การสร้างแบบจำลองการบำบัดน้ำเสียประยุกต์โดยกระบวนการเอเอส: กรณีศึกษาการทดสอบค่า BOD

Development of Wastewater Treatment Model by Applied Activated Sludge Processes : A Case Study of BOD Test

เฉลิมวงศ์ เฮงแสงชัย[1] ทศพร กรทอง[2] อัจฉรา ชุมวงศ์[3] วสันต์ บุญเกิด[4] วิชญ์ ศรีวงษา[5] ธเนศ อักษร[6]
[1,2,4,5,6] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา – ชลประทาน
วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3]กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน

บทคัดย่อ

การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยปราศจากการบำบัดมีแนวโน้มสูงขึ้นในปัจจุบัน จึงส่งผลกระทบต่อมลภาวะทางน้ำอย่างรุนแรง ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะช่วยกันส่งเสริมให้มีการบำบัดน้ำเสียก่อนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ งานวิจัยนี้เป็นแนวทางหนึ่งในการสนับสนุนการแก้ปัญหาด้านมลภาวะดังกล่าว เพราะได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองการบำบัดน้ำเสียเพื่อช่วยให้น้ำมีคุณภาพที่ดีขึ้นโดยใช้ค่า BOD เป็นค่าพารามิเตอร์ทดสอบ ทั้งนี้งานวิจัยเริ่มจากทำการสร้างแบบจำลองการบำบัดน้ำเสียโดยศึกษาจากกระบวนการเอเอส และนำน้ำเสียจากโรงอาหารวิทยาลัยการชลประทานเข้าสู่กระบวนการบำบัดในแบบจำลองที่สร้างขึ้น ทำการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดโดยทดสอบค่า BOD ก่อนและหลังการบำบัดจากตัวอย่างน้ำจำนวน 15 ชุดข้อมูล หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้ง ของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ผลการทดลองพบว่าค่า BOD ก่อนและหลังผ่านการบำบัดมีค่า 307, 333, 333, 535, 617, 308, 290, 238, 243, 238, 302, 287, 250, 267, 265 mg/l และ 35, 32, 47, 46, 52, 19, 11, 16, 15, 17, 18, 17, 20, 19, 16 mg/l ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t-test พบว่าหลังจากผ่านแบบจำลองแล้ว ทำให้ค่า BOD ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยประสิทธิภาพของแบบจำลองในการบำบัดน้ำคิดเป็น 92% ดังนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำได้ ส่งผลให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นภายใต้เงื่อนไขคุณภาพน้ำที่ดีกว่า

Key words : แบบจำลอง การบำบัดน้ำเสีย กระบวนการเอเอส
(Model, Wastewater Treatment, Activated Sludge Processes)

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำเสียจากแหล่งน้ำต่างๆ ถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยปราศจากการบำบัดน้ำเสีย ทำให้แหล่งน้ำเกิดสภาพเน่าเสีย เนื่องจากความสกปรกของน้ำทิ้งจากชุมชนเมือง ซึ่งมีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่การแก้ไขปัญหาน้ำเสียยังไม่ได้กระทำกันอย่างมีระบบ วิธีการบำบัดน้ำเสียมีหลายวิธี จึงจำเป็นที่ผู้ทำการบำบัดน้ำเสียต้องเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ชุมชนนั้นๆ (เอกดนัย, 2539) กล่าวว่าปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นมาในลักษณะต่างๆ เพื่อบำบัดน้ำเสียอันเกิดจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเกินกำลังการบำบัดโดยธรรมชาติ โดยที่ระบบบำบัดน้ำเสียเหล่านี้จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบและติดตามอย่างสม่ำเสมอเพื่อควบคุมระบบบำบัดให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ตรวจสอบและติดตามระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ (สุชาดา, 2546)

ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนั้น หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของน้ำก็คือปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) แต่หากเป็นน้ำเสียหรือน้ำทิ้ง จะต้องคำนึงถึงค่าปริมาณ ออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ด้วย ซึ่งค่า BOD นี้จะมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบ

BOD คือค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เป็นตัวบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำที่นำมาตรวจ และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการบำบัดน้ำได้ การหาค่า BOD ทำได้โดยการหาความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนละลายหรือค่า DO ก่อนและหลังการบ่มน้ำภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 วัน โดยทั่วไปขวดที่ใส่น้ำจะมีลักษณะเป็นขวดสีชามีจุกแก้วปิดสนิท เพื่อป้องกันอากาศเข้าไปรบกวนสภาวะภายในขวด

จากเหตุผลที่ออกซิเจนในอากาศนั้น สามารถละลายน้ำได้ในปริมาณจำกัด คือประมาณ 9 มิลลิกรัมต่อลิตร (ในน้ำบริสุทธิ์ที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่า BOD ในน้ำเสียซึ่งมีความสกปรกมาก จึงจำเป็นต้องเจือจางน้ำเสียให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมพอดีกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ และเนื่องจากการวิเคราะห์ค่า BOD เป็นการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในน้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้น้ำมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เช่นไม่มีสารพิษ แต่มีอาหารเสริมที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต รวมทั้งต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มากพอจะทำการวิเคราะห์หากไม่มี หรือมีน้อยเกินไปควรเติมเชื้อจุลินทรีย์ หรือ หัวเชื้อลงไป เพื่อเพิ่มให้มีจุลินทรีย์ปริมาณมากเพียงพอต่อการวิเคราะห์

อย่างไรก็ตามการบำบัดน้ำที่น่าสนใจและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมวิธีหนึ่งคือ การใช้กระบวนการเอเอส (Activated Sludge Processes) หรือจุลินทรีย์ (Microorganisms) ประเภทใช้อากาศในการช่วยย่อยสลาย ซึ่งสามารถช่วยลดค่า BOD ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้น้อยลงก่อนจะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ การวิจัยนี้จึงได้สร้างแบบจำลองโดยประยุกต์กระบวนการเอเอสมาช่วยในการบำบัดน้ำเพื่อช่วยแก้ปัญหาคุณภาพน้ำทิ้ง

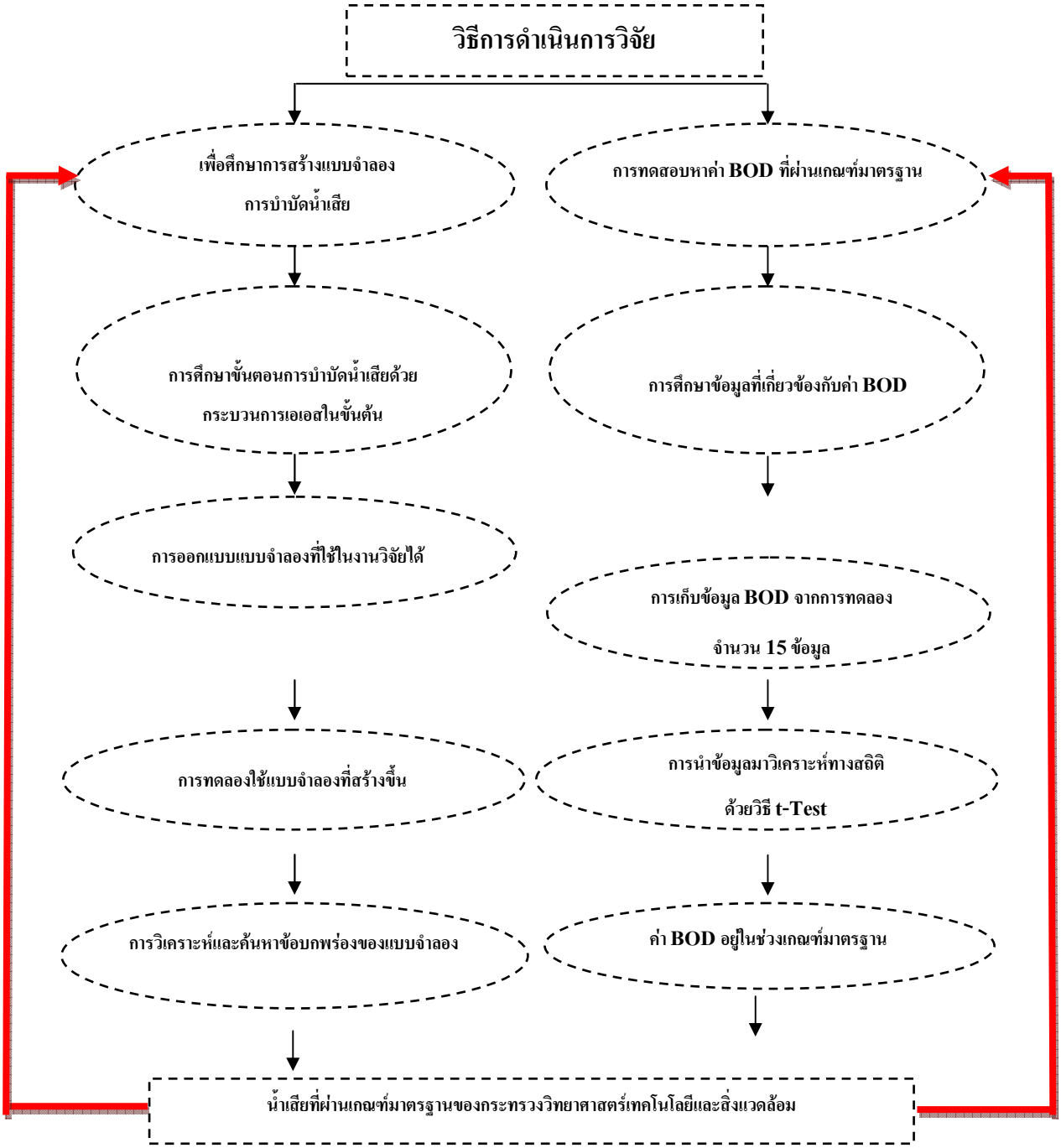
วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ถูกศึกษาเพื่อวัตถุประสงค์ดังนี้

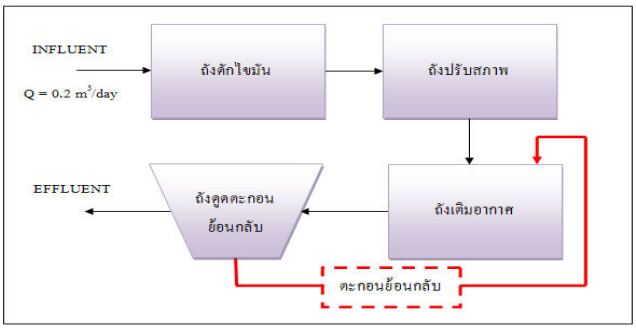
1. สร้างแบบจำลองการบำบัดน้ำเสียโดยนำกระบวนการเอเอสมาประยุกต์
2. ทดสอบค่า BOD ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหลังจากผ่านกระบวนการบำบัดในแบบจำลอง

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนต่างๆในการดำเนินงานวิจัย แสดงในภาพที่ 1 ทั้งนี้ข้อมูลน้ำเสียที่นำมาทดลองได้จากการสูบน้ำเสียปริมาณ 150 ลิตร ในโรงอาหารวิทยาลัยการชลประทาน แล้วทำการเจือจางด้วยน้ำประปาปริมาณ 50 ลิตร ส่วนการทดสอบค่า BOD ทำในห้องปฏิบัติการเคมี กรมชลประทาน สำหรับขั้นตอนในการบำบัดน้ำด้วยกระบวนการเอเอสแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 2 ขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการเอเอสในขั้นต้น

ผลการศึกษาวิจัย

ได้สร้างแบบจำลองการบำบัดน้ำโดยใช้กระบวนการเอเอส แสดงในภาพที่ 3 สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากการทดสอบหาค่า BOD ก่อนผ่านกระบวนการบำบัด จำนวน 15 ตัวอย่างแสดงในตารางที่ 1

ภาพที่ 3 แบบจำลองการบำบัดน้ำ**ด้วยกระบวนการเอเอส**

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำเสียก่อนผ่านกระบวนการบำบัด (Do,BOD หน่วย mg/l)

ค่าทดสอบก่อนผ่านกระบวนการบำบัด				
ครั้งที่	วันที่ทดสอบ	ค่า DO_0	ค่าDO_5	BOD
1	26/8/2552	4.27	0.000	307.44
2	28/8/2552	4.63	0.000	333.36
3	4/11/2552	5.74	2.885	333.00
4	6/11/25521	4.87	0.280	535.37
5	11/11/2552	5.08	0.455	617.45
6	13/11/2552	5.41	3.100	308.39
7	20/11/2552	5.40	3.230	290.00
8	25/11/2552	5.59	3.810	237.63
9	27/11/2552	5.55	3.730	242.97
10	2/12/2552	5.45	3.670	237.64
11	4/12/2552	5.31	3.050	301.71
12	9/12/2552	5.16	3.490	286.89
13	11/12/2552	4.93	3.425	249.80
14	16/12/2552	5.00	3.355	267.49
15	18/1/2553	5.65	3.425	265.29

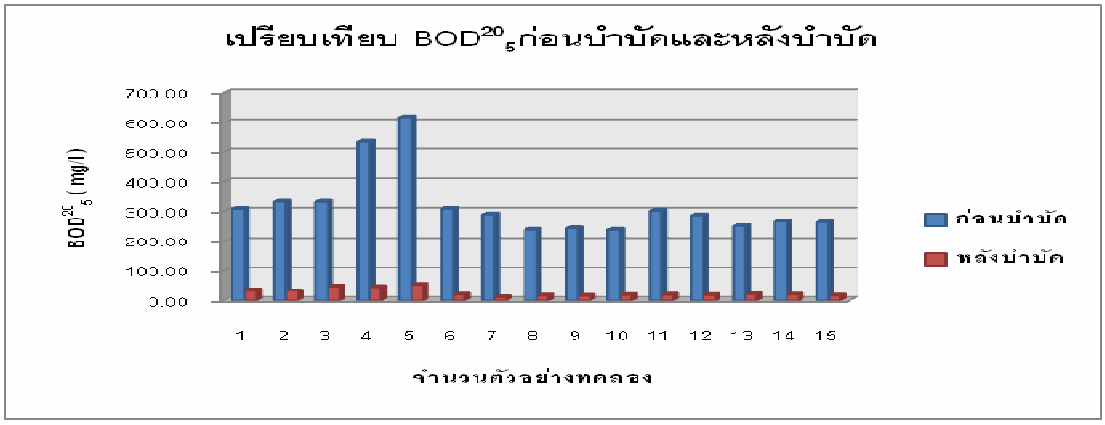
จากผลการทดลองใน ตารางที่ 1 พบว่าค่า BOD จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากการทดลองครั้งที่ 1- 5 โดยค่าสูงสุดคือ 617.45 mg/l ซึ่งมากกว่าค่าที่ออกแบบไว้ที่ 250 mg/l และมากกว่าค่าโดยทั่วไปของน้ำเสียโรงอาหารคือที่ 300 - 400 mg/l แสดงว่าระบบมีการหมักหมมของน้ำเสียที่ตกค้างภายในถัง ทำให้ค่า BOD ที่ออกมาสูงขึ้นเรื่อยๆ หลังจากนั้นได้ทำการปรับปรุง และทำความสะอาดระบบทำให้ค่า BOD มีค่าลดลง และไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้มีค่า BOD ในช่วง 237.63 - 308.39 mg/l

ส่วนผลการทดลองหาค่า BOD หลังผ่านกระบวนการบำบัด แสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่า BOD จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากการทดลองครั้งที่ 1- 5 เช่นเดียวกับก่อนการบำบัดโดยค่าสูงสุดหลังผ่านกระบวนการบำบัดแล้วมีค่า 52.25 mg/l ซึ่งมากกว่าเกณฑ์คือ 20 mg/l หลังจากมีการปรับปรุงระบบแล้วให้ค่า BOD ก่อนการบำบัดลดลง และส่งผลให้ค่า BOD หลังการบำบัดในการทดลองครั้งที่ 6-15 มีค่าลดลงเช่นยเดียวกัน โดยมีค่าระหว่าง 10.63 - 20.35 mg/l ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำเสียหลังผ่านกระบวนการบำบัด (Do,BOD หน่วย mg/l)

หลังผ่านกระบวนการบำบัด				
ครั้งที่	วันที่ทดสอบ	ค่า DO_0	ค่าDO_5	BOD
1	31/8/2552	4.70	3.470	35.00
2	2/9/2552	4.55	3.450	32.00
3	9/11/2552	4.84	2.795	47.11
4	11/11/2552	4.69	1.515	45.72
5	16/11/2552	4.70	1.530	52.25
6	18/11/2552	5.06	3.910	18.95
7	25/11/2552	5.24	4.595	10.63
8	30/11/2552	5.53	4.585	15.57
9	2/12/2552	5.54	4.630	15.00
10	7/12/2552	4.87	3.820	17.30
11	9/12/2552	4.87	3.755	18.37
12	14/12/2552	5.09	4.515	17.43
13	16/12/2552	4.70	3.880	20.35
14	21/12/2552	4.55	3.800	19.05
15	23/1/2553	5.43	4.375	15.52

จากการเปรียบเทียบค่า BOD ก่อนบำบัดและหลังบำบัด แสดงในภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่า BOD หลังจากผ่านกระบวนการบำบัดในแบบจำลองแล้วจะให้ค่า BOD ลดลงในทุกตัวอย่าง

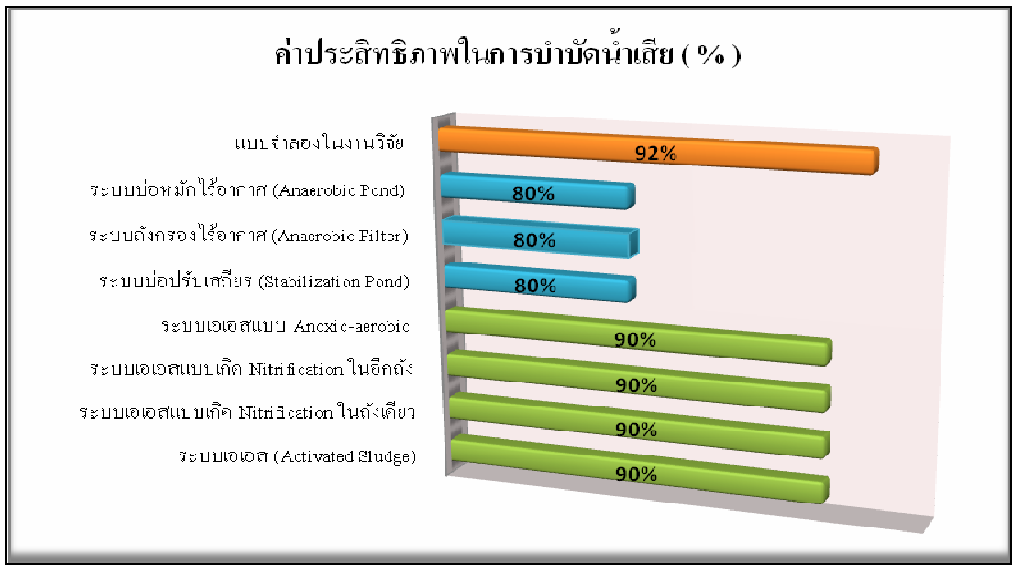


ภาพที่ 4 แผนภูมิความแตกต่างของค่า BOD ก่อนและหลัง ผ่านกระบวนการบำบัดในแบบจำลอง

สรุปผล

การวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสีย ทำการสร้างแบบจำลอง และวิเคราะห์ค่า BOD ในแหล่งน้ำตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่าค่า BOD ของน้ำเสียก่อนบำบัด มีค่าเฉลี่ย 320.962 mg/l และค่า BOD ของน้ำเสียหลังบำบัดมีค่าเฉลี่ย 25.35 mg/l ดังนั้นประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำของแบบจำลองมีค่า 92.10 %

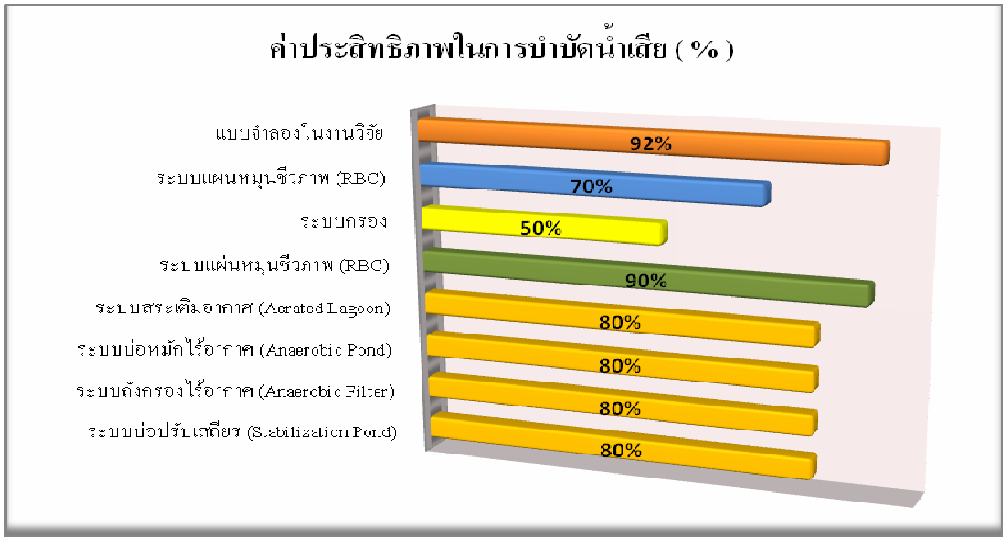
ทั้งนี้ถ้าทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับระบบเอเอสแบบอื่นๆ ดังภาพที่ 5 จะพบว่าแบบจำลองในงานวิจัยมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบเอเอสแบบอื่นๆ ซึ่งให้ค่าระหว่าง 80 % - 90 %



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแบบจำลองกับระบบเอเอสชนิดอื่นๆ

นอกจากนี้ถ้าเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแบบจำลองกับระบบบำบัดอื่นๆ ดังภาพที่ 6 จะพบว่าแบบจำลองในงานวิจัยมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบอื่นๆ ซึ่งมีค่าระหว่าง 50 % - 90 %

ดังนั้นจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า กระบวนการดังกล่าว ทำให้สามารถตอบวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการเอเอส ประเภทใช้อากาศในการช่วยย่อยสลาย สามารถทำให้ค่า BOD ลดลงและผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ ทำให้น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ซึ่งเป็นผลทำให้กระบวนการดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานหรือเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแบบจำลองกับระบบอื่น ๆ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองนี้ แบบจำลองมีขนาดค่อนข้างใหญ่จึงยากต่อการเคลื่อนย้าย รวมถึงการเก็บน้ำเสียซึ่งมีความยากลำบากไม่เหมาะกับบ่อน้ำเสียที่มีขนาดเล็ก

2. การใช้บอลวาล์วควบคุมน้ำ จากระดับน้ำในถัง 200 ลิตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำเร็วกว่าในช่วงระดับที่ต่ำกว่า เป็นผลทำให้ระยะเวลาในการบำบัดเร็วขึ้นกว่าระยะเวลาที่ได้ออกแบบไว้ จึงต้องมีการเพิ่มบอลวาล์วในตำแหน่งหลังจากผ่านกระบวนการของถังดูดตะกอนย้อนกลับเพื่อเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการบำบัดให้มากขึ้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดอีกด้วย

3. แหล่งน้ำที่เลือกในการทำงานวิจัยนี้มีคุณภาพของน้ำต่ำก็คือมีค่า BOD ที่สูงเกินกว่าค่าที่ออกแบบไว้มาก จึงทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำหลังการบำบัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจึงแก้ไขด้วยวิธีการเจือจางโดยใช้น้ำประปาปริมาณ 50 ลิตร เพื่อช่วยลดค่า BOD ก่อนบำบัดให้ต่ำกว่าที่ออกแบบไว้

4. การสูบน้ำเสียจากแหล่งน้ำต้องป้องกันกากอาหารที่ติดมา เนื่องจากจะทำให้ปั๊มน้ำและบริเวณท่อข้อต่อต่าง ๆ เกิดการอุดตัน กากอาหารจะทำให้เกิดการหมักหมมในถังเก็บตัวอย่างน้ำเสียเป็นผลทำให้ค่า BOD สูงขึ้น

5. ปริมาณอากาศที่ให้แก่ระบบบำบัดนั้นน้อยกว่าคุณภาพของน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัย จึงต้องมีการเพิ่มปริมาณอากาศให้มากขึ้นโดยเพิ่มเครื่องเติมอากาศ 2 ตัว บริเวณถังดูดตะกอนย้อนกลับ

6. การดูดตะกอนย้อนกลับไม่ควรสูบตะกอนกลับนานจนเกินไปเนื่องจากจะทำให้ตะกอนที่กันถังดูดตะกอนย้อนกลับฟุ้งกระจายอาจทำให้น้ำขุ่นขึ้น

7. หัวทรายที่เลือกใช้กับเครื่องเติมอากาศควรเลือกใช้ขนาดให้เหมาะสมกับขนาดของถังเพื่อให้อากาศได้กระจายตัวได้เต็มพื้นที่ของถังบำบัด

8. ถังที่เลือกใช้ในการบำบัดควรเลือกใช้ถังที่ทึบแสง เพื่อป้องกันไม่ให้แสงเข้าไปในตัวถังเพราะจะทำให้ตะไคร่เกิดการเจริญเติบโตส่งผลถึงค่า BOD จะมีค่าสูงขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2539. เล่มที่ 113 ตอนที่ 13ง. **กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม**, ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **การบำบัดน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่1. โรงพิมพ์มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2530. **น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพและปริมณฑล**. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. ฉบับที่ 82537 เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง. **กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา.** ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2544. **การบำบัดน้ำเสีย.** บริษัท อี-สแควร์ สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม จำกัด, กรุงเทพฯ.

สุชาดา ไชยสวัสดิ์. 2546. **การประเมินประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ BOD โดยใช้ BOD sensor และใช้ Ultra - Violet Spectrophotometry ในน้ำเสียชนิดต่าง ๆ.**

เอกดนัย ก่อกิมพงษ์. 2539. แหล่งที่มา : http://www.thaiscience.com/index.asp. 3 มิถุนายน 2552