

การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ชั้นเลเยอร์ตัวกลางหลายชนิด

ชนยิตรี แสงวิจิตร^{1*} และประภากรณ์ แสงวิจิตร²

chonyitree.kae@gmail.com^{1*}, prapagon.tom@gmail.com²

^{1*} ภาควิชาอนามัยชุมชน คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Received : 18-Feb-2020
Revised : 02-Jun-2020
Accepted : 12-Jun-2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ตัวกลาง 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกหอยแครง อิฐบล็อก และซีโอไลต์ ซึ่งเป็นเศษวัสดุที่หาได้ง่าย เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ตัวกลางถูกบรรจุอยู่ในชั้นเลเยอร์เรียงขนานกันในแนวดิ่ง น้ำเสียไหลวนในระบบตลอดเวลา ด้วยปั้มน้ำ 19 วัตต์ อัตราการไหล 13 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 6 วัน และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดน้ำเสียระหว่างมีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง ผลการทดลองพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลาง สามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และออร์โธฟอสเฟตได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุด ที่ระยะกักพักน้ำ 6 วัน ร้อยละ 100 และ 86.78 ตามลำดับ และระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่ไม่มีตัวกลาง สามารถบำบัดไขมันและน้ำมันได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะกักพักน้ำ 6 วัน ร้อยละ 39.8 ทั้ง 2 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอไลต์ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: น้ำเสียชุมชน ชั้นเลเยอร์ เปลือกหอยแครง อิฐบล็อก ซีโอไลต์

Domestic Wastewater Treatment by Multiple Layer Media Filter

Chonyitree Sangwijit^{1*} and Prapagon Sangwijit²
chonyitree.kae@gmail.com^{1*}, prapagon.tom@gmail.com²

^{1*} Department of Community Health, Faculty of Public Health, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

² Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

Received	: 18-Feb-2020
Revised	: 02-Jun-2020
Accepted	: 12-Jun-2020

Abstract

This research was a quasi-experimental research. The objective was to apply 3 types of media, which were oyster shells, concrete rubbish, and zeolites, which were scrap materials that were easy to found for treating domestic wastewater. The medium was contained in layers vertically in parallel. Wastewater was continuous with 19 Watt pump, the flow rate of 13 liters per minute, the hydraulic retention time of 6 days and compares the efficiency of the wastewater treatment by multiple layers between media and without media. The results showed that wastewater treatment by multiple layers with media could treat total suspended solids and orthophosphate well with the highest removal efficiency, the hydraulic retention time of 6 was 100 and 86.78%, respectively. Wastewater treatment system using layers without media can treat fat and oil well with the highest removal efficiency, the hydraulic retention time of 6 was 39.8%. Both wastewater treatments by multiple layers with media and without media. The removal efficiency of COD was not different. With statistical significance at the level of 0.05.

Keywords: domestic wastewater, layer, oyster shells, concrete rubbish, concrete rubbish

1. บทนำ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำตั้งแต่ระดับครัวเรือน ไปจนถึงระดับชุมชนให้ถูกต้องเหมาะสม ก่อนที่จะปล่อย น้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นการแนวทางหนึ่ง ในการจัดระบบสุขาภิบาลช่วยลดปัญหามลพิษทางน้ำ ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ดังนั้น ระบบ บำบัดน้ำเสีย จึงถูกนำมาใช้เพื่อช่วยแก้ไขปัญหามลพิษ ดังกล่าว โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge (AS) ซึ่งได้รับความนิยม ใช้หลักการเติมอากาศ ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ (Organic matter) เป็นมลสารหลักในปริมาณไม่สูงมาก โดยอาศัยแบคทีเรีย ที่ใช้อากาศ (Aerobic bacteria) เพื่อให้ได้พลังงาน ในการดำรงชีพ พร้อมทั้งสร้างเซลล์ใหม่ (New cells) และ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น (End product) ได้แก่ คาร์บอนได ออกไซด์ (CO_2) และน้ำ แต่การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้ มีข้อจำกัดในการควบคุมการหมุนเวียนตะกอนจุลชีพ หรือ สลัดจ์ (Sludge) ให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการ และ ต้องมีถังตกตะกอน

ปัจจุบัน มีการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่มี หลักการคล้ายกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS เพื่อลด ข้อจำกัดเรื่องการใช้พื้นที่ ในการสร้างถังตกตะกอน เรียกว่า ระบบถังกรองชีวภาพเติมอากาศ (Biological aerated filter; BAF) อาศัยหลักการให้สารอินทรีย์ ที่อยู่ในน้ำเสียไหลผ่านชั้นตัวกลาง (Media) ที่มีจุลินทรีย์ ยึดติดบางๆ อยู่บนผิวตัวกลาง (Fixed film process) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) เกาะอยู่ บนชั้นของตัวกลาง น้ำที่ผ่านการบำบัดจะใส ทำให้ ไม่จำเป็นต้องหมุนเวียนตะกอนกลับสู่ระบบอีกครั้ง และ ไม่ต้องมีถังตกตะกอน แต่เดินระบบได้สักระยะจะเกิดการ อุดตัน ดังนั้น การเลือกตัวกลาง จึงต้องมีขนาดสม่ำเสมอ มีช่องว่างเพียงพอสำหรับการถ่ายเทอากาศ ขนาดตัวกลาง ที่เป็นหิน เหมาะสมอยู่คือ 5 – 10 เซนติเมตร อัตราส่วน ช่องว่างประมาณร้อยละ 50 หากตัวกลางมีขนาดเล็กกว่านี้ ระบบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดดี แต่เกิดปัญหา อุดตันได้ง่าย [1] อีกทั้งการไหลของน้ำเสียในทิศทางลง จะมีประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดี ซีโอดีและของแข็งแขวนลอย ดีกว่าน้ำเสียไหลขึ้น ซึ่งการไหลขึ้นสามารถ กำจัดไนโตรเจนได้ดี [2] ซีโอไลต์ (Zeolite) เป็นสาร ประกอบอะลูมิโนซิลิเกต (Crystalline aluminosilicates) โครงสร้างรูพรุนขนาดตั้งแต่ 2^{-10} อังสตรอม มีคุณสมบัติในการดูดซับ (Adsorption) เป็นตัวเร่ง

ปฏิกิริยา (Catalyst) และเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) [3] ได้มีผู้ทำการศึกษาอันตรกิริยา ระหว่างฟอสเฟตกับโครงสร้างของซีโอไลต์ (H-zeolite) บริเวณอะตอมออกซิเจนของฟอสเฟต ซึ่งที่มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนสูง แสดงให้เห็นว่าซีโอไลต์ มีความสามารถดูดซับสารประกอบฟอสเฟตได้จริง [4] เช่นเดียวกับอิฐบล็อกถูกนำมาเป็นตัวกลางในระบบ บำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหล ในแนวตั้ง มีประสิทธิภาพกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุด 93% [5] และเปลือกหอยแครง มีองค์ประกอบของ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) 98.56% ถูกนำมาใช้ ในกระบวนการดูดซับ ขนาดของเปลือกหอยแครง 0.30 - 0.85 มิลลิเมตร เวลาสัมผัส 2 ชั่วโมง เปลือกหอยแครง มีประสิทธิภาพการกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำดื่มเฉลี่ยมากกว่า 85% [6] ทั้งตัวกลาง ซีโอไลต์และเปลือกหอยแครง หลังจากนำไปใช้ในการบำบัดแล้ว สามารถนำกลับมา ใช้ใหม่ (Regenerate) หรือนำไปกำจัด โดยการนำไป ต่อยอดเป็นส่วนผสมคอนกรีต [7] สามารถเกิดประโยชน์ ได้อีกทางหนึ่ง

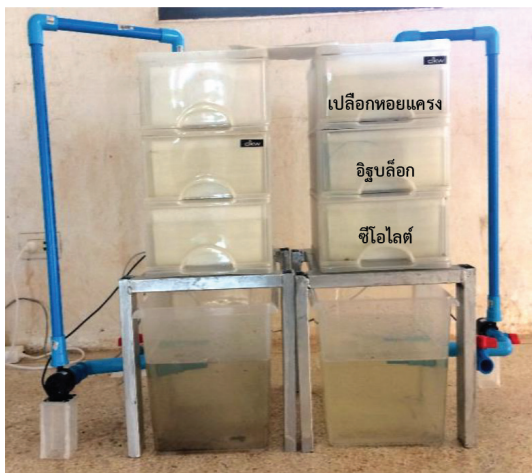
งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา ตัวกลางเปลือกหอยแครง อิฐบล็อก และซีโอไลต์ที่มี ขนาดใกล้เคียงกัน แยกบรรจุอยู่ในชั้น (Layer) ทำการ เปรียบเทียบกับระบบบำบัดที่ไม่มีตัวกลาง เพื่อบำบัด น้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater) โดยวิธีเติม อากาศแบบหมุนเวียนน้ำเสียในทิศทางลงตลอดเวลา ลักษณะอัตราการบำบัดต่ำ (Low rate) เพื่อลดการ อุดตันของฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) ลดปริมาณสลัดจ์ ส่วนเกิน สามารถนำระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้ในพื้นที่ ค่อนข้างจำกัดและสามารถใช้วัสดุที่หาได้ง่าย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1. การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้ชั้นเลเยอร์

การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ประกอบ ด้วยชั้นเลเยอร์ (Layer) โดยทำการแบ่งระบบบำบัด น้ำเสียเป็น 2 ชุด ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง และไม่มีตัวกลาง โครงสร้างของระบบประกอบด้วย ถังรองรับน้ำเสียทำจากพลาสติกมีความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $22.4 \times 34.6 \times 26$ เซนติเมตร สามารถบรรจุ น้ำเสียได้ 15 ลิตร ชั้นเลเยอร์แต่ละชั้นมีความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ $21 \times 30 \times 10$ เซนติเมตร จำนวน 3 ชั้น

แต่ละชั้นบรรจุน้ำเสีย 5 ลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง จะบรรจุเปลือกหอยแครง อิฐบล็อก และซีโอไลต์ โดยคัดตัวกลางทั้ง 3 ชนิดให้มีขนาดใกล้เคียงกัน บรรจุตัวกลางลงในแต่ละชั้น ให้มีความสูงร้อยละ 50 ของชั้นเลเยอร์ ตัวกลางจะจมน้ำ (Submerged attached growth system) น้ำเสียไหลวนในระบบตลอดเวลา ด้วยปั้มน้ำที่มีอัตราการไหล 13 ลิตรต่อนาที ทำหน้าที่ปั้มน้ำเสียจากถังรองรับน้ำเสีย 15 ลิตร อัตราการไหลของน้ำเสียต่อพื้นที่ (Surface loading rate) 1.27 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง ในทิศทางลง ลักษณะอัตราการบำบัดต่ำ (Low rate) ปริมาตรน้ำเสียรวมทั้งระบบบำบัด 30 ลิตร ดังรูปที่ 1



ก. ชุดที่ไม่มีตัวกลาง ข. ชุดที่มีตัวกลาง
รูปที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชั้นเลเยอร์

2.2 รูปแบบการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) เพื่อศึกษาคุณลักษณะน้ำเสีย และประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียของชุมชน (Domestic wastewater) ระหว่างมีตัวกลาง และไม่มีตัวกลาง โดยที่น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางในทิศทางไหลลง ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดพารามิเตอร์ที่เคอน (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN) ได้น้อย จึงไม่ศึกษาพารามิเตอร์ดังกล่าว ส่วนพารามิเตอร์ฟอสฟอรัสศึกษาในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate; PO_4^{3-}) ด้วยจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ (New cells) ได้ทันที

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและการเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ใช้น้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater) ทำการทดลองแบบแบทช์ (Batch) วิเคราะห์พารามิเตอร์ ดังนี้ พีเอช (pH) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solids; TSS) น้ำมันและไขมัน (Oil & grease) ซีโอดี (Chemical oxygen demand; COD) และออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate; PO_4^{3-}) ตามมาตรฐาน (APHA, AWWA & WEF) [8] เก็บตัวอย่างน้ำตรงกึ่งกลางถังรองรับน้ำเสีย ณ เวลา 13.00 น. ของทุกวัน มีระยะกักพักน้ำ (Hydraulic Retention Time; HRT) 6 วัน

2.4 การเตรียมตัวกลาง

ตัวกลางมีคุณสมบัติทางกายภาพ ดังตารางที่ 1 และบรรจุ ร้อยละ 50 ของความสูงของชั้นเลเยอร์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลาง

คุณสมบัติ	เปลือกหอยแครง	อิฐบล็อก	ซีโอไลต์
Size (cm)	4-5	5-6	4-5
Specific surface area (m^2/g)	0.75 ^[5]	3.24 ^[5]	24.9-40 ^[9]
Fluid volume (L)	5	5	5

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids; TSS) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ซีโอดี (Chemical oxygen demand; COD) และออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate; PO_4^{3-}) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละวันของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง และไม่มีตัวกลาง โดยใช้สถิติ One-way ANOVA

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ลักษณะระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ และคุณลักษณะน้ำเสียชุมชน

ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์เป็นระบบบำบัดทางชีวภาพ มีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับ ระบบถังกรองชีวภาพเติมอากาศ (Biological aerated filter; BAF) แตกต่างกันเพียงตัวกลางจะมีขนาดใหญ่ ลดปัญหาการอุดตันของฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) ไม่ต้องล้างย้อน (Backwash) บ่อย มีค่าอัตราการไหลของน้ำเสียต่อพื้นที่ $1.27 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-h}$ ต่ำ ทำให้สูญเสียพลังงาน ในการนำน้ำเสียไหลผ่านตัวกลางน้อย ผลทำให้แรงดันต่ำ

คุณลักษณะน้ำเสียชุมชนก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียแบบชั้นเลเยอร์ (Influent) พารามิเตอร์ส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นพารามิเตอร์ พีเอช (pH) และน้ำมันและไขมัน (Oil & grease) ส่วนน้ำทิ้ง (Effluent) หลังผ่านระบบ HRT 6 วัน ระบบที่มีตัวกลาง ทุกพารามิเตอร์ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) เกินเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย เช่นเดียวกับระบบบำบัดที่ไม่มีตัวกลาง ทุกพารามิเตอร์ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) เกินเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าระบบบำบัดที่มีตัวกลาง

ตารางที่ 2 คุณลักษณะน้ำเสียชุมชนก่อนเข้าและออกระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ HRT 6 วัน

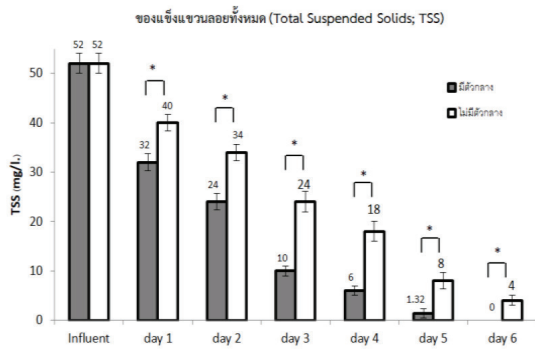
พารามิเตอร์	น้ำเสีย เข้าระบบ (Influent)	น้ำทิ้ง (Effluent)		ค่ามาตรฐาน*
		มีตัวกลาง	ไม่มีตัวกลาง	
พีเอช	7.22±0.1	8.50±0.5	7.95±0.2	5.5 – 9.0
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (มก/ล.)	52.0±3.0	0.0±0.0	4.0±0.0	30 มก/ล.
บีโอดี (มก/ล.)	450.0±10.0	18.0±2.0	17.0±2.0	20 มก/ล.
ซีโอดี (มก/ล.)	700.0±163.0	50±12.0	70.0±16.0	120 มก/ล.
ออร์โธฟอสเฟต (มก/ล.)	18.0±0.27	2.4±0.07	8.5±0.04	2 มก/ล.
น้ำมันและไขมัน (มก/ล.)	0.084±0.05	0.052±0.02	0.050±0.02	5 มก/ล.

* ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ลงวันที่ 7 เมษายน 2553 ประกาศ ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ 69 ง วันที่ 2 มิถุนายน 2553

3.2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำเสียชุมชนของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ

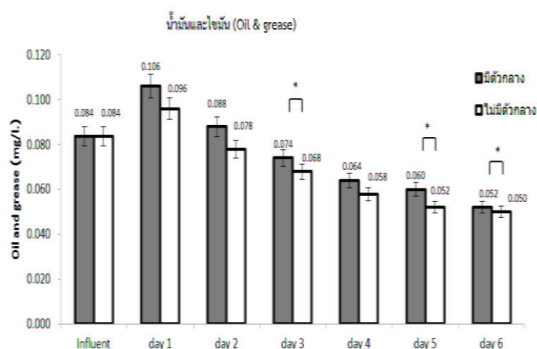
ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำเสียชุมชนในแต่ละวัน ของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ระหว่างมีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง จะศึกษาเฉพาะพารามิเตอร์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ซีโอดี (COD) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) น้ำมันและไขมัน (Oil & grease) ส่วนบีโอดี (BOD) ไม่ทำการศึกษาเปรียบเทียบในแต่ละวัน ศึกษาเฉพาะก่อนและหลังเข้าระบบบำบัด HRT 6 วัน ผลการวิเคราะห์ พบว่าคุณลักษณะน้ำเสียพารามิเตอร์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 32.00 24.00 10.00 6.00 1.32 และ 0.00 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 40.00 34.00 24.00 18.00

8.00 และ 4.00 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางกับไม่มีตัวกลาง มีค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ HRT วันที่ 1 ถึงวันที่ 6 ที่ระดับ P-value < .05 ดังรูปที่ 2 เห็นได้ว่ามีของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ถูกดูดซับ (Adsorb) ไว้บนตัวกลางตั้งแต่วันที่ 1 ทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ลดลงเรื่อยๆ จนไม่ถูกตรวจพบที่ HRT 6 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยถังกรองชีวภาพแบบไหลลงที่ใช้เปลือกหอยเป็นตัวกลางกรอง โดยระบบสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพดี มีของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในน้ำต่ำกว่า 30 มก./ล. [10] และสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้วัสดุเปลือกเป็นตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวตั้ง สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ที่ HRT 6 วัน ให้ลดลงเหลือ 4 มก./ล. [11]



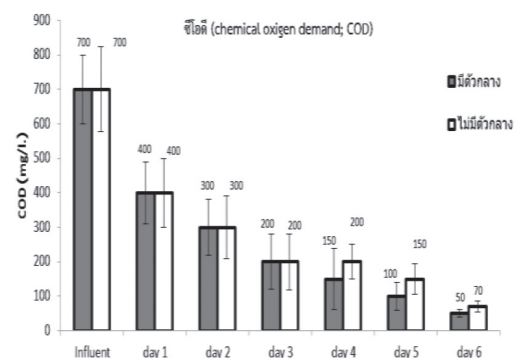
รูปที่ 2 ผลการทดสอบสถิติค่าเฉลี่ย TSS ในแต่ละวัน

คุณลักษณะน้ำเสียพารามิเตอร์น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.106 0.088 0.074 0.064 0.060 และ 0.052 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.08 0.096 0.078 0.068 0.058 0.052 และ 0.050 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางกับไม่มีตัวกลาง มีค่าเฉลี่ยน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ HRT วันที่ 3 วันที่ 5 และวันที่ 6 ที่ระดับ P-value < .05 ดังรูปที่ 3 เห็นได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีตัวกลางเป็นการเติมอากาศลงไปใต้น้ำเสียโดยตรง เพื่อให้ฟองอากาศพาบน้ำมันและไขมันในน้ำเสียลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ โดยฟองอากาศเป็นตัวช่วยพาให้น้ำมันและไขมันลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำเร็วยิ่งขึ้น เป็นการกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ทางกายภาพที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง [12] และสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยระบบบำบัดน้ำเสียจากภาคการในฮ่องกง โดยการเติมสารเคมีและอัดอากาศลงไปถึงดักไขมัน ผลการศึกษาพบว่า ระบบบำบัดสามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ให้ลดลงเหลือ 41 มก./ล. [13]



รูปที่ 3 ผลการทดสอบสถิติค่าเฉลี่ย Oil & Grease ในแต่ละวัน

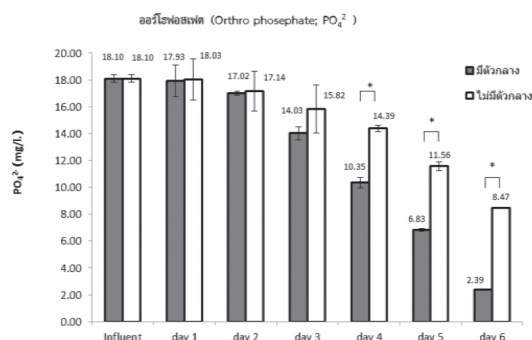
คุณลักษณะน้ำเสียพารามิเตอร์ซีโอดี (COD) ของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 400 300 200 150 100 และ 50 ตามลำดับ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 400 300 200 200 150 และ 70 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางกับไม่มีตัวกลาง มีค่าเฉลี่ยซีโอดี (COD) ลดลงไม่แตกต่างกันทุกวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ P-value < .05 ดังรูปที่ 4 เห็นได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง มีปริมาณการลดลงของซีโอดี (COD) ใน HRT 3 วันแรก เท่ากัน เริ่มมีปริมาณลดลงแตกต่างกันใน HRT วันที่ 4 อาจมีการยึดติดของจุลินทรีย์บางๆ อยู่บนผิวตัวกลาง (Fixed film process) ทั้งนี้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศในลักษณะน้ำเสียไหลลงผ่านตัวกลาง จะมีการใช้เวลาในการสร้างฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) บนตัวกลาง ประมาณ 8-10 วัน [10] ทำให้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนบนตัวกลางค่อยๆ ลดปริมาณซีโอดี (COD) ลง แต่ปริมาณการลดลงของทั้ง 2 ระบบ ยังไม่แตกต่างกันมากนัก ในช่วง HRT 6 วัน เป็นไปได้ว่า หากมีจำนวนวันในการบำบัดมากขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลางอาจจะมีการลดปริมาณซีโอดี (COD) ได้ดีกว่า



รูปที่ 4 ผลการทดสอบสถิติค่าเฉลี่ย COD ในแต่ละวัน

คุณลักษณะน้ำเสียพารามิเตอร์ออร์โธ-ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 17.93 17.02 14.03 10.35 6.83 และ 2.39 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีตัวกลาง HRT วันที่ 1 - 6 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.03

17.14 15.82 14.39 11.56 และ 8.47 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางกับไม่มีตัวกลางมีค่าเฉลี่ยออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 4 ถึงวันที่ 6 ที่ระดับ P-value < .05 ดังรูปที่ 5 เห็นได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลางมีปริมาณการลดลงของออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) คล้ายกับปริมาณการลดลงของซีโอดี (COD) คือ HRT วันที่ 4 จึงมีปริมาณลดลงต่างกัน ด้วยปัจจัยการเกิดฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) และออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) เองเป็นหนึ่งในประเภทของฟอสฟอรัสที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ (New cells) ได้ทันที ทำให้ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ลดปริมาณลงเรื่อยๆ ในทั้งระบบบำบัดที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง แต่ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลางจะลดลงดีกว่า โดยมีหลายงานวิจัยที่ใช้ตัวกลางบำบัดฟอสเฟตในน้ำเสีย อาทิ การใช้ถักรองบรรจุ เศษคอนกรีตบำบัดน้ำทิ้งชุมชน ที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 แบบไหลลง มีความเป็นไปได้สูง สำหรับนำมากำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ [14] รวมถึงการบำบัดแบบบึงประดิษฐ์มาบำบัดน้ำเสีย ใช้ตัวกลางซีโอไลต์มีความสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ 2.15 กรัมต่อกิโลกรัม [15]



รูปที่ 5 ผลการทดสอบสถิติค่าเฉลี่ย PO_4^{3-} ในแต่ละวัน

3.2 ประสิทธิภาพการกำจัดระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง

ประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ซีโอดี (COD) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) มีค่าร้อยละ 100.00 92.86 91.26 86.78 และ 37.35 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่ไม่มี

ตัวกลาง ซีโอดี (COD) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) มีค่าร้อยละ 92.43 92.31 91.88 53.19 และ 39.76 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลาง และไม่มีตัวกลางพบว่า ระบบบำบัดที่มีตัวกลาง มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) และออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ได้สูงกว่า เนื่องจากเปลือกหอย อิฐบล็อก และซีโอไลต์ มีพื้นผิวเป็นรูพรุน ทำให้เกิดกระบวนการดูดซับ (Adsorption) ไว้ที่ผิวของตัวกลางโดยเฉพาะของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) จะดูดซับไว้ในตั้งแต่ HRT วันแรก จนถึง HRT วันที่ 6 และยังเกิดกระบวนการยึดติดของจุลินทรีย์อยู่บนผิวตัวกลาง (Fixed film process) ทำให้ระบบบำบัดที่มีตัวกลาง มีประสิทธิภาพการกำจัดได้ดี ส่วนระบบบำบัดไม่มีตัวกลาง มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) สูงกว่าเล็กน้อย และทั้ง 2 ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (COD) ใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง HRT 6 วัน

พารามิเตอร์ (ร้อยละ)	ประสิทธิภาพการกำจัดระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์	
	มีตัวกลาง	ไม่มีตัวกลาง
TSS	100.00 ± 0.00	92.31 ± 1.00
Oil & Grease	37.35 ± 0.30	39.76 ± 0.50
COD	92.86 ± 12.00	92.43 ± 15.00
PO_4^{3-}	86.78 ± 0.07	53.19 ± 0.04

4. สรุปผลการศึกษา

คุณลักษณะน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลางพารามิเตอร์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) มีปริมาณการลดลงแตกต่างกันทุกวัน ตั้งแต่ HRT วันที่ 1 ถึง วันที่ 6 น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) มีปริมาณการลดลงแตกต่างกันใน HRT วันที่ 3 5 และวันที่ 6 และออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ปริมาณการลดลงแตกต่างกันตั้งแต่

HRT วันที่ 4 ถึงวันที่ 6 ส่วนซีโอดี (COD) มีปริมาณการลดลงต่างกัน ใน HRT วันที่ 4 ถึงวันที่ 6 แต่ปริมาณที่ลดลง ไม่มีความแตกต่างกันของทั้ง 2 ระบบบำบัด

ดังนั้น ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลางจะเกิดกระบวนการดูดซับ (Adsorption) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ตั้งแต่วันแรก และเริ่มสร้างฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) บนตัวกลางของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ชั้นเลเยอร์ ในวันที่ 4 สังเกตจากพารามิเตอร์ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และซีโอดี (COD) มีปริมาณลดลงต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างระบบบำบัดที่มีตัวกลางและไม่มีตัวกลาง สำหรับวันที่ 6 การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ยึดติดบนตัวกลาง เพื่อสร้างฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ทำให้การบำบัดซีโอดี (COD) ไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 ระบบ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีตัวกลาง แต่มีการเติมอากาศ จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ซึ่งดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีตัวกลาง สำหรับงานวิจัยครั้งถัดไป ควรสร้างฟิล์มชีวภาพ (Biofilm) ให้จุลินทรีย์ยึดติดบนตัวกลาง ก่อนการบำบัด 8 – 10 วัน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (COD) ในระบบบำบัดที่มีตัวกลาง และควรศึกษาระยะเวลาของตัวกลางที่จะต้องนำกลับมาใช้ใหม่ (Regenerate) เพื่อไม่ให้ตัวกลางเกิดเป็นของเสียต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะสาธารณสุขศาสตร์ และ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Dow Chemical Co. A Literature Search and Critical Analysis of Biological Trickling Filter Studies. Environmental Protection Agency Water Pollution Control Research Series; 1971 December. Report No.: 17050 DDY 12/71.
- [2] Canler JP, Perret JM, editors. Biological aerated filters: assessment of the process based on 12 sewage treatment plants: Elsevier.
- [3] Limtrakul J. Zeolite Chemistry. Journal of science. 1997;51(6):420-2.
- [4] Kharemdabeh Y, onthong U. Phosphate adsorption on zeolites by computation chemistry. journal of Thaksin. October 2008- January 2009;11(3). (in Thai)
- [5] Kanjanasuntorn P. The effect of media on phosphorus removal from domestic wastewater using vertical flow constructed wetland: Chulalongkorn University; 2007. (in Thai)
- [6] Patpu P. Removal of fluoride from drinking water by volcanic rock and cockle shell: kasetsart University; 2004. (in Thai)
- [7] Tiwapat S. Study of turbidity removal efficiency by pervious interlocking concrete paving blocks with cockle seashell and green mussel: kasetsart University; 2016. (in Thai)
- [8] APHA AWWA and WEF. Standard methods for the examination of water and wastewaters. 23rd ed. American Public Health Association - American Water Works Association - Water Pollution Control Federation; 2017.
- [9] Abdel-rahim MM. sustainable use of natural zeolites in aquaculture: A short review. Juniper journals. 2017;2(4).
- [10] Wongkitrungruang W. A Downflow biofilter using sea shells as filter media. Master's degree in environmental engineering. Department of environmental engineering. Faculty of Engineering. Chulalongkorn university; 2000. (in Thai)
- [11] Kanjanasuntorn P. The effect of media on phosphorus removal from domestic wastewater using vertical flow constructed wetland: Chulalongkorn University; 2007. (in Thai)

- [12] Ning P, Bart H-J, Li B, Lu X, Zhang Y. Phosphate removal from wastewater by model-La(III) zeolite adsorbents. *Journal of Environmental Sciences*. 2008;20(6): 670-4.
- [13] Chan H. Removal and recycling of pollutants from Hong Kong restaurant wastewaters. *Bioresource technology*. 2010;101(17): 6859-67.
- [14] Sinthurat P. Improvement of effluent from domestic wastewater treatment plan using filtration concrete rubbish media: Chulalongkorn University; 2000. (in Thai)
- [15] Sakadevan K, Bavor HJ. Phosphate adsorption characteristics of soils, slags and zeolite to be used as substrates in constructed wetland systems. 1998:393.

