



# ผลของความเข้มข้นซีโอดีต่อระบบถังกรองไร้อากาศ และถังกรองทรายชีวภาพ

## Effects of COD concentrations to Anaerobic Filter and Sand Biofilter Systems

Phimphisut Hongchayangkun and Sarun Tejasen\*

พิมพ์พิสุทธิ์ หงษ์ชayangกูร และ ศรัณย์ เตชะเสน\*

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

\*E-mail : Sarun.t@chula.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความเข้มข้นซีโอดีต่อระบบถังกรองไร้อากาศและถังกรองทรายชีวภาพ โดยออกแบบถังกรองไร้อากาศจำนวน 4 ถังต่อเป็นอนุกรม มีระยะเวลาในการกักพักน้ำเสียถังละ 0.5 วัน รวม 2 วัน ตามด้วยถังกรองทรายชีวภาพ (ภายในบรรจุชั้นทรายความสูง 60 ซม.และท่อระบายอากาศด้านล่าง) เพื่อกรองเอาตะกอนจากระบบไร้อากาศออกและกำจัดกลิ่นโดยให้น้ำไหลสัมผัสกับอากาศในชั้นทราย ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งเตรียมจากน้ำตาลทราย (ซูโครส) ที่ความเข้มข้น 1,000 และ 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตร มีอัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย 31.2 ลิตรต่อวัน ผลการทดลองพบว่า เมื่อระบบเริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุลที่ระยะเวลา 45 วัน ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบโดยรวมอยู่ที่ประมาณร้อยละ 94-98 คิดเป็นประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศและถังกรองทรายชีวภาพร้อยละ 70-91 และ 7 ตามลำดับในทั้งสองความเข้มข้น โดยประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาการกักพักน้ำเสีย 0.5 1 1.5 และ 2 วัน มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน โดยการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศส่วนใหญ่ เกิดขึ้นภายในถังแรกของถังกรองไร้อากาศคิดเป็นร้อยละ 70 ซึ่งมีระยะเวลาการกักพักน้ำเสีย 0.5 วัน ผลการทดลองพบว่าถังกรองทรายชีวภาพสามารถรับน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศได้ โดยช่วยกรองตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกมาจากระบบให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ด้วยต้นทุนในการก่อสร้างและการดูแลรักษาต่ำ

**คำสำคัญ :** ถังกรองไร้อากาศ; ถังกรองทราย; ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ; น้ำเสียชุมชน

## Abstract

This research studied the effect of COD concentrations to the anaerobic filter/aerobic sand biofilter system. Anaerobic filter consisted of 4 tanks in series, each tank had retention time of 0.5 day, total retention time of 2 days. Aerobic sand biofilter contained 0.60 m. medium sand with air ventilation pipe in the bottom in order to filter solids from anaerobic tanks and remove odorous gas with air in sand layer. Synthetic wastewater was prepared from sucrose at 1,000 and 1,500 mg-COD/l, and flowed constantly to reactors at 31.2 liter per day. Results found that the system became stable after 45 days. Total COD removal efficiencies were about 94-98%. Anaerobic filters and sand biofilter had efficiencies of 70-91% and 7%, respectively, in both influent concentrations. Efficiencies of anaerobic filters having retention time of 0.5, 1, 1.5, and 2 days were similar, suggesting that most COD removal in anaerobic process were occurred in the first 0.5-day retention time tank, accounted for 70%. Results showed that sand biofilter could treat wastewater from anaerobic filter and also removed suspended solids with low maintenance and low cost.

**Keywords :** anaerobic filter; sand filter; biological wastewater treatment; domestic wastewater

## บทนำ

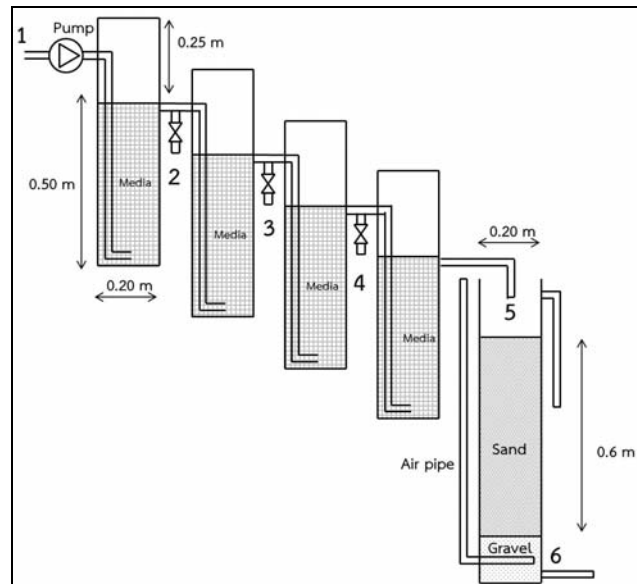
การบำบัดน้ำเสียให้ผ่านมาตรฐานและไม่เป็นที่น้ำรังเกียจนั้น โดยทั่วไปต้องใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบทำให้เสียค่าใช้จ่ายในส่วนของการเติมอากาศมาก การบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจึงถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ไปได้ โดยใช้ระบบถังกรองไร้อากาศในการบำบัดสารอินทรีย์ละลายน้ำเพื่อลดความสกปรกของน้ำเสียก่อนที่จะระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม การทำงานของถังกรองไร้อากาศอาศัยตัวกลาง (Media) เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์กระจายตัวอยู่ทั่วถังกรองแทนการกวนผสม ส่งผลให้การบำบัดน้ำเสียมีความทั่วถึงทั้งระบบโดยไม่ต้องใช้พลังงาน [1] ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาของการบำบัดน้ำเสียด้วยถังกรองไร้อากาศส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงในช่วง 5,000-20,000 มก.ซีโอดีต่อลิตร [2] ซึ่งเป็นช่วงความเข้มข้นของน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม ไม่ใช่ความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนที่มีอยู่ในช่วง 250-1,200 มก.ซีโอดีต่อลิตร [3] ดังนั้นการเลือกระยะเวลาเก็บกักที่แนะนำคือ 1-2 วัน มาใช้ออกแบบถังกรองไร้อากาศสำหรับน้ำเสียชุมชน จึงน่าจะมีคามผิดพลาดได้มาก นอกจากนี้ น้ำทิ้งจากระบบถังกรองไร้อากาศ ยังพบปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น มีสีดำ และมีตะกอนแขวนลอย งานวิจัยนี้จึงมุ่งหวังจะบำบัดน้ำทิ้งต่อ

จากถังกรองไร้อากาศ ด้วยการใช้ถังกรองทรายชีวภาพ [4] ที่สามารถกรองตะกอนออกจากน้ำทิ้งได้ โดยออกแบบระบบถังกรองทราย ให้มีท่ออากาศภายในเพื่อถ่ายเทอากาศ เพื่อเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำทิ้ง ในขณะที่ไหลผ่านชั้นทรายอย่างช้าๆ ซึ่งมีความสูงเพียงพอ [5] ทำให้น้ำทิ้งสุดท้ายไม่มีตะกอน ไม่มีสี และไม่มีกลิ่นเหม็น จึงอาจเป็นแนวทางการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กที่มีต้นทุนในการก่อสร้างและการดูแลรักษาต่ำได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1) ถังกรองไร้อากาศและถังกรองทรายชีวภาพ (Anaerobic filter and Sandbiofilter)

ชุดการทดลองประกอบด้วยถังกรองไร้อากาศจำนวน 4 ถัง ต่อเป็นอนุกรม มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียถังละ 0.5 วัน รวมเป็น 2 วัน ทำจากท่อปิดพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 เมตร สูง 0.75 เมตร ภายในถังกรองไร้อากาศบรรจุตัวกลางพลาสติก รุ่น R-190 Random Flow Media (พื้นที่ผิว 190 ตร.ม.ต่อ ลบ.ม.) [6] อยู่เต็มปริมาตรถึง คิดเป็นจำนวนร้อยละ 100 ต่อถัง คือมีจำนวนตัวกลางพลาสติก 136 ชิ้นต่อถัง และถังกรองทรายชีวภาพจำนวน 1 ถัง (ความสูงชั้นทราย 60 ซม. และมีท่อระบายอากาศที่กั้นถัง) แต่ละถังวางเรียงต่อกัน โดยมีจุดเก็บตัวอย่างน้ำรวม 6 จุด แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังระบบ และจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์

## 2) น้ำเสียสังเคราะห์ (Synthetic water)

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองเตรียมจากน้ำตาลทราย (ซูโครส) เป็นแหล่งคาร์บอนที่ความเข้มข้น 1,000 และ 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตร และมี  $\text{NH}_4\text{Cl}$  เป็นแหล่งไนโตรเจนที่ 28 และ 42 มก.ต่อลิตรตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วน COD:N:P เท่ากับ 150:1:1:0.2 ซึ่งเป็นสัดส่วนสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบไร้อากาศ นอกจากนี้ยังมีการเติมแร่ธาตุสารอาหารอื่นๆ ที่เหมาะสมเพิ่มเติม ได้แก่  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ , and  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$  โดยปริมาณแร่ธาตุสารอาหารที่นำมาใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

## 3) จุลินทรีย์ในระบบ

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง เป็นจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากการไหลเวียนน้ำเสียสังเคราะห์ผ่านตัวกลางภายในระบบ ไม่มีการเติมหัวเชื้อ โดยควบคุมระดับพีเอชให้อยู่ในช่วง 6.8-7.2 [7] เติกระบบจนความเข้มข้นซีโอดีที่ตรวจวัดได้จากถังกรองไร้อากาศมีค่าคงที่

## 4) การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ซีโอดี แอมโมเนีย ไนเตรท และของแข็งแขวนลอยโดยวิธีวิเคราะห์อ้างอิงตาม Wastewater Analysis Techniques for Wastewater laboratory [8]

## 5) ขั้นตอนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยแยกการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยชุดที่ 1 จะใช้ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ 1,000 มก.ซีโอดีต่อลิตร และชุดที่ 2 จะใช้ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตร เริ่มต้นเดินระบบ โดยการสูบน้ำเสียสังเคราะห์ไหลผ่านชุดการทดลองด้วยการเดินระบบแบบแบทช์ จนอัตราการบำบัดที่ตรวจวัดได้มีค่าคงที่ จากนั้นจึงเปลี่ยนการเดินระบบเป็นการไหลแบบต่อเนื่อง ซึ่งขั้นตอนในการเดินระบบแบบแบทช์นี้ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 60 วัน

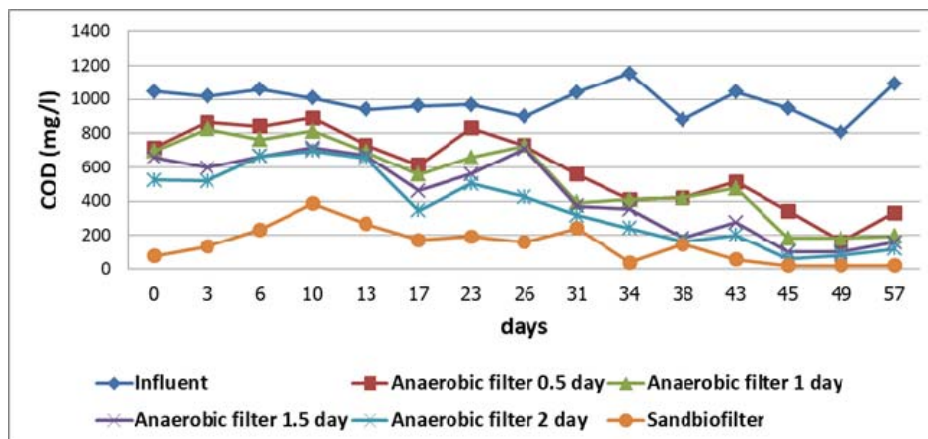
## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1) ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบถังกรองไร้อากาศ และถังกรองทรายชีวภาพ

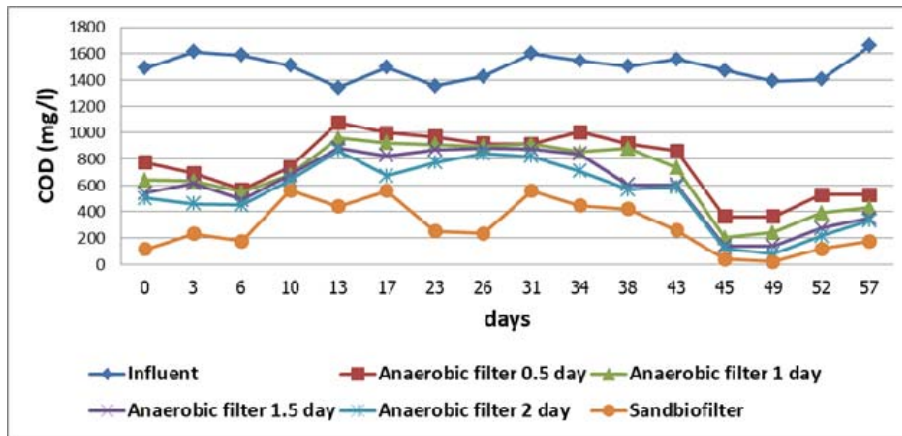
ในช่วงแรกของการเดินระบบการไหลแบบต่อเนื่อง ที่ความเข้มข้น 1,000 และ 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตร พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีที่ตรวจวัดได้จากระบบ ยังมีค่าต่ำ ซึ่งต้องใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 45 วัน ระบบจึงเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล ถือได้ว่าเป็นช่วงระยะเวลาที่นานหลังผ่านการเดินระบบแบบแบทช์มาแล้วหลายครั้ง ปริมาณซีโอดีที่ตรวจวัดได้จากจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3

ตารางที่ 1 ปริมาณแร่ธาตุสารอาหารที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

Chemical composition	Unit	COD concentration	
		1000 mg/L	1500 mg/L
NH <sub>4</sub> Cl	mg/l	28.0052	42.0078
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	mg/l	7.4988	11.2482
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	mg/l	41.8227	62.7340
FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	mg/l	0.1452	0.2178
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	mg/l	7.3367	11.0050
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	mg/l	0.0121	0.0182
ZnCl <sub>2</sub>	mg/l	0.0417	0.0625
NiCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	mg/l	0.0162	0.0243
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	mg/l	0.0123	0.0185
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	mg/l	0.0229	0.0343
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	mg/l	0.0157	0.0236
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	mg/l	0.0515	0.0773



รูปที่ 2 ความเข้มข้นซีโอดีที่ตรวจวัดได้จากจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ที่น้ำเสียสังเคราะห์เริ่มต้น 1,000 มก.ซีโอดีต่อลิตร



รูปที่ 3 ความเข้มข้นซีโอดีที่ตรวจวัดได้จากจุดเก็บตัวอย่างต่างๆ ที่น้ำเสียสังเคราะห์เริ่มต้น 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตร

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นซีโอดีต่อระบบ ถังกรองไร้อากาศและถังกรองทรายชีวภาพ พบว่า ที่น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 1,000 มก.ซีโอดีต่อลิตร ประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้อากาศและถังกรองทรายชีวภาพอยู่ที่ร้อยละ 91 และ 7 ตามลำดับ ในขณะที่น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 87 และ 7 ตามลำดับ โดยมีแผนภูมิแสดงประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบทั้ง 2 ชุด แสดงดังรูปที่ 4

## 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 0.5 1 1.5 และ 2 วัน

จากการศึกษาพบว่า เมื่อระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ระยะเวลา 45 วัน ความเข้มข้นซีโอดีที่ตรวจวัดได้มีค่าคงที่ ประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้อากาศที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 0.5 1 1.5 และ 2 วัน มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน โดยความเข้มข้นซีโอดีจะลดลงมากที่สุดเมื่อผ่านระยะเวลาเก็บกักที่ 0.5 วัน คิดเป็นร้อยละ 70 และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยประมาณร้อยละ

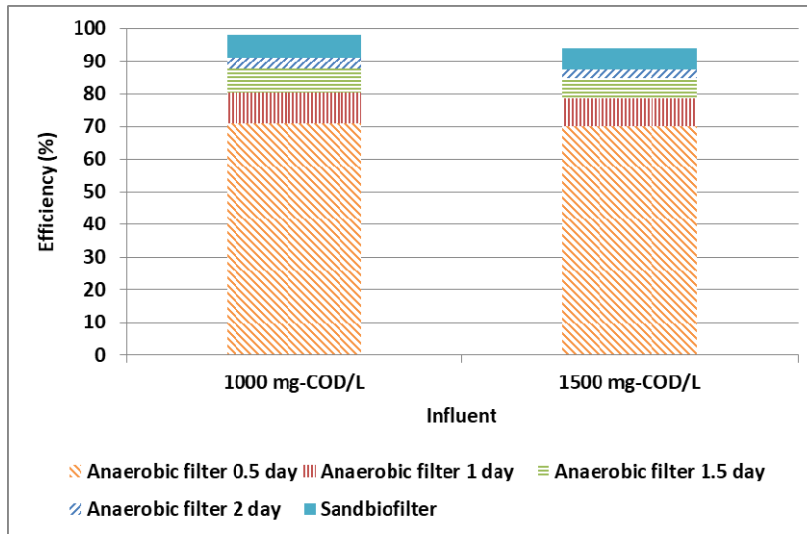
3-10 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 1.5 และ 2 วัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 5

## 3) แอมโมเนีย

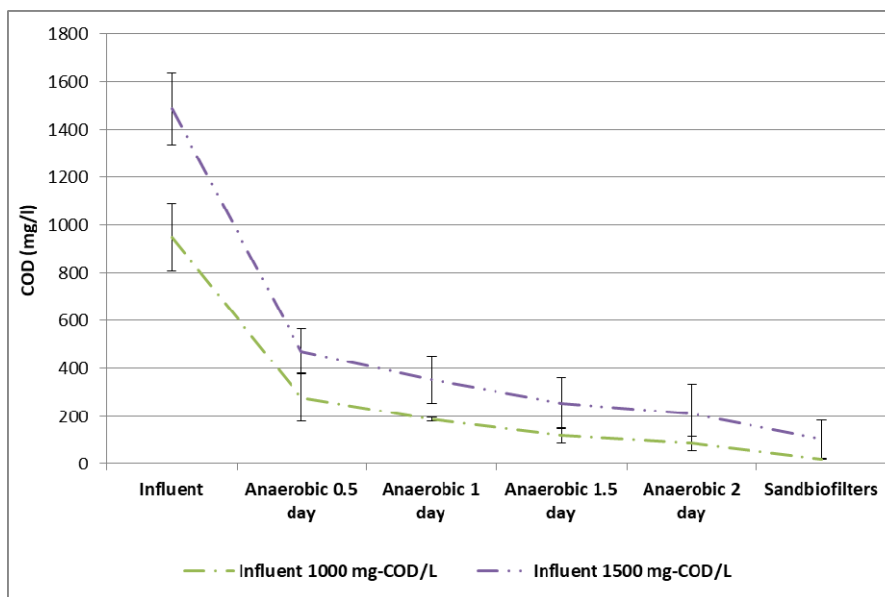
จากผลการศึกษาพบว่า แอมโมเนียส่วนหนึ่งในระบบจะถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในถังกรองไร้อากาศ ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ 1,000 และ 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 76 และ 70 ตามลำดับ ในขณะที่แอมโมเนียบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทเมื่อไหลผ่านถังกรองทรายชีวภาพ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นภายในถังกรองทรายชีวภาพ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในระบบแสดงดังรูปที่ 6

## 4) ของแข็งแขวนลอย

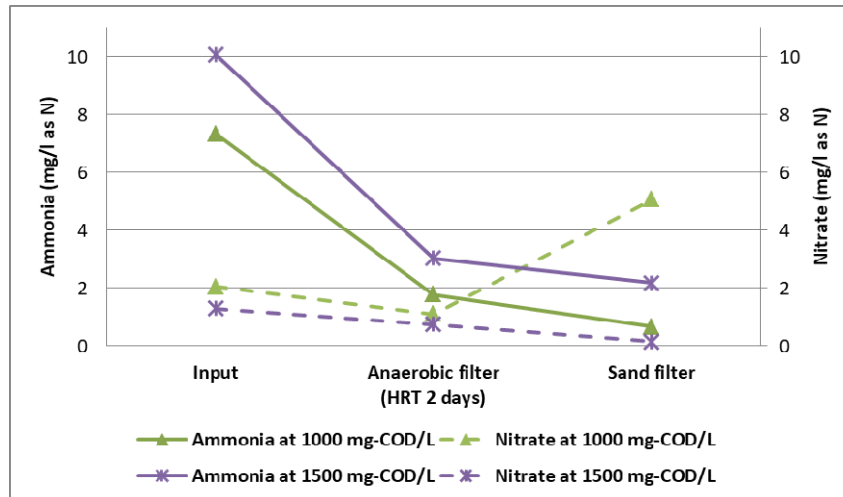
ถังกรองทรายชีวภาพสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกมาจากถังกรองไร้อากาศได้ โดยผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่กำหนดให้มีของแข็งแขวนลอยต่ำกว่า 30 มก.ต่อลิตร [9] แสดงดังรูปที่ 7



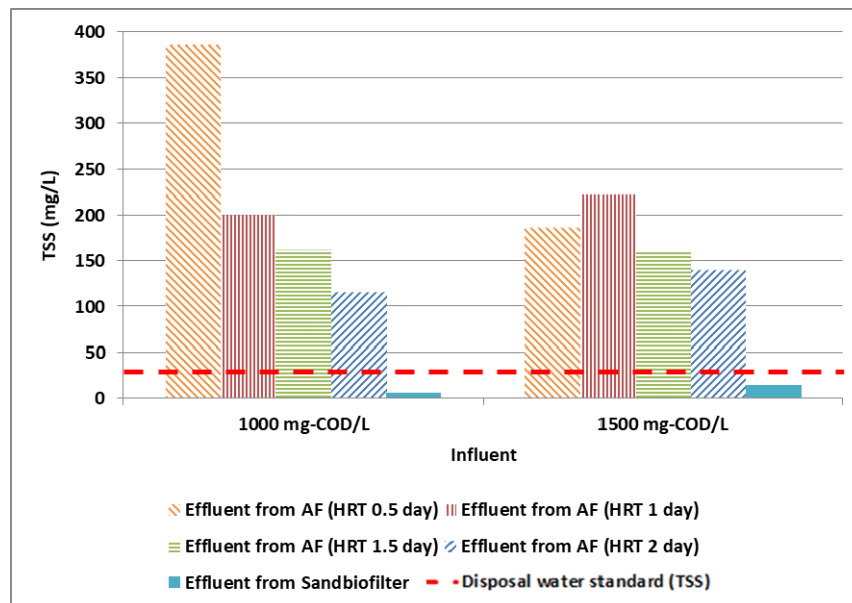
รูปที่ 4 ประสิทธิภาพรวมในการบำบัดของระบบ



รูปที่ 5 ความเข้มข้นซีโอดีที่ตรวจวัดได้เมื่อระบบเข้าสู่สมดุล



รูปที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในระบบ



รูปที่ 7 ของแข็งแขวนลอยที่ตรวจวัดได้ในระบบ

## สรุป

ถังกรองไร้อากาศและถังกรองทรายชีวภาพสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นต่ำที่ 1,000 และ 1,500 มก.ซีโอดีต่อลิตรได้ โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดรวมร้อยละ 94-98 โดยระบบเริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุลที่ 45 วัน ถังกรองไร้อากาศมี

ประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 70-91 และถังกรองทรายชีวภาพช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 ซึ่งการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศส่วนใหญ่ เกิดขึ้นภายในถังแรกของถังกรองไร้อากาศ ซึ่งมีระยะเวลาพักน้ำเสีย 0.5 วัน และถังกรองทรายชีวภาพสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกมาจากถังกรองไร้อากาศจนผ่านคุณภาพมาตรฐานน้ำทิ้งได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Ministry of science and technology. Domestic Wastewater and Wastewater Treatment. Bangkok: Kurusapa Printing Ladphrao. 2002. (in Thai)
- [2] Metcalf and Eddy. Inc., Tchobanoglous, G., and Stensel, H.D. Wastewater Engineering: Treatment and resource recovery. 5<sup>th</sup> ed. Singapore: McGraw-Hill Book Company. 2014.
- [3] Tanthunwet, M. Academic Guide for Anaerobic Wastewater Treatment Systems. 1<sup>st</sup> ed. Bangkok: Chula Unisearch. 2003. (in Thai)
- [4] Daniele, T., Adriano, L.T., Bruno, C.F., Daniel A. and Camargo, B. 2015. Wastewater treatment by anaerobic filter and sand filter: Hydraulic loading rates for removing organic matter, phosphorus, pathogens and nitrogen in tropical countries. ECOL ENG. 82: 583-589.
- [5] Metcalf and Eddy. Inc., Tchobanoglous, G., and Stensel, H.D. Wastewater Engineering: Treatment and resource recovery. 5<sup>th</sup> ed. Singapore: McGraw-Hill Book Company. 2014.
- [6] Aqua Nishihara. Plastic Media [online]. 2011. Available from: <https://issuu.com/choompornjantamas/docs/aquacatalog> [2019 February 10] (in Thai)
- [7] Karot, T. Wastewater Engineering: Biological Treatment. 1<sup>st</sup> ed. Bangkok: CUPrint. 1996. (in Thai)
- [8] Chavalparit, O. Wastewater Analysis Techniques for Wastewater laboratory. Bangkok: CUPrint. 2013. (in Thai)
- [9] Pollution Control Department. Water quality standard [online]. 2005. Available from: [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water04.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html) [2019, February 10] (in Thai)