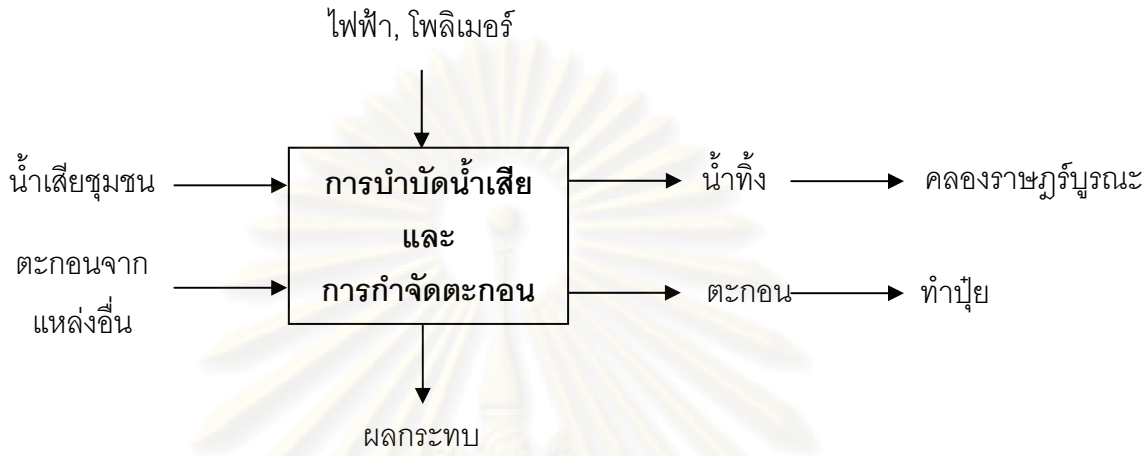
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี**



รูปที่ 3.5 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

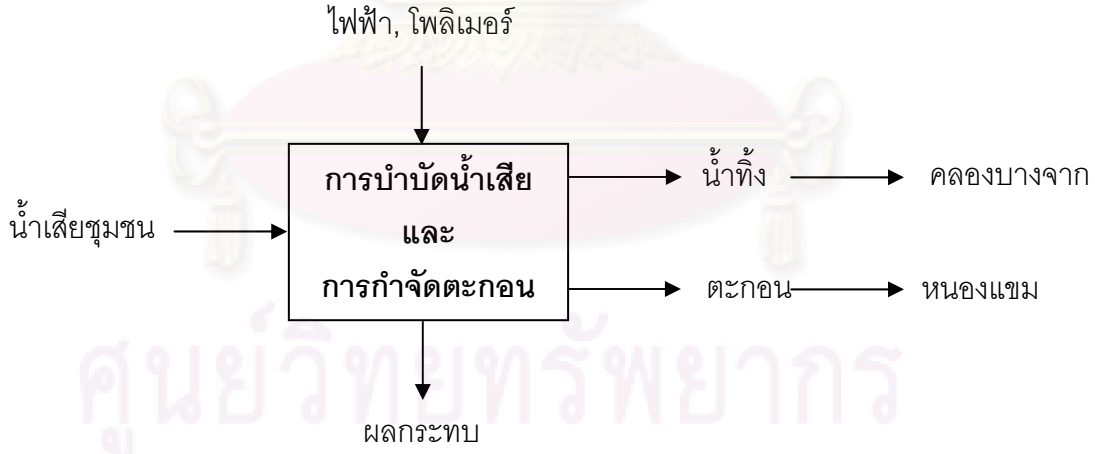
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม**



รูปที่ 3.6 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

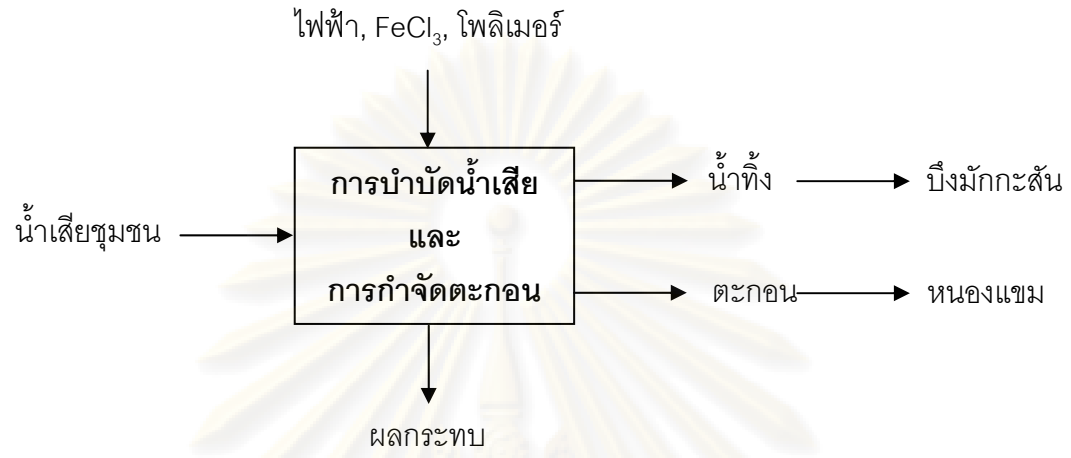
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ**



รูปที่ 3.7 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

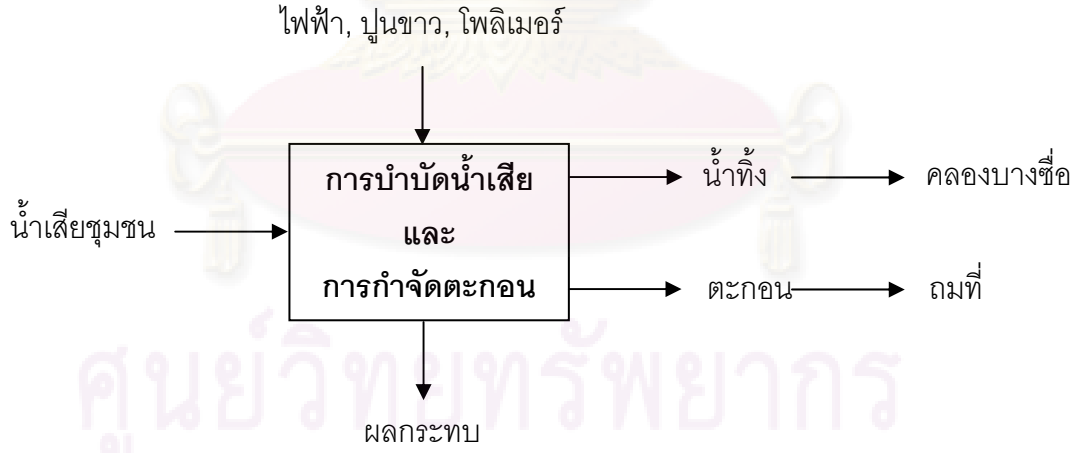
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง**



รูปที่ 3.8 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร**



รูปที่ 3.9 วงจรชีวิตการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3 การประเมินผลกระทบ

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูป JEMAI-lca Pro ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

JEMAI-lca เป็นโปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิตที่พัฒนาขึ้นโดย Research Center for Life Cycle Assessment, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) and Japan Environmental Management Association for Industry (JEMAI) ซึ่งดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา จนกระทั่งปัจจุบันได้กลายเป็นโปรแกรมที่มีการใช้งานมากที่สุดในประเทศญี่ปุ่น และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในภูมิภาคเอเชีย การพัฒนาโปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิตมีจุดประสงค์เพื่อเผยแพร่ข้อมูล และสนับสนุนการค้นคว้าข้อมูลวงจรชีวิตของทุกผลิตภัณฑ์ในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ข้อมูลของประเทศญี่ปุ่นเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำงานของโปรแกรม เพื่อเป็นประโยชน์แก่ทั้งภาคอุตสาหกรรม ภาคการศึกษา และภาครัฐ ต่อมาจึงมีการพัฒนาขีดความสามารถของโปรแกรมให้สามารถรองรับข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ เพื่อให้โปรแกรมมีความเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละครั้งมากที่สุด โปรแกรมล่าสุดที่ถูกพัฒนาขึ้นมีชื่อว่า JEMAI-lca Pro [JEMAI, 2003]

รายละเอียดที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์มีดังนี้

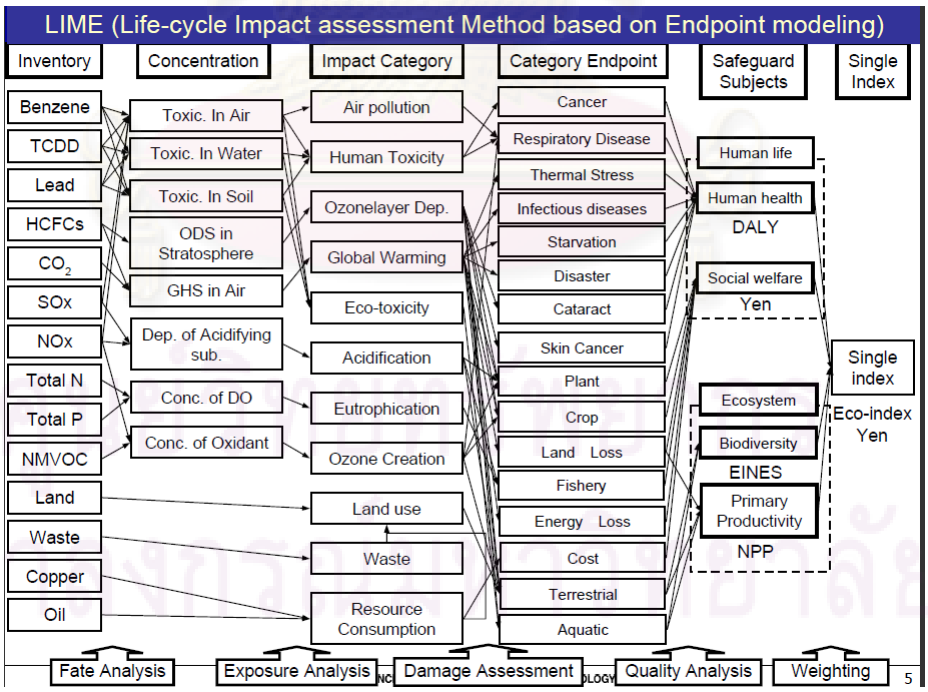
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
  - โปรแกรมสำเร็จรูป JEMAI-lca Pro
  - โปรแกรม Microsoft Excel
- ขั้นตอนการวิจัย
  - กำหนดขอบเขตและลักษณะข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าสู่โปรแกรม
  - ป้อนข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการจัดทำบัญชีรายการลงในโปรแกรม
  - นำผลลัพธ์ที่ได้ไปประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
  - Global Warming
  - Toxicity

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Acidification
- Eutrophication
- Photochemical Oxidant
- Land Use

- ความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม
  - Human Health
  - Social Assets
  - Biodiversity
  - Primary Productivity

เครื่องมือในการประเมินวัฏจักรชีวิตของโปรแกรม JEMAI-lca Pro คือ LIME (Life Cycle Impact Assessment Method Based on Endpoint Modeling) ซึ่งประกอบด้วย Characterization Model, Damage Assessment และ Weighting Factor เพื่อสร้างดัชนีตัวแทนผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น กรอบแนวคิดของ LIME ดังแสดงในรูปที่ 3.10



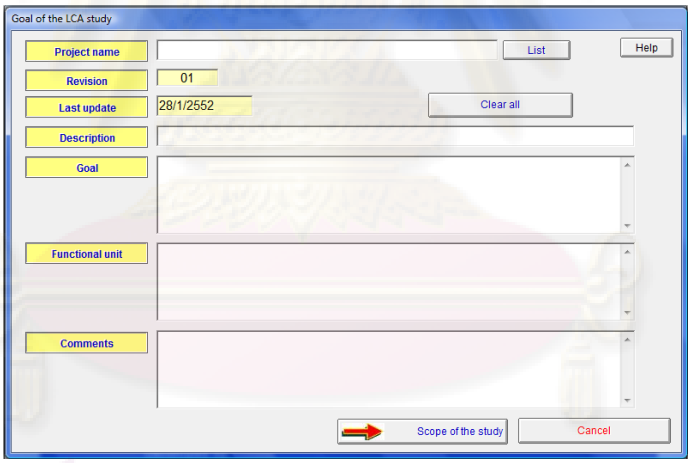
รูปที่ 3.10 กรอบแนวคิด LIME

ที่มา : JEMAI, 2003

เมนูหลักในการทำงานของโปรแกรม JEMAI ประกอบด้วย 4 เมนู คือ Goal and scope definitions, Inventory analysis, Impact assessment และ Interpretation โดยโปรแกรม JEMAI-lca Pro ถูกออกแบบมาให้สามารถเลือกทำงานในเมนูใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับขั้นตอน (หลังจากระบุข้อมูลในเมนู Goal and scope definitions แล้ว) อีกทั้งผู้ใช้ยังสามารถเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงฐานข้อมูลในโปรแกรมได้ด้วย เพื่อให้การประเมินผลกระทบมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ประเมินที่สุด ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม JEMAI-lca Pro กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

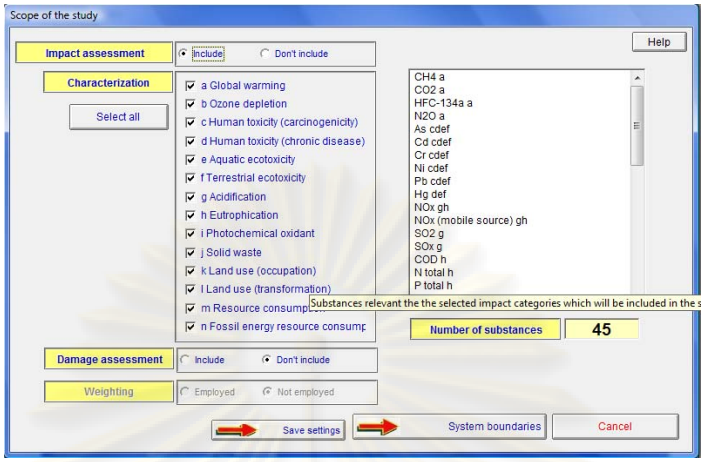
- Goal and scope definitions

ขั้นแรก คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงาน โดยการเลือก Goal and scope definition จากเมนูหลัก ซึ่งเมนูย่อยลำดับแรกเป็นการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับเป้าหมายของการศึกษา ดังรูป 3.11 ถัดมาเป็นการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ต้องการศึกษาและขอบเขตของการศึกษาต่อไป ดังรูป 3.12



รูปที่ 3.11 การระบุเป้าหมายของการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

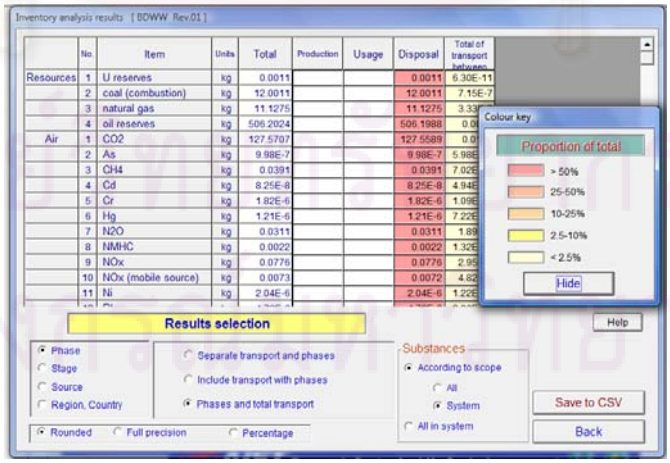


รูปที่ 3.12 การกำหนดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและขอบเขตของการศึกษา

รูปแบบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดในโปรแกรม JEMAI-lca Pro ประกอบด้วย Global warming, Ozone depletion, Toxic chemical substance, Ecotoxicity, Acidification, Eutrophication, Photochemical oxidant, Landfill/Land use, Resource consumption และ Energy consumption

- **Inventory analysis**

ขั้นที่ 2 คือ การจัดทำบัญชีรายการ โดยเลือก Inventory analysis จากเมนูหลัก เพื่อแสดงผลการคำนวณเกี่ยวกับสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานของระบบที่ศึกษา ดังรูป 3.13

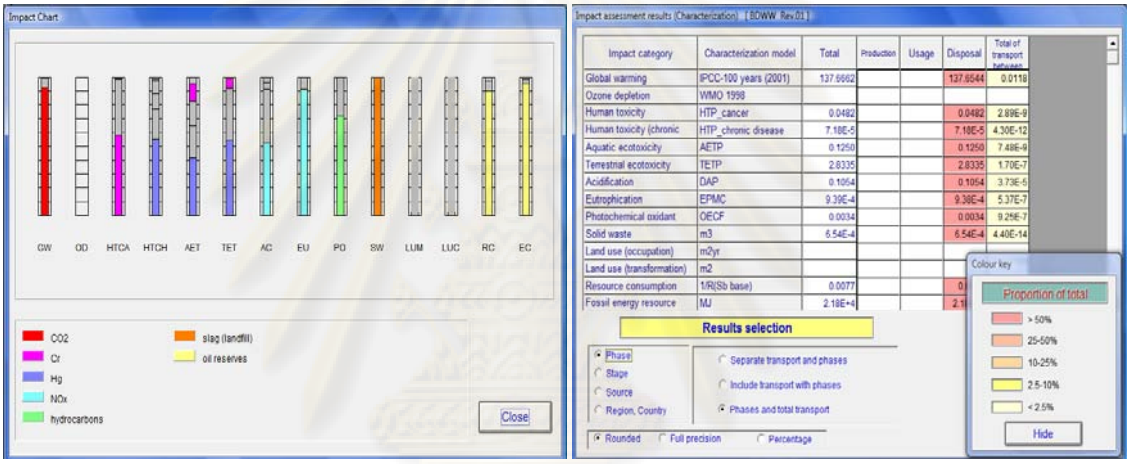


รูปที่ 3.13 บัญชีรายการแสดงสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน

ตารางแสดงผลการคำนวณสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานถูกออกแบบให้แสดงผลด้วยสีที่แตกต่างกัน เพื่อบ่งชี้สัดส่วนของปริมาณการใช้ทรัพยากรหรือพลังงานในแต่ละกระบวนการ

- Impact assessment

ขั้นที่ 3 คือ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยเลือก Impact assessment จากเมนูหลัก เพื่อแสดงผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังรูป 3.14 ซึ่งจะปรากฏเฉพาะรายการผลกระทบที่ผู้วิจัยระบุไว้ข้างต้นเท่านั้น



รูปที่ 3.14 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

รูปแบบการแสดงผลประกอบด้วย การแสดงผลแบบกราฟและตาราง ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบที่ต้องการได้ และยังสามารถเพิ่ม/เปลี่ยนแปลงฐานข้อมูล หรือปรับเปลี่ยนรายละเอียดในขั้นตอนการคำนวณผลกระทบของโปรแกรมได้ด้วย

- Interpretation

ขั้นสุดท้าย คือ การแปลผลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยเลือก Interpretation จากเมนูหลัก ซึ่งในขั้นตอนนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย คือ

(1) การแสดงผลการศึกษาทั้งหมด เพื่อสรุปผลข้อมูลจากการจัดทำบัญชีรายการและการประเมินผลกระทบ

(2) การประเมินค่าผลการศึกษา เพื่อบ่งชี้สิ่งที่มีอิทธิผลต่อผลการศึกษาว่า เป็นข้อมูลชนิดใด อย่างไร และมีความสัมพันธ์กับข้อมูลชนิดอื่นหรือไม่ อย่างไร อันจะนำไปสู่การค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาต่อไป

(3) การสรุป เสนอแนะ และรายงานผลการศึกษา

3.2.4 การแปลผลวัฏจักรชีวิต

การแปรผลวัฏจักรชีวิตในโปรแกรม JEMAL-Ica Pro จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.4.1 Characterization Model

รูปแบบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดในโปรแกรม JEMAI-Ica Pro มี 10 ประเภท ผู้วิจัยพิจารณาเลือกรูปแบบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุการเกิดผลกระทบแต่ละประเภท และลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด จำนวน 6 ประเภท ดังนี้

- Global Warming

บรรยากาศโลกตามธรรมชาติประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลืนความร้อน ทำให้โลกอบอุ่นและเอื้อให้สิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ในโลกได้ แต่กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม เป็นต้นมา การใช้พลังงานฟอสซิล (fossil fuel) มาก การสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ ทำให้ก๊าซเรือนกระจกถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศปริมาณมาก บรรยากาศโลกดูดกลืนความร้อนไว้มากขึ้น เกิดเป็นภาวะเรือนกระจกหรือโลกร้อน นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศทั่วโลก ซึ่งก๊าซแต่ละชนิดจะมีศักยภาพในการเกิดก๊าซเรือนกระจกไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ค่าศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนจากก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก	**ช่วงชีวิต** (ปี)	**ศักยภาพการเกิดโลกร้อน** (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)
1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	500	1
2. มีเทน (CH_4)	12	23
3. ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	114	296
4. คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs)	45 – 1,700	4,600 – 14,000
5. ไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (HCFCs)	2 - 19	120 – 2,400
6. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	0.3 - 260	12 – 12,000
7. ซัลเฟอร์เฮกซาฟลูโอไรด์ (SF_6)	320	22,200

ที่มา : IPCC, 2001

การบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หากพิจารณาเฉพาะสารขาออก จะถือได้ว่าช่วยลดการเกิดภาวะโลกร้อน เนื่องจากเป็นการเพิ่มออกซิเจนและลดการเกิดก๊าซมีเทน ในขณะที่การบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ สามารถเป็นได้ทั้งการเพิ่มและการลดภาวะโลกร้อน เนื่องจากจะเกิดก๊าซมีเทนจำนวนมาก หากก๊าซเหล่านี้ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ ก็จะเป็นการเพิ่มการเกิดภาวะโลกร้อน แต่หากก๊าซเหล่านี้ถูกรวบรวมและนำมาใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า ก็จะเป็นการลดการเกิดโลกร้อนนั่นเอง

Dellinger [2008] ศึกษาการเวียนใช้น้ำเสียเพื่อลดการเกิดภาวะโลกร้อน ผลการศึกษาพบว่า การเวียนน้ำเสียมาผลิตพลังงานไอน้ำในกระบวนการผลิตไฟฟ้าขนาด 100 เมกกะวัตต์ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1 พันล้านปอนด์ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยกว่าการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลถึงร้อยละ 90

- Toxicity

สารพิษสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง ซึ่งแต่ละทางจะมีอัตราการแทรกซึมเข้าสู่ร่างกายไม่เท่ากัน และมีผลกระทบต่อร่างกายแตกต่างกันด้วย เส้นทางหลักที่สารพิษสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ คือ ทางปอดจากการหายใจ ทางปากจากการดื่ม – กิน และทางผิวหนังจากการฉีด – ซึมเข้าสู่กล้ามเนื้อ ซึ่งผลกระทบต่อผู้ได้รับสารพิษจะขึ้นอยู่กับวิธีการ และปริมาณของสารพิษที่เข้าสู่ร่างกาย โดยแบ่งเป็น 2 แบบ คือ พิษแบบฉับพลัน (acute) คือ เมื่อร่างกายได้รับสารพิษใน

ปริมาณมากจะแสดงอาการในทันทีทันใด โดยอาจอันตรายถึงตายได้ ตัวอย่างสารเคมีที่มีพิษเฉียบพลัน เช่น ไฮโดรเจนไซยาไนด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น และพิษแบบเรื้อรัง (chronic) คือ เมื่อร่างกายได้รับสารพิษในปริมาณน้อยๆ จะไม่แสดงอาการในช่วงระยะเวลาสั้นๆ แต่จะค่อยๆ สะสมไว้ จนกระทั่งทวีความรุนแรงก่อให้เกิดอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตได้ ตัวอย่างของกรณีนี้ คือ มะเร็ง โดยสารที่เร่งให้เกิดมะเร็ง เรียกว่า carcinogen คือ โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนักนั่นเอง

ชุมชนย่อมมีการใช้สารเคมีประเภทต่างๆ มากมาย ทั้งสารที่มีพิษและไม่มีพิษ การตรวจวัดสารพิษที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกจากจะสามารถระบุถึงปริมาณสารพิษที่ปล่อยออก และอธิบายความเป็นพิษที่เกิดขึ้น ยังทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดสารพิษดังกล่าวด้วย อันจะนำไปสู่การป้องกัน การควบคุม และการจัดการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น รวมถึงการรักษาและปรับปรุงสภาวะแวดล้อมให้มีระบบนิเวศน์ที่เหมาะสมด้วย

- Acidification

ภาวะความเป็นกรดในบรรยากาศเกิดจากการปล่อยก๊าซพิษ โดยเฉพาะก๊าซที่มีซัลเฟอร์และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบออกสู่บรรยากาศ ส่งผลให้ก๊าซพิษต่างๆ เหล่านั้นทำปฏิกิริยากับไอน้ำในบรรยากาศ เกิดเป็นกรดที่ร้ายแรง ดังนี้

การเกิดกรดซัลฟูริกจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$SO_2 + OH\cdot \rightarrow HOSO_2\cdot$$

$$HOSO_2\cdot + O_2 \rightarrow HO_2\cdot + SO_3$$

$$SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(l)$$

การเกิดกรดไนตริกจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

$$NO_2 + OH\cdot \rightarrow HNO_3$$

ชุมชนถือได้ว่าเป็นแหล่งรวมของเสียหลากหลายประเภท ทั้งขยะจากบ้านเรือนปกติ และขยะจากซากอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนสารพิษลงสู่แหล่งน้ำ อันเป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะความเป็นกรด ฉะนั้น น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจึงมีความเสี่ยงสูงที่จะมีก๊าซพิษปนเปื้อนอยู่ การศึกษาผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะหากมีการปนเปื้อนก๊าซพิษในน้ำทิ้ง จะก่อให้เกิดผลกระทบมากมาย

ต่อป่าไม้ แหล่งน้ำ พืชพันธุ์ต่างๆ สัตว์ อาคารบ้านเรือน และที่สำคัญยังส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ด้วย และยังสามารถหาแนวทางป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นได้

- Eutrophication

เป็นสภาวะที่แหล่งน้ำมีสารอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากเกินไป ก่อให้เกิดการเจริญเติบโตมากผิดปกติของสาหร่ายในน้ำ ความสามารถในการส่องผ่านของแสงลงสู่น้ำลดลง ทำให้เกิดสภาวะการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในน้ำที่ผิดปกติ คือ ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงมากช่วงกลางวัน และลดต่ำมากตอนกลางคืน เป็นเหตุให้สิ่งมีชีวิตในน้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว หากไม่ได้มาตรฐานมีสารอาหารตกค้างมากเกินไป จะก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นได้ ในกรณีของน้ำเสียชุมชนจะมีแหล่งของสารอาหารในน้ำมากมาย ทั้งสารอาหารจากเศษอาหารเหลือทิ้ง สารอาหารจากสารเคมีต่างๆ อาทิ ผงซักฟอก สารอาหารเหล่านี้จะเป็นแหล่งอาหารชั้นดีแก่การเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาผลกระทบด้านนี้ เนื่องจากกระบวนการบำบัดที่ไม่มีประสิทธิภาพพอ การตกค้างและสะสมของสารอาหารต่างๆ เพียงเล็กน้อย สามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำได้เช่นกัน

- Photochemical Oxidant

เป็นมลพิษทุติยภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยา Photochemical Oxidation โดยมีก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) และไฮโดรคาร์บอน (HC) เป็นสารตั้งต้น และมีรังสีอุลตราไวโอเลตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งโมเลกุลของออกซิเจนจะทำให้เกิดการออกซิไดซ์สารต่างๆ ในอากาศไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถออกซิไดซ์ต่อไปได้อีก และทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ ได้แก่ สารประกอบพวกอัลดีไฮด์ (Aldehydes) คีโตน (Ketones) Peroxy Acetyl Nitrate (PAN) และโอโซน (O_3) ซึ่งมีฤทธิ์ต่อสุขภาพ ทำให้แสบตา ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ และทำให้วัตถุประเภทยางเสื่อมสภาพ รวมทั้งเป็นอันตรายต่อพืชบางชนิด เช่น ใบยาสูบ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant จากการบำบัดน้ำเสียมีสาเหตุสำคัญจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และไอเสียจากรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งกากตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม แม้ผลกระทบด้านนี้ไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย แต่เป็นผลกระทบโดยทางอ้อม จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาผลกระทบด้านนี้

- **Land Use**

เป็นการอธิบายการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งอาจเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน หรือในอนาคต โดยเป็นการเปรียบเทียบความคุ้มค่า หรือความเหมาะสมจากการนำที่ดินที่มีอยู่ไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อไป

ขนาดพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดน้ำเสียและประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกใช้ โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่สามารถรองรับน้ำเสียได้มากความต้องการพื้นที่ในการกำจัดน้ำเสียก็ย่อมมากด้วย การเลือกรูปแบบระบบบำบัดที่แตกต่างกัน แม้จะบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่เท่ากัน ความต้องการพื้นที่ก็จะแตกต่างกัน การเลือกใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ต้องการพื้นที่น้อยกว่า ย่อมส่งผลดีต่อการนำพื้นที่ที่เหลืออยู่ไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์ได้อีก เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่าที่สุด

3.2.4.2 Damage Assessment

การประเมินความเสียหายเป็นหนึ่งในขั้นตอนสำคัญของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่ง LIME แบ่งการประเมินความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมออกเป็น 4 ประเด็น คือ

(1) Human Health เป็นการประเมินความเสียหายที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยจะพิจารณาในหน่วยของ DALY (Disability Adjusted Life Year)

(2) Social Assets เป็นการประเมินคุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในหน่วยของเงินตรา และเนื่องจากโปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ดังนั้น หน่วยแสดงผลในโปรแกรมจึงอยู่ในรูป Yen

(3) Biodiversity เป็นการประเมินความเสียหายด้านความหลายหลายทางชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้ทรัพยากรต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานการประเมินความเสี่ยงในการสูญพันธุ์ของระบบนิเวศวิทยา การแสดงผลจะอยู่ในรูปของ EINES (Expected Increase in Number of Extinct Species)

(4) Primary Productivity เป็นการประเมินความเสียหายจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในทุกกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยคำนวณในรูป kg ของทรัพยากรที่ถูกใช้ไป

3.2.4.3 Weighting factor

เป็นการให้คะแนนความสำคัญผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นอีกขั้นตอนที่สำคัญของการประเมินวัฏจักรชีวิต โดย LIME มี Weighting factor 4 ประเภท คือ

(1) LIME Ver.1 เป็นปัจจัยชี้วัดที่ประเมินผลในรูปของราคา

(2) LIME Ver.2 เป็นการประเมินผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งจะพิจารณาในทุกมิติของ Damage Assessment โดยให้ความสำคัญกับประเด็นด้าน Human Health สูงสุด

(3) LIME Ver.3 เป็นการประเมินผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งจะพิจารณาในทุกมิติของ Damage Assessment โดยให้ความสำคัญกับประเด็นด้าน Social Assets สูงสุด

(4) LIME Ver.4 เป็นการประเมินผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งพิจารณาในทุกมิติของ Damage Assessment โดยผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้กำหนดสัดส่วนคะแนนความสำคัญในประเด็นต่างๆ เอง

3.3 การวิเคราะห์ผลกระทบจากการประเมินวัฏจักรชีวิต รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

หลังจากรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ และนำข้อมูลมาประเมินผลกระทบในด้านต่างๆ ดังอธิบายในข้างต้น การวิจัยขั้นต่อไป คือ การประเมินประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย และระดับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลการเปรียบเทียบจะทำให้ทราบถึงภาพรวม ประสิทธิภาพ และวงจรของปริมาณทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยน้ำเสียที่บำบัด และเป็นต้นแบบการศึกษาสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียประเภทอื่นๆ ต่อไปในอนาคต อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ และสัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบจากปริมาณน้ำเสียที่บำบัด โดยพิจารณาจากความสามารถในการบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง อันจะนำไปสู่การวางแผนจัดการลดผลกระทบให้มากที่สุด และเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียในกรุงเทพมหานครให้สูงสุด โดยใช้เป็นดัชนีข้อมูลที่เป็นระบบประกอบการบริหารจัดการได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้ข้อมูลการดำเนินงานของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานครเป็นกรณีศึกษา การวิเคราะห์ได้แบ่งโรงควบคุมคุณภาพน้ำออกเป็น 3 ประเภท ตามปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็ก (ปริมาณน้ำเสียน้อยกว่า 100,000 ลบ.ม./วัน) โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง (ปริมาณน้ำเสีย 100,000 – 199,999 ลบ.ม./วัน) และโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ (ปริมาณน้ำเสีย 200,000 ลบ.ม./วัน ขึ้นไป)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร

รายละเอียด	**โรงควบคุมคุณภาพน้ำ**						
	ขนาดเล็ก			**ขนาดกลาง**			**ขนาดใหญ่**
	สี่พระยา	**รัตนโกสินทร์**	**ทุ่งครุ**	**ช่องนนทรี**	**จตุจักร**	**หนองแขม**	**ดินแดง**
Capacity (m^3/d)	30,000	40,000	65,000	200,000	150,000	157,000	350,000
น้ำเสีย (m^3/d)	13,306.29	28,720.32	62,790.76	108,638.41	124,324.67	132,605.14	204,496.30
ความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย (km)	2.3	16.25	26	51	28.2	46	63
ระบบบำบัดน้ำเสีย	Contact Stabilization Activated Sludge Systems	Two Stage Activated Sludge Systems	Vertical Loop Reactor Activated Sludge Systems	Cyclic Activated Sludge Systems	Cyclic Activated Sludge Systems	Vertical Loop Reactor Activated Sludge Systems	Activated sludge With Nutrients Removal
ระบบกำจัดกากตะกอน	Thickener	Thickener	Thickener	Thickener	Thickener	Anaerobic Digestion	Thickener

ขั้นตอนและแนวทางในการดำเนินงานวิจัยเป็นไปตามข้อกำหนดของ ISO 14040 – 43 ว่าด้วยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยผลการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 8 ประเด็น ประกอบด้วย

1. ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

2. แผนผังการไหลของการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยเป็นสรุปค่าเฉลี่ยผลดำเนินงานตลอดปี พ.ศ. 2551

3. ปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงาน ในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยคำนวณเปรียบเทียบต่อหน่วยการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร

4. การปนเปื้อนมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยคำนวณเปรียบเทียบต่อหน่วยการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร

5. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ Characterization Model, Damage Assessment และ Weighting Factor

6. ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยคำนวณเปรียบเทียบต่อหน่วยการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร

7. สถานการณ์สมมติเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในกรณีที่กำหนดให้โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีลักษณะการดำเนินงานแบบครบวงจร สามารถกำจัดกากตะกอนได้เอง

8. ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบ Activated Sludge

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

การพิจารณาลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าระบบจะทำให้เข้าใจลักษณะสมบัติของน้ำเสีย อันจะส่งผลให้สามารถวางแผนการจัดการบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะต่างๆ ได้อย่างรอบคอบ สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และยังช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างฉับพลันหากมีเหตุการณ์ฉุกเฉินเกิดขึ้น โดยลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

พารามิเตอร์	หน่วย	โรงควบคุมคุณภาพน้ำ						
		ขนาดเล็ก			ขนาดกลาง			ขนาดใหญ่
		สี่พระยา	รัตนโกสินทร์	ทุ่งครุ	ช่องนนทรี	จตุจักร	หนองแขม	ดินแดง
BOD	mg/l	56	46	32	27	31	37	27
SS	mg/l	99	34	48	41	37	60	32
T-P	mg/l	1.6	-	1.7	2.3	1.9	1.9	2.2
T-N	mg/l	15	8	13	10	13	11	12

หมายเหตุ : (-) คือ ไม่มีผลการตรวจวัด

ผลการวิจัยส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบปริมาณมลสารที่เข้าสู่ระบบบำบัด โดยเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มข้นมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียตลอดปี 2551 จากตารางที่ 4.2 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีความเข้มข้นของมลสารที่เข้าสู่ระบบสูงสุดในเกือบทุกพารามิเตอร์ ยกเว้นฟอสฟอรัสทั้งหมด ซึ่งพบการปนเปื้อนสูงสุดในโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี อย่างไรก็ตามปริมาณมลสารต่างๆ ที่เข้าสู่ระบบบำบัดโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด ประมาณ 37, 50, 1.9 และ 12 มก./ล. ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ลักษณะสมบัติน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
1.ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1200
ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2.ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มล./ล	5	10	20
3.ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand;BOD)	มก./ล.	110	220	400
4.ค่าซีโอดี (chemical Oxygen Demand;COD)	มก./ล.	250	500	1000
5.ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as N)	มก./ล.	20	40	85
อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	มก./ล.	8	15	35
แอมโมเนีย (Free ammonia)	มก./ล.	12	25	50
ไนโตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล.	0	0	0
6.ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P)	มก./ล.	4	8	15
สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7. คลอไรด์ (Chloride)(1)	มก./ล.	30	50	100
8.ซัลเฟต (Sulfate)(1)	มก./ล.	20	30	50
9.สภาพด่าง (Alkalinity as $CaCO_3$)	มก./ล.	50	100	200
10.ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11.Total Coliform	MPN/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9

ที่มา : Metcalf & Eddy, 1991

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะน้ำเสียชุมชนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง กับลักษณะสมบัติน้ำเสียชุมชนของ Metcalf & Eddy [1991] ดังตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาณมลสารแต่ละชนิดที่เข้าสู่ระบบมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับลักษณะน้ำเสียชุมชนของ Metcalf & Eddy ที่ระดับความเข้มข้นน้อย โดยมีค่าประมาณร้อยละ 60 เท่านั้น ยกเว้นปริมาณตะกอนแขวนลอยของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาที่มีค่าสูงใกล้เคียงกับปริมาณตามที่ Metcalf & Eddy ศึกษาไว้ แสดงให้เห็นว่า ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานครมีระดับความสกปรกไม่สูงมากนัก

ปริมาณมลสารที่เข้าสู่ระบบเป็นเพียงตัวแปรหนึ่งในการกำหนดทิศทางการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเท่านั้น สิ่งสำคัญอันดับถัดไป คือ ปริมาณมลสารหลังการบำบัดน้ำเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย และยังเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ต้องพิจารณาควบคู่กับมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะอีกด้วย

ส่วนระบบกำจัดกากตะกอนที่เกิดขึ้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำจำนวน 5 แห่ง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี และดินแดง มีวิธีการจัดการตะกอนโดยใช้การทำข้น และการรีดตะกอน แล้วส่งกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต่อไป โดยมีปริมาณการส่งตะกอนไปกำจัดดังตารางที่ 4.4 ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมใช้ระบบ Anaerobic Digestion เพื่อกำจัดตะกอนทั้งหมด (ตะกอนจากระบบบำบัด และตะกอนจากภายนอกที่รับมา) แล้วนำไปหมักทำปุ๋ย ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร มีวิธีการกำจัดตะกอนโดยใช้กระบวนการทำข้น และการรีดตะกอน แล้วนำไปถมที่

ตารางที่ 4.4 รายงานการรับตะกอนโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ประจำปี พ.ศ.2551

เดือน	หน่วย	ช่องนนทรี	รัตนโกสินทร์	สี่พระยา	ทุ่งครุ	ศิริราช	ดินแดง	รวม
มกราคม	ลบ.ม.	-	-	8	414	17	994	1,433
กุมภาพันธ์	ลบ.ม.	142	-	4	354	15	427	942
มีนาคม	ลบ.ม.	672	4	8	312	17	134	1,147
เมษายน	ลบ.ม.	336	59	-	158	17	620	1,190
พฤษภาคม	ลบ.ม.	610	46	4	180	18	510	1,368
มิถุนายน	ลบ.ม.	788	29	13	228	19	782	1,859
กรกฎาคม	ลบ.ม.	182	38	8	176	7	607	1,018
สิงหาคม	ลบ.ม.	738	17	13	212	10	331	1,321
กันยายน	ลบ.ม.	938	17	8	132	10	252	1,357
ตุลาคม	ลบ.ม.	323	17	13	140	7	607	1,107
พฤศจิกายน	ลบ.ม.	627	34	12	226	10	745	1,654
ธันวาคม	ลบ.ม.	472	38	14	236	10	887	1,657
เฉลี่ย	**ลบ.ม.**	**529.82**	**29.90**	**9.55**	**230.67**	**13.08**	**574.67**	**1,387.68**

ที่มา: สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ, 2552

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ปริมาณการรับตะกอนจากภายนอกมากำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ในปี 2551 ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี และดินแดง มีสัดส่วน 0.9, 0.7, 2.2, 16.6, 38.2 และ 41.4% ตามลำดับ ตะกอน

ทั้งหมดเหล่านี้เป็นตะกอนที่มีความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมจะนำไปเจือจางโดยผสมกับตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก) เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ 4% โดยน้ำหนัก แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการกำจัดในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.5 อัตราการเกิดกากตะกอนส่วนเกิน

ประเภท	หน่วย	โรงควบคุมคุณภาพน้ำ						
		ขนาดเล็ก			ขนาดกลาง			ขนาดใหญ่
		สี่พระยา	รัตนโกสินทร์	ทุ่งครุ	ช่องนนทรี	จตุจักร	หนองแขม	ดินแดง
Waste water	m^3/d	13,306.29	28,720.32	62,790.76	108,638.41	124,324.67	132,605.14	204,496.30
Excess Sludge	m^3/d	0.06	0.19	1.44	3.30	10.13	33.42	3.58
BOD_{Inf}	kg/d	730.19	1,332.86	2,033.69	2,916.49	3,899.55	4,863.63	5,435.17
Ratio	WW:ES	221,772	151,160	43,605	32,921	12,273	3,968	57,122
	BOD_{Inf}:ES	12,170	7,015	1,412	884	385	146	1,518

จากตารางที่ 4.5 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินสูงสุด คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ซึ่งเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางที่สามารถจัดการตะกอนได้เอง ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี ซึ่งเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางแต่ไม่มีระบบจัดการตะกอน มีอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินค่อนข้างสูงเช่นกัน ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ไม่มีระบบการจัดการตะกอน มีอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้หากพิจารณาอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินต่อปริมาณบีโอดีที่เข้าสู่ระบบ พบว่า มีลักษณะเช่นเดียวกับอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินต่อปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดและการติดตั้งระบบกำจัดตะกอน เป็นตัวแปรสำคัญในการประเมินอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินของระบบ เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่กำจัดตะกอนได้เองต้องใช้สารเคมีในปริมาณมากเพื่อให้ตะกอนจับตัวกันได้ดี ปริมาณตะกอนส่วนเกินทั้งหมดจึงเป็นปริมาณรวมของตะกอนจากน้ำเสียกับตะกอนจากสารเคมีที่ใช้ ส่งผลให้ตะกอนส่วนเกินทั้งหมดที่เกิดขึ้นมีมาก

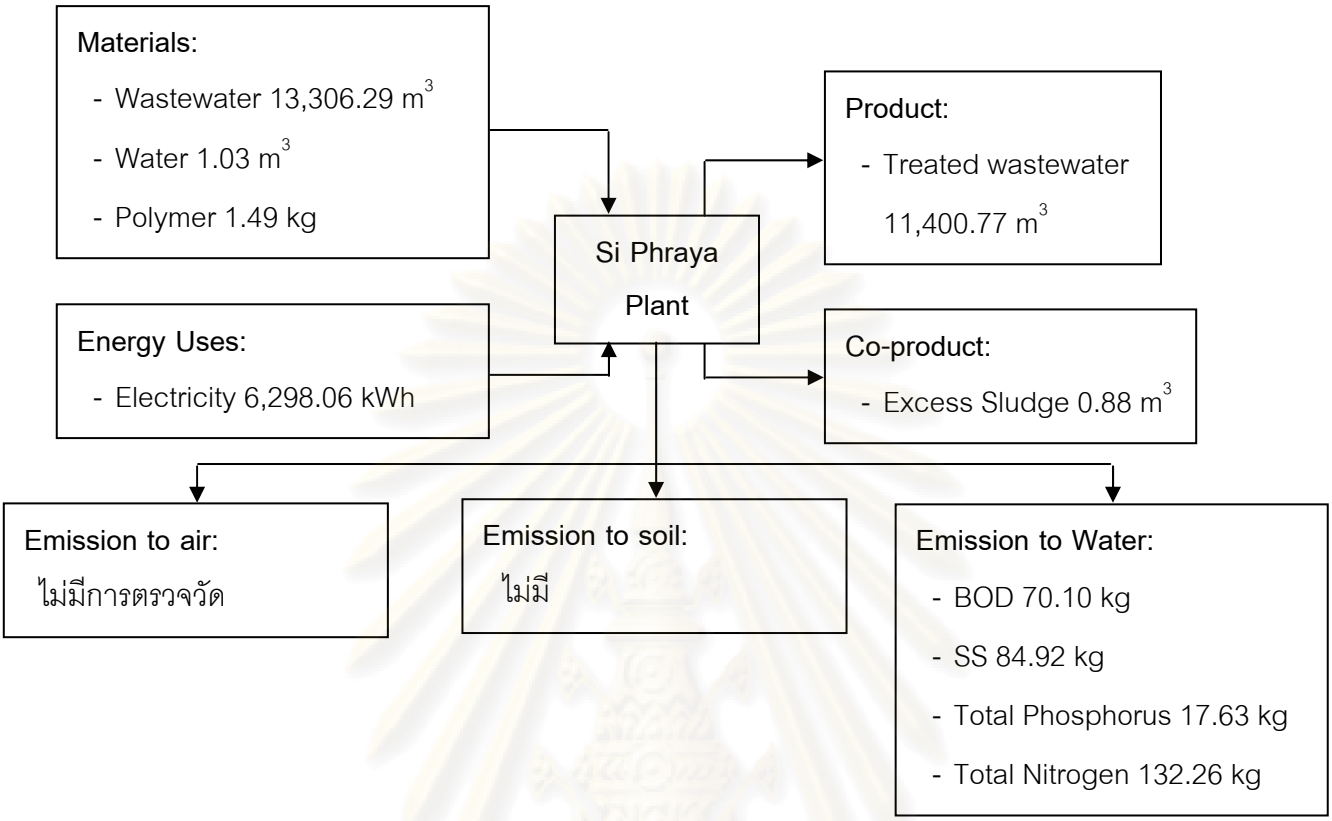
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่กำจัดตะกอนได้เองกับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ต้องส่งตะกอนกำจัด เมื่อคำนวณสัดส่วนปริมาณน้ำเสีย หรือบีโอดีที่เข้าสู่ระบบต่อปริมาณกากตะกอนส่วนเกินทั้งหมด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่กำจัดตะกอนได้เองมีอัตราการเกิดกากตะกอนส่วนเกินสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพที่ต้องส่งตะกอนกำจัด ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดกลางจะมีอัตราการเกิดกากตะกอนส่วนเกินสูงสุด เนื่องจากสัดส่วนตะกอนต่อน้ำเสียที่เหมาะสม ทำให้ตะกอนสามารถจับตัวกันได้ดี และตกลงสู่ก้นถังได้ง่าย

4.2 ผลการดำเนินงานของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ

งานวิจัยส่วนนี้เป็นผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งตลอดปี พ.ศ. 2551 เป็นระยะเวลา 1 ปี จากรายงานประจำเดือนของสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ ทั้งนี้ไม่มีผลการวิเคราะห์ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่บรรยากาศ เนื่องจากไม่มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่โครงการ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่พื้นดิน เป็นการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนก่อนนำไปใช้ประโยชน์ จึงมีผลการวิเคราะห์เพียง 2 แห่งเท่านั้น คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรและหนองแขม เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ ส่งตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนทั้งหมดจึงรวมอยู่ที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

4.2.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

เป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีพื้นที่โครงการรวม 146,084 ตร.ม. มีความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย 2.3 กม. และมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 30,000 ลบ.ม./วัน โดยใช้ระบบ Contact Stabilization Activated Sludge ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในรูปที่ 4.1

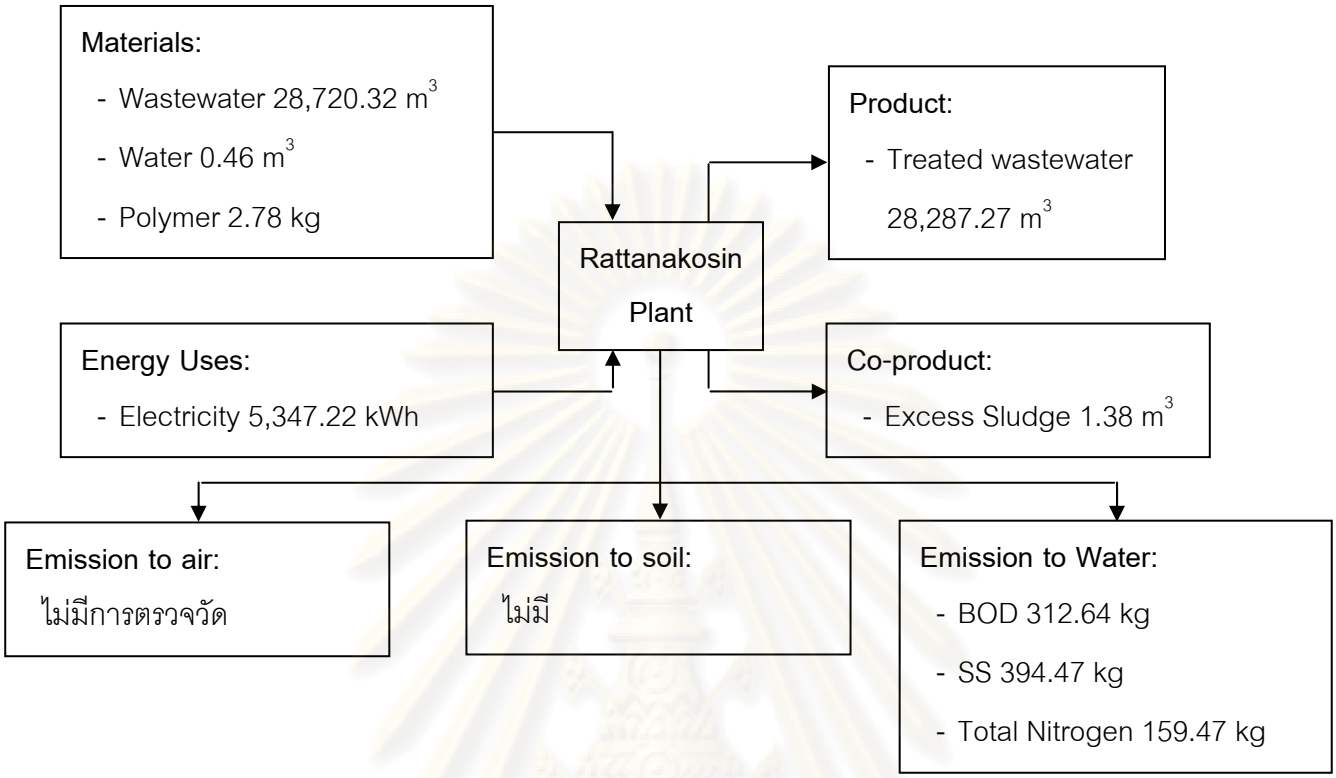


รูปที่ 4.1 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

จากรูปที่ 4.1 เมื่อพิจารณาจากศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยายังมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้อีกประมาณ 16,000 ลบ.ม./วัน หรือประมาณ 56% ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย 13,306.29 ลบ.ม. จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 6,298.06 หน่วย และโพลิเมอร์ 1.49 กก. โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ น้ำทิ้ง 11,400.77 ลบ.ม. ซึ่งมีบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด 70.10, 84.92, 17.63 และ 132.26 กก. ตามลำดับ ปนเปื้อนอยู่ ส่วนผลพลอยได้ คือ ตะกอนส่วนเกิน 0.88 ลบ.ม.

4.2.2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

เป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีพื้นที่โครงการรวม 6,683 ตร.ม. มีความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย 16.25 กม. และมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 40,000 ลบ.ม./วัน โดยใช้ระบบ Two-Stage Activated Sludge Process ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในรูปที่ 4.2

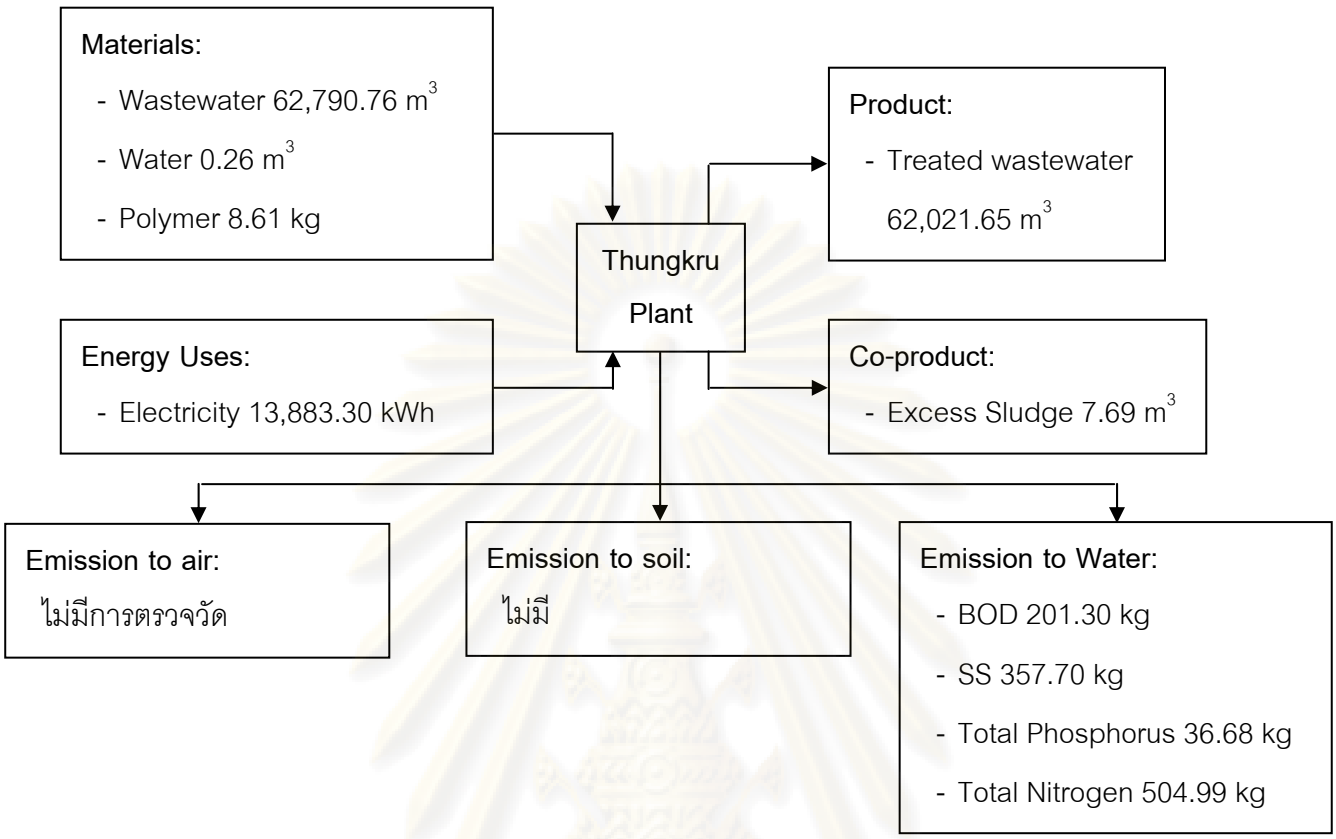


รูปที่ 4.2 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาจากศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ยังมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้อีกประมาณ 10,000 ลบ.ม./วัน หรือประมาณ 28% ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย 28,720.32 ลบ.ม. จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 5,347.22 หน่วย และโพลิเมอร์ 2.78 กก. โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ น้ำทิ้ง 28,287.27 ลบ.ม. ซึ่งมีบีโอดี ตะกอนแขวนลอย และไนโตรเจนทั้งหมด 312.64, 394.47 และ 159.47 กก. ตามลำดับ ปนเปื้อนอยู่ ส่วนผลพลอยได้ คือ ตะกอนส่วนเกิน 1.38 ลบ.ม.

4.2.3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

เป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีพื้นที่โครงการรวม 14,400 ตร.ม. มีความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย 26 กม. และมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 65,000 ลบ.ม./วัน โดยใช้ระบบ Activated Sludge Process with Vertical Loop Reactor ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในรูปที่ 4.3

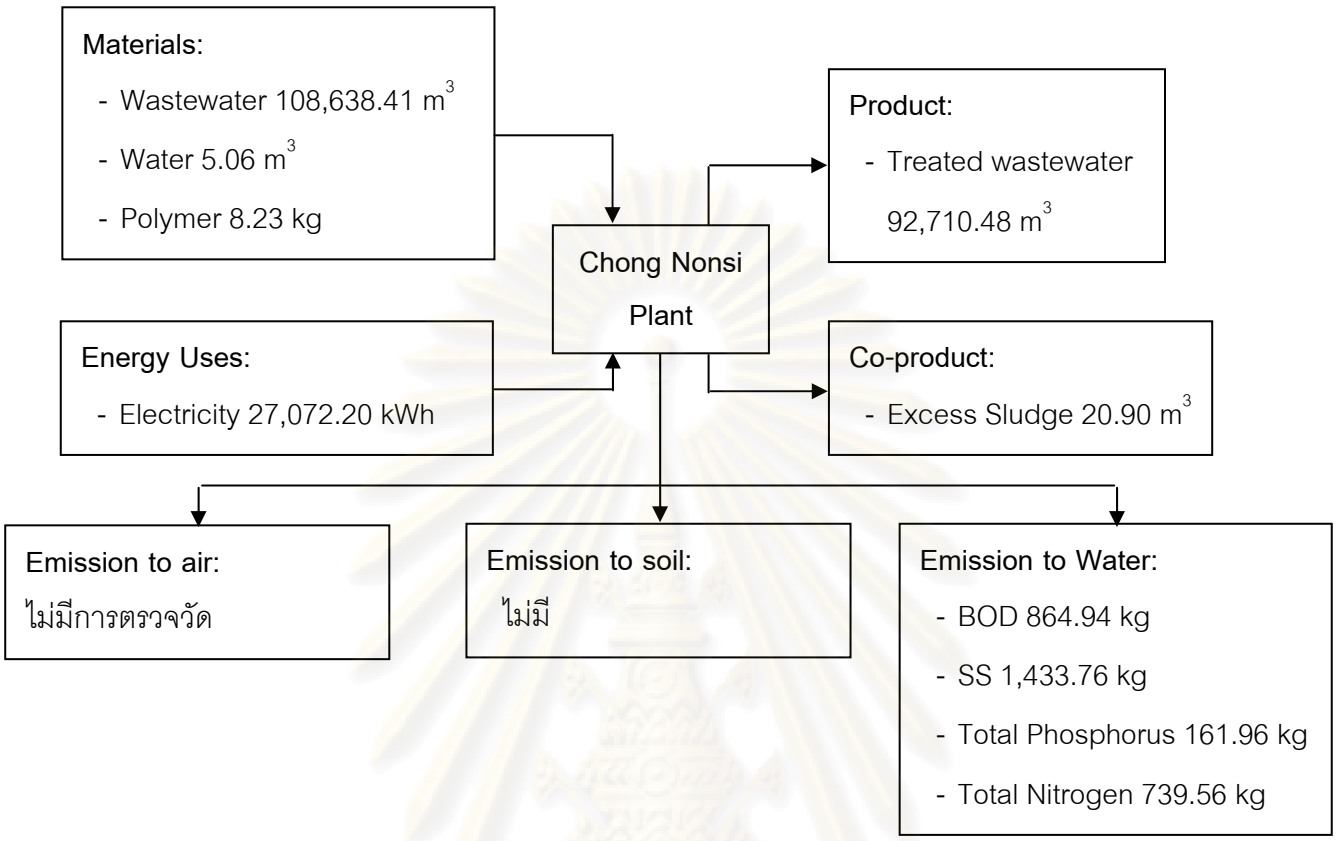


รูปที่ 4.3 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

จากรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณาจากศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุมีการใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียอย่างเต็มศักยภาพแล้ว หรือประมาณ 97% ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย 62,790.76 ลบ.ม. จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 13,883.30 หน่วย และโพลิเมอร์ 8.61 กก. โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ น้ำทิ้ง 62,021.65 ลบ.ม. ซึ่งมีบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด 201.30, 357.70, 36.68 และ 159.47 กก. ตามลำดับ ปนเปื้อนอยู่ ส่วนผลพลอยได้ คือ ตะกอนส่วนเกิน 7.69 ลบ.ม.

4.2.4 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

เป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีพื้นที่โครงการรวม 32,000 ตร.ม. มีความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย 55 กม. และมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 200,000 ลบ.ม./วัน โดยใช้ระบบ Cyclic Activated Sludge ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในรูปที่ 4.4

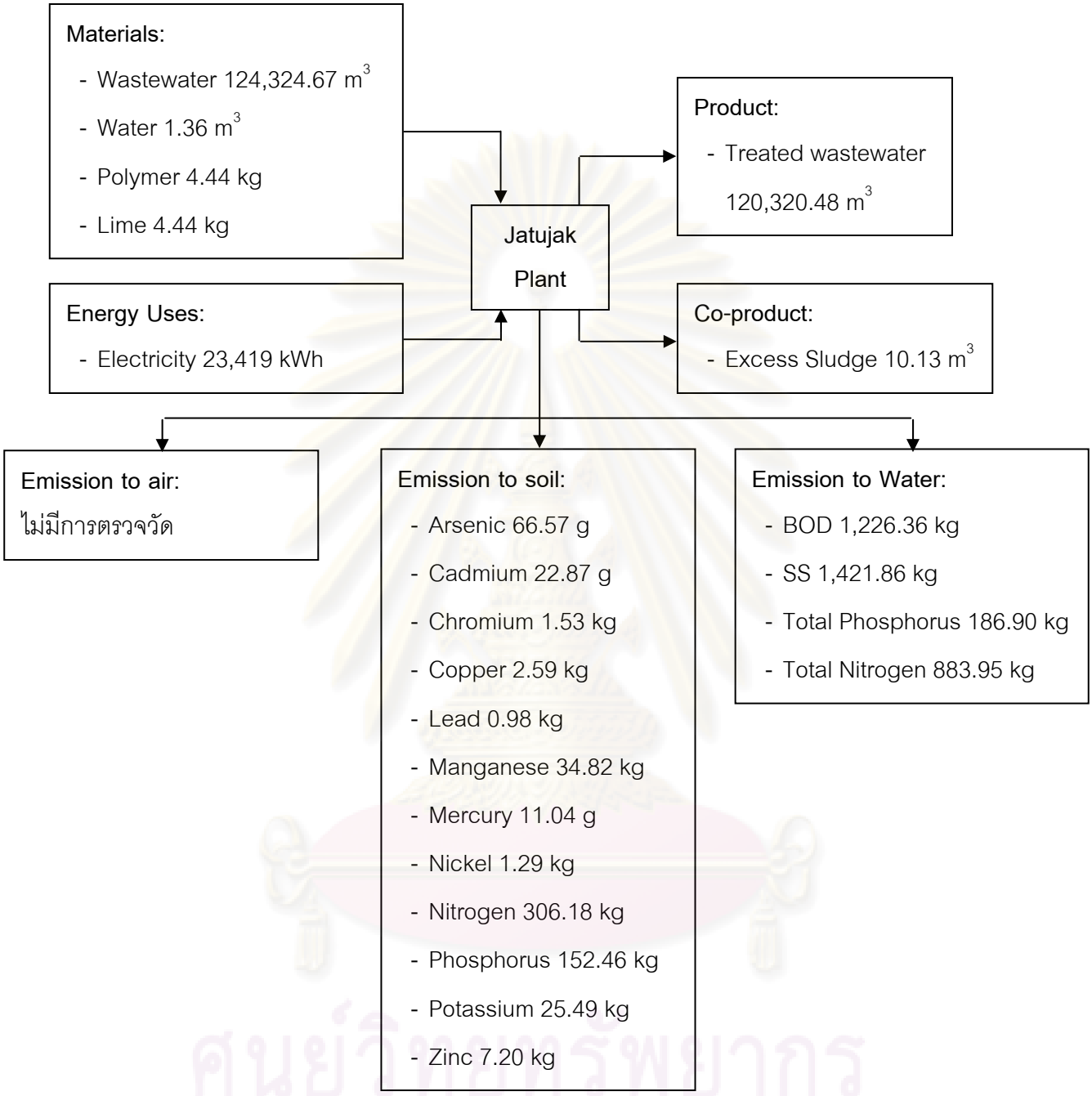


รูปที่ 4.4 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

จากรูปที่ 4.4 เมื่อพิจารณาจากศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรียังมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้อีกประมาณ 90,000 ลบ.ม./วัน หรือประมาณ 46% ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย 108,638.41 ลบ.ม. จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 27,072.20 หน่วย และโพลิเมอร์ 8.23 กก. โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ น้ำทิ้ง 92,710.48 ลบ.ม. ซึ่งมีบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด 864.94, 1,433.76, 161.96 และ 739.56 กก. ตามลำดับ ปนเปื้อนอยู่ ส่วนผลพลอยได้ คือ ตะกอนส่วนเกิน 20.90 ลบ.ม.

4.2.5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

เป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีพื้นที่โครงการรวม 11,200 ตร.ม. มีความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย 37.50 กม. และมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 150,000 ลบ.ม./วัน โดยใช้ระบบ Cyclic Activated Sludge ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

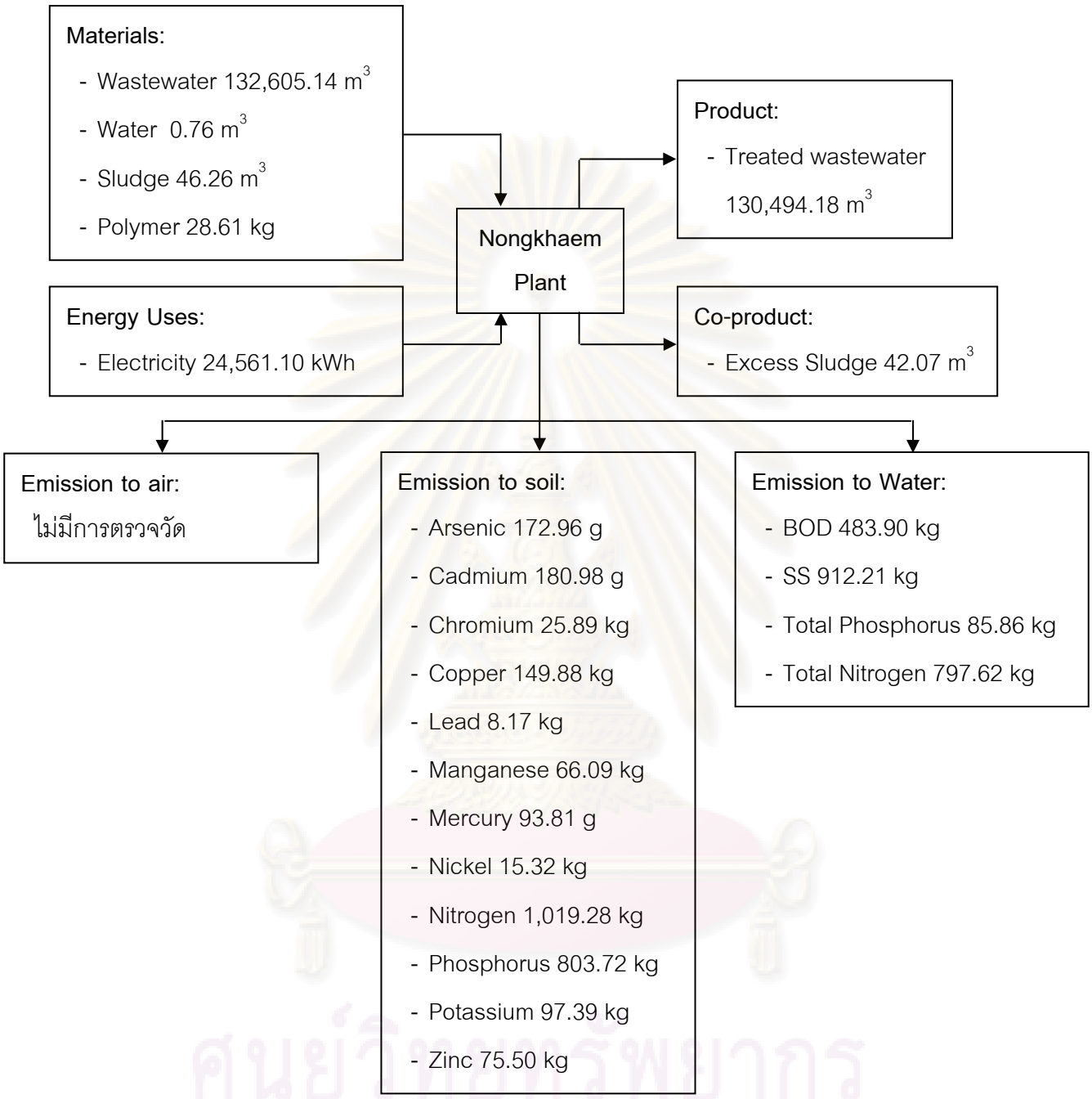
จากรูปที่ 4.5 เมื่อพิจารณาจากศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรยังมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้อีกเพียง 25,000 ลบ.ม./วัน หรือประมาณ 17% ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย 124,324.67 ลบ.ม. จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 23,419 หน่วย โพลิเมอร์ 4.44 กก. และปูนขาว 4.44 กก. โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ น้ำทิ้ง 120,320.48 ลบ.ม. ซึ่งมีบีโอดี ตะกอน

แขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด 1,226.36, 1,421.86, 186.90 และ 883.95 กก. ตามลำดับ ปนเปื้อนอยู่ ส่วนผลพลอยได้ คือ ตะกอนส่วนเกิน 10.30 ลบ.ม. ซึ่งจะถูกนำไปถมที่ต่อไป โดยมีไนโตรเจน 306.18 กก. ฟอสฟอรัส 152.46 กก. โพแทสเซียม 25.49 กก. สารหนู 66.57 ก. แคดเมียม 22.87 ก. โครเมียม 1.53 กก. ทองแดง 2.59 กก. ตะกั่ว 0.98 กก. แมงกานีส 34.82 กก. ปรอท 11.04 ก. นิกเกิล 1.29 กก. และสังกะสี 7.20 กก. ปนเปื้อนอยู่

4.2.6 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

เป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีพื้นที่โครงการรวม 86,400 ตร.ม. มีความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย 46 กม. และมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 157,000 ลบ.ม./วัน โดยใช้ระบบ Activated Sludge Process with Vertical Loop Reactor ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในรูปที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



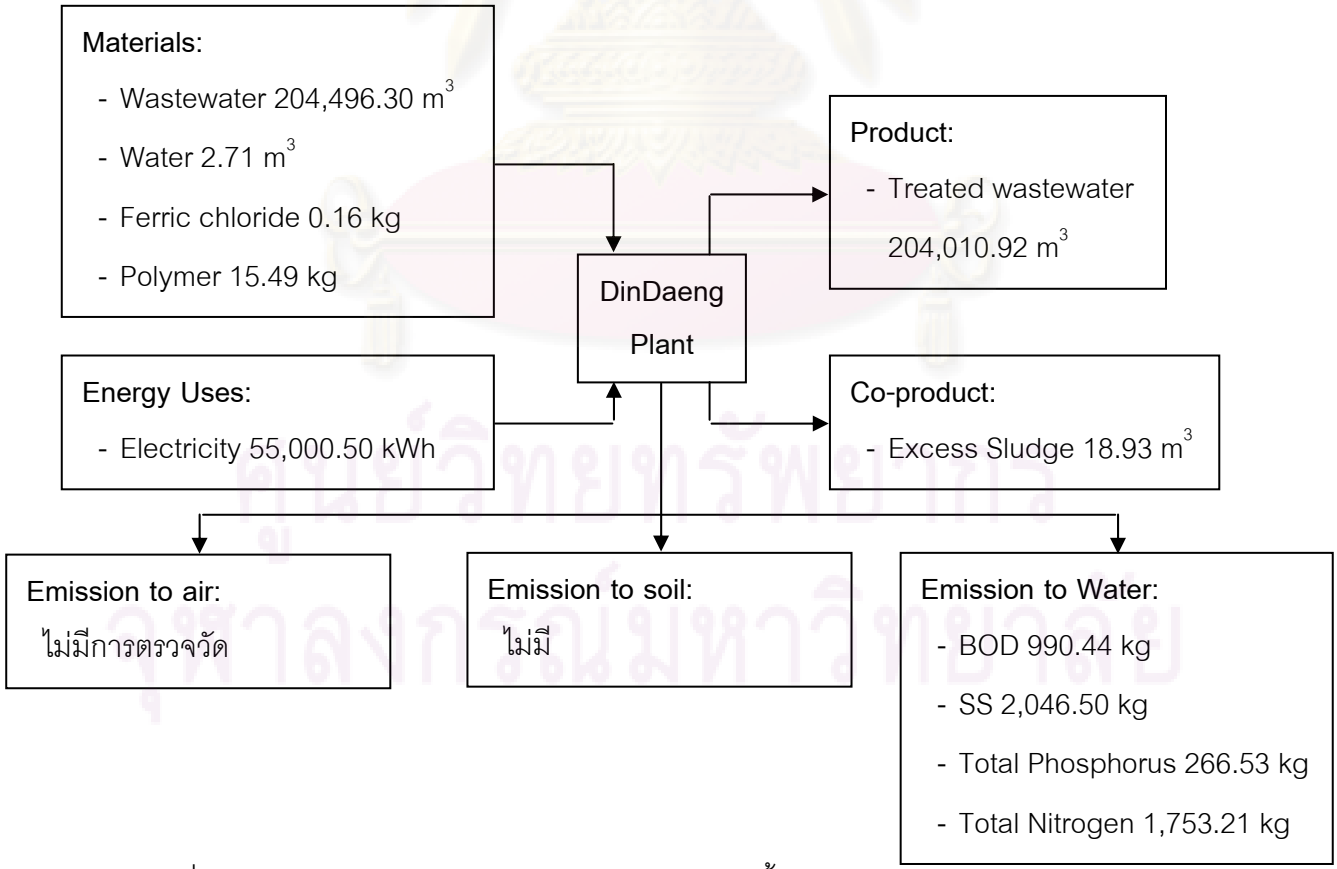
รูปที่ 4.6 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

จากรูปที่ 4.6 เมื่อพิจารณาจากศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมยังมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้อีกประมาณ 24,000 ลบ.ม./วัน หรือประมาณ 16% ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย 132,605.14 ลบ.ม. และกำจัดตะกอนที่รับมาอีก 46.26 ลบ.ม. จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 24,561.10 หน่วย และโพลิเมอร์ 28.61 กก. โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ

น้ำทิ้ง 130,494.18 ลบ.ม. ซึ่งมีบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด 483.90, 912.21, 85.86 และ 797.62 กก. ปนเปื้อนอยู่ ส่วนผลพลอยได้ คือ ตะกอนส่วนเกิน 42.07 ลบ.ม. ซึ่งจะถูกนำไปทำปุ๋ยต่อไป โดยมีไนโตรเจน 1,019.28 กก. ฟอสฟอรัส 803.72 กก. โพแทสเซียม 97.39 กก. สารหนู 172.96 ก. แคดเมียม 180.98 ก. โครเมียม 25.89 กก. ทองแดง 149.88 กก. ตะกั่ว 8.17 กก. แมงกานีส 66.09 กก. ปรอท 93.81 ก. นิกเกิล 15.32 กก. และสังกะสี 75.50 กก. ปนเปื้อนอยู่

4.2.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

เป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีพื้นที่โครงการรวม 235,200 ตร.ม. มีความยาวท่อรวบรวมน้ำเสีย 66 กม. และมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 350,000 ลบ.ม./วัน โดยใช้ระบบ Activated Sludge with Nutrients Removal ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยตลอดปี พ.ศ. 2551 ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ผังวิเคราะห์บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

จากรูปที่ 4.7 เมื่อพิจารณาจากศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงยังมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้อีกประมาณ 140,000 ลบ.ม./วัน หรือประมาณ 42% ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย 204,496.30 ลบ.ม. จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 55,000.50 หน่วย เฟอริคคลอไรด์ 0.16 กก. และโพลิเมอร์ 15.49 กก. โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ น้ำทิ้ง 204,010.92 ลบ.ม. ซึ่งมีบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด 990.44, 2,046.50, 266.53 และ 1,753.21 กก. ปนเปื้อนอยู่ ส่วนผลพลอยได้ คือ ตะกอนส่วนเกิน 18.93 ลบ.ม.

4.3 ปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย

ผลการวิจัยส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการบำบัดน้ำเสียต่อหน่วย 1 ลบ.ม.ของน้ำเสีย เพื่อให้ง่ายต่อการแปรผลข้อมูล ซึ่งจะพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง โดยใช้ข้อมูลการดำเนินงานจริงที่เก็บรวบรวมจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง ดังแสดงในภาคผนวก ข ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงานและค่าใช้จ่ายของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ.2551 และภาคผนวก ค จำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักรของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2551 การวิเคราะห์จะจำแนกตามชนิดของทรัพยากรและพลังงาน ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้สารเคมี และขนาดพื้นที่โครงการ

4.3.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า

การวิจัยด้านปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 5 ประเด็น คือ

(1) สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

(2) การเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

(3) สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่ง

(4) การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

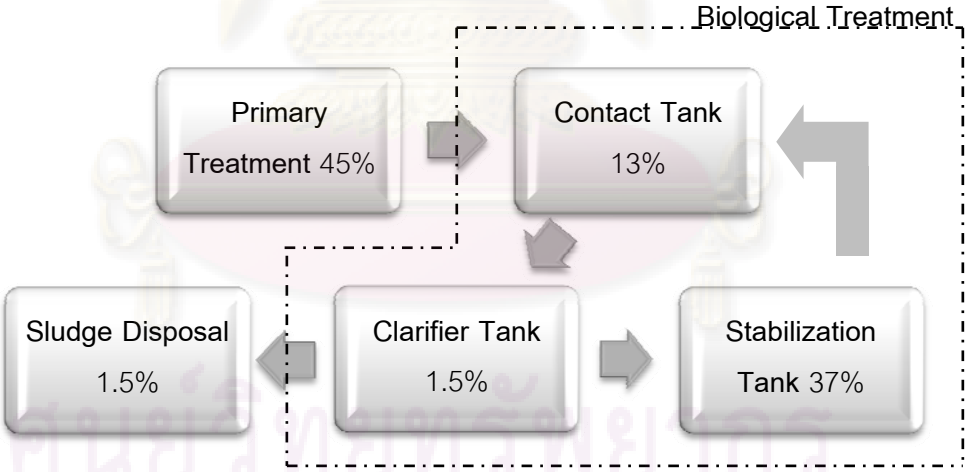
(5) การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยบีโอดีที่เข้าสู่ระบบ

ทั้งนี้การพิจารณาปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย จะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการลดปริมาณไฟฟ้าในขั้นตอนที่ไม่จำเป็น และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้การเปรียบเทียบปริมาณความต้องการไฟฟ้าของระบบบำบัดแต่ละรูปแบบ จะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงสุดต่อไป

4.3.1.1 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

เป็นการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย เพื่อพิจารณาว่าแต่ละขั้นตอนมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างไร ขั้นตอนใดมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด อันจะนำไปสู่การปรับปรุง – เปลี่ยนแปลงระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งให้มีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานสูงสุดต่อไป

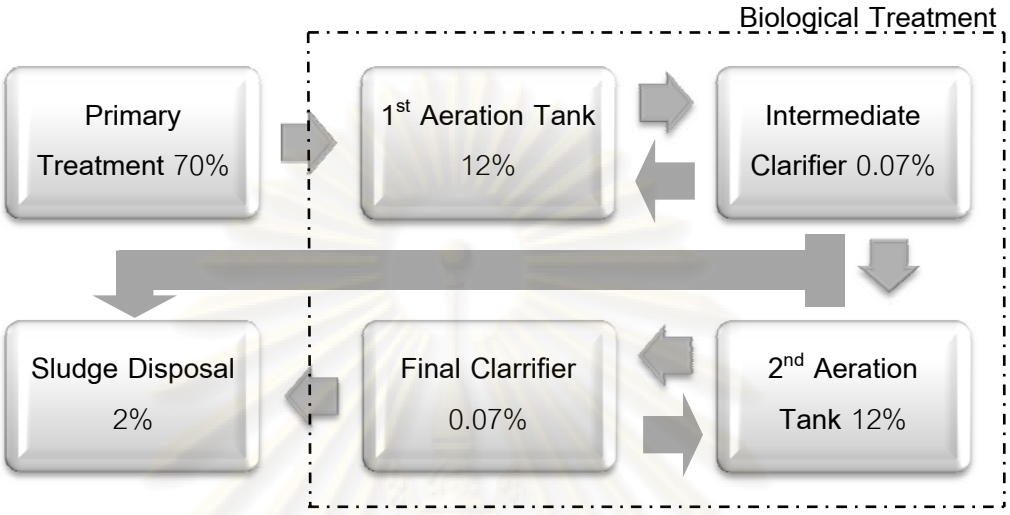
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา**



รูปที่ 4.8 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

จากรูปที่ 4.8 พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ 3,156.37 กิโลวัตต์ (ถังย่อยสลาย 2,279.48 กิโลวัตต์ ถังสัมผัส 781.94 กิโลวัตต์ และถังตกตะกอน 94.95 กิโลวัตต์) รองลงมา คือ กระบวนการบำบัดขั้นต้น 2,803.33 กิโลวัตต์ และระบบจัดการตะกอน 93.86 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลืออีก 158.22 กิโลวัตต์ เป็นการใช้ในสำนักงาน

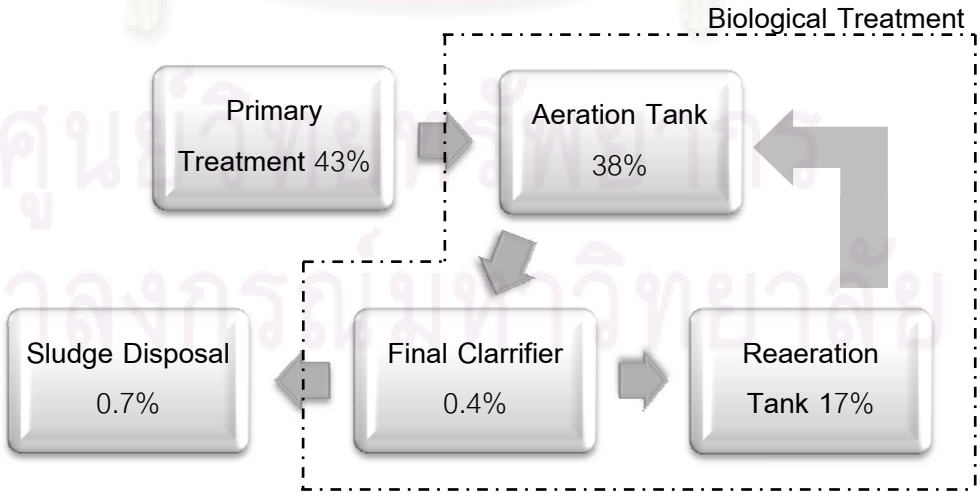
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์**



รูปที่ 4.9 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

จากรูปที่ 4.9 พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดขั้นต้น 3,675.50 กิโลวัตต์ รองลงมา คือ กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ 1,320.41 กิโลวัตต์ (ถังเติมอากาศขั้นแรก 656.42 กิโลวัตต์ ถังตกตะกอนขั้นกลาง 3.68 กิโลวัตต์ ถังเติมอากาศขั้นที่สอง 656.63 กิโลวัตต์ และถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย 3.68 กิโลวัตต์) และระบบจัดการตะกอน 106.29 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลืออีก 171.78 กิโลวัตต์ เป็นการใช้ในสำนักงาน

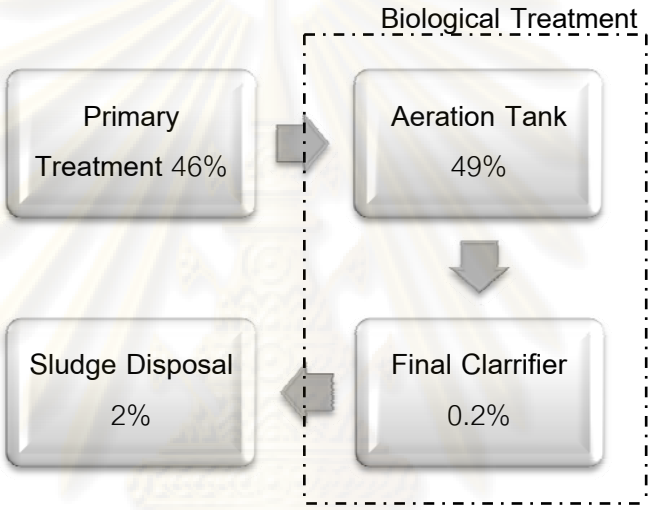
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ**



รูปที่ 4.10 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

จากรูปที่ 4.10 พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ 7,533.39 กิโลวัตต์ (ถังเติมอากาศ 5,178.14 กิโลวัตต์ ถังเติมอากาศสำหรับตะกอนหมุนเวียน 2,301.07 กิโลวัตต์ และถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย 54.19 กิโลวัตต์) รองลงมา คือ กระบวนการบำบัดขั้นต้น 5,866.82 กิโลวัตต์ และระบบจัดการตะกอน 89.52 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลืออีก 203.42 กิโลวัตต์ เป็นการใช้ในสำนักงาน

- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี**

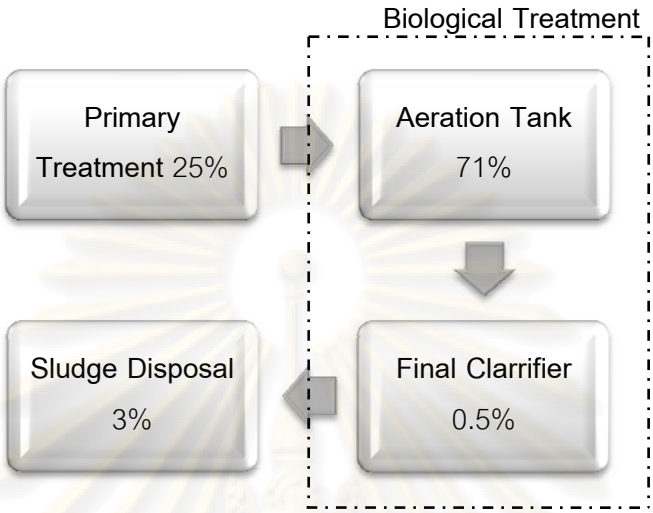


รูปที่ 4.11 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

จากรูปที่ 4.11 พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ 13,373.89 กิโลวัตต์ (ถังเติมอากาศ 13,304.49 กิโลวัตต์ และถังตกตะกอน 69.40 กิโลวัตต์) รองลงมา คือ กระบวนการบำบัดขั้นต้น 12,485.59 กิโลวัตต์ และระบบจัดการตะกอน 647.51 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลืออีก 194.38 กิโลวัตต์ เป็นการใช้ในสำนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

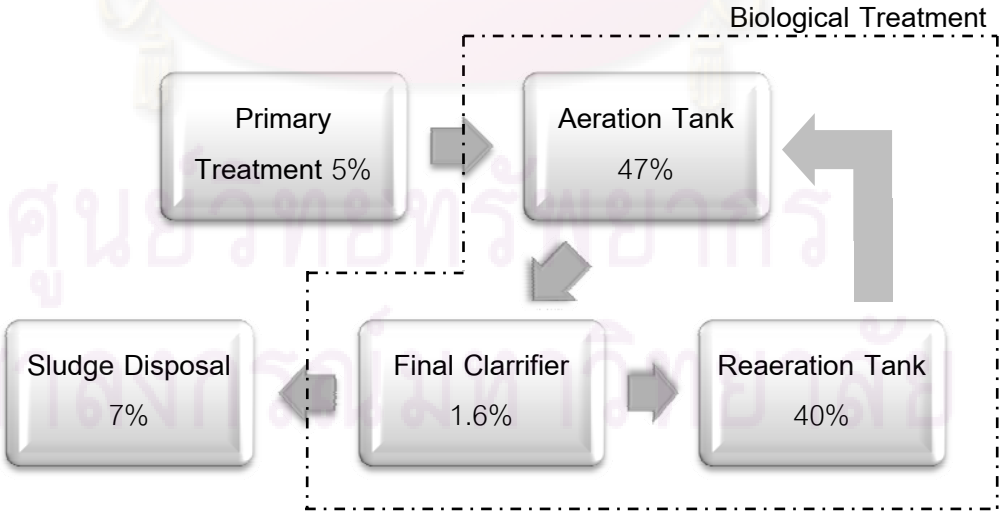
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร**



รูปที่ 4.12 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

จากรูปที่ 4.12 พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ 16,427.78 กิโลวัตต์ (ถังเติมอากาศ 16,306.70 กิโลวัตต์ และถังตกตะกอน 121.07 กิโลวัตต์) รองลงมา คือ กระบวนการบำบัดขั้นต้น 5,678.05 กิโลวัตต์ และระบบกำจัดกากตะกอน 766.32 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลืออีก 226.03 กิโลวัตต์ เป็นการใช้ในสำนักงาน

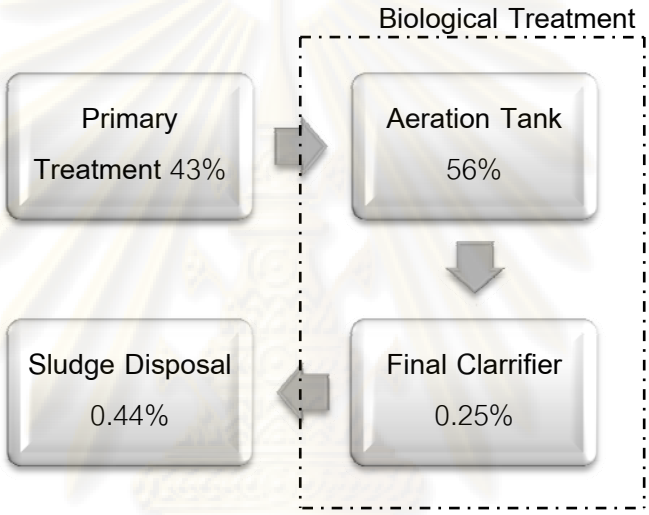
- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม**



รูปที่ 4.13 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

จากรูปที่ 4.13 พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ 21,476.22 กิโลวัตต์ (ถังเติมอากาศ 11,320.53 กิโลวัตต์ ถังเติมอากาศสำหรับตะกอนหมุนเวียน 9,771.39 กิโลวัตต์ และถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย 384.31 กิโลวัตต์) รองลงมา คือ ระบบกำจัดกากตะกอน 1,372.27 กิโลวัตต์ และกระบวนการบำบัดขั้นต้น 1,195.34 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลืออีก 180.82 กิโลวัตต์ เป็นการใช้ในสำนักงาน

- **โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง**



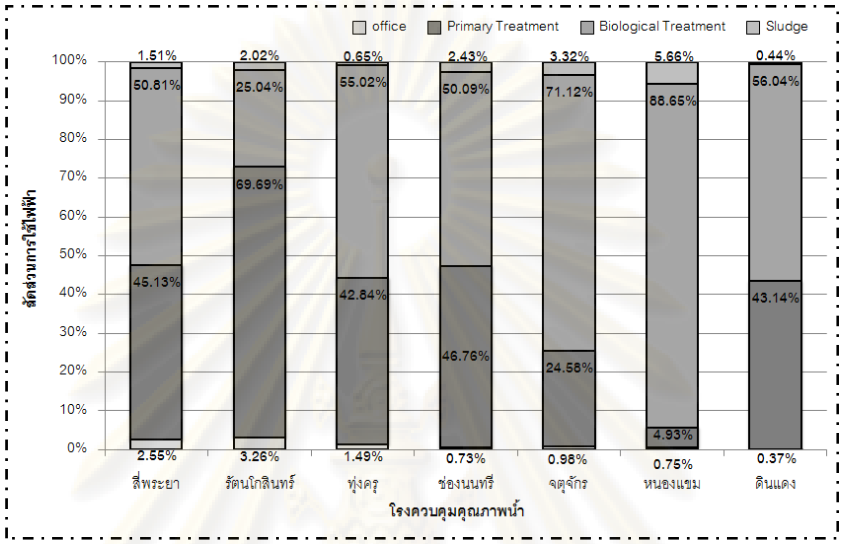
รูปที่ 4.14 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

จากรูปที่ 4.14 พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ 30,401.90 กิโลวัตต์ (ถังเติมอากาศ 30,267.18 กิโลวัตต์ และถังตกตะกอน 134.72 กิโลวัตต์) รองลงมา คือ กระบวนการบำบัดขั้นต้น 23,402.69 กิโลวัตต์ และระบบจัดการตะกอน 239.01 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลืออีก 203.42 กิโลวัตต์ เป็นการใช้ในสำนักงาน

4.3.1.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

เป็นการเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยจำแนกตามขั้นตอนการทำงานของระบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในสำนักงาน การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในการกำจัดตะกอน ดังแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ

กำลังของเครื่องจักรและชั่วโมงการทำงานของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง ประจำปี พ.ศ. 2551 ในภาคผนวก ค



รูปที่ 4.15 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามกระบวนการบำบัด

จากรูปที่ 4.15 พบว่า สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ (ประมาณ 95%) ถูกนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (การบำบัดน้ำเสียขั้นต้น และการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ) โดยสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นและการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเท่าๆ กัน ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ทุ่งครุ และดินแดง โดยมีสัดส่วน การใช้ไฟฟ้าประมาณ 45% และ 50% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Contact Stabilization Activated Sludge, Activated Sludge Process with Vertical Loop Reactor และ Activated Sludge with Nutrients Removal มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นใกล้เคียงกับการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ดังนั้น หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าของระบบบำบัดเหล่านี้ จะต้องพิจารณาทั้ง 2 กระบวนการควบคู่กัน

(2) สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นมากกว่าการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ได้แก่ โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โดยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้า 70% และ 25% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Two - Stage Activated Sludge Process มีสัดส่วน

การใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นสูงมาก ดังนั้น หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบนี้ ควรพิจารณาการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นเป็นหลัก

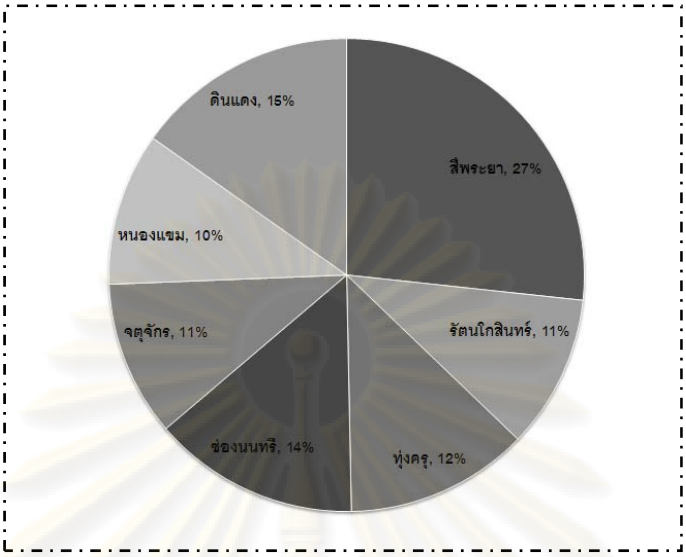
(3) สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นน้อยกว่าการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี และจตุจักร โดยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าประมาณ 15% และ 80% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Cyclic Activated Sludge System มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพสูงมาก ดังนั้น หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบนี้ ควรพิจารณาการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเป็นหลัก

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบบำบัด แต่ขึ้นอยู่กับรูปแบบของระบบบำบัด

4.3.1.3 **สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่ง**

เป็นการเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ซึ่งจะช่วยให้สามารถพิจารณาได้ว่า การบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่เท่ากัน รูปแบบของระบบบำบัดที่แตกต่างกัน มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าต่างกันอย่างไร และโรงควบคุมคุณภาพน้ำใด หรือระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบใด มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด ซึ่งสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันนี้มีความสำคัญต่อการพิจารณาประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียในอนาคตต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

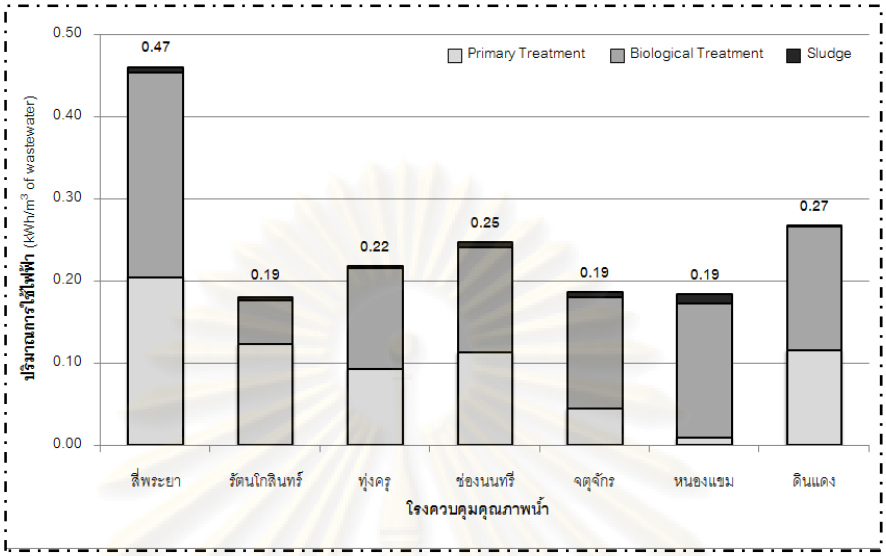


รูปที่ 4.16 สัดส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.16 พบว่า ใน 100% ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียต่อหน่วยปริมาณที่เท่ากัน พลังงานไฟฟ้าจะกระจายไปยังโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 10 – 15% ยกเว้นโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาที่มีปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 27% พลังงานส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการยกระดับน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดภายในอาคารที่มีลักษณะโครงสร้างแยกเป็นอิสระกันจำนวน 3 ชั้น แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบบำบัดหรือรูปแบบของระบบบำบัดที่แตกต่างกัน แต่ขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงสร้างโรงควบคุมคุณภาพน้ำให้มีลักษณะการดำเนินงานสอดคล้องกับลักษณะพื้นที่โครงการที่มี

4.3.1.4 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

เป็นการพิจารณาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยแยกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะทำให้ทราบถึงภาพรวม และข้อแตกต่างระหว่างระบบบำบัดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



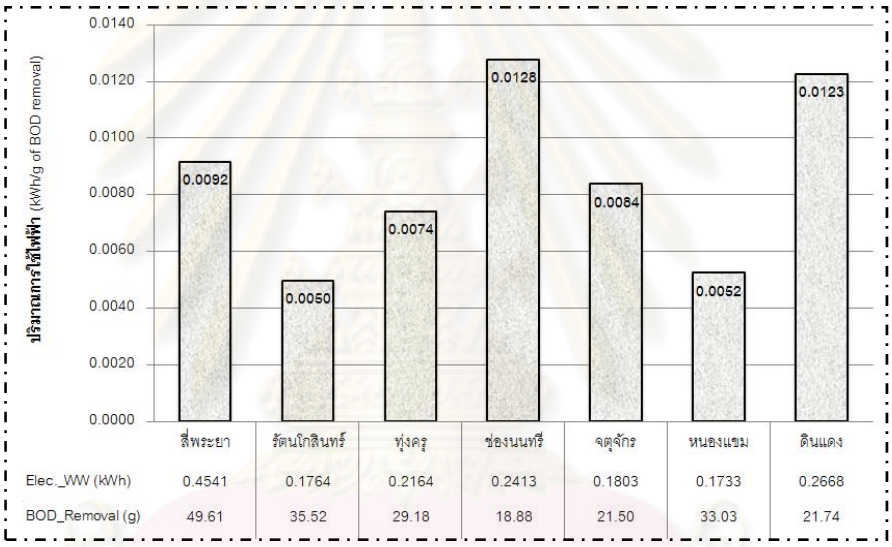
รูปที่ 4.17 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยปริมาณน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.17 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันประมาณ 0.22 หน่วยต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ยกเว้นโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้า 0.47 หน่วย เพื่อบำบัดน้ำเสียปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งมากกว่าระบบอื่นถึง 2 เท่า สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก พื้นที่ก่อสร้างโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีจำกัด ทำให้การออกแบบอาคารระบบบำบัดน้ำเสียต้องมีโครงสร้างวางซ้อนกัน 3 ชั้น แต่ละชั้นมีหน่วยบำบัดน้ำเสียทุกกระบวนการ และเป็นอิสระแยกจากกัน เพื่อให้เพียงพอกับความสามารถในการรองรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบตามที่ออกแบบไว้ น้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียจะถูกสูบแยกไปบำบัดแต่ละชั้น การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อยกระดับน้ำเสียเข้าสู่ระบบในแต่ละชั้น ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก

ผลการศึกษาของ Ortiz และคณะ [2007] พบว่า ระบบ Conventional Activate Sludge มีความต้องการพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย 0.5 หน่วยต่อน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร แสดงให้เห็นว่า การดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานครมีระดับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่สูงมากนัก

4.3.1.5 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยบีโอดีที่เข้าสู่ระบบ

เป็นการพิจารณาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการกำจัดบีโอดีปริมาณ 1 ก. ออกจากน้ำเสีย เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง ซึ่งการศึกษาจะพิจารณาเฉพาะส่วนของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเท่านั้น การวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด จะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของระบบบำบัดที่แตกต่างกัน หรือขนาดของระบบบำบัดที่มีต่ออัตราการใช้ไฟฟ้าในการกำจัดบีโอดี ซึ่งจะช่วยให้สามารถเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียได้เหมาะสมกับปริมาณมลสารต่อไป



รูปที่ 4.18 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด

จากรูปที่ 4.18 พบว่า สามารถแบ่งอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดต่ำ ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ และหนองแขม โดยมีอัตราการใช้ไฟฟ้าประมาณ 0.0050 หน่วยต่อการกำจัดบีโอดี 1 ก. โรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง มีรูปแบบและขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน แต่หากพิจารณาจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าและปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดจะพบว่า มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ มีปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดสูง ในขณะที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่ำ ส่งผลให้อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดต่ำนั่นเอง

(2) โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดปานกลาง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ทุ่งครุ และจตุจักร โดยมีอัตราการใช้ไฟฟ้าประมาณ 0.0085 หน่วยต่อการกำจัดบีโอดี 1 ก. โรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 3 แห่ง มีรูปแบบและขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน แต่หากพิจารณาจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า และปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด จะพบว่า มีลักษณะที่แตกต่างกันด้วย กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดสูง ในขณะที่ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียสูงเช่นกัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุมีปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดปานกลาง ในขณะที่ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียปานกลางเช่นกัน และโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดต่ำ ในขณะที่ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่ำเช่นกัน ส่งผลให้อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดของโรงควบคุมคุณภาพทั้ง 3 แห่ง มีปริมาณใกล้เคียงกันนั่นเอง

(3) โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดสูง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี และดินแดง โดยมีอัตราการใช้ไฟฟ้าประมาณ 0.0125 หน่วยต่อการกำจัดบีโอดี 1 ก. โรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง มีรูปแบบและขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน แต่หากพิจารณาจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า และปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด จะพบว่า มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ มีปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดต่ำ ในขณะที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียสูง ส่งผลให้อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดสูงสุดนั่นเอง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด กล่าวคือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่สามารถกำจัดบีโอดีได้มาก ย่อมมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยบีโอดีที่ถูกกำจัดน้อยนั่นเอง แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าในการกำจัดบีโอดีสามารถทำได้โดย การเพิ่มความเข้มข้นของบีโอดีก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด เพื่อให้การใช้งานระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด

4.3.2 ปริมาณการใช้สารเคมี

การวิจัยด้านปริมาณการใช้สารเคมีจะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ

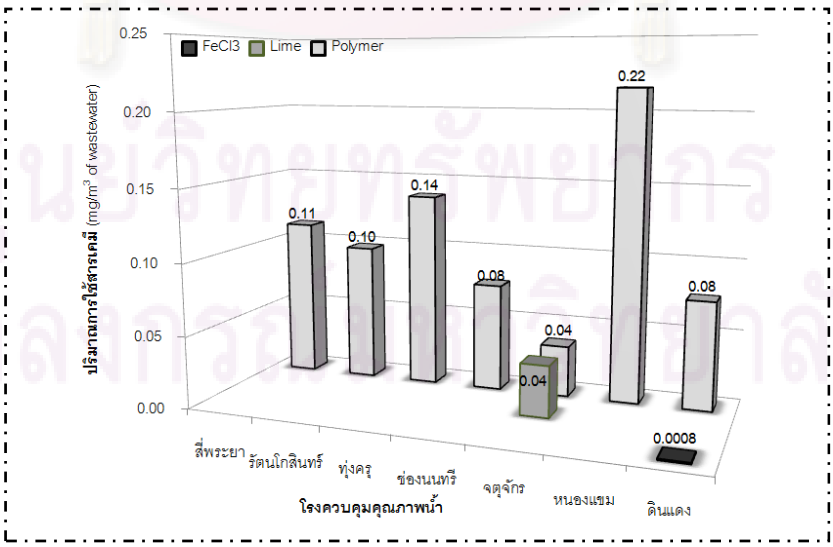
(1) ปริมาณการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

(2) ปริมาณการใช้โพลิเมอร์ในการกำจัดตะกอน เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

ทั้งนี้ การพิจารณาปริมาณความต้องการสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดที่แตกต่างกัน จะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการเลือกใช้ระบบบำบัดต่อไป

4.3.2.1 ปริมาณการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้สารเคมีของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยจำแนกตามประเภทของสารเคมีที่ใช้ออกเป็น 2 ประเภท คือ สารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (เฟอร์ริคคลอไรด์) และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดตะกอน (โพลิเมอร์ และปูนขาว) ทั้งนี้รายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณการใช้สารเคมีของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง ประจำปี พ.ศ.2551 ดังแสดงในภาคผนวก ข



รูปที่ 4.19 ปริมาณการใช้สารเคมี

จากรูปที่ 4.19 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียงแห่งเดียวที่มีการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียตลอดปี พ.ศ. 2551 คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ซึ่งใช้สารเฟอริค-คลอไรด์ประมาณ 0.0008 มก./ลบ.ม. ของน้ำเสีย ทั้งนี้ปริมาณการใช้เฟอร์ริคคลอไรด์เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลตลอดปี 2551 ซึ่งจะมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนระบายออกจากระบบทุกวัน หากพบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรุงเทพมหานคร ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 2 มก./ล. [สำนักการระบายน้ำ, 2552] จึงจะเติมสารเฟอริคคลอไรด์เพื่อปรับสภาพน้ำเสียให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานก่อนระบายออกต่อไป

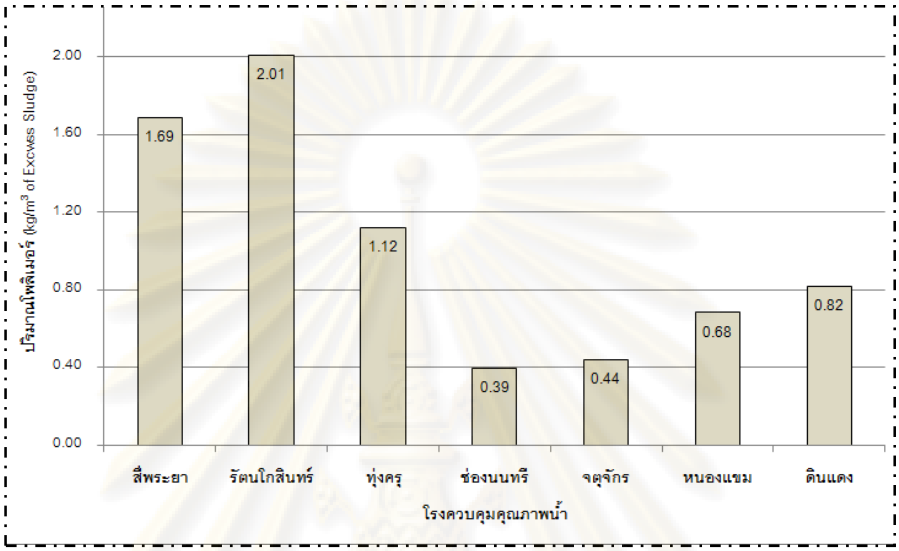
ส่วนการกำจัดตะกอน โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งใช้สารเคมีชนิดเดียวกัน คือ โพลิเมอร์ ชนิด Polyacrylamide จากรูปที่ 4.19 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรซึ่งเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางมีปริมาณการใช้โพลิเมอร์น้อยที่สุด ในทางตรงกันข้ามโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมซึ่งเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางเช่นกัน แต่มีปริมาณการใช้โพลิ-เมอร์มากที่สุด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต้องกำจัดทั้งตะกอนที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย และตะกอนที่รับมาจากแหล่งอื่นด้วยนั่นเอง ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีการใช้โพลิเมอร์ประมาณ 0.12 มก./ลบ.ม. ของน้ำเสีย ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่ต้องส่งตะกอนกำจัดมีการใช้โพลิเมอร์ ประมาณ 0.08 มก./ลบ.ม. ของน้ำเสีย เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีสัดส่วนตะกอนแขวนลอยต่อน้ำเสียน้อยกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่ต้องส่งตะกอนกำจัด (ดังตารางที่ 4.5) การชนกันหรือรวมตัวกันของตะกอนแขวนลอยโดยลำพังจึงมีโอกาสน้อยกว่า ความต้องการใช้โพลิเมอร์เพื่อเป็นสะพานเชื่อมให้ตะกอนแขวนลอยต่างๆ จับตัวกันและตกลงสู่ก้นถังจึงสูงกว่า

การกำจัดกากตะกอนส่วนเกินของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรจะใช้ปูนขาวร่วมด้วย โดยผสมกับตะกอนแห้งเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นในกากตะกอน เนื่องจากกากตะกอนที่ได้จะนำไปถมที่ ซึ่งต่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมที่นำกากตะกอนไปหมักทำปุ๋ย

4.3.2.2 ปริมาณการใช้โพลิเมอร์ในการกำจัดกากตะกอน เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

การวิจัยในส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้โพลิเมอร์ (Polyacrylamide) ต่อกากตะกอนส่วนเกิน 1 ลบ.ม. เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง ซึ่งจะ

ช่วยให้เข้าใจปริมาณความต้องการใช้สารเคมีที่แตกต่างระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดและรูปแบบได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 4.20 ปริมาณการใช้โพลิเมอร์ในการกำจัดตะกอน

จากตารางที่ 4.20 พบว่า การกำจัดกากตะกอนในปริมาณที่เท่ากัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์มีความต้องการใช้โพลิเมอร์สูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ทุ่งครุ ดินแดง หนองแขม จตุจักร และช่องนนทรี ตามลำดับ หากพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัดจะได้ว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีความต้องการใช้โพลิเมอร์สูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลาง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาร่วมกับอัตราการเกิดกากตะกอน ดังตารางที่ 4.5 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง มีอัตราการเกิดตะกอนส่วนเกินสูง ในขณะที่ความต้องการใช้โพลิเมอร์เพื่อช่วยในการจับตัวกันของตะกอนน้อย ฉะนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ขนาดของระบบมีผลต่อปริมาณการใช้โพลิเมอร์ในการกำจัดตะกอน

นอกจากนี้หากพิจารณาสัดส่วนการใช้โพลิเมอร์ทั้งหมด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมซึ่งมีระบบกำจัดตะกอน มีสัดส่วนการใช้โพลิเมอร์สูงสุด โดยคิดเป็น 29% ของทั้งหมด เนื่องจากภาระการกำจัดตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีมากที่สุด (ตะกอนรวมทั้งตะกอนจากที่อื่นและตะกอนจากหนองแขม) ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรซึ่งมีระบบกำจัดตะกอนเช่นกัน มีสัดส่วนการใช้โพลิเมอร์ต่ำที่สุดเพียง 5% เท่านั้น ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ ซึ่งไม่มีระบบกำจัดตะกอน มีสัดส่วนการใช้โพลิเมอร์ 10 - 15%

โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีการจัดการตะกอน ย่อมมีประสิทธิภาพในการจัดการมากกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีระบบบำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียว ปริมาณการใช้โพลิเมอร์จึงมีสัดส่วนที่น้อยกว่า ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า สัดส่วนการใช้โพลิเมอร์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบบำบัด แต่ขึ้นอยู่กับการมี/ไม่มีระบบกำจัดตะกอนร่วมด้วย

4.3.3 อัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย

การวิจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการบำบัดน้ำเสียจะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ

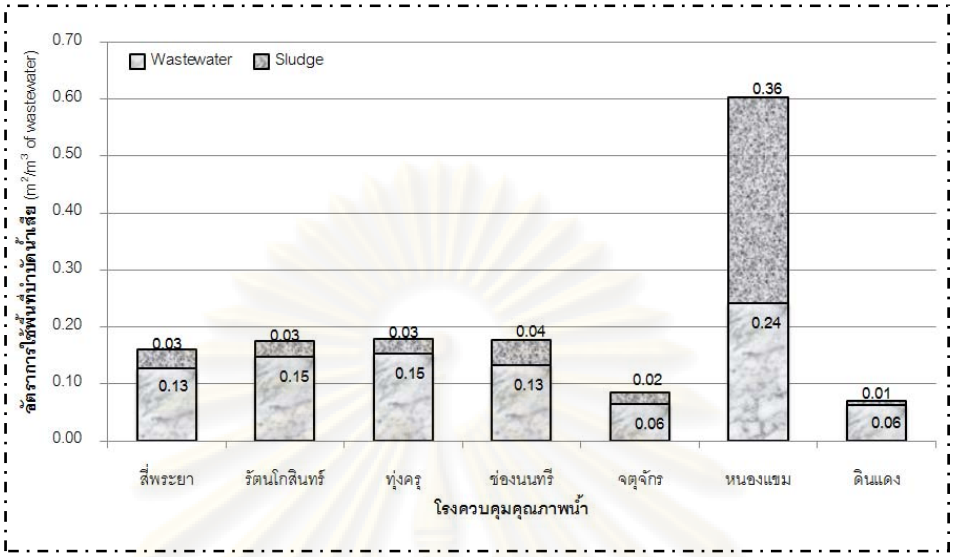
(1) การเปรียบเทียบอัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง
(2) การเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

การพิจารณาอัตราการใช้พื้นที่จะทำให้ทราบถึงความต้องการพื้นที่ของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดและรูปแบบของระบบแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประเมินศักยภาพในการขยายความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง อันจะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการใช้งานระบบบำบัดให้มีประสิทธิภาพด้านพื้นที่สูงสุดต่อไป

4.3.3.1 การเปรียบเทียบอัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

เป็นการศึกษาอัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง ซึ่งคำนวณจากขนาดพื้นที่ของโครงการเฉพาะส่วนระบบบำบัดและปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจริง โดยแบ่งการใช้ประโยชน์พื้นที่ในการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย และพื้นที่ในการกำจัดตะกอน ซึ่งจะทำให้เข้าใจความต้องการพื้นที่ของระบบบำบัดที่มีขนาดและรูปแบบที่แตกต่างกันชัดเจนยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



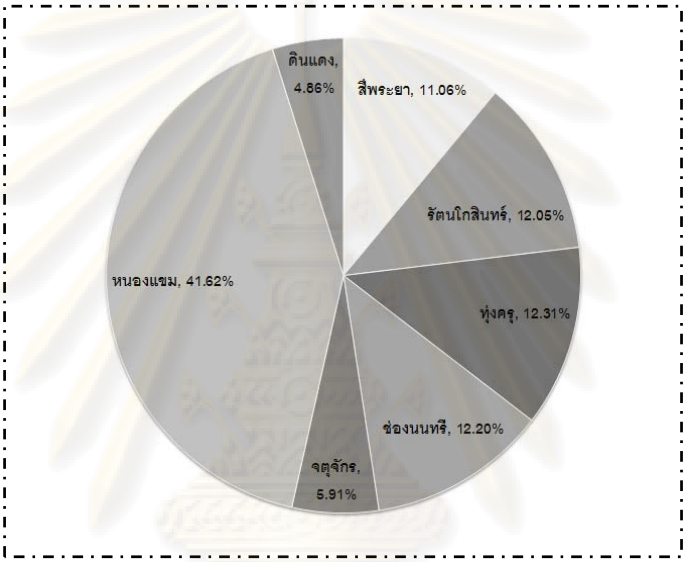
รูปที่ 4.21 อัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.21 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีอัตราการใช้พื้นที่สูงสุดทั้งในส่วนของพื้นที่เพื่อการบำบัดน้ำเสีย และพื้นที่เพื่อการกำจัดกากตะกอน ภาระการรับกำจัดกากตะกอนจากภายนอกและความต้องการพื้นที่ของระบบกากตะกอนที่ค่อนข้างสูง ส่งผลให้พื้นที่โครงการของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีขนาดมากกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ โดยมีพื้นที่ทั้งหมดจำนวน 54 ไร่ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ (1) พื้นที่สำนักงาน และพื้นที่ว่าง จำนวน 4 ไร่ (2) พื้นที่บำบัดน้ำเสีย 20 ไร่ และ (3) พื้นที่กำจัดตะกอน 30 ไร่ รองลงมา คือ กลุ่มของโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ต้องส่งกำจัดตะกอน มีความต้องการพื้นที่ 0.17 ตร.ม.ต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร มีความต้องการพื้นที่ 0.08 ตร.ม.ต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่มีอัตราการใช้พื้นที่ต่ำที่สุดเพียง 0.07 ตร.ม.ต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ฉะนั้น การพิจารณาประสิทธิภาพด้านการใช้พื้นที่จึงสรุปได้ว่า รูปแบบของระบบบำบัดที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อความต้องการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย แต่ขนาดและปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบยิ่งมาก อัตราการใช้พื้นที่ก็จะยิ่งต่ำ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การวางแผนการบำบัดน้ำเสียจึงควรรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบให้ได้มากที่สุดตามศักยภาพของพื้นที่ที่มีนั่นเอง

4.3.3.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

เป็นการวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนการใช้พื้นที่เฉพาะส่วนของระบบบำบัด เพื่อบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่เท่ากัน เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง ซึ่งจะทำให้ทราบถึงภาพรวมการใช้พื้นที่ของระบบบำบัดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.22 สัดส่วนการใช้พื้นที่

จากรูปที่ 4.22 พบว่า การบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่เท่ากันสามารถแบ่งสัดส่วนความต้องการใช้พื้นที่ ออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีสัดส่วนการใช้พื้นที่สูง ได้แก่ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โดยมีสัดส่วนเกือบ 50% ของพื้นที่ทั้งหมด สาเหตุสำคัญที่ทำให้โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีความต้องการใช้พื้นที่สูงมาก คือ การใช้พื้นที่เพื่อการกำจัดตะกอน นอกจากนี้หากพิจารณาจากขนาดของระบบและพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง แต่มีพื้นที่ในการบำบัดสูงมาก ดังนั้น สัดส่วนการใช้พื้นที่จึงค่อนข้างสูง

(2) โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีสัดส่วนการใช้พื้นที่ปานกลาง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ช่องนนทรี รัตนโกสินทร์ และสี่พระยา โดยมีสัดส่วนประมาณ 12% ของพื้นที่

ทั้งหมด ซึ่งหากพิจารณาจากขนาดของระบบและพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัด พบว่า มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์และทุ่งครุ มีปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบและพื้นที่ในการบำบัดน้อย ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี มีปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบและพื้นที่ในการบำบัดปานกลาง ดังนั้น ผลลัพธ์ของสัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 4 แห่ง จึงมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในระดับปานกลาง

(3) โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีสัดส่วนการใช้พื้นที่ต่ำ ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร และดินแดง โดยมีสัดส่วนประมาณ 5% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งหากพิจารณาจากขนาดของระบบและพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัด พบว่า มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง แต่มีพื้นที่ในการบำบัดน้อย ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ แต่มีพื้นที่ในการบำบัดปานกลาง ดังนั้น ผลลัพธ์ของสัดส่วนการใช้พื้นที่ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง จึงมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในระดับต่ำ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สัดส่วนการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียไม่ได้ขึ้นอยู่ขนาดหรือรูปแบบของระบบบำบัด แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีความสามารถในการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดสูง ย่อมสามารถใช้งานระบบบำบัดได้อย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งเท่ากับสามารถใช้งานพื้นที่บำบัดน้ำเสียได้อย่างเต็มศักยภาพเช่นกัน

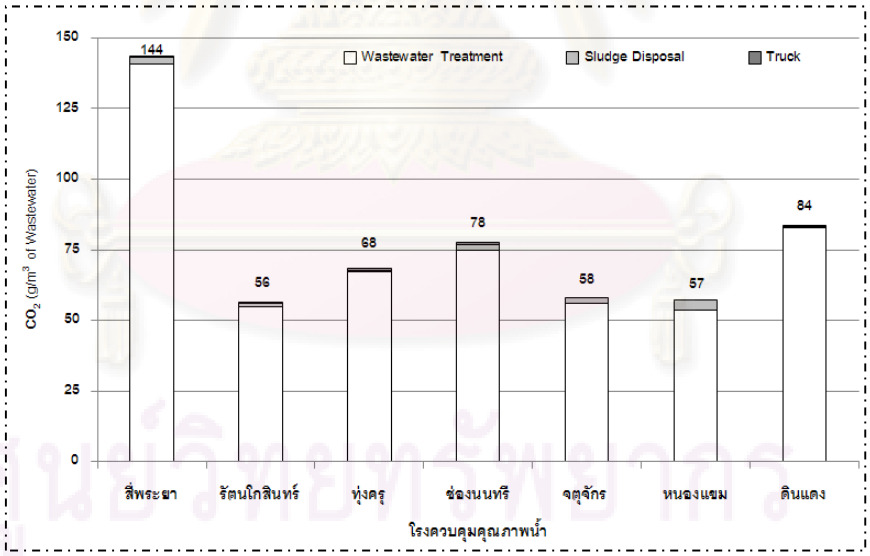
4.4 การปนเปื้อนมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัยส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนมลสารจากการบำบัดน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะพิจารณาเปรียบเทียบในหน่วย 1 ลบ.ม.ของน้ำเสีย สำหรับการวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศและแหล่งน้ำ ส่วนการวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดินจะพิจารณาเปรียบเทียบในหน่วย 1 ลบ.ม.ของกากตะกอนส่วนเกิน

4.4.1 การปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศ

มลสารที่ระบายออกสู่บรรยากาศจำนวน 5 ชนิด ประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไฮโดรคาร์บอน (HC) แต่เนื่องจากไม่มีการตรวจวัดมลพิษทางอากาศบริเวณพื้นที่โครงการ ผลการวิจัยส่วนนี้จึงเป็นการประเมินโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (JEMAI-lca Pro) เพื่อคำนวณปริมาณมลสารที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า – สารเคมี และการขนส่งที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย ปริมาณมลสารที่ได้จึงไม่ใช้มลสารที่เกิดจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียโดยตรง แต่เป็นมลสารต้นทางจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย – การกำจัดตะกอน และการขนส่งกากตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม การพิจารณาปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นจะเทียบต่อหน่วยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ โดยแบ่งตามขั้นตอนการทำงานเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย การบำบัดน้ำเสีย การกำจัดตะกอน และการขนส่งกากตะกอน

❖ **คาร์บอนไดออกไซด์**



รูปที่ 4.23 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระบายออกสู่บรรยากาศ

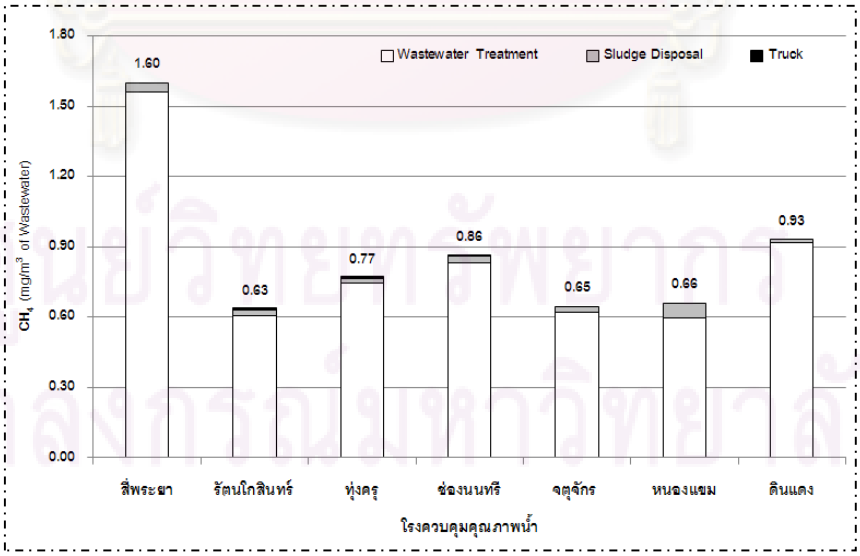
จากรูปที่ 4.23 พบว่า การปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศเกิดขึ้นจากทั้ง 3 ขั้นตอนการทำงาน โดยประมาณ 97% ของ CO_2 ที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแหล่งกำเนิดของมลสาร จะได้ว่า 99% ของ CO_2 เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าใน

การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งเป็นหลัก กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณ CO_2 ต่อหน่วยน้ำเสียที่ระบายออกสู่บรรยากาศจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ปริมาณ CO_2 ต่อหน่วยน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่ระบายออกสู่บรรยากาศมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีการปล่อย CO_2 ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศเช่นกัน

Azapagic [2004] ศึกษาการพัฒนาอย่างยั่งยืน พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย 30% มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนที่เหลือจึงเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัด ในขณะที่ Ortiz [2007] ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า ระบบบำบัดแบบ Conventional Activated Sludge เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.39 กก./ลบ.ม. ของน้ำเสีย

❖ **มีเทน**

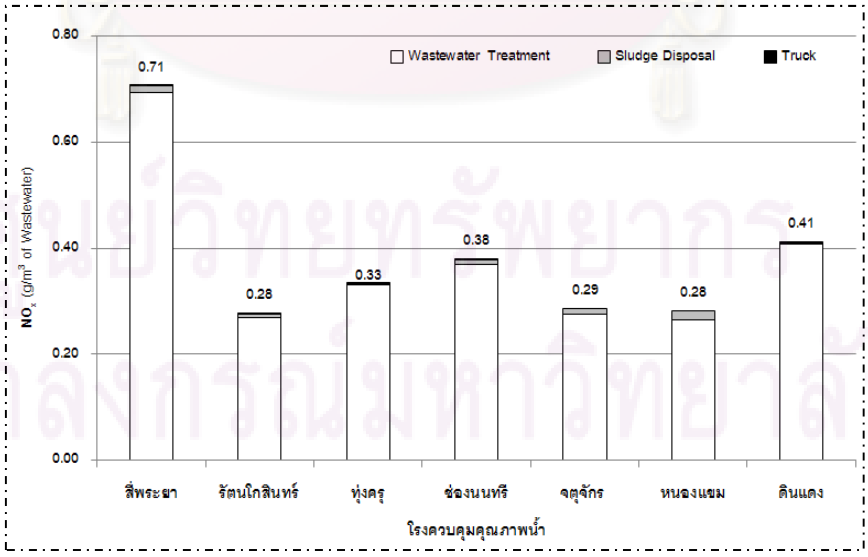


รูปที่ 4.24 ปริมาณมีเทนที่ระบายออกสู่บรรยากาศ

จากรูปที่ 4.24 พบว่า การปล่อย CH_4 ออกสู่บรรยากาศเกิดขึ้นจากทั้ง 3 ขั้นตอนการทำงาน แต่ปริมาณ CH_4 ที่เกิดจากขั้นตอนการขนส่งตะกอนมีน้อยมาก (น้อยกว่า 0.0001%) จึงยกเว้น การพิจารณาในส่วนนี้ โดยประมาณ 90% ของ CH_4 ที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์จึงมีลักษณะคล้ายคลึงกับปริมาณการปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแหล่งกำเนิดของมลสาร จะได้ว่า 90% ของ CH_4 เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ปริมาณ CH_4 ที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งเป็นหลัก กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณ CH_4 ต่อหน่วยน้ำเสียที่ระบายออกสู่บรรยากาศจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัดจึงให้ผลเช่นเดียวกับการปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศ กล่าวคือ หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ปริมาณ CH_4 ต่อหน่วยน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่ระบายออกสู่บรรยากาศมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีการปล่อย CH_4 ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อย CH_4 ออกสู่บรรยากาศเช่นกัน

❖ **ออกไซด์ของไนโตรเจน**



รูปที่ 4.25 ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนที่ระบายออกสู่บรรยากาศ

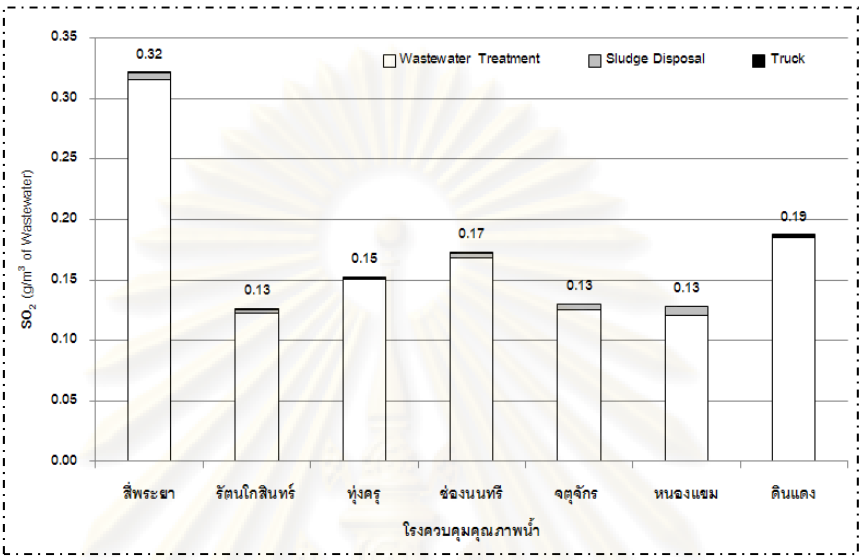
จากรูปที่ 4.25 พบว่า การปล่อย NO_x ออกสู่บรรยากาศเกิดขึ้นจากทั้ง 3 ขั้นตอนการทำงาน แต่เนื่องจากปริมาณ NO_x ที่เกิดจากขั้นตอนการขนส่งตะกอนมีน้อยมาก (น้อยกว่า 0.002%) จึงยกเว้นการพิจารณาในส่วนนี้ โดยประมาณ 98% ของ CH_4 ที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์จึงมีลักษณะคล้ายคลึงกับปริมาณการปล่อย CO_2 และ CH_4 ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแหล่งกำเนิดของมลสาร จะได้ว่า 99% ของ NO_x เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ปริมาณ NO_x ที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งเป็นหลัก กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณ NO_x ต่อหน่วยน้ำเสียที่ระบายออกสู่บรรยากาศจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัดจึงให้ผลเช่นเดียวกับการปล่อย CO_2 และ CH_4 ออกสู่บรรยากาศ กล่าวคือ หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ปริมาณ NO_x ต่อหน่วยน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่ระบายออกสู่บรรยากาศมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีการปล่อย NO_x ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อย NO_x ออกสู่บรรยากาศเช่นกัน

Schulthess [1996] ศึกษาการปล่อย Nitrous Oxide จากกระบวนการ Denitrifying ของระบบ Activated Sludge พบว่า ปริมาณไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียมีน้อยมาก โดยมีเพียงน้อยกว่า 0.1% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบบำบัด ในขณะที่ Ortiz [2007] ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า ระบบบำบัดแบบ Conventional Activated Sludge เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนประมาณ 0.84 กก./ลบ.ม. ของน้ำเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

❖ **ซัลเฟอร์ไดออกไซด์**



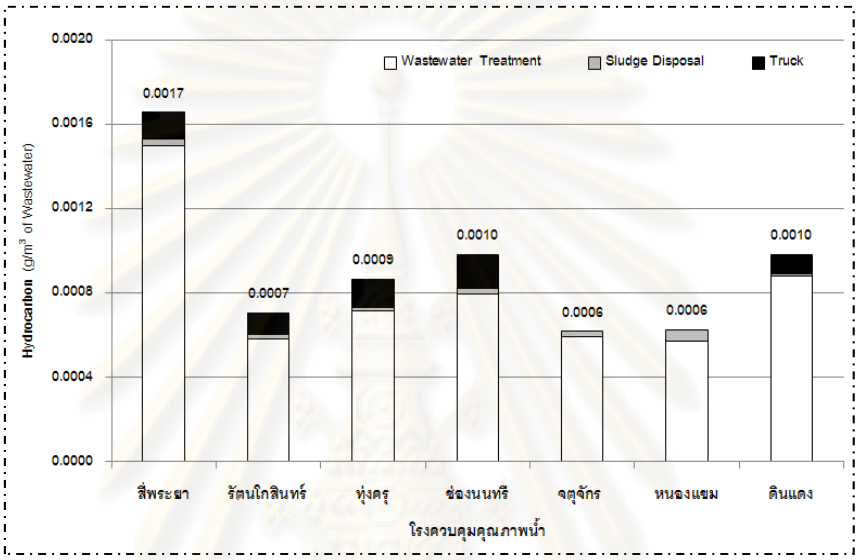
รูปที่ 4.26 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ระบายออกสู่บรรยากาศ

จากรูปที่ 4.26 พบว่า การปล่อย SO_2 ออกสู่บรรยากาศเกิดขึ้นจากทั้ง 3 ขั้นตอนการทำงาน แต่เนื่องจากปริมาณ SO_2 ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการขนส่งตะกอนมีน้อยมาก (น้อยกว่า 0.001%) จึงยกเว้นการพิจารณาในส่วนนี้ โดยประมาณ 98% ของ SO_2 ที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์จึงมีลักษณะคล้ายคลึงกับปริมาณการปล่อย CO_2, CH_4 และ NO_x ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแหล่งกำเนิดของมลสาร จะได้ว่า 99% ของ SO_2 เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ปริมาณ SO_2 ที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งเป็นหลัก กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณ SO_2 ต่อหน่วยน้ำเสียที่ระบายออกสู่บรรยากาศจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัดจึงให้ผลเช่นเดียวกับการปล่อย CO_2, CH_4 และ NO_x ออกสู่บรรยากาศ กล่าวคือ หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ปริมาณ SO_2 ต่อหน่วยน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่ระบายออกสู่บรรยากาศมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีการปล่อย SO_2 ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อย SO_2 ออกสู่บรรยากาศเช่นกัน

❖ **ไฮโดรคาร์บอน**



รูปที่ 4.27 ปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่ระบายออกสู่บรรยากาศ

จากรูปที่ 4.27 พบว่า การปล่อย HC ออกสู่บรรยากาศเกิดขึ้นจากทั้ง 4 ขั้นตอนการทำงาน โดยประมาณ 90% ของ HC ที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากแหล่งกำเนิดของมลสาร จะได้ว่า 90% ของ HC เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นปริมาณ HC ที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งเป็นหลัก กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณ HC ต่อหน่วยน้ำเสียที่ระบายออกสู่บรรยากาศจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัดจึงให้ผลเช่นเดียวกับการปล่อย CO_2, CH_4, NO_x และ SO_2 ออกสู่บรรยากาศ กล่าวคือ หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาปริมาณ HC ต่อหน่วยน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่ระบายออกสู่บรรยากาศมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีการปล่อย HC ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและ

ขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อย HC ออกสู่บรรยากาศเช่นกัน

ตารางที่ 4.6 สรุปผลวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศ

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ	**น้ำเสีย** (ลบ.ม./วัน)	CO_2 (กก./วัน)	CH_4 (กก./วัน)	NO_x (กก./วัน)	SO_2 (กก./วัน)	HC (กก./วัน)
สี่พระยา	13,306.29	1,910.53	0.02	9.38	4.27	0.02
รัตนโกสินทร์	28,720.32	1,618.73	0.02	7.91	3.60	0.02
ทุ่งครุ	62,790.76	4,295.09	0.05	20.91	9.52	0.05
ช่องนนทรี	108,638.41	8,432.12	0.09	41.08	18.69	0.11
จตุจักร	124,324.67	7,191.75	0.08	35.45	16.13	0.08
หนองแขม	132,651.40	7,590.40	0.09	37.28	16.97	0.08
ดินแดง	204,496.30	17,099.20	0.19	83.76	38.11	0.20

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปริมาณการปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศจากการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งมีลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กย่อมมีปริมาณการปนเปื้อนน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากประเภทของมลสารที่ปนเปื้อน พบว่า 99% ของการปนเปื้อนมาจากการระบาย CO_2 ออกสู่บรรยากาศ

4.4.2 การปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำ

การวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำจากการบำบัดน้ำเสีย และปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า มลสารที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำทั้งหมดมาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ไม่เกี่ยวข้องกับมลสารต้นทางจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำตลอดวัฏจักรเท่ากับปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำจากการบำบัดน้ำเสีย การวิเคราะห์ผลจึงมีเพียงประเด็นเดียวเท่านั้น คือ ปริมาณมลสารจากการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งการเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนมลสารจากการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำจะ

พิจารณาในหน่วย 1 ลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย การวิเคราะห์จะจำแนกตามประเภทของมลสารประกอบด้วย บีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณการปนเปื้อนมลสารเหล่านี้ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำ ดังแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ	**บีโอดี** (มก./ล.)	**ตะกอนแขวนลอย** (มก./ล.)	**ฟอสฟอรัสทั้งหมด** (มก./ล.)	**ไนโตรเจนทั้งหมด** (มก./ล.)
สี่พระยา	5.27 ± 0.24	6.38 ± 0.20	1.33 ± 0.31	9.94 ± 2.09
รัตนโกสินทร์	10.89 ± 2.34	13.74 ± 3.45	1.63[(2)]	5.55 ± 1.53
ทุ่งครุ	3.21 ± 0.32	5.70 ± 1.29	0.58 ± 0.07	8.04 ± 0.56
ช่องนนทรี	7.96 ± 1.55	13.20 ± 2.08	1.49 ± 0.15	6.81 ± 0.64
จตุจักร	9.86 ± 1.58	11.44 ± 1.16	1.50 ± 0.16	7.11 ± 1.02
หนองแขม	3.65 ± 1.51	6.88 ± 1.32	0.65 ± 0.10	6.02 ± 0.93
ดินแดง	4.84 ± 2.95	10.01 ± 2.35	1.30 ± 0.35	8.57 ± 0.81
มาตรฐานน้ำทิ้ง[(1)]	≤20	≤30	≤2	≤10

หมายเหตุ: (1) คือ มาตรฐานน้ำทิ้ง กรุงเทพมหานคร

(2) คือ ค่าเฉลี่ยของปี 2550 เนื่องจากไม่มีผลการวิเคราะห์ในปี 2551

❖ บีโอดีในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.7 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนบีโอดีออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์มีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพจตุจักร ช่องนนทรี สี่พระยา ดินแดง หนองแขม และทุ่งครุ ตามลำดับ แต่หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กรุงเทพมหานคร ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 20 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

❖ ตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.7 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนตะกอนแขวนลอยออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์มีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพช่องนนทรี จตุจักร ดินแดง หนองแขม สี่พระยา และทุ่งครุ ตามลำดับ แต่หาก

เปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กรุงเทพมหานคร ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 30 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

❖ ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ไม่มีการตรวจวัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปี 2551 ผู้วิจัยจึงใช้ค่าเฉลี่ยของปี 2550 เป็นตัวแทนเพื่อเปรียบเทียบกับโรงควบคุมคุณภาพอื่นๆ ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนตะกอนแขวนลอยออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์มีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ช่องนนทรี สี่พระยา ดินแดง หนองแขม และทุ่งครุ ตามลำดับ แต่หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กรุงเทพมหานคร ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 2 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

❖ ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.7 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนไนโตรเจนทั้งหมดออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ทุ่งครุ จตุจักร ช่องนนทรี หนองแขม และรัตนโกสินทร์ ตามลำดับ แต่หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กรุงเทพมหานคร ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 10 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำทิ้ง โรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียง 3 แห่งเท่านั้นที่มีผลการวิเคราะห์ ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ช่องนนทรี และดินแดง การแปรผลข้อมูลจึงใช้ข้อมูลจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ 3 แห่งนี้เท่านั้น เพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ที่มาของโลหะหนักในน้ำเสียชุมชน โดยแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์

ประเภท	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด			X	X					X
เครื่องสำอาง		X		X	X	X	X	X	X
น้ำยาฆ่าเชื้อ					X				
เครื่องมือดับเพลิง			X						X
เชื้อเพลิง				X				X	
ยาฆ่าแมลง	X	X	X	X	X	X		X	X
น้ำหมึก				X					X
น้ำมันเครื่อง			X					X	X
ยา	X			X					X
น้ำมัน				X				X	X
ขี้ผึ้ง				X	X				X
สีทาบ้าน	X		X		X	X		X	X
อุปกรณ์การถ่ายรูป			X		X			X	
วัตถุที่ทำให้เกิดสี	X	X	X	X	X	X	X	X	X
น้ำยาขัดมัน				X					X
แป้ง									X
สารกันบูด								X	X

ที่มา : Atkins and Hawley, 1978. อ้างถึงใน ธเรศ และคณะ, 2544

โลหะหนักที่พบในน้ำเสียมีลักษณะขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของระบบบำบัด ประเภทของระบบบำบัด ลักษณะน้ำเสียชุมชน และลักษณะอุตสาหกรรมในชุมชน เป็นต้น โลหะหนักที่ปรากฏในน้ำเสียชุมชนมาจากพื้นที่ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัย รวมถึงการบริการต่างๆ เช่น ร้านซ่อมเครื่องยนต์ อู่ซ่อมรถ ร้านอาหาร จากตารางที่ 4.8 แสดงแหล่งที่มาของโลหะหนักสำคัญในน้ำเสียชุมชน โดยแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์ พบว่า โลหะหนักส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การอาบน้ำ แปรงฟัน สระผม การทำความสะอาดต่างๆ โดยในกิจกรรมต่างๆ นั้นล้วนเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น การทราบถึง

แหล่งที่มาของโลหะหนักในน้ำเสียเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดย่อมเป็นสิ่งที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ	As (มก./ล.)	Cd (มก./ล.)	Cr (มก./ล.)	Cu (มก./ล.)	Pb (มก./ล.)	Mn (มก./ล.)	Hg (มก./ล.)	Ni (มก./ล.)	Zn (มก./ล.)
สี่พระยา	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รัตนโกสินทร์	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ทุ่งครุ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ช่องนนทรี									
Influent	-	0.0037	0.0228	-	0.0078	0.1375	0.0005	0.0265	-
Effluent	-	0.0028	0.0107	-	0.0076	0.0428	0.0005	0.0203	-
จตุจักร									
Influent	0.0023	<0.01	<0.01	0.02	<0.05	0.22	<0.0005	<0.05	0.19
Effluent	0.0020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	0.08	<0.0005	<0.05	0.07
หนองแขม	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ดินแดง									
Influent	<0.0001	0.03	<0.05	0.16	0.09	0.13	<0.0001	<0.04	0.13
Effluent	<0.0001	<0.009	<0.05	0.03	0.04	0.06	<0.0001	<0.04	0.08
มาตรฐานน้ำทิ้ง[1]	**0.25**	**0.03**	**0.25**	**2.0**	**0.2**	**5.0**	**0.005**	**1.0**	**5.0**

หมายเหตุ: (1) คือ มาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม

(-) คือ ไม่มีการตรวจวัด

❖ สารหนูในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนสารหนูออกสู่แหล่งน้ำ พบว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณการปนเปื้อนสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงถึง 20 เท่า แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 0.25 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์

มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณสารหนูที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ แคดเมียมในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงและช่องนนทรี ตามลำดับ แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 0.03 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 3 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ โครเมียมในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนโครเมียมออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรีและจตุจักร ตามลำดับ แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 0.25 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 3 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณโครเมียมที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ ทองแดงในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนทองแดงออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีปริมาณการปนเปื้อนสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร 3 เท่า และเมื่อพิจารณาปริมาณทองแดงที่เข้าสู่ระบบบำบัดร่วมด้วย จะได้ว่า ปริมาณทองแดงที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีค่าสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมาก โดยมีค่าสูงกว่าถึง 16 เท่า แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 2 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณทองแดงที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ ตะกั่วในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงและช่องนนทรี ตามลำดับ แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 0.2 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 3 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณตะกั่วที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ แมงกานีสในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนแมงกานีสออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงและช่องนนทรี ตามลำดับ แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 5.0 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 3 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณแมงกานีสที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ ปรอทในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนปรอทออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรและช่องนนทรีมีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ ไม่มากกว่า 0.005 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 3 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณปรอทที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ นิกเกิลในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนนิกเกิลออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงและช่องนนทรี ตามลำดับ แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 1.0 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 3

แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณนิกเกิลที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

❖ สังกะสีในน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 4.9 หากพิจารณาเฉพาะปริมาณการปนเปื้อนสังกะสีออกสู่แหล่งน้ำ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีปริมาณการปนเปื้อนสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรเพียงเล็กน้อย และหากพิจารณาปริมาณสังกะสีที่เข้าสู่ระบบบำบัดร่วมด้วย จะได้ว่า ปริมาณสังกะสีที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมาก แต่หากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่มากกว่า 5.0 มก./ล. จะได้ว่า การบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีที่เข้าสู่ระบบ ปริมาณที่มีก็ยังคงอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเช่นกัน

ตารางที่ 4.10 สรุปผลวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำ

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ	**น้ำเสีย** (ลบ.ม./วัน)	BOD (กก./วัน)	SS (กก./วัน)	T-P (กก./วัน)	T-N (กก./วัน)
สี่พระยา	13,306.29	70.10	84.92	17.63	132.26
รัตนโกสินทร์	28,720.32	312.64	262.98	46.81	159.47
ทุ่งครุ	62,790.76	201.30	357.70	36.68	504.99
ช่องนนทรี	108,638.41	864.94	1,433.76	161.96	739.56
จตุจักร	124,324.67	1,226.36	1,421.86	186.90	883.95
หนองแขม	132,651.40	483.90	912.21	85.86	797.62
ดินแดง	204,496.30	990.44	2,046.50	266.53	1,753.21

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ปริมาณการปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำจากการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งมีลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กย่อมมีปริมาณการปนเปื้อนน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพของระบบบำบัดแต่ละประเภท พบว่า ทุกระบบมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน โดยมีประสิทธิภาพ

ในการกำจัดบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด ประมาณ 80%, 75%, 40% และ 35% ตามลำดับ ยกเว้นกรณีของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ และหนองแขมที่ใช้ระบบบำบัดแบบ Vertical Loop Reactor Activated Sludge มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด ประมาณ 65% และ 40% ตามลำดับ

4.4.3 การปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดิน

การวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่พื้นดินจากการกำจัดตะกอน และปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า มลสารที่ระบายออกสู่พื้นดินทั้งหมดมาจากขั้นตอนการกำจัดตะกอน ไม่เกี่ยวข้องกับมลสารต้นทางจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบเพื่อใช้ในการกำจัดตะกอน ส่งผลให้ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่พื้นดินตลอดวัฏจักรเท่ากับปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่พื้นดินจากการกำจัดตะกอน การวิเคราะห์ผลจึงมีเพียงประเด็นเดียวเท่านั้น คือ ปริมาณมลสารจากการกำจัดตะกอน ซึ่งการเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนมลสารจากการกำจัดตะกอนออกสู่พื้นดิน โดยจะพิจารณาในหน่วย 1 ลบ.ม.ของกากตะกอน โรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียง 2 แห่งที่มีระบบกำจัดกากตะกอน คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมและจตุจักร ปริมาณการปนเปื้อนมลสารเหล่านี้ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพกากตะกอนก่อนนำไปใช้ในประโยชน์ การแปรผลข้อมูลจะเป็นการเปรียบเทียบปริมาณมลสารที่ปนเปื้อนในกากตะกอนกับค่ามาตรฐานต่างๆ ตามลักษณะการนำกากตะกอนไปใช้งาน โดยมลสารที่ปนเปื้อนในกากตะกอนจะจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ (1) ธาตุอาหารในกากตะกอน ประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม การแปรผลจะเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก กรมพัฒนาที่ดิน เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการนำกากตะกอนไปใช้เป็นธาตุอาหารในดิน (2) โลหะหนักในกากตะกอน ประกอบด้วย สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ปรอท แมงกานีส ตะกั่ว และนิกเกิล ซึ่งโรงควบคุมคุณภาพน้ำ หนองแขมนำกากตะกอนที่เกิดขึ้นไปทำปุ๋ยหมัก การแปรผลจะเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก กรมพัฒนาที่ดิน ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรนำกากตะกอนที่เกิดขึ้นไปถมที่ การแปรผลจะเทียบกับมาตรฐานคุณภาพดิน กรมควบคุมมลพิษ

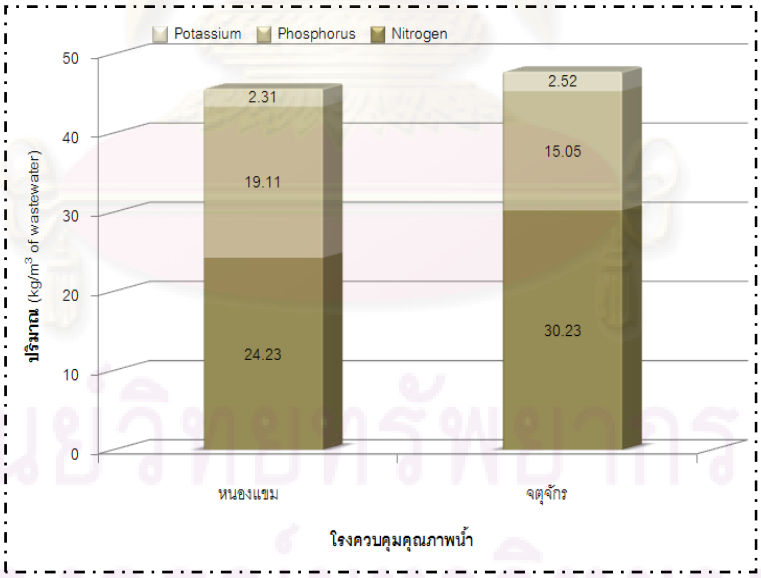
ตารางที่ 4.11 ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน

รายละเอียด	**ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน** (มก./กก.)							
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Ni
โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม	4.11	4.30	615	3,563	2.23	1,571	194	364
มาตรฐานปุ๋ยหมัก[1]	50	5	300	500	2	-	500	-
โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร	6.57	2.26	151	256	1.09	3,437	97	127
มาตรฐานคุณภาพดิน[2]								
- ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม	3.9	37	300	-	23	1,800	400	1,600
- ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่น	27	810	640	-	610	32,000	750	41,000

หมายเหตุ (1) ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2547

(2) ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547

❖ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกากตะกอน



รูปที่ 4.28 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกากตะกอน

จากรูปที่ 4.28 แสดงปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในกากตะกอน พบว่า ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมในกากตะกอนที่เท่ากันจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีมากกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ในทางกลับกันปริมาณฟอสฟอรัสในกากตะกอนจากโรงควบคุม

คุณภาพน้ำหนองแขมมีมากกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร และหากพิจารณาปริมาณธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิด เทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งกำหนดให้ ปุ๋ยหมักจะต้องมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่ต่ำกว่า 0.5, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จะได้ว่า กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง มีไนโตรเจน และฟอสฟอรัสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่มีโพแทสเซียมต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม คิดเป็น 2.42, 1.91 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม คิดเป็น 3.02, 1.50 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

เนื่องจากปุ๋ยหมักมักมีจำนวนธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักก่อนนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งอาจทำได้โดยการผสมปุ๋ยหมักกับปุ๋ยเคมี เพื่อให้ปุ๋ยหมักมีประสิทธิภาพและมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานมากขึ้น การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักจึงเป็นวิธีที่ดี โดยทั้งปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมีต่างมีข้อดีและข้อเสีย สรุปได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อดี – ข้อเสียของปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี

ประเภท	ข้อดี	ข้อเสีย
ปุ๋ยหมัก	1.ช่วยปรับปรุงดิน 2.เพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน 3.เพิ่มความสามารถในการดูดซึมแร่ธาตุของพืช	1.มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ 2.ใช้เวลาในการปลดปล่อยแร่ธาตุในดินนาน 3.ราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมี เมื่อเทียบในแง่ราคาต่อหน่วยน้ำหนักธาตุอาหารของพืช
ปุ๋ยเคมี	1.มีปริมาณธาตุอาหารสูง 2.ราคาถูก เมื่อเทียบในแง่ราคาต่อหน่วยน้ำหนักธาตุอาหารของพืช 3.ใช้เวลาในการปลดปล่อยแร่ธาตุในดินไม่นาน	1.ไม่มีคุณสมบัติด้านการปรับปรุงดิน 2.ปุ๋ยแอมโมเนียไนโตรเจนจะทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น 3.ผู้ใช้ต้องมีความรู้ ความเข้าใจพอสมควร

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543

❖ สารหนูในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณสารหนูในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (4.11 มก./กก.) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน (ไม่เกิน 50 มก./กก.) ในขณะที่ปริมาณสารหนูในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (6.57 มก./กก.) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 3.9 มก./กก.) แต่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 27 มก./กก.)

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณสารหนู กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมสามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหมักได้ ส่วนกากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรสามารถนำไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมได้ แต่ไม่สามารถนำกากตะกอนไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมได้ นอกจากจะมีการจัดการสารหนูให้มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานก่อน วิธีการลดปริมาณสารหนูในกากตะกอนสามารถทำได้โดย การปลูกเฟิร์นเงิน หรือ เฟิร์นหลังเงิน (Pitylogram ma calo melanos) และ เฟิร์นกูดหมาก (Pteris vittata) ในดินที่มีการปนเปื้อนสารหนู ซึ่งพบว่า สามารถสะสมสารหนูได้ในปริมาณที่สูงมาก (มากกว่า 8,000 ก./กก.) ซึ่งนอกจากพืชธรรมดาทั่วไปแล้วยังมีพืชเศรษฐกิจ 2 ชนิด คือ ดอกดาวเรือง และกล้วยน้ำว้า ที่มีความสามารถกำจัดสารหนูออกจากดินได้เช่นกัน [พรสวรรค์, 2551]

❖ แคดเมียมในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณแคดเมียมในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (4.30 มก./กก.) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน (ไม่เกิน 5 มก./กก.) ในขณะที่ปริมาณแคดเมียมในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (2.26 มก./กก.) อยู่ในทั้งเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 37 มก./กก.) และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 810 มก./กก.)

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณแคดเมียม กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมสามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหมักได้ ส่วนกากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรก็สามารถนำไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และด้านการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมได้เช่นกัน

❖ โครเมียมในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณโครเมียมในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (615 มก./กก.) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน (ไม่เกิน 300 มก./กก.) ในขณะที่ปริมาณโครเมียมในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (151 มก./กก.) อยู่ในผ่านเกณฑ์ทั้งมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 300 มก./กก.) และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 640 มก./กก.)

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณโครเมียม กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมจะไม่สามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหมักได้ นอกจากจะมีการจัดการปริมาณโครเมียมให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานก่อน ส่วนกากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรสามารถนำไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และด้านการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมได้ วิธีการลดปริมาณโครเมียมในกากตะกอนสามารถทำได้โดย การนำกากตะกอนมาผสมกับเถ้าลอยที่มีสภาพเป็นด่าง ซึ่งพบว่า ปริมาณโครเมียมในกากตะกอนจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะมีค่าคงที่หลังจากผ่านการอบครบ 22 วัน โดยจะมีปริมาณโครเมียมคงเหลือน้อยกว่า 2.5 มคก./กก. [Zhang และคณะ, 2008]

❖ ทองแดงในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณทองแดงในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (3,563 มก./กก.) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน (ไม่เกิน 500 มก./กก.) ในขณะที่ปริมาณทองแดงในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (256 มก./กก.) ไม่มีการกำหนดทั้งมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณทองแดง กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมจะไม่สามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหมักได้ นอกจากจะมีการจัดการปริมาณทองแดงให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานก่อน วิธีลดปริมาณทองแดงในกากตะกอนสามารถทำได้โดย การใช้ฝุ่นจากเตาเผาซีเมนต์ (Cement Kiln Dust: CKD) ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ มาเป็นส่วนผสมในการหมักปุ๋ย โดยใช้ CKD ผสมลงในกองปุ๋ยหมัก 30% ของกากตะกอน ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถตรึงทองแดงไม่ให้ปนเปื้อนออกมาสู่สิ่งแวดล้อมได้ [Paulauskas และคณะ, 2006] นอกจากนี้การผสมอินทรียวัตถุชนิดอื่นๆ

เข้าไป เช่น เศษไม้ ก็สามารถลดความเข้มข้นของโลหะหนักในปุ๋ยหมักจากกากตะกอนได้เช่นกัน [Liu และคณะ, 2006]

❖ ตะกั่วในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณตะกั่วในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (194 มก./กก.) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน (ไม่เกิน 500 มก./กก.) ในขณะที่ปริมาณตะกั่วในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (97 มก./กก.) อยู่ในทั้งเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 400 มก./กก.) และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 750 มก./กก.) เช่นกัน

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณตะกั่ว กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมสามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหมักได้ ส่วนกากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรก็สามารถนำไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ทั้งด้านการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และด้านการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมได้เช่นกัน

❖ แมงกานีสในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณแมงกานีสในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (1,571 มก./กก.) ไม่มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน ในขณะที่ปริมาณแมงกานีสในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (5,356 มก./กก.) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 1,800 มก./กก.) แต่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 32,000 มก./กก.)

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณแมงกานีส กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรสามารถนำไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมได้ แต่ไม่สามารถนำกากตะกอนไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมได้ นอกจากจะมีการจัดการปริมาณแมงกานีสให้มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานก่อน วิธีการลดปริมาณแมงกานีสในกากตะกอนสามารถทำได้โดย การนำจุลินทรีย์ (*Thiobacillus ferrooxidans*) มาผสมกับกาก

ตะกอน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วในการหมุน 200 รอบต่อนาที ซึ่งพบว่า สามารถลดปริมาณแมงกานีสได้ถึงประมาณร้อยละ 80 [Lombardi และ Garcia, 2002]

❖ ปรอทในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณปรอทในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (2.23 มก./กก.) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน (ไม่เกิน 2 มก./กก.) ในขณะที่ปริมาณปรอทในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (1.09 มก./กก.) ผ่านทั้งเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 23 มก./กก.) และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 610 มก./กก.)

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณปรอท กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมไม่สามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยหมักได้ นอกจากจะมีการจัดการปริมาณปรอทให้มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานก่อน ส่วนกากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรสามารถนำไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ได้ทั้งด้านการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และด้านการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม วิธีการลดปริมาณปรอทในกากตะกอนสามารถทำได้โดย การใช้ LIX 34 ในสารละลายโทลูอีนสกัดแยกสารปรอทออกมา โดยสารที่ได้จะอยู่ในรูป Hg_2L_2 วิธีการนี้จะสามารถกำจัดสารปรอทได้มากกว่า 95% [Huebra และคณะ, 2003]

❖ นิกเกิลในกากตะกอน

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปริมาณนิกเกิลในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (364 มก./กก.) ไม่มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน แต่หากเทียบกับค่ามาตรฐานกากตะกอนสำหรับปรับปรุงพื้นที่การเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป เยอรมัน ออสเตรเลีย และเนเธอร์แลนด์ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 420, 300, 200, 400 และ 38 มก./กก. ตามลำดับ [WHO, 2002] จะได้ว่า ปริมาณนิกเกิลในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมผ่านเกณฑ์มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย แต่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของประเทศสหภาพยุโรป เยอรมัน และเนเธอร์แลนด์ ในขณะที่ปริมาณนิกเกิลในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (127 มก./กก.) ผ่านทั้งเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 1,600 มก./กก.) และมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ไม่เกิน 41,000 มก./กก.)

ฉะนั้นในส่วนของปริมาณนิกเกิล กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรสามารถนำไปถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ได้ทั้งด้านการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม และด้านการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม สำหรับกากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต้องมีการจัดการเพื่อลดปริมาณนิกเกิลก่อน จึงจะสามารถนำไปหมักทำปุ๋ย โดยผ่านมาตรฐานของทุกประเทศ วิธีการลดปริมาณนิกเกิลในกากตะกอนสามารถทำได้โดย การเติม Hydroxyapatite จะสามารถตรึงนิกเกิลในน้ำและกากตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะใช้ Hydroxyapatite ปรับปรุงกากตะกอนควรมีการทดลองก่อน โดยผสมกากตะกอนเข้ากับดินหลายๆ ประเภท และศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะออกมา เพื่อพิจารณาว่าจะต้องใช้ Hydroxyapatite เท่าไหร่จึงจะไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [Zupancic และคณะ, 2006]

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการวิเคราะห์โลหะหนักที่ระบายออกสู่พื้นดิน

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ	As (กก./วัน)	Cd (กก./วัน)	Cr (กก./วัน)	Pb (กก./วัน)	Hg (กก./วัน)	Ni (กก./วัน)
จตุจักร	0.0666	0.0229	1.5322	0.9812	0.0110	1.2890
หนองแขม	0.1730	0.1810	25.8897	8.1747	0.0938	15.3240

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ปริมาณมลสารทั้งหมดที่ปนเปื้อนออกสู่พื้นดินจากการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง เมื่อพิจารณาจากประเภทของโลหะหนักที่ปนเปื้อน พบว่า 70% ของการปนเปื้อนมาจากการระบาย Cr และ Ni ออกสู่พื้นดิน ซึ่งปริมาณการปนเปื้อนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมจะมากกว่าการปนเปื้อนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร เนื่องจากปริมาณกากตะกอนที่ระบายออกจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (42.07 ลบ.ม.) มีมากกว่าปริมาณกากตะกอนที่ระบายออกจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (10.13 ลบ.ม.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต

การพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น คือ

(1) Characterization Model เป็นการพิจารณาลักษณะผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น แบ่งเป็น 6 ประเด็น คือ Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication, Photochemical Oxidant และ Land Use

(2) Damage Assessment เป็นการพิจารณาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีดัชนีชี้วัด 4 ประเด็น คือ Human Health, Social Assets, Biodiversity และ Primary Production

(3) Weighting Method เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญในแต่ละประเด็นปัญหา แล้วรวมเป็นคะแนนเดี่ยว เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบทั้งหมดในหน่วยเดียวกัน

4.5.1 Characterization Model

การพิจารณาลักษณะผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

(1) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

(2) การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางในการลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.1.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

เป็นการวิเคราะห์ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียตามปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจริงของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ต้องส่งกำจัดตะกอน จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การบำบัดน้ำเสีย การจัดการตะกอน และการขนส่งกากตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่ต้องส่งกำจัดตะกอน จะมีเพียง 2 ขั้นตอน คือ การบำบัดน้ำเสีย และการกำจัดตะกอน เพื่อพิจารณาว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเด็นที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนมีลักษณะเป็นอย่างไร อันจะนำไปสู่การปรับปรุง – เปลี่ยนแปลงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง ให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดต่อไป

❖ **โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา**

ตารางที่ 4.14 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

ขั้นตอน	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม					
	GW (kg CO_2 eq.)	To (kg 1,4-DCB eq.)	Ac (kg SO_2 eq.)	Eu (kg PO_4^{3-} eq.)	PO (kg C_2H_4 eq.)	LU (m^2yr)
การบำบัดน้ำเสีย	1,892	-	10.82	88.9794	0.0084	
การจัดการตะกอน	32	0.0038	0.17	0.0016	0.0002	0
การขนส่งกากตะกอน	7	-	0.02	0.0003	0.0007	
รวม	**1,931**	**0.0038**	**11.01**	**88.9813**	**0.0093**	**0**

หมายเหตุ; GW คือ Global Warming, To คือ Toxicity, Ac คือ Acidification, Eu คือ Eutrophication, PO คือ Photochemical Oxidant และ LU คือ Land Use

จากตารางที่ 4.14 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น พบว่า

(1) ผลกระทบด้าน Global Warming 98% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 96% ของมลสาร คือ CO_2 ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Global Warming คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย

(2) ผลกระทบด้าน Toxicity 100% เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำจัดตะกอน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมลกระทบด้านนี้ พบว่า 38% ของมลสาร คือ Hg, 23% ของมลสาร คือ As และ 20% ของมลสาร คือ Cr ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Toxicity คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

(3) ผลกระทบด้าน Acidification 98% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 51% ของมลสาร คือ SO_2 และ 49% ของมลสาร คือ NO_x ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Acidification คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Toxicity

(4) ผลกระทบด้าน Eutrophication 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 39% ของมลสาร คือ ไนโตรเจนทั้งหมด และ 61% ของมลสาร คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Eutrophication คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำ

(5) ผลกระทบด้าน Photochemical Oxidant 98% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 100% ของมลสาร คือ HC ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Photochemical Oxidant คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity และ Acidification

(6) ผลกระทบด้าน Land Use เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการประโยชน์ที่ดินเกิดขึ้น พื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Building Site ในขณะที่พื้นที่โครงการก็จัดเป็นประเภท Building Site เช่นกัน ดังนั้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาจึงไม่มีผลกระทบด้านนี้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ประกอบด้วย ผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity, Acidification และ Photochemical Oxidant เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนผลกระทบด้าน Eutrophication เกิดจากการระบายมลสารในน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

❖ โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

ตารางที่ 4.15 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

ขั้นตอน	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม					
	GW (kg CO_2 eq.)	To (kg 1,4-DCB eq.)	Ac (kg SO_2 eq.)	Eu (kg PO_4^{3-} eq.)	PO (kg C_2H_4 eq.)	LU (m^2yr)
การบำบัดน้ำเสีย	1,587	-	9.07	183.3066	0.0071	0
การกำจัดกากตะกอน	37	0.0071	0.20	0.0019	0.0003	
การขนส่งกากตะกอน	12	-	0.04	0.0005	0.0013	
รวม	**1,636**	**0.0071**	**9.30**	**183.3090**	**0.0086**	**0**

หมายเหตุ; GW คือ Global Warming, To คือ Toxicity, Ac คือ Acidification, Eu คือ Eutrophication, PO คือ Photochemical Oxidant และ LU คือ Land Use

จากตารางที่ 4.15 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น พบว่า

(1) ผลกระทบด้าน Global Warming 97% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 97% ของมลสาร คือ CO_2 ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Global Warming คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย

(2) ผลกระทบด้าน Toxicity 100% เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำจัดตะกอน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมลกระทบด้านนี้ พบว่า 38% ของมลสาร คือ Hg, 23% ของมลสาร คือ As และ 20% ของมลสาร คือ Cr ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Toxicity คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

(3) ผลกระทบด้าน Acidification 98% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 51% ของมลสาร คือ SO_2 และ 49% ของมลสาร คือ NO_x ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Acidification คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Toxicity

(4) ผลกระทบด้าน Eutrophication 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 23% ของมลสาร คือ ไนโตรเจนทั้งหมด และ 77% ของมลสาร คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Eutrophication คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำ

(5) ผลกระทบด้าน Photochemical Oxidant 96% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 100% ของมลสาร คือ HC ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Photochemical Oxidant คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity และ Acidification

(6) ผลกระทบด้าน Land Use เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการประโยชน์ที่ดินเกิดขึ้น พื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Building Site ในขณะที่พื้นที่โครงการก็จัดเป็นประเภท Building Site เช่นกัน ดังนั้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์จึงไม่มีผลกระทบด้านนี้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ประกอบด้วย ผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity, Acidification และ Photochemical Oxidant เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนผลกระทบด้าน Eutrophication เกิดจากการระบายมลสารในน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

❖ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

ตารางที่ 4.16 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

ขั้นตอน	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม					
	GW (kg CO_2 eq.)	To (kg 1,4-DCB eq.)	Ac (kg SO_2 eq.)	Eu (kg PO_4^{3-} eq.)	PO (kg C_2H_4 eq.)	LU (m^2yr)
การบำบัดน้ำเสีย	4,256	-	24.32	245.9657	0.0190	224,000
การกำจัดกากตะกอน	40	0.0221	0.18	0.0017	0.0004	
การขนส่งกากตะกอน	46	-	0.15	0.0021	0.0036	
รวม	**4,341**	**0.0221**	**24.65**	**245.9694**	**0.0230**	**224,000**

หมายเหตุ; GW คือ Global Warming, To คือ Toxicity, Ac คือ Acidification, Eu คือ Eutrophication, PO คือ Photochemical Oxidant และ LU คือ Land Use

จากตารางที่ 4.16 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น พบว่า

(1) ผลกระทบด้าน Global Warming 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 97% ของมลสาร คือ CO_2 ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Global Warming คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย

(2) ผลกระทบด้าน Toxicity 100% เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำจัดตะกอน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมลกระทบด้านนี้ พบว่า 38% ของมลสาร คือ Hg, 23% ของมลสาร คือ As และ 20% ของมลสาร คือ Cr ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Toxicity คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

(3) ผลกระทบด้าน Acidification 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 51% ของมลสาร คือ SO_2 และ 49% ของมลสาร คือ NO_x ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Acidification คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Toxicity

(4) ผลกระทบด้าน Eutrophication 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 53% ของมลสาร คือ ไนโตรเจนทั้งหมด และ 46% ของมลสาร คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Eutrophication คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำ

(5) ผลกระทบด้าน Photochemical Oxidant 97% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 100% ของมลสาร คือ HC ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Photochemical Oxidant คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity และ Acidification

(6) ผลกระทบด้าน Land Use ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ พิจารณาตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการที่กำหนดให้ คือ 20 ปี พบว่า พื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Field ในขณะที่พื้นที่โครงการจัดเป็นประเภท Building Site ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงไป 224,000 ตร.ม.-ปี

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ประกอบด้วย ผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity, Acidification และ Photochemical Oxidant เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนผลกระทบด้าน Eutrophication เกิดจากการระบายมลสารในน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

❖ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

ตารางที่ 4.17 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

ขั้นตอน	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม					
	GW (kg CO_2 eq.)	To (kg 1,4-DCB eq.)	Ac (kg SO_2 eq.)	Eu (kg PO_4^{3-} eq.)	PO (kg C_2H_4 eq.)	LU (m^2yr)
การบำบัดน้ำเสีย	8,212	-	46.94	692.7502	0.0366	320,000
การกำจัดกากตะกอน	216	0.0211	1.19	0.0112	0.0012	
การขนส่งกากตะกอน	94	-	0.30	0.0043	0.0073	
รวม	**8,522**	**0.0211**	**48.43**	**693.7657**	**0.0452**	**320,000**

หมายเหตุ; GW คือ Global Warming, To คือ Toxicity, Ac คือ Acidification, Eu คือ Eutrophication, PO คือ Photochemical Oxidant และ LU คือ Land Use

จากตารางที่ 4.17 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น พบว่า

(1) ผลกระทบด้าน Global Warming 97% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 96% ของมลสาร คือ CO_2 ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Global Warming คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย

(2) ผลกระทบด้าน Toxicity 100% เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำจัดตะกอน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมลกระทบด้านนี้ พบว่า 38% ของมลสาร คือ Hg, 23% ของมลสาร คือ As และ 20% ของมลสาร คือ Cr ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Toxicity คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

(3) ผลกระทบด้าน Acidification 97% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 51% ของมลสาร คือ SO_2 และ 49% ของมลสาร คือ NO_x ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Acidification คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Toxicity

(4) ผลกระทบด้าน Eutrophication 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 28% ของมลสาร คือ ไนโตรเจนทั้งหมด และ 72% ของมลสาร คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Eutrophication คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำ

(5) ผลกระทบด้าน Photochemical Oxidant 96% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 100% ของมลสาร คือ HC ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Photochemical Oxidant คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity และ Acidification

(6) ผลกระทบด้าน Land Use ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี พิจารณาตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการที่กำหนดให้ คือ 20 ปี พบว่า พื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Field ในขณะที่พื้นที่โครงการจัดเป็นประเภท Building Site ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงไป 320,000 ตร.ม.-ปี

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี ประกอบด้วย ผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity, Acidification และ Photochemical Oxidant เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนผลกระทบด้าน Eutrophication เกิดจากการระบายมลสารในน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

❖ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ตารางที่ 4.18 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ขั้นตอน	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม					
	GW (kg CO_2 eq.)	To (kg 1,4-DCB eq.)	Ac (kg SO_2 eq.)	Eu (kg PO_4^{3-} eq.)	PO (kg C_2H_4 eq.)	LU (m^2yr)
การบำบัดน้ำเสีย	7,020	-	40.13	808.5259	0.0313	0
การกำจัดกากตะกอน	249	1,832,931	1.40	0.0132	0.0012	
รวม	**7,269**	**1,832,931**	**41.53**	**808.5391**	**0.0325**	**0**

หมายเหตุ; GW คือ Global Warming, To คือ Toxicity, Ac คือ Acidification, Eu คือ Eutrophication, PO คือ Photochemical Oxidant และ LU คือ Land Use

จากตารางที่ 4.18 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น พบว่า

(1) ผลกระทบด้าน Global Warming 96% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 97% ของมลสาร คือ CO_2 ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Global Warming คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย

(2) ผลกระทบด้าน Toxicity 100% เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำจัดตะกอน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมลกระทบด้านนี้ พบว่า 44% ของมลสาร คือ Cr และ 25% ของมลสาร คือ Hg ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Toxicity คือ การระบายกากตะกอนที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักออกสู่พื้นดิน

(3) ผลกระทบด้าน Acidification 97% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 51% ของมลสาร คือ SO_2 และ 49% ของมลสาร คือ NO_x ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Acidification คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

(4) ผลกระทบด้าน Eutrophication 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 28% ของมลสาร คือ ไนโตรเจนทั้งหมด และ 71% ของ

มลสาร คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Eutrophication คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำ

(5) ผลกระทบด้าน Photochemical Oxidant 97% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 100% ของมลสาร คือ HC ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Photochemical Oxidant คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Acidification

(6) ผลกระทบด้าน Land Use เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการประโยชน์ที่ดินเกิดขึ้น พื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Building Site ในขณะที่พื้นที่โครงการก็จัดเป็นประเภท Building Site เช่นกัน ดังนั้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรจึงไม่มีผลกระทบด้านนี้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ประกอบด้วย ผลกระทบด้าน Global Warming, Acidification และ Photochemical Oxidant เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลกระทบด้าน Toxicity เกิดจากการระบายมลสารในกากตะกอนออกสู่พื้นดิน ส่วนผลกระทบด้าน Eutrophication เกิดจากการระบายมลสารในน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

❖ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

ตารางที่ 4.19 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

ขั้นตอน	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม					
	GW (kg CO_2 eq.)	To (kg 1,4-DCB eq.)	Ac (kg SO_2 eq.)	Eu (kg PO_4^{3-} eq.)	PO (kg C_2H_4 eq.)	LU (m^2yr)
การบำบัดน้ำเสีย	7,200	-	41.15	473.4156	0.0321	1,600,000
การกำจัดกากตะกอน	473	20,007,305	2.55	0.0239	0.0030	
รวม	**7,673**	**20,007,305**	**43.71**	**473.4395**	**0.0351**	**1,600,000**

หมายเหตุ; GW คือ Global Warming, To คือ Toxicity, Ac คือ Acidification, Eu คือ Eutrophication, PO คือ Photochemical Oxidant และ LU คือ Land Use

จากตารางที่ 4.19 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น พบว่า

(1) ผลกระทบด้าน Global Warming 94% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 97% ของมลสาร คือ CO_2 ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Global Warming คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย

(2) ผลกระทบด้าน Toxicity 100% เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำจัดตะกอน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมลกระทบด้านนี้ พบว่า 56% ของมลสาร คือ Cr และ 20% ของมลสาร คือ Hg ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Toxicity คือ การระบายกากตะกอนที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักออกสู่พื้นดิน

(3) ผลกระทบด้าน Acidification 94% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 51% ของมลสาร คือ SO_2 และ 49% ของมลสาร คือ NO_x ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Acidification คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

(4) ผลกระทบด้าน Eutrophication 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 44% ของมลสาร คือ ไนโตรเจนทั้งหมด และ 56% ของมลสาร คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Eutrophication คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำ

(5) ผลกระทบด้าน Photochemical Oxidant 94% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 100% ของมลสาร คือ HC ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Photochemical Oxidant คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Acidification

(6) ผลกระทบด้าน Land Use ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม พิจารณาตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการที่กำหนดให้ คือ 20 ปี พบว่า พื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Field ในขณะที่พื้นที่โครงการจัดเป็นประเภท Building Site ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงไป 1,600,000 ตร.ม.-ปี

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ประกอบด้วย ผลกระทบด้าน Global Warming, Acidification และ Photochemical Oxidant เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลกระทบด้าน Toxicity เกิดจากการระบายมลสารในกากตะกอนออกสู่พื้นดิน ส่วนผลกระทบด้าน Eutrophication เกิดจากการระบายมลสารในน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

❖ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

ตารางที่ 4.20 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

ขั้นตอน	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม					
	GW (kg CO_2 eq.)	To (kg 1,4-DCB eq.)	Ac (kg SO_2 eq.)	Eu (kg PO_4^{3-} eq.)	PO (kg C_2H_4 eq.)	LU (m^2yr)
การบำบัดน้ำเสีย	17,087	-	97.67	1,279.6822	0.0762	288,000
การกำจัดกากตะกอน	96	0.0396	0.47	0.0043	0.0009	
การขนส่งกากตะกอน	100	-	0.32	0.0045	0.0078	
รวม	**17,283**	**0.0396**	**98.45**	**1,279.6911**	**0.0850**	**288,000**

หมายเหตุ; GW คือ Global Warming, To คือ Toxicity, Ac คือ Acidification, Eu คือ Eutrophication, PO คือ Photochemical Oxidant และ LU คือ Land Use

จากตารางที่ 4.20 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจำแนกตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น พบว่า

(1) ผลกระทบด้าน Global Warming 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 97% ของมลสาร คือ CO_2 ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Global Warming คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย

(2) ผลกระทบด้าน Toxicity 100% เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำจัดตะกอน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมลกระทบด้านนี้ พบว่า 38% ของมลสาร คือ Hg, 23% ของมลสาร คือ As และ 20% ของมลสาร คือ Cr ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Toxicity คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

(3) ผลกระทบด้าน Acidification 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 51% ของมลสาร คือ SO_2 และ 49% ของมลสาร คือ NO_x ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Acidification คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Toxicity

(4) ผลกระทบด้าน Eutrophication 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 36% ของมลสาร คือ ไนโตรเจนทั้งหมด และ 64% ของมลสาร คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Eutrophication คือ การระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำ

(5) ผลกระทบด้าน Photochemical Oxidant 99% เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากมลสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้ พบว่า 100% ของมลสาร คือ HC ดังนั้น สาเหตุของการเกิด Photochemical Oxidant คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย เช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming, Toxicity และ Acidification

(6) ผลกระทบด้าน Land Use ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง พิจารณาตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการที่กำหนดให้ คือ 20 ปี พบว่า พื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Field ในขณะที่พื้นที่โครงการจัดเป็นประเภท Building Site ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงไป 288,000 ตร.ม.-ปี

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ประกอบด้วย ผลกระทบด้าน Global Warming และ Toxicity เกิดจากการใช้ระบบท่อในการรวบรวมน้ำเสีย ผลกระทบด้าน Acidification และ Photochemical Oxidant เกิดจากการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย และผลกระทบด้าน Eutrophication เกิดการระบายมลสารในน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำ

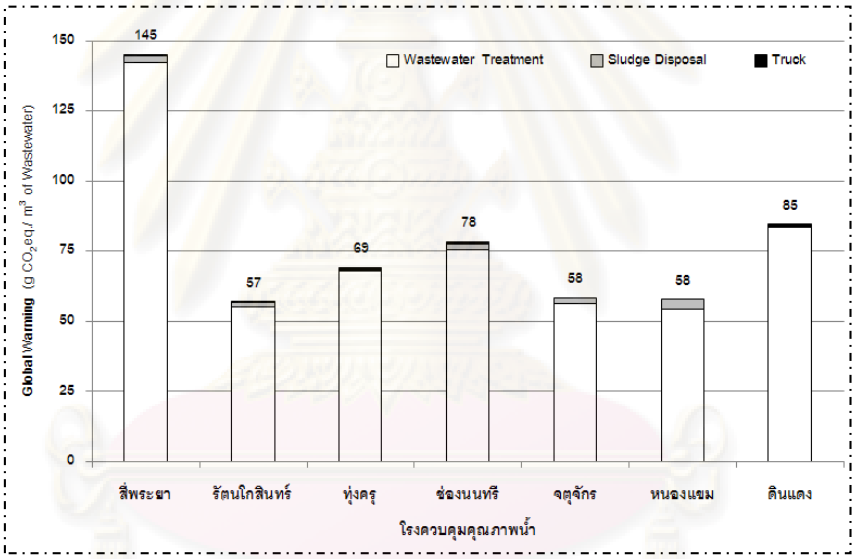
4.5.1.2 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง แบ่งออกเป็น 6 ประเด็น ตามลักษณะผลกระทบที่เกิดขึ้น การเปรียบเทียบจะพิจารณาใน

หน่วย 1 ลบ.ม.ของน้ำเสีย โดยแบ่งตามขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย 3 ขั้นตอน คือ การบำบัดน้ำเสีย การจัดการตะกอน และการขนส่งกากตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดและรูปแบบที่แตกต่างกันได้ดียิ่งขึ้น

❖ Global Warming

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming เกิดขึ้นในทุกกระบวนการทำงานของระบบ มลสารที่เป็นบ่อเกิดของผลกระทบด้านนี้ ประกอบด้วย CO_2, CH_4 และ N_2O ซึ่งการคำนวณจะแสดงผลในรูปของ กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2 eq.)



รูปที่ 4.29 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming

จากรูปที่ 4.29 พบว่า ประมาณ 97% ของ Global Warming เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย เมื่อพิจารณาจากแหล่งที่มาของผลกระทบ พบว่า 97% ของผลกระทบมาจากการปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งสาเหตุสำคัญของการเกิดผลกระทบด้านนี้ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณผลกระทบต่อหน่วยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming ต่อหน่วยน้ำเสียของ

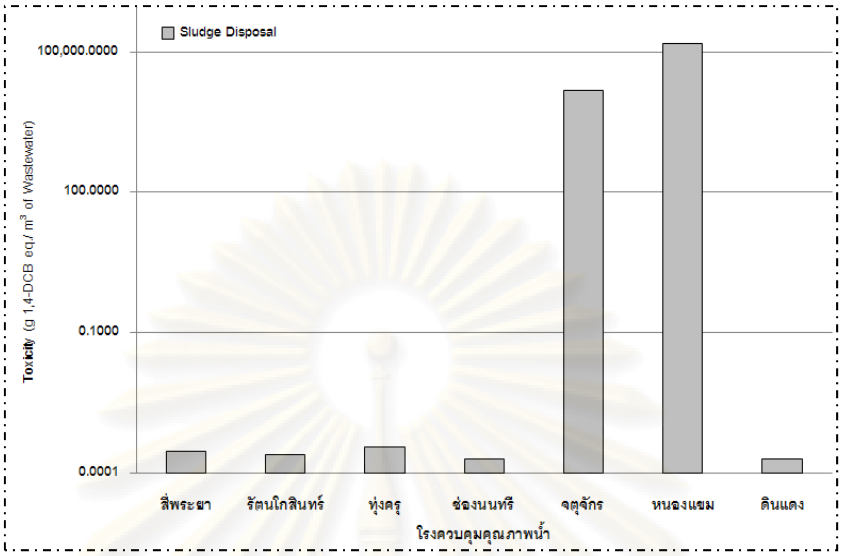
โรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีผลกระทบต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นเช่นกัน

นอกจากนี้ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัด Carbon Footprint (CF) หรือ รอยเท้าคาร์บอนได้ด้วย ซึ่ง CF ก็คือ ปริมาณรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ อาทิ ก๊าซมีเทน ก๊าซหัวเราะ เป็นต้น ที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ (ตามข้อกำหนด ISO 14040) ตลอดวัฏจักรชีวิต แหล่งกำเนิดของก๊าซดังกล่าวมาจากกิจกรรมต่างๆ อาทิ การใช้ไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล กระบวนการในภาคอุตสาหกรรม กสิกรรม เป็นต้น ซึ่งวิธีการคำนวณ CF ของประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดขั้นตอนที่แน่ชัด งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้หลักการของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming ในการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นหลักการตามมาตรฐานสากล ISO 14040, 14044 เพื่อคาดคะเนปริมาณ CF ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยมีผลการคำนวณเป็นดังนี้ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี จตุจักร หนองแขม และดินแดง มีรอยเท้าคาร์บอนจากการดำเนินงานต่อปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจริง คือ 1,931, 1,636, 4,341, 8,522, 7,269, 7,673 และ 17,283 กิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ

❖ Toxicity

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity เป็นปริมาณรวมของ Human toxicity, Aquatic ecotoxicity และ Terrestrial ecotoxicity ซึ่งเกิดขึ้นจากขั้นตอนการกำจัดตะกอนเพียงอย่างเดียว มลสารที่เป็นบ่อเกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ประกอบด้วย As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb ซึ่งการคำนวณจะแสดงผลในรูปของ กิโลกรัม 1,4 ไดคลอโรเบนซีนเทียบเท่า (kg 1,4 DCB eq.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.30 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity

จากรูปที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

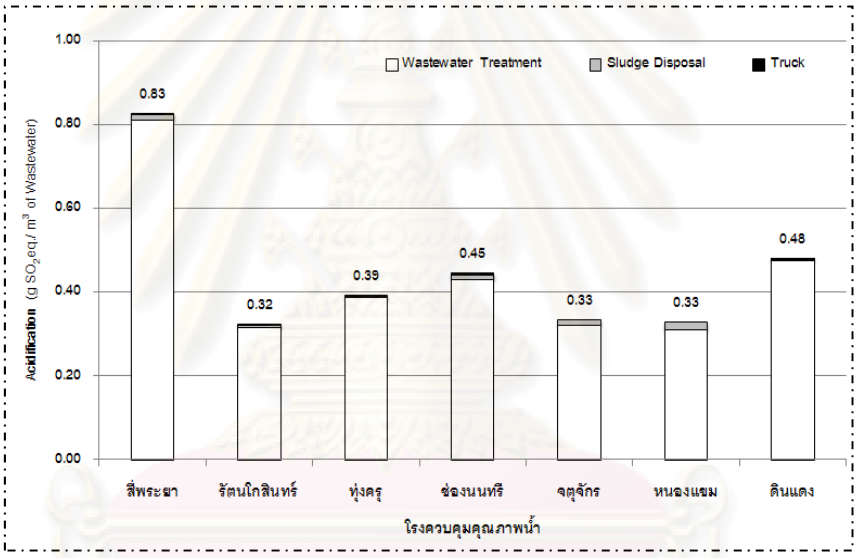
(1) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ต้องส่งตะกอนไปกำจัด พบว่า มลสารสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้าน Toxicity มีสัดส่วนดังนี้ 38% จาก Hg, 23% จาก As, 20% จาก Cr, 12% จาก Pb, 5% จาก Cd และ 2% จาก Ni ปริมาณผลกระทบทั้งหมดที่เกิดขึ้นมีลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด แต่เมื่อพิจารณาต่อหน่วยน้ำเสีย จะได้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยเฉลี่ยประมาณ 0.0003 กก. 1,4 DCB เทียบเท่า/ลบ.ม. ของน้ำเสีย

(2) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่ต้องส่งกำจัดตะกอน ซึ่งจะพิจารณาจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียง 2 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม และจตุจักร พบว่า มลสารสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้าน Toxicity มีสัดส่วนดังนี้ 50% จาก Cr, 20% จาก Hg, 10% จาก Ni, 10% จาก Pb, 5% จาก Cd และ 5% จาก As โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีปริมาณผลกระทบ (~150 กก. 1,4-DCB เทียบเท่า/ลบ.ม.ของน้ำเสีย) ซึ่งสูงกว่าปริมาณผลกระทบจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (~15 กก. 1,4-DCB เทียบเท่า/ลบ.ม.ของน้ำเสีย) ประมาณ 10 เท่า และเมื่อพิจารณาปริมาณกากตะกอนที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำ หนองแขมต้องกำจัด (กากตะกอนส่วนเกิน 42.07 ลบ.ม./วัน) พบว่า มากกว่าปริมาณกากตะกอนที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรต้องกำจัด (กากตะกอนส่วนเกิน 10.13 ลบ.ม./วัน) ประมาณ 4 เท่า

ดังนั้น หากเปรียบเทียบปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อปริมาณกากตะกอนที่ต้องกำจัด สัดส่วนการเกิดผลกระทบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมไม่แตกต่างจากผลกระทบของโรงควบคุมคุณภาพจตุจักรมากนัก

❖ Acidification

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification เกิดขึ้นในทุกกระบวนการทำงานของระบบ โดยมลสารที่เป็นบ่อเกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ประกอบด้วย SO_2 และ NO_x ซึ่งการคำนวณจะแสดงผลในรูปของ กิโลกรัมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทียบเท่า (kg SO_2 eq.)



รูปที่ 4.31 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification

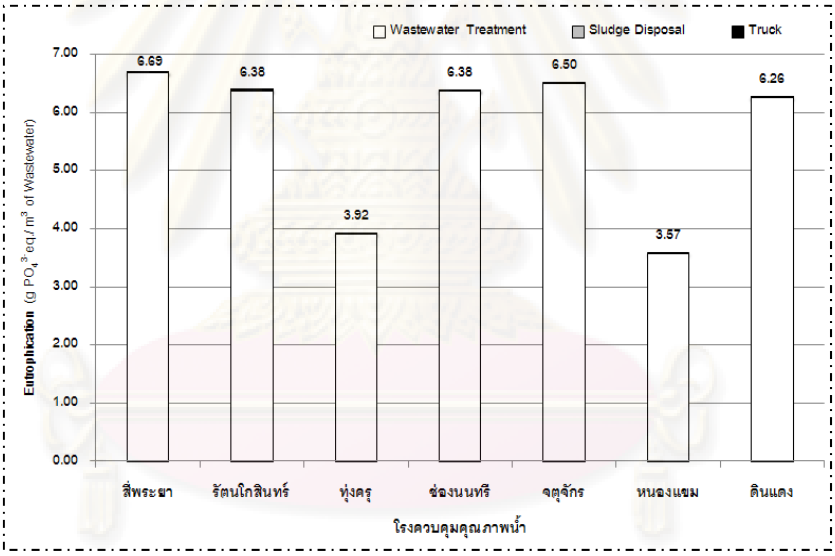
จากรูปที่ 4.31 พบว่า ประมาณ 98% ของ Acidification เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย เมื่อพิจารณาแหล่งที่มาของผลกระทบ พบว่า 51% ของผลกระทบมาจากการปล่อย SO_2 ออกสู่บรรยากาศ และ 49% ของผลกระทบมาจากการปล่อย NO_x ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งสาเหตุสำคัญของการเกิดผลกระทบด้านนี้ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณผลกระทบต่อหน่วยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification ต่อหน่วยน้ำเสียของ

โรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีผลกระทบต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming

❖ Eutrophication

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication เกิดขึ้นในทุกกระบวนการทำงานของระบบ มลสารที่เป็นบ่อเกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ประกอบด้วย COD, Total Phosphorus และ Total Nitrogen ซึ่งการคำนวณจะแสดงผลในรูปของ กิโลกรัมฟอสเฟตไอออนเทียบเท่า (kg PO_4^{3-} eq.)



รูปที่ 4.32 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication

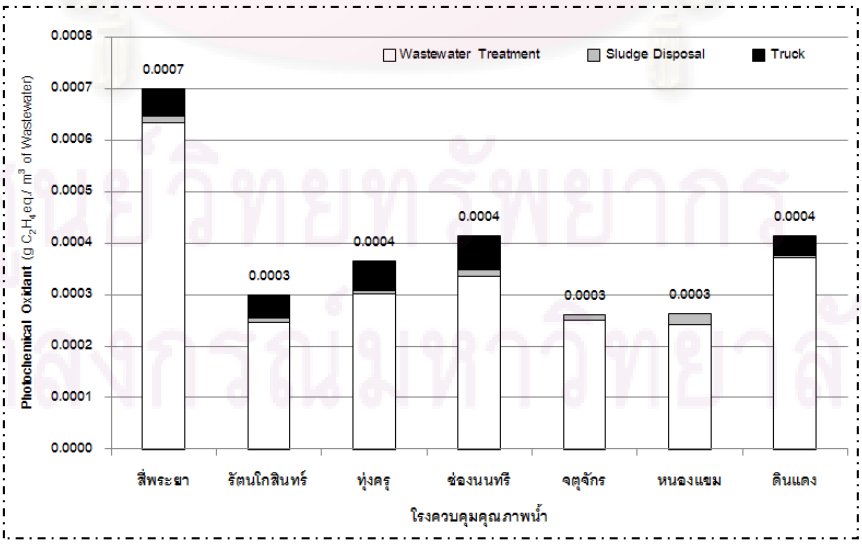
จากรูปที่ 4.32 พบว่า ขั้นตอนสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication คือ การบำบัดน้ำเสีย โดยมีสัดส่วนสูงถึง 99% ดังนั้น การวิเคราะห์ผลกระทบด้านนี้จึงพิจารณาจากขั้นตอนนี้เป็นสำคัญ เมื่อพิจารณาสาเหตุการเกิดผลกระทบ พบว่า 70% ของผลกระทบเกิดจากการปล่อยฟอสฟอรัสทั้งหมดออกสู่แหล่งน้ำ และ 30% จาก การปล่อยไนโตรเจนทั้งหมดออกสู่แหล่งน้ำ ยกเว้นกรณีของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ และหนองแขม ที่มี

สาเหตุการเกิดผลกระทบ 50% จากการปล่อยฟอสฟอรัสทั้งหมดออกสู่แหล่งน้ำ และ 50% จากการปล่อยไนโตรเจนทั้งหมดออกสู่แหล่งน้ำเช่นกัน

การพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication เปรียบเทียบกันระหว่างขนาดของระบบบำบัด พบว่า ขนาดของระบบบำบัดไม่มีผลต่อปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีผลกระทบประมาณ 0.0064 กก. PO_4^{3-}เทียบเท่า/ลบ.ม. ของน้ำเสีย ยกเว้นโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุและหนองแขม ที่มีผลกระทบเพียง 0.0038 กก. PO_4^{3-} เทียบเท่า/ลบ.ม. ของน้ำเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปแบบของระบบบำบัด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง มีรูปแบบของระบบเหมือนกัน คือ Activated Sludge Process with Vertical Loop Reactor แสดงให้เห็นว่า ระบบ Activated Sludge Process with Vertical Loop Reactor มีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสาร (ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด) ในน้ำทิ้งสูง รูปแบบของระบบจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ แหล่งน้ำที่มีภาระการปนเปื้อนมลสารเหล่านี้สูง จึงควรเลือกใช้ระบบนี้ในการดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย

❖ Photochemical Oxidant

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant เกิดขึ้นในทุกกระบวนการทำงานของระบบ มลสารที่เป็นบ่อเกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ คือ HC การคำนวณจะแสดงผลในรูปของ กิโลกรัมอีเทนเทียบเท่า (kg C_2H_4 eq.)



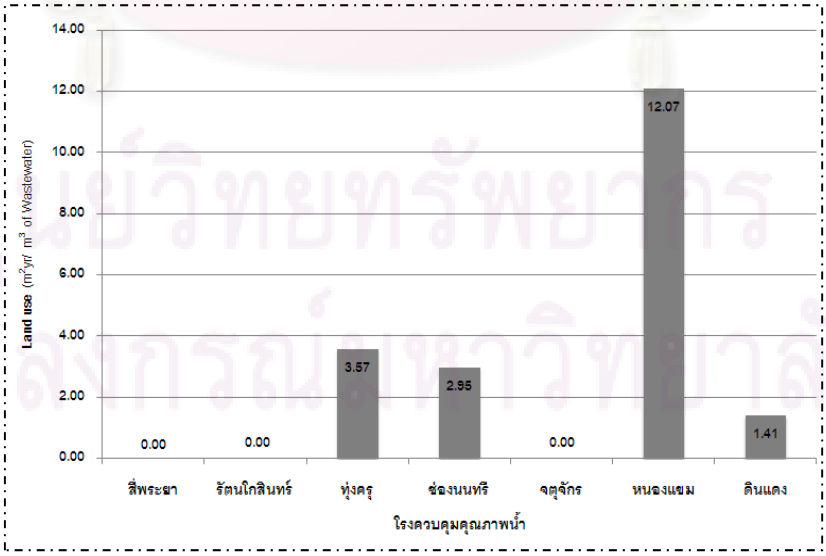
รูปที่ 4.33 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant

จากรูปที่ 4.33 พบว่า ประมาณ 98% ของ Photochemical Oxidant เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย เมื่อพิจารณาแหล่งที่มาของผลกระทบ พบว่า 100% ของผลกระทบมาจากการปล่อย HC ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งสาเหตุสำคัญของการเกิดผลกระทบด้านนี้ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำเสียสูงสุด ปริมาณผลกระทบต่อหน่วยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงสูงสุดด้วย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด หากยกเว้นการพิจารณาโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant ต่อหน่วยน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กก็ยังมีผลกระทบต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับผลกระทบด้าน Global Warming และ Acidification

❖ Land Use

เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยคำนวณจากพื้นที่ตั้งของโครงการเฉพาะส่วนที่มีการใช้งานเพื่อการบำบัดน้ำเสีย และกำจัดกากตะกอนเท่านั้น คูณกับระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการที่ตั้งไว้ ซึ่งกำหนดให้โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีระยะการดำเนินโครงการ 20 ปี



รูปที่ 4.34 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use

จากรูปที่ 4.34 เนื่องจากพื้นที่ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ และจตุจักร ก่อน – หลังการก่อสร้างโครงการไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น กล่าวคือ ก่อนการก่อสร้างโครงการ พื้นที่เหล่านี้จัดเป็นประเภท Building Site และหลังการก่อสร้างโครงการ ก็ยังคงจัดเป็นประเภท Building Site เมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลกระทบด้านนี้จึงไม่มี

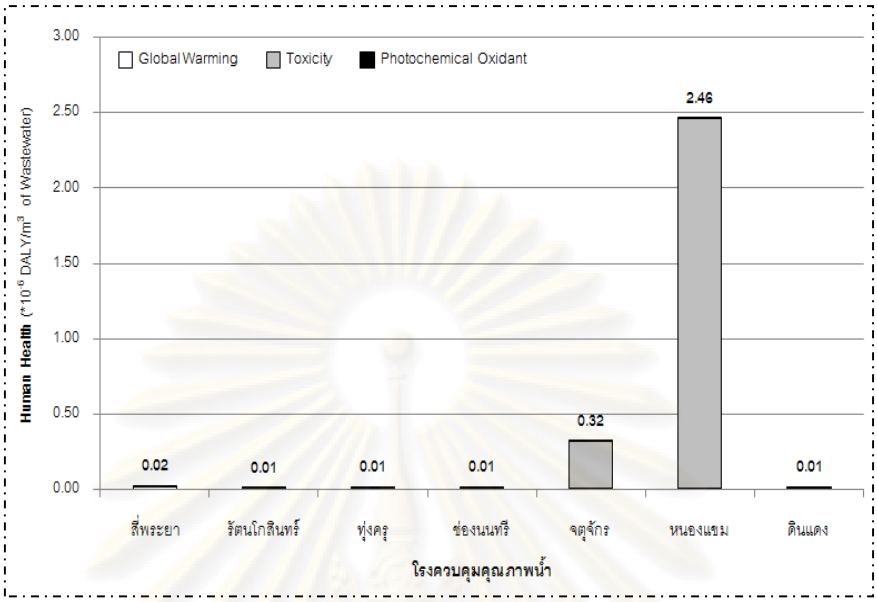
การเปรียบเทียบผลกระทบด้านนี้มีเพียง 4 โครงการ คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ช่องนนทรี หนองแขม และดินแดง ซึ่งการใช้ประโยชน์พื้นที่เหล่านี้ ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Field ในขณะที่หลังการก่อสร้างโครงการพื้นที่เหล่านี้จัดเป็นพื้นที่ประเภท Building Site การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นจึงก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use ตามมา โดยที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ต่ำที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุและช่องนนทรี ที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ใกล้เคียงกัน และท้ายสุด คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้สูงที่สุด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง มีปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบสูงสุด อัตราการใช้พื้นที่ต่อน้ำเสียจึงน้อย ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม แม้จะมีปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบมาก แต่ความต้องการพื้นที่เพื่อใช้ในการกำจัดกากตะกอนมากเช่นกัน ส่งผลให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีค่าสูงนั่นเอง

4.5.2 Damage Assessment

การประเมินความเสียหายจากการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ประเด็นการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ประเด็น คือ Human Health, Social Assets, Biodiversity และ Primary Production โดยจะเป็นการเปรียบเทียบความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง อันจะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียต่อไป

❖ **Human Health**

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้าน Human Health มี 3 ประการ คือ Global Warming, Toxicity และ Photochemical Oxidant การแสดงผลจึงเป็นผลรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ประการ ซึ่งจะแสดงผลในรูปของ DALY/ลบ.ม.ของน้ำเสีย



รูปที่ 4.35 การประเมินความเสียหายด้าน Human Health

จากรูปที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

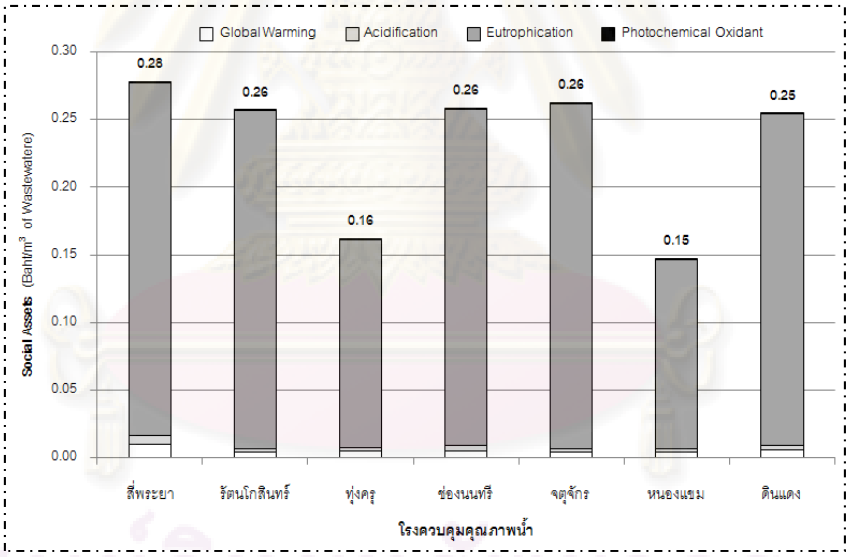
(1) ความเสียหายด้าน Human Health สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ต้องส่งตะกอนไปกำจัด พบว่า 99% ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายด้าน Human Health คือ Global Warming ปริมาณความเสียหายทั้งหมดที่เกิดขึ้นมีลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด แต่เมื่อพิจารณาต่อหน่วยน้ำเสีย จะได้ว่า ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยเฉลี่ยประมาณ $0.01*10^{-6}$ DALY/ลบ.ม. ของน้ำเสีย

(2) ความเสียหายด้าน Human Health สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่ต้องส่งกำจัดตะกอน ซึ่งจะพิจารณาจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียง 2 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม และจตุจักร พบว่า 98% ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายด้าน Human health คือ Toxicity โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีปริมาณความเสียหาย ($\sim 2.4*10^{-6}$ DALY/ลบ.ม.ของน้ำเสีย) ซึ่งสูงกว่าปริมาณความเสียหายจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ($\sim 0.3*10^{-6}$ DALY/ลบ.ม.ของน้ำเสีย) ประมาณ 8 เท่า และเมื่อพิจารณาปริมาณกากตะกอนที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต้องกำจัด (กากตะกอนส่วนเกิน 42.07 ลบ.ม./วัน) พบว่ามากกว่าปริมาณกากตะกอนที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรต้องกำจัด (กากตะกอนส่วนเกิน 10.13 ลบ.ม./วัน) ประมาณ 4 เท่า ดังนั้น หากเปรียบเทียบปริมาณความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อ

ปริมาณกากตะกอนที่ต้องกำจัด สัดส่วนการเกิดความเสียหายของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมไม่แตกต่างจากความเสียหายของโรงควบคุมคุณภาพจตุจักรมากนัก

❖ Social Assets

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้าน Social Assets มี 4 ประการ คือ Global Warming, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant โปรแกรม JEMAI-lca Pro จะแสดงผลความเสียหายซึ่งเป็นผลรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ประเด็นในรูป YEN (หน่วยเงินตราของประเทศญี่ปุ่น) เพื่อให้สามารถรวมผลความเสียหายทั้งหมดได้ ผู้วิจัยได้เปลี่ยนหน่วยของความเสียหายให้อยู่ในรูป Baht ซึ่งเป็นหน่วยแสดงค่าเงินของประเทศไทย โดยอ้างอิงความเท่าเทียมกันของอำนาจซื้อ (Purchasing Power Parity: PPP[1]) จากธนาคารโลก ซึ่งในปี 2548 อัตราแลกเปลี่ยนอยู่ที่ 129.55 YEN เทียบเท่า 15.93 บาท



รูปที่ 4.36 การประเมินความเสียหายด้าน Social Assets

[1] Purchasing Power Parity คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมที่คำนวณเป็นเงินดอลลาร์สหรัฐ โดยเทียบกับอำนาจการซื้อแทนการใช้อัตราแลกเปลี่ยนตามปกติ มีวิธีการคำนวณโดยใช้ระดับราคามาตรฐานของดอลลาร์ในตลาดโลก เมื่อเทียบให้เงินดอลลาร์ในประเทศหนึ่งมีอำนาจการซื้อสินค้าภายในประเทศนั้นเท่ากับอำนาจการซื้อของเงินดอลลาร์ที่ใช้ภายในประเทศสหรัฐอเมริกา ตัวอย่างซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อ The Big Mac Index นำเสนอโดยหนังสือพิมพ์ The Economist เมื่อเดือนกันยายน 1986 แสดงให้เห็นว่า ถ้า Big Mac (หรือกลุ่มสินค้าอื่นๆ) ในยุโรปมีราคา € 2.75 ในขณะที่มีราคา $ 2.65 ในประเทศสหรัฐอเมริกา อัตราแลกเปลี่ยนที่คำนวณด้วย PPP จะเป็น 2.75/2.65 = 1.0377 ซึ่งแตกต่างจากอัตราแลกเปลี่ยนตลาด วิธีการนี้ทำให้สามารถเปรียบเทียบความแข็งแกร่งทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศได้ดีกว่าการใช้อัตราแลกเปลี่ยนตามปกติ ซึ่งอาจผันผวนไปตามภาวการณ์เงินภายในประเทศและต่างประเทศโดยไม่เกี่ยวกับความสามารถในการผลิตของประเทศ ดังนั้น เมื่อคำนวณเป็นรายได้ต่อหัวแบบเทียบอำนาจซื้อ ทำให้สามารถเปรียบเทียบภาวะความเป็นอยู่ทางเศรษฐกิจในแต่ละประเทศได้ดีกว่าการใช้รายได้ต่อหัว [กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2552]

จากรูปที่ 4.36 พบว่า 96% ของความเสียหายด้าน Social Assets เกิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication ดังนั้น การวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ตามประสิทธิภาพการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสียของระบบบำบัด ดังนี้

(1) ระบบที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมดออกจากน้ำเสีย 40% และ 35% ตามลำดับ ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ช่องนนทรี จตุจักร และดินแดง โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งมีปริมาณใกล้เคียงกันประมาณ 0.26 บาท/ลบ.ม.ของน้ำเสีย

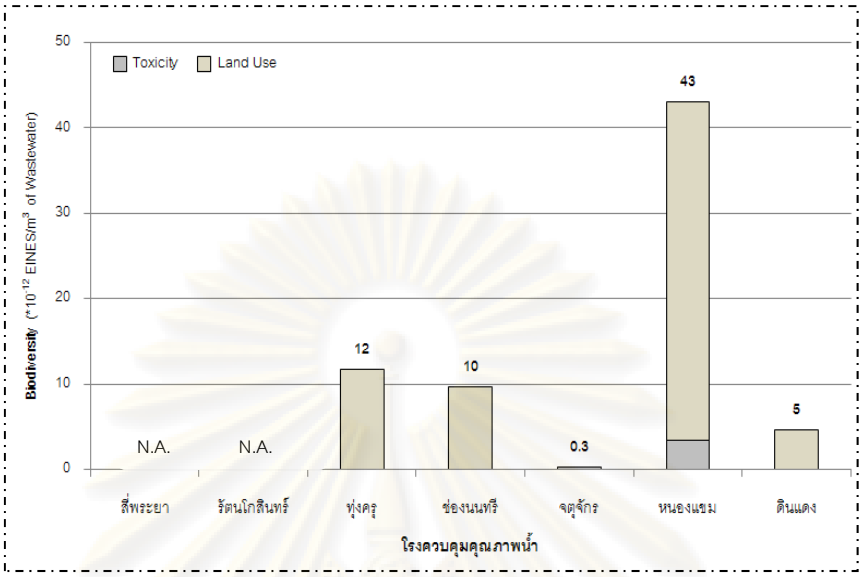
(2) ระบบที่มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมดออกจากน้ำเสีย 65% และ 40% ตามลำดับ ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ และหนองแขม ซึ่งใช้ระบบบำบัดแบบ Vertical Loop Reactor Activated Sludge โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งมีปริมาณใกล้เคียงกันประมาณ 0.15 บาท/ลบ.ม.ของน้ำเสีย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสียของระบบบำบัดที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณความเสียหายด้าน Social Assets

❖ **Biodiversity**

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้าน Biodiversity มี 2 ประการ คือ Toxicity และ Land Use การแสดงผลจึงเป็นผลรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 2 ประการ ซึ่งจะแสดงผลในรูปของ EINES/ลบ.ม.ของน้ำเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.37 การประเมินความเสียหายด้าน Biodiversity
หมายเหตุ; N.A. คือ มีค่าน้อยมาก (น้อยกว่า 0.0000001)

จากรูปที่ 4.37 ผลการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ตามสัดส่วนของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ดังนี้

(1) ความเสียหาย 100% เกิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ และจตุจักร ซึ่งปริมาณความเสียหายต่อหน่วยน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณใกล้เคียงกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาและรัตนโกสินทร์ ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณความเสียหายสูงกว่ามาก เนื่องจากการระบายโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกากตะกอนออกสู่สิ่งแวดล้อมนั่นเอง

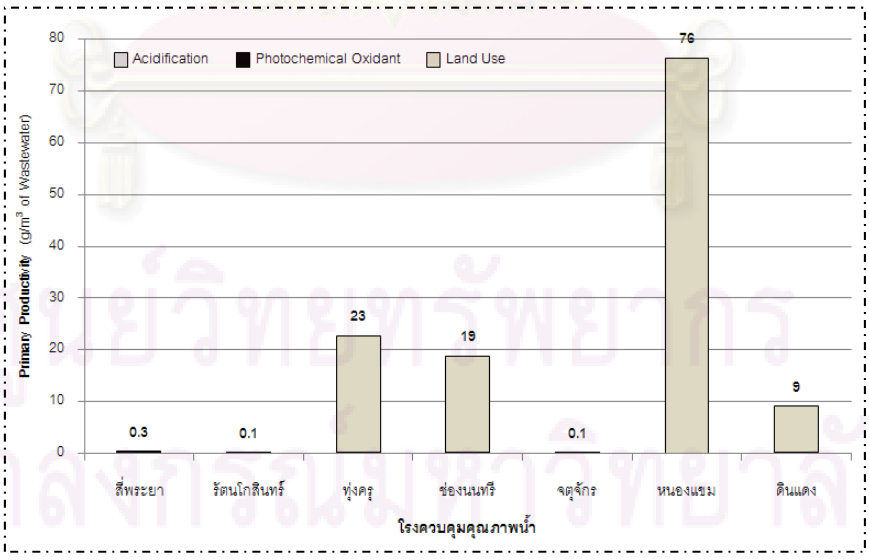
(2) ความเสียหาย 99% เกิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use ซึ่งมีโรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียง 4 แห่งที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีความเสียหายเกิดขึ้นสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ช่องนนทรี และดินแดง ตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เมื่อพิจารณาจากอัตราการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย (ดังแสดงในหัวข้อ 4.3.3) เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต้องใช้พื้นที่จำนวนมากเพื่อการกำจัดกากตะกอน ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำอีก 3 แห่ง มีความต้องการใช้พื้นที่แปรผกผันกับขนาดของระบบบำบัด โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่มีปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบมาก สัดส่วนความต้องการพื้นที่ต่อหน่วยน้ำเสียจึงน้อย เมื่ออัตราการใช้

พื้นที่น้อย ความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงน้อยด้วย ในขณะที่หากโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กลง ปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบน้อยลง สัดส่วนความต้องการพื้นที่ต่อหน่วยน้ำเสียจึงมากขึ้น เมื่ออัตราการใช้พื้นที่มาก ความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมากด้วย

ฉะนั้น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้านการใช้พื้นที่ การวางแผนโครงการในอนาคตจึงควรออกแบบระบบให้มีขนาดใหญ่ที่สุดเต็มศักยภาพของพื้นที่ที่สามารถรองรับได้ แต่ทั้งนี้การออกแบบระบบให้มีขนาดใหญ่ โดยไม่คำนึงถึงศักยภาพในการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ และไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบด้านอื่นๆ ที่เกิดจากการใช้ระบบบำบัดที่มีขนาดใหญ่เกินไป อาจส่งทำให้เกิดผลเสียมากกว่าผลดี วิธีที่ดีที่สุด คือ การออกแบบระบบบำบัดให้มีความต้องการใช้พื้นที่น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่ระบบจะต้องรองรับน้ำเสียเข้าสู่ขั้นตอนการบำบัดได้อย่างเต็มศักยภาพ

❖ Primary Productivity

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้าน Primary Productivity มี 3 ประการ คือ Acidification, Photochemical Oxidant และ Land Use การแสดงผลความเสียหายจะเป็นผลรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ประการ ซึ่งจะแสดงผลในรูปของ mg/ลบ.ม.ของน้ำเสีย



รูปที่ 4.38 การประเมินความเสียหายด้าน Primary Productivity

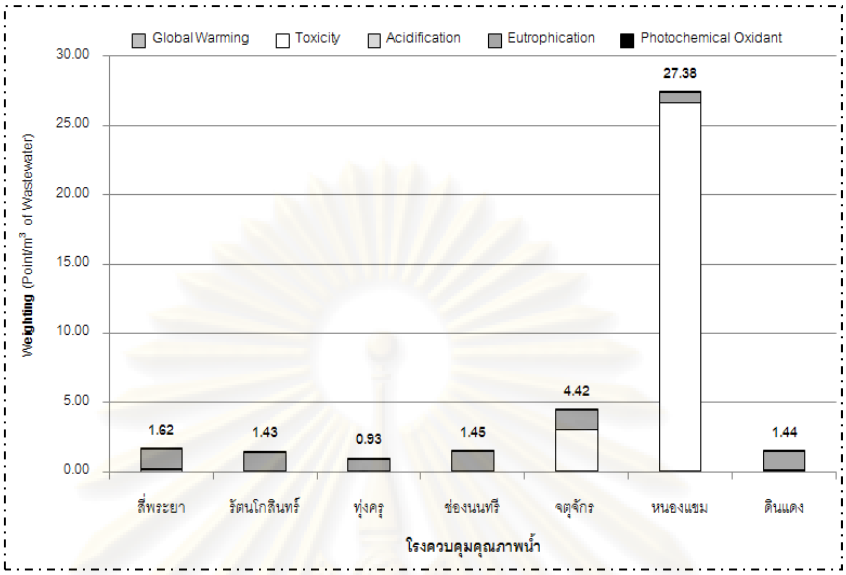
จากรูปที่ 4.38 ผลการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

(1) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification และ Photochemical Oxidant พบว่า หากพิจารณาความเสียหายจากผลกระทบที่เกิดขึ้น 2 ประเด็นนี้ สัดส่วนการเกิดความเสียหายของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 98% จาก Acidification และ 2% จาก Photochemical Oxidant โดยที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ช่องนนทรี หนองแขม จตุจักร ทุ่งครุ รัตนโกสินทร์ และสี่พระยา มีปริมาณความเสียหายเกิดขึ้นจากมากไปน้อยตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่า ความเสียหายด้าน Primary Productivity ที่เกิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification และ Photochemical Oxidant ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบบำบัดเป็นสำคัญ

(2) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use มีเพียง 4 แห่งที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับความเสียหายด้าน Biodiversity ทุกประการ กล่าวคือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต้องใช้พื้นที่เป็นจำนวนมากเพื่อการกำจัดกากตะกอน ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำอีก 3 แห่ง มีอัตราความต้องการใช้พื้นที่แปรผกผันกับขนาดของระบบบำบัด

4.5.3 Weighting Method

การให้คะแนนความสำคัญผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินความเสียหายเปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง จะทำให้ทราบถึงภาพรวมทั้งหมดเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย อันจะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียต่อไป น้ำหนักคะแนนความเสียหายทั้ง 4 ประเด็นจะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความสำคัญของแต่ละประเด็นปัญหาที่สนใจ การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้น้ำหนักประเภท LIME Ver.2 ตามที่ระบุไว้ในโปรแกรม JEMAI-lca Pro ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้ Human Health 0.310, Social Assets 0.173, Biodiversity 0.252 และ Primary Production 0.265 ผลการรวมคะแนนความเสียหายที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.40

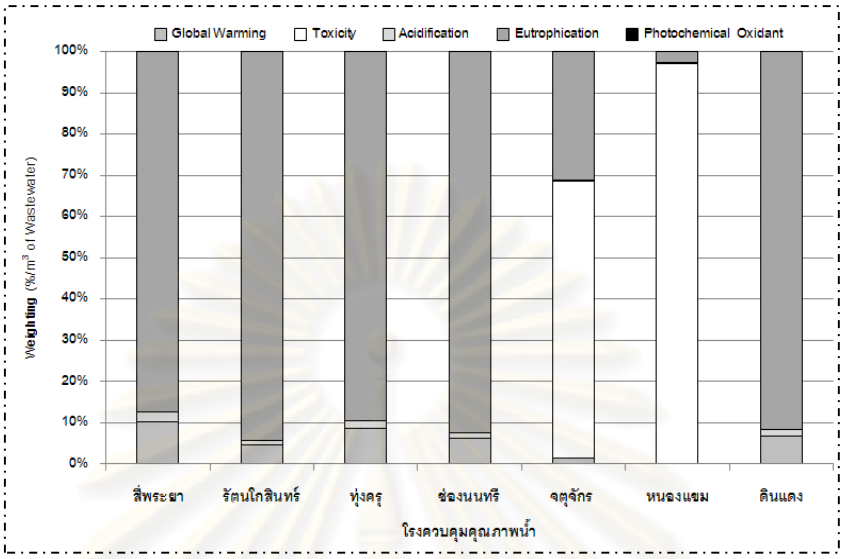


รูปที่ 4.39 ผลรวมคะแนนจากการบำบัดน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.39 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีผลรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยน้ำเสียเกิดขึ้นมากที่สุด คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร สี่พระยา ช่องนนทรี ดินแดง รัตนโกสินทร์ และทุ่งครุ ตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีความเสียหายจากภาระการกำจัดกากตะกอนสูง ปริมาณการปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดินมีมาก (การปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนออกสู่สิ่งแวดล้อม) ซึ่งมลสารเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม อันเป็นสาเหตุหลักของการเกิดผลกระทบทั้งหมด

การ normalization คะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง จะทำให้เข้าใจสาเหตุสำคัญและสัดส่วนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.40 การ normalization คะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากรูปที่ 4.40 พบว่า การวิเคราะห์สาเหตุสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียแบ่งได้เป็น 2 ประเด็น ตามลักษณะการมี/ไม่มีระบบกำจัดตะกอน ดังนี้

(1) สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ต้องส่งกำจัดตะกอน ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี และดินแดง พบว่า มีสัดส่วนการเกิดผลกระทบคล้ายคลึงกัน คือ สัดส่วนการเกิดผลกระทบจาก Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant คิดเป็น 7.32%, 0.000006%, 1.61%, 91.07% และ 0.01% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยหลักของการผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาจากผลกระทบด้าน Eutrophication ซึ่งหมายถึง การระบายน้ำทิ้งที่มีมลสาร โดยเฉพาะฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมดปนเปื้อนอยู่ออกสู่สิ่งแวดล้อม

(2) สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่ต้องส่งกำจัดตะกอน ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ซึ่งมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบจาก Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant ประมาณ 1.53%, 67.00%, 0.34%, 31.13% และ 0.002% ตามลำดับ และโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ซึ่งมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบจาก Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant ประมาณ 0.24%, 96.95%, 0.05%, 2.75% และ 0.0003% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยหลักของการผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาจากผลกระทบด้าน Toxicity แม้จะมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบที่

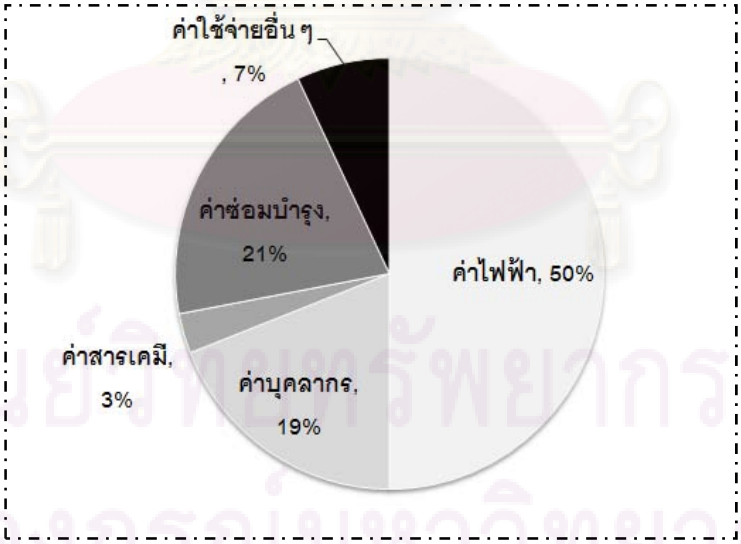
แตกต่างกัน แต่ปริมาณตะกอนที่ต้องกำจัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่งก็แตกต่างกัน ฉะนั้น สัดส่วนผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณกากตะกอนเป็นสำคัญ

4.6 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง อันจะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียต่อไป โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

(1) สัดส่วนประเภทของค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย
(2) การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร
(3) การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสียต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด

4.6.1 สัดส่วนประเภทของค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย



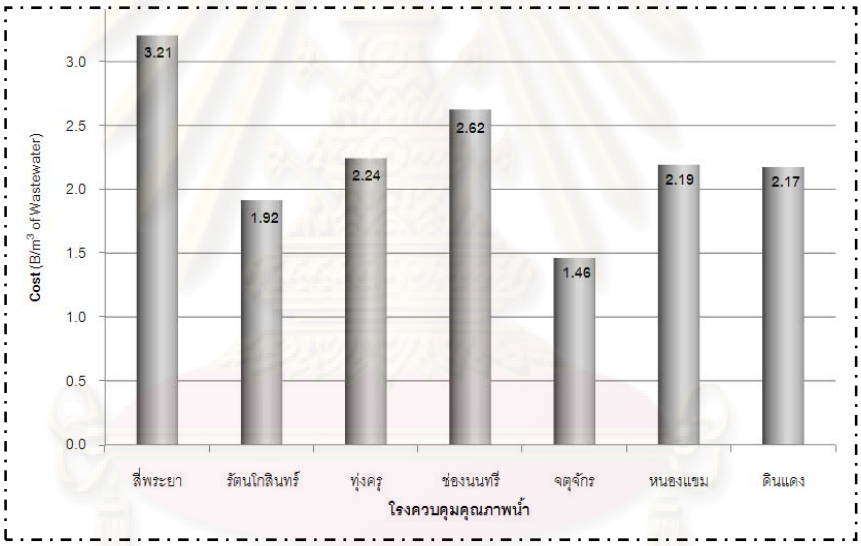
รูปที่ 4.41 สัดส่วนประเภทของค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.41 พบว่า 50% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดเป็นค่าไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสีย รองลงมา คือ 21% สำหรับค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบ 19% สำหรับค่าจ้างของบุคลากร – ผู้

ดำเนินงานบำบัดน้ำเสีย 3% สำหรับค่าสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการเดินระบบ และที่เหลืออีก 7% เป็นค่าใช้จ่ายส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเดินระบบบำบัด

4.6.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสีย ระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง

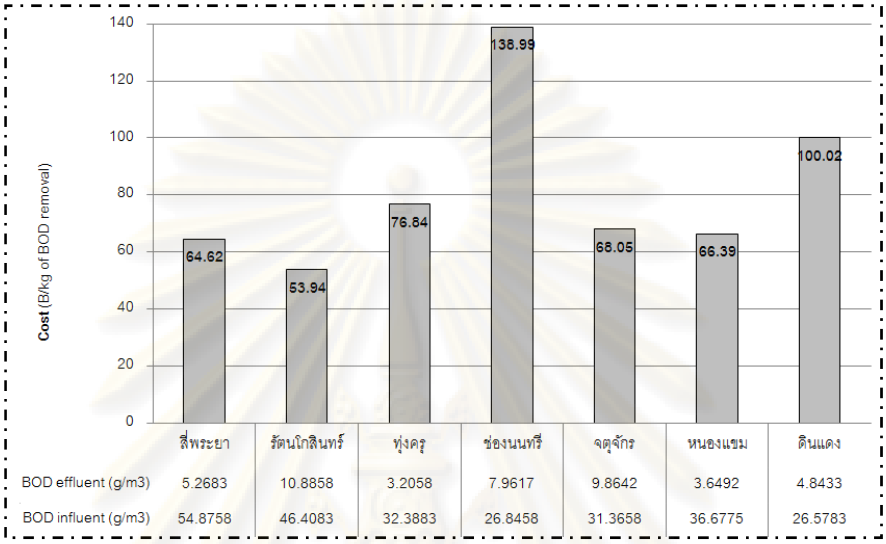
เป็นการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง โดยเปรียบเทียบในหน่วยของการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ซึ่งข้อมูลค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังแสดงในภาคผนวก ข



รูปที่ 4.42 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.42 พบว่า การบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่เท่ากัน โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีค่าใช้จ่ายสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี ทุ่งครุ หนองแขม ดินแดง รัตนโกสินทร์ และจตุจักร ตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณไฟฟ้าที่ต้องใช้เพื่อยกระดับน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดในแต่ละชั้นสูง จึงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก ค่าไฟฟ้าซึ่งถือเป็นค่าใช้จ่ายหลักในการบำบัดน้ำเสียจึงมาก ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ มีอัตราค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียต่อหน่วยน้ำเสียไม่แตกต่างกันมากนัก

4.6.3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสียต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด ระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง



รูปที่ 4.43 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสียต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด

จากรูปที่ 4.43 พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรีมีอัตราค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการบำบัดน้ำเสียต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ทุ่งครุ จตุจักร หนองแขม สี่พระยา และรัตนโกสินทร์ ตามลำดับ หากพิจารณาจากปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด จะได้ว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีอัตราการกำจัดบีโอดีสูงสุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ หนองแขม ทุ่งครุ ดินแดง จตุจักร และช่องนนทรี ตามลำดับ สรุปได้ว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ซึ่งใช้ระบบบำบัดแบบ Two - Stage Activated Sludge Process มีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงสุด (มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และกำจัดบีโอดีได้สูง) ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรีและดินแดง มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียสูง แต่มีอัตราการกำจัดบีโอดีต่ำ แสดงให้เห็นว่า ปริมาณบีโอดีที่เข้าสู่ระบบมีน้อย

4.7 สถานการณ์สมมติ

สถานการณ์ที่สร้างขึ้นเป็นสถานการณ์ที่กำหนดให้ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีการบริหารจัดการแบบครบวงจร (การบำบัดน้ำเสียและการกำจัดกากตะกอน) เดิมโรงควบคุมคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ในกรุงเทพมหานคร มีหน้าที่เพียงบำบัดน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ แล้วส่งต่อตะกอน

ที่เกิดขึ้นไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ทำให้มีภาระผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพแต่ละแห่งไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ซึ่งปกติจะต้องมีการขนส่งทุกวัน เนื่องจากไม่มีสถานที่เก็บรวมรวบตะกอน จึงจำเป็นต้องขนส่งตะกอนไปยังโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ซึ่งมีพื้นที่มากพอที่จะรองรับไว้ แต่หากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีระบบการจัดการแบบครบวงจร สามารถกำจัดตะกอนได้เอง ภาระผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการขนส่งตะกอนจึงไม่มี โดยจะเกิดเป็นภาระผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดตะกอนเพิ่มขึ้น ทั้งจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้สารเคมีที่สูงขึ้น และขนาดพื้นที่โครงการที่มากขึ้น สถานการณ์สมมติที่สร้างขึ้นก็เพื่อศึกษาปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำ 2 ประเภท เพื่อเป็นการเสนอแนะข้อมูลประกอบการตัดสินใจก่อสร้างโครงการใหม่ในอนาคต อีกทั้งสามารถวางแผนการจัดการลดผลกระทบและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำได้ด้วย

ข้อมูลที่ใช้เพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์สมมติ ทั้งปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณสารเคมีในการกำจัดตะกอน ดังตารางที่ 4.21 เป็นข้อมูลที่ได้จากการปันส่วนข้อมูลของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ตามสัดส่วนการรับกำจัดตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่น (ดังแสดงในตารางที่ 4.4) โดยการคำนวณสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณสารเคมีในการกำจัดตะกอนต่อปริมาณตะกอนทั้งหมดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมต้องกำจัด แล้วคำนวณเทียบเพื่อหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าและสารเคมีที่ต้องใช้ต่อหน่วยปริมาณตะกอนที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งส่งมากำจัดต่อไป ซึ่งผลการปันส่วนจะทำให้โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าและสารเคมีในปริมาณที่ลดลงเป็นสัดส่วนเท่ากับปริมาณพลังงานไฟฟ้าและสารเคมีที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ ต้องใช้เพิ่มขึ้นนั่นเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 การปันส่วนข้อมูลการกำจัดกากตะกอน

ประเภท	โรงควบคุมคุณภาพน้ำ					
	สี่พระยา	รัตนโกสินทร์	ทุ่งครุ	หนองแขม	ช่องนนทรี	ดินแดง
กากตะกอนส่วนเกิน						
ปริมาณ (m^3)	0.06	0.19	1.44	33.42	3.30	3.58
สัดส่วน (%)	0.14	0.44	3.42	79.44	7.85	8.52
พลังงานไฟฟ้าเฉพาะส่วนการกำจัดกากตะกอน (kW)						
เดิม	93.86	106.29	89.52	1,327.27	647.51	239.01
ใหม่	96.00	112.98	141.11	981.00	766.01	387.54
โพลิเมอร์ (kg)						
เดิม	1.49	2.78	8.61	28.61	8.23	15.49
ใหม่	1.53	2.92	9.69	8.16	10.70	18.17
โลหะหนักในกากตะกอน (kg)						
สารหนู	0.0002	0.0008	0.0059	0.1374	0.0136	0.0147
แคดเมียม	0.0003	0.0008	0.0062	0.1438	0.0142	0.0154
โครเมียม	0.0366	0.1147	0.8849	20.5660	2.0326	2.2046
ทองแดง	0.2120	0.6641	5.1233	119.0669	11.7676	12.7637
ตะกั่ว	0.0116	0.0362	0.2794	6.4938	0.6418	0.6961
แมงกานีส	0.0935	0.2928	2.2591	52.5030	5.1890	5.6282
ปรอท	0.0001	0.0004	0.0032	0.0745	0.0074	0.0080
นิกเกิล	0.0217	0.0679	0.5238	12.1729	1.2031	1.3049
สังกะสี	0.1068	0.3345	2.5807	59.9771	5.9277	6.4294

จากตารางที่ 4.21 แสดงการปันส่วนข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า – สารเคมีในการกำจัดตะกอน และปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอน โดยคำนวณเทียบจากกระบวนการกำจัดตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ตามสัดส่วนการรับกำจัดตะกอน

จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ อันจะนำไปสู่การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในกรณีสมมติต่อไป ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า – สารเคมี และปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ จะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนตะกอนที่ต้องกำจัด ในขณะที่ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า – สารเคมี และปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมก็จะลดลงในสัดส่วนเดียวกัน

ตารางที่ 4.22 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์สมมติ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม		โรงควบคุมคุณภาพน้ำ					
		สี่พระยา	รัตนโกสินทร์	ทุ่งครุ	หนองแขม	ช่องนนทรี	ดินแดง
Global Warming (kg CO_2 eq.)	เดิม	1,930	1,640	4,340	7,670	8,520	17,300
	ใหม่	1,923	1,628	4,298	7,670	8,426	17,200
Toxicity (kg 1,4-DCB eq.)	เดิม	0.0038	0.0071	0.0221	20,004,306	0.0211	0.0396
	ใหม่	28,010	88,032	684,250	15,893,804	1,570,574	1,704,622
Acidification (kg SO_2 eq.)	เดิม	11.01	9.30	24.65	43.71	48.43	98.45
	ใหม่	11.01	9.30	24.65	43.71	48.43	98.45
Eutrophication (kg PO_4^{3-} eq.)	เดิม	88.98	183.31	245.97	473.44	692.77	1,280.00
	ใหม่	88.98	183.31	245.97	473.44	692.77	1,280.00
Photochemical Oxidant (kg C_2H_4 eq.)	เดิม	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.09
	ใหม่	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.09

จากตารางที่ 4.22 แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์สมมติ (โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีระบบการกำจัดกากตะกอน) เปรียบเทียบกันระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 6 แห่ง พบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ประเด็น ประกอบด้วย Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเพียง 2 ประเด็น คือ

(1) Global Warming การเปลี่ยนแปลงผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้มีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ ส่วนของผลกระทบที่ลดลงมาจากการขนส่งตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมที่หายไปนั่นเอง

(2) Toxicity ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนออกสู่สิ่งแวดล้อม ฉะนั้น เมื่อโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีการกำจัดตะกอนได้เอง ภาระการปนเปื้อนมลสารจากเดิมเกิดขึ้นเฉพาะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม จึงกระจายไปยังโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ ด้วย ตามสัดส่วนการกำจัดกากตะกอนส่วนเกินที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ เพิ่มขึ้น ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมมีปริมาณลดลงนั่นเอง

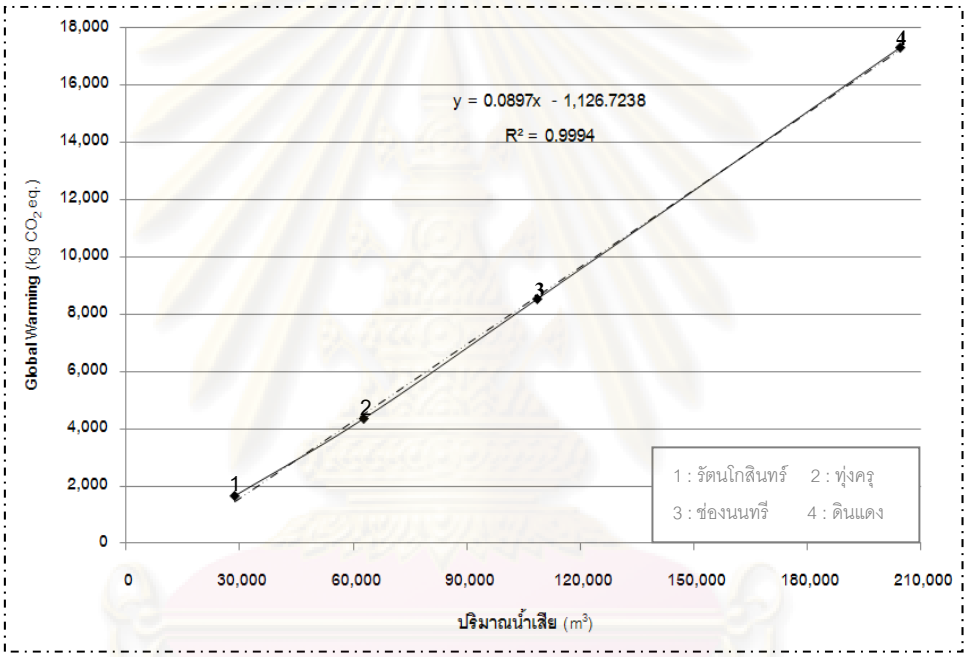
4.8 การสร้างดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น เป็นการสร้างโดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำจำนวน 4 แห่ง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี และดินแดง เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อยกระดับน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดเป็นสำคัญ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมากเกินความต้องการที่แท้จริงของระบบบำบัด เพื่อประสิทธิภาพของดัชนีที่ดี ทำให้ไม่สามารถนำมาคำนวณเพื่อสร้างดัชนีชี้วัดร่วมกับการดำเนินงานของโรงควบคุมคุณภาพอื่นได้ ในขณะที่ผลการดำเนินงานของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมและจตุจักร ก็ไม่สามารถนำมาคำนวณเพื่อสร้างดัชนีชี้วัดได้เช่นกัน เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง กำจัดตะกอนได้เอง ทำให้ปริมาณการใช้พลังงาน – ทรัพยากร และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น มีลักษณะที่แตกต่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่น ฉะนั้น ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้นจึงเป็นดัชนีที่มีความจำเพาะต่อโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่มีระบบกำจัดกากตะกอนเท่านั้น

ดัชนีชี้วัดผลกระทบที่สร้างขึ้นเป็นการนำผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 4 แห่ง มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างกราฟและหาสมการความสัมพันธ์สำหรับการคาดการณ์ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียในอนาคตต่อไป ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจำนวน 6 ประเด็น คือ Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication, Photochemical Oxidant และ Land Use จะมี 2 ประเด็น คือ Toxicity และ Land Use ที่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ เนื่องจากผลกระทบด้าน Toxicity มีสาเหตุการเกิดผลกระทบจากการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนเป็นหลัก จึงไม่จัดอยู่ในข้อจำกัดของการสร้าง

สมการนี้ ในขณะที่ผลกระทบด้าน Land Use เป็นการใช้พื้นที่โดยคำนึงถึงขนาดพื้นที่โครงการที่มีเป็นหลัก จึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบได้ ส่วนความเสียหายจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมจำนวน 4 ประเด็น คือ Human Health, Social Assets, Biodiversity และ Primary Productivity จะมี 2 ประเด็น คือ Biodiversity และ Primary Productivity ที่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ เนื่องจากความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจาก Toxicity และ Land Use นั่นเอง

❖ Global Warming



รูปที่ 4.44 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming

จากรูปที่ 4.44 แสดงดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming พบว่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด คือ

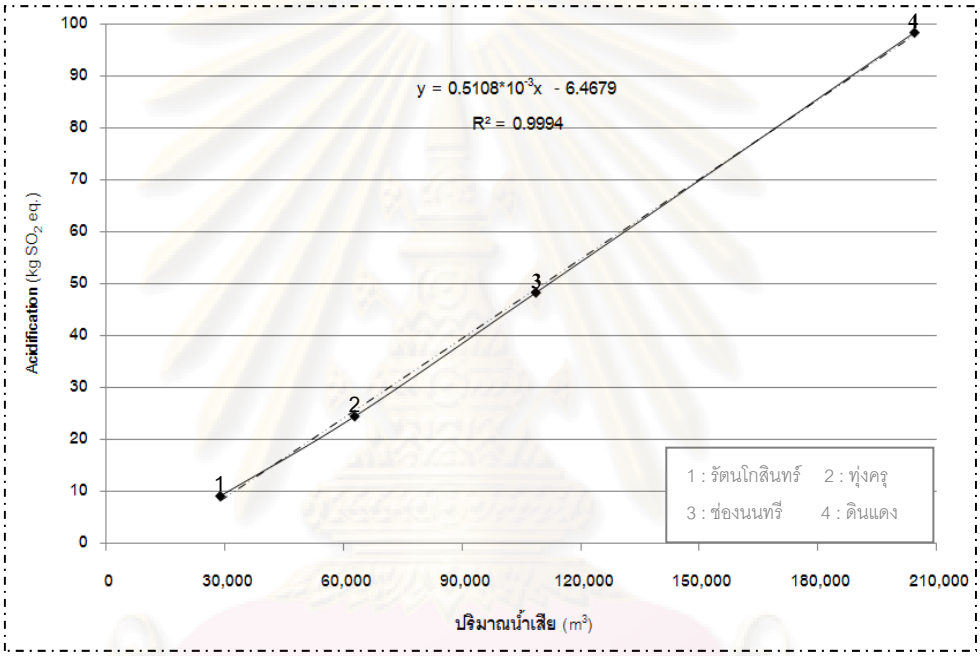
$$Y_{GW} = 0.0897\ WW - 1{,}126.7238 \quad ; R^2 = 0.9994$$

เมื่อ Y_{GW} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming (กก. CO_2 เทียบเท่า)

WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม.)

ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมาก ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียย่อมสูงด้วย ส่งผลให้ผลกระทบด้าน Global Warming ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณที่เกิดขึ้นสูงเช่นกัน

❖ Acidification



รูปที่ 4.45 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification

จากรูปที่ 4.45 แสดงดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification พบว่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด คือ

$$Y_{Ac} = 0.5108*10^{-3}\,WW - 6.4679 \quad ; R^2 = 0.9994$$

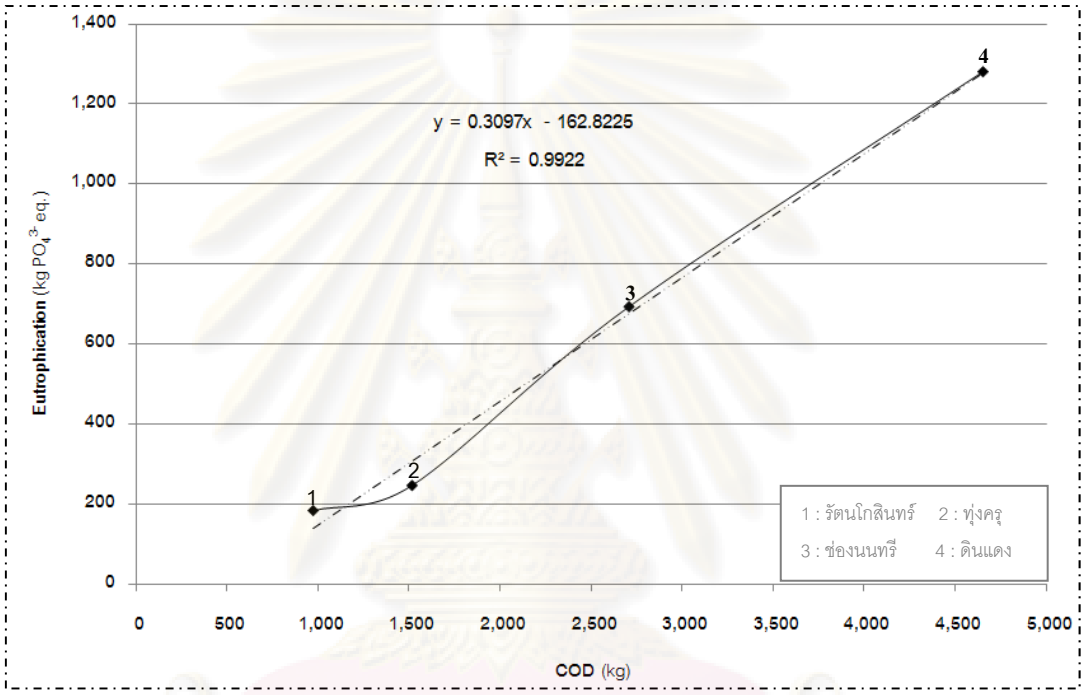
เมื่อ Y_{Ac} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification (กก. SO_2 เทียบเท่า)

WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม.)

ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดเช่นเดียวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมาก ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียย่อมสูงด้วย ส่งผลให้ผลกระทบด้าน Acidification ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณที่เกิดขึ้นสูงเช่นกัน

❖ Eutrophication



รูปที่ 4.46 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication

จากรูปที่ 4.46 แสดงดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication พบว่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับปริมาณซีโอดีที่ระบายออกจากระบบบำบัด คือ

$$Y_{Eu} = 0.3097\ COD - 162.6225 \quad ; R^2 = 0.9922$$

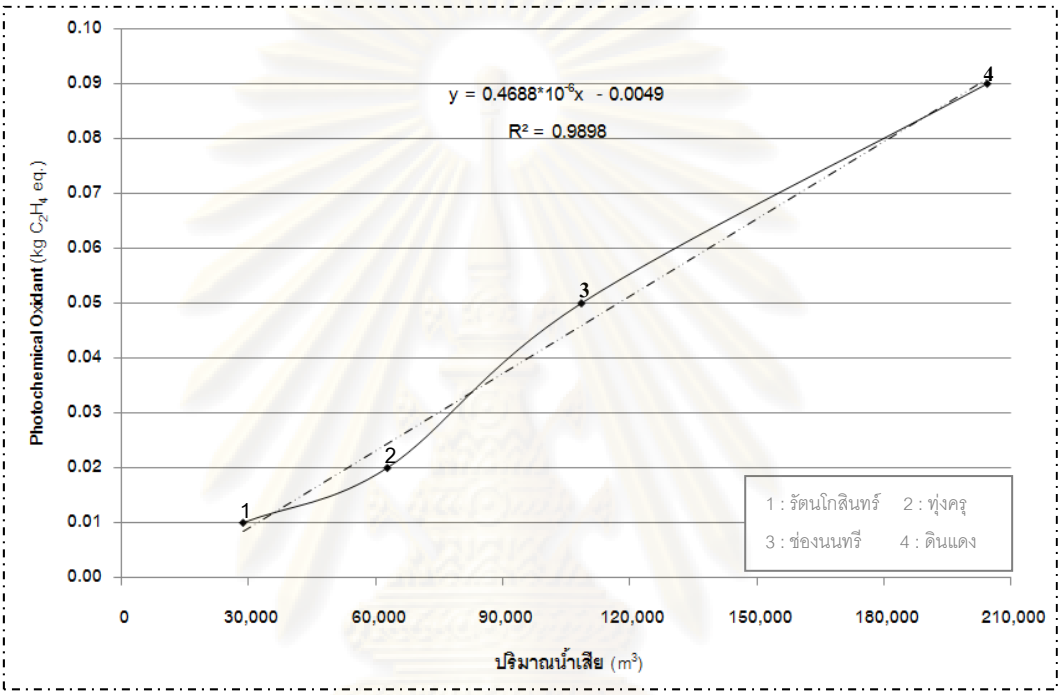
เมื่อ Y_{Eu} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication (กก. PO_4^{3-} เทียบเท่า)

COD คือ ปริมาณซีโอดีที่ระบายออกจากระบบบำบัด (กก.)

ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตรงกับปริมาณซีโอดีที่ระบายออกจากระบบบำบัด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการระบายมลสาร

ออกสู่แหล่งน้ำเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดผลกระทบด้านนี้ ปริมาณมลสารที่ระบายออกมากการปนเปื้อนในแหล่งน้ำก็จะสูง ส่งผลให้ผลกระทบด้าน Eutrophication ที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูงด้วย

❖ Photochemical Oxidant



รูปที่ 4.47 ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant

จากรูปที่ 4.47 แสดงดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant พบว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด คือ

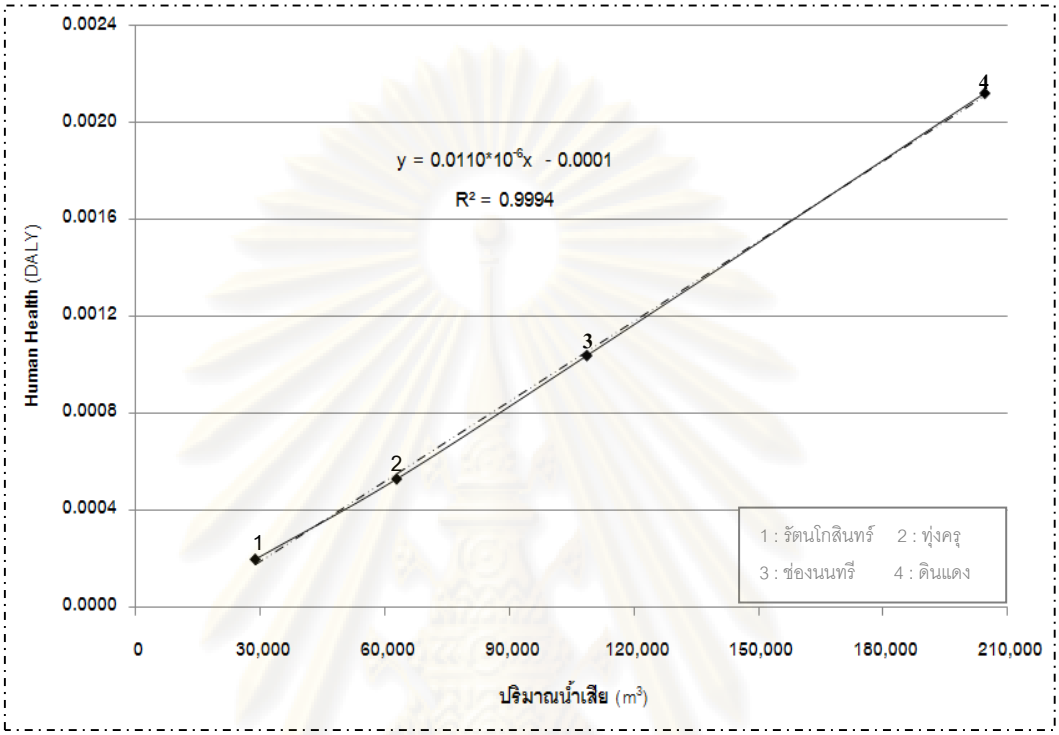
$$Y_{PO} = 0.4688*10^{-6}\ WW - 0.0049 \quad ; R^2 = 0.9898$$

เมื่อ Y_{PO} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant (กก. C_2H_4 เทียบเท่า)

WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม.)

ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดเช่นเดียวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming และ Acidification

❖ Human Health



รูปที่ 4.48 ดัชนีชี้วัดความเสียหายด้าน Human Health

จากรูปที่ 4.48 แสดงดัชนีชี้วัดความเสียหายด้าน Human Health พบว่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด คือ

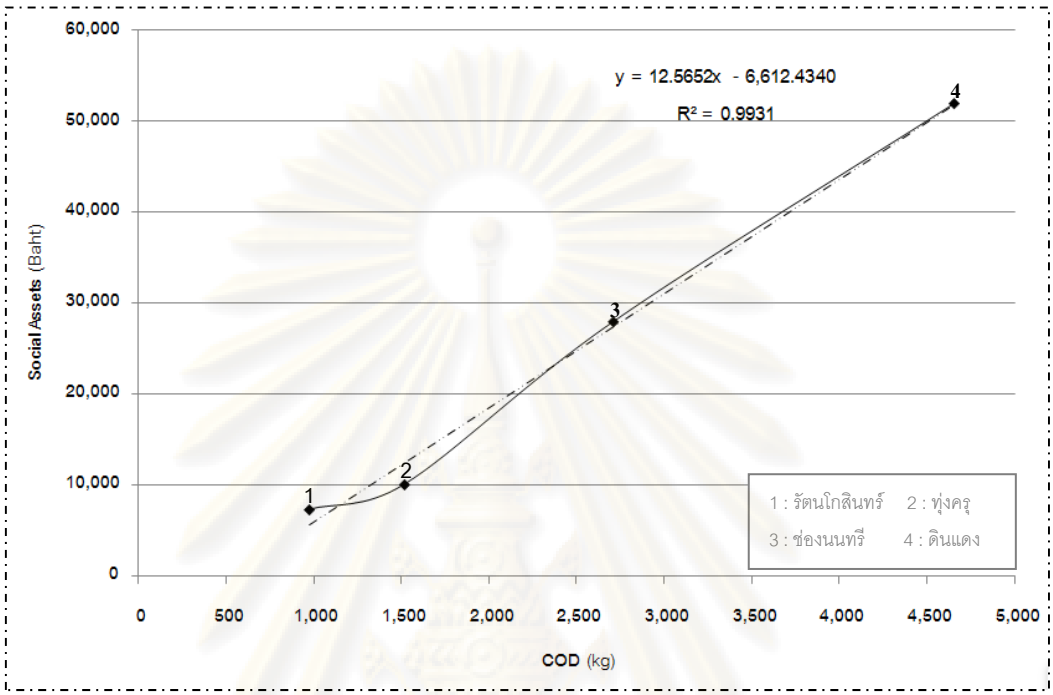
$$Y_{HH} = 0.0110*10^{-6}\ WW - 0.0001 \quad ; R^2 = 0.9994$$

เมื่อ Y_{HH} คือ ปริมาณความเสียหายด้าน Human Health (DALY)

WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม.)

ปริมาณความเสียหายด้าน Human Health มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความเสียหายด้านนี้มีสาเหตุสำคัญจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming ดังนั้น เมื่อปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมากส่งผลให้เกิดผลกระทบด้าน Global Warming สูง ความเสียหายด้าน human Health ที่เกิดขึ้นจึงสูงด้วย

❖ Social Assets



รูปที่ 4.49 ดัชนีชี้วัดความเสียหายด้าน Social Assets

จากรูปที่ 4.49 แสดงดัชนีชี้วัดความเสียหายด้าน Social Assets พบว่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายกับปริมาณซีโอดีที่ระบายออกจากระบบบำบัด คือ

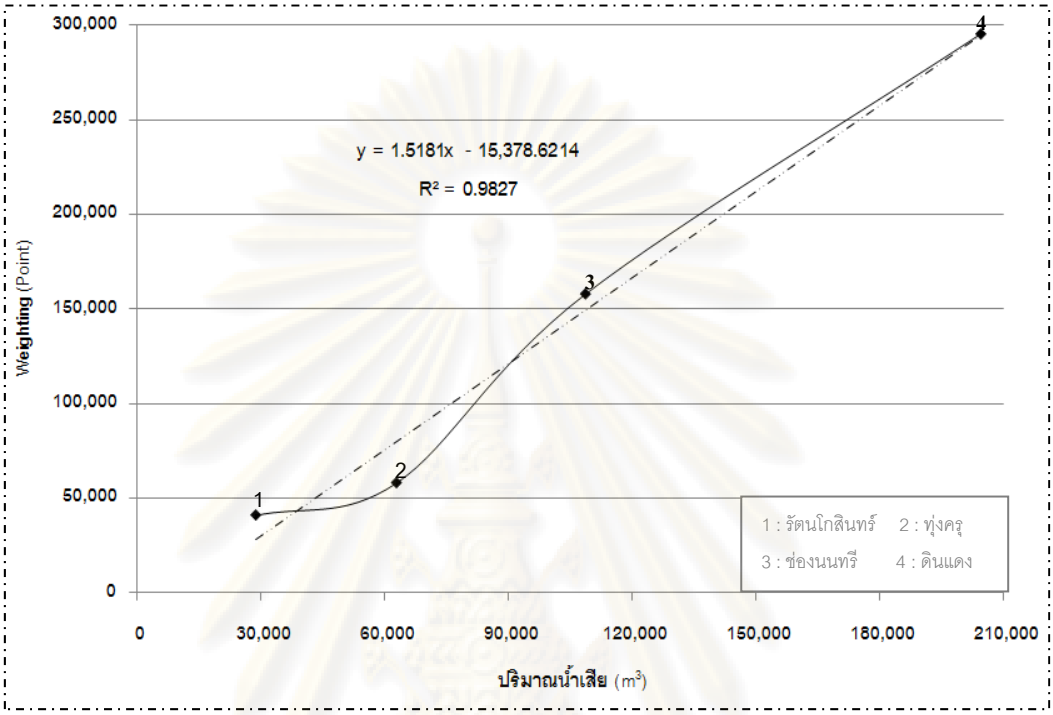
$$Y_{SA} = 12.5652\ COD - 6{,}612.4340 \quad ; R^2 = 0.9931$$

เมื่อ Y_{SA} คือ ปริมาณความเสียหายด้าน Social Assets (บาท)

COD คือ ปริมาณซีโอดีที่ระบายออกจากระบบบำบัด (กก.)

ปริมาณความเสียหายด้าน Social Assets มีความสัมพันธ์ในลักษณะแปรผันตรงกับปริมาณซีโอดีที่ระบายออกจากระบบบำบัด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดความเสียหายด้าน Social Assets นั้นมีสาเหตุสำคัญจากการระบายมลสารออกสู่แหล่งน้ำ ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำสูง ผลกระทบด้าน Eutrophication ที่เกิดขึ้นก็จะสูง ส่งผลให้ความเสียหายด้าน Social Assets สูงด้วย

❖ Weighting



รูปที่ 4.50 ดัชนีชี้วัดคะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากรูปที่ 4.50 แสดงดัชนีชี้วัดคะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด คือ

$$Y_W = 1.5181\ WW - 15,378.6214 \quad ; R^2 = 0.9827$$

เมื่อ Y_W คือ ปริมาณคะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คะแนน)

WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม.)

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง ทำให้สามารถคาดคะเนปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียชุมชนสำหรับโครงการอื่นๆ ที่มีลักษณะตรงตามข้อจำกัดของการสร้างดัชนีชี้วัดต่อไปในอนาคต

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระดับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ตลอดปี 2551 ซึ่งการวิเคราะห์ได้แบ่งขนาดระบบบำบัดออกเป็น 3 ประเภท ตามปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ประกอบด้วย

(1) โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็ก (ปริมาณน้ำเสียน้อยกว่า 100,000 ลบ.ม./วัน) จำนวน 3 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ และทุ่งครุ

(2) โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง (ปริมาณน้ำเสีย 100,000 – 199,999 ลบ.ม./วัน) จำนวน 3 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี จตุจักร และหนองแขม

(3) โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ (ปริมาณน้ำเสีย 200,000 ลบ.ม./วัน ขึ้นไป) จำนวน 1 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

การวิเคราะห์จะใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบปริมาณทรัพยากรและพลังงานที่ต้องใช้ รวมถึงปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียตลอดวงจรชีวิต ตั้งแต่การรับน้ำเสียเข้าสู่ระบบไปจนถึงการระบายน้ำทิ้งออกจากระบบ และการจัดการตะกอนที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิจัยด้านปริมาณพลังงานและทรัพยากรที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และการวิจัยด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย โดยคำนวณในรูปต่อหน่วยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ สำหรับการศึกษาวัฏจักรชีวิตจะพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 6 ประเภท คือ Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication, Photochemical Oxidant และ Land Use

ผลจากการวิจัยระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนตลอดวัฏจักรชีวิต ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 7 แห่ง ของกรุงเทพมหานคร สามารถสรุปได้เป็น 8 ประเด็น ดังนี้

5.1.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

มลสารทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด มีปริมาณที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด ประมาณ 37, 50, 1.9 และ 12 มก./ล. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ขนาดของระบบบำบัดไม่มีผลต่อความเข้มข้นของมลสารที่เข้าสู่ระบบ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับลักษณะน้ำเสียชุมชนของ Metcalf และ Eddy [1991] ที่ระดับความเข้มข้นน้อย จะได้ว่า ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ยังมีระดับความสกปรกไม่สูงมากนัก

น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดเป็นน้ำเสียรวมทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำฝน น้ำเสียที่มาจากชุมชนจะผ่านบ่อเกรอะบ่อซึมจากอาคารบ้านเรือนมาแล้ว และน้ำฝนยังช่วยเจือจางความเข้มข้นของมลสาร อีกทั้งการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบจะถูกระบายลงสู่ท่อที่มีลักษณะใหญ่ มีความลาดชันน้อย ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไกล ทำให้น้ำเสียในท่อไหลช้าและเกิดการตกตะกอน ปริมาณของแข็งแขวนลอย และบีโอดีในส่วนที่เป็นของแข็งก็จะลดลง จึงเป็นสาเหตุให้ความสกปรกของน้ำเสียลดลงนั่นเอง

5.1.2 ผลการดำเนินงานโรงควบคุมคุณภาพน้ำ

ผลการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง ตลอดปี 2551 เป็นระยะเวลา 1 ปี หากพิจารณาปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ จะพบว่า ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยที่เข้าสู่ระบบในปี 2551 ยังไม่เต็มความสามารถของระบบที่จะรองรับได้ โดยมีปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบเฉลี่ยประมาณ 70% การเพิ่มประสิทธิภาพการรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบเป็นสิ่งที่สำคัญ ในขณะที่การดำเนินงานบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง แม้จะมีรูปแบบของระบบบำบัดที่แตกต่างกัน แต่ประสิทธิภาพในการบำบัดไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด ประมาณ 80%, 75%, 40% และ 35% ตามลำดับ ทั้งนี้ความต้องการพลังงานไฟฟ้า – สารเคมี รวมถึงปริมาณการปนเปื้อนมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อมจะขึ้นอยู่ขนาดของระบบเป็นหลัก ระบบบำบัดขนาดใหญ่

ย่อมมีปริมาณความต้องการพลังงาน – สารเคมี รวมถึงการปนเปื้อนมลสารมากกว่าระบบบำบัดที่มีขนาดเล็ก

การวิเคราะห์บัญชีรายการการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง แบ่งตามชนิดของสารขาเข้า – สารขาออก ได้ดังนี้

(1) สารขาเข้า แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ วัตถุดิบ (น้ำเสีย น้ำประปา และสารเคมี) และพลังงาน (พลังงานไฟฟ้า)

(2) สารขาออก แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์ (น้ำทิ้ง) ผลพลอยได้ (กากตะกอน) และมลพิษ (มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ และมลพิษทางดิน)

สารเคมีที่ใช้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (เฟอร์ริค-คลอไรด์) และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดตะกอน (โพลิเมอร์ และปูนขาว) ในขณะที่มลพิษทางอากาศ เนื่องจากไม่มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่โครงการ จึงไม่มีผลการวิเคราะห์ ส่วนมลพิษทางดินนั้น เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน ก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ผลการวิเคราะห์มีเพียง 2 แห่งเท่านั้นที่มีระบบกำจัดกากตะกอน คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรและหนองแขม

5.1.3 ปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย

การวิเคราะห์จะจำแนกตามชนิดของทรัพยากรและพลังงาน ประกอบด้วย ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้สารเคมี และขนาดพื้นที่โครงการ

(1) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า

สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับรูปแบบของระบบบำบัด โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1.1) ระบบบำบัดที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นและการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพใกล้เคียงกัน โดยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าประมาณ 45% และ 50% ตามลำดับ ประกอบด้วย

Contact Stabilization Activated Sludge, Activated Sludge Process with Vertical Loop Reactor และ Activated Sludge with Nutrients Removal

(1.2) ระบบบำบัดที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นมากกว่าการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้า 70% และ 25% ตามลำดับ ได้แก่ Two - Stage Activated Sludge Process

(1.3) ระบบบำบัดที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นน้อยกว่าการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าประมาณ 15% และ 80% ตามลำดับ ได้แก่ Cyclic Activated Sludge System

ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.22 หน่วยต่อ 1 ลบ.ม.ของน้ำเสีย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจำนวน 6 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี จตุจักร หนองแขม และดินแดง เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ สี่พระยามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ มาก (มากกว่า 2 เท่า) จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาคำนวณร่วมด้วย เพราะจะทำให้เกิดความผกผันสูง ทั้งนี้เมื่อนำปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะได้สมการ คือ

$$Y_E = 0.2845\ WW - 3{,}455.4372 \quad ; \text{ค่า } R^2 = 0.9994$$

โดยที่ Y_E คือ ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (หน่วย) และ WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม.)

นอกจากนี้ หากพิจารณาอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด พบว่า ขนาดและรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียไม่มีผลต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบ ตัวแปรสำคัญ คือ ปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด หากระบบสามารถกำจัดบีโอดีได้มาก พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก็จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยบีโอดีที่กำจัดได้ก็จะลดลง

(2) ปริมาณการใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งเหมือนกัน คือ Polyacrylamide ขนาดของระบบบำบัดมีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้โพลิเมอร์ในการกำจัดตะกอน โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีความต้องการใช้โพลิเมอร์สูงสุด (1.6 กก./ลบ.ม.ของกากตะกอนส่วนเกิน) รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ (0.8 กก./ลบ.ม.ของกากตะกอนส่วนเกิน) และขนาดกลาง (0.5 กก./ลบ.ม.ของกากตะกอนส่วนเกิน)

(3) ขนาดพื้นที่โครงการ

การวิเคราะห์อัตราการใช้พื้นที่จะคำนวณจาก ขนาดพื้นที่ของโครงการเฉพาะส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียเท่านั้น โดยแบ่งการใช้ประโยชน์พื้นที่ในการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย และพื้นที่ในการกำจัดตะกอน ซึ่งสรุปได้ว่า ขนาดของระบบบำบัดที่แตกต่างกันและการติดตั้งระบบกำจัดกากตะกอน มีอิทธิพลต่อความต้องการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสีย โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กและขนาดกลางที่ต้องส่งกำจัดตะกอน มีอัตราการใช้พื้นที่ประมาณ 0.17 ตร.ม./น้ำเสีย 1 ลบ.ม. ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางที่กำจัดตะกอนเองและโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ มีอัตราการใช้พื้นที่ประมาณ 0.08 ตร.ม./น้ำเสีย 1 ลบ.ม. ดังนั้น ข้อสังเกต คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรด้านต่างๆ เช่น หากสามารถรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบได้มากที่สุดตามศักยภาพของระบบที่มี อัตราการใช้พื้นที่ก็จะลดต่ำลงนั่นเอง

5.1.4 การปนเปื้อนมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์การปนเปื้อนมลสารออกสู่สิ่งแวดล้อม จะจำแนกตามแหล่งรองรับมลสาร ประกอบด้วย การปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศ การปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำ และการปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดิน

(1) การปนเปื้อนมลสารออกสู่บรรยากาศ

มลสารทุกชนิดที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ แบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1.1) มลสารจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในขณะทำการศึกษาไม่มีข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่โครงการ จึงไม่มีผลการวิเคราะห์ในประเด็นนี้

(1.2) มลสารต้นทางที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย คือ มลสารจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบเพื่อใช้ในบำบัดน้ำเสีย – การกำจัดตะกอน และการขนส่งตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โดยมีมลสารจำนวน 5 ชนิด คือ CO_2, CH_4, NO_x, SO_2 และ HC

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นแหล่งกำเนิดหลักของ CO_2, CH_4, NO_x, SO_2 และ HC โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 98%, 90%, 98%, 98% และ 96% ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุหลักของการปล่อยมลสารที่เป็นพิษออกสู่บรรยากาศเกิดจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อในการบำบัดน้ำเสีย

โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีปริมาณมลสารทุกชนิดเกิดขึ้นสูงสุด เนื่องจากปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียสูงสุดนั่นเอง ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ ปริมาณมลสารทุกชนิดที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด พบว่า มีปริมาณต่อหน่วยน้ำเสียแตกต่างกันเล็กน้อย โดยที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีปริมาณมลสารต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ

(2) การปนเปื้อนมลสารออกสู่แหล่งน้ำ

มลสารที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำ ประกอบด้วย บีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง โดยมีค่าเฉลี่ย 6.5, 9.6, 1.1 และ 7.4 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งมลสารของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง กรุงเทพมหานคร ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่เกิน 20, 30, 2 และ 10 มก./ล. ตามลำดับ

ในขณะที่มลสารประเภทโลหะหนัก ประกอบด้วย สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส ปรอท นิกเกิล และสังกะสี มีโรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียง 3 แห่งที่มีการวิเคราะห์ด้านนี้ คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ช่องนนทรี และดินแดง ปริมาณมลสารทุกชนิดที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง กรมโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้หากพิจารณาปริมาณมลสารที่เข้าสู่ระบบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้ง พบว่า มลสารทุกชนิดที่เข้าสู่ระบบก็ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน โลหะหนักที่พบแต่ละชนิดมีต้นกำเนิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวันที่ถูก

ชะล้างลงมาสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยผลิตภัณฑ์สำคัญที่เป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนักหลายชนิด เช่น เครื่องสำอาง ยาฆ่าแมลง สีทาบ้าน และวัตถุที่ทำให้เกิดสี เป็นต้น

(3) การปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดิน

เป็นการวิเคราะห์คุณภาพกากตะกอนก่อนนำไปใช้ในประโยชน์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำเพียง 2 แห่งที่มีระบบกำจัดตะกอน คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมและจตุจักร โดยที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมนำกากตะกอนที่ได้ไปทำปุ๋ย การเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนจะเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรนำกากตะกอนที่ได้ไปถมที่ การเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนจะเทียบกับมาตรฐานคุณภาพดิน

ปริมาณธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิด (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง พบว่า ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่โพแทสเซียมต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งกำหนดให้ ปุ๋ยหมักต้องมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่ต่ำกว่า 0.5, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ กากตะกอนที่เกิดขึ้นมีจำนวนธาตุอาหารที่จำเป็นไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช การจะนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติของดินด้วยกรรมวิธีต่างๆ ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นก่อน

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจำนวน 8 ชนิด ประกอบด้วย สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ปรอท แมงกานีส ตะกั่ว และนิกเกิล พบว่า มลสารประเภท Cu, Cr และ Hg ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก โดยมีปริมาณการปนเปื้อน 3,563, 615 และ 2.23 มก./กก. ตามลำดับ ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เพียง 500, 300 และ 2 มก./กก. ตามลำดับ ฉะนั้น กากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดินก่อน

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจำนวน 8 ชนิดเช่นกัน ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

(3.1) การวิเคราะห์โดยเทียบกับมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม พบว่า มลสารจำนวน 2 ชนิดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ As และ Mn

(3.2) การวิเคราะห์โดยเทียบกับมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม พบว่า มลสารทุกชนิดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักที่เกินมาตรฐานสามารถแก้ไขปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นก่อนนำไปใช้งานได้

5.1.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต

การพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการประเมินวัฏจักรชีวิต แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

(1) Characterization Model

ลักษณะของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น ประกอบด้วย Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication, Photochemical Oxidant และ Land Use

Global Warming เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 98% ของทั้งหมด มลสารที่ก่อให้เกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ประกอบด้วย CO_2, CH_4 และ N_2O โดย 97% ของผลกระทบมาจากการปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศ และหากพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีผลกระทบด้าน Global Warming ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ

Toxicity เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขั้นตอนการกำจัดกากตะกอน โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา รัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี และดินแดง นำตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม สัดส่วนการเกิดผลกระทบด้านนี้ 100% จึงเกิดขึ้นจากการกำจัดตะกอนเบื้องต้นก่อนส่งกำจัด ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรและหนองแขม ซึ่งกำจัดตะกอนได้เอง ผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงเกิดจากการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนออกสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับมลสารหลักที่ก่อให้เกิดของผลกระทบ คือ Cr และ Hg โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 50% และ 20% ของมลสารทั้งหมดตามลำดับ ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาเทียบกับ

ขนาดของระบบบำบัด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีผลกระทบด้าน Toxicity ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ

Acidification เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 98% ของทั้งหมด มลสารที่ก่อให้เกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ประกอบด้วย SO_2 และ NO_x โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 51% และ 49% ตามลำดับ และหากพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีผลกระทบด้าน Acidification ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ

Eutrophication เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 99% ของทั้งหมด มลสารที่ก่อให้เกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้ประกอบด้วย COD, Total Phosphorus และ Total Nitrogen โดย 69% ของผลกระทบมาจากการปล่อย Total Phosphorus และ 30% ของผลกระทบมาจากการปล่อย Total Nitrogen ออกสู่แหล่งน้ำ และหากพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีขนาดแตกต่างกัน ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะไม่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพการกำจัดมลสารของระบบที่ถือเป็นตัวกำหนดปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ระบบ Activated Sludge Process with Vertical Loop Reactor มีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสาร (ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด) ในน้ำทิ้งสูงสุด ปริมาณผลกระทบด้าน Eutrophication ต่อหน่วยน้ำเสียจึงน้อยที่สุด

Photochemical Oxidant เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบประมาณ 98% มลสารที่ก่อให้เกิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านนี้มีชนิดเดียว คือ HC และหากพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีผลกระทบด้าน Acidification ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ

Land Use เป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการ ซึ่งกำหนดให้เท่ากับ 20 ปี การเปรียบเทียบผลกระทบด้านนี้มี 4 โครงการ คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ช่องนนทรี หนองแขม และดินแดง ซึ่งการใช้ประโยชน์พื้นที่เหล่านี้ก่อนการก่อสร้างโครงการจัดเป็นประเภท Field ในขณะที่หลังการก่อสร้างโครงการพื้นที่เหล่านี้จัดเป็นพื้นที่ประเภท Building Site ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นมีลักษณะแปรผกผัน

กับขนาดของระบบ โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่มีผลกระทบด้าน Land Use ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด นอกจากนี้การมีระบบกำจัดกากตะกอนก็เป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลให้ความต้องการใช้พื้นที่ในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

ตารางที่ 5.1 สรุปปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

รายการ	โรงควบคุมคุณภาพน้ำ						
	ขนาดเล็ก			ขนาดกลาง			ขนาดใหญ่
	สี่พระยา	รัตนโกสินทร์	ทุ่งครุ	ช่องนนทรี	จตุจักร	หนองแขม	ดินแดง
ระบบบำบัด	CSAS	TSAS	VLRAS	CASS	CASS	VLRAS	BNRAS
Global Warming ($g\ CO_2eq./m^3$)	145.04	57.10	69.12	78.43	58.48	57.84	84.60
Acidification ($g\ SO_2eq./m^3$)	0.83	0.32	0.39	0.46	0.33	0.33	0.48
Eutrophication ($g\ PO_4^{3-}eq./m^3$)	6.69	6.38	3.92	6.38	6.50	3.57	6.26
Photochemical Oxidan ($g\ C_2H_4eq./m^3$)	0.0007	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004

จากตารางที่ 5.1 สรุปปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ซึ่งจะเป็นการกล่าวถึงเฉพาะประเด็นผลกระทบที่พบได้ในโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่ง พบว่า ปริมาณผลกระทบด้าน Global Warming, Acidification และ Photochemical Oxidant ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน ยกเว้นโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาที่มีปริมาณสูงมาก เนื่องจากปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงนั่นเอง ส่วนปริมาณผลกระทบด้าน Eutrophication ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน ยกเว้นโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ และหนองแขมที่มีปริมาณน้อยมาก เนื่องจากประสิทธิภาพการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำนั่นเอง

ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดของระบบที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ประเด็นที่สำคัญ คือ ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งระบบ Vertical Loop

Reactor Activated Sludge เกิดผลกระทบด้าน Eutrophication น้อยมาก เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ แม้ปริมาณผลกระทบด้านอื่นๆ จะใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงถือเป็นระบบบำบัดที่เหมาะสมต่อน้ำเสียชุมชนของกรุงเทพมหานคร

(2) Damage Assessment

การประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียจะแบ่งออกเป็น 4 ประเด็น คือ Human Health, Social Assets, Biodiversity และ Primary Production

Human Health ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้านนี้มี 3 ประเด็น คือ Global Warming, Toxicity และ Photochemical Oxidant ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity เป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 90% ของทั้งหมด แต่หากพิจารณาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ความเสียหายเกิดขึ้นจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 95% ของทั้งหมด ปริมาณความเสียหายมีลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด โดยโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีความเสียหายด้าน Human Health ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด

Social Assets ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้านนี้มี 4 ประเด็น คือ Global Warming, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication เป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 96% ของทั้งหมด ดังนั้น ความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมาจากขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 98% ของทั้งหมด ปริมาณความเสียหายไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบบำบัด แต่ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสีย โดยเฉพาะฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนโตรเจนทั้งหมด

Biodiversity ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้านนี้มี 2 ประเด็น คือ Toxicity และ Land Use ซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity ปริมาณความเสียหายแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีความเสียหายด้าน Biodiversity จากผลกระทบด้าน Toxicity ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด ในขณะที่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use ปริมาณความเสียหายแปรผกผันกับขนาดของ

ระบบบำบัด โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่มีความเสียหายด้าน Biodiversity จากผลกระทบด้าน Land Use ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด

Primary Production ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการเกิดความเสียหายด้านนี้มี 3 ประเด็น คือ Acidification, Photochemical Oxidant และ Land Use ปริมาณความเสียหายจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use มีลักษณะเช่นเดียวกับปริมาณความเสียหายด้าน Biodiversity ที่เกิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use ปริมาณความเสียหายจึงมีลักษณะแปรผกผันกับขนาดของระบบบำบัด ส่วนปริมาณความเสียหายที่เกิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification และ Photochemical Oxidant มีลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดเล็กมีความเสียหายด้าน Primary Production จากผลกระทบด้าน Acidification และ Photochemical Oxidant ต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด

(3) Weighting Method

เป็นการให้คะแนนความสำคัญผลกระทบสิ่งแวดล้อม จากการประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้วิธี LIME Ver.2 ตามที่ระบุไว้ในโปรแกรม JEMAI-lca Pro สัมประสิทธิ์ตัวคูณที่ใช้ในการคำนวณกำหนดไว้ดังนี้ Human Health 0.310, Social Assets 0.173, Biodiversity 0.252 และ Primary Production 0.265 เมื่อพิจารณาจากขนาดของระบบบำบัด ความเสียหายมีลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของระบบบำบัด โรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมดต่อหน่วยน้ำเสียมากที่สุด โดยที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ต้องส่งกำจัดตะกอนมีสัดส่วนของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทเป็นดังนี้ Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant ประมาณ 7.32%, 0.000006%, 1.61%, 91.07% และ 0.01% ตามลำดับ ส่วนโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่ต้องส่งกำจัดตะกอนจะมีสัดส่วนของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณกากตะกอนที่ต้องกำจัดเป็นสำคัญ

5.1.6 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ ค่าไฟฟ้า ค่าบุคลากร ค่าสารเคมี ค่าซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยมีสัดส่วนคิดเป็น 50%, 19%, 3%, 21% และ 7% ตามลำดับ

เมื่อคำนวณปริมาณค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสียเทียบกับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจริงของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง พบว่า อัตราค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2.25 บาท/ลบ.ม.ของน้ำเสีย ยกเว้นโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาที่มีอัตราค่าใช้จ่ายสูงถึง 3.21 บาท/ลบ.ม.ของน้ำเสีย เนื่องจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมากในการยกระดับน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก

นอกจากนี้หากพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดเทียบกับปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัด ขนาดของระบบบำบัดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นมากนัก ปัจจัยสำคัญ คือ ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบบำบัดที่แตกต่างกัน จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่อหน่วยบีโอดีแตกต่างกัน ระบบที่สามารถกำจัดบีโอดีได้มาก อัตราค่าใช้จ่ายในการบำบัดก็จะลดลง

5.1.7 **สถานการณ์สมมติ กรณีศึกษาระบบกำจัดตะกอน**

จากการสถานการณ์สมมติ โดยกำหนดให้โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งมีการบริหารจัดการแบบครบวงจร มีระบบกำจัดกากตะกอนเองในโรงควบคุมคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง เพื่อศึกษาปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป หากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งสามารถกำจัดตะกอนได้เอง ข้อมูลที่ใช้เพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์สมมติ เป็นข้อมูลที่ได้จากการปันส่วนข้อมูลของ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมไปยังโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นๆ ตามสัดส่วนการรับกำจัดตะกอน ประกอบด้วย ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า – สารเคมี และปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอน การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์สมมติเป็นการพิจารณาเฉพาะการกำจัดตะกอนเท่านั้น ไม่รวมถึงการก่อสร้างระบบ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่พิจารณาในสถานการณ์สมมติ 5 ประการ ประกอบด้วย Global Warming, Toxicity, Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant จากการวิเคราะห์ พบว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification, Eutrophication และ Photochemical Oxidant ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น มีเพียงผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming และ Toxicity ที่มีการเปลี่ยนแปลง

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming มีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากสถานการณ์จริง ปริมาณ Global Warming ที่ลดลง เนื่องจากขั้นตอนการขนส่งตะกอนไปกำจัดที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมที่ไม่เกิดขึ้น

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity มีสาเหตุการเปลี่ยนแปลงจากการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้น ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่สามารถกำจัดตะกอนได้เองจึงมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณผลกระทบจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมจะลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเพียงการกระจายผลกระทบจากแหล่งกำเนิดหนึ่งไปยังแหล่งกำเนิดอื่นเท่านั้น ผลรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมดยังคงมีปริมาณเท่าเดิม

5.1.8 การสร้างดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่วิเคราะห์ขึ้น ใช้ข้อมูลจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ 4 แห่ง ประกอบด้วย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ทุ่งครุ ช่องนนทรี และดินแดง เนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยามีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเกินความต้องการที่แท้จริงของระบบบำบัด ในขณะที่โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมและจตุจักร กำจัดตะกอนได้เอง ทำให้ปริมาณการใช้พลังงาน – ทรัพยากร และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น มีลักษณะที่แตกต่างจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่น ทำให้ไม่สามารถนำมาคำนวณร่วมได้ เพื่อให้ดัชนีที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงสุด ฉะนั้น ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้นจึงเป็นดัชนีที่มีความจำเพาะต่อโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่มีระบบกำจัดตะกอนเท่านั้น

ดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม แบ่งออกเป็น 7 สมการ ประกอบด้วย

Y_{GW} = 0.0897 WW – 1,126.7238 ; R^2 = 0.9994 .....(1)

Y_{Ac} = $0.5108*10^{-3}$ WW – 6.4679 ; R^2 = 0.9994 .....(2)

Y_{Eu} = 0.3097 COD – 162.6225 ; R^2 = 0.9922 .....(3)

Y_{PO} = $0.4688*10^{-6}$ WW – 0.0049 ; R^2 = 0.9898 .....(4)

Y_{HH} = $0.0110*10^{-6}$ WW – 0.0001 ; R^2 = 0.9994 .....(5)

Y_{SA} = 12.5652 COD – 6,612.4340 ; R^2 = 0.9931 .....(6)

Y_{W} = 38.3803 WW – 1,157,908.9508 ; R^2 = 0.9888 .....(7)

โดยที่ Y_{GW} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming (กก. CO_2 เทียบเท่า)

Y_{Ac} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Acidification (กก. SO_2 เทียบเท่า)

Y_{Eu} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication (กก. PO_4^{3-} เทียบเท่า)

Y_{PO} คือ ปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Photochemical Oxidant (กก. C_2H_4 เทียบเท่า)

Y_{HH} คือ ปริมาณความเสียหายด้าน Human Health (DALY)

Y_{SA} คือ ปริมาณความเสียหายด้าน Social Assets (บาท)

Y_W คือ ปริมาณคะแนนรวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คะแนน)

WW คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม.)

COD คือ ปริมาณซีโอดีที่ระบายออกจากระบบ (กก.)

R^2 คือ สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ช่วยในการตัดสินใจ

5.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

5.2.1 ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ยังมีระดับความสกปรกไม่สูงมากนัก ส่งผลให้ระบบบำบัดถูกใช้งานไม่เต็มศักยภาพที่มี จึงเป็นการใช้ทรัพยากร – พลังงานอย่างสิ้นเปลือง แนวทางการแก้ไขปัญหานี้สามารถทำได้โดย การใช้บ่อปรับสภาพหรือเพิ่มระยะเวลากักเก็บเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของมลสารก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

5.2.2 พลังงานไฟฟ้าถือเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน เมื่อไม่สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้ ดังนั้น แนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุดในอนาคตหากเป็นไปได้ คือ การเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินเป็นพลังงานสะอาด การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศนอร์เวย์ ซึ่งมีสัดส่วน 0.5% จากพลังงานความร้อน 0.3% จากพลังงานนิวเคลียร์ และ 99.2% จากพลังงานน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนมลสารสู่บรรยากาศน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศอื่นๆ ในสหภาพยุโรป ที่มีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนน้อยลง [Ortiz และคณะ, 2007]

5.2.3 ระบบบำบัดที่มีขนาดและรูปแบบแตกต่างกันมีความต้องการใช้ไฟฟ้าแตกต่างกันเล็กน้อย ดังนั้น ระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง ย่อมมีอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปริมาณมลสารที่ถูกกำจัดต่ำ แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้

ไฟฟ้าในการกำจัดบีโอดี จึงสามารถทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของบีโอดีก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด เพื่อให้การใช้งานระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในการกำจัดบีโอดีก็จะลดต่ำลง

5.2.4 การปล่อยมลสารออกสู่บรรยากาศ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีสาเหตุจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้น แนวทางการลดมลพิษทางอากาศจึงสามารถทำได้โดย การลดมลพิษจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวในหัวข้อ 5.2.2

5.2.5 การพิจารณาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำทิ้ง เนื่องจากกรุงเทพมหานครยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานไว้ จึงต้องใช้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง กรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า ปริมาณโลหะหนักทุกชนิดในน้ำทิ้งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทิ้งเป็นสิ่งสำคัญ ในอนาคตหากปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดเพิ่มขึ้น ปริมาณโลหะหนักย่อมเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบทั้งต่อมนุษย์และระบบนิเวศน์ การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในน้ำทิ้งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่งควรมีการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งด้วย

5.2.6 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในกากตะกอน โดยเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก กรมพัฒนาที่ดิน พบว่า กากตะกอนจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่มีโพแทสเซียมต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพกากตะกอนให้มีจำนวนธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของพืชก่อนจะนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถทำได้โดย การใช้กากตะกอนผสมกับปุ๋ยเคมี

5.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจำนวน 8 ชนิด ประกอบด้วย As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Pb และ Ni พบว่า ในภาพรวมของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง คือ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร และหนองแขม มีโลหะหนักจำนวน 5 ชนิด ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ประกอบด้วย As, Cr, Cu, Hg และ Mn โดยมีแนวทางในการลดการปนเปื้อนมลสารออกสู่พื้นดิน ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- As แก้ไขโดย การปลูกเฟิร์นเงิน หรือ เฟิร์นหลังเงิน (Pitylogram ma calo melanos) เฟิร์นกูดหมาก (Pteris vittata) ดอกดาวเรือง และกล้วยน้ำว้าในดินที่มีการปนเปื้อนสารหนู ซึ่งสามารถสะสมสารหนูได้ในปริมาณที่สูงมาก (มากกว่า 8,000 ก./กก.) [พรสวรรค์, 2551]

- Cr แก้ไขโดย การนำกากตะกอนมาผสมกับเถ้าลอยที่มีสภาพเป็นด่าง หลังจากผ่านการอบครบ 22 วัน ปริมาณโครเมียมคงเหลือจะน้อยกว่า 2.5 มคก./กก. [Zhang และคณะ, 2008]

- Cu แก้ไขโดย การใช้ฝุ่นจากเตาเผาซีเมนต์ (Cement Kiln Dust: CKD) ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ มาเป็นส่วนผสมในการหมักทำปุ๋ย โดยใช้ CKD ผสมลงในกองปุ๋ยหมัก 30% ของกากตะกอน ซึ่งจะสามารถตรึงทองแดงไม่ให้ปนเปื้อนออกมาสู่สิ่งแวดล้อมได้ [Liu และคณะ, 2006]

- Hg แก้ไขโดย การใช้ LIX 34 ในสารละลายโทลูอีน สกัดแยกสารปรอทออกมา โดยสารที่ได้จะอยู่ในรูป Hg_2L_2 ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถกำจัดสารปรอทได้มากกว่า 95% [Huebra และคณะ, 2003]

- Mn แก้ไขโดย การนำจุลินทรีย์ (*Thiobacillus ferrooxidans*) มาผสมกับกากตะกอน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วในการหมุน 200 รอบต่อนาที ซึ่งจะสามารถลดปริมาณแมงกานีสได้ประมาณร้อยละ 80 [Lombardi และ Garcia, 2002]

5.2.8 การพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Global Warming, Acidification และ Photochemical Oxidant พบว่า เกิดขึ้นในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก ซึ่งมีสาเหตุจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้น แนวทางการลดผลกระทบด้านนี้จึงสามารถทำได้เช่นเดียวกับการลดการปล่อยมลสารออกสู่บรรยากาศในหัวข้อ 5.2.2

5.2.9 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity เมื่อพิจารณาจากแหล่งที่มาของผลกระทบทำให้สามารถเสนอแนะแนวทางในการลดผลกระทบได้โดย การลดปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม การกำจัดตะกอนด้วยด้วยความร้อน (pyrolysis and incineration) เป็นวิธีที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity น้อยกว่าการบำบัดทางชีวภาพ (anaerobic digestion) [Hospido และ

คณะ, 2005] ซึ่งแนวทางนี้เป็นการพิจารณาเฉพาะผลกระทบด้าน Toxicity เพียงอย่างเดียว การนำไปจริงจะต้องมีการศึกษาพิจารณาผลกระทบด้านอื่นๆ ควบคู่ไปด้วยจึงจะเกิดประโยชน์อย่างแท้จริง

5.2.10 ขั้นตอนสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication คือ การบำบัดน้ำเสีย และเมื่อพิจารณาถึงสาเหตุการเกิดผลกระทบ พบว่า เกิดจากการระบายมลสารออกสู่แหล่งน้ำ ดังนั้น แนวทางการลดผลกระทบด้านนี้สามารถทำได้โดย การเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียให้มีปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่แหล่งน้ำน้อยที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า ระบบ VLRAS มีประสิทธิภาพสูงสุด

5.2.11 การพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Land Use เป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอันจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ที่จะเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น เพื่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้น้อยที่สุด พื้นที่ก่อน – หลังก่อสร้างโครงการจึงควรเป็นพื้นที่ประเภทเดียวกัน หรือพื้นที่ก่อนการก่อสร้างโครงการควรเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ หรือมีชุมชนหนาแน่น เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

5.2.12 จากการพิจารณาผลรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมด พบว่า สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่ต้องส่งกำจัดตะกอน ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity มีสัดส่วนการเกิดผลกระทบสูงสุด ดังนั้น Toxicity จึงถือเป็นประเด็นหลักในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งวิธีการลดผลกระทบดังแสดงในข้อ 5.2.9 ในขณะที่ สำหรับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ต้องส่งกำจัดตะกอน ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Eutrophication มีสัดส่วนการเกิดผลกระทบสูงสุด ดังนั้น Eutrophication จึงถือเป็นประเด็นหลักในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งวิธีการลดผลกระทบดังแสดงในข้อ 5.2.10

5.2.13 หากพิจารณาเฉพาะขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โครงการก่อสร้างโรงควบคุมคุณภาพน้ำในอนาคตควรเป็นโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีขนาดเล็ก โดยใช้ระบบ VLRAS เนื่องจากมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยน้ำเสียน้อยที่สุด ในขณะที่ปริมาณการใช้ทรัพยากร – พลังงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย มีลักษณะไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า

5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยเพิ่มเติม

5.3.1 ปริมาณมลสารที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมควรระบุทั้งมลสารทางอากาศ มลสารทางน้ำ และมลสารทางดิน จึงจะเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิต ฉะนั้น ควรมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่โครงการ เพื่อศึกษาปริมาณการระบายมลสารออกสู่บรรยากาศ จากการขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียด้วย

5.3.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตโดยใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม JEMAI เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูลในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งอาจไม่ตรงกับประเทศไทยนัก เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้สอดรับกับสถานการณ์ในประเทศไทย ดังนั้น ควรใช้ฐานข้อมูลของประเทศไทยในการประเมินวัฏจักรชีวิต

5.3.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้าน Toxicity เป็นประเด็นหลักในการเกิดผลกระทบทั้งหมดต่อสิ่งแวดล้อมจากการบำบัดน้ำเสียชุมชน การศึกษาวิธีการกำจัดตะกอนที่เหมาะสมกับโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร จะช่วยให้สามารถวางแผนการจัดการเลือกระบบที่จะก่อให้เกิดการระบายมลสาร (โลหะหนัก) ออกสู่พื้นดินได้อย่างเป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น

5.3.4 จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า ค่าซ่อมบำรุงมีสัดส่วนสูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากค่าไฟฟ้า ซึ่งมีประมาณ 21% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ดังนั้น การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงควรพิจารณาการซ่อมบำรุงร่วมด้วย

5.3.5 ในอนาคตหากมีการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เลือกใช้ระบบบำบัดที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกัน จะช่วยให้เข้าใจลักษณะผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากระบบบำบัดแต่ละประเภท และสามารถเลือกใช้ระบบบำบัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ยิ่งขึ้น

5.3.6 ควรมีการประเมินวัฏจักรชีวิตระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ตั้งแต่ขั้นตอนการก่อสร้างระบบ ขั้นตอนการใช้งานระบบ และขั้นตอนการซ่อมบำรุงระบบ ตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการที่ตั้งไว้ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นในภาพรวมจากการสร้างระบบบำบัดหนึ่งๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การปกครอง, กรม. 2552. ประกาศสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง เรื่อง จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร แยกเป็นกรุงเทพมหานคร และจังหวัดต่างๆ ตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2551[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.dopa.go.th/stat/y_stat51.html. [2552, July 1].

กรุงเทพมหานคร. 2552. กรุงเทพฯ วันนี้ [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://city.bangkok.go.th/th/. [2552, June 15].

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2552. มาตรฐานคุณภาพดิน [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_soil01.html#s1. [2552, August 6].

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2552. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/Info_serv/water_wt.html#s10. [2552, June 15].

จักรภพ นาคฤทธิ์. 2546. การศึกษาเปรียบเทียบวัฏจักรพลังงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตระหว่างการใช้ดีเซลผสมเอทานอลชนิด 95% และ 99.5% ในภาคการขนส่งของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจรจาการค้าระหว่างประเทศ, กรม. 2552. โครงการวิเคราะห์โอกาสการขยายการค้าของไทยภายใต้เขตการค้าเสรี BIMSTEC[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.thaifta.com/thaifta/Portals/0/File/bim_ch3.pdf. [2552, August 22].

ชฎารัตน์ อนันต์. 2540. ผลของความเค็มที่มีต่อการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบฟอรีดอกซ์ 3 ขั้นตอน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2540. ค่ากำหนดการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ. 57 หน้า:ภาพประกอบ.

ธเรศ ศรีสถิตย์. 2544. ความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนกับประสิทธิภาพการบำบัดของโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา. โครงการวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 77 หน้า: ภาพประกอบ.

นันทชัย ศรีนภาวงศ์. 2543. การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบร่วมเยื่อแผ่น-ถังโปรยกรอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราโมทย์ ประสาทกุล, สุรีย์พร พันพึ่ง และ ปัทมา ว่าพัฒนวงศ์. 2550. “ระเบิดคนเมือง”ในประเทศไทย, งานประชุมวิชาการประจำปี “ประชากรและสังคม” ครั้งที่ 3 พ.ศ.2550. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

พรสวรรค์ สุทธิวิเศษ. 2551. ความสำเร็จในการปลูกพืชเพื่อดูดซึมสารพิษในดินและน้ำ. การประชุมและแสดงนิทรรศการด้านเทคโนโลยีชีวภาพนานาชาติแห่งภูมิภาคเอเชีย. 25 พฤศจิกายน 2551. ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์.

พัฒนาที่ดิน, กรม. 2547. มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/Link_Q/standard/4.htm. [2552, August 5].

พิชญ์นาฏ สุทธิสมณ์. 2546. การบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันถั่วเหลืองโดยการเติมแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ไลเปสในระบบบำบัดแบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พูนศิริ สินธุรัตน์. 2543. การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้กระบวนการกรองที่มีเศษคอนกรีตเป็นสารกรอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนต์ชัย จันทร์ศิริ. 2548. ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รังสฤษดิ์ พรมประสิทธิ์. 2549. การวิเคราะห์รูปแบบการดำเนินงานของโครงการจัดการขยะมูลฝอยและบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัฒนาพร ฉิมเรศ. 2543. การประยุกต์ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2543. การทำปุ๋ยหมัก[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/library/html/detail/puyy/fert3.htm. [2552, August 6].

เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2518. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. ปทุมธานี: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2545. ทิศทางการจัดหาไฟฟ้าไทย[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.eppo.go.th/power/powerplant/1-intro.html. [2552, August 5].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โครงการศึกษาความเหมาะสมในการจัดเก็บค่าบริการน้ำเสียในเขตกรุงเทพมหานคร [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/News_dds/information/wasewater_management(ThaiVer)1.pdf. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. กลุ่มงานในสังกัดสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/wqm/Thai/sub-office.html. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. การจัดการและแก้ไขปัญหาน้ำเสีย [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/wqm/Thai/wwtp.html. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/jj.htm. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/yannawa.htm. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/dindang.htm. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/tungkru.htm. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/rattan.htm. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/sipraya.htm. [2552, June 15].

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ. 2552. โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://dds.bangkok.go.th/nong_k.htm. [2552, June 15].

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2538. โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/Info_serv/en_water_wt.html. [2552, June 15].

อนันต์ กาญจนวุฒิธรรม. 2539. ผลของเวลากักน้ำในถังแอนแอโรบิกที่มีต่อการกำจัดซีโอดี ในกระบวนการแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Azapagic, A., Perdan, S., and Clift, R. 2004. Sustainable development in practice. In: Case studies for engineers and scientists. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd.

Atkins, E.D., and Hawley, J.R. 1978. Source of metals and metal levels in municipal wastewaters. Environment Canada, Ottawa. อ้างถึงในธเรศ ศรีสถิตย์. 2544. ความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนกับประสิทธิภาพการบำบัดของโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา. โครงการวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 77 หน้า:ภาพประกอบ.

Chipasa, K.B., and Mdrzycka, K. [2008]. Characterization of the fate of lipids in activated sludge. Journal of Environmental Sciences. 20(5):536-542.

Dellinger, M. 2008. Reusing wastewater to reduce global warming. Lake County's Water and Wastewater Agency. State of California, USA.

Dixon, A., Simon, M., and Burkitt, T. 2003. Assessing the environmental impact of two options for small-scale wastewater treatment : comparing a reedbed and an aerated biological filter using a life cycle approach. Ecological Engineering. 20(4):297-308.

Hospido, A., Moreira, M.T., Martin, M., Rigola, M., and Feijoo, G. 2005. Environmental evaluation of different treatment processes for sludge from urban wastewater treatments: anaerobic digestion versus thermal processes. Int J LCA. 10(5):336–345.

Huebra, M., Elizalde, M.P., and Almela, A. 2003. Hg (II) extraction by LIX 34. Mercury removal from sludge. Hydrometallurgy. 68(1-3): 33-42.

International Standard ISO 14041. 1998. Environmental management -- Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis.

IPCC. 2001. IPCC Third Assessment Report 'Climate Change 2001':The Scientific Basis [online]. Available from : http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/247.htm. [2009, January 27].

JEMAI. 2003. LCA software "JEMAI-LCA Pro"[online]. Available from : http://www.jemai.or.jp/english/lca/index.cfm. [2009, July 13].

Kim, S., and Dale, B.E. 2005. Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels : Bioethanol and biodiesel. Biomass and Bioenergy. 29(6):426-439.

Liu, Y., Ma, L., Li, Y., and Zheng, L. 2006. Evolution of heavy metal speciation during the aerobic composting process of sewage sludge. Chemosphere. 67(5): 1025-1032.

Lombardi, A.T., and Garcia, O. 2002. Biological leaching of Mn, Al, Zn, Cu, and Ti in an anaerobic sewage sludge effectuated by *Thiobacillus ferrooxidans* and its effect on metal partitioning. Water Research. 36(13): 3193-3202.

Lundin, M., Olofsson, M., Pettersson, G.J., and Zetterlund, H. 2004. Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options. Resources, Conservation, and Recycling. 41(4):255-278.

Mezrioui, N., and Baleux, B. 1994. Resistance patterns of *e. coli* strains isolated from domestic sewage before and after treatment in both aerobic lagoon and activated sludge. Water Research. 28(11):2399-2406.

Metcalf & Eddy, inc. 1991. Wastewater Engineering : Collection, Treatment, Disposal. McGraw-Hill book company. New York.

Nguyen, T.L.T., and Gheewala, S.H. 2008. Life cycle assessment of fuel ethanol from cassava in Thailand. Int J LCA.13(2):147-154.

Ortiz, M., Raluy, R.G., Serra, L, and Uche, J. 2007. Life cycle assessment of water treatment technologies: wastewater and water-reuse in a small town. Desalination. 204(1-3):121-131.

Paulauskas, V., Sabiene, N., and Zaleckas, E. 2006. Wastewater sewage sludge leaching and alkaline stabilization. Ekologua. 4: 76-82.

Renou, S., Thomas, J.S., Aoustin, E., and Pons, M.N. 2008. Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA. Journal of Cleaner Production. 16(10):1098-1105.

Schulthess, R.V., and Gujer, W. 1996. Release of Nitrous Oxide (N_2O) from Denitrifying Activated Sludge: Verification and Application of a Mathematical Model. Water Research. 30(3): 521 – 530.

SETAC-Europe Working Group. 2003. Life cycle assessment and conceptually related programmes. Report for SETAC-Europe, Brussels.

Stowa. 2006. Vertical loop reactor [online]. Available from : http://www.stowa-selectedtechnologies.nl/Sheets/Sheets/Vertical.Loop.Reactor.html. [2009, September 9].

Tillman, A.M., Svingby, M., and Lundstrom, H. 1998. Life Cycle Assessment of Municipal Waste Water Systems. Int J LCA. 3(3):145-157.

UNEP-Industry and Environment. 1996. Life cycle assessment: what is it and how to do it. United Nations Publication Sales No. 9C-III-D.2, Paris.

Vlasopoulos, N., Memon, F.A., Butler, D., and Murphy, R. 2006. Life cycle assessment of wastewater treatment technologies treating petroleum process waters. Science of The Total Environment. 367(1):58-70.

Weiss, P., Eveborn, D., Karrman, E., and Gustafsson, J.P. 2008. Environmental systems analysis of four on-site wastewater treatment options. Resources, Conservation, and Recycling. 52(10):1153-1161.

World Health Organization. 2002. Developing Human Health-related Chemical Guidelines for Reclaimed Water and Sewage Sludge Applications in Agriculture [online]. Available from : http://www.envisci.ucr.edu/downloads/chang/who/WHO_report.pdf. [2009, August 6].

Zhang, H., Sun, L., and Sun, T. 2008. Solubility of ion and trace metals stabilized sewage sludge by fly ash and alkaline mine tailing. Journal of Environmental Sciences. 20(6): 710-716.

Zupancic, M., Bukovee, N., Milacic, R., and Scancar, J. 2006. Critical evaluation of the use of the hydroxyapatite as a stabilizing agent to reduce the mobility of Zn and Ni in sewage sludge amended soils. Waste Management. 26(12): 1392-1399.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ติดต่อขอรับข้อมูลการบำบัดน้ำเสียโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร

1. **สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร**

   - นางสาวศิริลักษณ์ ลีระศิริ ตำแหน่ง นักวิชาการสุขาภิบาล 7
   - นายเกษม เทพหนู ตำแหน่ง นักวิชาการสุขาภิบาล 6ว

2. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา**

   - นายวีนัส มณีวงษ์ ตำแหน่ง นายช่างเครื่องกล 6

3. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์**

   - นายนพรัตน์ ทาทอง ตำแหน่ง นายช่างไฟฟ้า 6

4. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ**

   - นางพวงพยอม พิมพามา ตำแหน่ง เจ้าพนักงานวิทยาศาสตร์ 6

5. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี**

   - นายเลิศชาย ยันต์วิเศษ ตำแหน่ง นายช่างไฟฟ้า 6

6. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร**

   - นางเสาวภาคย์ อื้อกุล ตำแหน่ง รองผู้จัดการโครงการ

7. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม**

   - นายพงศกร พิมพ์แจ่ม ตำแหน่ง นายช่างเครื่องกล 4

8. **โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง**

   - นายภานุวัตร์ ถิตตยานุรักษ์ ตำแหน่ง นายช่างเครื่องกล 6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ.2551

ตาราง ข-1 ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

รายการ	หน่วย	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.													
-ปริมาณน้ำเข้า		381,639	238,701	342,295	335,628	307,647	342,121	424,566	497,884	510,446	493,434	480,930	513,437	405,728
-ปริมาณน้ำออก		381,608	238,673	342,262	335,613	307,632	342,082	424,534	497,854	510,426	493,405	480,912	513,409	405,701
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	kW-hr	197,200	180,500	192,600	188,500	188,900	189,000	178,000	187,400	182,300	190,200	192,100	200,600	188,942
ปริมาณการใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	465	801	1,001	1,169	506	476	451	681	498	431	483	490	621
ปริมาณการใช้สารเคมี														
-Polymer	กก.	42	41	53	24	24	59	50	45	56	45	38	59	45
ปริมาณตะกอน	ลบ.ม.	31	28	33	15	15	39	32	30	20	29	18	28	27
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บ.	1,394,862	1,087,292	1,123,651	1,553,092	1,146,339	1,148,164	1,291,527	1,139,238	1,146,858	1,442,836	1,417,553	1,464,534	1,279,663

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข-2 ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

รายการ	หน่วย	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.													
-ปริมาณน้ำเข้า		894,436	892,286	909,237	868,560	887,693	829,020	858,455	888,414	871,820	899,797	867,620	907,832	881264
-ปริมาณน้ำออก		894,424	892,232	909,231	868,476	887,621	828,996	858,395	888,384	871,796	899,773	867,572	907,772	881223
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	kW-hr	165,000	150,000	151,000	153,000	158,000	168,000	154,000	163,000	162,000	163,000	166,000	172,000	160417
ปริมาณการใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	181	391	292	242	396	257	314	288	209	188	298	238	275
ปริมาณการใช้สารเคมี														
-Polymer	กก.	100	75	25	150	125	100	125	50	75	50	50	75	83
ปริมาณตะกอน	ลบ.ม.	12	54	6	84	72	24	60	30	24	24	48	60	42
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บ.	1,384,731	1,315,958	1,307,445	1,333,351	1,344,210	1,363,729	1,318,479	2,558,566	2,644,312	1,733,941	1,740,929	1,764,788	1,650,870

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข-3 ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

รายการ	หน่วย	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.													
-ปริมาณน้ำเข้า		1,689,906	1,822,935	1,454,247	1,479,208	1,927,486	2,004,345	1,926,545	2,046,190	2,030,589	1,749,177	2,094,120	2,176,789	1,866,795
-ปริมาณน้ำออก		1,689,492	1,822,581	1,453,935	1,479,050	1,927,306	2,004,117	1,926,369	2,045,978	2,030,457	1,749,037	2,093,894	2,176,553	1,866,564
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	kW-hr	446,000	429,000	432,000	410,000	440,000	434,000	436,000	431,000	383,000	325,000	416,000	416,000	416,500
ปริมาณการใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	95	106	101	173	195	211	281	174	116	90	154	154	154
ปริมาณการใช้สารเคมี														
-Polymer	กก.	350	250	340	270	260	250	210	270	180	210	260	250	258
ปริมาณตะกอน	ลบ.ม.	414	354	312	158	180	228	176	212	132	140	226	236	231
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บ.	3,796,729	4,129,293	3,304,893	3,411,660	4,510,780	4,751,725	4,573,753	4,715,281	4,695,493	4,129,093	4,340,738	4,331,345	4,224,232

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข-4 ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

รายการ	หน่วย	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.													
-ปริมาณน้ำเข้า		3,636,861	2,926,728	3,557,438	3,048,713	2,397,847	3,063,978	3,503,889	3,621,587	3,618,585	3,173,393	3,426,458	3,797,578	3,314,421
-ปริมาณน้ำออก		3,636,861	2,926,525	3,556,644	3,047,932	2,397,075	3,063,062	3,503,504	3,620,710	3,617,437	3,172,846	3,425,830	3,797,106	3,313,794
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	kW-hr	769,000	676,000	833,000	756,000	733,000	841,000	967,000	936,000	809,000	773,000	821,000	832,000	812,167
ปริมาณการใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	1,908	1,791	2,419	3,775	5,161	5,103	2,907	3,352	2,724	2,394	2,505	2,457	3,041
ปริมาณการใช้สารเคมี														
-Polymer	กก.	0	100	363	315	288	364	160	308	415	229	235	185	247
ปริมาณตะกอน	ลบ.ม.	0	203	794	782	772	917	385	877	1,148	547	627	472	627
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บ.	8,753,277	7,848,632	8,754,553	8,206,764	7,455,333	8,500,380	9,160,811	9,045,839	9,063,519	8,339,280	8,583,111	8,940,456	8,554,329

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข-5 ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

รายการ	หน่วย	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.													
-ปริมาณน้ำเข้า		4,714,453	3,486,823	3,885,113	3,701,718	3,807,946	3,530,565	3,627,698	3,801,132	3,914,461	3,714,928	3,610,772	3,720,781	3,793,033
-ปริมาณน้ำออก		4,714,151	3,486,393	3,884,710	3,701,269	3,807,645	3,530,264	3,627,472	3,801,024	3,914,150	3,714,692	3,610,413	3,720,560	3,792,729
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	kW-hr	871,053	652,848	704,832	658,741	660,748	680,373	707,744	709,600	700,308	690,043	689,499	705,048	702,570
ปริมาณการใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	416	466	484	475	433	515	322	347	347	441	359	292	408
ปริมาณการใช้สารเคมี														
-Lime	กก.	150	150	200	175	125	150	125	75	125	100	125	100	133
-Polymer	กก.	150	150	200	175	125	150	125	75	125	100	125	100	133
ปริมาณตะกอน	ลบ.ม.	302	429	403	448	301	300	226	107	311	236	359	221	304
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บ.	6,082,023	5,130,899	5,475,607	5,406,595	5,575,196	5,408,191	5,503,505	5,483,997	5,595,547	5,373,040	5,231,064	5,226,586	5,457,688

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข-6 ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

รายการ	หน่วย	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.													
-ปริมาณน้ำเข้า		3,219,350	3,442,760	3,443,739	3,421,080	4,526,420	4,019,570	4,051,850	4,128,430	4,920,520	4,423,220	4,972,680	3,513,044	4,006,889
-ปริมาณน้ำออก		3,219,350	3,442,760	3,443,739	3,421,080	4,526,420	4,019,570	4,051,850	4,128,430	4,920,520	4,423,220	4,972,680	3,513,044	4,006,889
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	kW-hr	717,000	706,000	683,000	716,000	795,000	762,000	791,000	797,000	765,000	629,000	765,000	716,000	736,833
ปริมาณการใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	150	175	195	149	142	143	152	148	140	127	152	154	152
ปริมาณการใช้สารเคมี														
-Polymer	กก.	850	775	850	850	1,050	1,000	1,000	950	750	525	860	840	858
ปริมาณตะกอน	ลบ.ม.	1,010	1,015	931	893	1,216	1,430	1,682	935	1,653	755	1,363	1,552	1,203
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บ.	8,726,117	8,839,814	8,712,864	8,966,963	9,461,951	9,524,797	9,639,305	9,135,629	9,580,285	7,439,895	7,784,974	6,862,804	8,722,950

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข-7 ปริมาณการใช้ทรัพยากร - พลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

รายการ	หน่วย	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.													
-ปริมาณน้ำเข้า		6,359,991	6,425,133	6,883,635	6,108,696	5,713,191	5,073,651	5,524,959	5,384,346	5,986,431	6,317,355	7,285,443	7,751,535	6,234,531
-ปริมาณน้ำออก		6,359,024	6,424,752	6,883,488	6,108,080	5,712,670	5,072,906	5,524,353	5,384,017	5,986,191	6,316,724	7,284,698	7,750,648	6,233,963
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	kW-hr	1,606,137	1,708,201	1,699,594	1,541,850	1,574,641	1,515,616	1,603,160	1,601,096	1,693,209	1,707,279	1,768,363	1,781,017	1,650,014
ปริมาณการใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	991	1,093	1,746	2,257	1,539	2,753	2,624	1,401	697	2,307	1,345	781	1,628
ปริมาณการใช้สารเคมี														
-$FeCl_3$	กก.	-	-	-	23	19	18	-	-	-	-	-	-	5
-Polymer	กก.	708	370	137	498	480	645	480	324	232	582	511	610	465
ปริมาณตะกอน	ลบ.ม.	967	381	147	616	521	745	606	329	240	631	745	887	568
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บ.	12,578,817	12,491,003	12,509,279	12,805,200	13,124,257	13,061,281	14,140,882	13,699,938	13,428,314	13,829,990	13,897,450	14,476,968	13,336,948

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

จำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักรของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551

ตาราง ค-1 สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
1	Bar Screen	0.75	1	1	2,920
2	Fine Screen	2.2	2	1	8,760
3	Waste Water Pump 01	11	2	2	2,920
4	Waste Water Pump 02	11	3	3	2,920
5	Waste Water Pump 03	25	3	3	2,920
6	Waste Water Pump 04	30.5	3	3	2,920
7	Spray Water Pump	11	6	6	2,920
8	Return Sludge Pump	15	9	9	2,190
9	Band Wash Pump	3.7	3	3	2,190
10	Waste Sludge Pump	5.5	6	6	1,643
11	Thickener Sludge Pump	2.2	6	3	2,190
12	Belt Feed Pump	3.7	3	2	2,190
13	Air Blower 01	7.5	6	6	2,920
14	Air Blower 02	45	9	9	2,920
15	clarifier Sludge Scraper	1.5	9	9	4,380
16	Scum Skimer	0.2	9	9	4,380
17	Sludge Thickener	0.4	3	3	8,760
18	Sludge Dewatering Machine	0.75	2	1	2,190
19	Sludge Converyor	1.5	1	1	2,190
20	Sludge Hopper	0.1	2	2	730
21	Polymer Feed Pump 01	0.1	4	3	2,190

ตาราง ค-1(ต่อ) สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
22	Polymer Feed Pump 02	0.55	3	3	2,190
23	Exhaust Fan 01	2.2	1	1	6,570
24	Exhaust Fan 02	2.2	1	1	6,570
25	Exhaust Fan 03	1.1	4	4	8,760
26	Waste Water Pump	48	3	3	2,920

ตาราง ค-2 สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
1	Coarse Screen	1.5	2	2	692
2	Belt Conveyor	1.5	1	1	690
3	Screw Compactor	0.55	2	2	680
4	Sewage Pump	170	6	1	8,496
5	Fine Screen	1.1	3	3	726
6	Belt Conveyor	3.75	1	1	706
7	Grit Sand Scrapper	0.37	4	4	2,160
8	Air Blower	200	4	1	8,760
9	Spray Wash Pump	15	2	1	2,920
10	Sludge Intermediate Clarifier	0.18	2	2	4,320
11	Return Sludge Pump	8.8	3	1	2,920
12	Excess Sludge Pump	1.3	2	2	1,436
13	Filter Screen	1.1	1	1	365
14	Garbage Discharge Pump	3	1	1	365

ตาราง ค-2(ต่อ) สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
15	Submersible Mixer Agitator	2	4	4	8,400
16	Sludge Final Clarifier	0.18	4	4	4,320
17	Return Sludge Pump	8.8	4	2	1,432
18	Excess Sludge Pump	2.4	2	2	1,452
19	Sludge Thickener Drive Unit	0.18	2	2	4,344
20	Automatic Polymer Preparation	0.87	2	2	700
21	Polymer Dosing Pump	1.5	2	1	1,460
22	Band Wash Pump	3	3	1	1,460
23	Belt Feed Pump	3	3	1	1,460
24	Sludge Polymer Mixer	0.37	2	2	1,412
25	Sludge Dewatering Machine	0.37	2	1	1,460
26	Belt Conveyor	3.75	1	1	1,460
27	Belt Conveyor	1.5	1	1	1,460
28	Dry Sludge Hopper	3.7	2	2	175
29	Exhaust Fan 01	0.75	3	3	2,800
30	Exhaust Fan 02	0.75	1	1	8,760
31	Exhaust Fan 03	3.75	2	2	4,200
32	Exhaust Fan 04	3.75	2	2	4,200
33	Exhaust Fan 05	5.5	4	4	2,058
34	Exhaust Fan 06	30	1	1	8,760
35	Booster Pump	7.5	4	4	2,076
36	Recycle Water Pump	2.2	2	2	4,236
37	Vacuum Pump	1.5	2	2	1,404
38	Air Compressor Pump	2.2	2	2	1,416

ตาราง ค-3 สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
1	Trash Rack	5.85	1	1	3,616
2	Raw Sewage Pump 01	250	1	1	267
3	Raw Sewage Pump 02	250	1	1	107
4	Raw Sewage Pump 03	250	1	1	3,779
5	Raw Sewage Pump 04	250	1	1	1,080
6	Raw Sewage Pump 05	250	1	1	756
7	Raw Sewage Pump 06	250	1	1	2,596
8	Raw Sewage Pump 07	250	1	1	147
9	Fine Screen	2.2	2	2	10,083
10	Gear Head	0.75	2	1	8,730
11	Centrifugal Blower	250	3	3	8,760
12	Sludge Transfer Pump	9	2	2	1,029
13	Return Sludge Pump	75	4	4	8,754
14	Sludge Collector	0.5	6	6	41,249
15	Non Potable Pump	25	3	3	8,780
16	Belt Filter Press	7.61	2	2	4,564

ตาราง ค-4 สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
1	Inlet Pumps	275	2	1	13,795
2	Cass Feed Pumps	100	2	1	25,208
3	Cass Blower	250	2	1	8,972

ตาราง ค-4(ต่อ) สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
4	Skimmer 01	1.5	2	1	7,905
5	Skimmer 02	1.5	2	1	5,449
6	Ras 01	3.1	2	1	33,904
7	Ras 02	3.1	2	1	16,379
8	Sas 01	3.1	2	1	1,354
9	Sas 02	3.1	2	1	462
10	Rama 3	200	2	1	3,955
11	Underflow	2.2	2	1	2,322
12	Band Screen	3	2	1	4,439
13	Underflow Screen	2.2	2	1	2,494
14	Grit Classiffier	4	2	1	6,435
15	Grit Convengar	0.75	2	1	8,668
16	Belt Press	110	2	1	1,933
17	Polymer	1.5	2	1	1,928

ตาราง ค-5 สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
1	Coase Screen	2.25	2	2	3,300
2	Hydraulic Pump for Slide Gate	37	2	2	12
3	Raw Sewage Pump	275	8	6	9,180
4	Fine Screen	2.2	4	3	8,160
5	Screw Conveyor 01	2.2	1	1	8,004

ตาราง ค-5(ต่อ) สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
6	Screw Conveyor 02	1.1	1	1	336
7	Screw Compactor	2.2	1	1	8,352
8	Grit Pump	4	2	1	8,844
9	Grit Removal	0.75	2	1	8,856
10	Cass Feed Pump 01	34	4	4	14,712
11	Cass Feed Pump 02	58	4	3	14,460
12	Cass Feed Pump 03	100	4	4	5,292
13	Cass Feed Pump 04	170	4	3	876
14	Decanter	1.5	24	22	37,368
15	Return Activated Sludge Pump	3.1	8	7	41,316
16	Waste Activated Sludge Pump	3.1	8	6	2,112
17	Aeration Blower	200	11	11	27,204
18	Belt Filter Press	110	2	2	3,072
19	Polymer Mixer Pump	1.5	2	1	1,536
20	Sludge Thickener	0.4	4	3	4,608
21	Sludge Dewatering Machine	1.5	4	4	6,144

ตาราง ค-6 สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
1	Pump Station 01	5.9	2	1	3,006
2	Pump Station 02	4.7	2	1	2,766
3	Pump Station 03	5.9	2	1	978

ตาราง ค-6(ต่อ) สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
4	Pump Station 04	5.9	2	1	18
5	Pump Station 05	5.9	2	1	408
6	Pump Station 06	5.9	2	1	1,548
7	Pump Station 07	30	2	1	714
8	Pump Station 08	13.5	2	1	120
9	Raw Sewage Pump Station	2.25	2	2	678
10	Fine Screen	3.7	3	3	12,426
11	Grit Trap	0.56	2	1	5,682
12	Aeration Reactors	15	12	8	17,550
13	Final clarifiers	1.49	3	3	26,298
14	Return Sludge Pump	215	4	3	8,778
15	Waste Sludge Pump	5.9	2	2	1,710
16	Gravity Belt Thickener	8.8	2	2	3,552
17	Thickener Sludge Feed	30	2	2	570
18	Sludge Transfer Pump	45	2	2	384
19	Slurry Feed to Digest	30	3	1	1,224
20	Gas Compressor Units	20.1	3	2	360
21	Sludge Feed to BFP	4	5	5	5,376
22	Filtrate Pump to Solid Contact Unit	9	2	1	774
23	Solid Contact Unit Sludge Pump	3.1	2	2	1,800
24	Non potable Water Pump	44.74	3	3	8,796

ตาราง ค-7 สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
1	Raw Sewage Inlet Pump	660	16	5	8,134
2	Rake Screen	0.75	8	8	12,686
3	Screen Conveyor	3.72	1	1	4,255
4	Screen Press	4	2	2	184
5	Grit Collector	3.7	8	8	940
6	Grit Conveyor	3.72	1	1	371
7	Aeration Blower	900	4	4	7,314
8	Selector Zone Mixer	7.5	4	3	8,195
9	Selector Zone Mixer	3.5	8	8	25,592
10	Anoxic Zone Mixer	16	12	8	21,644
11	Recirculation Pump	11.8	12	7	19,316
12	Aeration Drainage Pump	55	1	1	135
13	Mixed Liquor Pump	749	2	1	1,212
14	Mixed Liquor Pump	640	2	1	292
15	Grease Pump	0.55	4	3	8,105
16	Clarifier Sludge Scraper	0.37	15	14	82,932
17	Wash Water Booster Pump	18.5	4	2	2,450
18	Polymer Transfer Pump	7.5	2	2	66
19	Polymer Dosing Pump	2.6	8	6	3,961
20	Belt Filter Press	5.5	4	3	2,068
21	Belt Alignment	1.1	4	3	2,011
22	Sludge Conveyor	1.1	2	2	2,019
23	Sludge Cake Pump	30	2	2	1,563
24	Bridge Breaker	3.6	2	2	1,480

ตาราง ค-7(ต่อ) สรุปจำนวนชั่วโมงการทำงานเครื่องจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

ลำดับ	เครื่องจักร	กำลัง (kW)	จำนวน		ชั่วโมงทำงาน (hr)
			ที่มี	ใช้จริง	
25	Exhaust Fan 01	75	2	2	6,099
26	Exhaust Fan 02	2.2	2	1	4,444
27	Exhaust Fan 03	5.5	8	8	58,344
28	Raw Sewage Inlet Pump 01	15	3	2	7,651
29	Raw Sewage Inlet Pump 02	15	2	2	3,272
30	Raw Sewage Inlet Pump 03	7.5	2	2	7,408
31	Raw Sewage Inlet Pump 04	7.5	2	1	108
32	Raw Sewage Inlet Pump 05	4	6	6	22,364

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551

ตาราง ง-1 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

เดือน	อัตราการไหล	BOD				SS			COD		
		In	Out	Removal	Loading	In	Out	Removal	In	Out	Removal
	(ลบ.ม./วัน)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	กก./วัน	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
มกราคม	12,310.94	55.71	5.37	90.36	685.84	96.64	6.55	93.22	109.14	19.80	81.86
กุมภาพันธ์	8,525.03	54.21	5.16	90.48	462.14	96.61	6.21	93.57	106.85	18.47	82.71
มีนาคม	11,041.77	55.68	5.00	91.02	614.81	92.00	6.20	93.26	108.50	17.50	83.87
เมษายน	11,187.60	54.56	5.36	90.18	610.40	98.50	6.50	93.40	112.00	19.33	82.74
พฤษภาคม	9,924.10	52.87	5.05	90.45	524.69	101.00	6.58	93.49	105.50	18.17	82.78
มิถุนายน	11,404.03	55.83	5.48	90.18	636.69	99.31	6.48	93.47	190.00	110.50	41.84
กรกฎาคม	13,695.68	54.50	4.94	90.94	746.41	98.18	6.09	93.80	106.00	17.25	83.73
สิงหาคม	16,060.77	57.42	5.45	90.51	922.21	96.50	6.35	93.42	106.85	19.42	81.82
กันยายน	17,014.87	54.85	5.78	89.46	933.27	106.71	6.80	93.63	111.42	19.81	82.22
ตุลาคม	15,917.23	53.57	5.28	90.14	852.69	99.64	6.26	93.72	102.85	19.04	81.49
พฤศจิกายน	16,031.00	53.81	5.05	90.62	862.63	102.42	6.25	93.90	106.00	18.00	83.02
ธันวาคม	16,562.48	55.50	5.30	90.45	919.22	103.12	6.31	93.88	106.50	18.66	82.48
เฉลี่ย	**13,306.29**	**54.88**	**5.27**	**90.40**	**730.92**	**99.22**	**6.38**	**93.56**	**114.30**	**26.33**	**79.21**

ตาราง ง-1(ต่อ) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

เดือน	T - P			T - N			DO	Sludge			Budget
	In	Out	Removal	In	Out	Removal	Out	Disposal	Disposal	Reuse	
	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(ลบ.ม./กก.BOD/ว.)	(ลบ.ม./ด.)	(บ./ลบ.ม.)
มกราคม	1.30	1.30	0.00	21.83	12.12	44.48	3.30	0.39	0.0006	59,808.00	3.76
กุมภาพันธ์	1.20	1.10	8.33	18.99	10.03	47.18	3.40	0.45	0.0010	54,678.00	4.53
มีนาคม	1.60	1.40	12.50	16.93	10.12	40.22	3.20	0.52	0.0008	59,274.00	3.38
เมษายน	1.50	1.30	13.33	13.54	10.33	23.71	3.20	0.60	0.0010	56,088.00	4.77
พฤษภาคม	1.30	1.30	0.00	10.82	6.25	42.24	3.20	0.29	0.0006	56,538.00	3.84
มิถุนายน	1.10	0.90	18.18	12.16	11.21	7.81	3.20	0.30	0.0005	55,404.00	3.46
กรกฎาคม	1.50	1.10	26.67	9.51	7.62	19.87	3.30	0.35	0.0005	57,084.00	3.13
สิงหาคม	1.70	1.30	23.53	14.18	11.83	16.57	3.20	0.48	0.0005	57,846.00	2.36
กันยายน	1.90	1.70	10.53	11.31	6.52	42.35	3.30	0.40	0.0004	57,846.00	2.31
ตุลาคม	1.90	1.70	10.53	16.62	12.41	25.33	3.30	0.42	0.0005	56,124.00	2.59
พฤศจิกายน	1.40	0.90	35.71	16.74	10.92	34.77	3.30	0.40	0.0005	57,450.00	2.61
ธันวาคม	2.20	1.90	13.64	11.91	9.92	16.71	3.20	0.45	0.0005	57,450.00	2.94
เฉลี่ย	**1.55**	**1.33**	**14.41**	**14.55**	**9.94**	**30.10**	**3.26**	**0.42**	**0.00**	**57,132.50**	**3.31**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

เดือน	อัตราการไหล	BOD				SS			COD		
		In	Out	Removal	Loading	In	Out	Removal	In	Out	Removal
	(ลบ.ม./วัน)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	กก./วัน	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
มกราคม	28,852.84	50.45	10.16	79.86	1,455.63	-	-	-	81.28	38.16	53.05
กุมภาพันธ์	28,596.00	49.05	15.28	68.85	1,402.63	-	-	-	90.74	35.72	60.63
มีนาคม	29,330.00	54.42	11.12	79.57	1,596.14	-	-	-	76.66	37.61	50.94
เมษายน	28,952.00	46.43	8.99	80.64	1,344.24	-	-	-	62.77	33.01	47.41
พฤษภาคม	28,635.00	44.18	10.64	75.92	1,265.09	17.00	6.88	59.53	65.42	26.10	60.10
มิถุนายน	27,634.00	49.16	12.47	74.63	1,358.49	69.00	17.00	75.36	85.63	45.38	47.00
กรกฎาคม	27,692.00	46.91	10.19	78.28	1,299.03	34.00	14.00	58.82	67.10	35.27	47.44
สิงหาคม	28,659.00	42.90	12.86	70.02	1,229.47	27.00	12.00	55.56	64.77	27.34	57.79
กันยายน	29,061.00	43.46	13.18	69.67	1,262.99	21.00	13.00	38.10	66.40	28.25	57.45
ตุลาคม	29,026.00	48.91	7.38	84.91	1,419.66	56.00	17.00	69.64	67.16	36.92	45.03
พฤศจิกายน	28,921.00	40.25	7.41	81.59	1,164.07	28.00	17.00	39.29	77.79	29.94	61.51
ธันวาคม	29,285.00	40.78	10.95	73.15	1,194.24	18.00	13.00	27.78	-	-	-
เฉลี่ย	**28,720.32**	**46.41**	**10.89**	**76.42**	**1,332.64**	**33.75**	**13.74**	**53.01**	**73.25**	**33.97**	**53.49**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-2(ต่อ) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

เดือน	T – P			T - N			DO	Sludge			Budget
	In	Out	Removal	In	Out	Removal	Out	Disposal	Disposal	Reuse	
	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(ลบ.ม./กก.BOD/ว.)	(ลบ.ม./ด.)	(บ./ลบ.ม.)
มกราคม	-	-	-	6.90	5.70	17.39	5.42	0.39	0.0003	12,099.00	1.59
กุมภาพันธ์	-	-	-	7.66	6.90	9.92	5.89	1.86	0.0013	12,010.00	1.63
มีนาคม	-	-	-	8.97	3.09	65.55	6.07	0.19	0.0001	12,313.00	1.48
เมษายน	-	-	-	8.06	4.74	41.19	5.45	2.80	0.0021	12,111.00	1.48
พฤษภาคม	-	-	-	7.83	4.94	36.91	5.28	2.32	0.0018	12,834.00	1.56
มิถุนายน	-	-	-	8.69	7.35	15.42	5.74	0.80	0.0006	12,757.00	1.69
กรกฎาคม	-	-	-	8.18	4.44	45.72	5.48	1.94	0.0015	12,528.00	1.58
สิงหาคม	-	-	-	8.80	7.26	17.50	5.63	0.97	0.0008	12,746.00	2.97
กันยายน	-	-	-	-	-	-	5.38	0.80	0.0006	12,736.00	3.13
ตุลาคม	-	-	-	-	-	-	5.77	0.77	0.0005	12,736.00	1.99
พฤศจิกายน	-	-	-	-	-	-	5.51	1.60	0.0014	17,609.00	2.07
ธันวาคม	-	-	-	-	-	-	5.35	1.94	0.0016	12,795.00	2.00
เฉลี่ย	-	-	-	**8.14**	**5.55**	**31.20**	**5.58**	**1.37**	**0.0011**	**12,939.50**	**1.93**

หมายเหตุ: (-) หมายถึง ไม่ได้ตรวจวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-3 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

เดือน	อัตราการไหล	BOD				SS			COD		
		In	Out	Removal	Loading	In	Out	Removal	In	Out	Removal
	(ลบ.ม./วัน)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	กก./วัน	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
มกราคม	54,513.10	33.96	3.11	90.84	1,851.26	47.04	5.63	88.03	79.78	-	-
กุมภาพันธ์	62,859.83	40.42	3.21	92.06	2,540.79	73.97	7.76	89.51	101.75	-	-
มีนาคม	46,911.19	38.69	3.12	91.94	1,814.99	65.68	5.06	92.30	99.49	-	-
เมษายน	49,306.93	38.08	3.12	91.81	1,877.61	63.72	5.15	91.92	104.58	-	-
พฤษภาคม	62,176.97	40.35	3.08	92.37	2,508.84	70.96	5.93	91.64	105.51	-	-
มิถุนายน	66,811.50	34.00	3.20	90.59	2,271.59	47.33	8.31	82.44	87.83	24.19	72.46
กรกฎาคม	66,811.50	29.57	3.01	89.82	1,975.62	35.97	5.17	85.63	78.20	-	-
สิงหาคม	66,006.13	27.51	3.24	88.22	1,815.83	39.78	4.86	87.78	69.50	-	-
กันยายน	67,686.00	21.76	3.89	82.12	1,472.85	21.28	4.67	78.05	61.04	-	-
ตุลาคม	70,383.00	22.20	2.63	88.15	1,562.50	21.37	4.02	81.19	67.95	-	-
พฤศจิกายน	69,804.00	23.39	3.18	86.40	1,632.72	24.52	5.00	79.61	64.04	-	-
ธันวาคม	70,219.00	38.73	3.68	90.50	2,719.58	67.27	6.80	89.89	78.96	-	-
เฉลี่ย	**62,790.76**	**32.39**	**3.21**	**90.10**	**2,003.68**	**48.24**	**5.70**	**88.19**	**83.22**	**24.19**	**70.93**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-3(ต่อ) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

เดือน	T – P			T - N			DO	Sludge			Budget
	In	Out	Removal	In	Out	Removal	Out	Disposal	Disposal	Reuse	
	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(ลบ.ม./กก.BOD/ว.)	(ลบ.ม./ด.)	(บ./ลบ.ม.)
มกราคม	1.73	0.63	63.58	11.98	8.49	29.13	7.49	-	-	17,822.00	2.25
กุมภาพันธ์	1.86	0.70	62.37	12.49	8.23	34.11	7.47	-	-	15,722.00	2.27
มีนาคม	2.22	0.70	68.47	14.70	8.76	40.41	7.33	10.06	0.0055	21,417.00	2.27
เมษายน	1.84	0.64	65.22	13.80	8.25	40.22	7.13	5.27	0.0028	24,798.00	2.31
พฤษภาคม	1.81	0.54	70.17	12.94	8.05	37.79	7.38	5.81	0.0023	27,233.00	2.34
มิถุนายน	1.73	0.56	67.63	12.73	7.97	37.39	7.27	7.60	0.0033	25,479.00	2.37
กรกฎาคม	1.68	0.59	64.88	13.31	7.90	40.65	7.11	5.68	0.0029	26,160.00	2.37
สิงหาคม	1.67	0.54	67.66	12.82	8.61	32.84	7.28	6.84	0.0038	22,958.00	2.30
กันยายน	1.48	0.51	65.54	11.07	8.34	24.66	6.59	4.40	0.0030	22,958.00	2.31
ตุลาคม	1.35	0.49	63.70	10.53	6.94	34.09	7.22	-	-	22,958.00	1.95
พฤศจิกายน	1.49	0.55	63.09	10.02	7.06	29.54	7.52	-	-	22,958.00	2.07
ธันวาคม	1.46	0.56	61.64	14.81	7.91	46.59	7.23	-	-	22,958.00	2.05
เฉลี่ย	**1.69**	**0.58**	**65.50**	**12.60**	**8.04**	**35.62**	**7.25**	**6.52**	**0.0034**	**22,785.08**	**2.24**

หมายเหตุ: (-) หมายถึง ไม่ได้ตรวจวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-4 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

เดือน	อัตราการไหล	BOD				SS			COD		
		In	Out	Removal	Loading	In	Out	Removal	In	Out	Removal
	(ลบ.ม./วัน)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	กก./วัน	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
มกราคม	117,318.09	21.31	8.86	58.42	2,500.05	16.10	15.50	3.73	51.36	26.49	48.42
กุมภาพันธ์	100,921.64	24.51	11.36	53.65	2,473.59	32.60	12.72	60.98	55.86	24.11	56.84
มีนาคม	114,756.05	21.88	10.27	53.06	2,510.86	23.67	15.57	34.22	48.66	29.57	39.23
เมษายน	101,623.78	22.38	8.49	62.06	2,274.34	30.36	14.55	52.08	52.67	25.02	52.50
พฤษภาคม	77,349.91	35.99	7.46	79.27	2,783.82	97.19	14.06	85.53	90.14	23.26	74.20
มิถุนายน	102,132.61	27.31	7.04	74.22	2,789.24	48.39	11.04	77.19	63.10	21.68	65.64
กรกฎาคม	113,028.68	26.54	5.93	77.66	2,999.78	39.35	8.68	77.94	64.15	24.14	62.37
สิงหาคม	116,825.40	34.43	7.47	78.30	4,022.30	52.38	11.32	78.39	83.90	24.95	70.26
กันยายน	120,619.49	30.97	7.11	77.04	3,735.59	42.26	13.89	67.13	66.24	23.25	64.90
ตุลาคม	102,367.50	29.26	7.70	73.68	2,995.27	31.93	14.15	55.68	71.28	25.85	63.73
พฤศจิกายน	114,215.25	23.72	6.89	70.95	2,709.19	45.34	14.79	67.38	58.33	24.84	57.41
ธันวาคม	122,502.52	23.85	6.96	70.82	2,921.69	28.81	12.10	58.00	60.57	26.16	56.81
เฉลี่ย	**108,638.41**	**26.85**	**7.96**	**70.34**	**2,892.98**	**40.70**	**13.20**	**67.57**	**63.86**	**24.94**	**60.94**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-4(ต่อ) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

เดือน	T – P			T - N			DO	Sludge			Budget
	In	Out	Removal	In	Out	Removal	Out	Disposal	Disposal	Reuse	
	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(ลบ.ม./กก.BOD/ว.)	(ลบ.ม./ด.)	(บ./ลบ.ม.)
มกราคม	1.78	1.46	17.98	8.55	6.13	28.30	6.24	-	0.0000	259,932.97	2.41
กุมภาพันธ์	2.19	1.57	28.31	11.24	6.44	42.70	6.19	6.99	0.0028	169,229.14	2.68
มีนาคม	2.08	1.56	25.00	9.90	6.92	30.10	6.06	25.59	0.0102	112,209.13	2.46
เมษายน	1.94	1.58	18.56	9.39	6.96	25.88	6.31	26.06	0.0115	147,148.01	2.69
พฤษภาคม	2.99	1.46	51.17	10.80	6.43	40.46	6.61	24.90	0.0089	276,151.62	3.11
มิถุนายน	2.53	1.51	40.32	11.19	7.02	37.27	6.58	21.24	0.0076	190,103.53	2.77
กรกฎาคม	2.42	1.49	38.43	10.98	6.81	37.98	6.73	12.42	0.0041	217,370.50	2.61
สิงหาคม	2.76	1.72	37.68	12.62	8.13	35.58	6.52	28.29	0.0070	499,124.00	2.50
กันยายน	2.47	1.57	36.44	11.49	7.46	35.07	6.59	8.02	0.0021	949,122.51	2.50
ตุลาคม	2.13	1.54	27.70	11.25	7.27	35.38	6.44	17.64	0.0059	949,122.51	2.63
พฤศจิกายน	2.14	1.18	44.86	7.66	5.77	24.67	6.81	20.94	0.0077	854,154.70	2.50
ธันวาคม	1.92	1.25	34.90	8.19	6.35	22.47	7.02	15.24	0.0052	1,100,977.99	2.35
เฉลี่ย	**2.28**	**1.49**	**34.59**	**10.27**	**6.81**	**32.99**	**6.51**	**18.85**	**0.0061**	**477,053.88**	**2.60**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-5 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	เดือน								เฉลี่ย	
		มี.ค.		มิ.ย.		ก.ย.		ธ.ค.			
		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
Cadmium	มก./ล.	<0.002	<0.002	<0.0003	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.0037	0.0028
Chromium	มก./ล.	<0.02	<0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.0228	0.0107
Lead	มก./ล.	<0.02	<0.02	<0.0035	0.00	<0.0035	<0.0035	<0.0035	<0.0035	0.0078	0.0076
Manganese	มก./ล.	0.10	0.06	0.22	0.02	0.11	0.05	0.12	0.04	0.1375	0.0428
Mercury	มก./ล.	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	0.0005
Nickel	มก./ล.	<0.05	<0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.05	0.02	0.0265	0.0203

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-6 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

เดือน	อัตราการไหล	BOD				SS			COD		
		In	Out	Removal	Loading	In	Out	Removal	In	Out	Removal
	(ลบ.ม./วัน)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	กก./วัน	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
มกราคม	152,079.00	34.84	12.81	63.23	5,298.43	30.71	12.05	60.76	91.42	42.29	53.74
กุมภาพันธ์	120,235.00	49.74	11.98	75.91	5,980.49	65.49	12.10	81.52	131.31	40.00	69.54
มีนาคม	125,326.00	27.23	8.93	67.21	3,412.63	33.77	11.67	65.44	72.65	29.61	59.24
เมษายน	123,391.00	29.24	9.28	68.26	3,607.95	44.54	11.78	73.55	77.43	31.00	59.97
พฤษภาคม	122,837.00	25.83	7.75	70.00	3,172.88	35.94	9.92	72.40	68.26	25.55	62.57
มิถุนายน	117,686.00	25.70	8.32	67.63	3,024.53	30.94	12.26	60.37	67.67	27.60	59.21
กรกฎาคม	117,023.00	27.45	8.99	67.25	3,212.28	35.39	12.80	63.83	72.35	29.97	58.58
สิงหาคม	122,617.00	33.38	9.16	72.56	4,092.96	41.13	10.08	75.49	87.71	30.19	65.58
กันยายน	130,482.00	33.15	8.74	73.63	4,325.48	40.09	10.77	73.14	86.97	28.83	66.85
ตุลาคม	119,836.00	31.25	10.35	66.88	3,744.88	38.01	10.64	72.01	82.35	34.32	58.32
พฤศจิกายน	120,359.00	32.79	11.62	64.56	3,946.57	27.00	9.84	63.56	82.35	34.32	58.32
ธันวาคม	120,025.00	25.79	10.44	59.52	3,095.44	23.85	13.33	44.11	68.39	34.10	50.14
เฉลี่ย	**124,324.67**	**31.37**	**9.86**	**68.55**	**3,909.54**	**37.24**	**11.44**	**69.29**	**82.41**	**32.32**	**60.78**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-6(ต่อ) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

เดือน	T – P			T - N			DO	Sludge			Budget
	In	Out	Removal	In	Out	Removal	Out	Disposal	Disposal	Reuse	
	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(ลบ.ม./กก.BOD/ว.)	(ลบ.ม./ด.)	(บ./ลบ.ม.)
มกราคม	1.71	1.44	15.79	10.97	6.57	40.11	7.66	9.75	0.0018	119,860.00	1.29
กุมภาพันธ์	2.24	1.73	22.77	15.89	9.13	42.54	7.78	14.81	0.0025	118,750.00	1.47
มีนาคม	2.22	1.70	23.42	16.74	8.57	48.81	7.18	13.01	0.0038	119,680.00	1.41
เมษายน	2.01	1.69	15.92	13.58	7.04	48.16	6.96	14.96	0.0041	119,820.00	1.46
พฤษภาคม	1.74	1.43	17.82	11.79	7.32	37.91	6.88	9.72	0.0031	119,870.00	1.46
มิถุนายน	1.88	1.53	18.62	12.72	7.66	39.78	7.22	10.02	0.0033	119,860.00	1.53
กรกฎาคม	1.87	1.52	18.72	13.79	7.26	47.35	7.77	6.90	0.0021	119,860.00	1.52
สิงหาคม	1.99	1.59	20.10	15.30	7.37	51.83	7.12	3.47	0.0008	119,850.00	1.44
กันยายน	1.65	1.23	25.45	12.03	5.87	51.21	5.55	10.37	0.0024	119,850.00	1.43
ตุลาคม	1.69	1.28	24.26	11.72	5.70	51.37	5.90	7.62	0.0020	119,850.00	1.45
พฤศจิกายน	1.84	1.46	20.65	11.79	6.61	43.94	6.44	11.59	0.0029	119,850.00	1.45
ธันวาคม	1.70	1.44	15.29	9.84	6.22	36.79	6.52	7.14	0.0023	119,850.00	1.40
เฉลี่ย	**1.88**	**1.50**	**19.96**	**13.01**	**7.11**	**51.21**	**6.92**	**9.95**	**0.0026**	**119,745.83**	**1.44**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-7 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	เดือน								เฉลี่ย	
		ก.พ.		พ.ค.		ส.ค.		พ.ย.			
		น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง	น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
Arsenic	มก./ล.	0.0029	0.0022	0.0024	0.0019	0.0018	0.0017	0.0022	0.0021	0.0023	0.002
Cadmium	มก./ล.	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Chromium	มก./ล.	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Copper	มก./ล.	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01
Lead	มก./ล.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Manganese	มก./ล.	0.21	0.09	0.21	0.07	0.23	0.09	0.22	0.07	0.22	0.08
Mercury	มก./ล.	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Nickel	มก./ล.	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc	มก./ล.	0.27	0.22	0.22	0.07	0.09	0.04	0.18	0.10	0.19	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-8 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

เดือน	อัตราการไหล	BOD				SS			COD		
		In	Out	Removal	Loading	In	Out	Removal	In	Out	Removal
	(ลบ.ม./วัน)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	กก./วัน	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
มกราคม	103,850.00	39.08	3.99	89.79	4,058.46	59.28	6.64	88.80	71.75	-	-
กุมภาพันธ์	118,715.86	39.67	5.30	86.64	4,709.46	62.21	5.68	90.87	-	-	-
มีนาคม	91,270.65	47.93	6.97	85.46	4,374.60	70.07	4.61	93.42	-	-	-
เมษายน	114,036.00	37.88	5.40	85.74	4,319.68	69.08	4.61	93.33	-	-	-
พฤษภาคม	146,013.55	36.17	3.75	89.63	5,281.31	56.40	8.36	85.18	-	-	-
มิถุนายน	133,985.67	27.07	3.21	88.14	3,626.99	50.20	7.19	85.68	-	-	-
กรกฎาคม	130,704.84	29.75	3.01	89.88	3,888.47	58.32	7.21	87.64	-	-	-
สิงหาคม	133,175.16	27.48	2.64	90.39	3,659.65	41.64	6.74	83.81	-	-	-
กันยายน	164,017.00	33.72	2.33	93.09	5,530.65	49.00	8.05	83.57	-	-	-
ตุลาคม	176,413.00	29.86	2.26	92.43	5,267.69	42.80	8.49	80.16	57.74	-	-
พฤศจิกายน	165,756.00	37.19	2.32	93.76	6,164.47	59.23	7.25	87.76	-	-	-
ธันวาคม	113,324.00	54.33	2.61	95.20	6,156.89	103.77	7.72	92.56	102.42	-	-
เฉลี่ย	**132,605.14**	**36.68**	**3.65**	**90.05**	**4,753.19**	**60.17**	**6.88**	**88.57**	**77.30**	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-8(ต่อ) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

เดือน	T – P			T - N			DO	Sludge			Budget
	In	Out	Removal	In	Out	Removal	Out	Disposal	Disposal	Reuse	
	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(ลบ.ม./กก.BOD/ว.)	(ลบ.ม./ด.)	(บ./ลบ.ม.)
มกราคม	2.10	0.89	57.62	13.59	7.47	45.03	6.05	34.21	0.0003	55,189.00	2.71
กุมภาพันธ์	2.15	0.54	74.88	13.25	6.60	50.19	5.93	36.72	0.0003	46,997.00	2.57
มีนาคม	2.12	0.45	78.77	15.78	7.26	53.99	6.02	31.51	0.0003	55,050.00	3.08
เมษายน	2.17	0.68	68.66	12.39	6.39	48.43	6.04	31.24	0.0003	63,790.00	2.62
พฤษภาคม	1.77	0.66	62.71	10.88	5.98	45.04	6.14	41.16	0.0003	62,259.00	2.09
มิถุนายน	1.65	0.68	58.79	9.37	5.47	41.62	6.12	50.00	0.0004	56,156.00	2.37
กรกฎาคม	1.70	0.64	62.35	9.38	5.46	41.79	6.29	56.92	0.0004	49,889.00	2.38
สิงหาคม	1.51	0.66	56.29	9.74	5.88	39.63	6.10	31.65	0.0002	52,961.00	2.21
กันยายน	1.63	0.65	60.12	9.06	5.10	43.71	6.41	35.42	0.0002	52,961.00	1.95
ตุลาคม	1.46	0.59	59.59	7.36	4.79	34.92	6.27	34.49	0.0002	63,513.00	1.88
พฤศจิกายน	1.70	0.64	62.35	8.17	4.82	41.00	6.27	47.67	0.0003	61,992.00	1.99
ธันวาคม	2.35	0.69	70.64	11.34	6.96	38.62	6.83	52.52	0.0005	61,992.00	2.01.
เฉลี่ย	**1.86**	**0.65**	**65.17**	**10.86**	**6.02**	**43.66**	**6.21**	**40.29**	**0.0003**	**56,895.75**	**2.35**

หมายเหตุ: (-) หมายถึง ไม่ได้ตรวจวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-9 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

เดือน	อัตราการไหล	BOD				SS			COD		
		In	Out	Removal	Loading	In	Out	Removal	In	Out	Removal
	(ลบ.ม./วัน)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	กก./วัน	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)
มกราคม	205,161.00	27.02	4.67	82.72	5,543.45	20.10	8.58	57.31	67.03	22.17	66.93
กุมภาพันธ์	221,556.31	29.36	10.38	64.65	6,504.89	40.13	9.33	76.75	81.94	24.27	70.38
มีนาคม	222,052.74	31.04	10.91	64.85	6,892.52	24.64	13.07	46.96	85.26	29.52	65.38
เมษายน	203,623.30	29.49	5.27	82.13	6,004.85	23.90	11.83	50.50	72.20	24.07	66.66
พฤษภาคม	184,296.48	25.12	2.82	88.77	4,629.53	28.24	14.48	48.73	66.69	23.69	64.48
มิถุนายน	169,121.70	24.64	2.11	91.44	4,167.16	27.78	10.01	63.97	64.71	23.18	64.18
กรกฎาคม	178,224.48	23.45	2.32	90.11	4,179.36	31.29	7.37	76.45	61.78	23.68	61.67
สิงหาคม	173,688.58	29.36	3.25	88.93	5,099.50	51.64	6.32	87.76	59.78	18.39	69.24
กันยายน	199,547.70	27.07	3.24	88.03	5,401.76	45.76	8.10	82.30	59.43	16.93	71.51
ตุลาคม	203,785.65	21.49	2.76	87.16	4,379.35	36.56	9.53	73.93	58.11	18.66	67.89
พฤศจิกายน	242,848.10	24.61	4.60	81.31	5,976.49	29.13	10.75	63.10	62.34	21.76	65.09
ธันวาคม	250,049.52	26.29	5.79	77.98	6,573.80	22.75	10.72	52.88	76.22	26.77	64.88
เฉลี่ย	**204,496.30**	**26.58**	**4.84**	**81.78**	**5,446.06**	**31.83**	**10.01**	**68.56**	**67.96**	**22.76**	**66.51**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-9(ต่อ) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

เดือน	T – P			T - N			DO	Sludge			Budget
	In	Out	Removal	In	Out	Removal	Out	Disposal	Disposal	Reuse	
	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(มก./ล.)	(ลบ.ม./กก.BOD/ว.)	(ลบ.ม./ด.)	(บ./ลบ.ม.)
มกราคม	2.28	1.27	44.30	13.06	8.90	31.85	6.68	32.16	0.4798	14,814.00	2.91
กุมภาพันธ์	2.58	1.07	58.53	13.12	9.28	29.27	6.36	13.13	0.1602	9,120.00	2.89
มีนาคม	2.31	1.07	53.68	13.55	8.98	33.73	6.00	4.74	0.0556	12,480.00	2.75
เมษายน	2.06	1.93	6.31	11.56	7.72	33.22	6.13	20.52	0.2842	13,140.00	3.11
พฤษภาคม	2.08	1.46	29.81	10.78	8.30	23.01	6.42	16.80	0.2519	13,260.00	3.36
มิถุนายน	2.15	1.71	20.47	11.63	9.38	19.35	6.68	24.83	0.3837	10,800.00	3.54
กรกฎาคม	2.12	1.41	33.49	11.61	9.64	16.97	6.72	19.54	0.3163	9,420.00	3.51
สิงหาคม	2.56	1.66	35.16	12.86	8.99	30.09	6.47	10.62	0.1777	17,340.00	3.48
กันยายน	2.21	1.27	42.53	10.58	7.47	29.40	6.54	8.02	0.1349	17,640.00	3.07
ตุลาคม	1.92	1.14	40.63	10.14	7.70	24.06	6.44	20.35	0.3502	13,080.00	3.00
พฤศจิกายน	1.89	0.83	56.08	10.67	7.37	30.93	6.44	24.82	0.3981	16,284.00	2.63
ธันวาคม	1.77	0.82	53.67	11.68	9.15	21.66	6.74	28.61	0.3754	18,840.00	2.46
เฉลี่ย	**2.16**	**1.30**	**39.68**	**11.77**	**8.57**	**26.96**	**6.47**	**18.68**	**0.2807**	**13,851.50**	**3.06**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-10 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำเสีย โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

ดัชนีชี้วัด	Influent (มก./ล.)	Effluent (มก./ล.)
Arsenic	<0.0001	<0.0001
Cadmium	0.03	<0.009
Chromium	<0.05	<0.05
Copper	0.16	0.03
Lead	0.09	0.04
Manganese	0.13	0.06
Mercury	<0.0001	<0.0001
Nickel	<0.04	<0.04
Zinc	0.13	0.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ผลวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอนของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551

ตาราง จ-1 ผลวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอน โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	เดือน					
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
Arsenic	มก./กก.	6.11	4.70	3.58	5.62	3.65	6.39
Cadmium	มก./กก.	2.14	2.33	2.35	2.22	2.67	2.37
Chromium	มก./กก.	168.50	148.50	145.00	131.50	131.50	126.50
Copper	มก./กก.	243.00	258.00	273.50	278.00	269.50	248.50
Lead	มก./กก.	86.47	95.85	97.90	92.69	93.99	92.55
Magnesium	มก./กก.	4,467.00	5,316.00	6,789.50	5,636.00	5,961.00	5,217.00
Manganese	มก./กก.	2,312.50	2,542.50	1,514.00	2,139.00	2,054.50	4,131.50
Mercury	มก./กก.	-	0.91	-	-	1.00	-
Nickel	มก./กก.	120.50	128.50	119.50	135.00	132.00	136.00
Nitrogen	%W/W	2.58	3.00	3.40	3.22	2.99	3.46
Phosphorus	%W/W	1.32	1.47	1.69	1.74	1.45	1.57
Potassium	%W/W	0.19	0.20	0.24	0.30	0.29	0.26
Zinc	มก./กก.	713.00	1,187.00	746.50	714.50	663.00	560.00
Total Coliform Bacteria	MPN/g	30,500.00	78,000.00	24,200.00	35,000.00	67,000.00	17,500.00
Fecal Coliform Bacteria	MPN/g	9,800.00	46,000.00	5,730.00	3,870.00	35,000.00	4,600.00

ตาราง จ-1(ต่อ) ผลวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอน โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	เดือน						เฉลี่ย
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
Arsenic	มก./กก.	5.73	4.84	6.95	9.89	11.49	9.92	6.57
Cadmium	มก./กก.	2.53	1.64	2.40	2.90	2.35	1.23	2.26
Chromium	มก./กก.	126.00	140.00	162.50	145.00	207.00	183.00	151.25
Copper	มก./กก.	269.00	129.77	281.00	272.00	269.50	277.00	255.73
Lead	มก./กก.	105.50	94.39	109.00	105.00	108.00	81.03	96.86
Magnesium	มก./กก.	5,736.00	4,944.00	5,428.00	5,164.00	4,875.00	4,738.00	5,355.96
Manganese	มก./กก.	3,135.00	5,745.00	4,124.50	3,217.00	4,730.00	5,603.00	3,437.38
Mercury	มก./กก.	-	1.59	-	-	0.87	-	1.09
Nickel	มก./กก.	120.00	123.00	136.50	131.00	122.00	123.00	127.25
Nitrogen	%W/W	2.79	3.11	3.08	2.51	2.94	3.21	3.02
Phosphorus	%W/W	1.53	1.56	1.45	1.38	1.50	1.42	1.51
Potassium	%W/W	0.27	0.25	0.25	0.26	0.28	0.26	0.25
Zinc	มก./กก.	729.00	567.50	750.50	771.50	635.00	494.50	711.00
Total Coliform Bacteria	MPN/g	17,500.00	24,000.00	7,800.00	3,500.00	17,500.00	14,300.00	28,066.67
Fecal Coliform Bacteria	MPN/g	4,600.00	4,600.00	5,620.00	625.00	6,700.00	1,750.00	10,741.25

หมายเหตุ: (-) หมายถึง ไม่มีการตรวจวัด

ตาราง จ-2 ผลวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอน โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	เดือน					
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
Arsenic	มก./กก.	6.85	1.98	7.04	3.30	7.11	-
Cadmium	มก./กก.	1.38	6.39	5.02	7.70	3.25	-
Chromium	มก./กก.	246.50	139.00	491.50	1,368.50	1,516.50	-
Copper	มก./กก.	2,819.50	2,949.50	2,653.50	2,599.50	2,968.00	-
Lead	มก./กก.	120.50	174.50	188.00	91.45	308.50	-
Manganese	มก./กก.	1,782.00	1,473.50	1,327.50	909.00	870.00	-
Mercury	มก./กก.	1.64	11.10	0.65	0.79	0.08	-
Nickel	มก./กก.	419.50	399.00	534.00	682.50	346.00	-
Nitrogen	มก./กก.	31,279.00	28,859.50	26,987.50	11,494.50	23,132.50	-
Phosphorus	มก./กก.	21,823.50	30,118.50	19,315.00	18,974.00	15,184.50	-
Potassium	มก./กก.	3,481.50	2,574.00	1,841.50	1,445.50	1,897.00	-
Zinc	มก./กก.	3,359.50	1,276.50	1,453.00	1,595.00	1,569.50	-
Total Coliform Bacteria	MPN/g	18,000.00	115,000.00	30,500.00	2,420.00	5,400.00	-
Fecal Coliform Bacteria	MPN/g	13,500.00	67,000.00	65,500.00	17,500.00	5,400.00	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ-2(ต่อ) ผลวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอน โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

ดัชนีชี้วัด	หน่วย	เดือน						เฉลี่ย
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
Arsenic	มก./กก.	0.28	1.33	3.28	5.87	-	-	4.11
Cadmium	มก./กก.	1.68	3.62	3.62	6.07	-	-	4.30
Chromium	มก./กก.	379.50	490.50	571.50	335.50	-	-	615.44
Copper	มก./กก.	3,296.50	3,151.50	3,563.00	8,067.00	-	-	3,563.11
Lead	มก./กก.	213.50	125.50	185.00	342.00	-	-	194.33
Manganese	มก./กก.	1,615.00	2,219.50	2,410.50	1,533.50	-	-	1,571.17
Mercury	มก./กก.	0.08	1.94	2.50	1.30	-	-	2.23
Nickel	มก./กก.	244.00	269.50	155.00	229.00	-	-	364.28
Nitrogen	มก./กก.	25,220.50	25,572.00	22,525.00	22,999.50	-	-	24,230.00
Phosphorus	มก./กก.	12,164.50	15,546.00	5,330.00	33,496.50	-	-	19,105.83
Potassium	มก./กก.	1,335.00	2,440.50	2,654.50	3,162.00	-	-	2,314.61
Zinc	มก./กก.	1,761.00	2,059.50	1,642.00	1,437.50	-	-	1,794.83
Total Coliform Bacteria	MPN/g	9,300.00	7,850.00	34,150.00	5,900.00	-	-	25,391.11
Fecal Coliform Bacteria	MPN/g	2,200.00	5,350.00	12,750.00	4,300.00	-	-	21,500.00

หมายเหตุ: (-) หมายถึง ไม่มีการตรวจวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ปัญหาการดำเนินงานและแนวทางแก้ไขของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร ประจำปี 2551

ตาราง ฉ ปัญหาการดำเนินงานและแนวทางแก้ไขของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ	ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางการแก้ไข
โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา	1. Pump แบบ submersible เสียบ่อย 2. ไม่มีเครื่องจักรสำรอง/ ขาดอุปกรณ์ในการซ่อมแซม 3. ขาดบุคลากรระดับช่าง/ ผู้ปฏิบัติงานขาดความชำนาญ	1. ดำเนินสั่งซื้อเครื่องจักรสำรองเพื่อสามารถแก้ไขปัญหาได้ทัน 2. ของบประมาณสั่งซื้อเพิ่ม 3. เจ้าหน้าที่ระดับนายช่างต้องปฏิบัติงานแทนหากไม่ติดภาระกิจในขณะนั้น
โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์	1. เครื่องจักรชำรุดจากเศษขยะที่ไหลเข้าระบบ 2. ความล่าช้าในการสั่งซื้ออุปกรณ์จากต่างประเทศ	1. ปรับปรุงระบบดักขยะ 2. ควรมีการจัดเตรียมอุปกรณ์สำรองไว้
โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ	1. การมีน้ำคลองล้นเข้าบ่อดักน้ำเสีย 2. จุลินทรีย์ในระบบปรับตัวได้น้อย	1. ดำเนินการแก้ไขโดยการบล็อกท่อปลายเปิดชั่วคราว 2. เฝ้าระวังปริมาณตะกอนในระบบ
โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม	1. การมีน้ำคลองล้นเข้าบ่อดักน้ำเสีย 2. ฝาบ่อดักน้ำเสียถูกปิดทับเนื่องจากการปรับพื้นผิวจราจร 3. จุลินทรีย์ในระบบปรับตัวได้น้อย	1. ดำเนินการแก้ไขโดยการบล็อคท่อปลายเปิด และเปิด Orifice Plate เพื่อรวบรวมน้ำเสียเข้าระบบชั่วคราว 2. ดำเนินการสกัดยางมะตอยที่ปิดทับออก 3. เฝ้าระวังปริมาณตะกอนในระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ฉ(ต่อ) ปัญหาการดำเนินงานและแนวทางแก้ไขของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร

โรงควบคุมคุณภาพน้ำ	ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางการแก้ไข
โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร	1. การรั่วซึมของ Check Valve ของ CASS Feed Pump 2. การล้มเหลวของระบบ lease line ของสถานีสูบน้ำเสีย	1. ติดต่อ Supplier ดำเนินการตรวจสอบ แก้ไข 2. ติดต่อ TOT แก้ไขทั้งแบบชั่วคราวและถาวร
โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี	1. การอุดตันในบ่อดักน้ำเสียเนื่องจากขยะ 2. ฝาบ่อดักน้ำเสียถูกปิดทับเนื่องจากการปรับพื้นผิวจราจร 3. แผง Coil ของ Air Chiller รั่ว 4. รางสายไฟชำรุด ผุกร่อน เป็นสนิม 5. ลูกลอยของ Skimmer Level ชำรุด 6. ตู้ Control Odor ไม่สามารถทำงานได้ 7. เตาย่อยซีโอดีชำรุด 8. เตาเผาชำรุด 9. ปริมาณตะกอน MLSS บางบ่อสูงเกิน 4,000 ppm 10. ปริมาณตะกอน MLSS บางบ่อต่ำกว่า 4,000 ppm	1. เพิ่มการตรวจสอบและจัดการขยะอุดตัน 2. ดำเนินการสกัดยางมะตอยที่ปิดทับออก 3. ดำเนินการเปลี่ยนแผง Coil ของ Air Chiller 4. ดำเนินการเปลี่ยนรางสายไฟใหม่ 5. ดำเนินการเปลี่ยนลูกลอยใหม่ 6. หน่วยงานซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไข 7. หน่วยงานซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไข 8. หน่วยงานซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไข 9. เพิ่มระยะเวลาในการสูบตะกอนออก 10. ดำเนินการแก้ไขระบบท่อ หัวจ่ายอากาศ และสูบตะกอนกลับ
โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง	1. Raw sewage Inlet Pump ชำรุด 2. Ferric Chloride Flow Meter ไม่ทำงาน 3. Motor Protection Relay SPAM 150C ชำรุด 4. อุปกรณ์ปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า OLTC ชำรุด	1. หน่วยงานซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไข 2. หน่วยงานซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไข 3. หน่วยงานซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไข 4. หน่วยงานซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช
บัญชีรายการสำหรับโปรแกรมสำเร็จรูป

ตาราง ช-1 บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

สารขาเข้า			**สารขาออก**		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ทรัพยากร			**มลพิษสู่บรรยากาศ**		
น้ำเสีย	13,306.29	m^3	CO_2	3,817.67	kg
น้ำประปา	1.03	m^3	CH_4	0.0151	kg
โพลิเมอร์	1.49	kg	N_2O	0.3559	kg
พลังงาน			NO_x	10.70	kg
ไฟฟ้า	6,298.06	kWh	SO_2	11.89	kg
การขนส่ง			**มลพิษสู่แหล่งน้ำ**		
การรวบรวมน้ำเสีย	2.3	km	SS	84.92	kg
กากตะกอน	25.2	km	COD	355.74	kg
ผลิตภัณฑ์			T-P	17.63	kg
น้ำทิ้ง	11,400.77	m^3	T-N	132.28	kg
ผลพลอยได้			**มลพิษสู่พื้นดิน**		
กากตะกอน	0.88	m^3	As	11.02	mg
มลพิษสู่แหล่งน้ำ			Cd	0.81	mg
SS	84.92	kg	Cr	17.70	mg
COD	350.34	kg	Hg	0.02	mg
T-P	17.63	kg	Ni	9.98	mg
T-N	132.26	kg	Pb	10.90	mg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ช-2 บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

สารขาเข้า			**สารขาออก**		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ทรัพยากร			**มลพิษสู่บรรยากาศ**		
น้ำเสีย	28,720.32	m^3	CO_2	15,593.80	kg
น้ำประปา	0.46	m^3	CH_4	0.1467	kg
โพลิเมอร์	2.78	kg	N_2O	0.3001	kg
พลังงาน			NO_x	26.04	kg
ไฟฟ้า	5,347.22	kWh	SO_2	77.92	kg
การขนส่ง			**มลพิษสู่แหล่งน้ำ**		
การรวบรวมน้ำเสีย	16.25	km	SS	262.98	kg
กากตะกอน	29.2	km	COD	1,057.87	kg
ผลิตภัณฑ์			T-P	45.84	kg
น้ำทิ้ง	28,287.27	m^3	T-N	159.74	kg
ผลพลอยได้			**มลพิษสู่พื้นดิน**		
กากตะกอน	1.38	m^3	As	168.01	mg
มลพิษสู่แหล่งน้ำ			Cd	12.37	mg
SS	262.98	kg	Cr	269.78	mg
COD	975.71	kg	Hg	0.35	mg
T-P	45.81	kg	Ni	152.16	mg
T-N	159.47	kg	Pb	166.15	mg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ช-3 บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

สารขาเข้า			**สารขาออก**		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ทรัพยากร			**มลพิษสู่บรรยากาศ**		
น้ำเสีย	62,790.76	m^3	CO_2	52,425.80	kg
น้ำประปา	0.26	m^3	CH_4	0.5087	kg
โพลิเมอร์	8.61	kg	N_2O	0.7937	kg
พลังงาน			NO_x	84.23	kg
ไฟฟ้า	13,883.30	kWh	SO_2	267.42	kg
การขนส่ง			**มลพิษสู่แหล่งน้ำ**		
การรวบรวมน้ำเสีย	26	km	SS	357.70	kg
กากตะกอน	33.6	km	COD	1,806.31	kg
ผลิตภัณฑ์			T-P	36.77	kg
น้ำทิ้ง	62,021.65	m^3	T-N	505.94	kg
ผลพลอยได้			**มลพิษสู่พื้นดิน**		
กากตะกอน	7.69	m^3	As	587.72	mg
มลพิษสู่แหล่งน้ำ			Cd	43.27	mg
SS	357.70	kg	Cr	943.68	mg
COD	1,518.91	kg	Hg	1.23	mg
T-P	36.68	kg	Ni	532.25	mg
T-N	504.99	kg	Pb	581.21	mg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ช-4 บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

สารขาเข้า			**สารขาออก**		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ทรัพยากร			**มลพิษสู่บรรยากาศ**		
น้ำเสีย	108,638.41	m^3	CO_2	180,642.00	kg
น้ำประปา	5.06	m^3	CH_4	1.8041	kg
โพลิเมอร์	8.23	kg	N_2O	1.5596	kg
พลังงาน			NO_x	272.32	kg
ไฟฟ้า	27,072.20	kWh	SO_2	951.60	kg
การขนส่ง			**มลพิษสู่แหล่งน้ำ**		
การรวบรวมน้ำเสีย	55	km	SS	1,433.76	kg
กากตะกอน	27.6	km	COD	3,761.48	kg
ผลิตภัณฑ์			T-P	162.29	kg
น้ำทิ้ง	92,728.08	m^3	T-N	743.01	kg
ผลพลอยได้			**มลพิษสู่พื้นดิน**		
กากตะกอน	20.90	m^3	As	2,151.04	mg
มลพิษสู่แหล่งน้ำ			Cd	158.34	mg
SS	1,433.76	kg	Cr	3,453.68	mg
COD	2,709.80	kg	Hg	4.52	mg
T-P	161.96	kg	Ni	1,947.92	mg
T-N	739.56	kg	Pb	2,127.16	mg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ช-5 บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

สารขาเข้า			**สารขาออก**		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ทรัพยากร			**มลพิษสู่บรรยากาศ**		
น้ำเสีย	124,324.67	m^3	CO_2	141,943.00	kg
น้ำประปา	1.36	m^3	CH_4	1.4048	kg
โพลิเมอร์	4.44	kg	N_2O	1.3445	kg
ปูนขาว	4.44	kg	NO_x	215.92	kg
พลังงาน			SO_2	745.09	kg
ไฟฟ้า	23,419.00	kWh	**มลพิษสู่แหล่งน้ำ**		
การขนส่ง			SS	1,421.86	kg
การรวบรวมน้ำเสีย	37.50	km	COD	4,838.21	kg
ผลิตภัณฑ์			T-P	187.16	kg
น้ำทิ้ง	120,320.48	m^3	T-N	886.64	kg
ผลพลอยได้			**มลพิษสู่ดิน**		
กากตะกอน	10.13	m^3	As	0.0683	kg
มลพิษสู่แหล่งน้ำ			Cd	0.0230	kg
SS	1,421.86	kg	Cr	1.5349	kg
COD	4,017.63	kg	Cu	2.5906	kg
T-P	186.90	kg	Pb	0.9829	kg
T-N	883.95	kg	Mn	54.2559	kg
มลพิษสู่ดิน			Hg	0.0110	kg
As	0.0666	kg	Ni	1.2905	kg
Cd	0.0229	kg	Zn	7.2024	kg
Cr	1.5322	kg			
Cu	2.5906	kg			
Pb	0.9812	kg			
Mn	54.2559	kg			
Hg	0.0110	kg			
Ni	1.2890	kg			
Zn	7.2024	kg			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ช-6 บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

สารขาเข้า			**สารขาออก**		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ทรัพยากร			**มลพิษสู่บรรยากาศ**		
น้ำเสีย	132,605.14	m^3	CO_2	182,931.00	kg
ตะกอน	46.26	m^3	CH_4	1.8814	kg
น้ำประปา	0.76	m^3	N_2O	1.4133	kg
โพลิเมอร์	28.61	kg	NO_x	273.38	kg
พลังงาน			SO_2	968.34	kg
ไฟฟ้า	24,561.10	kWh	**มลพิษสู่แหล่งน้ำ**		
การขนส่ง			SS	912.21	kg
การรวบรวมน้ำเสีย	46.02	km	COD	3,009.85	kg
ผลิตภัณฑ์			T-P	86.20	kg
น้ำทิ้ง	130,494.18	m^3	T-N	801.15	kg
ผลพลอยได้			**มลพิษสู่ดิน**		
กากตะกอน	42.07	m^3	As	0.1752	kg
มลพิษสู่แหล่งน้ำ			Cd	0.1812	kg
SS	912.21	kg	Cr	25.8932	kg
COD	1,935.59	kg	Cu	119.0669	kg
T-P	85.86	kg	Pb	8.1769	kg
T-N	797.62	kg	Mn	52.5030	kg
มลพิษสู่ดิน			Hg	0.0938	kg
As	0.1374	kg	Ni	15.3260	kg
Cd	0.1438	kg	Zn	59.9771	kg
Cr	20.5660	kg			
Cu	119.0669	kg			
Pb	6.4938	kg			
Mn	52.5030	kg			
Hg	0.0745	kg			
Ni	12.1729	kg			
Zn	59.9771	kg			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ช-7 บัญชีรายการโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

สารขาเข้า			**สารขาออก**		
รายการ	ปริมาณ	หน่วย	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ทรัพยากร			**มลพิษสู่บรรยากาศ**		
น้ำเสีย	204,496.30	m^3	CO_2	407,665.00	kg
น้ำประปา	2.71	m^3	CH_4	4.0935	kg
โพลิเมอร์	15.49	kg	N_2O	3.1784	kg
$FeCl_3$	0.16	kg	NO_x	609.49	kg
พลังงาน			SO_2	2,156.74	kg
ไฟฟ้า	55,000.50	kWh	**มลพิษสู่แหล่งน้ำ**		
การขนส่ง			SS	2,046.50	kg
การรวบรวมน้ำเสีย	66.45	km	COD	7,045.57	kg
กากตะกอน	32.5	km	T-P	267.28	kg
ผลิตภัณฑ์			T-N	1,761.05	kg
น้ำทิ้ง	204,010.92	m^3	**มลพิษสู่พื้นดิน**		
ผลพลอยได้			As	4,891.96	mg
กากตะกอน	18.93	m^3	Cd	360.11	mg
มลพิษสู่แหล่งน้ำ			Cr	7,854.43	mg
SS	2,046.50	kg	Hg	10.27	mg
COD	4,653.82	kg	Ni	4,430.00	mg
T-P	266.53	kg	Pb	4,837.64	mg
T-N	1,753.21	kg			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

Inventory Data

ตาราง ซ-1 Inventory data on electricity from TEI

ข้อมูล	สาร	ปริมาณ	หน่วย
Input	Coal	0.88	kg
Output	Electricity	1	kWh
	Dust	8.38 E-06	kg
	N_2O	9.06 E-06	kg
	CH_4	3.48 E-06	kg
	CO	4.53 E-05	kg
	CO_2	2.91 E-01	kg
	SO_2	6.35 E-04	kg
	NO_X	1.34 E-03	kg

ตาราง ซ-2 Inventory data on lime from JEMAI-lca Pro

ข้อมูล	สาร	ปริมาณ	หน่วย
Input	limestone mining	1.785	kg
	Electricity	0.065	kWh
	Furnace (diesel)	4.015	MJ
Output	Lime	1	kg
	CO_2	0.746	kg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ซ-3 Emission factor on truck from JEMAI-lca Pro

Vehicle type	NO_x (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	PM (g/km)	CO_2 (g/km)
1.5 ton	0.486	0.318	0.0312	0.007	125
2 ton	0.647	0.424	0.0416	0.009	166
10 ton	3.00	0.646	0.134	0.096	715
20 ton	6.01	1.29	0.269	0.192	1,430

ตาราง ซ-4 Inventory data on polymer (acrylonitrile) from JEMAI-lca Pro

ข้อมูล	สาร	ปริมาณ	หน่วย
Input	Propylene	1.19	kg
	NH_3	0.47	kg
	Electricity	0.2	kg
	Water	2.6	kg
Output	Acrylonitrile	1	kg
	Wastewater	1.6	kg

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ

Characterization factor

ตาราง ฌ-1 Characterization factor of global warming

Item	Characterization factor
CO_2	1
CH_4	23
N_2O	296

ตาราง ฌ-2 Characterization factor of acidification

Item	Characterization factor
Hydrogen chloride	2.61
NO_x	0.717
SO_2	1
SO_x	1

ตาราง ฌ-3 Characterization factor of eutrophication

Item	Characterization factor
NO_x	0.0111
COD	0.0015
N total	0.26
P total	3.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ฌ-4 Characterization factor of photochemical oxidant

Item	Characterization factor
Hydrocarbons	0.423

ตาราง ฌ-5 Characterization factor of human toxicity

Item	Carcinogenicity			Chronic disease		
	Air	Water	Soil	Air	Water	Soil
As	19,500	31,400	56,100	7.77	12.5	22.3
Cd	3,760	7,500	9,830	14.3	28.5	37.3
Cr	15,400	35,000	35,400	0.438	0.999	1.01
Hg	-	-	-	32.7	830	833
Ni	84	182	219	3.23	7	8.41
Pb	52.6	118	119	3.37	7.52	7.61

ตาราง ฌ-6 Characterization factor of ecotoxicity

Item	Aquatic ecotoxicity			Terrestrial ecotoxicity		
	Air	Water	Soil	Air	Water	Soil
As	5,310	15,500	11,800	1,060,00	0	3,860,000
Cd	269,000	789,000	596,000	97,200	0	356,000
Cr	9,040	26,500	20,000	112,000	0	409,000
Hg	43,300	1,940,000	1,470,000	1,290,000	1.68E-10	72,000,000
Pb	6,020	17,600	13,300	4,180	3.08E-12	15,300

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ญ

Damage factors

ตาราง ญ-1 Damage factor of global warming

Safeguard subjects	Human health	Social assets
CO_2	1.23E-07	5.48E-01
CH_4	2.82E-06	1.69E+01
N_2O	3.63E-05	2.18E+02

ตาราง ญ-2 Damage factor of acidification

Safeguard subjects	Social assets	Primary productivity
Hydrogen chloride	1.58E+02	8.42E-01
NO_x	4.34E+01	2.31E-01
SO_2	6.08E+01	3.23E-01
SO_x	6.08E+01	3.23E-01

ตาราง ญ-3 Damage factor of eutrophication

Safeguard subjects	Social assets
COD	6.40E-01
N total	8.25E+01
P total	9.74E+02

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ญ-4 Damage factor of photochemical oxidant

Safeguard subjects	Human health	Primary productivity	Social assets
Hydrocarbons	6.99E-06	3.60E+00	2.72E+01

ตาราง ญ-5 Damage factor of toxic substance

Safeguard subjects	Human health	Water	Soil
As	8.84E-04	1.48E-03	2.65E-03
Cd	3.50E-03	6.94E-03	9.09E-03
Cr	4.45E-05	1.19E-04	1.20E-04
Hg	2.70E-03	9.85E-02	9.89E-02
Ni	4.08E-04	9.32E-04	1.12E-03
Pb	1.92E-02	4.74E-02	3.59E-02

ตาราง ญ-6 Damage factor of ecotoxicity

Safeguard subjects	Air	Water	Soil
As	1.05E-08	3.07E-08	2.32E-08
Cd	6.07E-08	1.78E-07	1.34E-07
Cr	4.75E-09	1.40E-08	1.06E-08
Hg	1.89E-08	8.47E-07	6.41E-07
Pb	4.66E-09	1.37E-08	1.03E-08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว นันทมล ลิมป์พิทักษ์พงศ์ เกิดวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528 ที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย