ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี กรณีศึกษา : ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ฉัตรชัย ยาทะเล

วิไล รอดกลิ่น

ศศิวรรณ เกตบท

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี
กรณีศึกษา : ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ชื่อ-สกุล **นายฉัตรชัย ยาทะเล**
นางสาววิไล รอดกลิ่น
นางสาวศศิวรรณ เกตบท

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา ว่าที่ ร.ต. วิชัย โกศัลวัฒน์
นายประยุทธ สุวรรณศรี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์ วท.ม.
ประธานกรรมการ

นายประยุทธ สุวรรณศรี ค.ม.
กรรมการ

ผศ. พีรญา เชตุพงษ์ กศ.ม.
กรรมการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ ว่าที่ร้อยตรีวิชัย โกศัลวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความรักและเคารพยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประยุทธ สุวรรณศรี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พีรญา เชตุพงษ์ คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ ที่มีคุณค่า ตลอดจนตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ในทุก ๆ ด้านตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณอุไร สายรัตน์ ผู้จัดการบริษัท วอเตอร์อินเด็กซ์แอนด์คอนซัลแทนท์ จำกัด และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ทดลอง และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ขอขอบพระคุณ คุณสังวรณ์ เกตบท คุณยุพา รอดกลิ่น คุณสุพิศ ยาทะเล และคุณศิริพร ศรีทองแสง สำหรับความช่วยเหลือและสนับสนุนเงินทุนในการทำปริญานิพนธ์ มาโดยตลอด รวมทั้งกำลังใจดี ๆ ที่มีให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และสนับสนุน ตลอดจนเป็นแรงผลักดันและกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ฉัตรชัย ยาทะเล
วิไล รอดกลิ่น
ศศิวรรณ เกตบท

ชื่อปริญญานิพนธ์ ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี
กรณีศึกษา : ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ชื่อ สกุล ฉัตรชัย ยาทะเล
วิไล รอดกลิ่น
ศศิวรรณ เกตบท

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษากับตาลปัตรฤาษี และเพื่อให้ได้ระบบบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน แม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โดยจัดทำบ่อทดลองขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 0.6 เมตร จำนวน 2 บ่อ บ่อที่ 1 ทดลองด้วยการปลูกพืช พุทธรักษากับตาลปัตรฤาษี บ่อที่ 2 เป็นบ่อควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน โดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ผลการวิจัยพบว่า บ่อทดลองที่ปลูกพืช พุทธรักษากับตาลปัตรฤาษี มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนสูงกว่าบ่อควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ได้ค่าบีโอดี ร้อยละ 56.57 ค่าของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 53.33 ค่าไนโตรเจน ร้อยละ 60.00 และค่าฟอสฟอรัส ร้อยละ 60.00 และได้ระบบบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนแม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

Thesis Title	Efficiency of Wastewater Treatment from Community by Constructed Wetland System using *Canna warscewiezii* Dietr and *Limnocharis flava* (L.) Buch, Case Study: Mae Rang Ngok Ngam Community, Sai Noi district, Nonthaburi Province
Name Surname	Chatchai Yatale, Wilai Rodklin, Sasiwan Ketbot
Thesis Title	Bachelor of Science
Program and Faculty	Environmental Sciences and Natural Resources, Faculty of Science and Technology
Academic Year	2011

Abstract

The experiment was in a type of 2 experimental wells with the size of width x length x height was equal to 0.5x2x 0.6 meters including the experimental well which had plants of Cannawarscewiezii Dietr and Limnocharis flava (L.) Buch, and the rest was the control well without any plants. The time period of storing the hydraulic retention time (HRT) had been done for 9 days. The parameter studied included BOD value of suspended solids including Nitrogen and Phosphorus.

The research result found that the experimental well which had Cannawarscewiezii Dietr and Limnocharis flava (L.) Buch had the effectiveness in domestic wastewater treatment higher than the control well without any plants with BOD value at 56.57 and suspended solids at 53.33%, Nitrogen value at 60.00, and Phosphorus at 60.00. There, the result got was constructed wetland system appropriate to the treatment of domestic wastewater by using the wastewater from Maeruang Ngok Ngam community, Sainoi district, Nonthaburi province

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ซ)
สารบัญแผนภูมิ	(ฌ)
สารบัญภาพ	(ญ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของขบวนการบำบัดน้ำเสีย	4
1.3 กรอบแนวคิดในการศึกษา	5
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.5 ขอบเขตของการศึกษา	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.7 นิยามศัพท์	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม	8
2.1.1 นิยามและความหมายชุมชน	8
2.1.2 บริบทของชุมชนแม่หรั่งงอกงาม	9
2.1.3 สภาพทั่วไป	10
2.1.4 อาณาเขต	11
2.1.5 สภาพเศรษฐกิจ	11
2.1.6 สถานที่สำคัญ	11
2.1.7 การมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนแม่หรั่งงอกงาม	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 น้ำเสีย	12
2.2.1 นิยามและความหมายของน้ำเสีย	12
2.2.2 ลักษณะของน้ำเสีย	13
2.2.3 แหล่งที่มาของน้ำเสีย	16
2.2.4 ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม	18
2.2.5 ประสิทธิภาพ	19
2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย	20
2.3.1 ระบบโปรยกรอง	20
2.3.2 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ	21
2.3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์	22
2.3.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ	26
2.3.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร	27
2.3.6 ระบบบึงประดิษฐ์	28
2.4 วัสดุชั้นกรองที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์	39
2.4.1 ดินเหนียว	39
2.4.2 ดินร่วน	40
2.4.3 ทราย	41
2.4.4 กรวด	41
2.5 พืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์	42
2.5.1 พุทธรักษา	43
2.5.2 ตาลปัตรฤาษี	53
2.6 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	56
2.6.1 บีโอดี	57
2.6.2 ของแข็งแขวนลอย	58
2.6.3 ไนโตรเจน	58
2.6.4 ฟอสฟอรัส	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ	59
2.7.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง	59
2.7.2 เครื่องชั่ง	61
2.7.3 การไตเตรท	63
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	65
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	72
3.1 รูปแบบการวิจัย	72
3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	72
3.2.1 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับภาคสนาม	72
3.2.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับห้องปฏิบัติการ	73
3.3 ขั้นตอนการวิจัย	73
3.3.1 ขั้นเตรียมการ	73
3.3.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล	74
3.3.3 การทดลอง	74
3.3.4 วิเคราะห์ผล	76
3.3.5 อภิปรายผล	76
3.3.6 สรุปและนำเสนอ	76
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	77
4.1 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์	77
4.1.1 การสร้างบ่อทดลอง	77
4.1.2 การเตรียมวัสดุชั้นกรอง	81
4.1.3 การปลูกพืชลงในบ่อทดลอง	82
4.1.4 การปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์	85
4.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	88
4.2.1 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	88

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	98
4.3.1 คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด	98
4.3.2 คุณภาพน้ำหลังการบำบัด	99
4.4 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน	103
4.4.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี	103
4.4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย	104
4.4.3 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน	105
4.4.4 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส	106
4.5 อภิปรายผล	108
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	109
5.1 สรุปผล	109
5.1.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน	109
5.1.2 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์	109
5.2 ข้อเสนอแนะ	110
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้	110
5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป	110
เอกสารอ้างอิง	111
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก วิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	117
ภาคผนวก ข ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด	131
ประวัติผู้วิจัย	138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์	37
4.1	แสดงคุณภาพน้ำก่อนการบำบัด	92
4.2	แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดีหลังการบำบัด	93
4.3	แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยหลังการบำบัด	94
4.4	แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนหลังการบำบัด	95
4.5	แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสหลังการบำบัด	96
4.6	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี	97
4.7	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย	98
4.8	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน	99
4.9	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส	100
4.10	แสดงประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน	101

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1.1	ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของขบวนการบำบัดน้ำเสีย	4
1.2	ผังแสดงกรอบแนวคิดในการปรับปรุงขบวนการบำบัดน้ำเสีย	5
3.1	แสดงขั้นตอนการทดลอง	75

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แผนผังแสดงการระบายน้ำเสียของชุมชนแม่หริ่งงอกงาม	10
2.2	ระบบโปรยกรอง	21
2.3	ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ	21
2.4	ระบบแบบกวนสมบูรณ์	22
2.5	ระบบแบบปรับเสถียรสัมผัส	23
2.6	ระบบคลองวนเวียน	24
2.7	ระบบเอสบีอาร์	25
2.8	ระบบบ่อเติมอากาศ	26
2.9	ระบบบ่อปรับเสถียร	27
2.10	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้น -น้ำลึก-น้ำตื้น สลับกัน	30
2.11	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้นเท่ากันตลอด	31
2.12	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินแบบไหลตามแนวราบ	32
2.13	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน แบบไหลตามแนวดิ่ง	33
2.14	ขนาดบ่อทดลอง	35
2.15	ดินเหนียว	39
2.16	ดินร่วน	40
2.17	ทราย	41
2.18	กรวด	41
2.19	พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลือง	46
2.20	พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีชมพู	47
2.21	พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลืองปนส้ม	48
2.22	พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลืองอ่อน	49
2.23	พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีส้ม	49
2.24	พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง	50
2.25	ลักษณะรากพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง	51
2.26	ลักษณะลำต้นกลวงของพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.27	ลักษณะใบพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง	51
2.28	ตาลปัตรฤาษี	53
2.29	รากตาลปัตรฤาษี	54
2.30	ลักษณะลำต้นกลวงของตาลปัตรฤาษี	54
2.31	ใบตาลปัตรฤาษี	55
2.32	ดอกตาลปัตรฤาษี	55
2.33	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงเดี่ยว	60
2.34	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงคู่	60
2.35	เครื่องชั่งแบบคานชั่งยาวเท่ากัน	61
2.36	เครื่องชั่งหยาบ	62
2.37	เครื่องชั่งละเอียด	62
2.38	ลักษณะการตั้งบิวเรตต์เพื่อการไตเตรท	63
2.39	เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ	64
2.40	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี	66
2.41	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย	66
2.42	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน	67
2.43	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส	67
2.44	แสดงค่าประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีในน้ำเสียชุมชนของหญ้าแฝก ในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และ 2	68
2.45	แสดงค่าประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัส ในน้ำเสียชุมชนของหญ้าแฝกในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และ 2	69
2.46	แสดงค่าประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ในน้ำเสียชุมชนของหญ้าแฝก รอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และ 2	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.1	ตลับเมตร	77
4.2	แสดงการวัดขนาดพื้นที่ในการสร้างบ่อทดลอง	78
4.3	แสดงการก่ออิฐบล็อก	78
4.4	บ่อทดลองก่อด้วยอิฐบล็อก	79
4.5	ท่อระบายน้ำ	79
4.6	แสดงตำแหน่งท่อระบายน้ำ	79
4.7	บ่อทดลองก่อด้วยอิฐบล็อกฉาบปูน	80
4.8	บ่อทดลองปูด้วยพลาสติกโพลิเอทิลีน	80
4.9	ชั้นกรวดในระบบบึงประดิษฐ์	81
4.10	แสดงการผสมดินและทราย อัตราส่วน ดิน 3 ส่วน : ทราย 1 ส่วน	81
4.11	ชั้นดินในระบบบึงประดิษฐ์	82
4.12	ต้นพุทธรักษา และต้นตาลปัตรฤาษี	82
4.13	แสดงการคัดเลือกพืช	83
4.14	แสดงการวัดระยะห่างระหว่างต้นพืช	83
4.15	พืชในระบบบึงประดิษฐ์	84
4.16	แสดงการอนุบาลต้นพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์	84
4.17	แสดงการระบายน้ำออกจากบ่อทดลอง	85
4.18	แสดงการระบายน้ำออกจากบ่อทดลองจนแห้ง	85
4.19	แสดงการเจาะรูท่อกระจายน้ำเสีย	86
4.20	ถังกระจายน้ำเสีย	86
4.21	แสดงการวัดอัตราน้ำไหล	87
4.22	แสดงการปล่อยน้ำเข้าระบบบึงประดิษฐ์	87
4.23	แสดงปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบึงประดิษฐ์ในวันที่ 9 ปริมาณน้ำสูงประมาณ 10 เซนติเมตร	87
4.24	ระบบบึงประดิษฐ์	88
4.25	แสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างก่อนการบำบัด	88

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.26	น้ำก่อนการบำบัด	89
4.27	แสดงตำแหน่งจุดเก็บน้ำตัวอย่างหลังการบำบัดของบ่อทดลองที่มีพืช	89
4.28	แสดงตำแหน่งจุดเก็บน้ำตัวอย่างหลังการบำบัดของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช	90
4.29	ตัวอย่างน้ำหลังการบำบัดของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช	90
4.30	ตัวอย่างน้ำหลังการบำบัดของบ่อทดลองที่มีพืช	91
4.31	ขวดบีโอดี	91
4.32	ตู้อินคูเบเตอร์	92
4.33	แสดงการไตเตรตหาค่าออกซิเจนละลายน้ำ	92
4.34	แสดงการรินน้ำลงบนกระดาษกรอง	93
4.35	ตู้อบ	93
4.36	แสดงการนำกระดาษกรองเข้าโถดูดความชื้น	94
4.37	เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด	94
4.38	แสดงการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน	95
4.39	แสดงการกลั่น	95
4.40	แสดงการไตเตรท	96
4.41	แสดงการเกิดปฏิกิริยารีดิวซ์	96
4.42	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงเดี่ยว	97
4.43	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี	104
4.44	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย	105
4.45	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน	106
4.45	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส	107

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตรวมถึงมนุษย์ มนุษย์ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำ ในหลายแนวทางด้วยกัน คือ การใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค ใช้เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรก ใช้ประโยชน์ในการคมนาคม ใช้เพื่อกิจกรรมนันทนาการ และใช้ในกระบวนการผลิตด้านอุตสาหกรรม การเกษตร และประมง

ในปัจจุบันพบว่าปัญหาด้านทรัพยากรน้ำเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปัญหามลพิษทางน้ำ ทำให้น้ำเน่าเสีย ซึ่งแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญหลายแหล่งในทุกภาคของประเทศไทย ประสบกับภาวะมลพิษในแหล่งน้ำ เนื่องจากงบประมาณบริหารประเทศที่มีจำกัด จากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวอย่างรวดเร็วของเมือง การพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ตลอดจนการขาดการคำนึงถึงข้อจำกัด และศักยภาพในการรองรับน้ำเสียของแหล่งน้ำ (อุไรวรรณ อินทร์ม่วง, 2545 :1) โดยทั่วไปหากปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านระบบบำบัดที่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดผลกระทบตามมาหลายประการ เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากเกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรค ผลกระทบในเรื่องปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง และการปนเปื้อนของสารพิษซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้สูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ นอกจากนี้สิ่งสกปรกต่าง ๆ ยังทำให้น้ำเปลี่ยนสี ส่งกลิ่นเหม็น และทำลายความสวยงามตามธรรมชาติของแหล่งน้ำนั้นด้วยจากปัญหาดังกล่าวจึงมีความจำเป็น อย่างยิ่งที่จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้อย่างปลอดภัย การควบคุมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ นั้นควบคุมได้ยาก เพราะยังไม่มีการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียอย่างจริงจัง

สนธิเดช จิตวิมลนิมิต (2547) ได้กล่าวว่า ชุมชนเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีสัดส่วนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยไม่มีการบำบัดจึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำเป็นอย่างมาก

ในพื้นที่ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นพื้นที่ที่มีบ้านเรือนและจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันมีจำนวนครัวเรือนรวมทั้งสิ้น 65 ครัวเรือน เป็นชุมชนขนาดเล็ก มีลักษณะที่พักอาศัยเป็นแบบถาวร จากการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน พบว่าชุมชนนี้มีปัญหา

น้ำเสียชุมชน ไม่ได้มีการบำบัดก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องของพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด และในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้น้ำเสียที่ปล่อยออกมามีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

จากปัญหาและข้อจำกัดของชุมชนแม่หรั่งงอกงาม ดังกล่าวข้างต้น แนวทางการแก้ไขจึงเลือกใช้ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland System) เป็นวิธีทางธรรมชาติ ที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในปัจจุบัน ระบบบึงประดิษฐ์ได้รับการพัฒนาใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับว่า เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก ดูแลรักษาระบบได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องพึ่งพา เทคโนโลยีต่างๆ ที่ยุ่งยาก ดังนั้นการใช้ระบบบำบัด น้ำเสียโดยพึ่งพาธรรมชาติ นับว่าสอดคล้องกับยุคสมัยนี้ในสภาวะที่พลังงานมีราคาแพง

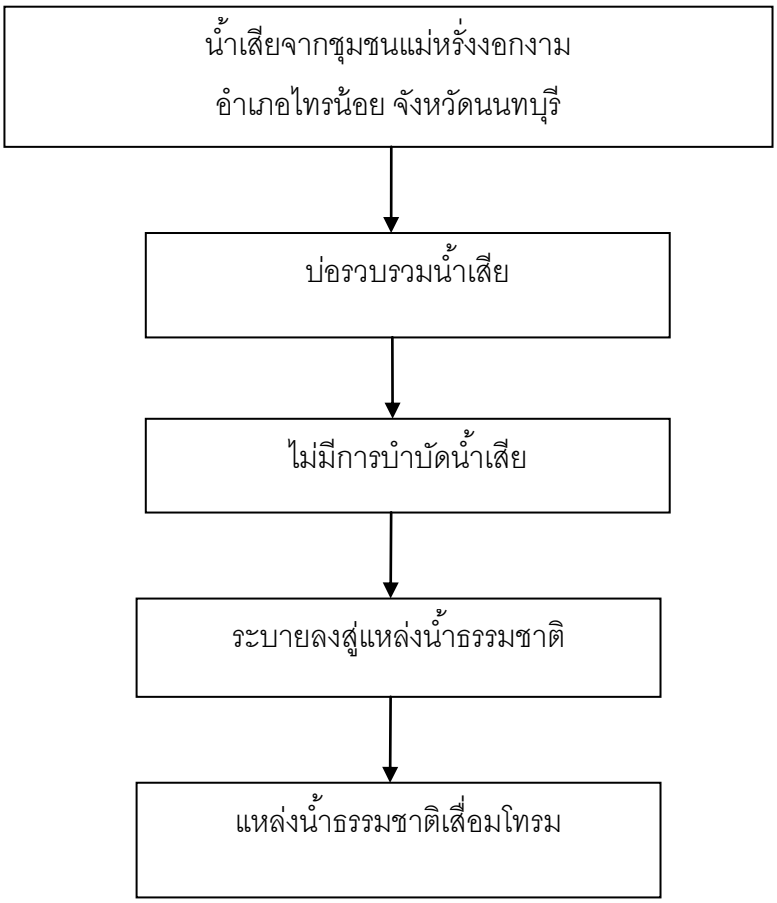
ในด้านการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมในประเทศไทยนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สนพระราชหฤทัยกรรมวิธีการบำบัดน้ำเสีย ทั้งโดยกระบวนการทางกายภาพและทางชีวภาพ โดยทรงนำวิธีการบำบัดแบบธรรมชาติ ซึ่งเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การบำรุงรักษาและดูแลระบบมีมูลค่าน้อย ไม่ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการดูแลระบบมากนัก เหมาะที่จะนำมาใช้ในท้องถิ่นหลายแห่งในประเทศไทย เนื่องจากความขาดแคลนในด้านงบประมาณ จึงทรงศึกษาและทดลองวิธีการบำบัดน้ำเสียขึ้นก่อน แล้วถ่ายทอดให้คนไทยนำไปใช้ ตัวอย่างเช่น การบำบัดน้ำเสียโดยระบบบึงประดิษฐ์ของเทศบาลเมืองสกลนคร และการบำบัดน้ำเสียภายในโครงการพระราชดำริแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี เป็นต้น โดยใช้พืชจำพวกหญ้ากรองน้ำ ที่มีความเหมาะสมในการปลูกเพื่อบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ กกกลม กกสามเหลี่ยม หญ้าคาลา และธูปฤาษี เป็นต้น นับได้ว่าเป็นแนวพระราชดำริที่ทรงส่งเสริมให้นำระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ ซึ่งเป็นระบบในเชิงอนุรักษ์แบบหนึ่ง คือ เป็นระบบที่ใช้พืชน้ำ ปลูกลงในน้ำเสียเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ออกจากน้ำเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนไทย นอกจากนี้ยังช่วยตกแต่งให้สภาพภูมิทัศน์บริเวณบึงประดิษฐ์ สวยงาม รมรื่น เจริญตา อีกด้วย (สารานุกรมไทย ฉบับเฉลิมพระเกียรติฯ, 2550 : 54 – 55)

ในระบบบึงประดิษฐ์นั้นมีองค์ประกอบของพืช และระยะเวลากักพักชลศาสตร์มีความสำคัญในระบบ ซึ่งทั้งสององค์ประกอบส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด ทั้งนี้การคัดเลือกชนิดของพืชนั้น ควรเป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ได้เป็นอย่างดี

การใช้พืชโผล่พ้นน้ำมาบำบัดน้ำเสีย ถ้ามีการนำพืชที่มีดอกสวยงาม และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจมาเป็นพืชบำบัด นอกจากจะใช้ประโยชน์ในด้านการบำบัดน้ำเสียแล้ว และยังใช้ประโยชน์ในด้านความสวยงามของพืชได้อีกด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกต้นพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษีมาใช้ในการทดลอง เนื่องจากพืชดังกล่าวนิยมปลูกเป็นไม้ประดับทำให้เกิดความสวยงาม และน่าจะมีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำเสียได้ดีเช่นเดียวกับพืชโผล่ พ้นน้ำชนิดอื่น ๆ เพราะลักษณะทั่วไปของพืชทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือ รากฝอยมีลักษณะ แผ่กระจาย เป็นที่ยึดเกาะและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในระบบ มีลำต้นกลวง ทำหน้าที่ในการ ส่งถ่ายก๊าซออกซิเจนลงไปในน้ำ มีใบขนาดใหญ่ ชูตั้งฉากรับแสงได้ดี ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ส่งผลให้พืชมีการดูดซับสารอาหารต่าง ๆ เช่น ธาตุฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ไปใช้ในการเจริญเติบโต ในส่วนของระยะเวลากักพักชลศาสตร์ จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, (2540) กล่าวว่า ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ของบึงประดิษฐ์ ควรอยู่ในช่วง 3-15 วัน และกลไกของการทำงานระบบของบึงประดิษฐ์ต้องอาศัยแสงแดดเป็นตัวช่วยในกระบวนการ การสังเคราะห์แสงของพืช ระบบบึงประดิษฐ์จึงจะมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้ง เพื่อลดปริมาณความสกปรกของน้ำ เช่น บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โลหะหนัก และแบคทีเรีย ก่อนระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

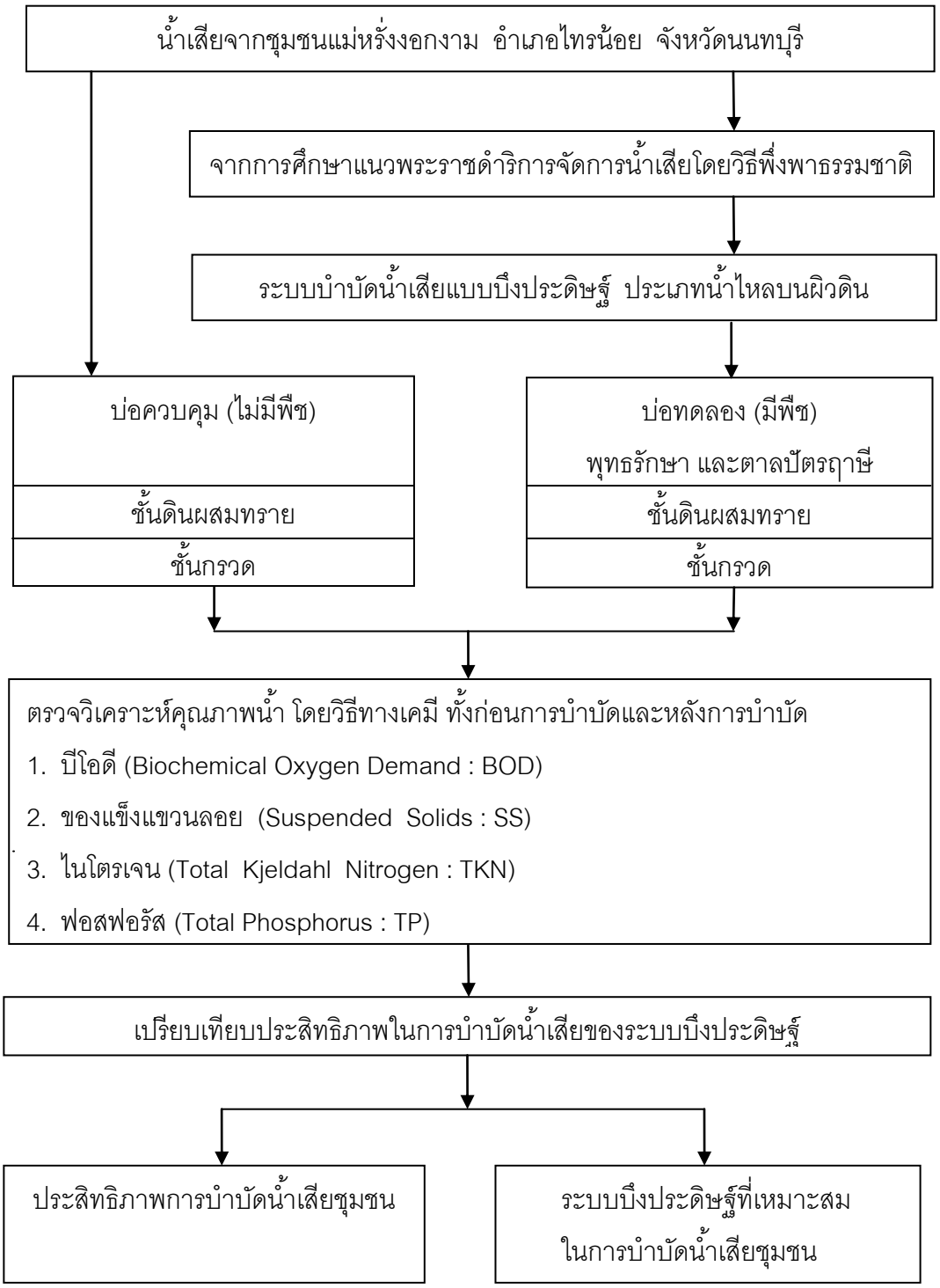
ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ ด้วยการใช้พืชจำนวน 2 ชนิด คือ พุทธรักษาดอกสีแดง และตาลปัตรฤาษี นำมาปลูกรวมกันในการลดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand :BOD),ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids:SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP) ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน เพื่อที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนให้มีคุณภาพสูงขึ้น

1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของขบวนการบำบัดน้ำเสีย



แผนภูมิที่ 1.1 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของขบวนการบำบัดน้ำเสีย

1.3 กรอบแนวคิดในการศึกษา



แผนภูมิที่ 1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดในการปรับปรุงขบวนการบำบัดน้ำเสีย

1.4 วัตถุประสงค์การศึกษา

1.4.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี

1.4.2 ระบบบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 ดำเนินการการวิจัยในห้องปฏิบัติการทางเคมี ณ ห้องปฏิบัติการของบริษัท วอเตอร์ อินเด็กซ์ แอนด์ คอลซัลแทนท์ จำกัด และระบบบำบัดแบบภาคสนาม ณ บ้านเลขที่ 5 หมู่ 3 ตำบลขุนศรี อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

1.5.2 การวิจัยเป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research Design) ทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม

1.5.3 สร้างระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลบนผิวดิน (Free Water Surface Wetland : FWS) ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน

1.5.4 บ่อทดลองสร้างด้วยอิฐบล็อกฉาบปูน ปูด้วยพลาสติกกันซึม ขนาดบ่อทดลองมีความกว้าง 0.5 เมตร ความยาว 2 เมตร และความลึก 0.6 เมตร จำนวน 2 บ่อ

1.5.5 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียชุมชนแม่หรั่งงอกงาม หมู่ที่ 5 ตำบลราษฎร์นิยม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

1.5.6 ใช้พืช 2 ชนิด ได้แก่ ต้นพุทธรักษา และต้นตาลปัตรฤาษี

1.5.7 ศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี

1.6.2 ระบบบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

1.7 นิยามศัพท์

1) ประสิทธิภาพการบำบัด หมายถึงความสามารถในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบบึงประดิษฐ์

2) ระบบบึงประดิษฐ์ หมายถึง พื้นที่ที่ปลูกต้นพุทธรักษารวมกับต้นตาลปัตรฤาษีเพื่อการบำบัดน้ำเสีย โดยให้น้ำไหลผ่านลำต้นในพื้นที่ ตามระยะเวลากักพักชลศาสตร์

3) น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสีย ที่ผ่านการใช้ประโยชน์มาแล้วจากบ้านเรือนหรือจากกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชนแม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

4) ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ หมายถึงระยะเวลาที่น้ำถูกกักพักภายในเวลา 9 วัน ในบ่อทดลองที่มีการไหลอย่างต่อเนื่อง มีค่าเท่ากับปริมาตรต่ออัตราการไหล

5) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ภายใต้สภาวะที่เหมือนธรรมชาติที่สุด ทำการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ (Incubate) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

6) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids :SS) หมายถึง ของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำและมองด้วยตาเปล่าเห็น เช่น ตะกอนเม็ดใหญ่ๆที่อยู่ในน้ำเสีย หรือเศษขยะเล็ก ๆ ก็ถือว่าเป็นของแข็งแขวนลอยเช่นกันมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

7) ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) หมายถึง สารประกอบไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนีย และอินทรีย์ไนโตรเจน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

8) ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus :TP) หมายถึง ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของฟอสเฟตทั้งละลายและไม่ละลายน้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้เรื่องต่าง ๆ หลายเรื่องซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ประกอบการพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน จึงกำหนดหัวข้อความรู้ใหญ่ ๆ ไว้ 8 หัวข้อ คือ

2.1 ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม

2.2 น้ำเสีย

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

2.4 วัสดุชั้นกรองที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์

2.5 พืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์

2.6 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.7 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม

2.1.1 นิยามและความหมายชุมชน

จีรพรรณ กาญจนจินตรา (2539 : 1) กล่าวว่า ชุมชน หมายถึง กลุ่มบุคคลหลายๆ กลุ่มมารวมกันอยู่ภายในอาณาเขตและภายใต้กฎหมายหรือข้อบังคับเดียวกัน มีการปะทะสังสรรค์กัน มีความสนใจร่วมกัน และมีผลประโยชน์คล้าย ๆ กันและมีแนวพฤติกรรมเป็นอย่างเดียวกัน เช่น ภาษาพูด ขนบธรรมเนียมประเพณี หรือ มีวัฒนธรรมร่วมกันนั่นเอง ถ้าจะแยกองค์ประกอบของชุมชนให้เห็นชัดเจนคือ คน (People) ความสนใจร่วมกัน (Common Interest) อาณาบริเวณ (Area) การปฏิบัติต่อกัน (Interaction) ความสัมพันธ์ของสมาชิก (Relationship)

โรเบิต เอ็ม แม็คไอเวอร์ ให้ความหมายไว้ในหนังสือ Society,Its Structure and changes ว่า ชุมชนคือ กลุ่มชนที่อยู่รวมกัน และสมาชิกทุกคน ได้ให้ความสนใจ ในเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชุมชนนั้นร่วมกัน มิเพียงแต่ให้ความสนใจอย่างใดอย่างหนึ่งเฉพาะ แต่ให้ความสนใจโดยทั่วไป ซึ่งมีขอบเขตมากพอที่จะอยู่ร่วมกันในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้

ชุมชนนั้นอาจหมายถึง การอยู่รวมกันอย่างง่าย ๆ เช่น หมู่บ้านหนึ่ง ชนเผ่าหนึ่ง หรือการอยู่ร่วมกันขนาดใหญ่ เช่น เมืองหนึ่งหรือประเทศหนึ่ง (ไพรัตน์ เดชะรินทร์, : 2544 : 1 –2)

พระราชบัญญัติสภาองค์กรชุมชน (2551 : 21) “ชุมชน” หมายความว่า กลุ่มประชาชนที่รวมตัวกันโดยมีผลประโยชน์และวัตถุประสงค์ร่วมกันเพื่อช่วยเหลือหรือสนับสนุนกัน หรือทำกิจกรรมอันชอบด้วยกฎหมายและศีลธรรมร่วมกัน หรือดำเนินการอื่นอันเป็นประโยชน์ร่วมกันของสมาชิกมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องและมีระบบบริหารจัดการและการแสดงเจตนาแทนกลุ่มได้

กล่าวโดยสรุปแล้ว ความหมายของ ชุมชน หมายถึง หมู่ชน กลุ่มคนที่มาอยู่รวมกันเป็นสังคม ซึ่งมีขอบเขตของการปกครองที่กำหนดไว้ตั้งแต่ จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน ตามกฎหมายหรือข้อบังคับเดียวกัน เช่น มีวิถีการดำเนินชีวิตคล้ายกัน มีความรู้สึกเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกันอยู่ภายใต้กฎระเบียบกฎเกณฑ์เดียวกัน

ราชบัณฑิตยสถานได้อธิบายถึงขนาดของชุมชนไว้ดังนี้

1) ชุมชนขนาดเล็ก (Small community) คือ ชุมชนที่มีจำนวนประชากรอาศัยอยู่ไม่เกิน 500 คน

2) ชุมชนขนาดกลาง (Medium-sized communities) คือ ชุมชนที่มีจำนวนประชากรอาศัยอยู่ตั้งแต่ 500 คน แต่ไม่เกิน 1,000 คน

3) ชุมชนขนาดใหญ่ (The larger community) คือ ชุมชนที่มีจำนวนประชากรอาศัยอยู่ตั้งแต่ 1,000 คนขึ้นไป (ราชบัณฑิตยสถาน, 2545 : 273)

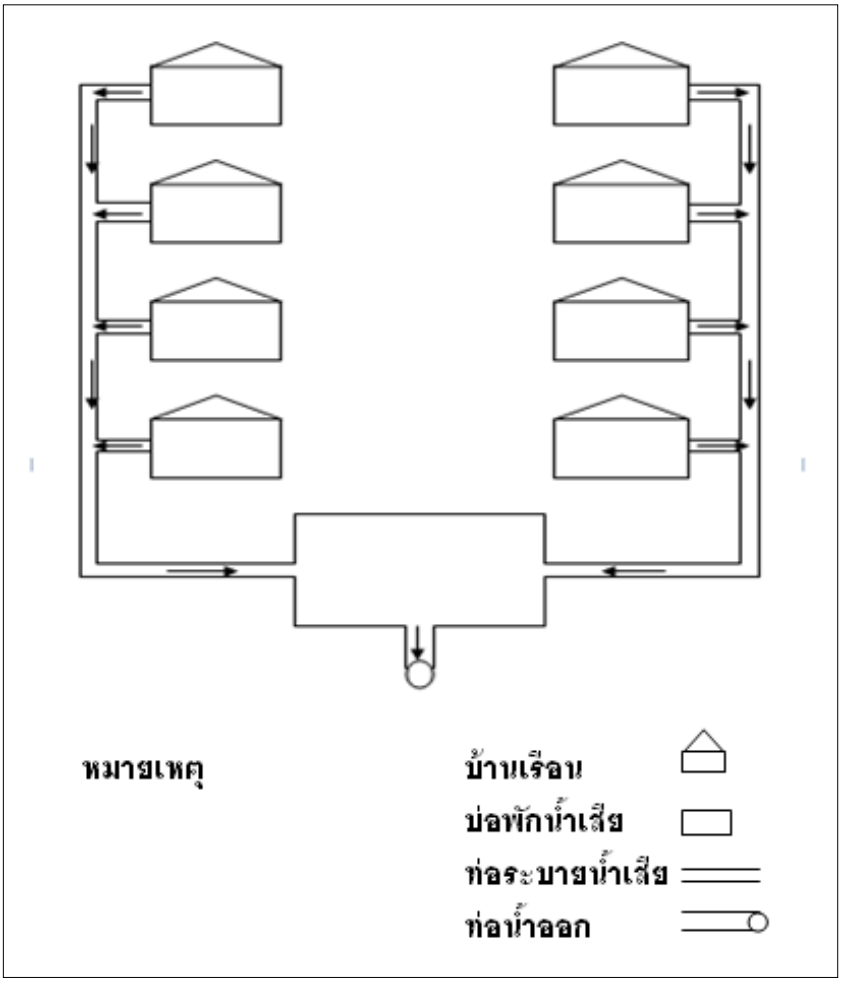
ชุมชนในการวิจัยครั้งนี้ คือชุมชนแม่หรั่งงอกงาม ตั้งอยู่ หมู่ที่ 5 ตำบลราษฎร์นิยม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นชุมชนขนาดเล็กสภาพบ้านเรือนของชุมชนเป็นแบบบ้านเดี่ยวปลูกสร้างถาวร มีจำนวนประชากรอาศัยอยู่โดยเฉลี่ย 270 คน มีจำนวนครัวเรือนที่ตั้งอยู่ในชุมชนทั้งสิ้น 65 ครัวเรือน และมีเนื้อที่ทั้งหมด 12 ไร่

2.1.2 บริบทของชุมชนแม่หรั่งงอกงาม

ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ.2533 โดยนางหรั่งงอกงาม ได้บริจาคที่ดิน ซึ่งติดกับคลองลากค้อน หมู่ 5 ตำบลราษฎร์นิยม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 12 ไร่ ให้กับทางวัดเนกขัมมาราม ซึ่งทางวัดได้ให้ประชาชน มาตั้งบ้านเรือนอาศัยอยู่ จนเกิดเป็นชุมชน จึงนำชื่อของนางหรั่งงอกงาม มาตั้งเป็นชื่อชุมชน ว่า “ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม” เป็นต้นมา

2.1.3 **สภาพทั่วไป**

มีเนื้อที่ทั้งหมด 12 ไร่ สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม พื้นที่ส่วนใหญ่ทำเกษตรกรรม จำนวนประชากรในพื้นที่ชุมชนมี 270 คน และจำนวนหลังคาเรือน 65 ครัวเรือน สภาพบ้านเรือนของชุมชนเป็นแบบบ้านเดี่ยว ปลูกสร้างถาวร และทางด้านการระบายน้ำเสียของชุมชน แต่ละบ้านจะมีท่อระบายน้ำเสีย มายังระบบท่อระบายน้ำเสียของชุมชน โดยจะรวบรวมน้ำเสียของทุกบ้าน แล้วระบายไปยังบ่อพักน้ำเสีย และสุดท้ายระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังภาพประกอบที่ 2.1



ภาพประกอบที่ 2.1 แผนผังแสดงการระบายน้ำเสียของชุมชนแม่หรั่งงอกงาม

2.1.4 **อาณาเขต**

ทิศเหนือ ติดกับ คลองลากค้อน

ทิศใต้ ติดกับ สวนผลไม้

ทิศตะวันออก ติดกับ นาข้าว

ทิศตะวันตก ติดกับ นาข้าว

2.1.5 **สภาพเศรษฐกิจ**

ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบเหมาะสำหรับการทำการเกษตร เช่น ทำนา ทำสวน ส่วนอาชีพค้าขาย รับราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ พนักงานบริษัทเอกชน เป็นอาชีพที่สำคัญรองลงมา โดยรายได้เฉลี่ยของประชาชนประมาณ 35,000 ต่อคนต่อปี

2.1.6 **สถานที่สำคัญ**

1) วัดเนกขัมมาราม

2) โรงเรียนวัดเนกขัมมาราม

3) อนามัยคลองลากค้อน

2.1.7 **การมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนแม่หรั่งงอกงาม**

ประชาชนในชุมชนแม่หรั่งงอกงาม ได้รับข้อมูลข่าวสารได้หลากหลายทาง หากเป็นเรื่องสำคัญ เช่น แจ้งการนัดประชุมวาระสำคัญ ๆ หรือเรื่องที่เกี่ยวกับสิทธิประโยชน์ของคนในชุมชน ทางผู้นำชุมชนจะใช้วิธีการออกหนังสือแจ้งประชาชนทุกครัวเรือนหากเป็นเรื่องทั่วๆไป จะใช้วิธีการแจ้งข้อมูลข่าวสารผ่านหอกระจายข่าวชุมชน เพื่อแจ้งลูกบ้าน ในส่วนการรวมกลุ่มของประชาชน เพื่อทำกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม ประชาชนในชุมชนนี้ มีการรวมกลุ่มกันเพื่อทำกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม เช่น เก็บขยะ ปลูกต้นไม้ ตัดหญ้าริมถนน เป็นต้น ภายใต้การสนับสนุนด้านต่าง ๆ ขององค์การบริหารส่วนตำบลราษฎร์นิยม

2.2 น้ำเสีย (Wastewater)

2.2.1 นิยามและความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสียเป็นปัญหาที่มีความรุนแรงมากในปัจจุบัน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการใช้น้ำต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรม ในครัวเรือน โดยเฉพาะชุมชนเมืองที่มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก เป็นต้น ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของน้ำเสียไว้หลายความหมายดังนี้พัฒนา

มูลพฤกษ์ (2539 : 75) กล่าวว่า น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545 : 5-1) กล่าวว่า น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆแก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2542 : 1) ได้อธิบายว่า น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมตามธรรมชาติมักจะผ่านการใช้งานมาแล้วโดยสิ่งปฏิกูลที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำเจือปนอยู่ เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารเคมีที่เป็นพิษ สารที่ทำให้เกิดฟอง กรด ด่าง น้ำร้อน สารแขวนลอย สีและจุลินทรีย์ เป็นต้น

เกษม จันทร์แก้ว (2541 : 503) กล่าวว่า น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อน สารเคมีที่เป็นพิษหรือมีสัดส่วนขององค์ประกอบผิดไปจากธรรมชาติจนมีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์และพืช

จากความหมายข้างต้นสามารถ สรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านกระบวนการใช้จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ มีการปนเปื้อนมลสารต่างๆ เช่นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จนมีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์และพืช และไม่สามารถนำกลับ ไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้อีก เว้นเสียแต่ว่าจะได้ผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสมเสียก่อน

2.2.2 ลักษณะของน้ำเสีย

กรมควบคุมมลพิษ อธิบายถึงลักษณะของน้ำเสียทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ไว้ดังนี้

2.2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Characteristics)

คุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย อุณหภูมิ สี ของแข็ง กลิ่น และสารแขวนลอย คุณสมบัติเหล่านี้อาจนำเอามาออกแบบและวัดความผิดปรกติของระบบยังมีผล ต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์น้ำอีกด้วยอุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการบำบัดอุณหภูมิจะช่วยให้เกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น แต่ต้องไม่สูงเกินขีดจำกัด เช่น น้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส จะทำให้พืชและสัตว์น้ำ ลำคลองตายได้ ทำให้เกิดผลกระทบ ที่มีต่อสัตว์น้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า ได้แก่ กุ้ง หอย ปู ปลา เป็นต้น เมื่ออาหารของสัตว์เหล่านี้ ลดน้อยลง กุ้ง หอย ปู ปลา จะมีปริมาณน้อยลงตามไปด้วยนั่นย่อม หมายถึง ห่วงโซ่อาหารของคนถูกรบกวน เป็นสาเหตุให้อาหารประเภทนี้แพงขึ้นด้วย

สี (Color) สีที่เกิดขึ้นในน้ำเสียนั้นมักถูกนำมาใช้บอกสภาวะของน้ำเสียว่าน้ำเสียในขณะนั้นๆ เป็นอย่างไรถ้าเป็นน้ำเสียจากชุมชน ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือน สำนักงาน สถานที่ประกอบธุรกิจการค้า เป็นต้น เมื่อน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดในระยะแรก อาจมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อน ๆ และเมื่อทิ้งระยะเวลานานโดยไม่ได้ถูกนำไปทำการบำบัดจะทำให้กลายเป็นสีเทาหรือสีเทาเข้มและในที่สุดก็จะกลายเป็นสีดำอันเนื่องมาจากพวกซัลไฟด์ของโลหะซึ่งเกิดการที่ซัลไฟด์ ซึ่งถูกสร้างขึ้นสภาวะขาดแก๊สออกซิเจนได้ทำปฏิกิริยากับพวกโลหะที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย ถ้าหากมีการปล่อยน้ำที่มีสีเทา หรือ สีดำหรือสีอื่นๆลงสู่แหล่งน้ำย่อมทำให้เป็นที่น่ารังเกียจ ต่อการที่จะใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ

ของแข็งในน้ำ (Total Solids) หมายถึง ปริมาณของแข็งหรือสารทั้งหมดที่หาได้จากปริมาณของสารที่อยู่ในน้ำได้จากการระเหยของไอน้ำจนหมดที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส และอบให้แห้งซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดที่อยู่น้ำเสียนี้อาจมีอยู่หลายลักษณะ ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS) เป็นส่วนของแข็งที่ค้างบนกระดาษกรองหลังจากกรองน้ำตัวอย่างปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำตัวอย่างที่ได้กำจัดสารแขวนลอยออกแล้วจะใช้ในการหาปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ของแข็งที่ระเหยง่าย (Volatile Solids : VS) เป็นของแข็งส่วนที่เป็นสารอินทรีย์

กลิ่น (Odor) น้ำเสียที่ปล่อยออกมาในระยะแรกๆ จะมีกลิ่นเหม็นอับ และเมื่อถูกปล่อยออกมาเป็นระยะเวลานานโดยไม่ได้ถูกนำไปบำบัดจะทำให้เกิดพวกซัลไฟด์

เนื่องมาจากการที่พวกซัลไฟด์ถูกรีดิวซ์ภายใต้สภาวะขาดออกซิเจนในน้ำทำให้น้ำเสียมีกลิ่นเหม็นเป็นที่น่ารังเกียจ นอกจากนี้ในการประกอบอุตสาหกรรมบางอย่างทำให้เกิดกลิ่นปนเปื้อนออกมากับน้ำเสีย ได้แก่ การอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น อุตสาหกรรมเหล่านี้อาจทำให้น้ำเสียมีกลิ่นเหม็น เช่น ฟีนอล แอมโมเนีย ซัลไฟด์ และไซยาไนด์

2.2.2.2 **ลักษณะทางเคมี** (Chemical Characteristics of Wastewater)

ลักษณะน้ำเสียทางเคมีจะประกอบด้วยเชิงทางอินทรียสารและทางอนินทรียสาร สำหรับลักษณะทางเคมีของน้ำเสียจากบ้านเรือนต่างๆ อธิบายได้ ดังนี้

สารอินทรีย์ (Organic substance) หมายถึง สารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน และอนุพันธ์ของมันมักมีออกซิเจนไนโตรเจนและธาตุอื่นๆ ประกอบอยู่ด้วย โมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ความซับซ้อนและมีจำนวนมากโดยปรกติแล้วไม่แตกตัวเป็นไอออนในสารละลายส่วนใหญ่ได้จากพืชและสัตว์และอาจเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การสังเคราะห์สารประกอบสารอินทรีย์ สารอินทรีย์ที่มักพบในน้ำเสียมีหลายประเภทดังนั้น วิธีวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ที่นิยมใช้อยู่มี 3 วิธี คือ

1) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) เป็นปริมาณออกซิเจน ที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยพวกแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในระยะ 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่สูงจะมีความสกปรกสูงแต่ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่ามีความสกปรกน้อยและเป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ (เศษอาหารและสิ่งปฏิกูล) ที่มีอยู่ในน้ำเสียสารอินทรีย์ นอกจากจะเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์แล้วยังเป็นตัวที่ทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดน้อยลงเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์หลายประเภทในน้ำ

2) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD) เป็นค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชั่น (Oxidation) เพื่อสลายหรือเปลี่ยนแปลงสภาพของสิ่งสกปรกในน้ำเสียทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้สารเคมีพวกสารออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) เป็นตัวทำปฏิกิริยาค่าซีโอดี มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

3) ทีโอซี (Total Organic Carbon : TOC) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ ในน้ำ ประกอบด้วยสารอินทรีย์คาร์บอน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตในน้ำและสารอินทรีย์คาร์บอน หลักการวิเคราะห์ค่าทีโอซี คือ การออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนสภาพ

สารอนินทรีย์ที่ปนอยู่ในน้ำเสียอาจมีแหล่งกำเนิดมาจากบ้านเรือน อุตสาหกรรม หรือเกษตรกรรม สารอินทรีย์บางอย่างถ้ามีปริมาณไม่มากนักอาจเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการศึกษาทางด้านสารอนินทรีย์มีดังนี้

1) ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นการวัดความเข้มข้นของธาตุไฮโดรเจน (H) ที่มีอยู่ในน้ำเสียไม่มีหน่วยแต่มีค่าตั้งแต่ 1-14 น้ำเสียที่เป็นกลางจะมีค่า pH เท่ากับ 7 ซึ่ง pH มีความสำคัญมากต่อระบบบำบัดทางชีวภาพเพราะจุลินทรีย์ในระบบบำบัดจะทำงานได้ดีในช่วง 6.8-8 น้ำเสียชุมชนจะมีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลางไม่เหมือนกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามประเภทความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง ปริมาณด่างที่มีอยู่ในน้ำเสีย โดยทั่วไปเป็นผลมาจากไฮดรอกไซด์ ไบคาร์บอน และคาร์บอเนต ค่าความเป็นด่างจะมีความสัมพันธ์กับค่า pH และประโยชน์ต่อการบำบัดน้ำ

2) ไนโตรเจน เป็นสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตต้องการใช้ในการดำรงชีวิต อยู่ในน้ำเสียที่มีไนโตรเจนอยู่หลายรูปแบบ คือ ในรูปของสารอินทรีย์ แอมโมเนีย ไนไตรท์ไนเตรต การที่เราตรวจพบว่าน้ำเสียมีไนโตรเจนในรูปแบบใดจะสามารถบอกให้ทราบว่าน้ำเสียนั้นใหม่หรือเก่า น้ำเสียชุมชน ที่เกิดขึ้นใหม่จะมีค่าไนโตรเจนในรูปของอินทรีย์ประมาณ 20-25 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าเป็นน้ำเสียเก่า จะมีค่าไนโตรเจนสูง เป็นต้น

3) ฟอสฟอรัส เป็นสารอาหารเช่นเดียวกันหากน้ำผิวดินมีค่าฟอสฟอรัสสูง จะทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นเป็นจำนวนมาก ฟอสฟอรัสมีอยู่หลายรูปแบบเช่นเดียวกับไนโตรเจน คือมีค่าฟอสฟอรัสประมาณ 2 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

4) โลหะหนัก โลหะหนักที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียนั้นบางตัวมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่มีส่วนช่วยในการบำบัดน้ำเสีย ถ้าหากโลหะหนักมีปริมาณไม่มากนัก ได้แก่ ทองแดง ปรอท สังกะสี เป็นต้น แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปก็อาจเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ช่วยในการบำบัดน้ำเสียและอันตรายต่อการที่จะนำน้ำนั้นมาบริโภค อุปโภคหรือการนำมาใช้ประโยชน์อื่นๆ

2.2.2.3 **ลักษณะทางชีวภาพ** (Biological Characteristics)

คุณลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพก็พิจารณาตามสิ่งมีชีวิตที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำและน้ำเสีย

1) แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ที่เป็นเซลล์แบบโปรคาริโอต (Prokariotic cell) พบทั่วไปในธรรมชาติ ดิน น้ำ อากาศ และเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญที่สุด เพราะถือเป็นผู้ย่อยสลาย (Decomposer) ในระบบนิเวศจะช่วยย่อยสลาย

สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ น้ำเสีย และในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพนั้นต้องอาศัยแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่

2) รา (Fungi) เป็นเซลล์ยูคาริโอตที่ต้องการใช้ออกซิเจน มีหลายเซลล์ ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งของพลังงาน รา มีบทบาทที่สำคัญที่ช่วยย่อยเซลลูโลส จึงมีความสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ถ้าปราศจากราในการย่อยสลสารอินทรีย์แล้วจะทำให้วัฏจักรของคาร์บอนต้องหยุดชะงักลงและทำให้สารอินทรีย์เพิ่มปริมาณมากขึ้น รามีความต้องการไนโตรเจนน้อยกว่าแบคทีเรียประมาณครึ่งหนึ่ง ราอาจถูกจำแนกชนิดตามการสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ

3) สาหร่าย (Algae) เป็นเซลล์ยูคาริโอตชนิดหนึ่ง มีทั้งเซลล์เดียวและหลายเซลล์ มีลักษณะคล้ายพืช เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์และผนังเซลล์เช่นเดียวกับพืช สามารถสร้างออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งทำให้มีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เพราะถือว่าเป็นผู้ผลิต (Producer) เบื้องต้นและมีความสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบผันสภาพ (Stabilization Pond) ชนิดที่ต้องการให้มีสภาวะที่มีออกซิเจนอิสระในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Aerobic Pond) และนอกจากนี้สาหร่ายที่เกิดในแหล่งน้ำเป็นอาหารของปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ

4) โปรโตซัว (Protozoa) เป็นเซลล์พวกยูคาริโอตไม่มีผนังเซลล์ มีเซลล์เดียวที่มีลักษณะคล้ายสัตว์ มีบทบาทสำคัญในแหล่งน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพและการกระทำตัวเป็นผู้บริโภคในระบบนิเวศโดยการกินแบคทีเรีย อนุภาคสารอินทรีย์และจุลินทรีย์อื่นๆ ทำให้จุลินทรีย์ในแหล่งน้ำและระบบบำบัดเสียเกิดความสมดุล โปรโตซัวทำหน้าที่เป็นผู้ปรับแต่งน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

5) โรติเฟอร์ (Rotifers) เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ มีหลายเซลล์ดำรงชีพอยู่ในสภาวะออกซิเจนอิสระ มีประสิทธิภาพสูงในการกินแบคทีเรีย ทั้งที่กระจายและรวมตัวเป็นก้อนหรืออนุภาคสารอินทรีย์ขนาดเล็ก ดังนั้นถ้าพบโรติเฟอร์ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ใช้ออกซิเจนอิสระ แสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวมีประสิทธิภาพดี (กรมควบคุมมลพิษ, 2535 : 2-5)

2.2.3 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539 : 442) กล่าวว่า แหล่งกำเนิดปัญหามลพิษทางน้ำหมายถึง ผู้ที่ทำให้มีการปนเปื้อนมลสาร โดยการปล่อยน้ำทิ้ง (Effuent) การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ โดยตรง การปล่อยน้ำเสียจากบ่อส้วม การทิ้งขยะมูลฝอย การชะล้างพังทลายของดินเหล่านี้

ล้วนก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำทั้งสิ้น ทำให้องค์ประกอบของน้ำผิดไปจากธรรมชาติ มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์และพืช

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2539 : 119) ได้กล่าวถึงแหล่งที่มาของมลพิษทางน้ำ โดยจำแนกประเภทของมลพิษทางน้ำตามแหล่งที่มาของสารพิษได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.2.3.1 **น้ำเสียจากอุตสาหกรรม** (Industrial Wastewater)

น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท เช่น น้ำเสียจากกระบวนการผลิต เช่น ล้างวัตถุดิบ การทำความสะอาดเครื่องจักร หรือ การทำความสะอาดโรงงาน เป็นต้น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามประเภทของกิจการ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ระบบควบคุมและบำรุงรักษา อาจกล่าวรวมได้ว่าน้ำเสียอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ที่ปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำและทำให้เกิดปัญหามลพิษขึ้นหลายแห่งทั่วโลก มีผู้ประเมินไว้ว่าน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเพียงโรงงานเดียวเทียบได้เท่ากับ น้ำเสียจากเมืองเล็กๆ ที่มีประชากรประมาณ 100,000 คน

2.2.3.2 **น้ำเสียจากเกษตรกรรม** (Agricultural Wastewater)

น้ำเสียจากเกษตรกรรม ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ จากการเกษตรกรรมรวมทั้งการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียประเภทนี้จะมีสิ่งเจือปนอยู่ในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ การใช้ปุ๋ยและสารเคมีต่าง ๆ ถ้าหากเป็นน้ำเสียจากพื้นที่เพาะปลูกจะพบสารอาหารจำพวก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพเทสเซียม และสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณสูง แต่ถ้าเป็นน้ำเสียจากกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์จะพบสิ่งปฏิกูลในรูปของสารอินทรีย์เสียเป็นส่วนใหญ่

2.2.3.3 **น้ำเสียจากชุมชน** (Domestic Wastewater)

กล่าวน้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการ ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ และระบายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำ แหล่งรองรับน้ำเสียหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่ได้ผ่านการบำบัดให้มีลักษณะดีขึ้นก่อน ซึ่งทำให้คุณภาพแหล่งน้ำมีความเสื่อมโทรมและเน่าเสีย ในการฟื้นฟูคุณภาพน้ำจะต้องใช้งบประมาณสูง กิจกรรมที่จัดอยู่ที่ก่อให้เกิดน้ำเสียชุมชน ได้แก่ บ้านเรือน ร้านค้า ตลาดสด โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน สำนักงานเป็นต้น น้ำเสียชุมชนมักมี สิ่งสกปรกเจือปนในรูปสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยทั่วไปน้ำเสียจากชุมชนที่ปล่อยน้ำทิ้งออกมาจะมีสีเทาและกลิ่นเหม็น หลังจากที่ก๊าซออกซิเจนละลายน้ำถูกจุลินทรีย์ใช้ไปในการย่อยสลายทางชีวภาพ สีของน้ำจะเปลี่ยนไปเป็นสีดำและมีก๊าซไข่เน่าเกิดขึ้น

ทานตะวัน กิริมิตร อ้างถึง กรมควบคุมมลพิษ (2553 : 9) ได้ให้ความหมายน้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียจากบ้านพักอาศัยขนาดต่าง ๆ โรงแรม ตลาด รวมทั้งสำนักงานและสถานที่ทำงาน น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแล้ว น้ำเสียชุมชนต่าง ๆ จะมีคุณลักษณะที่ไม่แตกต่างกันมาก ส่วนใหญ่ความสกปรกเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร จากการล้างจานและภาชนะ หรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่าง ๆ ที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า รถ บ้านเรือน ฯลฯ

จากความหมายข้างต้นสามารถ สรุปได้ว่า น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ ในกิจกรรมต่าง ๆ และระบายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำ แหล่งรองรับน้ำเสีย หรือแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่ได้ผ่านการบำบัดให้มีลักษณะที่ดีขึ้นหรือสะอาดขึ้นก่อน ซึ่งทำให้แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและเน่าเสียในที่สุด

2.2.4 ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต กล่าวว่า การเกิดมลภาวะน้ำเสียหรือมลพิษทางน้ำเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่ง ที่ทำให้เกิดผลกระทบหรือความเสียหายต่อคุณค่าทรัพยากรและคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งทรัพยากรน้ำและย่อมส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งผลกระทบดังกล่าว ได้แก่

2.2.4.1 ผลกระทบต่อการผลิตน้ำเพื่อการบริโภคและการอุตสาหกรรม

เนื่องจากน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ คือแม่น้ำ ลำคลอง เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในแหล่งน้ำ จะทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาเพื่อการบริโภคและค่าใช้จ่ายเพื่อบำรุงเครื่องจักร

2.2.4.2 ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข

น้ำเสีย อาจทำให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและแมลง เนื่องจากมีเชื้อโรคปนเปื้อนติดตามมา แล้วเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้นโดยอาศัยอาหารจากอินทรียสารในน้ำเสีย และเมื่อมีการระบายน้ำโอกาสที่จะแพร่กระจายก็เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การรวบรวมและการกำจัดน้ำเสีย ที่ไม่ถูกต้อง กับหลักสุขาภิบาลจะก่อให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแมลงได้อีกด้วย ในทางสาธารณะสุขได้ใช้แบคทีเรียโคลิฟอร์มเป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำโดยปกติแบคทีเรียชนิดนี้อาศัยอยู่ในลำไส้คนและสัตว์ โดยไม่ก่อให้เกิดโรค แต่ถ้าพบแบคทีเรียชนิดนี้ในแหล่งน้ำจำนวนมากแล้ว แสดงว่าแหล่งน้ำนั้น มีโอกาสจะมีเชื้อโรคบางชนิดที่เป็นอันตรายปะปนอยู่

2.2.4.3 ผลกระทบทางกลิ่น

น้ำเสียทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง ซึ่งกลิ่นเหม็นนี้มาจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ได้ทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์เกิดเป็นก๊าซไข่เน่า

2.2.4.4 ผลกระทบทางด้านความสวยงามและการพักผ่อนหย่อนใจ

เป็นผลกระทบทางอ้อมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพแหล่งน้ำในแหล่งรองรับน้ำเสีย แม้ว่าการพักผ่อนหย่อนใจบางประเภทไม่ต้องการน้ำที่สะอาด แต่ก็ต้องเป็นน้ำ ที่มีคุณภาพที่เหมาะสมการระบายน้ำเสียสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ นั้นเป็นสาเหตุสำคัญ ที่ทำลายความสะอาดหรือความสวยงามตามธรรมชาติของแหล่งน้ำ ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือทำให้ได้รับความรังเกียจ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสี ที่แสดงถึงความสกปรกหรือมีกลิ่นเหม็น

2.2.4.5 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆในชุมชนจำเป็นต้องได้รับการควบคุมดูแลหรือการบำบัดให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ก่อนที่จะมีการระบายลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งเป็นการควบคุมดูแลหรือการบำบัดน้ำจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน จึงถือว่าเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจอีกประการหนึ่ง และยังส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำ เพื่ออุปโภคและภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่คือ แม่น้ำลำคลอง เมื่อเกิดปัญหาน้ำเสียขึ้นในแหล่งน้ำนั้นจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาส่วนใหญ่ด้วยการบริโภค และค่าใช้จ่ายเพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ จะต้องเพิ่มมากขึ้น (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2539 : 173)

2.2.5 ประสิทธิภาพ (Efficiency)

นักวิชาการและนักบริหารหลายท่านได้แสดงทัศนะเกี่ยวกับความหมายของคำว่าประสิทธิภาพ แตกต่างกันออกไป ดังนี้

ประเวศน์ มหารัตน์กุล (2542 : 113-114) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง การใช้คนน้อยกว่างาน แต่สามารถทำงานให้สำเร็จไม่ว่าจะเป็นการบรรลุความสำเร็จในรูปแบบของภารกิจ นโยบาย เป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ ก็แล้วแต่ ผลงานที่สำเร็จได้ใช้คนและทุนพอดีกับงานและยิ่งผลงานที่สำเร็จได้ใช้คนและทุนต่ำมากเท่าใด ยิ่งถือว่าเกิดประสิทธิภาพได้มากเท่านั้น

สวัสดิ์ กาญจนสุวรรณ (2542 : 4) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง การใช้ทรัพยากร และเวลาน้อย แต่งานบรรลุเป้าประสงค์และมีคุณภาพมาก

กฤษฎ์ อุทัยรัตน์ (2545 : 350) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลสัมฤทธิที่บรรลุแล้วโดยการเทียบกับทรัพยากรที่ใช้ไป

ราชบัณฑิตยสถาน (2546 : 667) ได้ให้ความหมายของคำว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เกิดผลในการทำงาน

จากนิยามดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ให้สำเร็จลุล่วงตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

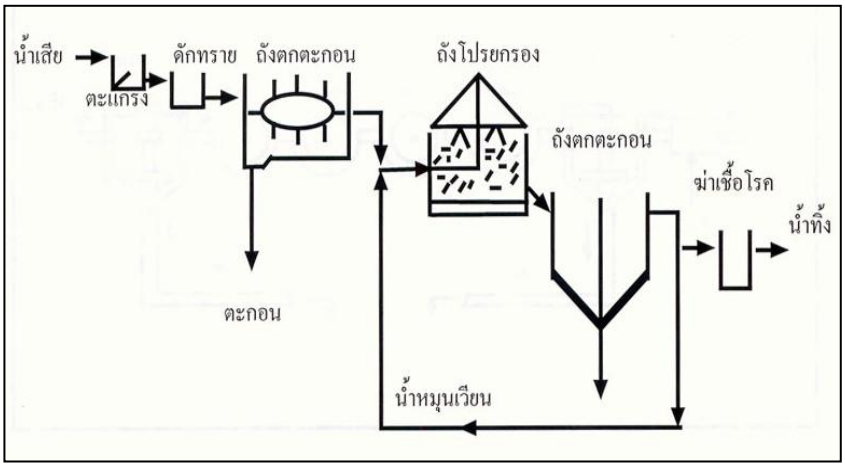
ประสิทธิภาพในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนแม่หรั่งงอกงาม โดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์ ซึ่งคือ ความสามารถในการลดค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) , ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS) , ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP) ในน้ำ

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ เป็นการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนสภาพของของเสียในน้ำ ให้อยู่ในสภาพที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะมลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ เปลี่ยนให้กลายเป็นแก๊ส ทำให้มีกลิ่นเหม็น เป็นต้น ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในการช่วยเปลี่ยนสภาพสิ่งสกปรกในน้ำเสียคือพวกจุลินทรีย์ และระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในประเทศไทยมีดังนี้

2.3.1 ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters : TF)

เป็นระบบที่น้ำเสียถูกฉีดเป็นฝอยตกลงมายังก้อนหินที่เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์อยู่ จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่กับก้อนหินเหล่านี้จะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในน้ำขณะที่น้ำไหลผ่านก้อนหินออกไป ดังภาพประกอบที่ 2.2 การทำน้ำให้เป็นฝอยเพื่อต้องการให้น้ำเสียมีออกซิเจนอย่างเพียงพอที่จะทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนนี้จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งละลายในอากาศออกไป น้ำที่ผ่านออกไปจะไปสู่ถังตกตะกอน คล้ายกับถังในการบำบัดในขั้นที่หนึ่ง สิ่งเจือปนในน้ำเสียประมาณ 85 - 90 % จะถูกทำให้เป็นตะกอน และขจัดออกจากน้ำต่อไป

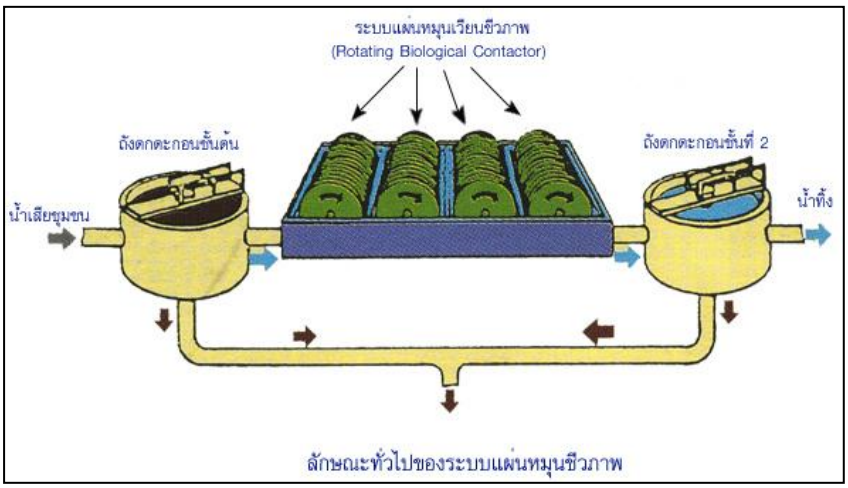


ภาพประกอบที่ 2.2 ระบบโปรยกรอง

ที่มา : องค์การจัดการน้ำเสีย, (2555)

2.3.2 **ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ** (Rotating Biological Contactors : RBC)

ระบบแผ่นหมุนชีวภาพเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางลักษณะทรงกระบอกซึ่งวางจุ่มอยู่ในถังบำบัด ตัวกลางทรงกระบอกนี้จะหมุนอย่างช้า ๆ เมื่อหมุนขึ้น พ้นน้ำและสัมผัสอากาศ จุลินทรีย์ที่อาศัยติดอยู่กับตัวกลางจะใช้ออกซิเจนจากอากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สัมผัสติดตัวกลางขึ้นมา และเมื่อหมุนจมลงก็จะนำน้ำเสียขึ้นมาบำบัดใหม่สลับกันเช่นนี้ตลอดเวลา ดังภาพประกอบที่ 2.3



ภาพประกอบที่ 2.3 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

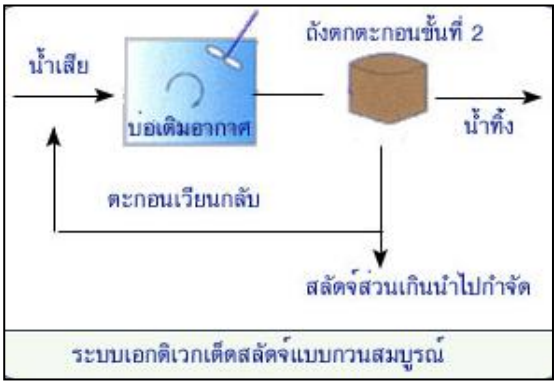
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2.3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process : AS)

เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมี การควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในปัจจุบัน ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mix) ระบบแบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือ ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

2.3.3.1 ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mix : CM)

ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะต้องมีถังเติมอากาศที่สามารถกวนให้น้ำและสลัดจ์ที่อยู่ในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งถัง ระบบแบบนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Shock Load) ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียจะกระจาย ไปทั่วถึง และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในถังเติมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งถัง (Uniform Population) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.4



ภาพประกอบที่ 2.4 ระบบแบบกวนสมบูรณ์

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2.3.3.2 **ระบบแบบปรับเสถียรสัมผัส** (Contact Stabilization Process : CS)

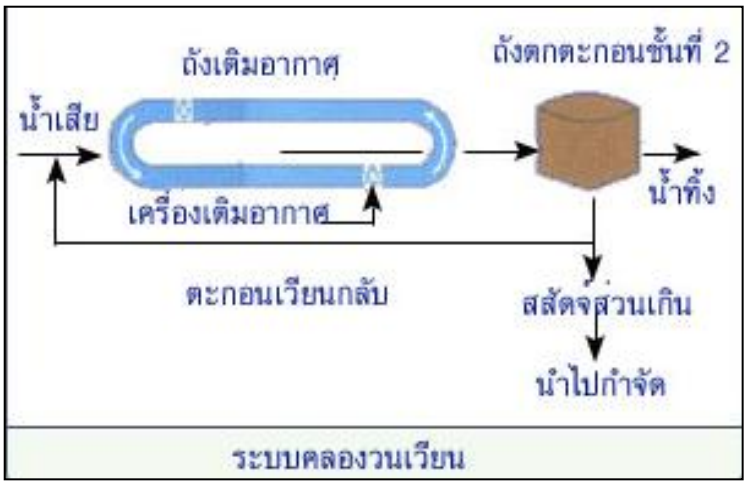
ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน ได้แก่ ถังสัมผัส (Contact Tank) และถังย่อยสลาย (Stabilization Tank) โดยตะกอนที่สูบมาจากก้นถังตกตะกอนขั้นสองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย จากนั้นตะกอนจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในถังสัมผัสนี้ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนขั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส โดยน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ และตะกอนที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปทิ้ง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.5

ภาพประกอบที่ 2.5 **ระบบแบบปรับเสถียรสัมผัส**

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2.3.3.3 **ระบบคลองวนเวียน** (Oxidation Ditch : OD)

เป็นระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ประเภทหนึ่งที่ใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน ก่อนที่จะถูกแยกออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีการตกตะกอน การทำงานของระบบ คลองวนเวียนจะเหมือนกับระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์โดยทั่วไป คือ อาศัยจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จะเป็นสภาวะแอโรบิค โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน เพื่อการเจริญเติบโตในระบบ จากนั้นจึงแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสียที่ผ่านบำบัดแล้ว โดยวิธีการตกตะกอนในถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) เพื่อให้ได้น้ำใส (Supernatant) อยู่ส่วนบนของถังตกตะกอน ซึ่งมีคุณภาพน้ำดีขึ้น และสามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.6



ภาพประกอบที่ 2.6 ระบบคลองวนเวียน

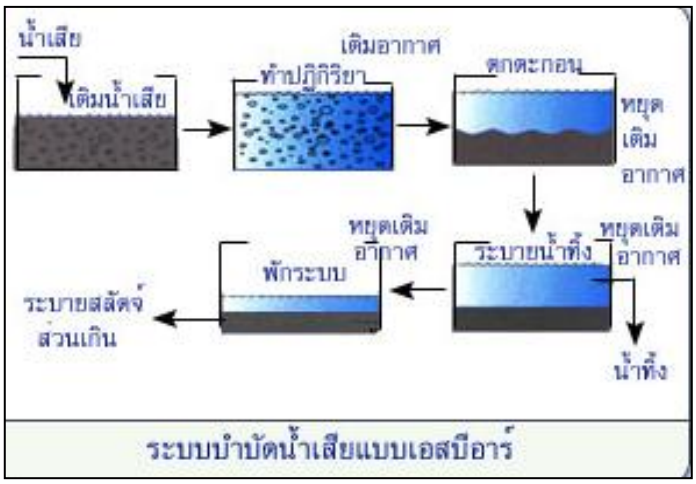
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2.3.3.4 **ระบบเอสบีอาร์** (Sequencing Batch Reactor : SBR)

ลักษณะสำคัญของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ เป็นระบบแอกทิเวเต็ดจ์สลัดจ์ประเภท เติมเข้า-ถ่ายออก (Fill-and-Draw Activated Sludge) โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่น ๆ คือการเติมอากาศ (Aeration) และการตกตะกอน (Sedimentation) จะดำเนินการเป็นไปตามลำดับภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน โดยการเดินระบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ 1 รอบการทำงาน (Cycle) จะมี 5 ช่วง ตามลำดับ ดังนี้

- ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) นำน้ำเสียเข้าระบบ
- ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
- ช่วงตกตะกอน (Settle) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงก้นถังปฏิกิริยา
- ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัด
- ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมหรือรอรับน้ำเสียใหม่

โดยการเดินระบบสามารถเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในแต่ละช่วงได้ง่าย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการบำบัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.7

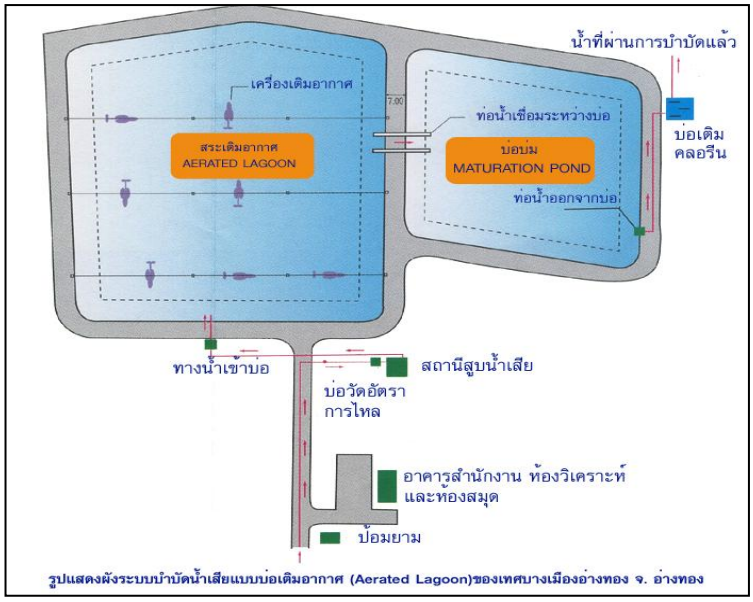


ภาพประกอบที่ 2.7 ระบบ**เอสบีอาร์**

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2.3.4 **ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ** (Aerated Lagoon : AL)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) ได้ร้อยละ 80-95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยมีเครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำ ในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภาย ในบ่อ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.8

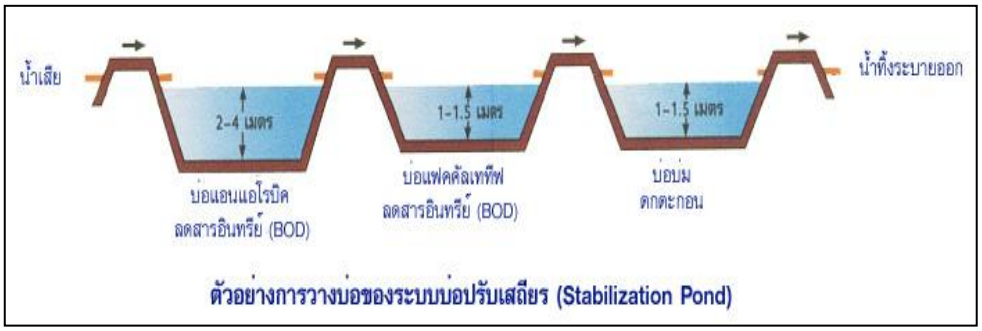


ภาพประกอบที่ 2.8 **ระบบ**บ่อเติมอากาศ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2.3.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond : SP)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) และหากมีบ่อหลายบ่อต่อเนื่องกัน บ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม (Maturation Pond) เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังภาพประกอบที่ 2.9



ภาพประกอบที่ 2.9 ระบบบ่อปรับเสถียร

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2.3.5.1 บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond)

บ่อแอนแอโรบิคเป็นระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง โดยไม่ต้องการออกซิเจน บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถผลิตและป้อนออกซิเจนได้ทัน ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อ จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ ก้นบ่อ และถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค น้ำเสียส่วนที่ผ่านการบำบัดจากบ่อนี้จะระบายต่อไปยัง บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) เพื่อบำบัดต่อไป

2.3.5.2 บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond)

บ่อแฟคคัลเททีฟเป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุด ภายในบ่อมีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนของบ่อเป็นแบบแอโรบิค ได้รับออกซิเจนจากการถ่ายเทอากาศที่บริเวณผิวน้ำและจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพแอนแอโรบิค บ่อแฟคัลเททีฟนี้โดยปกติแล้วจะรับน้ำเสียจากที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อน กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นในบ่อแฟคคัลเททีฟ เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง (Self-Purification)

สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เพื่อเป็นอาหารและสำหรับการ สร้างเซลล์ใหม่และเป็นพลังงาน โดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่อยู่ในบ่อส่วนบน สำหรับบ่อส่วนล่างจนถึงก้นบ่อซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึงจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำจนเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Condition) และมีจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และแปรสภาพเป็นก๊าซเช่นเดียวกับบ่อแอนแอโรบิค แต่ก๊าซ ที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น

2.3.5.3 **บ่อบ่ม** (Maturation Pond)

บ่อบ่มมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดทั้งบ่อ จึงมีความลึกไม่มากและแสงแดดส่องถึงก้นบ่อใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อฟอกน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้นและอาศัยแสงแดดทำลายเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

2.3.6 **ระบบบึงประดิษฐ์** (Constructed Wetland Systems : CW)

บึงประดิษฐ์ในที่นี้หมายถึง บึงที่มีน้ำลึกน้อยกว่า 60 เซนติเมตร ซึ่งเป็นสภาพที่พืชบางชนิดเจริญแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว ส่วนต้นเจริญขึ้นจากพื้นดินใต้น้ำ รากของพืชประเภทนี้ยังคงอยู่ในดินเป็นส่วนมาก พวกรากลำต้น และใบไม้ของพืชชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้พวกจุลินทรีย์ยึดเกาะได้ และยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและเป็นตัวดูดซับสารปนเปื้อนต่างๆในน้ำเสียได้ สามารถทำหน้าที่ถ่ายทอดออกซิเจนลงไปในน้ำได้ และป้องกันการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยทำหน้าที่กั้นบังแสงแดดส่องถึงลงไปในบึงน้ำ เมื่อพิจารณาประเภทของบึงจะมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ บึงธรรมชาติและบึงประดิษฐ์ โดยที่บึงธรรมชาติจะเป็นแหล่งรองรับน้ำทั่วไปอยู่แล้ว และเป็นแหล่งธรรมชาติที่สำคัญสิ่งหนึ่ง จึงไม่ควรที่จะนำบึงธรรมชาติมาเพื่อการบำบัดน้ำเสียเป็นหน้าที่โดยตรง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 408)

ดังนั้น จึงเลือกระบบบึงประดิษฐ์ มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพราะเป็นระบบที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าการปนเปื้อนของของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับว่าเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก ดูแลรักษาระบบได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ยุ่งยาก

2.3.6.1 ประเภทของระบบบึงประดิษฐ์

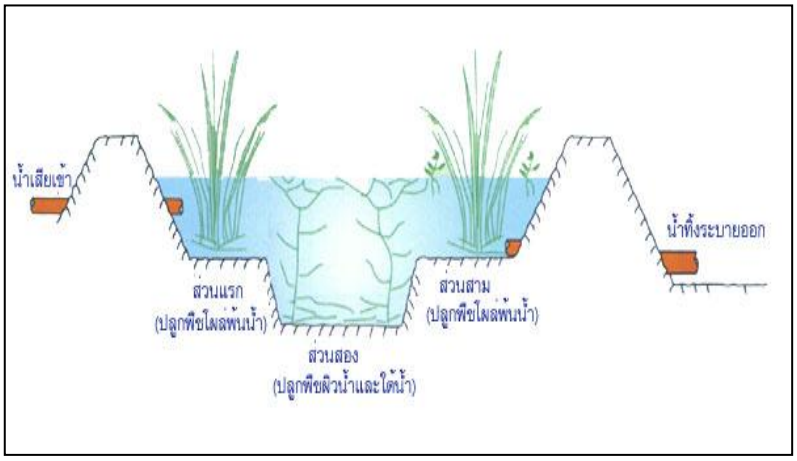
วิธีบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ

1) แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface Systems : FWS)

ลักษณะบ่อคล้ายพื้นที่ธรรมชาติ ซึ่งระบบแบ่งย่อยออกเป็น 2 แบบ คือ แบบน้ำตื้น -น้ำลึก-น้ำตื้น สลับกัน

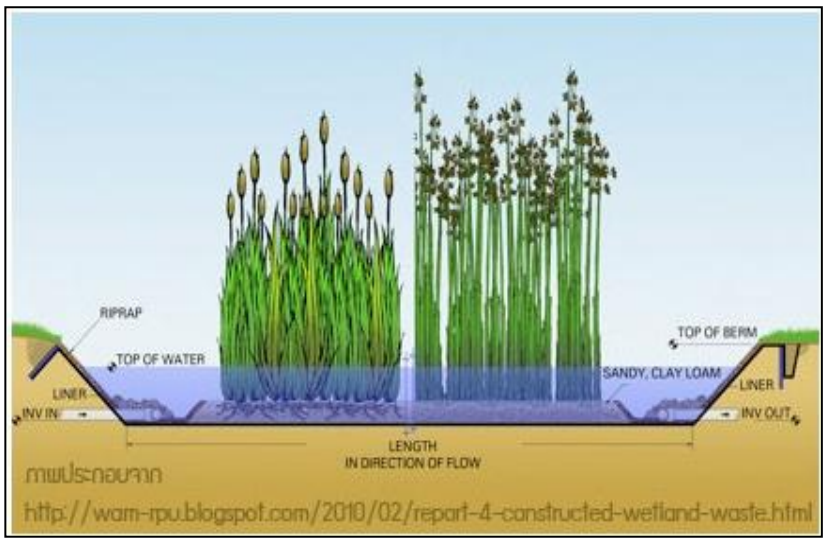
บ่อส่วนตื้น (Marsh) ส่วนแรก ควบคุมระดับความลึกของน้ำให้อยู่ในช่วง 10 -20 เซนติเมตร แต่ไม่ควรเกิน 30 เซนติเมตร ความลาดเอียง 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Hammer. 1989) โดยมีพืชจำพวกหยั่งรากน้ำตื้นและทนน้ำเช่น กกกลม (C. Corymbosus) ธูปฤาษี (T. Angustifolia) อ้อ (Phragmites Australis Trin.ex Steud) (Hammer, 1989) เป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศน์ ทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสีย สามารถลดค่า ของแข็งแขวนลอย โลหะ เชื้อโรค ซึ่งสามารถลดค่าความสกปรกในรูปของบีโอดี และซีโอดีได้ถึง 87-99 เปอร์เซ็นต์ และ 94-99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และสามารถลดไนโตรเจนได้ 95 เปอร์เซ็นต์ (Huddleston 2000 : 188 – 193) โดยกระบวนการ ทางชีวภาพ และกายภาพเคมี บ่อส่วนลึก (Pond) ควบคุมระดับความลึกของน้ำให้อยู่ในช่วง 80 -100 เซนติเมตร แต่ไม่ควรเกิน 120 เซนติเมตร บ่อนี้จะเปิดโล่งเพื่อรองรับการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศและรับแสงอาทิตย์ ลักษณะจะคล้ายกับระบบเติมอากาศ มีสาหร่ายชนิดต่าง ๆ อยู่ในน้ำหรืออาจปลูกพืชลอยน้ำประเภทบัวประเภทชูใบเหนือน้ำชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่น้ำและช่วยบังแสงแดดเพื่อช่วยป้องกันการเกิดสาหร่าย ที่เป็นปัญหาทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง

บ่อส่วนตื้น (Marsh) ส่วนปลาย จัดระบบนิเวศน์แบบพื้นที่ชุ่มน้ำอีกครั้งเพื่อรับน้ำจากบ่อส่วนลึกเข้ารับการบำบัดด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เพื่อเปลี่ยนไนเตรตเป็นก๊าซไนโตรเจนลอยสู่บรรยากาศ ดังภาพประกอบที่ 2.10



ภาพประกอบที่ 2.10 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้น -น้ำลึก-น้ำตื้น สลับกัน
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

แบบน้ำตื้นเท่ากันตลอด มีลักษณะเป็นบ่อตื้นที่ควบคุมระดับความลึกของน้ำให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 60 เซนติเมตร โดยมีพืชน้ำจำพวกหยั่งราก เช่น อ้อ (P. Angustralis) ธูปฤาษี (T. Angustifolia) กกกลม (C.Corymbosus) เป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศน์ทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสีย การออกแบบมักสร้างเป็นบึงที่มีลักษณะแคบและยาว เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียเป็นไปในลักษณะตามยาว (Plug Flow) ใช้พืชในกลุ่มที่มีรากในดินและมีส่วนโผล่พ้นน้ำ (Emergent Plant) การกำจัด มลสารเกิดจากส่วนของพืชบริเวณใต้น้ำและซากพืชบริเวณหน้าดิน ซึ่งจะเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายมลสาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเพื่อป้องกันมิให้น้ำเสียมีการรั่วซึมออกไปปนเปื้อนกับน้ำในแหล่งน้ำอื่นๆ ควรปูพื้นบ่อด้วยวัสดุกันซึมแผ่นโพลีเอธิลลีน (Polyethylene : PE) (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 409-412) ดังภาพประกอบที่ 2.11

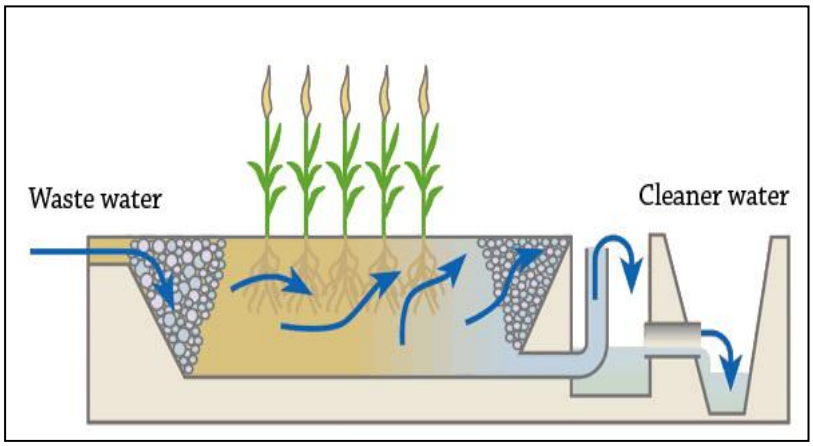


ภาพประกอบที่ 2.11 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้นเท่ากันตลอด
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

2) ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow Systems : SFS)

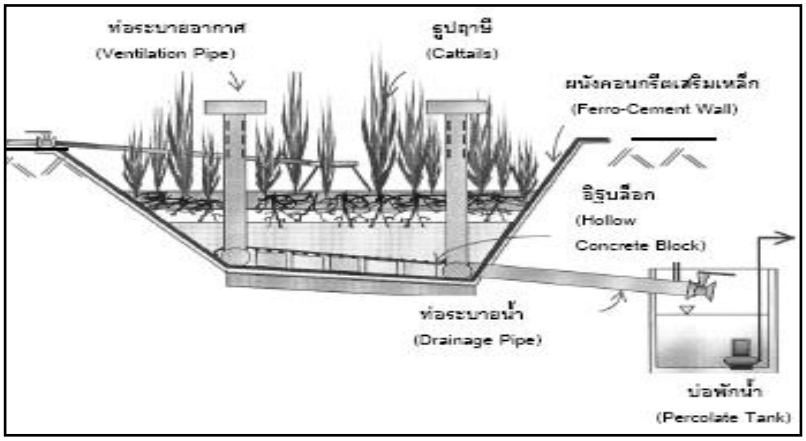
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้อธิบายว่า ระบบนี้ประกอบด้วยร่องน้ำยาว ที่มีดิน หินบด หรือกรวด เป็นตัวกลางให้รากพืชยึดเกาะและเจริญเติบโต ความหนาของชั้นตัวกลางประมาณ 60-70 ซม. ด้านล่างดาดด้วยดินเหนียวหรือวัสดุกันซึม เช่น แผ่นโพลีเอธิลลีน เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำรั่วซึมออกจากบ่อ พืชน้ำที่ใช้ เช่น ธูปฤาษี (Typha spp.), กก (Scirpus spp.) หรือต้นอ้อ (Phragmites spp.) โดยที่บ่อมีความลาดเอียง 1– 3 % ดังนั้น ระดับน้ำที่ไหลเข้าบึงจะผ่านบริเวณรากพืชทำให้เกิดเป็นกระบวนการบำบัดด้วยการกรอง การดูดซึม การตกตะกอน และการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ และในบริเวณท้ายน้ำจะมีท่อเพื่อทำหน้าที่รวบรวมและรับน้ำออกจากระบบบริเวณใต้ชั้น ตัวกรองจะอิ่มตัวด้วยน้ำตลอดเวลาซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic) ขึ้น บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้
การไหลตามแนวราบ (Horizontal Subsurface Flow : HSF) ประกอบด้วยบึงที่ปลูกด้วยพืชโผล่พ้นน้ำ ด้านล่างปูด้วยวัสดุกันซึม เช่น แผ่นโพลีเอธิลีน (Polyethylene : PE) ตัวกลางที่ใช้ในระบบอาจเป็นดิน กรวด หรือทราย น้ำเสียจะถูกปล่อยออกจากท่ออย่างช้า ๆ ตามแนวนอนผ่านชั้นหินจนกระทั่งถึงทางน้ำออก ในระหว่างการไหลผ่านชั้นรากพืชจะเกิดการขบวนการบำบัดมลสาร

ให้ลดน้อยลงได้ โดยขบวนการทางกายภาพ เช่น การปล่อยให้ตกตะกอน และการกรองสารอินทรีย์ทางขบวน การทางชีวภาพ ดังภาพประกอบที่ 2.12



ภาพประกอบที่ 2.12 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินแบบไหลตามแนวราบ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, (2555)

การไหลตามแนวดิ่ง (Vertical Subsurface Flow : VSF) ประกอบด้วยชั้นกรวดและปูทับด้วยทราย ปลูกด้วยต้นพืชโผล่พ้นน้ำ โดยน้ำเสียจะค่อย ๆ ไหลในแนวดิ่งลงสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์ และที่ก้นบึงจะเป็นที่กักเก็บน้ำ เป็นการเติมออกซิเจนไปสู่พื้นของระบบ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.13 ในช่วงน้ำแห้งอากาศจะแทรกเข้ารูพรุนของดิน และเมื่อทำการสูบน้ำเข้าอากาศจะถูกผลักออกจากรูพรุนของตัวกลาง ทำให้น้ำเสียที่ถูกปล่อยเข้าระบบจะได้รับปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2549)



ภาพประกอบที่ 2.13 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน แบบไหลตามแนวดิ่ง
ที่มา : ทานตะวัน กิริมิตร, (2553 : 19)

2.3.6.2 **องค์ประกอบของระบบบึงประดิษฐ์**

1) ชนิดพันธุ์พืช

สุชาดา ศรีเพ็ญ (2530) กล่าวว่า ชนิดพันธุ์พืช แบ่งเป็นประเภทได้ดังนี้

ก) พืชใต้น้ำ (Submerged Plant) เป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำทั้งหมด โดยอาจมีรากยึดเกาะกับพื้นใต้น้ำหรือไม่ยึดเกาะก็ได้ บางชนิดรากยึดเกาะกับพื้นดินใต้น้ำส่วนลำต้นและใบเจริญ อยู่ใต้ระดับน้ำ บางครั้งพืชพวกนี้จะส่งดอกขึ้นมาเจริญที่ผิวน้ำ หรือเหนือน้ำ และเมื่อเป็นผลแล้วบางอย่างเจริญที่ผิวน้ำหรือใต้ดิน เช่น สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด เป็นต้น

ข) พืชโผล่พ้นน้ำ (Emerged Plants) เป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำบางส่วนและเหนือน้ำบางส่วน โดยที่มีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำแล้ว ส่งส่วนใบและดอกขึ้น มาเจริญเหนือน้ำ เช่น บัวต่าง ๆ กกบางชนิด ต้นเทียนนา ธูปฤาษี เป็นต้น

ค) พืชลอยน้ำ (Floating Plants) เป็นพวกที่เจริญลอยอยู่ในระดับน้ำ โดยมีรากห้อยลอยอยู่ในน้ำ ส่วนต้น ใบ และดอก เจริญที่เหนือน้ำ พรรณไม้น้ำประเภทนี้บางอย่างถ้าน้ำตื้น รากจะหยั่งพื้นดินใต้น้ำก็ได้ พืชลอยน้ำส่วนใหญ่มักจะมีส่วนหนึ่งส่วนใดเปลี่ยนไปเป็นทุ่นเพื่อพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวา ผักบุ้ง เป็นต้น

ง) พืชชายน้ำ (Marginal Plants) มักขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่งชายคลอง หนองน้ำ หรือทะเลสาป มีรากหรือรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดิน ส่งบางส่วนของต้น ใบ และดอกเหนือน้ำ พืชน้ำประเภทนี้ใกล้เคียงกับพืชพวกโผล่เหนือน้ำมาก เช่น ต้นผักตบไทย ต้นโสน และกก (สุชาดา ศรีเพ็ญ 2530 : 17 -18)

2) ระดับน้ำ (Water Level)

ในการดูแลรักษาระบบพืชน้ำในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์ ต้องมีการรักษาระดับน้ำที่ปล่อยเข้าสู่ระบบ เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพในการบำบัด ตัวอย่างคือ ธูปฤาษี ที่เจริญเติบโตได้ดีในชั้นดินที่อยู่ใต้ดินและมีระดับน้ำลึกมากกว่า 15 ซม. หรือกกที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่ลึกกว่า 1.50 ซม.เป็นต้น
(Reed S.C., Middlebrooks E.J. and Crites R.W. 1995 : pp18) ระดับความลึกของน้ำที่มากที่สุดควรเป็น 10 ซม. ในช่วงอบอุ่น (ฤดูร้อน) และน้อยกว่า 45 ซม.ในช่วงหนาว ระดับความลึกของน้ำควรจะมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสม

3) ชั้นดิน (Substrata)

ในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์ ชั้นดินที่ประกอบด้วยดิน ทราย และกรวดเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโผล่เหนือน้ำ (emergent plant) และยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดยึดติดที่อยู่ใต้น้ำด้วย
(ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์, 2540 : 19)

4) การถ่ายทอดออกซิเจน (Oxygen Transfer)

พืชโผล่เหนือน้ำในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์มีความสามารถในการดูดซึมออกซิเจนจากอากาศ โดยผ่านทางใบ ลำต้นส่วนที่อยู่เหนือน้ำ และ ราก
(Cooper P.E.and Boon A.G. 1987 : pp19)

5) จุลินทรีย์ (Microbial Organism)

จุลินทรีย์ในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์มีหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว สาหร่าย เป็นต้น แบคทีเรียสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดหลัก คือ ชนิดแขวนลอย (suspened bacteria) ซึ่งเจริญเติบโตโดยยึดติดกับพื้นผิวของส่วนที่อยู่ใต้น้ำของพืช (ราก,ลำต้น) ซากพืช หิน ดิน หรือ ชั้นตะกอนที่อยู่ล่างสุด และชนิดยึดติด (attached-growth bacteria) ซึ่งจะเจริญเติบโตโดยยึดติดกับพื้นผิวของส่วนที่อยู่ใต้น้ำของพืช เช่น ราก ลำต้น และซากพืช หิน ดิน หรือชั้นตะกอนที่อยู่ล่างสุด (Rogers F.E.J. , Rogers K.H. and Buzer J.S. 1985 : pp19)

6) ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time : HRT) สามารถคำนวณหาค่าระยะเวลากักพักชลศาสตร์และอัตราการไหลได้จาก (Reed.s. , Parten. S. , Maatzen. G. and Phoren. R. 1996 : pp 213-9)

$$Q = LWdn/t$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำ (ลบ.ม./วัน)

L = ความยาวของบ่อ (ม.)

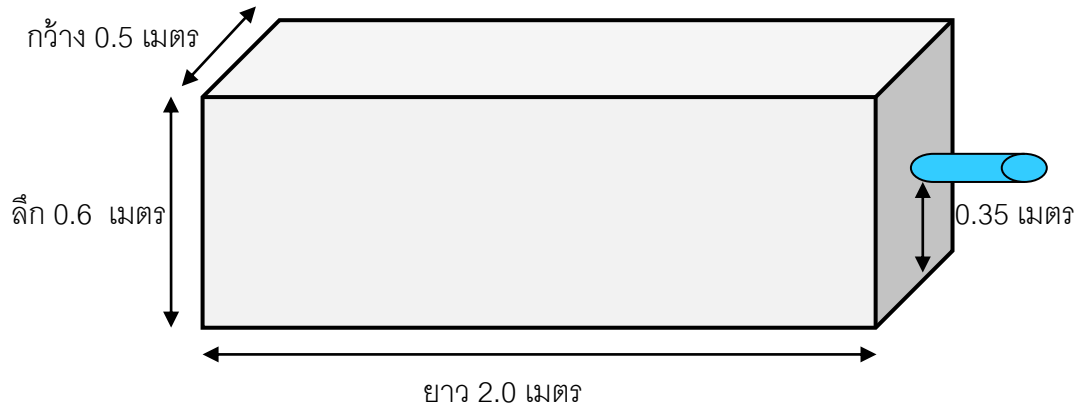
W = ความกว้างของบ่อ (ม.)

D = ความลึกของน้ำ (ม.)

N = ค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในบ่อ (= 0.75 สำหรับระบบน้ำไหลพื้นที่ผิว)

T = ระยะเวลากักพักน้ำ (วัน)

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้บ่อทดลองสร้างด้วยอิฐบล็อกฉาบปูนปูด้วยพลาสติกกันซึม ซึ่งมีความสัมพันธ์กันต่อการรองรับปริมาตรน้ำเสียได้ 150 ลิตร และอัตราการไหลของน้ำ โดยขนาดบ่อทดลอง มีความกว้าง 0.5 เมตร ความยาว 2 เมตร และความลึก 0.6 เมตร จำนวน 2 บ่อ ดังภาพประกอบที่ 2.14



ภาพประกอบที่ 2.14 ขนาดบ่อทดลอง

ระยะเวลากักพักชลศาสตร์นั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด ซึ่งระยะเวลากักพักชลศาสตร์ จะแตกต่างกันไปตามสภาพของบ่อบำบัด ชนิดของพืช หรือสารที่ต้องการบำบัด จากการศึกษาของ (รุจิรัชต์ มันตาพันธ์, 2537 : 20) ที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาแล้วจากที่ลุ่มน้ำขังธรรมชาติจำนวน 2 บ่อ และมากักพักในบ่อทดลองที่ปลูกกกจันทบูรณ์เป็นเวลา 1 วัน พบว่า สามารถลดค่าบีโอดี ได้เฉลี่ย 67.11% และลดไนเตรตได้เฉลี่ย 68% นอกจากนี้ ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ ในช่วง 3-9 วัน ยังเหมาะสำหรับการกำจัดไนโตรเจนและแอมโมเนีย (Water Pollution Control Fedration 1990 : pp20)

7) ความหนาแน่นของพืช

การปลูกพืชแบบหนาแน่นทำให้น้ำมีโอกาสขุ่นน้อย เนื่องจากพืชเป็นตัวช่วยลดผลกระทบจากกระแสลมที่มีต่อน้ำ ทำให้ไม่เกิดการกวนของน้ำ น้ำจึงใสขึ้น Rogers กล่าวว่า ความหนาแน่นของพืชอย่างน้อยควรเป็น 5-10 rhizomes/m2 และจากการศึกษาของ จิตติมา เชื้อกูล ที่ใช้พุทธรักษาบำบัดน้ำเสีย โดยปลูกพุทธรักษาจำนวน 15 x 20 ซม. พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ประมาณ 74.19 % ในการทดลองครั้งนี้ จึงมีตำแหน่งในการปลูก คือ ทุกต้นห่างจากผนัง 15 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น ในแนวกว้างและแนวยาว 20 เซนติเมตร คิดเป็นความหนาแน่น 16 ต้น ต่อตารางเมตร

2.3.6.3 กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์

กลไกการบำบัดน้ำเสียมีทั้งแบบกายภาพ เคมี และชีวภาพ หลักการทำงาน คือ แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอาหารในน้ำ และสารแขวนลอยในน้ำจะเกิดตะกอนทางกายภาพ (Physical Sedimentaion) เช่นเดียวกับตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และระบบโปรยกรอง (Trickling Filer) พืชน้ำจะมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้โดยตัวมันเอง ใช้สารอาหารต่าง ๆ ในน้ำเพื่อการเจริญเติบโต แต่ระบบการใช้พืชน้ำก็มีข้อแตกต่างจากระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) คือ น้ำเสียจะถูกบำบัดอย่างรวดเร็วด้วยเครื่องมือและการจัดการขั้นสูง ในขณะที่ระบบพืชน้ำจะบำบัด น้ำเสียอย่างช้า ๆ ภายใต้การจัดการอย่างมีประสิทธิภาพของระบบธรรมชาติ จากการพัฒนาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชของThe Max Planck Institute of West Germany โดยการใช้ Reeds และ Bulrushes บำบัดน้ำเสีย พบว่าวิธีการบำบัดน้ำเสียของพืชเริ่มจากการแผ่รากเข้าไปในชั้นกรวด เมื่อน้ำเสียไหลผ่านระบบ อนุภาคของแข็งจะตกตะกอน ลงบนพื้น สารอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ จะถูกดูดซับโดยพืชทั้งทางใบ ลำต้นและราก หรือถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในชั้นกรวด ออกซิเจนจะถูกลำเลียงจากต้นพืชจากรากสู่ดิน เพื่อช่วยในการทำงานของจุลินทรีย์

ส่วนการสะสมของเศษตะกอนซากพืชนั้นจะพบอยู่ในชั้นดิน เมื่อพืชงอกรากใหม่ และพบว่าอัตราการเกิดใหม่ของเศษตะกอนนั้นเป็นไปอย่างช้า ๆ (จิตติมา เชื้อกูล, 2545 : 33 อ้างถึง The Max Planck Institute of West Germany : 1976) ซึ่งตรงกับรายงานของ Donald และคณะว่าอัตราการสะสมของซากพืชที่เปื่อยสะสมจนเป็นชั้นตะกอน 2-3 เซนติเมตรต่อปี โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียลดลง หลักการทำงานของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสีย กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์แสดงดังตารางที่ 2.1 (จิตติมา เชื้อกูล, 2545 : 33 อ้างถึง Donald และคณะ : 1993)

ตารางที่ 2.1 กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์

องค์ประกอบในน้ำเสีย	กลไกการบำบัด
ของแข็งแขวนลอย	- การตกตะกอน - การกรอง
บีโอดี	- การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การตกตะกอน
ไนโตรเจน	- ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันโดยจุลชีพ - พืชนำไปใช้ - การระเหยของแอมโมเนีย
ฟอสฟอรัส	- ดูดซับโดยดิน (ปฏิกิริยาการดูดซับ-ตกตะกอนโดยอะลูมิเนียม, เหล็กและแร่ธาตุต่างๆ ในดิน) - พืชนำไปใช้
เชื้อโรค	- การตกตะกอน - การกรอง - การตายตามธรรมชาติ - รังสี UV - โดยสารปฏิชีวนะจากการพืช

ที่มา : ทานตะวัน กิริมิตร, (2553 : 26)

2.3.6.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบบึงประดิษฐ์

การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียมีข้อดี คือ สามารถปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่จะใช้สร้างระบบบึงประดิษฐ์ได้ง่าย การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบไม่ยุ่งยาก การควบคุมและบำรุงรักษาระบบทำได้ง่าย ระบบมีเสถียรภาพแม้ว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไป ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลระบบค่อนข้างต่ำ โดยระบบบึงประดิษฐ์จะทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศและสภาพแวดล้อม เป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์และนกชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจและศึกษาทางธรรมชาติเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพได้ และระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ด้วยการตกตะกอนโดยพืช และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน

พืชน้ำชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ นอกจากมีวัตถุประสงค์เพื่อการบำบัดน้ำเสีย และเพื่อให้เกิดความสวยงามแก่สถานที่แล้ว เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจนต้องเก็บเกี่ยวออกสามารถ นำพืชเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้อีก คือ การใช้ทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมี เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และใช้เป็นวัตถุคลุมดินได้ (จิตติมา เชื้อกูล, 2545:25 อ้างถึง สุภาพรจันทร์ รุ่งเรือง และ เมธี มณีวรรณ, 2537 : 351-352)

ระบบบึงประดิษฐ์มีข้อเสียในการใช้ คือ ระบบรับน้ำเสียหรือสารมลพิษที่ไหลเข้าสู่ระบบเพิ่มขึ้นในปริมาณมากกว่าปกติอย่างกะทันหันไม่ได้มาก และระบบบำบัดจะขึ้นกับสภาวะอากาศ จึงทำให้มีประสิทธิภาพไม่คงที่ ถ้าอากาศหนาวจะมีโอกาสที่ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง แล้วยังต้องการพื้นที่มากกว่าในการก่อสร้างระบบ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียชนิดอื่น ๆ ทั่วไป นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดจากระบบคืออาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง (ทานตะวัน กิริมิตร 2553 : 19-20 อ้างถึงกรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2546)

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกระบบบึงประดิษฐ์เป็นแบบน้ำไหลบนผิวดิน (Free Water Surface Systems : FWS) มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เพราะการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบไม่ยุ่งยาก การควบคุมและบำรุงรักษาระบบง่าย ระบบมีเสถียรภาพแม้ว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไป ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลระบบค่อนข้างต่ำ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดี

2.4 วัสดุชั้นกรองที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์

วัสดุชั้นกรองเป็นตัวกลางทำหน้าที่ให้รากพืชกับจุลินทรีย์ยึดเกาะ และทำให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ซึ่งนิยมใช้วัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติดังนี้

2.4.1 **ดินเหนียว** (Clay)

ดินเหนียว หมายถึง ดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคดินเล็กกว่า 0.002 มม. มีดินเหนียวประกอบอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไปเป็นพวกเนื้อดินละเอียดและมีการจับตัวกันอย่างหนาแน่น ดังภาพประกอบที่ 2.15 มีช่องว่างระหว่างเม็ดดินน้อย จึงสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มาก แต่การระบายถ่ายเทอากาศไม่สะดวก

ภาพประกอบที่ 2.15 ดินเหนียว

2.4.2 **ดินร่วน** (Combination of Clay)

ดินร่วน หมายถึง ดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค ตั้งแต่ 0.002 - 0.05 มม. มีส่วนประกอบดินทราย โคลนตม และดินเหนียวโดยปริมาณดินเหนียวและดินทรายไม่มากนัก ดินชนิดนี้จะมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินมาก ทำให้น้ำซึมได้สะดวก แต่การอุ้มน้ำน้อยกว่าดินเหนียว ดังภาพประกอบที่ 2.16

ภาพประกอบที่ 2.16 **ดินร่วน**

2.4.3 **ทราย** (Sand)

ทราย คือวัตถุที่เป็นเศษหินขนาดเล็ก มีลักษณะซุยร่วนไม่เกาะกัน ทำให้การระบายน้ำ ได้เร็วมาก จึงไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้และมีความชื้นน้อย ดังภาพประกอบที่ 2.17

ภาพประกอบที่ 2.17 **ทราย**

2.4.4 **กรวด** (Gravel)

กรวดเป็นหินประเภทหินตะกอน เป็นหินเนื้อหยาบเกิดจากตะกอนของหินซึ่งถูกกระแสน้ำพัดพาไปอยู่รวมกัน เนื่องจากการเสียดสีกันทำให้ผิวมีความเรียบมน ลื่น ดังภาพประกอบ ที่ 2.18

ภาพประกอบที่ 2.18 กรวด

ชั้นกรองที่เลือกนำมาใช้ในบึงประดิษฐ์มักเป็นวัสดุที่มีในธรรมชาติ คือ กรวด หิน และทราย ซึ่งสามารถหาได้ทั่วไป โดยจะใช้เพียงชนิดหนึ่งชนิดใดหรือใช้รวมกันก็ได้ ช่องว่างในชั้นกรอง เหล่านี้จะใช้เป็นช่องทางการไหลของน้ำในระบบบึงประดิษฐ์ นอกจากจะเป็นที่อยู่ของพืชและที่ยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ แล้วชั้นกรองยังเป็นพื้นที่ ในการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบต่าง ๆ ด้วยลักษณะทางกายภาพของชั้นกรองก็มีความสำคัญในการบำบัดน้ำเสียด้วย ตัวอย่างเช่นชั้นกรองที่เป็นทรายหรือกรวด นิยมนำมาใช้สำหรับบำบัดน้ำเสีย เพราะมีอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันขึ้นกับระบบและพืชสามารถยึดเกาะได้ง่าย

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำ ซึ่งมีการใช้ชั้นกรวดหนา 30 ซม. เป็นชั้นล่างสุดและชั้นดินผสมทรายอัตราส่วน 3:1 สูง 50 ซม. เป็นชั้นบน โดยใช้พืชตระกูลหญ้า กกกลม และธูปฤาษีเป็นพืชทดลอง (สิทธิชัย ต้นธนะสฤษดิ์ และสมศักดิ์ เจริญวัย, 2542 : 22-1-11)

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้กรวด และชั้นดินผสมทราย โดยความหนาของชั้นกรองที่เป็นกรวดมีความสูง 0.15 เมตร ชั้นดินผสมทรายในอัตราส่วน 3:1 มีความสูง 0.20 เมตร ซึ่งความสูงของวัสดุชั้นกรองจะเป็นตัวแปรที่กำหนดโอกาสสัมผัสระหว่างสารแขวนลอยและวัสดุชั้นกรอง เพื่อให้เกิดกลไกการดูดติดผิว และเป็นสิ่งสำคัญต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารแขวนลอยเพราะคุณภาพน้ำที่กรองจะใสขึ้น โดยการกรองด้วยชั้นหิน ดินผสมทรายสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำจะถูกกักไว้ในช่องว่างระหว่างหิน ดิน ทราย ซึ่งเปรียบเสมือนบ่อดักตะกอนเล็ก ๆ จำนวนมาก นอกจากนี้ยังเป็นตัวกลาง ทำหน้าที่ให้รากพืช กับจุลินทรีย์ ยึดเกาะ และทำให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ อีกด้วย

2.5 พืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์

หน้าที่หลักของพืชในระบบบึงประดิษฐ์ คือ การควบคุมการไหลของน้ำเสีย เป็นที่ยึดเกาะและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในระบบ พืชถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักของระบบบึงประดิษฐ์ ดังนั้น การเลือกพืชที่จะใช้ในระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ ปกติแล้วพันธุ์ของพืชที่จะปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ ควรเป็นพืชที่สามารถพบได้ในท้องถิ่น เพราะพืชจะคุ้นเคยกับสภาพภูมิอากาศและพื้นที่ในบริเวณนั้น จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดี อย่างไรก็ตามลักษณะของน้ำเสียที่จะใช้บำบัดก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่น พืชที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสาร อาหารสูง ๆ เช่น สิ่งปฏิกูล หรือ น้ำเสียจากการเกษตร

คุณสมบัติของพืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย สรุปได้ดังนี้

1) สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในท้องถิ่นนั้น ๆ นอกจากนี้ยังต้องสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

2) มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง

3) มีความสามารถส่งผ่านออกซิเจนได้สูง โดยนำออกซิเจนจากบรรยากาศส่งผ่านมาตามใบ รากและลำต้น

4) สามารถทนต่อความเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารพิษได้ค่อนข้างกว้างขวาง

5) มีความสามารถในการดูดซึม และเก็บสะสมสารต่าง ๆ ได้ดี

6) มีความคงทนต่อโรคและแมลงได้ดี

7) สามารถนำออกจากระบบได้ง่าย เนื่องจากพืชจะลดปริมาณสารที่อยู่ในน้ำเสียได้ผลดีที่สุดนั้น พืชจะต้องมีการนำออกจากระบบบ้างเพื่อไม่ให้พืชอยู่นานจนเกินไปจนระบบขาดประสิทธิภาพ

ดังนั้น ชนิดพืช ที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ต้นพุทธรักษา และต้นตาลปัตรฤาษี เนื่องจากเป็นพืชที่หาง่ายในท้องถิ่น และมีคุณสมบัติเหมาะกับการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย□□

2.5.1 พุทธรักษา

พุทธรักษา มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Canna generalis* ชื่อวงศ์คือ Cannaceae อยู่ในสกุล *Canna* Linn. ชื่อสามัญคือ Canna ชื่ออื่นๆ คือ พุทธศร ดอกบัวละวง พุทธรักษาเป็นไม้ประดับกลุ่มหนึ่งที่นิยมปลูกกันตามบ้าน เพราะเป็นชื่อที่เป็นมงคล ประกอบกับความสวยงาม ปลูกง่ายและทนทาน ทำให้ได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องกันมานานหลายสิบปี ถิ่นกำเนิดของพุทธรักษาอยู่ในประเทศบราซิล และแพร่กระจายออกไปในประเทศเขตร้อนทั้งเอเชียและแอฟริกา สำหรับในประเทศไทยจะพบเห็นพุทธรักษาขึ้นอยู่ทั่วไปในกรุงเทพฯ และตามชนบท

2.5.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พุทธรักษาเป็นพืชที่ พบได้ในที่ชุ่มชื้นไปจนถึงที่แฉะน้ำขัง

ราก เป็นรากฝอยที่มีลักษณะแผ่กระจาย

ลำต้น ประกอบด้วยโคนก้านใบที่แผ่เป็นกาบหุ้มประกบกันไว้

ใบ แผ่นใบกว้างสีเขียว เส้นใบแตกจากเส้นกลางใบแบนขนาน โคนใบและปลายใบรีแหลม ขอบใบเรียบ

ดอก ออกเป็นช่อ คือ ดอกย่อยออกสองข้างของแกนกลางเป็นระยะ ๆ ไป และดอกเท่ากันเพียงสองด้านเท่านั้น ส่วนของดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบ อยู่ซ้อนเหลื่อมกัน กลีบดอก 3 กลีบ ติดกันตรงฐาน เกสรตัวผู้มี 6 อัน ชั้นนอก 3 อัน ลักษณะเหมือนกลีบดอก และเป็นหมัน ส่วนอีก 3 อัน อยู่ข้างใน มีอยู่ 2 อัน ที่ติดกันเป็นเกสรตัวผู้ที่สมบูรณ์ปกติ และมีลักษณะเหมือนกลีบดอก ประกอบด้วยอับเรณู 1 ช่อง อยู่ทางด้านข้าง เกสรตัวเมียมีรังไข่ ภายในรังไข่ มี 3 ช่อง ก้านเกสรตัวเมียเป็นแผ่นแบนกว้าง ผิวเรียบเป็นมัน เมล็ด ลักษณะกลม และแข็ง

2.5.1.2 ชนิดของพุทธรักษา

พุทธรักษาที่ปลูกกันโดยทั่วไปนั้นไม่อาจยืนยันได้ว่าเป็นชนิดใดแน่ เพราะเป็นไม้ประดับที่ปลูกกันมานาน และผสมพันธุ์จนเกิดชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมาก แต่อย่างไรก็ตาม พันธุ์ที่ปลูกกันถือว่าเป็นลูกผสมที่มีกำเนิดมาจาก 5 ชนิดเท่านั้นคือ

1) *C. glauca* Linn.

มีลำต้นเขียวและมีนวลสีขาวปกคลุมอยู่ทั่วไป (Giaucous) สูง 5-6 ฟุต มีเหง้า (Rhizome) ยาวมีลักษณะเป็นไหล (Stoloniferous) ใบมีสีเขียวและมีนวลสีขาวคลุมด้วย ใบกว้าง 8-12 นิ้ว ยาว 4-6 เท่าของความกว้าง ขอบใบมีสีขาว ใบเรียวครึ่งหนึ่งของความยาวไปจนจรดปลายใบซึ่งแหลม ช่อดอกอยู่กันหลวม ๆ กลีบเลี้ยง (Sepal) มีลักษณะเป็นรูปรี และมีสีเขียวยาวประมาณครึ่งนิ้ว กลีบดอก(Setal) เป็นแผ่นยาวแคบสีเหลืองอมเขียวยาว 1.5-2 นิ้ว เพตอนลอยด์สตามิโนด เรียบยาว 2.5-3 นิ้ว สีเหลืองไม่มีจุลาเบลลั่ม (Labellum) เรียบมีลักษณะเป็นรูปไข่หัวกลับ(Obovate) ปลายบน มีรอยเว้าแหลมตรงกลาง (Mearginate) ผล (Capsule) มีลักษณะยาวเรียวที่หัวและท้าย (Oblong) ความยาวประมาณ 1.5-2 นิ้ว

2) *C. indica* Linn.

มีลำต้นผอมและมีสีเขียวเกลี้ยงไม่มีขน (glabrous) สูงประมาณ 3-5 ฟุต เรียวปลายแหลมมีสีเขียว ไม่มีนวลแป้งปกคลุม ช่อดอกเป็นแบบดอกบาง ดอกออกเป็นคู่ ๆ ดอกมีขนาดเล็กกลีบเลี้ยงมีสีเขียวยาว 0.25 นิ้ว กลีบดอกมีคล้าย ๆ ใบหอก (Lanceolate) คือ โคนกลีบค่อนข้างกว้าง ปลายเรียวแหลม มีสีเขียวอ่อนยาวประมาณ 1.5 นิ้ว เพตอนลอยด์สตามิโนด มีสีแดงสดเรียวยาว 2 นิ้ว ลาเบลลั่มแคบยาวมีสีแดงแกมเหลืองมีจุดสีเหลือง ผลกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวประมาณ 1 นิ้ว

3) *C. iridiflora* Ruiz & Pav.

มีลำต้นสีเขียวสูง 6-12 ฟุต ใบสีเขียวสดข้างใต้ใบมีขนสั้น และอ่อนนุ่ม (Pubescent) ช่อดอกใหญ่แดงคล้ายสีของกุหลาบ กลีบเลี้ยง มีรูปร่างคล้ายใบหอกยาวประมาณ 1 นิ้ว กลีบดอกยาว 2.5 นิ้ว มีโคนกลีบติดกันเป็นท่อ ปลายกลีบมีลักษณะแหลม เพตอนลอยด์สตามิโนด มีขนาดใหญ่ยาว 5 นิ้วหรือสั้นกว่าเล็กน้อย มีสีแดงโคนกลีบ เชื่อมติดกันเป็นท่อ ลาเบลลั่มแคบเว้า ตรงกลางแหลมมีสีแบบเดียวกับสีของเพตอนลอยด์สตามิโนด

4) *C. warscewiezii* Dietr.

มีลำต้นสีม่วงแดงและมีนวลสีขาวคลุมอยู่ทั่วลำต้น สูง 4-6 ฟุต ใบมีสีม่วงแดงหรือสีบรอนซ์ ยาวครึ่งฟุต ช่อดอกเป็นแบบมีดอกอยู่ติดกันแน่น ใบประดับ (Braet) สีน้ำตาลมีนวลสีขาวคลุมอยู่ กลีบเลี้ยงมีสีม่วงและมีนวลสีขาวๆคลุมอยู่โคนกลีบกว้าง และที่ปลายกลีบเรียวแหลมยาวประมาณครึ่งนิ้ว เพตอนลอยด์สตามิโนดมีสีแดงสด (Bright scarlet) ยาวประมาณ 3 นิ้ว โคนกลีบไม่เชื่อมติดกัน แต่ละกลีบมีโคนกลีบเล็กแหลม และมีปลายกลีบกว้างมน อีกทั้งยังมีรอยเว้าแหลมลงไปตรงกลางของกลีบ

5) *C. flaccid* Salisb.

มีลำต้นสีเขียวและเกลี้ยงไม่มีขน สูง 4-6 ฟุต ใบมีสีเขียวช่อดอกมีจำนวนน้อยและห่างกัน ใบประดับเล็กมากกลีบเลี้ยงยาวปลายแหลมและมีสีเขียวยาวประมาณ 1 นิ้ว กลีบดอกโค้งลงยาวประมาณ 3 นิ้ว เพตอนลอยด์สตามิโนดมีลักษณะเป็นรูปแบบรูปไข่ มีสีเหลืองคล้ายสีของกำมะถันยาวประมาณ 2-3 นิ้ว กว้าง 1.5 นิ้ว ลาเบลลั่มกว้างและมีสีเหลือง

จากการศึกษาถึงรูปร่างลักษณะของลำต้น ใบ ดอก และผลของพุทธรักษาที่ปลูกกันทั่วไปในประเทศไทย พบว่า มีเหง้าเป็นแขนง ลำต้นและใบเรียบไม่มีขนอันเป็นลักษณะของ C. indica และ C. warscewiezii ในบางพันธุ์ก็มีนวลสีขาวปกคลุมซึ่งเป็นลักษณะของ C. warscewiezii บางพันธุ์ไม่มีนวลสีขาวที่เป็นลักษณะของ C. indica ลำต้นและใบบางพันธุ์มีสีม่วงแดงซึ่งเป็นลักษณะของ C. warscewiezii จึงสันนิษฐานว่าต้นตระกูลของพุทธรักษาที่ปลูกในประเทศไทยนั้นส่วนมากเป็นลูกผสมระหว่าง C. indica กับ C. warscewiezii

2.5.1.3 พุทธรักษาที่นิยมปลูกกันตามท้องถิ่น

พุทธรักษาที่นิยมปลูกกันตามท้องถิ่นในปัจจุบันมีทั้งพันธุ์แท้และพันธุ์ลูกผสม ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีดอกขนาดกลางและขนาดใหญ่ สีเดียวล้วนหรือมีจุดประสีอื่นแซมบ้าง แต่ละสีเป็นสีสดใสทั้งสิ้น ซึ่งจะแตกต่างกันตามแต่ละสายพันธุ์ดังนี้

1) พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลือง

มีลักษณะคือ ลำต้นผอมและมีสีเขียวเกลี้ยงไม่มีขน ต้นมีความสูงประมาณ 92-105 ซม. ใบมีสีเขียวเข้ม ขอบใบไม่มีสี ใบไม่มีสีนวลขาวปกคลุม ใบยาวประมาณ 42-50 ซม. กว้าง 18-22 ซม. ใบมีลักษณะเป็นรูปกลมรี ใบกว้าง ปลายใบแหลม ช่อดอกเป็นแบบมีดอกอยู่ห่าง ๆ กัน ช่อดอกตั้งตรงยาวประมาณ 30-50 ซม. กลีบดอกมีสีเหลือง บริเวณกลางดอกมีลายจุดสีส้ม กลีบดอกกว้าง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.20

ภาพประกอบที่ 2.19 พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลือ

ที่มา : Water Plant, (2555)

2) พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีชมพู

มีลักษณะคือ ลำต้นผอมและมีสีเขียวเกลี้ยงไม่มีขน ต้นมีความสูงประมาณ 92-100 ซม. ใบมีสีเขียวเข้ม ขอบใบไม่มีสี ใบไม่มีสีนวลขาวปกคลุม ใบยาวประมาณ 40-50 ซม. กว้าง 10-20 ซม. ใบมีลักษณะเป็นรูปกลมรี ใบกว้าง ปลายใบแหลม กลางใบเป็นเส้นนูนเห็นชัด ช่อดอกตั้งตรงยาวประมาณ 15-20 ซม.โดยมีดอกอยู่ติดกันแน่น กลีบดอกมีสีชมพู กลีบดอกกว้าง มีลักษณะซ้อนกัน ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.21

ภาพประกอบที่ 2.20 พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีชมพู
ที่มา : พืชพันธุ์กลายในประเทศไทย, (2555)

3) พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลืองปนส้ม

มีลักษณะคือ ลำต้นผอมและมีสีเขียวเกลี้ยงไม่มีขน ต้นมีความสูงประมาณ 100-120 ซม. ใบมีสีเขียว ขอบใบไม่มีสี ใบไม่มีสีนวลขาวปกคลุมใบยาวประมาณ 30-50 ซม. กว้าง 10-15 ซม. ใบมีลักษณะเป็นรูปกลมรี ใบกว้าง ปลายใบแหลม ช่อดอกตั้งตรงยาวประมาณ 15-20 ซม. โดยมีดอกออกเป็นคู่ ๆ กลีบดอกมีสีเหลืองปนส้มบริเวณกลางดอกมีสีส้ม กลีบดอกกว้าง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.22

ภาพประกอบที่ 2.21 พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลืองปนส้ม
ที่มา : Water Plant, (2555)

4) พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลืองอ่อน

มีลักษณะคือ ลำต้นผอมและมีสีเขียวเกลี้ยงไม่มีขน ต้นมีความสูงประมาณ 90-100 ซม. ใบมีสีเขียว ขอบใบไม่มีสี ใบไม่มีสีนวลขาวปกคลุม ใบยาวประมาณ 45-50 ซม. กว้าง 10-20 ซม. ใบมีลักษณะเป็นรูปกลมรี ใบกว้าง ปลายใบแหลม กลางใบเป็นเส้นนูนเห็นชัด ช่อดอกตั้งตรงยาวประมาณ 15-22 ซม.โดยมีดอกอยู่ติดกันแน่น ประมาณ 3-4 ดอก กลีบดอกมีสีเหลืองอ่อน มีทั้งกลีบดอกขนาดเล็กและใหญ่ อยู่ภายในดอกเดียวกัน มีลักษณะซ้อนกัน ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.23

ภาพประกอบที่ 2.22 พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีเหลืองอ่อน
ที่มา : ไม้ประดับออนไลน์, (2555)

5) พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีส้ม

มีลักษณะคือ ลำต้นมีสีม่วงแดงไม่มีขนและมีนวลสีขาวคลุมอยู่ทั่วลำต้น ต้นมีความสูงประมาณ 110-120 ซม. ใบมีสีเขียวอมน้ำตาล ขอบใบมีสีแดง ใบยาวประมาณ 30-50 ซม. กว้าง 10-20 ซม. ใบมีลักษณะเป็นรูปกลมรี ใบกว้าง ปลายใบแหลม ช่อดอกตั้งตรงยาวประมาณ 15-25 ซม. โดยมีดอกออกติดกัน กลีบดอกมีสีส้ม มีสีเหลืองแซมเล็กน้อย มีกลีบดอกกว้าง มีกลีบดอกอยู่บริเวณตรงกลาง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.24

ภาพประกอบที่ 2.23 พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีส้ม
ที่มา : สมฤดี นันตา, (2555)

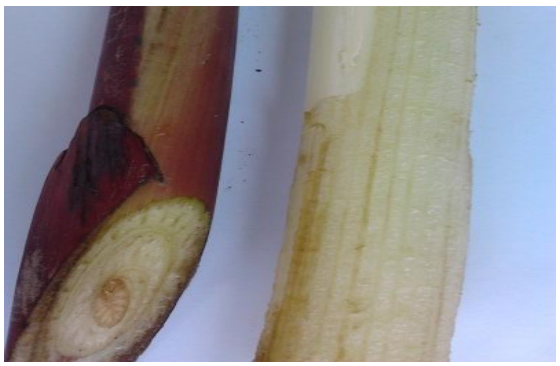
6) พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง (C. warscewiezii Dietr.)

มีลักษณะคือ ลำต้นมีสีแดงไม่มีขน มีนวลสีขาวปกคลุม ต้นมีความสูงประมาณ 110-117 ซม. ใบสีเขียวเข้ม ขอบใบสีแดง ใบยาวประมาณ 40-45 ซม. กว้าง 10-25 ซม. ใบมีลักษณะเป็นรูปกลมรี ปลายใบแหลม ใบกว้าง ช่องดอกตั้งตรงยาวประมาณ 30-50 ซม. ออกดอกห่าง ๆ กัน ดอกมีสีแดงเข้ม กลีบดอกกว้าง มีระบบรากยาวแผ่กระจายได้ดี ในดิน (สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2530 : 26) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.25 – 2.28

ภาพประกอบที่ 2.24 พุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง

ที่มา : พืชพันธุ์กลายในประเทศไทย, (2555)

ภาพประกอบที่ 2.25 ลักษณะรากพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง



ภาพประกอบที่ 2.26 ลักษณะลำต้นกลวงของพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง

ภาพประกอบที่ 2.27 ลักษณะใบพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง

วรรณา พวงอินทร์ ได้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นแสงที่ระดับต่าง ๆ ต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของพุทธรักษา 6 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ดอกสีแดงมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ทำให้มีการ ผลิดอก ออกใบ อย่างสมบูรณ์เต็มที่ ซึ่งพืชที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงมีความเหมาะสม ที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ดี (จิตติมา เชื้อกูล, 2545 : 28-30 อ้างถึง วรรณา พวงอินทร์, 2543)

ทานตะวัน กิริมิตร ได้ศึกษาประสิทธิภาพของพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง โดยใช้ระบบ บึงประดิษฐ์ ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ มี 3 ระยะเวลา ได้แก่ 3,6 และ 9 วัน พบว่า ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้สูงสุด โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี เท่ากับ 64.59 % สารแขวนลอย เท่ากับ 74.57 % ไนโตรเจน เท่ากับ 74.18 % และฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 60.42 %

จากคุณสมบัติของพุทธรักษาด้านต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเลือกพุทธรักษาพันธุ์ดอกสีแดง มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เพราะเป็นพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น มีคุณสมบัติพิเศษ คือ รากฝอย มีลักษณะแผ่กระจาย เป็นที่ยึดเกาะและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในระบบ มีลำต้นกลวง ทำหน้าที่ส่งถ่ายก๊าซออกซิเจนลงไป ในน้ำ มีใบขนาดใหญ่ ชูตั้งฉากรับแสงได้ดี ทำให้มีอัตรา การสังเคราะห์แสงสูง ส่งผลให้พืชมีการดูดซับสารอาหารต่าง ๆ เช่น ธาตุฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ไปใช้ในการเจริญเติบโต

2.5.1.4 ประโยชน์ของต้นพุทธรักษา

ไว้ปลูกประดับสถานที่ต่างๆเพื่อความสวยงาม ดอกนำมาปักแจกันได้ เช่นเดียวกับไม้ดอกชนิดอื่น ๆ เหง้าใช้เป็นสมุนไพรสำหรับตัวยาแผนโบราณ พุทธรักษาบางชนิดมีเหง้าใช้รับประทานได้ ในเมืองไทยใช้เหง้าเลี้ยงสัตว์เพราะมีอาหารเพียงพอ บางแห่งเรียกว่า สาคู เมล็ด มีลักษณะกลม สีดำ และแข็ง ซึ่งในอินเดียตะวันตกใช้เป็นลูกกระสุนล่าสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นการศึกษาในครั้งนี้ด้วย (ทานตะวัน กิริมิตร, 2553 : 24 อ้างถึง ปิฏฐะ บุนนาค, 2529)

2.5.2 ตาลปัตรฤาษี

ตาลปัตรฤาษีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Limnocharis flava* (L.) Buchenau. ชื่อวงศ์คือ Butomaceae และมีชื่ออื่น ๆ คือ ผักพาย ผักตบใบพาย คันจ่อง ผักคันจอง นางกวัก บอนจีน บัวกวั๊ก บัวลอย ต้นตาลปัตรฤาษีมีลักษณะ ดังภาพประกอบที่ 2.29 ตาลปัตรฤาษีเป็นไม้น้ำสามารถพบได้ทั่วบริเวณนาข้าวและบริเวณที่มีน้ำขัง เช่น หนองน้ำ สระ คู ห้วย

ภาพประกอบที่ 2.28 ตาลปัตรฤาษี
ที่มา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, (2555)

2.5.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ตาลปัตรฤาษีเป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี

ราก เป็นรากฝอย ที่มีลักษณเส้นเล็ก ๆ มากมาย ขนาดโตสม่ำเสมอกัน ไม่เรียงลงที่ปลายหยั่งรากแก้ว งอกออกจากรอบโคนต้น แทนรากแก้ว ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.30

ลำต้น เป็นไม้ล้มลุกหรือเป็นวัชพืชน้ำอายุหลายปี ลำต้นกลวงอวบน้ำ ดังภาพประกอบที่ 2.31 และชูก้านใบขึ้นเหนือผิวน้ำ บางครั้งมีไหลสั้น ๆ จำนวนมาก

ใบ ขึ้นเหนือผิวน้ำบางครั้งมีไหลสั้น ๆ จำนวนมาก ใบเป็นใบเดี่ยวรูปร่างกลมรี ยาว 15-18 เซนติเมตร กว้าง 12 เซนติเมตร มีก้านใบงอกยื่นอยู่เหนือผิวน้ำ ก้านใบยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ก้านใบสีเขียวอ่อนเป็นเหลี่ยมอวบน้ำ พองลม แผ่นใบใหญ่และแผ่คล้ายใบตาลปัตร ภาพประกอบที่ 2.32

ดอก เป็นช่อ แบบร่ม มีดอกย่อย 7-10 ดอก กลีบดอกสีเหลืองหลุดร่วงง่าย เส้นผ่านศูนย์กลางของดอกย่อย ประมาณ 1.5 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.33

เมล็ด ลักษณะทรงกลมขนาดเท่าหัวแม่มือ ภายในแบ่งเป็น 2 ซีก มีเมล็ดเรียงตัวอัดแน่น เมล็ดรูปครึ่งวงกลม แบนสีน้ำตาลเข้มลอยน้ำได้

ภาพประกอบที่ 2.29 รากตาลปัตรฤาษี

ภาพประกอบที่ 2.30 ลักษณะลำต้นกลวงของตาลปัตรฤาษี

ภาพประกอบที่ 2.31 ใบตาลปัตรฤาษี

ภาพประกอบที่ 2.32 ดอกตาลปัตรฤาษี
ที่มา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, (2555)

เพ็ญชุดา ปัญญาวานิชกุล (2546) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของตาลปัตรฤาษีในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน โดยระบบบึงประดิษฐ์ พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้ ฟอสฟอรัส 97 % ทีเคเอ็น 77 % ซีโอดี 58 %

2.5.2.3 ประโยชน์ของต้นตาลปัตรฤาษี

ประโยชน์ทางยา ตาลปัตรฤาษีช่วยเจริญอาหาร และมีสรรพคุณป้องกันไข้หัวลม ประโยชน์ทางอาหาร ส่วนที่เป็น ต้นอ่อน ก้านใบอ่อนและดอกอ่อนของตาลปัตรฤาษี สามารถรับประทาน เป็นผักสด แกล้มกับส้มตำ ลาบ ก้อย น้ำพริก และยังทำเป็นผักสุกโดยการลวกเป็นผักจิ้มน้ำพริก ซึ่งจะให้รสหวาน มัน และอมขมเล็กน้อย ช่วยเจริญอาหาร กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุขได้วิเคราะห์สารอาหารในผักตาลปัตรฤาษี พบว่า ตาลปัตรฤาษี 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 14 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยเส้นใย 0.8 กรัม แคลเซียม 7 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 2 มิลลิกรัม เหล็ก 0.5 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 501 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.03 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.08 มิลลิกรัม ไนอาซิน 1.2 มิลลิกรัม และวิตามินซี 13 มิลลิกรัมและนอกจากประโยชน์ของตาลปัตรฤาษีที่กล่าวไว้ข้างต้นนั้น ตาลปัตรฤาษียังสามรถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น โค กระบือ ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดได้ และมี การปลูกขายเป็นรายได้เสริมควบคู่กับการทำนาอีกด้วย (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2540 : 173-174)

จากลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตาลปัตรฤาษี ที่กล่าวไว้ข้างต้น คือ มีรากฝอยแผ่กระจาย ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายก๊าซออกซิเจนลงไป ในน้ำ มีใบขนาดใหญ่ ชูตั้งฉากรับแสงได้ดี ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ส่งผลให้พืชมีการดูดซับสารอาหารต่าง ๆ เช่น ธาตุฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ไปใช้ในการเจริญเติบโตดังนั้นจึงเลือกตาลปัตรฤาษีมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

2.6 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

อุไรวรรณ อินทร์ม่วง, (2545 : 22 – 48) อธิบายว่า น้ำหรือของเหลวที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่ต้องการและน่ารังเกียจสำหรับคนทั่วไป เป็นมลพิษทางทัศนียภาพและก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีวิธีตรวจวัดน้ำเสีย 3 วิธี คือ สังเกตลักษณะทางกายภาพ ตรวจวัดทางชีวภาพ และตรวจวัดทางเคมี

ลักษณะทางกายภาพ คือ ดูด้วยตาเปล่า หรือตรวจวัดอย่างง่าย เช่น ความขุ่น อุณหภูมิ สี

ลักษณะทางชีวภาพ คือ การตรวจวัดจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ

ลักษณะทางเคมี คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), โลหะหนัก, ค่าบีโอดี และค่าซีโอดี

ดังนั้น วิธีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ การตรวจวัดทางเคมี มีดังนี้

1) วิเคราะห์ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

2) วิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

3) วิเคราะห์ค่าไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

4) วิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

2.6.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

2.6.1.1 หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี

บีโอดีเป็นค่าที่บอกถึงความสกปรกของน้ำในรูปของสารอินทรีย์ โดยวัดในรูปของความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในภาวะที่มีออกซิเจนอิสระ ถ้าน้ำมีสารอินทรีย์มากความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ก็จะมากตามไปด้วย

การหาค่าบีโอดี จะใช้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ค่าบีโอดีที่ใช้หาค่าความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่ใช้เป็นมาตรฐานจะใช้ค่า บีโอดีที่ 5 วัน (5 – day BOD : BOD_5) ค่าบีโอดี ที่ 5 วัน นำมาใช้ประโยชน์ ดังนี้

1) นำมาใช้ในการคำนวณ ภาระสารอินทรีย์ (Organic Loading) สำหรับ การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Treatment)

2) เป็นค่าที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย์ ของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพเป็นประโยชน์ในการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

3) เป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมการระบายน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อควบคุมอัตราการรับภาระสารอินทรีย์ของแหล่งน้ำธรรมชาติ ให้มีออกซิเจนละลายน้ำเหลืออยู่ในระดับที่สิ่งมีชีวิตในน้ำสามารถอาศัยอยู่ได้

2.6.1.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี ที่ 5 วัน (BOD_5) โดยวิธี Azide Modification วิธีการวิเคราะห์ โดยทำให้เจือจาง (Dilution Method) ใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่าง มีความสกปรกติสูง มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร จำเป็นจะต้องทำให้ตัวอย่างน้ำ มีความสกปรกเจือจางลง โดยใช้น้ำผสมเจือจาง (Dilution Water) ทำการเจือจางตัวอย่างน้ำ อย่างน้อย 2 ความเข้มข้น จากนั้นหาค่าออกซิเจนละลายน้ำในวันเริ่มต้น (DO_0) กับค่าออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างเดียวกัน ภายหลังจากบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (DO_5)

การหาค่า BOD_5 คือ การหาผลต่าง ของค่าออกซิเจนละลายน้ำในวันเริ่มต้น (DO_0) กับค่าออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างเดียวกัน ภายหลังจากบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (DO_5) ดังนั้น $BOD_5 = DO_0 - DO_5$ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.6.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

2.6.2.1 หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) คือ ของแข็งที่มีขนาดเล็กสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ หรือปริมาณสารทั้งหมดในน้ำ ที่เหลืออยู่เป็นตะกอน ภายหลังจากที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส

2.6.2.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอย วิเคราะห์ โดยวิธี Dried at 103 – 105 °C เริ่มต้นจากการนำกระดาษกรองที่กรองน้ำแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 150 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เก็บไว้ให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ชั่งน้ำหนักของแข็งแขวนลอย โดยใช้เครื่องชั่งละเอียด มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.6.3 ไนโตรเจน (Total kjelcahl Nitrogen : TKN)

2.6.3.1 หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน

ไนโตรเจนในแหล่งน้ำธรรมชาติ มีสาเหตุจากการปนเปื้อนของน้ำเสียจากครัวเรือน น้ำเสียจากอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากการเกษตร โดยไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีนจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรต์และไนเตรต ตามลำดับ

2.6.3.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน (Total Kjedahl Nitrogen : TKN)

วิธีการตรวจวิเคราะห์ใช้วิธี เจลดาห์ล(Macro Kjeldahl) เป็นการทำให้สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนถูกเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอ คือ แอมโมเนีย ด้วยการย่อยและการกลั่นหลังจากนั้นจึงใช้เทคนิคของการไตเตรท วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบแอมโมเนีย ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นค่ารวมของไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนีย มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.6.4 **ฟอสฟอรัส** (Total Phosphorus : TP)

2.6.4.1 **หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส**

ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือในระบบบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในรูปโพลิฟอสเฟตและสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส จะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นออโธฟอสเฟต ดังนั้น จึงพบฟอสฟอรัสในรูปออโธฟอสเฟตในปริมาณที่สูงกว่าฟอสฟอรัสในรูปอื่น ๆ การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลาย จะต้องนำฟอสฟอรัสในสารละลายมาทำปฏิกิริยาให้เกิดเป็น สารดูดกลืนแสงก่อนแล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer)

2.6.4.2 **วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส**

วิเคราะห์โดยนำน้ำตัวอย่างไปทำปฏิกริยากับสารประกอบแอมโมเนีย Ammonium Molybdate เพื่อให้ฟอสฟอรัสกลายเป็นสารประกอบ Ammonium Phosphomolybdate จากนั้นรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนนี้ด้วย Ascobic Acid เพื่อให้ได้สารประกอบ Molybdenum Blue จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาว คลื่น 880 nm โดยปริมาณฟอสฟอรัส ในตัวอย่างน้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.7 เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ

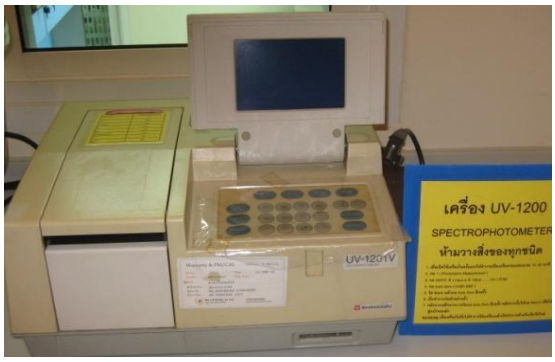
2.7.1 **เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง** (UV-VIS Spectrophotometer)

เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

2.7.1.1 **เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงเดี่ยว**
(Single beam Spectrophotometer)

เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงเดี่ยวนั้น เมื่อแสงออกจากแหล่งกำเนิดแสงแล้ว จะผ่านโมโนโครเมเตอร์ที่เป็นเกรตติ้ง และสารตัวอย่างตามลำดับ แล้วจึงเข้าสู่ตัวตรวจจับสัญญาณ ตลอดเส้นทางของลำแสงนี้มีลำแสงเดียว จึงเรียก สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ประเภทนี้ว่าแบบลำแสงเดี่ยว ดังภาพประกอบที่ 2.34 เนื่องจากสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ประเภทนี้ใช้ลำแสงเพียงลำเดียวผ่านจาโมโนโครเมเตอร์ไปสู่สารละลายที่ต้องการวัดและเข้าสู่ตัวตรวจจับสัญญาณ ดังนั้นการวัดจึงต้องวัด 2 ครั้งคือ ครั้งแรกเซลล์บรรจุแบลงค์ (Blank) ซึ่งเป็นตัวทำละลายของตัวอย่างที่เราต้องการวัด เมื่อลำแสงผ่านเซลล์ ปรับเครื่องให้อยู่ในตำแหน่ง “ศูนย์” (Set Zero) ส่วนครั้งหลังบรรจุสารละลายที่ต้องการวัด (Sample) แล้วจึงให้ลำแสงผ่านเซลล์

ความแตกต่างระหว่างการดูดกลืนแสงของทั้ง 2 ครั้งจะปรากฏบนหน้าปัดมิเตอร์ จากนั้นสามารถวัดตัวอย่างที่ความเข้มข้นอื่น ๆ ต่อไปได้ โดยไม่ต้องกลับไปวัดแบลงค์ การเปลี่ยนความยาวคลื่นจะต้องวัดแบลงค์ใหม่ทุกครั้ง



ภาพประกอบที่ 2.33 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงเดี่ยว

2.7.1.2 **เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงคู่**

(Double beam Spectrophotometer)

หลักการของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงคู่ เมื่อลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสงออกจากช่องแสงออก (Exit Slit) แล้ว ลำแสงจะไปสู่อุปกรณ์ตัดลำแสง (Beam Chopper) ซึ่งจะทำหน้าที่สะท้อนลำแสงไปผ่านสารตัวอย่าง (Sample) ต่อมาจะสะท้อนลำแสงไปผ่านสารอ้างอิง (Reference) ซึ่งก็คือแบลงค์ โดยที่ลำแสงทั้งสองจะมีความเข้มแสงเท่ากัน ก่อนที่จะผ่านสารตัวอย่างหรือสารอ้างอิง เมื่อลำแสงทั้งสองนี้ไปตกกระทบบนตัวตรวจจับสัญญาณ ความแตกต่างของความเข้มแสงหลังจากผ่านสารตัวอย่างหรือสารอ้างอิงจะกลายเป็นค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง ดังภาพประกอบที่ 2.35 (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2538 : 89 - 90)

ภาพประกอบที่ 2.34 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงคู่

วิธีการใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแต่ละแบบอาจมีเทคนิคการใช้และวิธีการใช้แตกต่างกันบ้าง ซึ่งผู้ใช้ต้องศึกษาคู่มือการใช้งานโดยละเอียดก่อน สำหรับวิธีใช้โดยทั่วไปมีดังนี้

1) ถอดถุงคลุมเครื่องออก

2) เปิดสวิทซ์ไฟฟ้าเพื่ออุ่นเครื่องนาน 30 นาที

3) ปิดแสงจากภายในหรือภายนอกไม่ให้ตกกระทบตัวไวแสง โดยการปิดฝาครอบช่องใส่คิวเวทท์และปิดช่องแสงออก

4) เลือกความยาวคลื่นแสงที่ต้องการวัดโดยปรับปุ่มเลือกความยาวคลื่น

5) ปรับเครื่องเป็น 100%T หรือตั้งค่าการดูดกลืน ให้เป็นศูนย์ด้วยปุ่มปรับศูนย์ (ปุ่ม Calibrate)

6) ใส่สารละลายอ้างอิง (Reagent Blank) ลงในช่องใส่คิวเวทท์ ปิดฝาช่องใส่คิวเวทท์

7) ปรับ 100%T หรือค่าการดูดกลืนให้เป็นศูนย์ด้วยปุ่มปรับศูนย์การปรับในขั้นตอนนี้ต้องกระทำทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนความยาวคลื่นแสงที่ใช้วัด

8) ใส่สารตัวอย่างลงในช่องใส่คิวเวทท์ ปิดฝาช่องใส่คิวเวทท์

9) อ่านค่า %T หรือ Absorbance

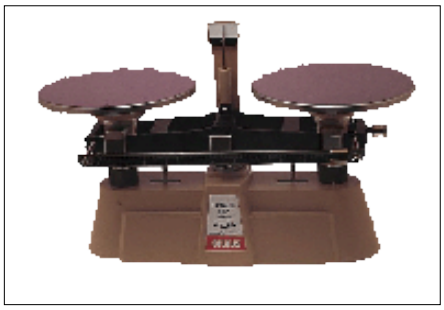
10) หลังเสร็จการใช้งานปิดสวิทซ์ไฟฟ้า

2.7.2 **เครื่องชั่ง** (Balance)

2.7.2.1 **เครื่องชั่งแบบกล** (Mechanical balance)

หลักการของเครื่องชั่งแบบกลต้องอาศัยคานและจุดหมุน เช่น เครื่องชั่งแบบคานชั่งยาวเท่ากัน ดังภาพประกอบที่ 2.36

การใช้งานต้องปรับเครื่องให้อยู่ในแนวระนาบ จากนั้นวางวัตถุลงบนจานชั่งตรึงคานและจานชั่งอีกครั้งหนึ่ง วางตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่มีน้ำหนักเท่ากับวัตถุที่ต้องการชั่ง



ภาพประกอบที่ 2.35 เครื่องชั่งแบบคานชั่งยาวเท่ากัน

2.7.2.2 **เครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์** (Electronic balance)

หลักการของเครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์อาศัยการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ไฟฟ้า เช่น เครื่องชั่งแบบแทนที่น้ำหนักมาตรฐาน และเครื่องชั่งแบบจานชั่งอยู่ด้านบน เครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์ แบ่งตามความละเอียดในการชั่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1) เครื่องชั่งหยาบ (Balance for Approximate Weighing) มีความละเอียดในช่วง 0.1 – 0.01 g. ใช้สำหรับงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องในการชั่งมากนัก มีลักษณะดังภาพประกอบที่ 2.37

ภาพประกอบที่ 2.36 เครื่องชั่งหยาบ

2) เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical Balance) หรือเครื่องชั่งละเอียด (Balance for Accurate Weighing) มีความละเอียดในช่วง 0.001 – 0.00001 g. ใช้สำหรับงานที่ต้องการความถูกต้องในการชั่งสูง ดังภาพประกอบที่ 2.38

ภาพประกอบที่ 2.37 เครื่องชั่งละเอียด

การใช้งานเครื่องชั่งต้องตั้งอยู่บนที่แน่นหนามั่นคง อย่าให้มีการสะเทือน และฐานของเครื่องชั่งต้องอยู่ในแนวระนาบ ก่อนชั่งต้องปรับน้ำหนักให้อยู่ที่ศูนย์ และต้องใช้ปากคีบหยิบวัตถุที่จะชั่งเสมอ (เสรี ไตรรัตน์, 2520 : 101-105)

2.7.3 **การไตเตรท** (Titration)

2.7.3.1 **การไตเตรทแบบใช้บิวเรตต์** (Manual Titration)

การไทเทรต (Titration) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของสารที่ไม่ทราบความเข้มข้น (Unknown) ด้วยการวัดปริมาตรของสารละลาย ซึ่งปริมาตรของสารละลายไทแทรนด์ (Titrand) สมมุติให้เป็นสาร A ส่วนสารที่ทราบความเข้มข้นแล้วหรือเรียกว่าสารมาตรฐาน จะถูกบรรจุในบิวเรตต์ เรียกว่าไทแทรนต์ (Titrant) สมมุติให้เป็นสาร B

การไตเตรทแบบใช้บิวเรตต์มีส่วนประกอบดังนี้

- ขาตั้งเหล็ก (Stand)
- ที่ยึดบิวเรตต์ (Buret Clamp)
- บิวเรตต์ (Burette)
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)
- กระเบื้องสีขาว (Tile)

ภาพประกอบที่ 2.38 ลักษณะการตั้งบิวเรตต์เพื่อการไตเตรท

วิธีการไตเตรทมีดังนี้

- ล้างบิวเรตต์ให้สะอาดแล้วตั้งบิวเรตต์
- เติมสารละลายที่ต้องการจะหาความเข้มข้นลงในบิวเรตต์
- ให้มีปริมาตรเหนือขีดศูนย์เล็กน้อย
- ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตามปริมาตรที่ต้องการใส่ลงในฟลาส
- แล้วหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดเพื่อใช้เป็นตัวบอกจุดยุติ
- หยดสารละลายในบิวเรตต์ลงในฟลาสอย่างช้า ๆ พร้อมทั้งแกว่ง ฟลาสด้วย
- มือขวาให้วนไปในทิศทางเดียวกัน จนกระทั่งถึงจุดยุติ

2.7.3.1 **เครื่องไตเตรทแบบอัตโนมัติ** (Automatic Titration)

หลักการของเครื่องไตเตรทอัตโนมัติ คือ ตัวเครื่องจะทำการหยดสารไทแทรนต์ ลงในสารละลายโดยอัตโนมัติ จากนั้นเครื่องทำการหาจุดยุติจากกราฟ และนำปริมาณไทแทรนต์ ที่ได้มาคำนวณผลในหน่วยตามที่ต้องการ ไม่ว่าจะเป็น %, ppm, g/L หรือหากต้องการให้เครื่องคำนวณโดยใช้ค่าแฟกเตอร์ ที่ต้องการก็สามารถป้อนค่าไว้ล่วงหน้าได้ (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2538 : 87- 88)

เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ มีส่วนประกอบดังนี้

- เครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto Sampler)
- อิเล็กโทรด
- บิวเรตอัตโนมัติสำหรับใส่สารไทแทรนต์
- บีกเกอร์พลาสติกสำหรับไตเตรท

ภาพประกอบที่ 2.39 เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ

วิธีการใช้เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ มีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกรูปแบบการไตเตรท

- ปฏิกิริยากรด-เบส (Acid-Base) เช่น การหาปริมาณกรดในน้ำผลไม้และค่าความเป็นด่างในน้ำ
- ปฏิกิริยาการตกตะกอน (Precipitation) เช่น การไตเตรทหาไอออนจำพวกคลอไรด์
- ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox) เช่น การไตเตรทหาปริมาณ บีโอดี
- ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (Complexometric) เป็นปฏิกิริยาที่ใช้หาธาตุโลหะ (Metal) ต่างๆ เช่น แคลเซียม, สังกะสี, ทองแดง เป็นต้น

2) ตั้งโปรแกรมการทำงาน (Method Memory)

3) ใส่ชุดใส่สารไทแทรนต์ ที่เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ

4) ป้อนข้อมูลของสารตัวอย่าง

5) อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

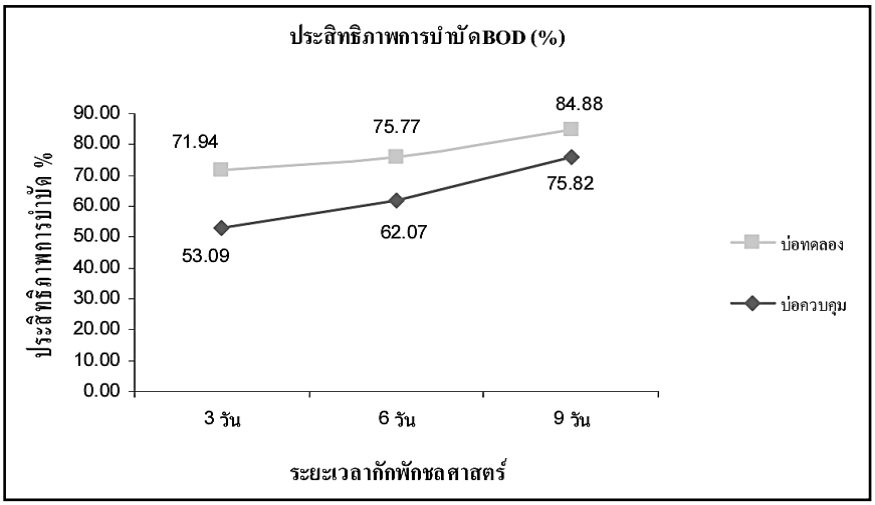
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษมณ ทองอินทร์ (2554) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของพืชธูปฤาษีและกกกลม ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่าน ลำต้น (Constructed Wetland) ใช้น้ำเสียจริงของชุมชนบ้านเว๊ะที่ปล่อยลงสู่ลำคลองบ้านนามาใช้ในการทดลอง โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของธูปฤาษีปลูกรวมกับกกกลม ที่มีระยะเวลากักพักชลศาสตร์ที่แตกต่างกัน โดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งระยะเวลากักพักชลศาสตร์ที่ 3, 6 และ 9 วัน

ผลการวิจัย พบว่าบ่อทดลองที่มีการปลูกพืชธูปฤาษีและกกกลมนั้น มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีกว่าบ่อควบคุมที่ไม่ได้ปลูกพืชทั้ง 2 ชนิด และพบว่าระยะเวลากักพักชลศาสตร์ ที่แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด ค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการบำบัดค่าดังกล่าว พบว่า ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน มีค่าประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด กล่าวคือ ประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี มีค่าเท่ากับ 84.88%, ของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 91.24%, ไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 67.88%, ฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 68.86% ซึ่งมีผลต่อไปนี้ดังนี้

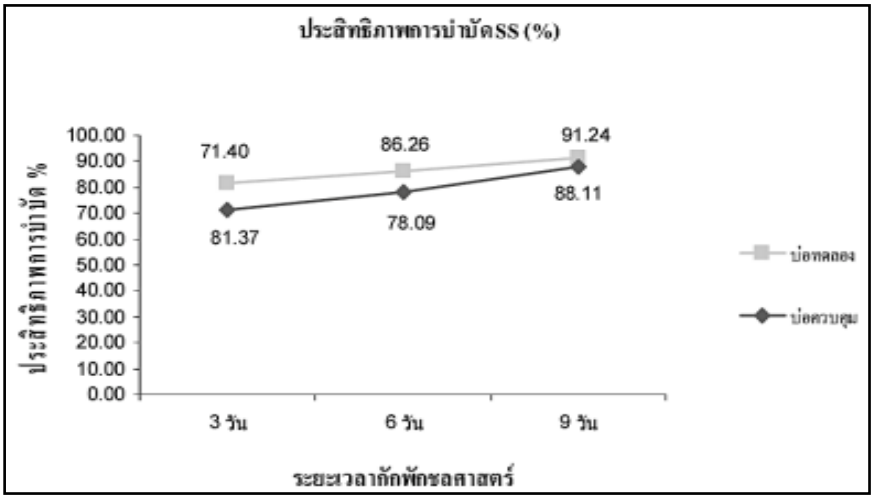
เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี ของบ่อทดลองและบ่อควบคุม ที่ระยะเวลา

กักพักชลศาสตร์ 3, 6 และ 9 วัน ผลการบำบัด ดังภาพประกอบที่ 2.33



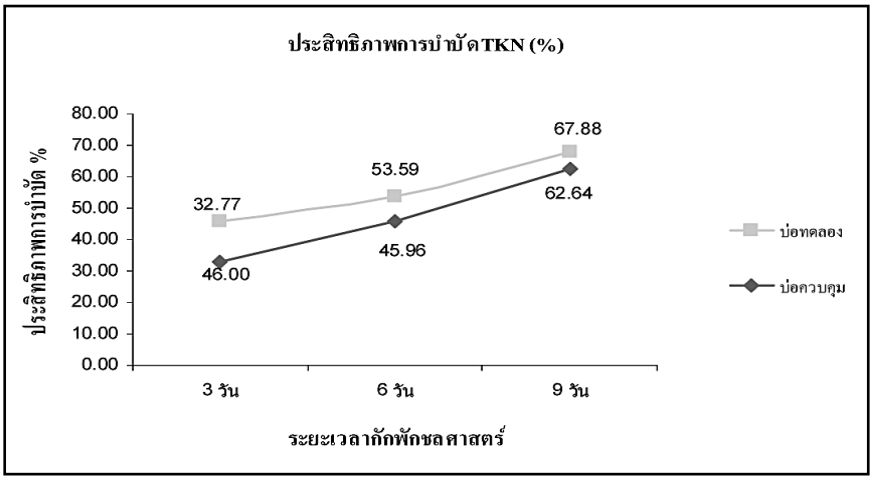
ภาพประกอบที่ 2.40 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

เมื่อประสิทธิภาพการบำบัด ของแข็งแขวนลอย เมื่อผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านลำต้น ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 3, 6 และ 9 วัน ผลการบำบัด ดังภาพประกอบที่ 2.34



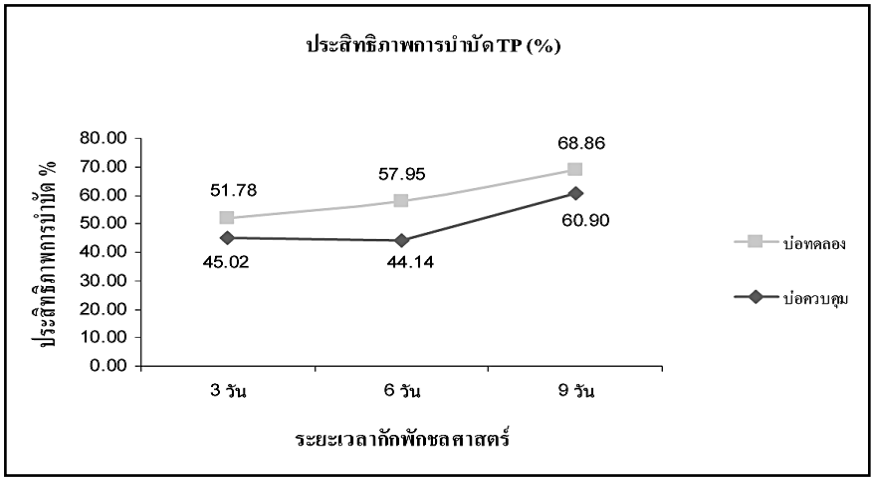
ภาพประกอบที่ 2.41 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน ของบ่อทดลองและบ่อควบคุม ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 3, 6 และ 9 วัน ผลการบำบัด ดังภาพประกอบที่ 2.35



ภาพประกอบที่ 2.42 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน

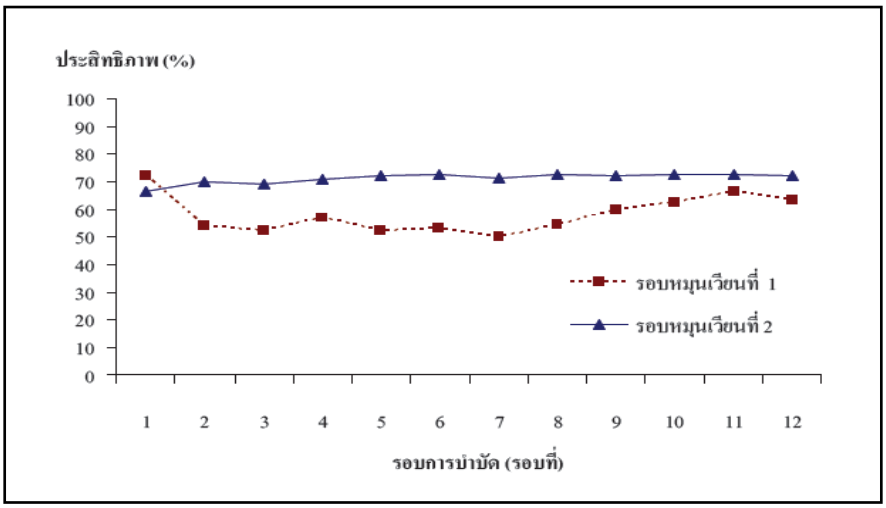
เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส ของบ่อทดลองและบ่อควบคุม ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 3, 6 และ 9 วัน ผลการบำบัด ดังภาพประกอบที่ 2.36



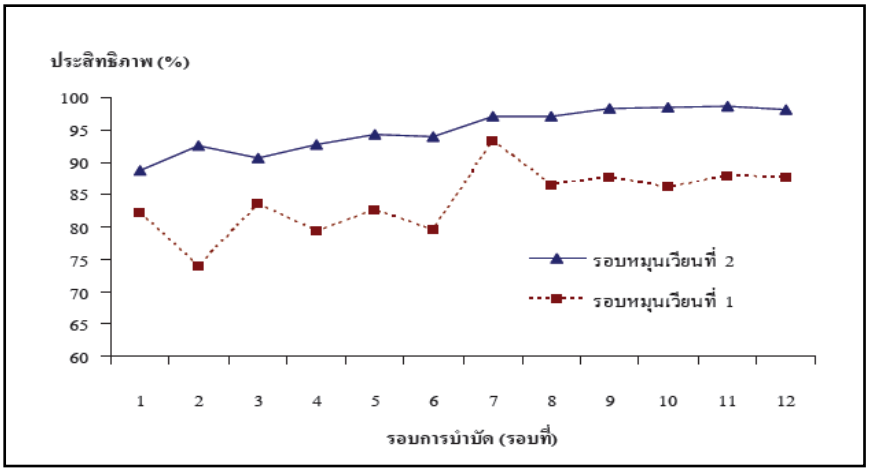
ภาพประกอบที่ 2.43 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส

นิสิต จงศุภวิศาลกิจ (2553) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำ และไหลลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัด ทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรม ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพของประชาชนทั้งโดยตรงและทางอ้อม โดยการทดลองโดยการได้เปรียบเทียบรอบหมุนเวียนการบำบัดในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และ 2 ในการบำบัดค่า บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ผ่านการบำบัด ในพื้นที่เทศบาลพนมทวนอำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ทำการทดลองโดยนำเข้าระบบบึงประดิษฐ์จำลองแบบน้ำไหลเหนือผิวดินที่มีหญ้าแฝกปลูกอยู่ ทำการบำบัดในรอบหมุนเวียนที่ 1 จนครบ 12 สัปดาห์ แล้วทำการตัดลำต้นของหญ้าแฝกให้เหลือความยาว 20 เซนติเมตร แล้วบำบัดในรอบหมุนเวียนที่ 2 ต่อ จนครบ 12 สัปดาห์ ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ One – way ANOVA (Multiple Comparison : LSD test)

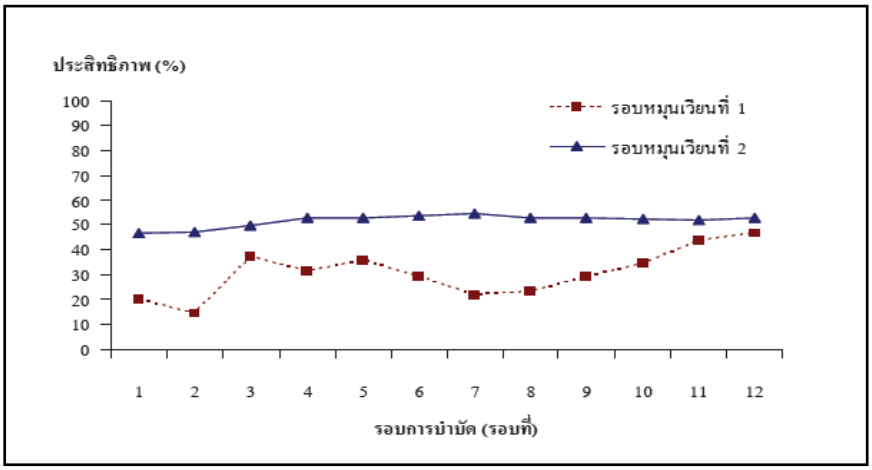
ผลการวิจัยพบว่า หญ้าแฝกในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน คือ ร้อยละ 98.63 52.94 และ 72.73 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 อยู่ที่ร้อยละ 87.87 46.67 และ 66.67 ตามลำดับ และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ของหญ้าแฝกในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังภาพประกอบที่ 2.37, 2.38 และ 2.39



ภาพประกอบที่ 2.44 แสดงค่าประสิทธิภาพ (%) ในการบำบัด บีโอดี ในน้ำเสียชุมชนของหญ้าแฝก ในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และ 2



ภาพประกอบที่ 2.45 แสดงค่าประสิทธิภาพ (%)ในการบำบัดฟอสฟอรัส-ฟอสเฟต ในน้ำเสียชุมชนของหญ้าแฝกในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1และ 2



ภาพประกอบที่ 2.46 แสดงค่าประสิทธิภาพ (%) ในการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชน ของหญ้าแฝก รอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และ 2

จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า หญ้าแฝกสายพันธ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ดังนั้น ควรมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในชุมชนที่มาจากครัวเรือน หรือแหล่งอื่น ๆ ต่อไป

เพ็ญชุดา ปัญญาวานิชกุล (2546) ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของพืชแต่ละชนิดในการบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ย เป็นโครงการหนึ่งในพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว มีงาน วิจัยเพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองเพชรบุรีและพื้นที่ใกล้เคียงซึ่งมีอัตราการไหล 10,000 ลบ.ม./วัน บนพื้นที่ 1,135 ไร่ โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย 3 แบบ คือ แบบบ่อผึ่ง (Lagoon Treatment) ขนาด 200 ไร่ แบบหญ้ากรอง (Grass Filtration) ขนาด 100 ไร่ และ แบบป่าชายเลน (White and Red Mangrove) ขนด 100 ไร่ แบ่งเป็น 3 เฟส ซึ่งแต่ละเฟสจะรวมระยะเวลาก่อสร้าง การดำเนินการ และการบำรุงรักษาระบบ เฟสแรกเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2538 เฟสที่สอง เริ่มตั้งแต่ปีพ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2541 และเฟสที่สาม เริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2544

โครงการที่หนองสนม เป็นโครงการภายใต้โครงการพระราชดำริ เป็นโครงการบำบัดน้ำเสียโดยวีธีธรรมชาติ ผสมผสานกับเทคโนโลยีแบบประหยัด กล่าวคือ จัดสร้างบ่อดักสารแขวนลอย ปลูกต้นกกอียิปต์เพื่อใช้ดับกลิ่น และปลูกผักตบชวาเพื่อดูดสิ่งโสโครกและโลหะหนัก ต่อจากนั้นจึงใช้กังหันชัยพัฒนาและแผงท่อเติมอากาศให้กับน้ำเสียตามความเหมาะสม ตลอดจนให้ตกตะกอนก่อนปล่อยน้ำหนองสนม เพื่อปรับสภาพน้ำให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากผักตบชวาในด้านต่าง ๆ ได้อีกด้วย เช่น ทำปุ๋ยหมัก ทอเสื่อ หรือทำเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี

ระบบบัดน้ำเสียที่บึงมะกะสัน เป็นอีกโครงการหนึ่งในพระราชดำริ พื้นที่ 120 ไร่ ใช้ผักตบชวา ทำหน้าที่ดูดซึม กรองสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ในน้ำเสีย โดยให้ผักตบชวาเติบโตภายในกรอบเหลี่ยมที่ทำจากไม้ไผ่ และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของผักตบชวาและความสามารถในการลดปริมาณโลหะหนัก และอินทรีย์สารในน้ำเสีย ซึ่งพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของผักตบชวาจะเพิ่มข้น 3-5 เท่า ภายในเวลา 30-45 วัน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีเพิ่มมากขึ้น ผักตบชวาสามารถดักของแข็งแขวนลอยและดูดซึมอินทรีย์สาร สารพิษต่าง ๆ ได้ผลจากการศึกษาดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่าระบบบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำในบึงมะกะสันมีส่วนช่วยให้คุณภาพน้ำในบึงมะกะสันดีขึ้น

จากผลการศึกษางานวิจัยในโครงการภายใต้พระราชดำริ ส่วนใหญ่จะศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของพืชแต่ละชนิดในการบำบัดน้ำเสียเท่านั้น ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอย จะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 77 และร้อยละ 98 ลดค่าบีโอดี ได้ระหว่างร้อยละ 71 และร้อยละ 97 และลดค่าไนโตรเจนได้ระหว่างร้อยละ 50 และร้อยละ 70
(เพ็ญชุดา ปัญญาวานิชกุล, 2546 : 21-22)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนแม่หรั่งงอกงาม โดยรวบรวมข้อมูลในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาศึกษา ผนวกกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติแบบระบบบึงประดิษฐ์ โดยตรวจวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP) ในน้ำเสียชุมชน ให้ได้คุณภาพน้ำที่ดีขึ้นก่อนปล่อยลงสู่แหล่งธรรมชาติ

3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับภาคสนาม

3.2.1.1 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับสร้างระบบบึงประดิษฐ์

3.2.1.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ

ก) ขวดพลาสติก สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ขนาด 1,250 มิลลิลิตร

ข) กระติกน้ำแข็ง สำหรับเก็บขวดตัวอย่างน้ำก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์

ค) กระดาษและปากกาสำหรับเขียนฉลากที่ขวดตัวอย่างน้ำ

ง) กรรไกร / คัตเตอร์

3.2.2. วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับห้องปฏิบัติการ

3.2.2.1 สารเคมี

3.2.2.2 วัสดุ และอุปกรณ์

ก) กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 ซม.

ข) อุปกรณ์ชุดกรอง

ค) เครื่องดูดอากาศ พร้อมกรวยบุชเนอร์ (Buchner Funnel)

ง) ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 103 - 105 °C

จ) โถดูดความชื้น (Desiccator)

ฉ) กระบอกตวง (Cylinder)

ช) คีมหนีบ (Forceps)

ซ) กระดาษอลูมิเนียม

ฌ) ชุดสำหรับย่อยสลาย(Kjeldahl Digestion Apparatus)

ญ) ชุดกลั่น (Distillation Apparatus)

ฎ) เครื่องแก้วต่างๆ เช่น ปิเปรต บิวเรตต์ ขวดวัดปริมาตร เป็นต้น

ฏ) ตู้อินคูเบเตอร์ (Incubator)

3.2.2.3 เครื่องมือตรวจวิเคราะห์

ก) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนของแสง (UV-VIS Spectrophotometer)

ข) เครื่องชั่งอย่างละเอียด (Analytical Balance)

ค) ชุดไตเตรท

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

3.3.1 ขั้นเตรียมการ

3.3.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้และรวบรวมความคิดของเรื่องที่จะทำการศึกษา โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร ตลอดจนปรึกษาสอบถามกับบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาครัฐและเอกชน

3.3.1.2 เขียนแนวคิด ตั้งกรอบแนวคิดตามแผนภูมิที่ 1.1 และ 1.2 ซึ่งการเขียนแสดงแนวคิดดังกล่าว เป็นการช่วยนำทางสู่การศึกษา ในขั้นต่อ ๆ ไปได้ชัดเจนขึ้น

3.3.1.3 ตั้งกรอบการศึกษา ซึ่งอยู่ในขอบเขตของกรอบแนวคิด

3.3.1.4 กำหนดพื้นที่ศึกษา คือ ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม หมู่ที่ 5 ตำบลราษฎร์นิยม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

เหตุผลที่ศึกษาน้ำเสียชุมชนแม่หรั่งงอกงาม เนื่องจากชุมชนดังกล่าวไม่มีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยผู้วิจัยเห็นประโยชน์ที่ได้ จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นการทำให้คุณภาพน้ำเสียชุมชนแม่หรั่งงอกงามมีคุณภาพดีขึ้น ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

3.3.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้น

ก) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชุมชนแม่หรั่งงอกงาม

ข) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย

ค) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย

ง) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุชั้นกรองที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์

จ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์

ฉ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ช) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ซ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.2 ข้อมูลภาคสนาม

ข้อมูลชุมชนแม่หรั่งงอกงาม หมู่ที่ 5 ตำบลราษฎร์นิยม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

3.3.3 การทดลอง

3.3.3.1 สร้างระบบบึงประดิษฐ์

3.3.3.2 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คือ

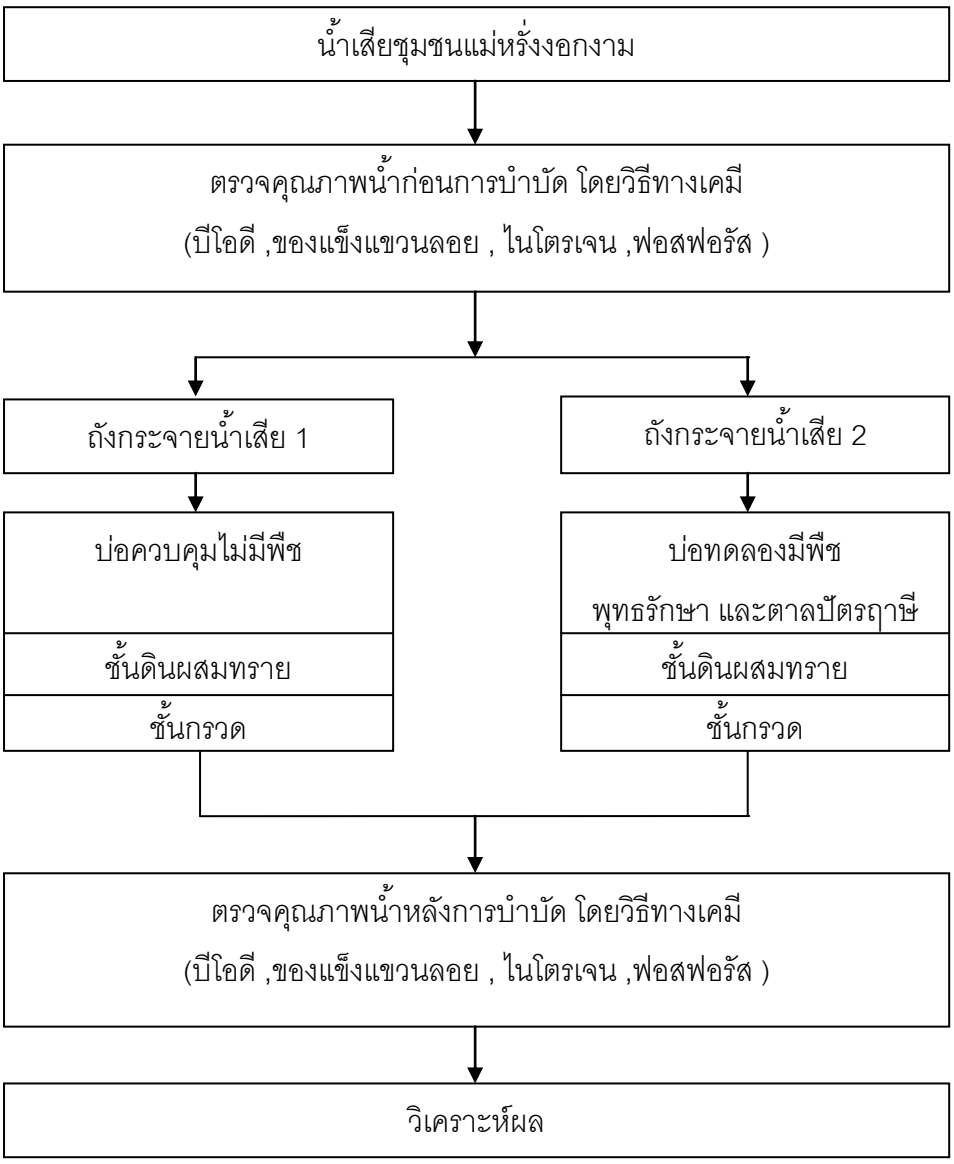
ก) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

ข) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

ค) ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

ง) ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

3.3.3.3 บันทึกผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทดลอง

3.3.4 วิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช

1) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

2) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

3) ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

4) ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

3.3.5 อภิปรายผล

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช

1) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

2) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

3) ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

4) ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

3.3.6 สรุปและนำเสนอ

3.3.6.1 สรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในบทที่ 1

3.2.6.2 นำเสนอ

1) เสนอแนะที่เป็นข้อจำกัดหรือส่วนที่จะทำให้การศึกษาครั้งนี้เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากขึ้น

2) เสนอแนะแนวทางการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อพัฒนางานทางด้านการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องให้เกิดประโยชน์ในอนาคต

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่า บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ในน้ำเสียจากชุมชนแม่หรั่งงอกงาม โดยใช้พืชบำบัด คือ พุทธรักษาและตาลปัตรฤาษีกับการไม่ใช้พืชบำบัดน้ำเสีย สามารถสรุปผลการวิจัย เป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

4.1 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์

4.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.4 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

4.5 อภิปรายผล

4.1 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์

4.1.1 การสร้างบ่อทดลอง

การสร้างบ่อทดลองมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เริ่มต้นจากการสำรวจพื้นที่ก่อสร้าง และดำเนินการวัดพื้นที่ตามขนาดของบ่อตามที่ออกแบบไว้ โดยใช้ตลับเมตร ดังภาพประกอบที่ 4.1 และ ภาพประกอบที่ 4.2

ภาพประกอบที่ 4.1 ตลับเมตร

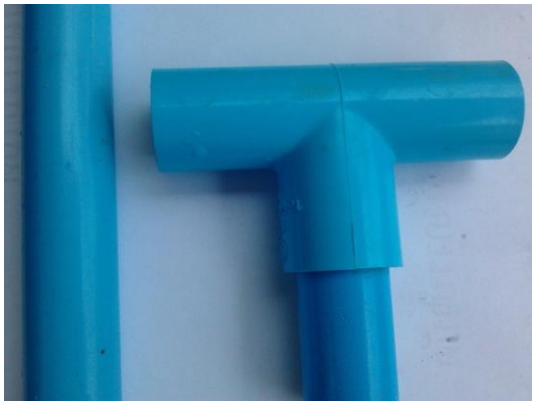
ภาพประกอบที่ 4.2 แสดงการวัดขนาดพื้นที่ในการสร้างบ่อทดลอง

- สร้างชุดบ่อทดลองขนาดเล็ก (Pilot Scale) ทำจากอิฐบล็อกฉาบด้วยปูน บ่อมีขนาด กว้าง 0.50 เมตร ยาว 2.00 เมตร ลึก 0.60 เมตร ใช้ผนังข้างร่วมกัน ซึ่งเป็นขนาดที่รองรับอัตราน้ำเข้าได้จำนวน 150.00 ลิตร ซึ่งแสดงการก่อสร้างดังภาพประกอบที่ 4.3 และ ภาพประกอบที่ 4.4

ภาพประกอบที่ 4.3 แสดงการก่ออิฐบล็อก

ภาพประกอบที่ 4.4 บ่อทดลองก่อด้วยอิฐบล็อก

- ต่อท่อสำหรับระบายน้ำ โดยใช้ท่อพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว ดังภาพประกอบที่ 4.5 ในบริเวณกึ่งกลาง สูงจากพื้น 0.35 เมตร ดังภาพประกอบที่ 4.6



ภาพประกอบที่ 4.5 ท่อระบายน้ำ

ภาพประกอบที่ 4.6 แสดงตำแหน่งท่อระบายน้ำ

- หลังจากติดตั้งท่อระบายน้ำแล้ว ทำการฉาบปูนที่ผนังทุกด้าน ดังภาพประกอบที่ 4.7

ภาพประกอบที่ 4.7 บ่อทดลองก่อด้วยอิฐบล็อกฉาบปูน

- ปูพลาสติกโพลิเอททิลีนภายในบ่อทดลอง เพื่อกันซึม ดังภาพประกอบที่ 4.8

ภาพประกอบที่ 4.8 บ่อทดลองปูด้วยพลาสติกโพลิเอทิลีน

4.1.2 การเตรียมวัสดุชั้นกรอง

การเตรียมวัสดุชั้นกรอง โดยวัสดุชั้นกรองที่ใช้คือ ดิน กรวด และทราย ใช้รองพื้นก้นบ่อ มีขั้นตอนดังนี้

- เริ่มจากการใส่กรวด ลงรองพื้นที่ก้นบ่อและเกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วบ่อ ให้หนา 15 เซนติเมตร ดังภาพประกอบที่ 4.9

ภาพประกอบที่ 4.9 ชั้นกรวดในระบบบึงประดิษฐ์

- ลำดับต่อมาใส่ดินผสมทราย อัตราส่วน ดิน 3 ส่วน : ทราย 1 ส่วน ลงในบ่อ และเกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วบ่อ ให้หนา 20 เซนติเมตร ดังภาพประกอบที่ 4.10 และ ภาพประกอบที่ 4.11

ภาพประกอบที่ 4.10 แสดงการผสมดินและทราย อัตราส่วน ดิน 3 ส่วน : ทราย 1 ส่วน

ภาพประกอบที่ 4.11 ชั้นดินในระบบบึงประดิษฐ์

4.1.3 **การปลูกพืชลงในบ่อทดลอง**

การปลูกพืชลงในบ่อทดลองมีขั้นตอนดังนี้

- พืชที่ปลูกในระบบคือ ปลูกพุทธรักษารวมกับตาลปัตรฤาษี ดังภาพประกอบที่ 4.12 พืชแต่ละชนิดนั้น คัดเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกันคืออายุประมาณ 1เดือน ต้นจะสูงประมาณ 40-50 เซนติเมตร ตัดกาบใบเก่าและใบล่างออกให้เหลือจำนวนใบประมาณ 2-3 ใบ เพื่อลดการคายน้ำ ดังภาพประกอบที่ 4.13

ภาพประกอบที่ 4.12 ต้นพุทธรักษา และต้นตาลปัตรฤาษี

ภาพประกอบที่ 4.13 แสดงการคัดเลือกพืช

- รูปแบบการปลูกพืชแบบกระจายเต็มพื้นที่ จากการศึกษาของ จิตติมา เชื้อกูล ที่ใช้พุทธรักษาบำบัดน้ำเสีย โดยปลูกพุทธรักษาจำนวน 15 x 20 ซม. พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ได้ 74.19 % ในการทดลองครั้งนี้จึงมีตำแหน่งในการปลูก คือ ทุกต้นห่างจากผนัง 15 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้นในแนวกว้างและแนวยาว 20 เซนติเมตร คิดเป็นความหนาแน่น 16 ต้น ต่อตารางเมตร ส่วนโคนของพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษีอยู่ในดินลึก 10 เซนติเมตร ดังภาพประกอบที่ 4.14 และภาพประกอบที่ 4.15

ภาพประกอบที่ 4.14 แสดงการวัดระยะห่างระหว่างต้นพืช

ภาพประกอบที่ 4.15 พืชในระบบบึงประดิษฐ์

- จากนั้นใส่น้ำประปาลงในแต่ละบ่อทดลอง อนุบาลต้นพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อให้ต้นของพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี แข็งแรงมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ดังภาพประกอบที่ 4.16

ภาพประกอบที่ 4.16 แสดงการอนุบาลต้นพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์

4.1.4 การปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์

- เมื่อครบกำหนดเวลาอนุบาลต้นกล้า 2 สัปดาห์ ทำการระบายน้ำออกจากบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ ดังภาพประกอบที่ 4.17

ภาพประกอบที่ 4.17 แสดงการระบายน้ำออกจากบ่อทดลอง

- ระบายน้ำออกแล้วปล่อยทิ้งไว้จนแห้ง ดังภาพประกอบที่ 4.18

ภาพประกอบที่ 4.18 แสดงการระบายน้ำออกจากบ่อทดลองจนแห้ง

- นำน้ำเสียจากชุมชนแม่หรั่งงอกงามมาใส่ถังกระจายน้ำเสียถังละ 150 ลิตร พักทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอน เป็นเวลา 3 วัน

- ปล่อยน้ำเสียจากถังกระจายน้ำเสียทั้งสองถังเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ โดยเปิดวาล์วน้ำ น้ำจะไหลมาตามท่อกระจายน้ำเสีย ซึ่งยาวพอดีกับความกว้างของบ่อทดลอง ทำการเจาะรูจำนวน 8 รู ห่างเท่า ๆ กัน ไว้ตลอดความยาวของท่อดังภาพประกอบที่ 4.19 ,4.20 เพื่อให้น้ำเสียกระจายทั่วบ่อ

ภาพประกอบที่ 4.19 แสดงการเจาะรูท่อกระจายน้ำเสีย

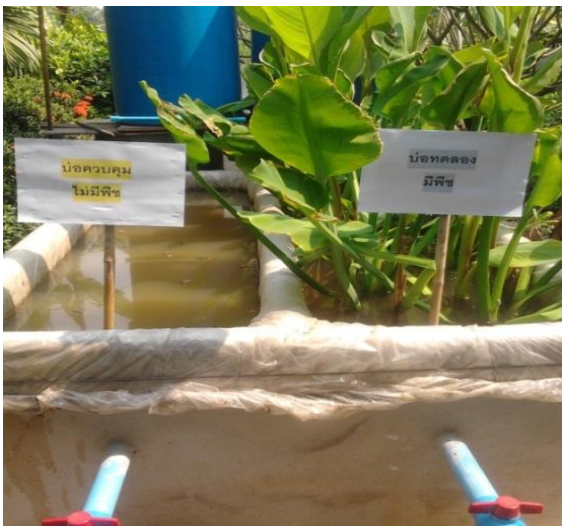
ภาพประกอบที่ 4.20 ถังกระจายน้ำเสีย

- เพื่อให้มีระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ดังนั้นจึงทำการวัดอัตราน้ำไหล ดังภาพประกอบที่ 4.21 ให้มีอัตราการไหลประมาณ 16.67 ลิตร/วัน โดยปล่อยน้ำเสียให้ไหลไปตามผิวหน้าดินอย่างช้า ๆ จนครบ 9 วัน ดังภาพประกอบที่ 4.22, 4.23 และภาพประกอบที่ 4.24

ภาพประกอบที่ 4.21 แสดงการวัดอัตราน้ำไหล

ภาพประกอบที่ 4.22 แสดงการปล่อยน้ำเข้าระบบบึงประดิษฐ์

ภาพประกอบที่ 4.23 แสดงปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบึงประดิษฐ์ในวันที่ 9



ภาพประกอบที่ 4.24 ระบบบึงประดิษฐ์

4.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.2.1 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.2.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

- ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการบำบัดที่ถังกระจายน้ำเสีย ดังภาพประกอบที่ 4.25

ภาพประกอบที่ 4.25 แสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างก่อนการบำบัด

ภาพประกอบที่ 4.26 น้ำก่อนการบำบัด

- ทำการเก็บตัวอย่างน้ำภายหลังการบำบัดของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช เวลา 12.00 น. ในวันที่ 10 ซึ่งคือ 24 ชั่วโมงถัดจากการบำบัดในวันที่ 9 ตรงจุดปล่อยน้ำเข้า (จุดที่ 1) ตรงกลางบ่อ (จุดที่ 2) และตรงจุดก่อนปล่อยน้ำออก (จุดที่ 3) ดังภาพประกอบที่ 4.27 และภาพประกอบที่ 4.28 โดยเก็บน้ำใส่ขวดแช่เย็นไว้ในกระติก จากนั้นรีบนำตัวอย่างน้ำไปตรวจวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการโดยตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์แสดงดังภาพประกอบที่4.29และภาพประกอบที่4.30

ภาพประกอบที่ 4.27 แสดงตำแหน่งจุดเก็บน้ำตัวอย่างหลังการบำบัดของบ่อทดลองที่มีพืช

ภาพประกอบที่ 4.28 แสดงตำแหน่งจุดเก็บน้ำตัวอย่างหลังการบำบัดของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช

ภาพประกอบที่ 4.29 ตัวอย่างน้ำหลังการบำบัดของบ่อทดลองที่มีพืช

ภาพประกอบที่ 4.30 ตัวอย่างน้ำหลังการบำบัดของบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช

4.2.1.2 **การตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี** (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

การตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี ที่ 5 วัน (BOD_5) โดยวิธี Azide Modification เป็นการหาค่า BOD_5 คือ การหาผลต่างของค่าออกซิเจนละลายน้ำในวันเริ่มต้น (DO_0) ดังภาพประกอบที่ 4.31 กับค่าออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างเดียวกัน ภายหลังจากบ่มไว้ในตู้อินคูเบเตอร์ ดังภาพประกอบ ที่ 4.32 ไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (DO_5) ด้วยการไตเตรทหาค่าออกซิเจนละลายน้ำ และภาพประกอบที่ 4.33

ภาพประกอบที่ 4.31 ขวดบีโอดี

ภาพประกอบที่ 4.32 ตู้อินคูเบเตอร์

ภาพประกอบที่ 4.33 แสดงการไตเตรทหาค่าออกซิเจนละลายน้ำ

4.2.1.3 **การตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solids : SS)

การตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย โดยวิธี Dried at 103 – 105 °C มีขั้นตอนดังนี้

- นำน้ำเสียกรองผ่านกระดาษกรอง ดังภาพประกอบที่ 4.34

ภาพประกอบที่ 4.34 แสดงการรินน้ำลงบนกระดาษกรอง

- นำกระดาษกรอง ที่กรองน้ำเสียไปอบที่ตู้อบ (Hot Oven) ดังภาพประกอบที่ 4.35 ที่อุณหภูมิ 103 – 150 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

ภาพประกอบที่ 4.35 ตู้อบ (Hot Oven)

- นำกระดาษที่กรองของแข็งแขวนลอยใส่ในโถดูดความชื้น ดังภาพประกอบที่ 4.36

ภาพประกอบที่ 4.36 แสดงการนำกระดาษกรองเข้าโถดูดความชื้น

- ชั่งน้ำหนักของแข็งแขวนลอย โดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด ดังภาพประกอบที่ 4.37

ภาพประกอบที่ 4.37 เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

4.2.1.4 **การตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน** (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

การตรวจวิเคราะห์โดยใช้วิธี Macro Kjeldahl ประกอบด้วยขั้นตอนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และการไตเตรท มีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนดังภาพประกอบที่ 4.38

ภาพที่ 4.38 แสดงการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน

- นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านขั้นตอนการย่อยไปทำการกลั่นที่เครื่องชุดกลั่นดังภาพประกอบที่ 4.39

ภาพประกอบที่ 4.39 แสดงการกลั่น

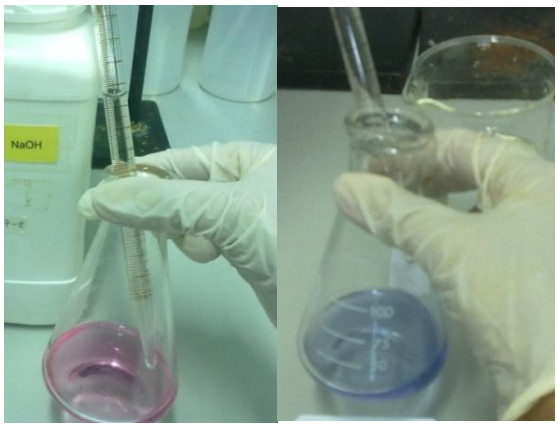
- นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านขั้นตอนการกลั่นไปไตเตรท เพื่อหาค่าทีเคเอ็น ดังภาพประกอบที่ 4.40

ภาพประกอบที่ 4.40 แสดงการไตเตรท

4.2.1.5 **การตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส** (Total Phosphorus : TP)

- การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส ขั้นแรกจะต้องเปลี่ยนให้ไปอยู่ในรูปของออโธฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำ แล้วจึงหาค่าออโธฟอสเฟตด้วยวิธี Ascorbic Acid Method

- การเกิดปฏิกิริยารีดิวซ์ โดยกรดแอสคอบิก ในน้ำที่ทำการทดลอง แสดงดังภาพประกอบที่ 4.41



ภาพประกอบที่ 4.41 แสดงการเกิดปฏิกิริยารีดิวซ์

- วัดด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงเดี่ยว ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร เพื่อหาค่าฟอสฟอรัส ดังภาพประกอบที่ 4.42

ภาพประกอบที่ 4.42 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงแบบลำแสงเดี่ยว

4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.3.1 คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด

น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มาจากชุมชนแม่หรั่งงอกงาม ตั้งอยู่ หมู่ที่ 5 อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี และมีคุณภาพก่อนการบำบัด แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณภาพน้ำก่อนการบำบัด

พารามิเตอร์	**คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด (มิลลิกรัม/ลิตร)**
บีโอดี	180.00
ของแข็งแขวนลอย	175.00
ไนโตรเจน	39.00
ฟอสฟอรัส	0.95

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด มีค่าบีโอดี เท่ากับ 180.00 มิลลิกรัม/ลิตร ของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 175.00 มิลลิกรัม/ลิตร ไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 39.00 มิลลิกรัม/ลิตร และฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.95 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

4.3.2 คุณภาพน้ำหลังการบำบัด

คุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์ ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ มีดังนี้

1) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดีหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	จุดเก็บน้ำ (จุดที่)	การตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี	
		ปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)
บ่อทดลองที่มีพืช	1	44.00	40.00
	2	40.00	
	3	36.00	
บ่อควบคุมที่ไม่มีพืช	1	145.50	141.83
	2	150.00	
	3	130.00	

จากตารางที่ 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดี เท่ากับ 40.00 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดี เท่ากับ 141.83 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

2) **ค่าของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solids : SS)

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	**จุดเก็บน้ำ (จุดที่)**	**การตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย**	
		ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)	**ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)**
บ่อทดลองที่มีพืช	1	40.00	46.66
	2	55.00	
	3	45.00	
บ่อควบคุมที่ไม่มีพืช	1	160.00	140.00
	2	135.00	
	3	125.00	

จากตารางที่ 4.3 ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 46.66 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 140.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

3) **ค่าไนโตรเจน** (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	**จุดเก็บน้ำ (จุดที่)**	**การตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน**	
		ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)	**ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)**
บ่อทดลองที่มีพืช	1	0.27	0.26
	2	0.26	
	3	0.24	
บ่อควบคุมที่ไม่มีพืช	1	0.78	0.83
	2	0.85	
	3	0.87	

จากตารางที่ 4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 0.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

4) **ค่าฟอสฟอรัส** (Total Phosphorus : TP)

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสหลังการบำบัด

หน่วยการทดลอง	**จุดเก็บน้ำ (จุดที่)**	**การตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส**	
		ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร)	**ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร)**
บ่อทดลองที่มีพืช	1	0.27	0.26
	2	0.26	
	3	0.24	
บ่อควบคุมที่ไม่มีพืช	1	0.78	0.83
	2	0.85	
	3	0.87	

จากตารางที่ 4.5 ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

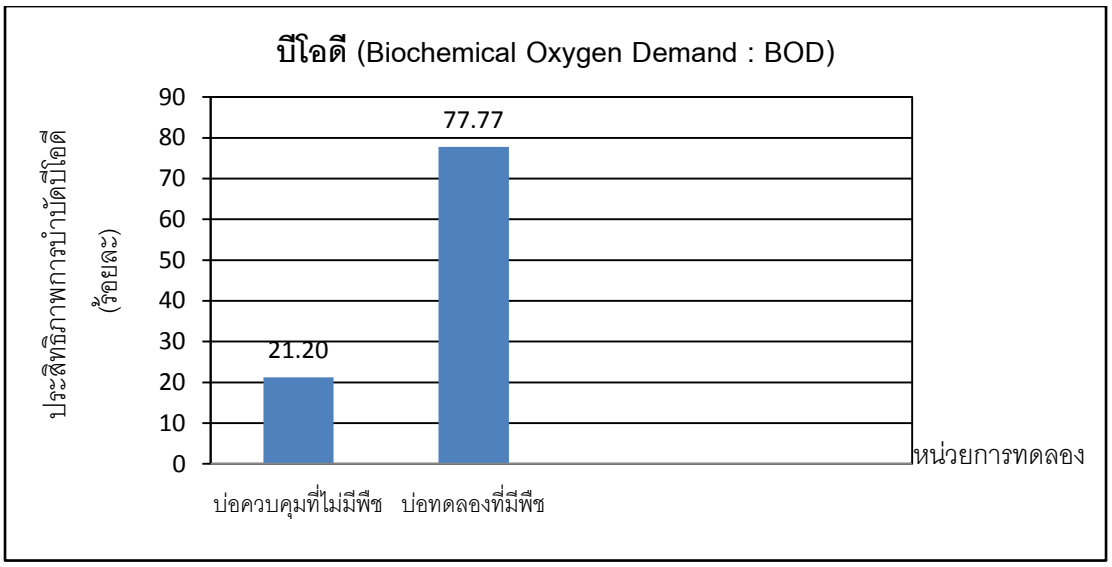
4.4 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

4.4.1 ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน มีประสิทธิการบำบัดบีโอดี แสดงตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

หน่วยการทดลอง	**ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (ร้อยละ)**
บ่อทดลอง ที่มีพืช	77.33
บ่อควบคุม ที่ไม่มีพืช	21.20



ภาพประกอบที่ 4.43 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี

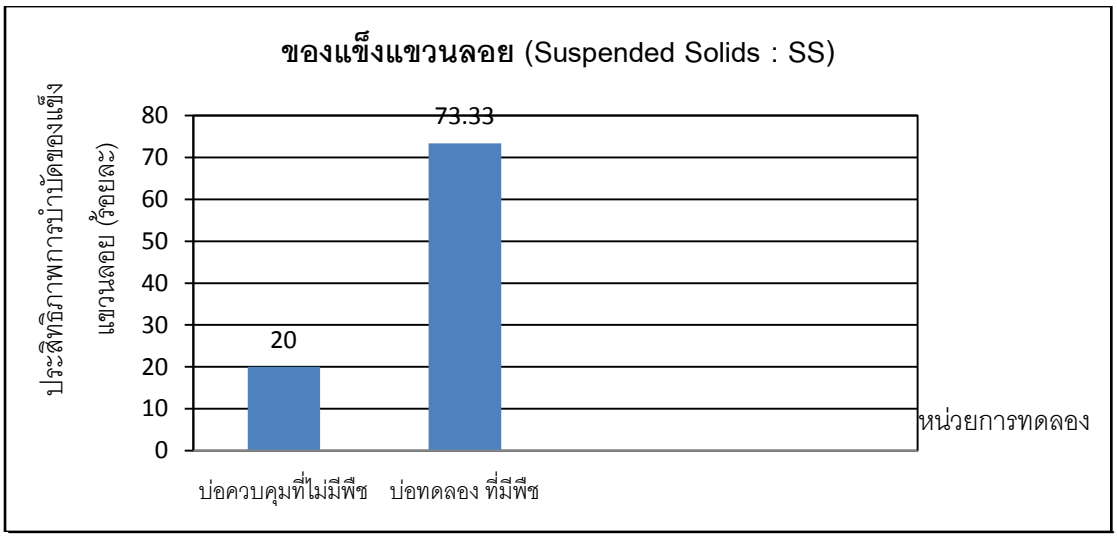
จากตารางที่ 4.6 และภาพประกอบที่ 4.43 ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 77.77 และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 21.20 ตามลำดับ

4.4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน มีประสิทธิการบำบัดของแข็งแขวนลอย แสดงตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย

หน่วยการทดลอง	**ประสิทธิภาพการบำบัดแข็งแขวนลอย (ร้อยละ)**
บ่อทดลอง ที่มีพืช	73.33
บ่อควบคุม ที่ไม่มีพืช	20.00



ภาพประกอบที่ 4.44 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย

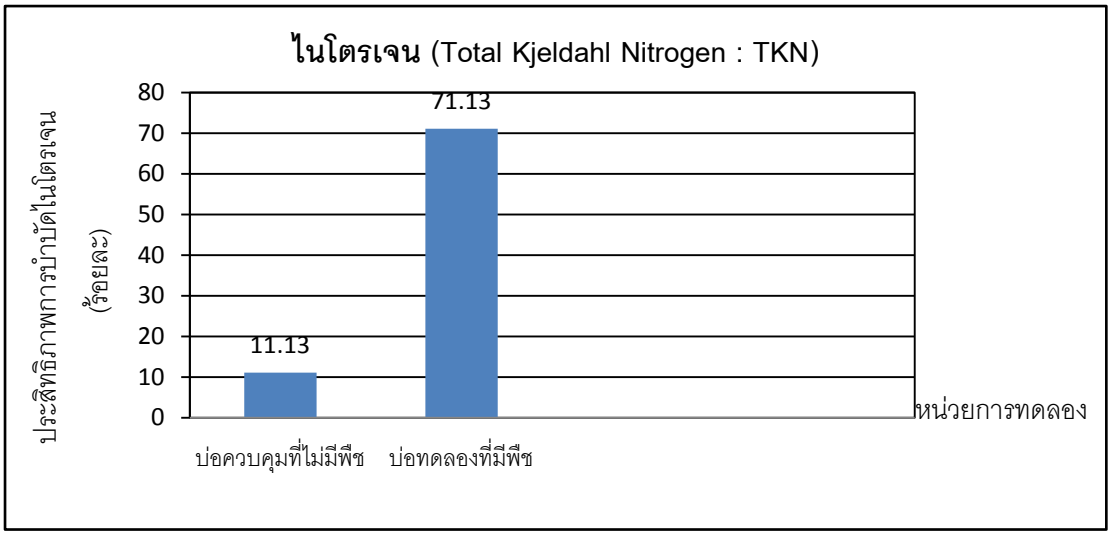
จากตารางที่ 4.7 และภาพประกอบที่ 4.44 ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 73.33 และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 20.00 ตามลำดับ

4.4.3 **ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน** (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน มีประสิทธิการบำบัดไนโตรเจน แสดงตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน (ร้อยละ)

หน่วยการทดลอง	**ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน (ร้อยละ)**
บ่อทดลอง ที่มีพืช	71.13
บ่อควบคุม ที่ไม่มีพืช	11.13



ภาพประกอบที่ 4.45 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน (ร้อยละ)

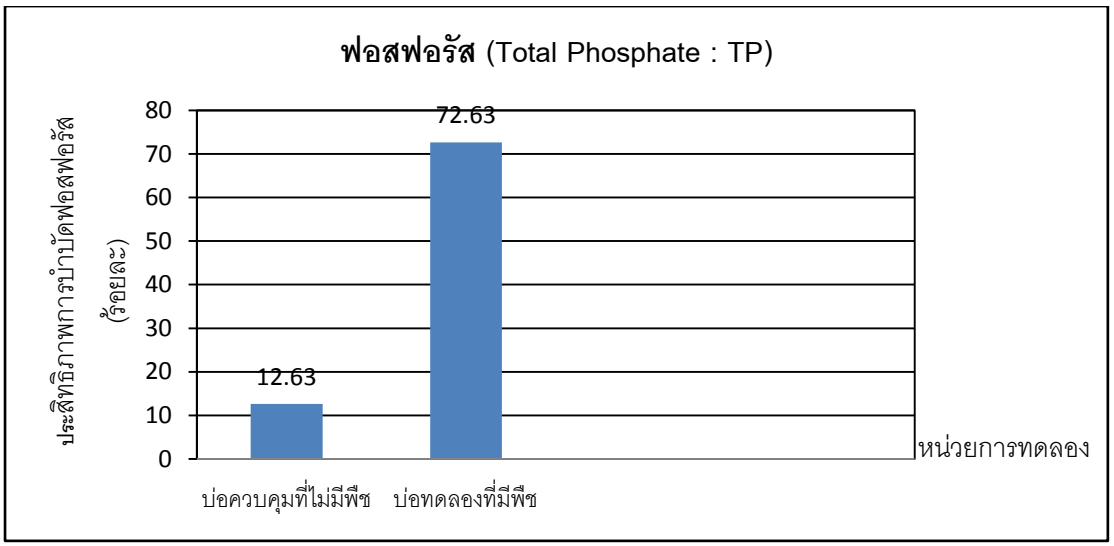
จากตารางที่ 4.8 และภาพประกอบที่ 4.45 ประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจน ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 71.13 และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 11.13 ตามลำดับ

4.4.4 **ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส** (Total Phosphorus : TP)

น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน มีประสิทธิการบำบัดฟอสฟอรัส แสดงตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส

หน่วยการทดลอง	**ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส (ร้อยละ)**
บ่อทดลอง ที่มีพืช	72.63
บ่อควบคุม ที่ไม่มีพืช	12.63



ภาพประกอบที่ 4.46 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส

จากตารางที่ 4.9 และภาพประกอบที่ 4.46 ประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสที่ระยะเวลาการกักพักชลศาสตร์ 9 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 72.63 และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช มีประสิทธิภาพการบำบัด ร้อยละ 12.63 ตามลำดับ

4.5 อภิปรายผล

น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดในระบบบึงประดิษฐ์ ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน แสดงตามตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	**ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)**	
	บ่อทดลองที่มีพืช	**บ่อควบคุมที่ไม่มีพืช**
บีโอดี	77.77	21.20
ของแข็งแขวนลอย	73.33	20.00
ฟอสฟอรัส	72.63	16.63
ไนโตรเจน	71.13	11.13

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

จากตารางที่ 4.10 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน มีดังต่อไปนี้

- ค่าบีโอดี ร้อยละ 77.77 จากบ่อทดลองที่มีพืช กับค่าบีโอดี ร้อยละ 21.20 จากบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ตามลำดับ พบว่าแตกต่างกัน ร้อยละ 56.57
- ค่าของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 73.33 จากบ่อทดลองที่มีพืช กับค่าของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 20.00 จากบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ตามลำดับ พบว่าแตกต่างกัน ร้อยละ 53.33
- ค่าฟอสฟอรัส ร้อยละ 72.63 จากบ่อทดลองที่มีพืช กับค่าฟอสฟอรัส ร้อยละ12.63 จากบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ตามลำดับ พบว่าแตกต่างกัน ร้อยละ 60.00
- ค่าไนโตรเจน ร้อยละ 71.13 จากบ่อทดลองที่มีพืช กับค่าไนโตรเจน ร้อยละ11.13 จากบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ตามลำดับ พบว่าแตกต่างกัน ร้อยละ 60.00

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี โดยมีระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 9 วัน สามารถสรุปผลและเสนอแนะข้อคิดบางประการไว้ดังนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

1) ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืช สูงกว่าบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชในทุกค่าความสกปรก คือ บีโอดี ร้อยละ 56.57 ของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 53.33 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 60.00 และ ไนโตรเจน ร้อยละ 60.00 ดังนั้นการใช้พืชในระบบบึงประดิษฐ์ มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าการไม่ใช้พืชบำบัด

2) การใช้พุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี บำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์ สามารถนำมาบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้ โดยให้ค่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีได้สูงสุด เท่ากับร้อยละ 77.77 รองลงมาคือของแข็งแขวนลอย เท่ากับร้อยละ 73.33 ฟอสฟอรัส เท่ากับร้อยละ 72.63 และไนโตรเจน เท่ากับร้อยละ 71.13 ตามลำดับ

5.1.2 การสร้างระบบบึงประดิษฐ์

ผลจากการวิจัยได้ระบบบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเพิ่มเติมประเด็น และข้อเสนอแนะบางประการที่น่าสนใจ เพื่อเป็นประโยชน์ ในโอกาสต่อไป โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้

1) จากการวิจัย พบว่า พืชในระบบบึงประดิษฐ์ จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีการเพิ่มสารอินทรีย์ในระบบ ดังนั้นจึงควรมีการเก็บเกี่ยวพืชออกจากระบบ

2) จากการวิจัย พบว่า หากมีการเพิ่มขนาดของบ่อให้มีพื้นที่มากขึ้นจะช่วยให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียดียิ่งขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาความเป็นไปได้และประสิทธิภาพของพืชชนิดอื่นในการบำบัดน้ำเสีย

2) การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ควรศึกษาคุณภาพน้ำเพิ่มเติม เช่น ซีโอดี, น้ำมันและไขมัน, โลหะหนัก และธาตุอาหารในรูปอื่น ๆ เป็นต้น

3) ควรศึกษาขีดความสามารถสูงสุดของพืชในการรองรับความสกปรกของน้ำ เช่น ขีดความสามารถในการรองรับสารพิษ และโลหะหนัก

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ**. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2542. **ความหมายน้ำเสีย**. กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2535. **การตรวจวัดน้ำ**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2549. **การไหลตามแนวดิ่ง**. กรุงเทพฯ.

กฤษฎ์ อุทัยรันต์. 2545. **ประสิทธิภาพ**. ม.ป.ท.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **การบำบัดน้ำเสีย**. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **วิศวกรรมการจัดการน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **การบำบัดน้ำเสีย**. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2540. **การออกแบบโรงบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหกิจวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตติมา วสุสิน. 2539. **การศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและที่พักอาศัย กรณีศึกษา:น้ำเสียจากศูนย์ศาลายา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. (สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร). มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

จิตติมา เชื้อกุล. 2545. อ้างถึง สุภาพร จันทร์รุ่งเรือง และ เมธี มณีวรรณ. 2537. **การใช้ประโยชน์จากธูปฤาษี**. วารสารพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

จิตติมา เชื้อกุล. 2545. อ้างถึง วรรณา พวงอินทร์. 2543. **อิทธิพลของความเข้มแสงที่ระดับต่าง ๆต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของพุทธรักษา 5 พันธุ์**. (ปัญหาพิเศษสาขาวิชาพืชสวนเพื่อสภาพแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตติมา เชื้อกุล. 2545. อ้างถึง The Max Planck Institude of West Germany. 1976. **Making aquatic weeds useful : some perspectives for developing countries**. Washington D.C. : National Academy of Sciences.

จิตติมา เชื้อกุล. 2545. อ้างถึง Donald A. and Hammer. 1993. **Guidelines for desing, construction and operation of constructed wetlands for wastewater treatment in Thailand.** Knoxville. Tennessee.

จีรพรรณ กาญจนจินตรา. 2539. **ความหมายของชุมชน**. ม.ป.ท.

ทานตะวัน กิริมิตร. 2553. อ้างถึง กรมควบคุมมลพิษ และ สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2546. **เทคนิคการบำบัดน้ำเสียบางวิธีการนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์และการทดสอบพิษวิทยาสำหรับน้ำทิ้ง**. เล่มที่ 4. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ทานตะวัน. อ้างถึง กรมควบคุมมลพิษ. 2551. **น้ำเสียชุมชนชน**. ม.ป.ท.

ทานตะวัน กิริมิตร. 2553. อ้างถึง ปิฏฐะ บุนนาค. 2529. **ไม้ดอกไม้ประดับ**. กรุงเทพฯ.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ธนาวดี ธานีปกรณ์ และ พิบูลย์ จริยาธนาพล. 2539. **การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบ Constructed Wetland โดยต้นพุทธรักษา (Senior Project ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป)**. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ธานีปกรณ์ และ พิบูลย์ จริยาธนาพล. 2539. **การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบ Constructed Wetland โดยต้นพุทธรักษา (Senior Project ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป)**. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นิสิต จงศุภวิศาลกิจ. 2553. **ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา**. ม.ป.ท.

ประเวศน์ มหารัตน์กุล. 2542. **ความหมาย ประสิทธิภาพ**. ม.ป.ท.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2538. **หนังสือเทคนิคทางเคมี**. สำนักพิมพ์ประกายพรึก, กรุงเทพฯ.

เปลี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2543. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. พิมพ์ครั้งที่ 8. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2539. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. พิมพ์ครั้งที่ 7. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2539. **มาตรฐานน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน**. โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพมหานคร.

พระราชบัญญัติสภาองค์กร. 2551. **"ชุมชน" หมายความว่า**. ม.ป.ท.

ไพบูลย์ ประพฤติกรรม. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพรันต์ เดชะรินทร์. 2544. **"ชุมชน"**. ม.ป.ท.

เพ็ญชุดา ปัญญาวานิชกุล. 2546. **การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นเตย, ตาลปัตรฤษีและแว่นแก้วในระบบบึงประดิษฐ์**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เพ็ญชุดา ปัญญาวานิชกุล. 2546. **การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นเตย ตาลปัตรฤาษีและแว่นแก้ว ในระบบบึงประดิษฐ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2545. **ชุมชนขนาดใหญ่**. ม.ป.ท.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2546. **ประสิทธิภาพ**. ม.ป.ท.

รุจิรัชต์ มันตาพันธ์. 2537. **ประสิทธิภาพของที่ลุ่มน้ำขังที่ปลูกกกจันทบูรณ์ (Cyperus corymbosus Rottb.) ในการบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 จากหอพักนักศึกษา**. (วิทยานิพนธ์สาขาวิชาเอกอนามัยสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ลักษมณ ทองอินทร์. 2554. **ประสิทธิภาพของพืชธูปฤาษีและกกกลม**. ม.ป.ท.

สนธิเดช จิตวิมลนิมิต. 2547. **ประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์โดยใช้ ธูปฤาษีและพุทธรักษา**. วิทยศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2540. **ผักพื้นบ้าน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

สวัสดิ์ กาญจนสุวรรณ. 2542. **ประสิทธิภาพ**. ม.ป.ท.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. **พรรณไม้น้ำ**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. **พรรณไม้น้ำ**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ต้นธนะสกฤษดิ์ และ สมศักดิ์ เจริญวัย. 2542. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำ (แปลงขนาด 5x100 เมตร และ 5x25 เมตร)**. ในเอกสารสัมมนาวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ 25-28 สิงหาคม 2542
ห้องสุธรรมอารีกุล : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ต้นธนะกฤษดิ์ และสมศักดิ์ เจริญวัย. 2542. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของหญ้าเลี้ยงสัตว์และพืชน้ำ**. ในเอกสารสัมมนาวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ; 25-28 สิงหาคม 2542; ห้องสุธรรมอารีกุล: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สารานุกรมไทย ฉบับเฉลิมพระเกียรติฯ. 2550. **การบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมในประเทศไทย**. ม.ป.ท.

เสรี ไตรรันต์. 2520. **หนังสือปฏิบัติการทั่วไป**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2545. **มลพิษทางน้ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2545. **มลพิษทางน้ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม. คณะสาธารณสุขศาตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Boonrod Sanatdipanich. 1997. **The efficiency of aquatic plant systems for domestic Wastewater treatment** (M.S. Thesis in Technology of Environmental Management). Bangkok: Mahidol University.

Cooper P.E.and Boon A.G. 1987. **The use of phragmites for wastewater treatment by the root zone method.** In: Reddy K.R. and Smith W.H. editors. **The UK Approach: aquatic plants for wastewater treatment and resource recovery**. Magnolia Public.

Donald A. and Hammer. Guidelines for desing. 1993. **construction and operation of constructed wetlands for wastewater treatment in Thailand.** Knoxville. Tennessee.

Hammer, D.A. 1989. **Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural.** Michigan : Lewis Publishers.

Huddleston, G.M., W.B. Gillespie and J.H. 2000. **"Using Constructed Wetlands to Treat Biochemical Oxygen Demand and Ammonia Associated with a Refinery Effluent,"** Ecotoxicdogy and Environmental Safety.

Koottathep T. and Polpasert C. 1997. **Constructed wetland.** EEAT handbook & direct .

Reed S.C. , Middiebrooks E.J. and Crites R.W. 1995. **Natural system for waste management and treatment.** 2nd ed. New York: McGraw-Hill Inc.

Reed.s. , Parten. S. , Maatzen. G. and Phoren. R. 1996. **Water reuse for sludge management and wetland habitat.** Wat Sci Tech.

Rogers F.E.J. , Rogers K.H. and Buzer J.S. 1985. **Wetlands for wastewater treatment.** Jonhannesburg South Africa: Witwatersrand University Press .

Rogers F.E.J. , Rogers K.H. and Buzer J.S. 1985. **Wetlands for wastewater treatment.** Johannesburg South Africa: Witwatersrand University Press .

The Max Planck Institude of West Germany. 1976. **Making aquatic weeds useful : some perspectives for developing countries.** Washington D.C. : National Academy of Sciences.

Tridech S. , A.J. Englande,M.J. Hebert and R.F. Wilkison. 1981. **Tirtiary wastewater treatment by the application of vascular aquatic plants: chemistry in water reuse.** Ann Arbor Science Publisher Inc.

Water pollution Control Fedration (WPCF). 1990. Chapter 9: Wetland system, manual of practice FD-16. In: S.C. Reed, editor. **Natural system for wastewater treatment.** Alexandria. VA .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิธีตรวจวิเคราะห์บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

1.1 หลักการ

เป็นการหาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ/น้ำเสีย โดยการวัดปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ/น้ำเสีย การวิเคราะห์หาค่า BOD เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1^{O}C

1.2 สภาวะการวิเคราะห์ทดสอบ

เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างที่ควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียสหรือควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียส อินคิวเบท (Incubate)ตัวอย่างเป็นเวลา 5 วัน ± 6 ชั่วโมงในที่มืด ณ อุณหภูมิ 20 ± 1^{O}C

1.3 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง

หลังจากเก็บตัวอย่างควรจะทำการวิเคราะห์ทันที กรณีไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีต้องตัวอย่างน้ำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง

1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดอินคิวเบท (Incubation bottles) ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้วที่เป็น ground joint พร้อมฝาครอบพลาสติก (BOD cap)
- ตู้อินคิวเบท (Refrigesated Incubator) ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1°C
- บิวเรตต์ (Burette)
- ปิเปตต์ (Pipette)
- กระบอกตวง(Grunduedsilender)
- Air pump

1.4.2 สารเคมี

- Potassium Dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4)
- Di - Potassium Dihydrogen Phosphate (K_2HPO_4)
- Di - Sodium Hydrogen Phosphate hepta hydrate ($Na_2HPO_4 .7H_2O$)
- Ammonium Chloride (NH_4Cl)
- Magnesium Sulfate ($MgSO_4.7H_2O$)
- Calcium Chloride ($CaCl_2.2H_2O$)
- Iron(III) Chloride Hexahydrate ($FeCl_3.6H_2O$)
- Sulfuric Acid (H_2SO_4)
- Manganese Sulfate ($MnSO_4.H_2O$)
- Sodium Hydroxide (NaOH)
- Potassium bi - iodate[$KH(IO_3)_2$]
- Sodium Iodide (NaI)
- Sodium Azide (NaN_3)
- Starch Soluble
- Sodium Thiosulfate pentahydrate ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)
- Purified Water

1.4.3 วิธีเตรียมสารละลาย

- สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม , ไดโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 21.75 กรัม, ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$) 33.4 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร

- สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมโดยละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($NgSO_4.7H_2O$) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เตรียมโดยละลายแอนไฮดรัสแคลเซียมคลอไรด์ (anhydrous$CaCl_2$) 27.5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ เตรียมโดยละลายเฟอร์ริคคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_3.6H_2O$) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายกรดและด่างเพื่อใช้ในการปรับค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสีย

- ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริคเข้มข้น 28 มิลลิลิตรลงในน้ำกลั่น พร้อมคน เจือจางจนได้ 1 ลิตร แต่ถ้าเป็นด่างละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ เตรียมโดยละลายโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายนี้ไม่อยู่ตัวต้องเตรียมวันที่จะใช้

- ไนตริฟิเคชัน อินฮิบิเตอร์

nitrification inhibitor 2-chloro – 6 (trichloromethyl) pyridine , TCMP

- สารละลายมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิก (Glucose – glutamic acid solution) อบกลูโคสและกรดกลูตามิก ที่อุณหภมิ 103 ^{0}C 1ชั่วโมง เติม 150 มิลลิกรัมกลูโคสและ 150 มิลลิกรัมกรดกลูตามิกในน้ำกลั่นเจือจางจนได้ 1 ลิตร

- สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ เตรียมโดยละลาย 1.15 กรัม NH_4Cl ในน้ำกลั่น ประมาณ 500 มล.ปรับสารละลายนี้ให้มีพีเอช 7.2 ด้วยสารละลาย NaOH แล้วเจือจางจนได้ 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีไนโตรเจน 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

- น้ำกลั่น Purified Water

- สารละลายแมงกานีสซัลเฟต เตรียมโดยละลาย $MnSO_4 . 4H_2O$ 480 กรัม หรือ $MnSO_4 .2H_2O$ 400 กรัม หรือ $MnSO_4 .H_2O$ 364 กรัม ในน้ำกลั่น กรองและปรับปริมาตรจนได้1 ลิตร

- Alkali-iodide azide reagent เตรียมโดยละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม ในน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร1ลิตร ละลาย $NaN_3$10 กรัมในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

- น้ำแป้ง Starch Solution วิธีเตรียมละลาย Soluble starch 5 กรัม ในน้ำต้มประมาณ 800 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือดประมาณ 2-3 นาที ตั้งค้างคืนไว้ใช้แต่น้ำใส ๆ ข้างบน ควรเติม salicylic acid 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร หรือ toluene 2-3 หยดเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

- สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่น เติม 6 N NaOH หรือ NaOH 0.4 กรัม และเจือจางให้ได้ 1 ลิตร ทำการ standardization สารละลายนี้ด้วยสารละลายไบไอโอเดต หรือ ไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้น

- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัลสารละลายซึ่งจะสมมูลกับ 0.025 นอร์มัลโซเดียมไธโอซัลเฟตจะมี $K_2Cr_2O_7$อยู่ 1.226 กรัมต่อลิตร $K_2Cr_2O_7$ที่จะใช้ต้องอบให้แห้งที่ 103 ^{o}C ประมาณ 2 ชั่วโมง (standardization : เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่เตรียมไว้) ละลาย KI ประมาณ 2 กรัม ในขวดรูปกรวยด้วยน้ำกลั่น 100 – 150 มิลลิลิตร เติม 6N $H_2SO_4$1มิลลิลิตร ลงไปตามด้วย $K_2Cr_2O_7$ 0.025 นอร์มัล 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 5นาที เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ที่เตรียมไว้ เติมน้ำแป้งเมื่อใกล้จะถึง end point ซึ่งสังเกตได้จากสีของสารละลายเป็นสีฟางข้าว ถ้าสารละลาย $Na_2S_2O_3$ มีความเข้มข้น 0.025 นอร์มัล ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตจะเท่ากับ 20 มิลลิลิตรพอดี ปกติแล้วมักปรับความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ให้เท่ากับ 0.025 นอร์มัลพอดีเพื่อความสะดวกในการคำนวณ คำนวณหาความเข้มข้นจากสูตร

เมื่อ $M_2 = (V_1 M_1) / V_2$

M_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต(นอร์มัล)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (มิลลิลิตร)

M_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต(นอร์มัล)

1.5 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

- การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (pretreatment)
- นำตัวอย่างน้ำที่มีการปรับอุณหภูมิให้ได้ 20 ± 3 องศาเซลเซียส
- เติมอากาศให้ตัวอย่างมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำใกล้จุดอิ่มตัว
- ค่อยๆรินตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีจนถึงคอขวด ระวังอย่าให้มีฟองอากาศโดยรินตัวอย่างใส่ขวดบีโอดี 2 ขวด ต่อ 1 ตัวอย่าง ปิดจุกให้สนิทและมีน้ำหล่อที่ปากขวด
- นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย ดังนี้
- เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และสารละลายอัลคาไลไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร
- ปิดจุกระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เย่าโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง จะเกิดตะกอนสีน้ำตาลปล่อยให้ตกตะกอน

- เปิดจุกออกแล้วเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน จนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ก่อนนำไปไตเตรตสารละลายนี้จะเก็บไว้ได้ 2 ชั่วโมง

- ไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วย โซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 N จนกระทั่งสีเหลืองเริ่มจางลง (สีฟางข้าว) เติมน้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร จะได้สีน้ำเงิน ไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงิน

- บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้น ให้เป็น DO_0

- นำอีกขวดหนึ่งใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วันแล้ว นำตัวอย่างนั้นมาหาออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่ ดังวิธีตามข้อ 8.2.5-8.2.8

- บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่เพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วัน ให้เป็น DO_5

1.6 วิธีการที่ต้องเจือจางตัวอย่าง

- การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง
- ขั้นตอนการเจือจางตัวอย่าง
- เลือกเปอร์เซนต์ตัวอย่างการทำเจือจางที่คาดว่าจะให้ค่า BOD อยู่ในช่วงที่กำหนด
- เติมน้ำผสมเจือจางลงในกระบอกประมาณ 10 มิลลิลิตร
- เติมตัวอย่างตามส่วนที่คำนวณได้จากตาราง
- เติมน้ำผสมเจือจางลงจนครบ 1 ลิตร
- กวนให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน อย่าให้มีฟองอากาศ
- ค่อยๆ ดูดตัวอย่างที่ผสมกันดีแล้ว ลงในขวดบีโอดีที่แห้งและสะอาด ปิดจุกขวดให้สนิทตรวจดูให้แน่ใจว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวด ปิดด้วยฝา Cap แล้วนำไปเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ±1 ^{0}C เป็นเวลา 5 วัน 6 ± ชั่วโมง จึงนำออกมาหาค่าออกซิเจนละลาย (DO_5) โดยใช้วิธี Azide Modification ส่วนขวดที่เหลือนำไปวิเคราะห์หาออกซิเจนละลาย(DO) ทันทีเพื่อทราบค่า DO_0 ที่จุดเริ่มต้น

1.7 การพิจารณาผลเพื่อใช้คำนวณค่า BOD

ผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้คำนวณต่อไปได้นั้นจะต้องมีค่าปริมาณ DO เหลืออยู่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และต้องมีการลดปริมาณ DO ลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตรของตัวอย่างที่ทำการเจือจางจึงจะทำให้ค่า BOD ที่คำนวณออกมาได้นั้นถูกต้องที่สุด

1.8 การคำนวณ

$$BOD_5\ (mg/L) = \frac{D_0 - D_5}{p}$$

เมื่อ D_0 = DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางและทำการหาทันที , mg/L

D_5 = DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วเพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วันที่ 20 ^{o}C, mg/L

P = % Dilution

2. วิธีตรวจวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids:SS)

2.1 หลักการ

ปริมาณของแข็งแขวนลอย หมายถึง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.45 ไมโครเมตร ที่เหลือค้างอยู่บนกระดาษกรอง หลังจากการกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้ว แล้วนำกระดาษกรองพร้อมตะกอนที่ค้างอยู่ด้านบนไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105^{0}C จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือปริมาณของแข็งแขวนลอย

2.2 สภาวะการวิเคราะห์

ควบคุมห้องเครื่องชั่งให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 ± 5 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 40-60 %

2.3 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

ควรเก็บตัวอย่างในขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่จะไม่ทำให้สารแขวนลอยที่ข้างภาชนะ ควรวิเคราะห์ทันทีแต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้เก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C ทางที่ดีไม่ควรเก็บเกิน 1 วัน แต่ถ้าเก็บไว้นานเกิน 7 วัน อย่านำตัวอย่างนั้นมาวิเคราะห์อีก ตัวอย่างที่แช่เย็นเมื่อจะนำมาวิเคราะห์ต้องทิ้งให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเสียก่อน

2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

- โถทำแห้ง (Desicator)
- cical Balance) ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- กระดาษกรองใยแก้ว (Glass microfiber filters)
- กรวยกรองบุคเนอร์ (Buchner funnel)
- เครื่องดูดสุญญากาศ (Vacum Pump & Suction Flask) ขนาด 1 ลิตร

กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50, 100 มิลลิตร

- ที่คีบกระดาษ (Forceps) วัดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ถ้วยอลูมิเนียม สำหรับใส่กระดาษกรอง

- ขวดสำหรับฉีดล้าง (Washing Bottle) ชนิดพลาสติกสารเคมี

2.5 สารเคมี

- สารละลาย Reference Suspended of Microcrystalline Cellulose ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

- น้ำกลั่น (Purifide Water)

2.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- เตรียมชุดกรองตัวอย่าง โดยต่อเครื่องดูดสุญญากาศ

- การเตรียมกระดาษกรองการสูญหายไปของน้ำหนักหลังจากผ่านการกรองและอบ โดยสุ่มเลือกกระดาษกรองอย่างน้อย 3 แผ่น ในแต่ละกล่อง วิเคราะห์กระดาษกรองแต่ละแผ่นดังนี้

1) วางกระดาษกรองแต่ละแผ่นในแผ่นอลูมิเนียม

2) ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนแห้ง

3) อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก อบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งก่อนไม่เกิน 4% หรือ 0.0005 กรัม ของน้ำหนักครั้งก่อน (โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)

4) คำนวณผลต่างระหว่างน้ำหนักของกระดาษกรองเริ่มต้นและน้ำหนักของกระดาษกรองหลังผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นแล้ว หากน้ำหนักที่สูญเสียไปไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม แสดงว่ากระดาษกรองกล่องที่ตรวจสอบนี้เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอย

- การเตรียมกระดาษกรองสำหรับใช้วิเคราะห์ นำกระดาษกรองชุดที่ผ่านการตรวจสอบจากข้อ 9.2.1 แล้ว มาเตรียมไว้ให้พร้อมสำหรับใช้งาน ตามขั้นตอนดังนี้

1) วางกระดาษกรองลงบนกรวยของชุดกรองซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศโดยให้ด้านหยาบของกระดาษกรองอยู่ด้านบน

2) ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนแห้ง

3) นำกระดาษกรองไปใส่ในถ้วยกระดาษอลูมิเนียม

4) อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

5) ชั่งน้ำหนัก อบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งก่อนไม่เกิน 4% หรือ 0.0005 กรัม ของน้ำหนักครั้งก่อน (บันทึกน้ำหนัก B โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)

6) เก็บกระดาษกรองไว้ในโถดูดความชื้น

2.7 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- ใช้ปากคีบหนีบกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักคงที่แล้วมาวางลงบนกรวยของชุดกรองที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ โดยให้ด้านหยาบของกระดาษกรองอยู่ด้านบน
- ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 20 มิลลิลิตร ติดต่อกัน 3 ครั้งโดยเปิดเครื่องดูดสุญญากาศให้กระดาษกรองแนบติดแน่นกับกรวย
- ปรับตัวอย่างน้ำให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- กวนตัวอย่างด้วย Magnetic Sterrer ให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน
- เทตัวอย่างใส่กระบอกตวงโดยเทครั้งเดียวให้ได้ปริมาตรใกล้เคียงกับที่ต้องการบันทึกปริมาตรที่ใช้ ควรเลือกปริมาตรตัวอย่างที่คาดว่าจะให้น้ำหนักของของแข็งที่เหลือบนกระดาษกรองมีค่าประมาณ 2.5 - 200 มิลลิกรัม
- รินตัวอย่างลงบนกระดาษกรองในกรวยของชุดกรองที่เปิดเครื่องดูดสุญญากาศและใช้แท่งแก้วช่วยเพื่อไม่ให้น้ำตัวอย่างล้นถึงขอบของกระดาษกรอง
- ฉีดน้ำกลั่นล้างของแข็งที่อาจติดอยู่บนกระดาษกรองและกระบอกตวง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่น ครั้งละประมาณ 10 มิลลิลิตร หลังจากกรองเรียบร้อยแล้วให้เปิดเครื่องดูดต่ออีก 3 นาที เพื่อกำจัดน้ำออกไปให้มากที่สุดเท่าที่มากได้
- ปิดเครื่องดูดสุญญากาศ ใช้ปากคีบหนีบกระดาษกรองใส่ถ้วยกระดาษอลูมิเนียมเดิมนำกระดาษกรองเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 ^{0}C เป็นเวลา 1ชั่วโมง
- ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง อบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากการชั่งครั้งก่อนไม่เกิน 4% หรือ 0.0005 กรัม ของน้ำหนักครั้งก่อน (บันทึกน้ำหนัก A โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)

2.8 **การคำนวณ**

$$\textbf{ปริมาณของแข็งแขวนลอย} = \frac{(A-B) \times 1000 \times 1000}{\textbf{ปริมาตรตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร}}$$

เมื่อ A = น้ำหนักกระดาษกรอง + ปริมาณของแข็งแขวนลอย

B = น้ำหนักของแผ่นกระดาษกรองก่อนกรอง (กรัม)

3. วิธีตรวจวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen:TKN)

3.1 หลักการ

ปริมาณ Amino Nitrogen ในสารอินทรีย์แอมโมเนียอิสระและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในตัวอย่างเปลี่ยนเป็น Ammonium Sulfate ภายใต้สภาวะที่มีกรดซัลฟุริกและสารโปตัสเซียมซัลเฟตโดยมีคอปเปอร์ซัลเฟตเป็นตัว Catalyst หลังจากนั้นแอมโมเนียในสภาวะที่เป็นด่างจะถูกจับในกรดบอริคแล้วนำไปไตเตรตด้วยกรดวัลฟุริกทำให้ทราบปริมาณทีเคเอ็นที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำเสีย

3.2 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง

กรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีให้เติม สารละลายกรดซัลฟุริกจน pH < 2 เก็บรักษาสภาพตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์ภายใน 28 วัน หลังจากเก็บตัวอย่าง

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ชุดเตาย่อย (Digestion Apparatus)
- ชุดกลั่น (Distillation Apparatus)
- เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
- เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)
- ขวดเจลดาห์ (Kjeldahl Flask) ขนาด 800 มิลลิลิตร
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร
- ปิเปตแบบปริมาตร (Volumetric Pipet) ขนาด 5, 10 และ 50 มิลลิลิตร
- บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 50,100 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.4 สารเคมี

- สารละลายสำหรับย่อย (Digestion Solution)

ละลาย K_2SO_4 134 กรัม และ $CuSO_4$ 7.3 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 134 มิลลิลิตร เมื่อเย็นลงเท่าอุณหภูมิห้องเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร1ลิตร ผสมให้เข้ากัน ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม และโซเดียมไทโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) 25 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1ลิตร สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator Solution) และ ละลายเมทิลเรด 200 มิลลิกรัม ใน100 มิลลิลิตร ของ 95 % เมทธีลอัลกอฮอล์ และละลายเมทธีลลีนบลู 100 มิลลิกรัม ใน 50 มิลลิลิตร ของ 95 % เมทธีลอัลกอฮอล์ รวมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน (เตรียมใช้ในแต่ละเดือน)

- สารละลายกรดบอริคอินดิเคติ้ง (Indicating Boric Acid Solution)

ละลายกรดบอริค (Boric Acid,H_3BO_3) 20 กรัม ในน้ำกลั่น เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตร เจือจางเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (เตรียมใช้ในแต่ละเดือน) สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 1นอร์มัล และปิเปต 28 มิลลิลิตร ของกรดซัลฟุริกเข้มข้น 95-97 % (AR) ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัล

ปิเปต 20 มิลลิลิตรของสารละลายกรดซัลฟุริกมาตรฐานเข้มข้น 1 นอร์มัล แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (ถ้ากรดที่ใช้เข้มข้น 0.02 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร จะเท่ากับ 280 ไมโครกรัมไนโตรเจน)

- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate Solution, Na_2CO_3) เข้มข้น 0.05 N โดยละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2.50 กรัม (ที่อบแห้ง 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง) ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนครบ1ลิตร สามารถเก็บได้นาน 7วัน

3.5 การย่อยตัวอย่าง

- เลือกปริมาตรตัวอย่างที่ต้องการใช้ ตามตาราง ปิเปตใส่ขวดเจลดาลห์ขนาด 800 มิลลิลิตร

- เติมสารละลายสำหรับย่อย ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

- ใส่เม็ดแก้วประมาณ 3-5 เม็ด

- นำไปย่อยภายในตู้ดูดควัน จนกระทั่งปริมาตรตัวอย่างลดลง (ประมาณ 25 ถึง 50 มิลลิลิตร) และสังเกตเห็นไอควันสีขาวเกิดขึ้น

- ทำการย่อยต่ออีกประมาณ 30 นาที ย่อยจนสารละลายเป็นสีเขียวอ่อนใส ปิดเตา

- เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอดไซด์-โซเดียมไทโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ต่อเข้ากับเครื่องกลั่น

3.6 การกลั่นตัวอย่าง

- ทำการเปิดเครื่องชุดกลั่นเพื่อเตรียมการกลั่นตัวอย่าง

- เติมสารละลายกรดบอริค อินดิเคติ้ง ปริมาตร 50 มิลลิลิตรเป็นตัวจับลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่รองรับส่วนที่กลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยจุ่มปลายท่อลงไปใต้ผิวของสารละลายซึ่งถ้าตัวอย่างมีปริมาณทีเคเอ็น สารละลายกรดบอริกอินดิเคติ้ง จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว (อุณหภูมิในคอนเดนเซอร์ไม่ควรเกิน 29 องศาเซลเซียสและกลั่นล้างคอนเดนเซอร์ประมาณ 1-2 นาที)

- นำส่วนที่กลั่นได้ ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัลที่ใช้

- ทำ Reagent Blank โดยใช้น้ำกลั่นและผ่านขั้นตอนทุกอย่างเหมือนกับตัวอย่าง

3.7 การคำนวณ

$$\text{TKN (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 280}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(ml)}}$$

เมื่อ A = มิลลิลิตรของ 0.02 N H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของ 0.02 N H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์

4. วิธีตรวจวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

4.1 หลักการ

Ammonium molybdate และ Potasaium antimonyl tartrate จะทำปฏิกิริยาในสารละลายที่เป็นกรดกับสารละลายออร์โธฟอสเฟตเจือจางเกิดเป็น heteropoly acid phosphomolybdic acid ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดย ascorbic acid ได้สีฟ้าของ molubdenum blue วิธีนี้วัดความเข้มข้นฟอสเฟตได้ต่ำถึง 10 ugP/L

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องสเปกโทรโปโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 880 nm.

- เครื่องแก้วที่ล้างด้วยน้ำกรด และน้ำกลั่นตามลำดับ

4.3 สารเคมี

- H_2SO_4 เข้มข้น 5 N

เติมกรดซัลฟุริคเข้มข้น 70 มล. ลงในน้ำกลั่นเล็กน้อย ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็น ปรับปริมาตร เป็น 500 มล.

- สารละลายแอนติโมนีโปตัสเซียมทาเทรท

- ละลาย 1.3715 กรัม ของ K (SbO)C4H4O6 .1/2 H2O ในน้ำกลั่น 200 มล. แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มล. (เก็บในขวดแก้ว)

- สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท ละลาย 20 กรัม ของ $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4\ H_2O$ ในน้ำกลั่น 200 มล. แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มล. (เก็บในขวดพลาสติก ที่ 4 องศา)

- Ascrobic Acid 0.1 M ละลาย 1.76 กรัม ของ Ascrobic Acid ในน้ำกลั่นเล็กน้อย แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มล. (เก็บได้ 1 อาทิตย์ แช่เย็น 4 องศา)

- น้ำยารวม (Combined Reagent)

ผสม 50 มล. ของ H_2SO_4 เข้มข้น 5 N
5 มล. ของ สารละลายแอนติโมนีโปตัสเซียมทาเทรท
15 มล. ของ สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท
30 มล. ของ Ascrobic Acid

น้ำยาทุกตัวก่อนนำมาผสมกันต้องตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเสียก่อนถ้ามีความขุ่นเกิดขึ้นในน้ำยารวมภายหลังจากเติมแอนติโมโปตัสเซียมหรือแอมโมเนียมโมลิบเดท ให้เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 2 -3 นาที จึงเติมตัวต่อไปต้องผสมตามลำดับ

- Stock Phosphate ละลาย 219.5 มก. ของ KH_2PO_4 (Anhydrous) ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- Standard Solution นำ Stock Phosphate มา 50 มล. ปรับปริมาตร เป็น 1 ลิตร

- สารละลายฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์

- ละลายพีนอล์พธาลีน 5 กรัม ในแอทธานอล 95% จำนวน 500 มล.

- สารละลายกรดซัลฟุริค (H_2SO_4 Solution)

เติมกรดซัลฟุริคเข้มข้น 300 มล. ลงในน้ำกลั่น 600 มล. ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็นปรับปริมาตร เป็น 1 ลิตร

- สารละลายโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตละลาย $K_2S_2O_8$ 5 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล.

- NaOH เข้มข้น 1N ละลาย NaOH 40 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4.4 วิธีวิเคราะห์

4.4.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำ (Digestion)

ดูดตัวอย่างน้ำมา 50 ml. ใส่ขวดรูปกรวยขนาด 125 ml. เติม Phenolphalein indicator 1 หยด ถ้าได้สีแดงให้หยด 5 NH_2SO_4 ลงไปทีละหยดจนกระทั่งสีแดงหายไป เติม combined reagent 8 ml. แล้วเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที เพื่อให้สีเกิดขึ้น แล้วอ่านค่า ABS ที่ความยาวคลื่น 880 nm. โดยใช้ regent blank เป็น reference solution สีของน้ำธรรมชาติจะไม่รบกวนการวิเคราะห์ ถ้าใช้ความยาวคลื่นแสงเท่าที่ใช้อยู่ แต่ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีสีหรือความขุ่นมาก ให้ทำ Blank โดยเติมน้ำยาเคมีทุกอย่างที่ใช้กับตัวอย่างน้ำ นอกจาก ascorbic และ antimonyl แล้วนำค่า ABS ของ Blankไปหักออกจากค่า ABS ของตัวอย่างทุกอัน

4.5 การคำนวณ

4.5.1 ถ้าต้องการในรูปของ P

$$\text{Phosphorus (mg / l P)} = \frac{\text{ug P ที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

4.5.2 ถ้าต้องการในรูปของ PO_4^{-3}

Phosphorus (mg / l PO_4^{-3}) = mg/l P x 3.06

หมายเหตุ ถ้าตัวอย่างมีสีหรือความขุ่นมาก ให้ทำ Blank โดยใช้ตัวอย่างน้ำแทนน้ำกลั่น ทำเหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอน ยกเว้น ในการเติมน้ำยารวม ให้เตรียมโดยไม่เติม เอนติโมนีโพแทสเซียม และกรดแอสคอบิค

ภาคผนวก ข ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากอาคารบางประเภทและบางขนาด

การปฏิรูประบบราชการให้มีการจัดตั้งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมขึ้นมา และให้โอนภารกิจของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ ไปเป็นของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประกอบกับเป็นการสมควรให้คณะกรรมการควบคุมมลพิษเป็นผู้พิจารณาเห็นชอบกับวิธีการตรวจหาค่ามาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง นอกเหนือจากวิธีการที่กำหนดไว้แทนกรมควบคุมมลพิษ จึงสมควรแก้ไขปรับปรุงประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ แก้ไขโดยมาตรา ๑๑๔ แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรมพ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ มาตรา ๕๐ และมาตรา ๕๑ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษและโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ ๑๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๓๗

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

“อาคาร” หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้น ไม่ว่าจะมีลักษณะเป็นอาคารหลังเดียว หรือเป็นกลุ่มของอาคารซึ่งตั้งอยู่ภายในพื้นที่ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกัน และไม่ว่าจะมีท่อระบายน้ำท่อเดียวหรือมีหลายท่อที่เชื่อมติดต่อกันระหว่างอาคารหรือไม่ก็ตาม ซึ่งได้แก่

(๑) อาคารชุด ตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

(๒) โรงแรม ตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

(๓) หอพัก ตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก

(๔) สถานบริการประเภทสถานอาบน้ำ นวดหรืออบตัว ซึ่งมีผู้ให้บริการแก่ลูกค้าตามกฎหมาย ว่าด้วยสถานบริการ

(๕) โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล

(๖) อาคารโรงเรียนเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ อาคารสถาบันอุดมศึกษาของเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนและสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ

(๗) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือองค์การระหว่างประเทศและของเอกชน

(๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า

(๙) ตลาด ตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข แต่ไม่รวมถึง ท่าเทียบเรือประมง สะพานปลาหรือกิจการแพปลา

(๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหาร

“น้ำทิ้ง” หมายความว่า น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ ๓ ให้แบ่งประเภทของอาคารตามข้อ ๒ ออกเป็น ๕ ประเภท คือ

(๑) อาคารประเภท ก.

(๒) อาคารประเภท ข.

(๓) อาคารประเภท ค.

(๔) อาคารประเภท ง.

(๕) อาคารประเภท จ.

ข้อ ๔ อาคารประเภท ก. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ห้องนอนขึ้นไป

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๐๐ ห้องขึ้นไป

(๓) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๓๐ เตียงขึ้นไป

(๔) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๕) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๖) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๗) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตร ขึ้นไป

(๘) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

ข้อ ๕ อาคารประเภท ข. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐๐ ห้องนอน แต่ไม่ถึง ๕๐๐ ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๖๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๒๐๐ ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕๐ ห้องขึ้นไป

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ตารางเมตรขึ้นไป

(๕) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐ เตียง แต่ไม่ถึง ๓๐ เตียง

(๖) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๗) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๙) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๕๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๒,๕๐๐ ตารางเมตร

(๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒,๕๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๖ อาคารประเภท ค. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง ๑๐๐ ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง ๖๐ ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๒๕๐ ห้อง

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๐๐๐ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๕) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๑๐,๐๐๐ ตารางเมตร

(๖) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๐๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๑,๕๐๐ ตารางเมตร

(๗) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๗ อาคารประเภท ง. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๕๐ ห้อง

(๒) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๑,๐๐๐ ตารางเมตร

(๓) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕๐ ตารางเมตร

ข้อ ๘ อาคารประเภท จ. หมายความถึง ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง ๑๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๙ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่าง (PH) ต้องมีค่าระหว่าง ๕-๙

(๒) บีโอดี (BOD) ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ซัลไฟด์ (Sulfide) ต้องมีค่าไม่เกิน ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๕) สารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติไม่เกิน ๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๖) ตะกอนหนัก (Settleable Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน ๐.๕ มิลลิลิตรต่อลิตร

(๗) น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease) ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๘) ทีเคเอ็น (TKN) ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๐ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ข. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๑ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ค. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) ซัลไฟด์ ต้องมีค่าไม่เกิน ๓.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ค่าทีเคเอ็น ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๒ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ง. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) ซัลไฟด์ ต้องมีค่าไม่เกิน ๔.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ค่าทีเคเอ็น ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๓ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท จ. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่างต้องมีค่าระหว่าง ๕-๙

(๒) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๖๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) น้ำมันและไขมัน ต้องมีค่าไม่เกิน ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๔ การตรวจสอบมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง

(๒) การตรวจสอบค่าบีโอดีให้กระทำโดยใช้วิธีการอะไซด์โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๕ วัน ติดต่อกันหรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ

(๓) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอยให้กระทำโดยใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(๔) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ให้กระทำโดยใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)

(๕) การตรวจสอบค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมดให้กระทำโดยใช้วิธีการระเหยแห้งระหว่างอุณหภูมิ ๑๐๓ องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส ในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๖) การตรวจสอบค่าตะกอนหนักให้กระทำโดยใช้วิธีการกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ ๑,๐๐๐ ลูกบาศก์เซนติเมตร ในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๗) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมันให้กระทำโดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(๘) การตรวจสอบค่าทีเคเอ็นให้กระทำโดยใช้วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl)

ข้อ ๑๕ การคิดคำนวณพื้นที่ใช้สอย จำนวนอาคารและจำนวนห้องของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารให้เป็นไปตามวิธีการที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๑๖ วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๑๗ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๘

ยงยุทธ ติยะไพรัช

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นายฉัตรชัย ยาทะเล

วัน เดือน ปีเกิด 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532

ภูมิลำเนา อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ

ประวัติการศึกษา

2544	ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านปราสาท จังหวัดศรีสะเกษ
2547	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนห้วยทับทันวิทยาคม จังหวัดศรีสะเกษ
2550	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนห้วยทับทันวิทยาคม จังหวัดศรีสะเกษ
2554	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาววิไล รอดกลิ่น

วัน เดือน ปีเกิด 10 มีนาคม พ.ศ. 2532

ภูมิลำเนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

2544	ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเนกขัมมาราม จังหวัดปทุมธานี
2547	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี
2550	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี
2554	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวศศิวรรณ เกตบท

วัน เดือน ปีเกิด 12 ตุลาคม พ.ศ. 2532

ภูมิลำเนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

2544	ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดคลองขุนศรี จังหวัดนนทบุรี
2547	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี
2550	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี
2554	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร