

# เสวนาออนไลน์ หัวข้อ



วันจันทร์ที่ 14 กันยายน 2563



13.30-15.30 น.

## องค์ประกอบสู่การเกิดอุบัติเหตุในระบบก๊าซชีวภาพ

ครั้งที่ 5

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านความปลอดภัยแก่บุคลากรที่ควบคุม/ดูแลระบบก๊าซชีวภาพ
2. เพื่อพัฒนาองค์ความรู้/ความร่วมมือภายในกลุ่มก๊าซชีวภาพทั้งรัฐและเอกชน

### ผู้ดำเนินรายการ

คุณไชยวัฒน์ ผลลาภ



### บรรยายโดย

คุณศุภวัฒน์ รัตจาจารย์มงคล



ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยในโรงงาน

ลงทะเบียนผ่านอีเมล [wisdom.envi@gmail.com](mailto:wisdom.envi@gmail.com)

กรุณาแจ้งรายละเอียด ดังนี้

ชื่อ-นามสกุล, หน่วยงาน, เบอร์ติดต่อ

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ 02-612-9669

บริษัท วิสดอม เอ็นไวรอนเมนต์ จำกัด



# หัวข้อบรรยาย

## 1. ก๊าซชีวภาพ

1.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

1.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

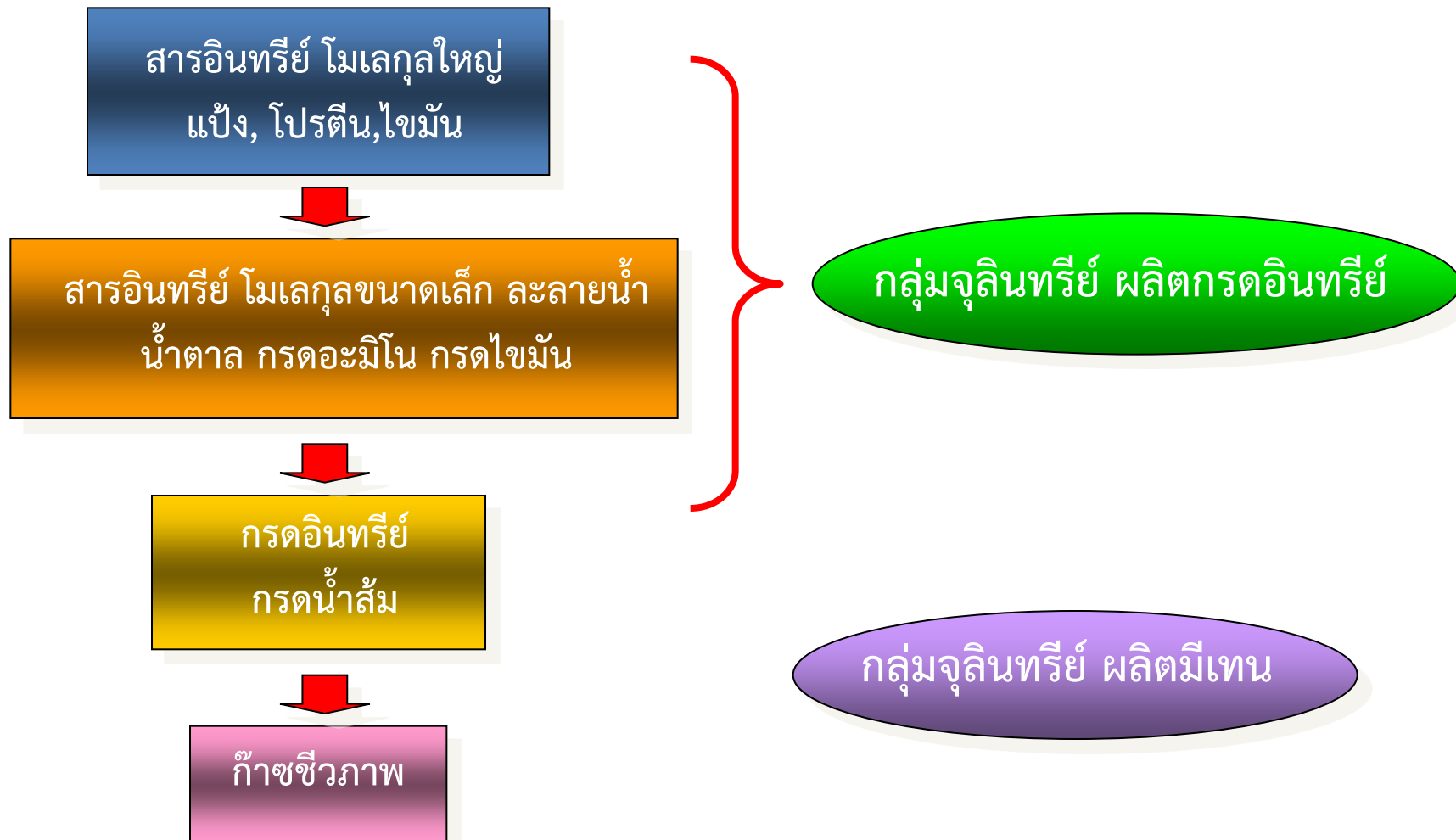
1.3 การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ

1.4 คุณภาพก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

# 1. ก๊าซชีวภาพ

- ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึง ก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียในสภาวะไม่ใช้อากาศ
- สารอินทรีย์ ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) โปรตีน (Protein) ลิกนิน (Lignin) แป้งและน้ำตาล (Tannin) ไขมัน (Fat) กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) แอลกอฮอล์ (Alcohol) หรือสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายเน่าเปื่อยได้ที่ปนอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตอาหาร ขยะมูลฝอย รวมทั้งมูลสัตว์
- การย่อยสลายแบ่งได้ 2 ขั้นตอน
  - การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่ด้วยแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรด (Acid forming bacteria) ทำให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเล็กลง ซึ่งอยู่ในรูปของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acid)
  - การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเล็กหรือกรดอินทรีย์ระเหยง่าย ด้วยแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทน (Methane producing bacteria) ทำให้เกิดเป็นก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และก๊าซอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) หรือก๊าซไข่เน่า และก๊าซแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) เป็นต้น

# 1.1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ





# การย่อยสลายน้ำเสียด้วยแบคทีเรียแบบไม่ใช้อากาศ ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โรงผลิตแอมโมเนีย โรงน้ำมันปาล์ม



โรงผลิตแอมโมเนีย



โรงผลิตน้ำมันปาล์ม



# Wastewater Process Flow

Starch Process WW

$Q = 5,550 \text{ m}^3/\text{day}$

$\text{COD} = 12,000 \text{ mg/l}$

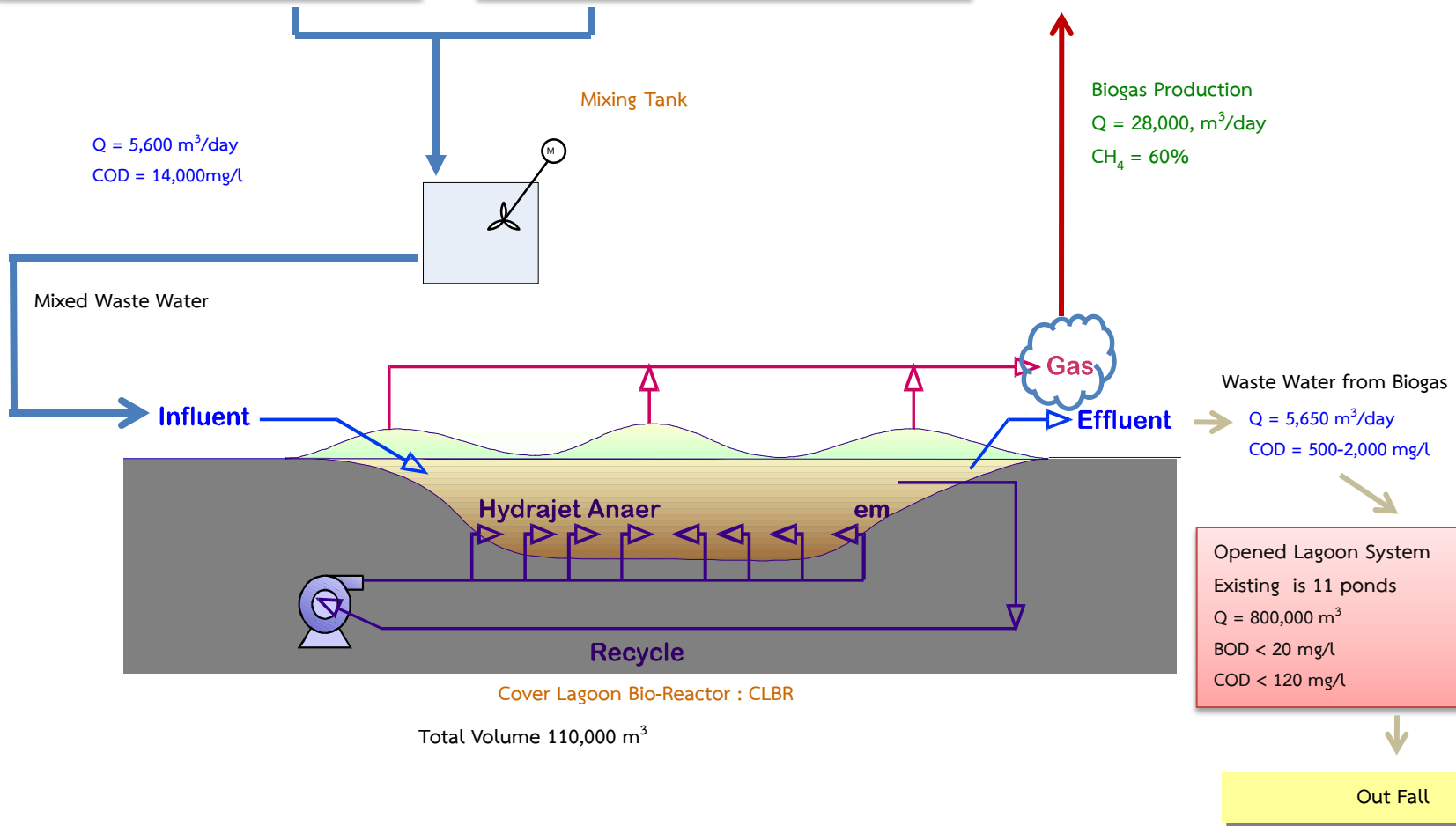
Wet Cake WW

$Q = 50 \text{ m}^3/\text{day}$

$\text{COD} = 230,000 \text{ mg/l}$

Biogas Treatment

Before sending to Boiler



# Waste water Process Flow

Palm oil factory WW  
 $Q = 1050 \text{ m}^3/\text{day}$   
 $\text{COD} = 78,417 \text{ mg/l}$

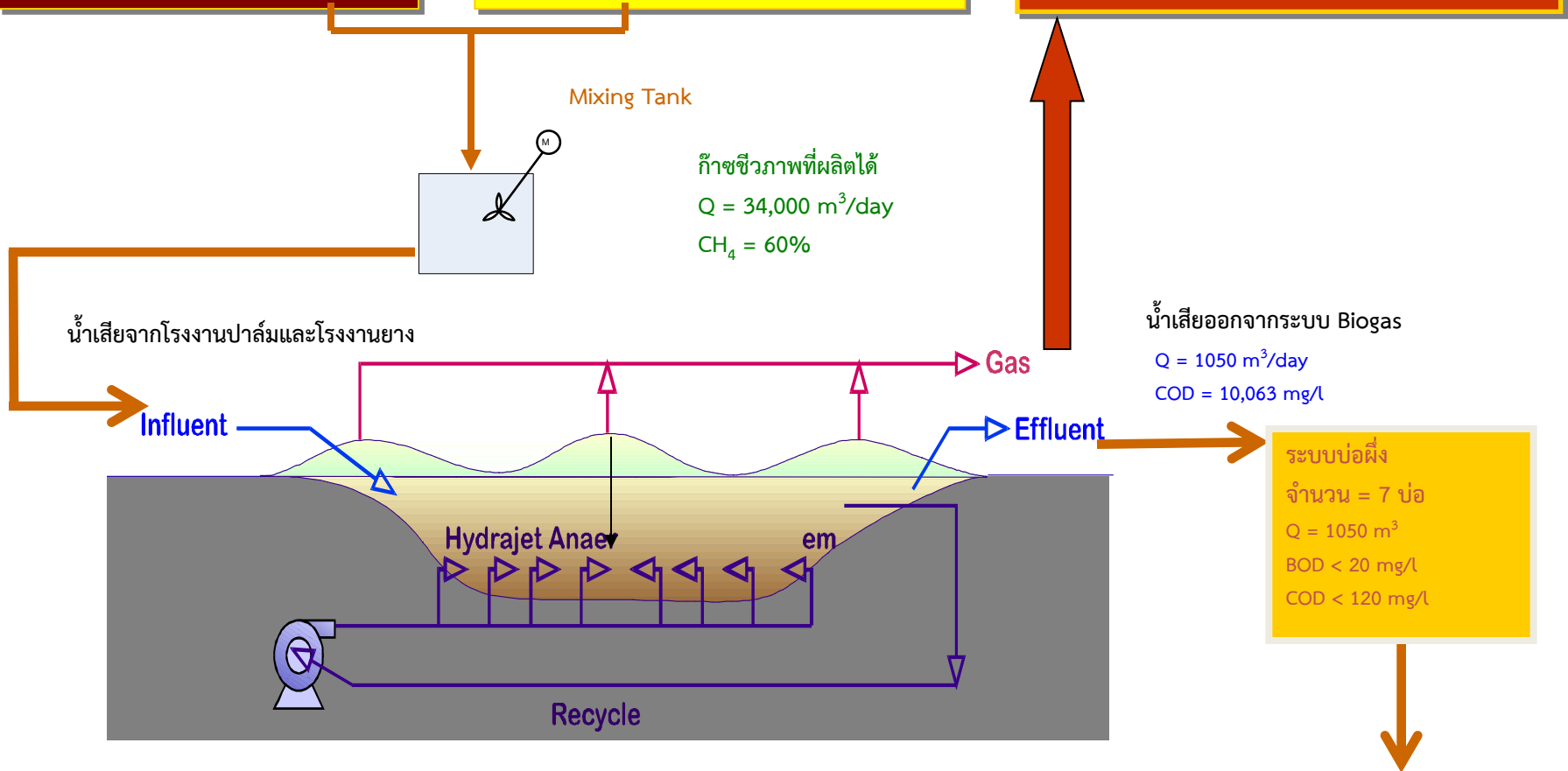
Rubber factory WW  
 $Q = 169 \text{ m}^3/\text{day}$   
 $\text{COD} = 7,254 \text{ mg/l}$

กำลังผลิตไฟฟ้าติดตั้ง = 2,800 kW  
ผลิตไฟฟ้าได้ = 67,000 kWh/day

Mixing Tank

ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้  
 $Q = 34,000 \text{ m}^3/\text{day}$   
 $\text{CH}_4 = 60\%$

น้ำเสียออกจากระบบ Biogas  
 $Q = 1050 \text{ m}^3/\text{day}$   
 $\text{COD} = 10,063 \text{ mg/l}$



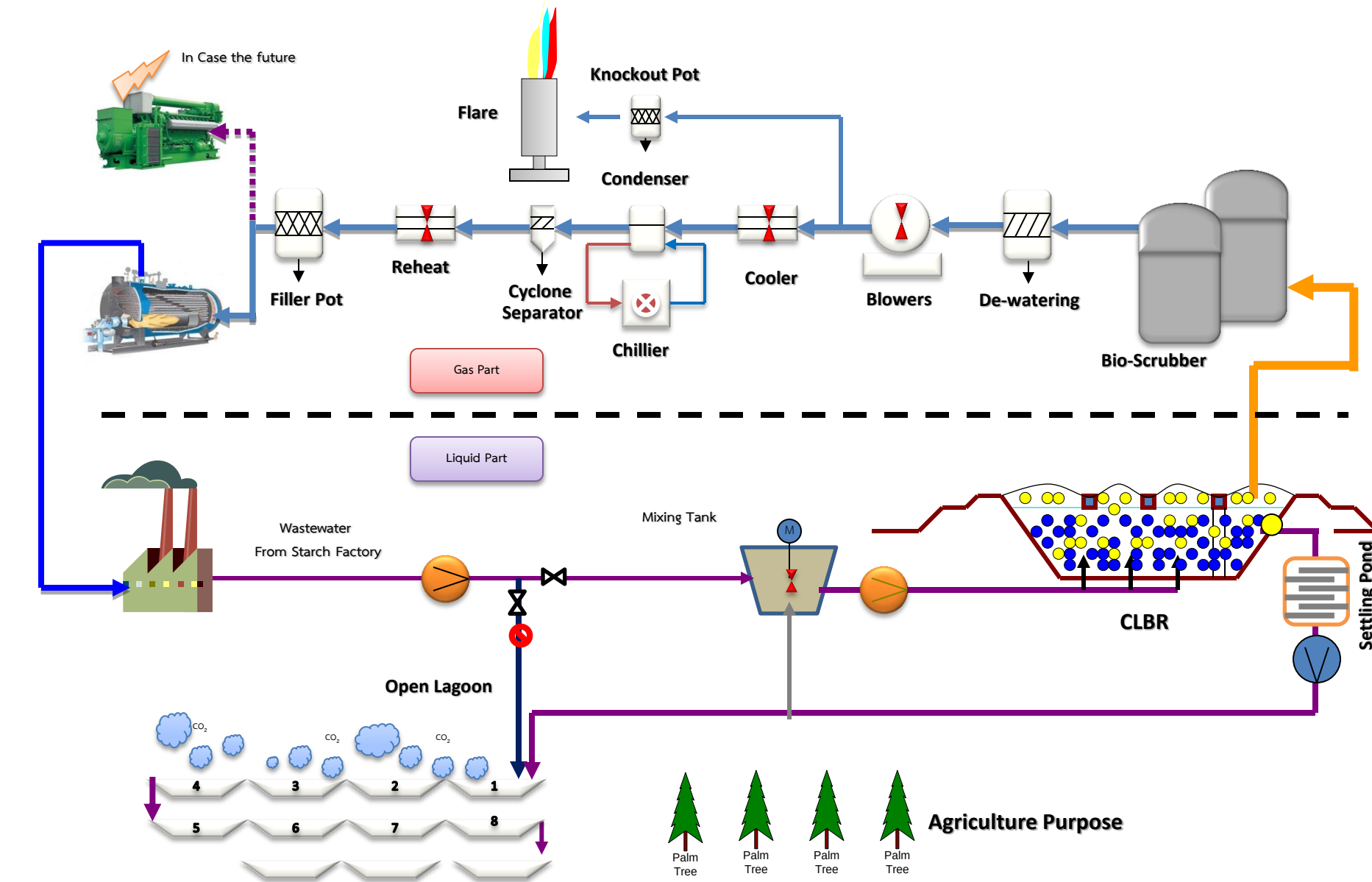
Cover Lagoon Bio-Reactor : CLBR

ปริมาตรระบบ  $84,000 \text{ m}^3$

ปริมาตรประสิทธิภาพ  $67,500 \text{ m}^3$

น้ำทิ้งสุดท้ายใช้รดสวนปาล์มของบริษัท

## Biogas Process Flow





# กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

## ขั้นตอนที่ 1 Liquefaction stage

### 1) ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Hydrolysis stage)

การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน โดยแบคทีเรียให้เป็นโมเลกุลเล็กละลายน้ำได้ เช่น กลูโคส กรดอะมิโน กลีเซอรอล เป็นต้น

Carbohydrates  Simple sugar + Alcohol

Proteins  Peptide + Amino acid

Fats  Glycerol + Fatty acid

### 2) ขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก (Acetogenic stage)

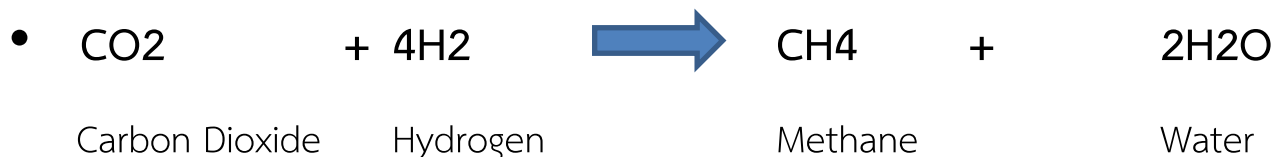
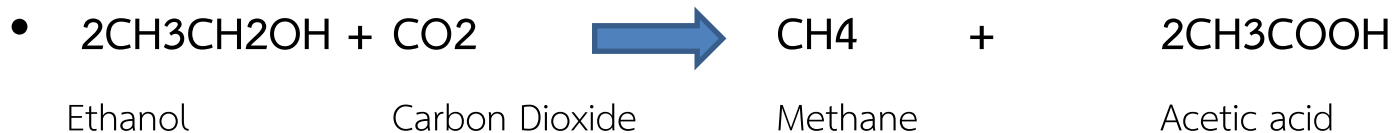
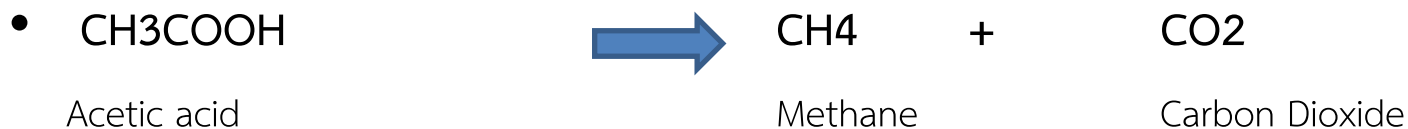
การสร้างกรดอะซิติกจากกรดอินทรีย์ต่างๆ แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก จะนำเอา Simple soluble compound จากขั้นตอน Hydrolysis หรือจากวัตถุดิบโดยตรงมาย่อยสลายต่อไป ผลจากปฏิกิริยานี้ก็จะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Complex organics  Organic acid + CO<sub>2</sub>

# กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

ขั้นตอนที่ 2 Gasification stage หรือการสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic stage)

ปฏิกิริยาการสร้างก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียชนิดที่ผลิตก๊าซมีเทน (Methane producing หรือ Methanogenic micro organism) ซึ่งมีหลายชนิดและเป็นแบคทีเรียที่ต้องอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ถ้ามีออกซิเจนเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้แบคทีเรียพวกนี้หยุดการเจริญเติบโต ก๊าซมีเทนอาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์ (ส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิติก) กับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์กับไฮโดรเจน



# สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

## 1. สารอาหาร

- ในเซลล์แบคทีเรียจะประกอบด้วยธาตุสำคัญ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ออกซิเจน และซัลเฟอร์
- แบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศ ต้องการไนโตรเจนเทียบกับน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 9.4
- แบคทีเรียชนิดไม่ใช้อากาศ จะสร้างเซลล์เพิ่มขึ้นได้จะต้องมีธาตุไนโตรเจนต่อคาร์บอน (N/C) ในสารอาหารประมาณ 0.0620 และธาตุฟอสฟอรัสเท่ากับ 1 ใน 7 ของปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ประกอบในเซลล์
- น้ำเสียควรมีอาหารเสริมเพียงพอแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยทั่วไปต้องการธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราส่วน 11 ต่อ 2 ดังนั้น หากแบคทีเรียที่เกิดประมาณ 0.1 กก. ต่อ BOD ที่ย่อยสลายอัตราส่วน BOD:N:P เท่ากับ 100:1.1:0.2 ซึ่งต่ำกว่าอัตราการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100:5:1

# สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

## 2. อุณหภูมิ (Temperature)

- อุณหภูมิที่เดินระบบแอนแอโรบิกมี 2 ช่วง ได้แก่
  - ช่วง Mesophilic คือที่อุณหภูมิระหว่าง 30-35 °C
  - ช่วง Thermophilic คือที่อุณหภูมิระหว่าง 50-65 °C
- โดยอุณหภูมิช่วง 40-50 °C และอุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนจะถูกยับยั้ง
- ส่วนใหญ่จะเดินระบบที่อุณหภูมิ 30-35 °C มากกว่า 50-65 °C เนื่องจาก Thermophilic bacteria มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม มักจะประสบปัญหาในการควบคุมระบบมากกว่า Mesophilic bacteria

# สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

## 3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเข้มข้นของกรดระเหย (Volatile acid)

- ขบวนการหมักที่เข้าสู่สภาพปกติ จะทำให้เกิดความสมดุลของความความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจากเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ไบคาร์บอเนต ( $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3$ ) และเกิดแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3 - \text{NH}_4$ ) ทำให้สารละลายในบ่อหมักมีค่า pH ระหว่าง 7.0 – 8.5
- ถ้า pH ของสารละลายในบ่อหมักลดลงต่ำกว่า 6.2 จะหยุดยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน ทำให้การผลิตก๊าซมีเทนลดลงหรือไม่มีการผลิตเลย
- ขบวนการหมักปกติ ค่าความเข้มข้นของกรดระเหยได้ วัดในรูปของกรดอะซิติก (Acetic acid) ควรต่ำกว่า 2,000 ppm. ถ้ากรดระเหยมีค่าสูงกว่านี้ จะหยุดยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน

# สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

## 4. การผสม (Mixing)

- การผสม เป็นการทำให้แบคทีเรียมีโอกาสสัมผัสกับอาหาร (น้ำเสีย) มากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดได้เร็วขึ้น
- กรณีน้ำเสียแป้งมันสำปะหลัง การผสมจะลดการจับตัวเป็นก้อนแป้ง ทำให้อย่อยแป้งได้เร็ว
- การผสม ช่วยทำให้อุณหภูมิภายในระบบสม่ำเสมอ
- การผสม ช่วยลดระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียในถังปฏิกิริยา วิธีการผสมโดยใช้ใบพัดกวนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการผสมโดยหมุนเวียนก๊าซที่เกิดขึ้นภายในระบบ การผสมสามารถเลือกรูปแบบได้ทั้งการผสมแบบต่อเนื่องและเป็นช่วงเวลา
- กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนมีความไวต่อการผสมเร็ว (Rapid Mixed, Velocity gradient,  $G > 500 \text{ s}^{-1}$ ) มาก ควรหลีกเลี่ยงการผสมที่อาจทำให้แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนหลุดออกจากระบบ เพราะจะทำให้ระบบล้มเหลวได้



# สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

## 5. ระยะเวลาการเก็บกัก (Retention time)

- ระยะเวลาการเก็บกัก เป็นระยะเวลาที่ให้สารอินทรีย์ถูกผสมอยู่ในบ่อหมักก๊าซ เพื่อให้แบคทีเรียได้ย่อยสลายสารอินทรีย์ และใช้เป็นอาหารในการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ให้มากขึ้น ก่อนที่จะถูกถ่ายเทออกจากบ่อหมัก
- ระยะเวลาการเก็บกัก ปกติจะใช้เวลา 20-50 วัน

# สภาวะแวดล้อมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

## 6. ความเข้มข้นของของแข็งในบ่อหมัก (Substrate solids content)

- ความเข้มข้นของของแข็งในบ่อหมัก ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
  - บ่อหมักแบบเติมสารอินทรีย์อย่างสม่ำเสมอ ควรมีค่าระหว่าง 5 -10 %
  - บ่อหมักแบบเติมสารอินทรีย์เพียงครั้งเดียว ควรมีค่าประมาณ 25 %
- ความเข้มข้นของของแข็งในบ่อหมัก ที่มากหรือน้อยเกินไป
  - มากเกินไป จะทำให้เกิดการสะสมของกรดเพิ่มขึ้น (pH ต่ำลง) กระบวนการหมักจะหยุดชะงัก ทำให้ไม่มีการผลิตก๊าซชีวภาพ
  - น้อยเกินไป จะทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่อปริมาตรของบ่อไม่มากเท่าที่ควร ทำให้ได้ก๊าซน้อย

## 1.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

| Compound          | Chemical symbol  | Content (Vol.-%)   |
|-------------------|------------------|--------------------|
| Methane           | CH <sub>4</sub>  | 50-75              |
| Carbon dioxide    | CO <sub>2</sub>  | 25-45              |
| Water vapour      | H <sub>2</sub> O | 2 (20°C) -7 (40°C) |
| Oxygen            | O <sub>2</sub>   | <2                 |
| Nitrogen          | N <sub>2</sub>   | <2                 |
| Ammonia           | NH <sub>3</sub>  | <1                 |
| Hydrogen          | H <sub>2</sub>   | <1                 |
| Hydrogen sulphide | H <sub>2</sub> S | <1                 |

**Table 9.1 Properties of gases (FNR 2006)**

|                          | Unit               | Biogas | Natural gas | Propane    | Methane    | Hydrogen |
|--------------------------|--------------------|--------|-------------|------------|------------|----------|
| Heat value               | kWh/m <sup>3</sup> | 6      | 10          | 26         | 10         | 3        |
| Density                  | kg/m <sup>3</sup>  | 1,2    | 0,7         | 2,01       | 0,72       | 0,09     |
| Density ratio gas to air |                    | 0,9    | 0,54        | 1,51       | 0,55       | 0,07     |
| Ignition temperature     | °C                 | 700    | 650         | 470        | 600        | 585      |
| Explosion range          | Vol.-%             | 6 – 12 | 4,4 – 15    | 1,7 - 10,9 | 4,4 - 16,5 | 4 - 77   |

# องค์ประกอบและคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

|        |            |
|--------|------------|
| Time : | 14:57:04   |
| Date : | 03.10.2008 |
| T1     | 31.4 °C    |
| T2     | 32.9 °C    |
| Pd     | 1.55 hPa   |
| Pa     | 1001.3 hPa |
| O2     | 0.1 %      |
| H2S    | 2693 PPM   |
|        | 0.3 %      |
| CO2    | 292500 PPM |
|        | 29.3 %     |
| CH4    | 655800 PPM |
|        | 65.6 %     |

|                  |          |                    |          |
|------------------|----------|--------------------|----------|
| CH <sub>4</sub>  | 65.6 %   | Pd                 | 0.02 hPa |
| CO <sub>2</sub>  | 29.0 %   | T1                 | 27.6 °C  |
| O <sub>2</sub>   | 0.0 %    | 53% <del>31°</del> |          |
| H <sub>2</sub> S | 2572 ppm | Time               | 16:25:57 |

## ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วย Gas Analyzer

- ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ระหว่าง 55-66 % เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อน
- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) 27-45 % เป็นก๊าซเฉื่อย
- ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) 2200-3300 ppm. (~0.3 %) เป็นก๊าซพิษ
- ไนโตรเจน (N<sub>2</sub> เป็นก๊าซเฉื่อย) ออกซิเจน (O<sub>2</sub>) และความชื้นหรือไอน้ำอึดตัว

# คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ (Biogas)

## Ternary (three component) diagram, atmospheric

For the explosion area methane / air / CO<sub>2</sub>- N<sub>2</sub> - mixture

Acc. to Tabasaran / Rettenberger (UBA – Forschungsbericht 12/1982, Nr. 10302207 Teil1)

DAS – IB GmbH / Biogas - & LFG - Technology

Flintbeker Str. 55

D 24113 Kiel

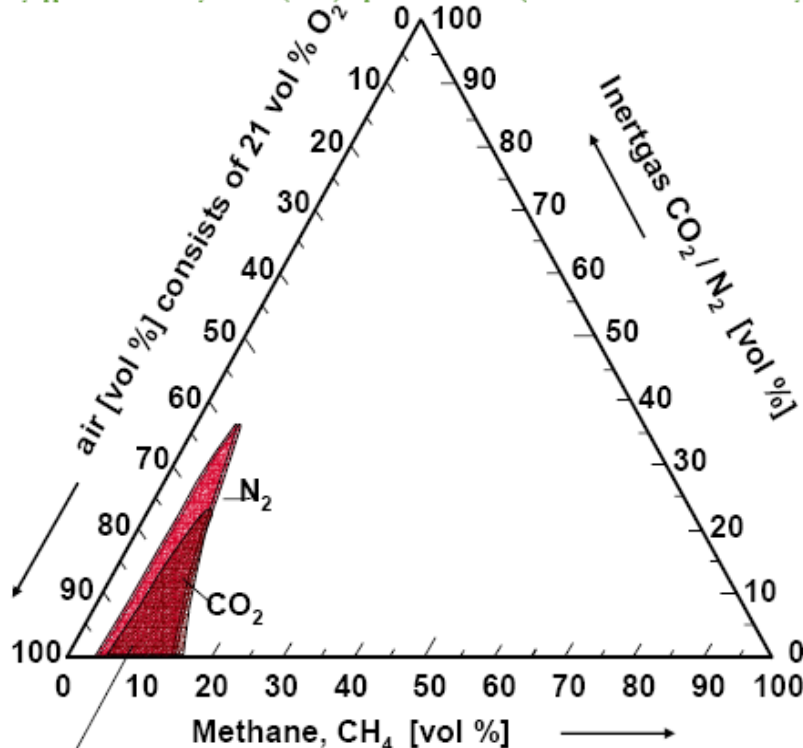
Phone & Fax # 49 / 431 / 683814 [www.das-ib.de](http://www.das-ib.de) [info@das-ib.de](mailto:info@das-ib.de)

Biogas, sewage gas and landfill gas technology:

• Consultation, planning, projecting

• Training of operating personnel

• Expert services (among other things in accordance with § 29a BImSchG (Federal Immission Control Act) and a publicly appointed and Publicly Certified (sworn) Expert at the IHK Kiel (Chamber of Commerce and Industry)



- Autoignition temperature : 595 °C
- Flammability limits in air (STP conditions) : 5.0-15.0 vol. %
- ช่วงการลุกไหม้ ; จะไม่ลุกไหม้หรือเปลวไฟดับเมื่อ CH<sub>4</sub> ในบรรยากาศ < 5 % (Lower Explosive Limit ), CH<sub>4</sub> ในบรรยากาศ > 15 % (Upper Explosive Limit )
- Specific Hazards ; Exposure to fire may cause containers to rupture/explode.
- Max. ignition velocity , Biogas (60% CH<sub>4</sub>, 38% CO<sub>2</sub>, 2% Other); 0.25 m/s
- General Behavior : Risk of corrosion by gas contained impurities (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) in presence of moisture.

# คุณสมบัติของก๊าซบางชนิดในก๊าซชีวภาพ

|                                                                                                  | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| มวลโมเลกุล [กก./โมล]                                                                             | 16.04           | 44.01           | 34.08            |
| ความหนาแน่น (@ 1.013 บาร์สมบรูณ์ , 15°ซ ) [กก./ลบ.ม.]                                            | 0.68            | 1.87            | 1.45             |
| Critical Temperature [°ซ]                                                                        | -82.7           | 31              | 100              |
| Critical Pressure [บาร์สมบรูณ์]                                                                  | 45.96           | 73.825          | 89.37            |
| Compressibility Factor (Z) (@ 1.013 บาร์สมบรูณ์ , 15°ซ )                                         | 0.998           | 0.9942          | 0.9915           |
| Sp. Gr. (เทียบกับอากาศ = 1) (@ 1.013 บาร์สมบรูณ์ , 15°ซ )                                        | 0.55            | 1.521           | 1.189            |
| Specific volume (@ 1.013 บาร์สมบรูณ์ , 21°ซ ) [ลบ.ม./กก.]                                        | 1.48            | 0.547           | 0.699            |
| Heat capacity at constant pressure (Cp)<br>(@ 1.013 บาร์สมบรูณ์ , 25°ซ ) [ กิโลจูล/(โมล.เคลวิน)] | 0.035           | 0.037           | 0.034            |
| Heat capacity at constant volume (Cv)<br>(@ 1.013 บาร์สมบรูณ์ , 25°ซ ) [ กิโลจูล/(โมล.เคลวิน)]   | 0.027           | 0.028           | -                |
| Ratio , Cp/Cv (@ 1.013 บาร์สมบรูณ์ , 25°ซ )                                                      | 1.3054          | 1.2938          | -                |

# ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

| เชื้อเพลิง            | MJ/kg | MJ/m <sup>3</sup> |
|-----------------------|-------|-------------------|
| Methane               | 50.0  | 35.9              |
| Purified Biogas (90%) | 45.0  | 32.3              |
| Mean Biogas (60%)     | 30.0  | 21.5              |
| Butane                | 45.7  | 118.5             |
| Propane               | 46.4  | 90.9              |
| Methanol              | 19.9  | 15,900            |
| Ethanol               | 26.9  | 21,400            |
| Gasoline              | 45.0  | 33,300            |
| Diesel                | 42.1  | 34,500            |

## ค่าเฉลี่ย การทดแทนพลังงานของก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม.

---

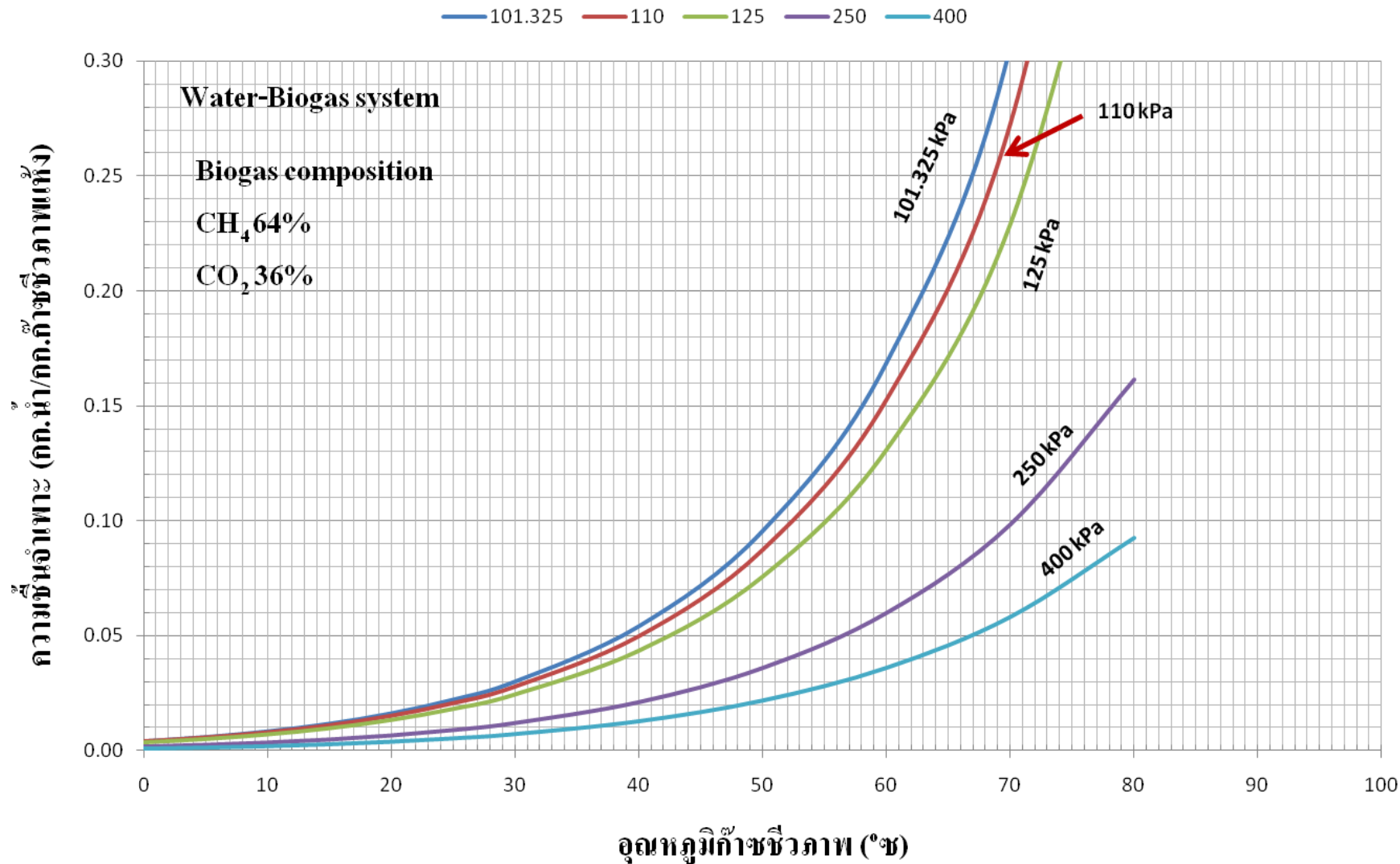
|              |         |         |
|--------------|---------|---------|
| LPG          | 0.46    | กก.     |
| น้ำมันเบนซิน | 0.67    | ลิตร    |
| น้ำมันดีเซล  | 0.60    | ลิตร    |
| น้ำมันเตา    | 0.55    | ลิตร    |
| ฟืนไม้       | 1.50    | กก.     |
| ไฟฟ้า        | 1.2-1.4 | กว./ชม. |

---

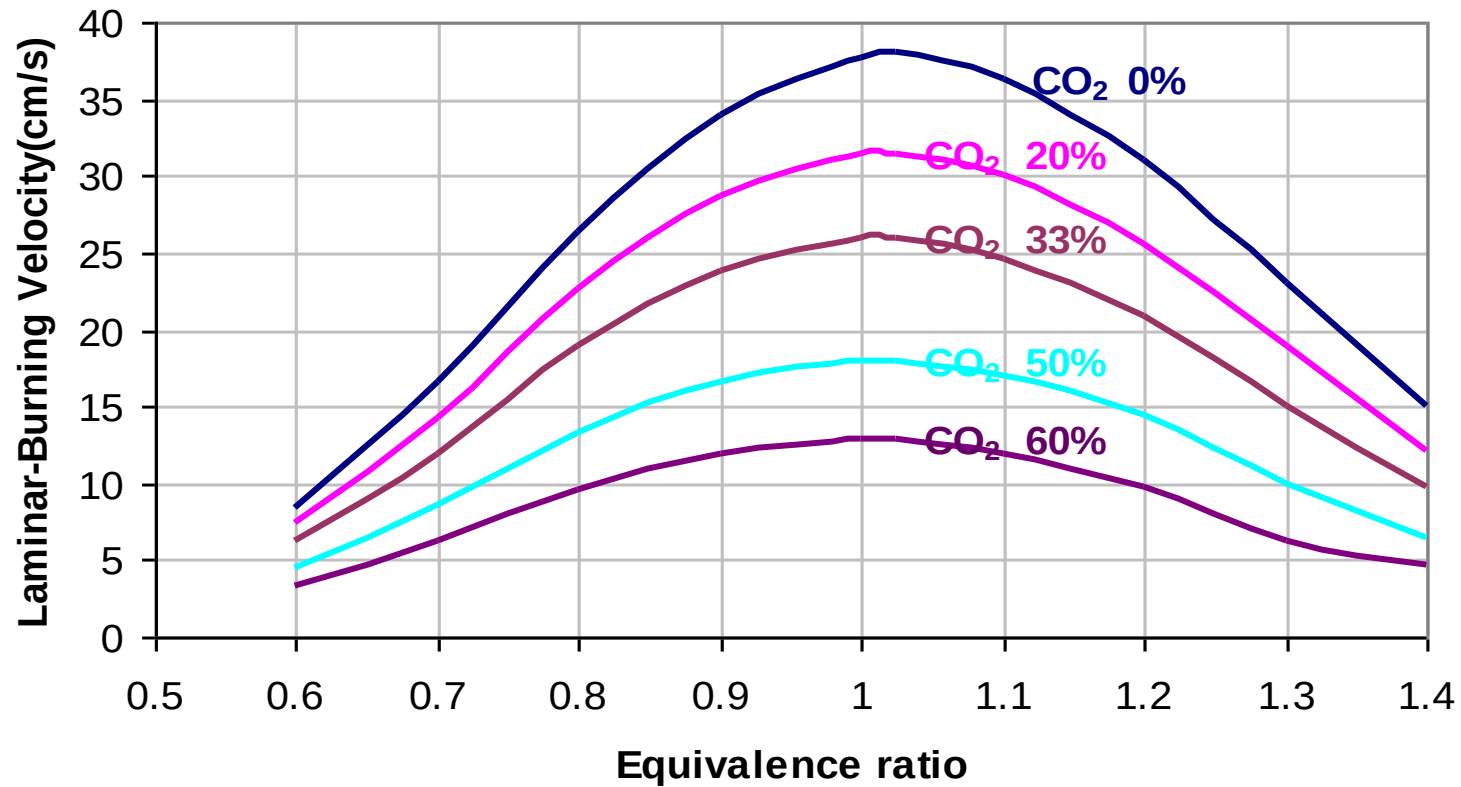
\* อัตราการทดแทนพลังงานอย่างใดอย่างหนึ่ง



# ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นจำเพาะของก๊าซชีวภาพ กับอุณหภูมิก๊าซชีวภาพที่ความดันต่างๆ



# ความเร็วเปลวไฟ(Flame Velocity)ของก๊าซชีวภาพที่ % CH<sub>4</sub> ต่างๆ



|                                      |         |         |         |         |         |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| %CH <sub>4</sub> : %CO <sub>2</sub>  | 100 : 0 | 80 : 20 | 67 : 33 | 50 : 50 | 40 : 60 |
| ความเร็วเปลวไฟ<br>(เซนติเมตร/วินาที) | 38.0    | 31.5    | 26.0    | 18.0    | 12.8    |

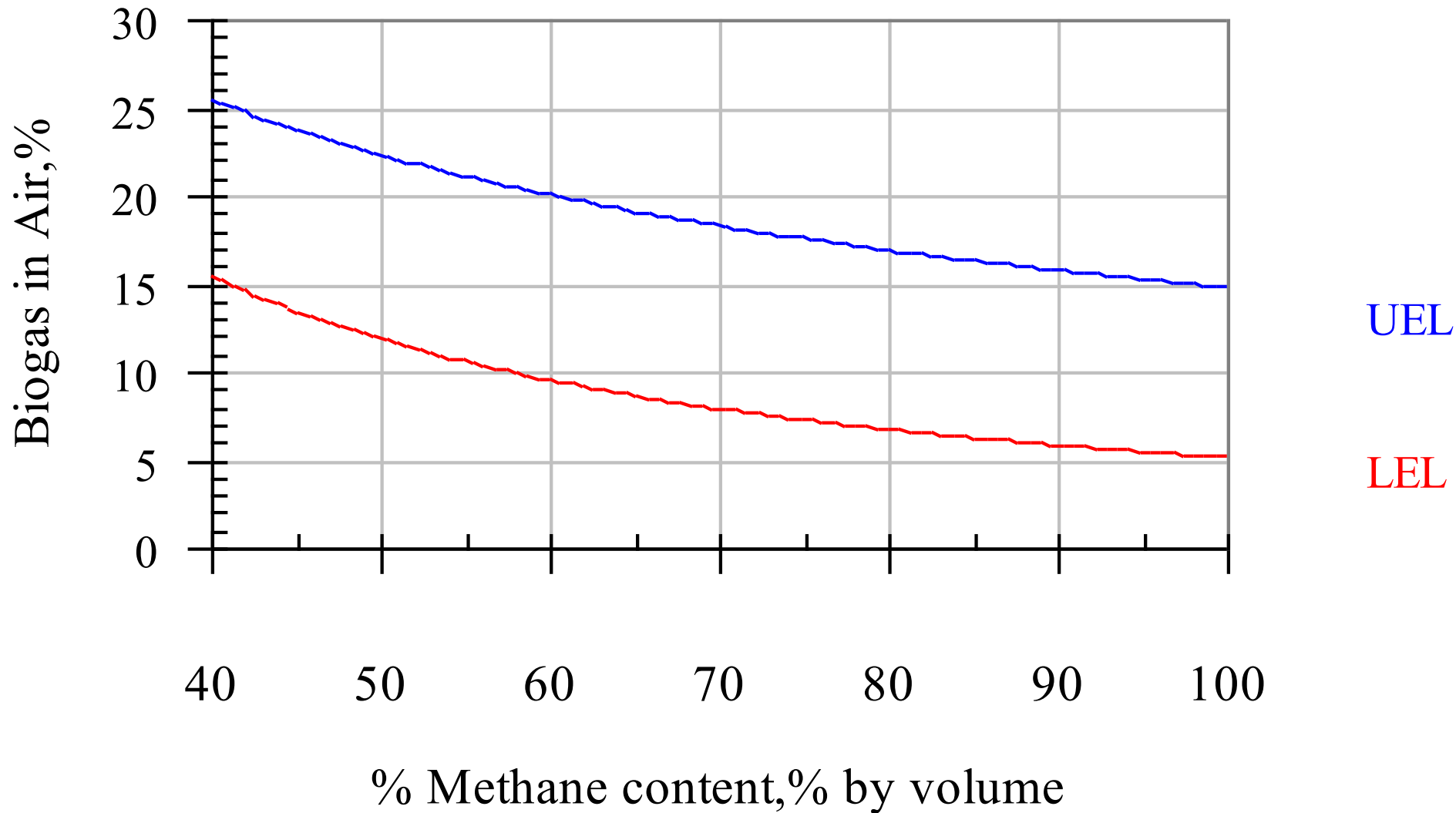
# เปรียบเทียบคุณสมบัติก๊าซ (Gas Properties) METHANE & BIOGAS

|                                                            | METHANE         | BIOGAS                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COMPOSITION, by volume                                     | Methane -100%   | Methane - 60%, CO <sub>2</sub> - 35% ,<br>H <sub>2</sub> S- 1.67%, NH <sub>3</sub> - 1.67% , ไอน้ำ 1.67% |
| MOLECULAR WEIGHT, lbm/lb-mole                              | 16.04           | 26.18                                                                                                    |
| <b>SPECIFIC GRAVITY, air = 1</b>                           | <b>0.554</b>    | <b>0.904</b>                                                                                             |
| DENSITY @ STP, lbm/ft <sup>3</sup>                         | 0.0447          | 0.073                                                                                                    |
| <b>HEAT VALUE, BTU/lbm</b>                                 | <b>23,850.</b>  | <b>8,937.</b>                                                                                            |
| <b>ENERGY CONTENT @ STP, BTU/ft<sup>3</sup></b>            | <b>1,066.</b>   | <b>652.</b>                                                                                              |
| GAS CONSTANT, ft-lbf/lbm-°R                                | 96.3            | 59.0                                                                                                     |
| CRITICAL TEMPERATURE, °R                                   | 343.6           | -                                                                                                        |
| CRITICAL PRESSURE, lbf/in <sup>2</sup>                     | 673.            | -                                                                                                        |
| CRITICAL SPECIFIC VOLUME, ft <sup>3</sup> /lbm             | 0.099           | -                                                                                                        |
| OCTANE RATING                                              | 130.            | -                                                                                                        |
| IGNITION TEMPERATURE, °F                                   | 1250.           | -                                                                                                        |
| AIR-TO-METHANE RATIO FOR<br>COMPLETE COMBUSTION, by volume | 10:1            | -                                                                                                        |
| <b>EXPLOSION LIMITS IN AIR, by volume</b>                  | <b>5% - 15%</b> | -                                                                                                        |

☐ Methane - 100% เบากว่าอากาศครึ่งหนึ่ง ถ้ารั่วจะลอยตัวเร็วมาก ไม่มีการสะสมตามพื้น แต่อาจสะสมใต้หลังคา

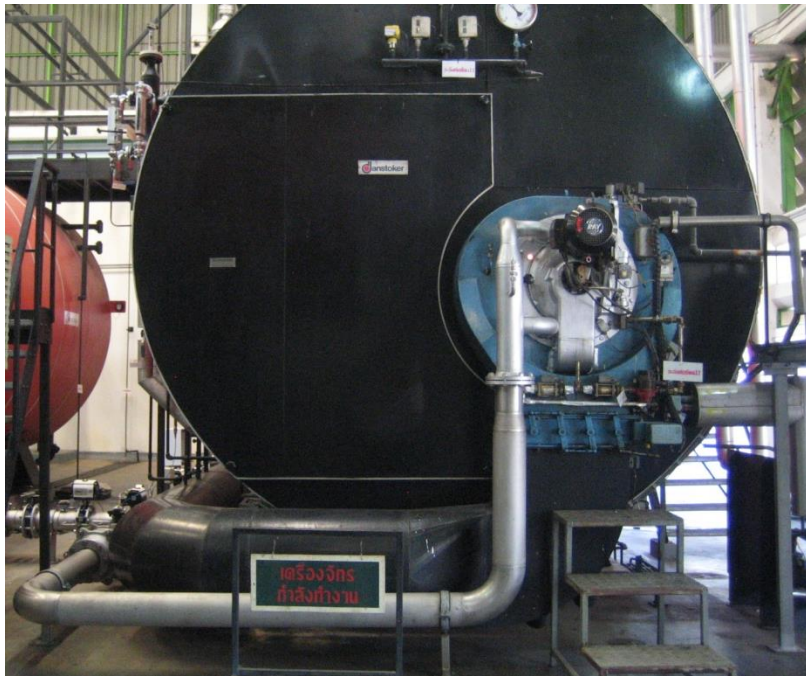
☐ ก๊าซชีวภาพที่ Methane - 60%, CO<sub>2</sub>- 35%หนักเกือบเท่าอากาศ ถ้าก๊าซรั่วไหลจะลอยตัวอย่างช้าๆ ถ้ามีลมพัดแรง อาจผสมกับลมไปตามพื้น

# ช่วงการระเบิดได้ของก๊าซชีวภาพในอากาศที่ %มีเทนต่างๆ



## 1.3 การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ

การใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตความร้อนสำหรับหม้อน้ำ หรือหม้อน้ำมันร้อน



หัวเผาแบบ Combination burner ใช้เผาไหม้น้ำมันผสมก๊าซชีวภาพ

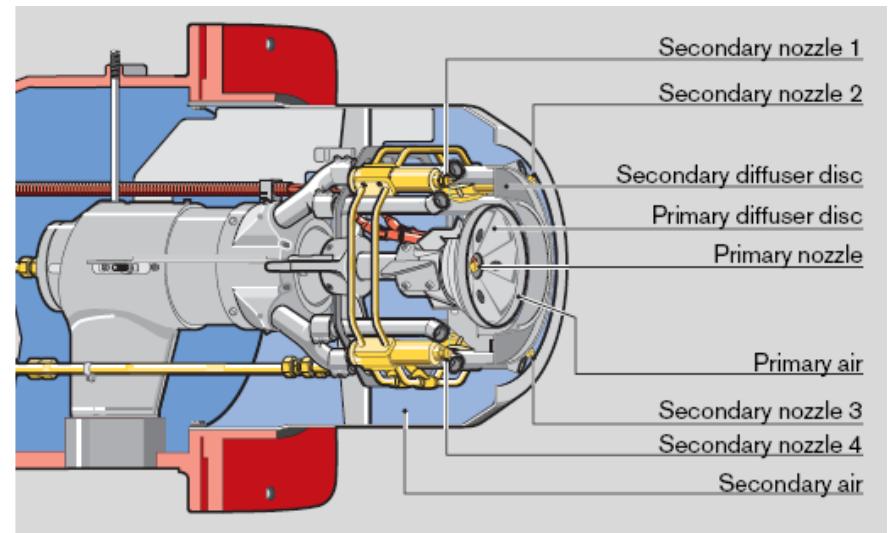
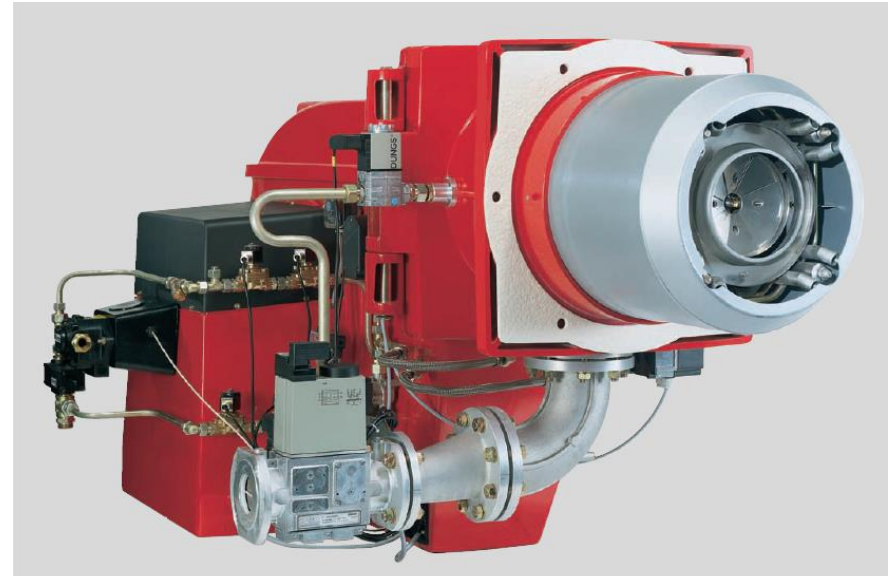


# หัวเผาที่ใช้กับก๊าซชีวภาพ



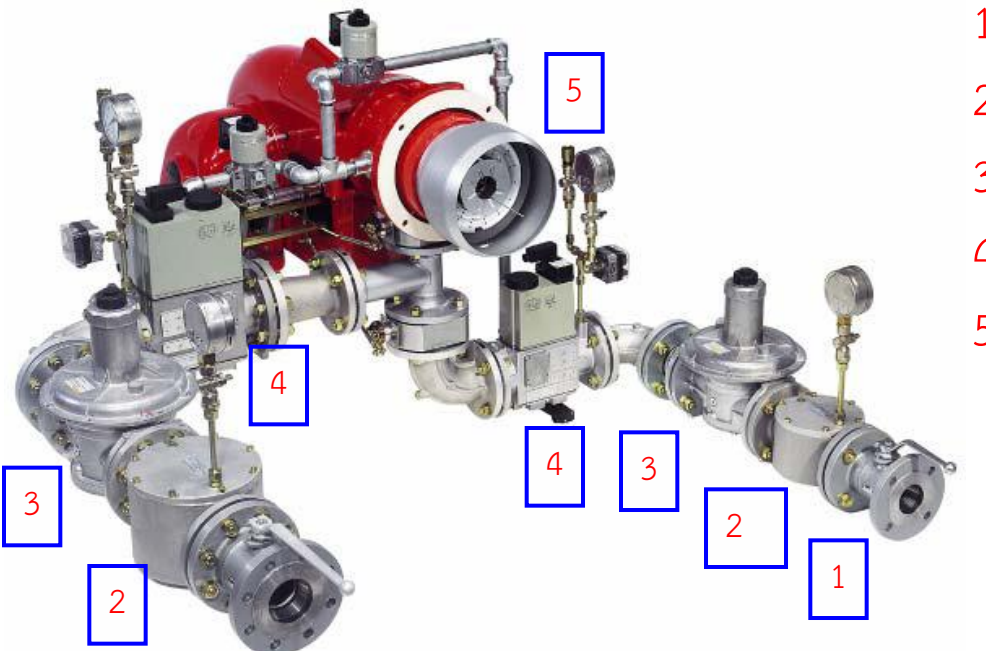
หัวเผาCombination burner

หัวเผาชนิดใช้กับก๊าซชีวภาพBiogas burner

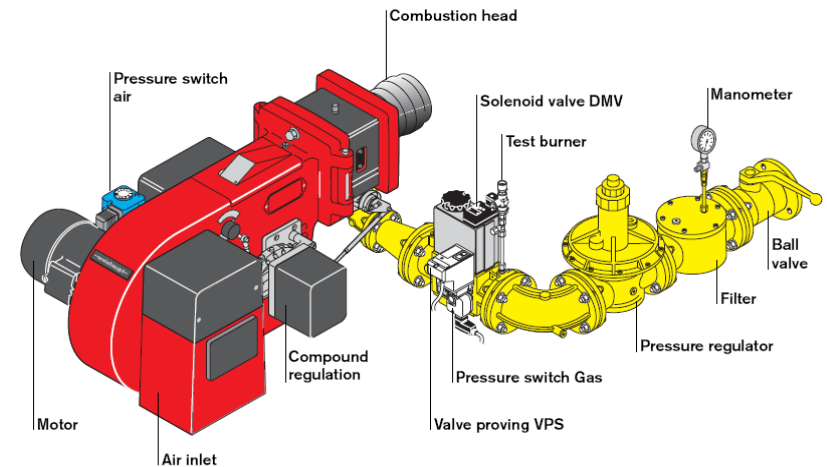
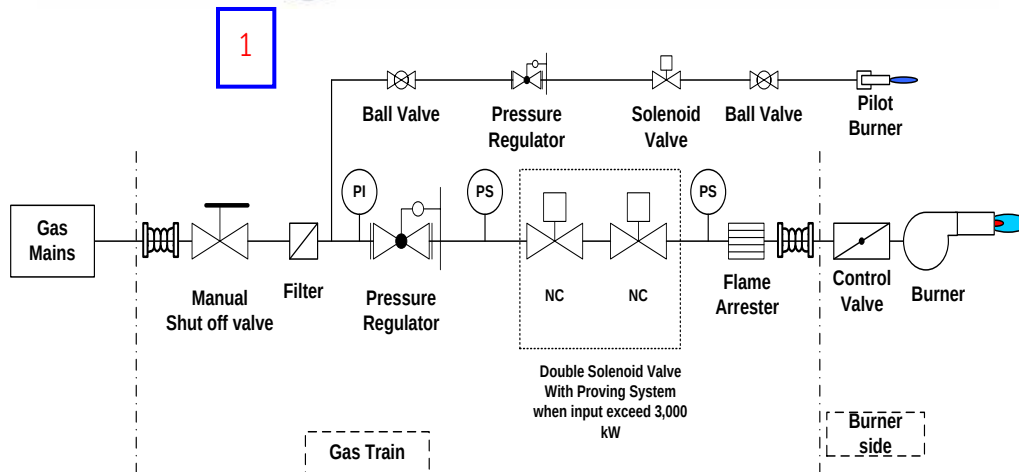




# ชุดอุปกรณ์ก๊าซ (Gas train) สำหรับ BURNER ที่ใช้ก๊าซชีวภาพ



- 1 Stop valve
- 2 Filter
- 3 P. regulator
- 4 Double SV.
- 5 Burner



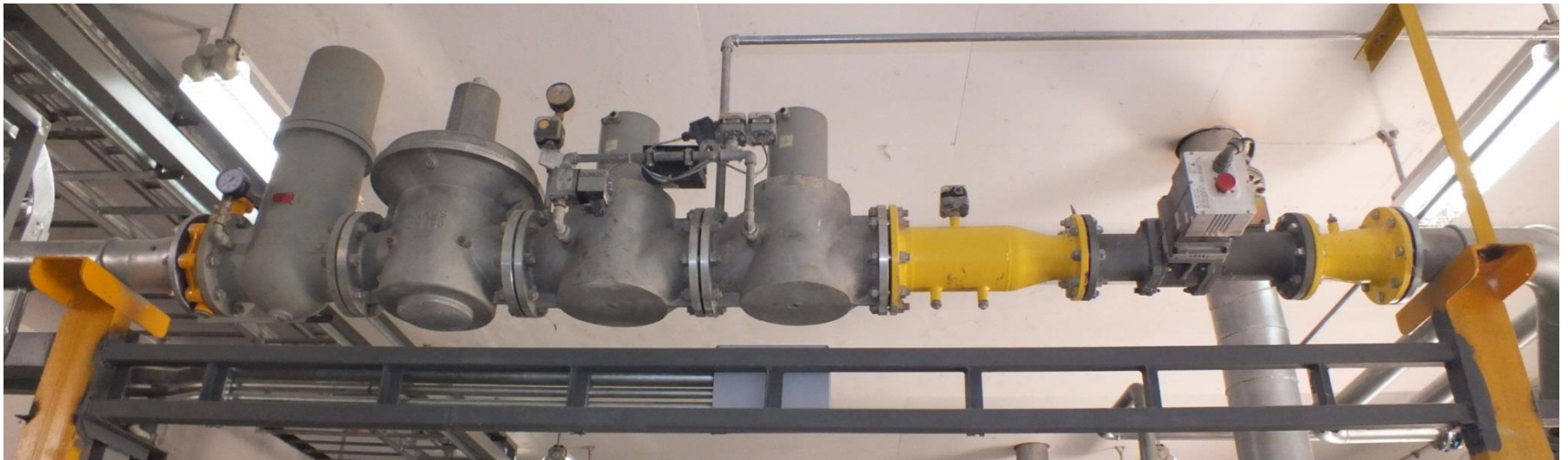
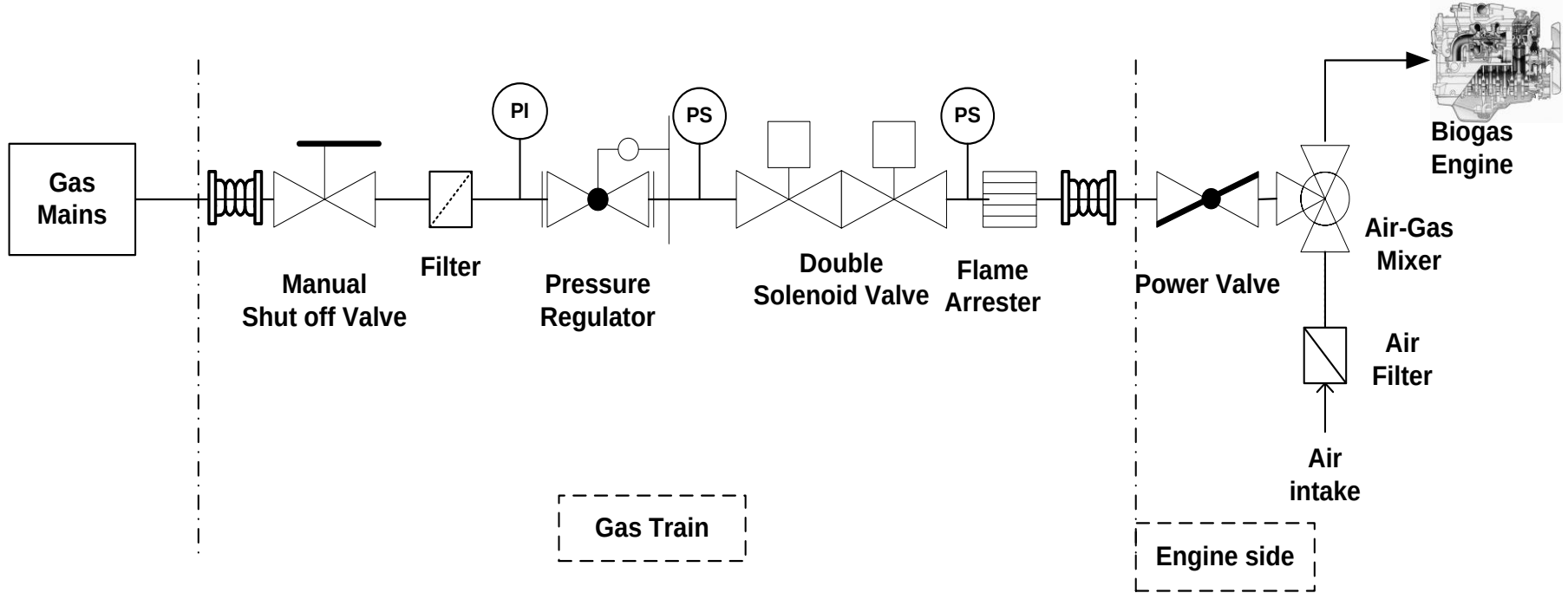


# การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า

ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเพื่อการผลิตไฟฟ้า



# ชุดอุปกรณ์ก๊าซ (Gas train) สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ



# 1.4 คุณภาพก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

| เทคโนโลยี                              | ลักษณะของก๊าซที่แนะนำ                                                                                                                                                                                                                                                                        | ที่มา; Steven McKinsey Zicari, 2003 |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| หัวเผา<br>เตาหุงต้ม                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>H_2S &lt; 1000</math> ppm, ความดัน 80-250 mbar, ไม่มีน้ำปน, <math>CH_4 &gt; 50\%</math></li> <li>- <math>H_2S &lt; 10</math> ppm ความดัน 8-25 mbar</li> </ul>                                                                                 |                                     |
| เครื่องยนต์สันดาปภายใน                 | $H_2S < 100$ ppm, ความดัน 8-25 mbar ,ไม่มีน้ำและไม่มี siloxanes ปน<br>(Otto cycle engines ถูกกัดกร่อนด้วย $H_2S$ ได้ง่ายกว่า diesel engines)                                                                                                                                                 |                                     |
| ก๊าซเทอร์โบขนาดเล็ก<br>(Microturbines) | $H_2S < 70,000$ ppm, ค่าความร้อน $> 350$ BTU/scf<br>ความดันก๊าซ 5.20 bar ไม่มีน้ำและไม่มี siloxanes ปน                                                                                                                                                                                       |                                     |
| เซลล์เชื้อเพลิง<br>(Fuel Cells)        | PEM: $CO < 10$ ppm, กำจัด $H_2S$<br>PAFC: $H_2S < 20$ ppm, $CO < 10$ ppm, องค์ประกอบของสารกลุ่ม Halogens $< 4$ ppm<br>MCFC: $H_2S < 10$ ppm in fuel ( $H_2S < 0.5$ ppm to stack), องค์ประกอบของสารกลุ่ม Halogens $< 1$ ppm<br>SOFC: $H_2S < 1$ ppm, องค์ประกอบของสารกลุ่ม Halogens $< 1$ ppm |                                     |
| Stirling Engines                       | $H_2S$ เหมือนกับหม้อน้ำความดันก๊าซ 10-140 mbar                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |
| ผลิตเป็นก๊าซธรรมชาติ                   | $H_2S < 4$ ppm, $CH_4 > 95\%$ , $CO_2 < 2\%$ by volume,<br>$H_2O < 1 \times 10^{-4}$ kg/MMscf, ไม่มี siloxanes and particulates ปน<br>ความดัน $> 30$ bar                                                                                                                                     |                                     |

## คุณสมบัติของก๊าซเชื้อเพลิงกับการเผาไหม้ในเครื่องยนต์

| Critical Compression Ratio                |                            |
|-------------------------------------------|----------------------------|
| Fuel Gas                                  | Critical Compression Ratio |
| Methane ( $\text{CH}_4$ )                 | 15.0:1                     |
| Ethane ( $\text{C}_2 \text{H}_6$ )        | 14.0:1                     |
| Propane ( $\text{C}_3 \text{H}_8$ )       | 12.0:1                     |
| Iso-Butane ( $\text{C}_4 \text{H}_{10}$ ) | 8.0:1                      |
| n-Butane ( $\text{C}_4 \text{H}_{10}$ )   | 6.4:1                      |

## 4. การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

4.1 การทำความสะอาด(Cleaning) ; การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ )

4.2 การทำความสะอาด(Cleaning) ; การกำจัดความชื้นหรือละอองน้ำ

4.3 การทำความสะอาด(Cleaning) ; การกำจัดไซลอกเซน( Siloxane)

4.4 การเพิ่มคุณภาพก๊าซชีวภาพ(Upgrade) ; การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ )

# การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ Biogas Upgrading

