



# การประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย อุตสาหกรรมที่มีความสกปรกสูง

## Evaluation of Greenhouse Gases Reduction from High Strength Industrial Wastewater Treatment

นیرชา ตรีเดช<sup>1</sup> อรทัย ขวาลภาฤทธิ์<sup>1\*</sup> และ บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย<sup>2</sup>

Neeracha Tridech, Orathai Chavalparit and Bundit Limmeechokchai

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12121

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn University, Phayathai Road,  
Bangkok, 10330, Thailand

<sup>2</sup>Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, P.O. Box 22,  
Thammasat Post Office, Pathumthani 12121, Thailand  
E-mail: orathai.c@chula.ac.th\*

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนในอุตสาหกรรมที่มีความสกปรกสูง กรณีศึกษาอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจนกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่มีระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ที่นิยมใช้สูงสุดสองอันดับแรกของแต่ละอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม เพื่อเป็นตัวแทนของอุตสาหกรรม และใช้วิธีการประเมินตามวิธีที่ได้รับการรับรองจาก CDM-Executive Board ร่วมกับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ จาก Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

จากผลการวิจัยพบว่า กรณีศึกษาที่ลดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดและเหมาะสมกับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม คือ การเปลี่ยนจากระบบบำบัดแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน มาใช้ระบบบำบัดแบบ UASB ที่มีการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อโรง 21, 250 tCO<sub>2</sub>e/y โดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 76.97 เมื่อเทียบกับกรณีฐาน ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจนนั้น ปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจาก ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าจะสามารถบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นก๊าซมีเทนได้มากกว่าระบบที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่มีระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์นั้น ปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ประสิทธิภาพของระบบบำบัด และระบบเก็บกักก๊าซชีวภาพ เนื่องจาก ระบบที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าจะทำให้ น้ำที่ผ่านการบำบัด มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำลง ทำให้การปล่อยก๊าซมีเทนจากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าลดลงตามไปด้วย รวมถึง ระบบกักเก็บก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูง จะทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซมีเทนลดลงเช่นกัน

นอกจากนี้ การนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลนั้น นอกจากจะเป็นการพัฒนาในด้านพลังงานหมุนเวียนของประเทศแล้ว ยังเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานดังกล่าวได้อีกทางหนึ่ง

## ABSTRACT

This research is estimation of greenhouse gas emission from an anaerobic wastewater treatment system that treats high strength industrial wastewater of palm oil industry. The study is comparison among the open anaerobic system and the most two common closed anaerobic systems with biogas collection system for utilization in each industry. For the estimation of greenhouse gas emission, the methodologies that are approved by CDM-Executive Board integrated with the coefficients and the factor proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

The most potential and appropriate activity of greenhouse gas reduction for palm oil industrial wastewater is modification of wastewater treatment process from the anaerobic system to the UASB system and biogas electricity generator. For this case, the average of greenhouse gas reduction of each factory is 21,250 tCO<sub>2</sub>e/y (76.97 percent of greenhouse gas reduction compared with baseline scenario). In case of the open anaerobic system, the efficiency of wastewater treatment is the main factor that directly affects the amount of greenhouse gas emission since the higher efficiency system can convert the organic in wastewater to methane gas more than the lower efficiency system. For the closed anaerobic system with biogas collection system for utilization, the efficiency of wastewater treatment and efficiency of biogas collection are the main factors that directly affect the amount of greenhouse gas emission. Because the organic in treated wastewater of the higher efficiency system is lower than that of the lower efficiency system, it causes the decrease of greenhouse gas emission from treated wastewater. Besides, the high efficiency of biogas collection system can also reduce the leakage of methane gas.

Moreover, the use of biogas from the anaerobic wastewater treatment as fuel to replace the fossil fuel for generating electricity and thermal energy is renewable energy development. In addition, the energy generation from biogas is the greenhouse gas reduction activity in the energy sector.

**Keywords:** Greenhouse gases/ Greenhouse gases emission reduction/ Industrial wastewater/ Anaerobic wastewater treatment system

## 1. บทนำ

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทในประเทศไทย เช่น อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล และอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร มีค่าความสกปรกสูงในทั้งในรูปบีโอดี (Biological Oxygen Demand: BOD) และซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) หากยังใช้การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงดังกล่าวด้วยระบบบำบัดแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน (Anaerobic Open Lagoon) จะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซชีวภาพออกสู่บรรยากาศ โดยที่ก๊าซชีวภาพดังกล่าว จะมีก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกเป็นส่วนประกอบหลัก และยังสูญเสียโอกาสในการนำก๊าซชีวภาพกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทน

แม้ว่าโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่กล่าวมาได้มีการติดตั้งระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว แต่ยังพบว่า มีโรงงานอีกเป็นจำนวนมากที่ยังคงใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดดังนั้น หากมีการปรับปรุงเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียและวิธีการจัดการให้เหมาะสม จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อผู้ประกอบการในด้านพลังงานทดแทน และยังสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศได้อีกทางหนึ่ง

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนของโรงงานของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียและเทคโนโลยีของระบบบำบัดน้ำเสียที่ส่งผลต่อการลดก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมทั้งทางตรงและทางอ้อม

3. เพื่อประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

4. เสนอแนะแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีความสกปรกสูง

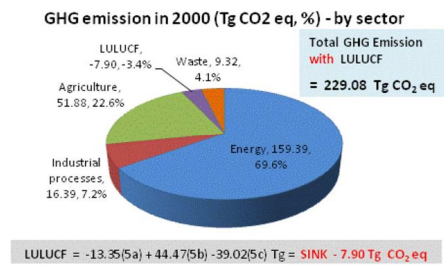
### 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 3.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นกระบวนการบำบัดทางชีวภาพมีการนำจุลินทรีย์มาใช้เพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในน้ำเสีย สารอินทรีย์ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 80 - 90 ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งรวมเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) และมีการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ขึ้น โดยเซลล์จุลินทรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นจะมีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน (ประมาณร้อยละ 10 ของสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์)

#### 3.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

จากบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ. 2000) พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทยรวมทั้งส่วนที่เกิดจากแหล่งปล่อย (emission from source) และส่วนที่ดูดกลับ (removal by sink) เท่ากับ 229.08 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO<sub>2</sub>e) [1] ปริมาณก๊าซเรือนกระจกและสัดส่วนต่อการปล่อยทั้งหมดของประเทศ ดังแสดงในรูปที่ 1



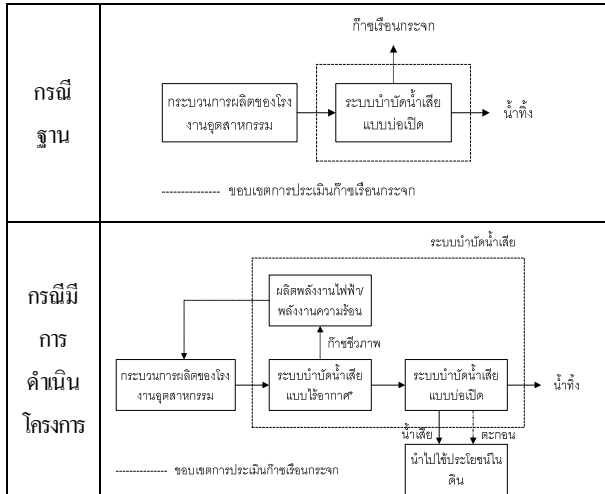
รูปที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ.2000)

### 3.3 วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด

การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกนั้น จะใช้วิธีการคำนวณ (Methodology) ที่คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM Executive Board: CDM-EB) ให้การรับรองเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับโครงการพัฒนาที่สะอาด ซึ่งเป็นกลไกที่พัฒนาขึ้นจากพิธีสารเกียวโตสำหรับการซื้อขายคาร์บอนเครดิต โดยกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกต้องเป็นกิจกรรมสอดคล้อง และเข้าข่ายตามวิธีการคำนวณที่เลือกใช้ รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 4.3

### 4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยทั้งหมดนี้เป็นการใช้ข้อมูลสถิติของโรงงานอุตสาหกรรมที่รวบรวมจากโครงการที่ผ่านการรับรองว่าเป็นโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ในระหว่าง พ.ศ. 2550 - 2555 [2] รายละเอียดข้อมูลปริมาณและความสกปรกของน้ำเสีย และจำนวนวันในการเดินระบบของแต่ละโรงงานจากโครงการที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาที่สะอาดที่ยื่นเอกสาร โดยอยู่ระหว่างการตรวจสอบโครงการ และขึ้นทะเบียนต่อ CDM-EB ในระหว่าง พ.ศ. 2550 - 2555 [3] เพื่อนำมาประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยขอบเขตการประเมิน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขอบเขตการประเมินก๊าซเรือนกระจก

#### 4.1 การคัดเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นตัวแทนของอุตสาหกรรม

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่เป็นตัวแทนจะคัดเลือกโดยใช้ข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่ใช้อยู่จริง และมีปริมาณมากที่สุดสองอันดับแรก

#### 4.2 การกำหนดและประเมินตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

เป็นการกำหนดตัวแปรจากระเบียบวิธีที่ใช้ในการประเมิน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมเพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์และแปรผลข้อมูลโดยตัวแปรต้นประกอบด้วย ปริมาณน้ำเสียและค่าซีไอของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ ตัวแปรตามมีสมการที่ใช้ในการประเมิน แสดงดังตารางที่ 1 และตัวแปรควบคุม คือ ค่าที่กำหนดตามระเบียบวิธีการคำนวณที่เลือกใช้ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สมการที่ใช้ในการประเมินตัวแปรตาม

การประเมินตัวแปรตาม
1. การประเมินปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น [4]
อัตราการสร้างมีเทน (ลบ.ม./วัน) = 0.35 (ลบ.ม./กก.) × สารอินทรีย์ที่ใช้สร้างมีเทน (กก./วัน)
ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม./วัน) = ปริมาณก๊าซมีเทน (ลบ.ม./วัน) / 0.6

ตารางที่ 1(ต่อ) สมการที่ใช้ในการประเมินตัวแปรตาม

2. การประเมินไฟฟ้าและความร้อนที่ผลิตได้ [4]
ก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม. = พลังงานไฟฟ้า 1.20 kWh
ก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม. = พลังงานความร้อน 21 MJ/m <sup>3</sup>
3. การประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินระบบ [5]
$Whp = (Q \times TDH) / 273$ โดยที่ Whp = ขนาดของปั๊มสูบน้ำทางทฤษฎี (hp) $Q = \text{อัตราการสูบน้ำ (m}^3/\text{h)}$ $TDH = \text{Total Dynamic Head (m)}$
$Bhp = Whp / \text{eff}_{\text{pump}}$ โดยที่ Bhp = ขนาดของปั๊มสูบน้ำที่เลือกใช้ (hp) $\text{eff}_{\text{pump}} = \text{ประสิทธิภาพของปั๊มสูบน้ำ}$
$\text{kW} = 0.746 \times Bhp / \text{eff}_{\text{motor}}$ โดยที่ kW = พลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ (kW) $\text{eff}_{\text{motor}} = \text{ประสิทธิภาพของมอเตอร์}$

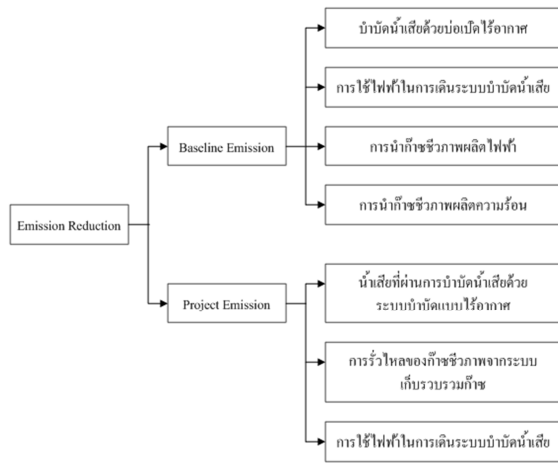
ตารางที่ 2 ค่ากำหนดตามระเบียบวิธีการคำนวณที่ใช้

ตัวแปรควบคุม	ค่าที่ใช้
อัตราการเกิดก๊าซมีเทนสูงสุดต่อค่าซีไอดีที่ถูกกำจัด (B <sub>0</sub> )	0.25 tCH <sub>4</sub> /tCOD [6]
Methane conversion factor สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (MCF)	0.8 [6]
การรั่วไหลของก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน (FL <sub>biogas,digest</sub> )	0.05 m <sup>3</sup> biogas leaked/m <sup>3</sup> biogas produced [6]
ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนของก๊าซมีเทน (GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> )	21 tCO <sub>2</sub> e/ tCH <sub>4</sub> [7]
ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า (EF <sub>BL,EL,y</sub> )	0.5113 tCO <sub>2</sub> /MWh [8]
ค่าเฉลี่ยในการสูญเสียจากการขนส่งและการจัดหาพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด (TDL)	6.3 % [9]

#### 4.3 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกใช้ระเบียบวิธีการคำนวณสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียคือ Mitigation of greenhouse gas emissions from treatment of industrial wastewater (ACM0014) version 4.1 [7] โดยแบ่งออกเป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน)

และกรณีมีการดำเนินโครงการ (การเปลี่ยนไปใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่มีการกักเก็บก๊าซมีเทนตามด้วยบ่อเปิด) ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานลบด้วยปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีมีการดำเนินโครงการ สำหรับกิจกรรมที่ทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กิจกรรมที่ทำการประเมินก๊าซเรือนกระจก

#### 4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการเสนอแนะแนวทางการจัดการที่เหมาะสม

นำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ปริมาณก๊าซเรือนกระจก และระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกใช้และสรุปเพื่อนำเสนอแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศน้อยลง

### 5.ผลการวิจัย

#### 5.1 ลักษณะของน้ำเสียโรงงาน และระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้

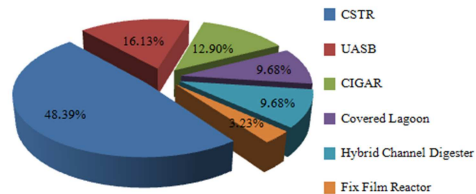
งานวิจัยนี้มีจำนวนโรงงานที่ทำการศึกษารวม 31 โรงงาน สรุปปริมาณน้ำเสีย ค่าซีโอดี และจำนวนวันในการเดินระบบ แสดงดังตารางที่ 3

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่นิยมใช้สูงสุดสองลำดับแรกที่ใช้เป็นตัวแทนในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มคือ ระบบ Completely Stirred Tank Reactor: CSTR และระบบ Upflow Anaerobic Sludge blanket: UASB ส่วน ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนที่ใช้ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก[10] ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำเสีย และค่าซีโอดีของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม

	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณน้ำเสีย (m <sup>3</sup> /day)	172	934	428
ค่าซีโอดี (mg/l)	52,250	110,780	76,727
ภาระบรรทุกซีโอดี (tonCOD/y)	3,349	22,652	9,769
จำนวนวันในการเดินระบบ (วัน)	228	330	297

ที่มา: <http://cdm.unfccc.int>[3]



รูปที่ 4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม (<http://cdm.unfccc.int>[3])

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสีย	ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (%)
บ่อเปิดไร้อากาศ	60
CSTR	80
UASB	90

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม[10]

#### 5.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มมีกรณีศึกษา ดังนี้

กรณีที่ 1 เดิมใช้ระบบแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน และเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดแบบ CSTR ที่มีการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้า

กรณีที่ 2 เดิมใช้ระบบแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน และเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดแบบ CSTR ที่มีการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตความร้อน

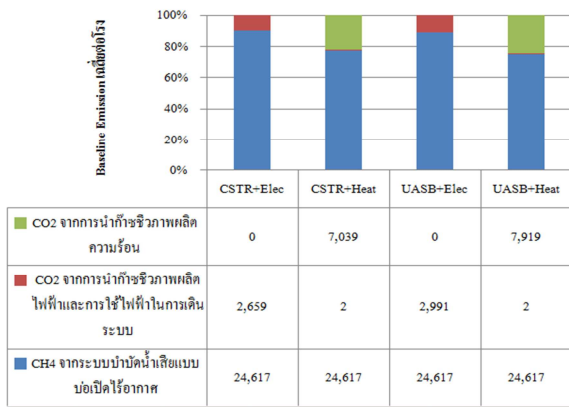
กรณีที่ 3 เดิมใช้ระบบแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน และเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดแบบ UASB ที่มีการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้า

กรณีที่ 4 เดิมใช้ระบบแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจน และเปลี่ยนมาใช้ระบบบำบัดแบบ UASB ที่มีการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตความร้อน

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณในหน่วยกัณฑ์คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2</sub>e/y)

**5.2.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน**

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล งานวิจัยนี้กำหนดให้โรงงานมีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด หรือพลังงานความร้อนทั้งหมด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องแสดงดังรูปที่ 5



หมายเหตุ: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย tCO<sub>2</sub>e/y

**รูปที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน**

จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน พบว่า

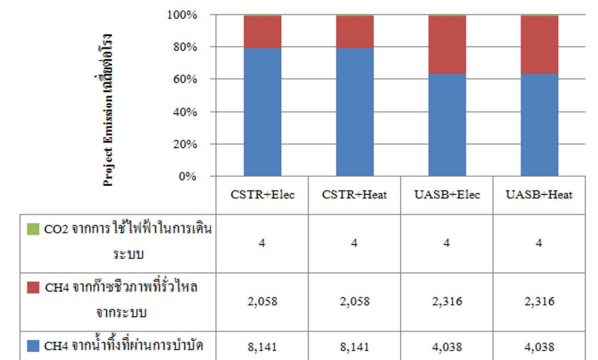
1. ปริมาณการปล่อย CH<sub>4</sub> จากการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบแบบบ่อเปิดไร้ออกซิเจนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

2. ปริมาณการปล่อย CO<sub>2</sub> จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด

3. ปริมาณการปล่อย CO<sub>2</sub> จากการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้าหรือผลิตความร้อนทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ขึ้นอยู่กับปริมาณซีโอดีในน้ำเสียที่ถูกกำจัด

**5.2.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีมีการดำเนินโครงการ**

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่มีการกักเก็บก๊าซมีเทนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องแสดงดังรูปที่ 6



หมายเหตุ: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย tCO<sub>2</sub>e/y

**รูปที่ 6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีมีการดำเนินโครงการ**

จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีมีการดำเนินโครงการ พบว่า

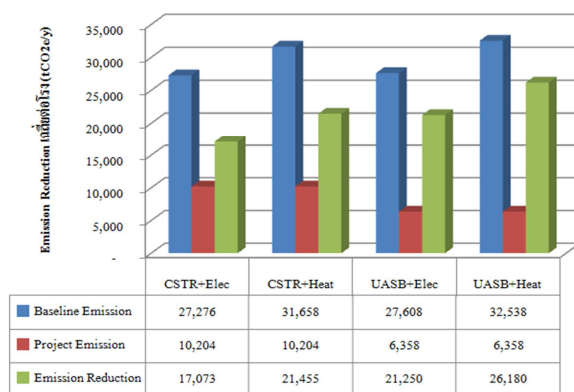
1. ปริมาณการปล่อย CH<sub>4</sub> จากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

2. ปริมาณการปล่อย CO<sub>2</sub>จากการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพจากระบบเก็บรวบรวมก๊าซ ขึ้นอยู่กับปริมาณชีโอดีที่ถูกกำจัด และปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

3. ปริมาณการปล่อย CO<sub>2</sub>จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด

### 5.2.3 ปริมาณการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบระหว่างกรณีฐานและกรณีการดำเนินโครงการ แสดงดังรูปที่ 7



### รูปที่ 7 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กรณีศึกษาที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ กรณีที่ 4 ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อโรง 26,180 tCO<sub>2</sub>e/y โดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 80.46 เมื่อเทียบกับกรณีฐาน กรณีศึกษาที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงลงมา คือ กรณีที่ 2 ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อโรง 21,455 tCO<sub>2</sub>e/y โดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 67.77 เมื่อเทียบกับกรณีฐาน

ถึงแม้ว่ากรณีศึกษาที่ 4 และ 2 ซึ่งมีให้นำก๊าซชีวภาพมาผลิตพลังงานความร้อนสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า แต่อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มนิยมนำก๊าซชีวภาพมาผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่า ดังนั้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีศึกษาที่ 1 และ 3 จึงใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า โดยกรณีที่ 1 ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อโรง 17,073 tCO<sub>2</sub>e/y โดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 62.59 เมื่อเทียบกับกรณีฐาน และกรณีที่ 3

ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อโรง 21,250 tCO<sub>2</sub>e/y โดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 76.97 เมื่อเทียบกับกรณีฐาน

### 5.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงต่อภาระบรรทุกชีโอดีที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปริมาณภาระบรรทุกชีโอดีที่เข้าสู่ระบบบำบัดเฉลี่ยต่อโรงของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม อยู่ในช่วง 1.75 – 2.68 tCO<sub>2</sub>e/tCOD Load รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงต่อปริมาณภาระบรรทุกชีโอดีที่เข้าสู่ระบบบำบัด

กรณีศึกษา	GHG ที่ลดลงเฉลี่ยต่อโรง (tCO <sub>2</sub> e/y)	COD Load (tonCOD Load)	tCO <sub>2</sub> e/tonCOD Load
CSTR+Elec.	17,073	9,769	1.75
CSTR+Heat	10,204	9,769	2.20
UASB+Elec.	21,250	9,769	2.18
UASB+Heat	26,180	9,769	2.68

### 5.4 แนวทางการจัดการก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมที่มีความสกปรกสูง

โดยปกติแล้วอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มจะบำบัดน้ำเสียด้วยบ่อบำบัดไร้ออกซิเจน ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการจัดการก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมที่มีความสกปรกสูงดังนี้

1. ควรใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่มีกักเก็บก๊าซมีเทนแทนการใช้บ่อบำบัดแบบไร้อากาศ เนื่องจากเป็นก๊าซเรือนกระจกหลักที่เกิดขึ้น
2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่มีการกักเก็บก๊าซชีวภาพ จะเลือกใช้ระบบแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียที่ต้องการบำบัดเป็นสำคัญ และมีปัจจัยอื่นๆ ประกอบการตัดสินใจ เช่น พื้นที่ก่อสร้าง เงินลงทุน และวิธีการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ทั้งนี้การเดินระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากจะทำให้สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายมากและคงเหลือสารอินทรีย์

ในน้ำน้อยทำให้เกิดปล่อยก๊าซมีเทนจากน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนน้อยลง

3. การจัดการก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน โดยการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้าทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานหมุนเวียน

4. การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนที่มีการกักเก็บก๊าซชีวภาพนั้น ควรจะมีการปฏิบัติตามคู่มือที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การติดตั้ง การเดินระบบและการใช้งานเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้ก๊าซชีวภาพ

## 6.สรุป

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยใช้ระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนนั้น พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนนั้น ๆ โดยระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สูงกว่า จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ต่ำกว่าส่วนการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบถือเป็น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำเสียที่ถูกบำบัด และการสูญเสียความดันพลศาสตร์ทั้งหมด (Total Dynamic Head: TDH) จากการสูบน้ำเสีย โดยที่ปริมาณความสกปรก หรือปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียไม่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ การใช้ก๊าซชีวภาพนี้เป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมได้อีกทางหนึ่งด้วย

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สำหรับข้อมูล และข้อชี้แนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 การจัดทำบัญชี ก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553.
- [2] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). โครงการCDMประเภททั่วไปที่ได้รับการอนุมัติ. 2555, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา : <http://www.tgo.or.th>
- [3] United Nations Framework Convention on Climate Change. Project Search. 2555, [Online] available: <http://cdm.unfccc.int>
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการปฏิบัติงานและการใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชน. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงานกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2553.



- [5] วิบูลย์ บุญยชโรกุล. ปื้มและระบบสูบน้ำ, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5 Waste, 2006,  
[Available] online: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>
- [7] United Nations Framework Convention on Climate Change. ACM0014: Mitigation of greenhouse gas emissions from treatment of industrial wastewater - Version 4.1.0, 2553,  
[Available] online: <http://cdm.unfccc.int>
- [8] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). รายงานสรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยประจำปี 2553. 2554
- [9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2554. 2554.
- [10] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม, กรุงเทพฯ: ดี เอ็มพรีนติ้ง จำกัด, 2552.