

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบ โคมคองท์  
MODEL OF FIXED DOME BIO - GAS

โดย

นางสาวน้ำอ้อย แคนมะตาม

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ปพ.

ท 5391

2540

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2540

เลขหมึก.....

เลขทะเบียน.....30362

วัน, เดือน, ปี.....6.0.0.2541

ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ให้มีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อปัญหาพิเศษ ปีการศึกษา 2540

ชื่อเรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่

MODEL OF FIXED DOME BIO - GAS

ชื่อ - สกุล นางสาวน้ำอ้อย แคนมะตาม

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ราตรี ไชยคำภา

### บทคัดย่อ

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ ใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) ในหัวข้อการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ทฤษฎีบทที่ 5 เรื่องการสร้างถังแก๊สชีวภาพ และบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องถังแก๊สแบบต่าง ๆ ในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) กลุ่มวิชาชีพเลือก สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เมื่อได้ศึกษารายละเอียดข้างต้นแล้วจึงทำการวางแผนในการสร้างแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ โดยจัดทำแบบแปลนบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ และหามาตราส่วน 1 : 25 เป็นขนาดของแบบจำลอง เลือกและจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาผลิตแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ แล้วจึงดำเนินการสร้างแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ เริ่มจากสร้างพื้นที่ตั้งของบ่อแก๊สชีวภาพ แล้วสร้างบ่อเติมมูล บ่อหมัก บ่อล้น รางตากกาก ตามลำดับ จัดทำรายละเอียดและกรอบครอบพลาสติก รวมทั้งคู่มือการใช้และคำอธิบาย ประกอบการอธิบายลักษณะของแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ เมื่อได้แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ที่เสร็จสมบูรณ์แล้วจึงนำไปประเมินคุณภาพของแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านการผลิตแบบจำลอง และทางด้านเนื้อหาทางวิชาการ หลังจากนั้นจึงทำการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ ตามข้อเสนอแนะของผู้ประเมินผล เพื่อให้ได้แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคง-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ที่มีคุณภาพในการนำไปใช้ประกอบการสอนต่อไป ซึ่งผลสำเร็จจากการดำเนินงานครั้งนี้ถึงที่ได้ คือ แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ ซึ่งแสดงส่วนประกอบของบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ คือ บ่อเติมมูลสัตว์ บ่อหมัก บ่อสั่น บ่อเก็บกากมูลสัตว์ โดยใช้มาตราส่วน 1 : 25 พร้อมคำบรรยายประกอบคำอธิบายลักษณะของแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ จำนวน 1 ชุด

แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) ประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ ทางเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ได้ และเป็นแนวทางในการสร้างชุดอุปกรณ์ประกอบการสอนแบบจำลองในวิชาอื่น ๆ ต่อไปได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ สำเร็จลงได้ต้องขอขอบคุณท่านอาจารย์ราตรี ไชยคำภา อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ในการดำเนินการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้เป็นอย่างดี จนสามารถจัดทำปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วง ได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ มารดา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนทรัพย์ ในการดำเนินการทำปัญหาพิเศษ รวมถึงท่านอาจารย์สมจิตต์ กล้ากลิ่น คุณเทพพิทักษ์ พันธุ์หิรัญ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองท์ และกองดินและปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ประกอบในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา... ..	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ... ..	2
<b>2 การศึกษานอกสารที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ สื่อการเรียนการสอน.....	3
2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ บ่อแก๊สชีวภาพแบบ โคมคองที่.....	16
<b>3 วิธีการสร้างอุปกรณ์</b>	
3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร.....	26
3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา.....	31
3.3 คำบรรยายประกอบแบบจำลอง บ่อแก๊สชีวภาพแบบ โคมคองที่.....	55
3.4 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์.....	58
3.4.1 อุปกรณ์.....	58
3.4.2 วิธีการดำเนินการ.....	58
<b>4 การตรวจสอบอุปกรณ์และการแก้ไข</b>	
4.1 วิธีการตรวจสอบ.....	60
4.2 ผลของการตรวจสอบ.....	64
4.3 การปรับปรุงแก้ไข.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5	สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1	สรุป.....	65
5.2	ปัญหาและอุปสรรค.....	65
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	66
	บรรณานุกรม.....	67
	ภาคผนวก.....	69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราส่วนของ C/N (คาร์บอน / ไนโตรเจน) ของวัสดุที่ย่อยสลายได้	20
2	ขนาดบ่อแก๊สที่เหมาะสมกับฟาร์ม	25
3	การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลกระบือ	33
4	การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลโคนม	34
5	การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลโคเนื้อ	34
6	การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลสุกร	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ขั้นตอนการเกิดแก๊สชีวภาพ	22
2 การหาจุดต่ำสุดของรางระบายมูลสัตว์	38
3 การขุดดินเพื่อสร้างบ่อหมัก	39
4 การขุดดินเพื่อวางคานบ่อหมัก	40
5 การวางคานของบ่อหมัก	41
6 ตำแหน่งการวางท่อและบ่อดึ่งกาก (สำหรับบ่อมูลสุกร)	43
7 ตำแหน่งการวางท่อกลิ่น	44
8 การวางท่อเติมมูลสัตว์	45
9 วงแหวนกันรั่ว	46
10 ลักษณะของโคม	48
11 การฉาบโคม	49
12 ตำแหน่งวงแหวนเสริมความแข็งแรง (คาน โคม)	49
13 การหล่อฝาปิดบ่อหมัก	50
14 การฉาบผนังโคมด้านนอก	51
15 การปิดฝาบ่อหมัก	53

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ผู้สอนจะคิดค้นหา “สื่อ” การสอนต่างๆ มาช่วยในการเรียนการสอนเพื่อถ่ายทอดความรู้ให้ผู้เรียน ให้ได้รับประสบการณ์ที่ใกล้เคียงของจริงมากที่สุด แบบจำลอง ( Model ) ก็เป็นสื่อชนิดหนึ่งซึ่งช่วยให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ ซึ่งแบบจำลองเป็นสิ่งที่จำลองขึ้นหรือลดขนาดจากของจริงมานั่นเองแบบจำลองเป็นการศึกษาจากรายละเอียดขององค์ประกอบต่างๆ ที่ให้ผู้ศึกษามีความเข้าใจได้ง่ายในเรื่องของรายละเอียดต่างๆ เช่น ลักษณะของรูปร่าง โครงสร้างต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปสอนได้ง่าย ตลอดจนการเก็บรักษาและการดูแลรักษา (พฤติพงษ์ เล็กศิริรัตน์, 2536 : 2)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้จัดทำจึงเลือกทำแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) กลุ่มวิชาชีพเลือกสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ซึ่งมีคำอธิบายรายวิชาคือ วัตถุประสงค์และของเสียจากสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ หลักการและวิธีการผลิตแก๊ส คุณสมบัติของแก๊สชีวภาพ การสร้างถังแก๊สและการนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์ ข้อควรระวังในการนำแก๊สชีวภาพมาใช้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ประสบการณ์ เจตคติที่ดี ในการผลิตแก๊สชีวภาพ ในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ เป็นการศึกษารายละเอียดที่สำคัญ เช่น บ่อ-เติมมูลสัตว์ บ่อหมัก บ่อล้น เป็นต้น ซึ่งจะแสดงถึงรายละเอียดภายในของบ่อแต่ละประเภท ที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบ ตลอดจนอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบบจำลองชุดนี้จะสามารถให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น อันเป็นผลทำให้การเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) ในภาคทฤษฎี และปฏิบัติประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน และยังสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ ทางเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ได้ เพื่อช่วยในการถ่ายทอดความรู้โดยให้ผู้เรียน ได้รับประสบการณ์ที่ใกล้เคียงของจริงมากที่สุด ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) ในหัวข้อการสร้างถังแก๊สชีวภาพ ทฤษฎีบทที่ 5 บทปฏิบัติการบทที่ 4 ในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## 1.3 ขอบเขตของปัญหา

จัดทำแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ใช้ในการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) ในหัวข้อเรื่องการสร้างถังแก๊สชีวภาพ ทฤษฎีบทที่ 5 บทปฏิบัติการบทที่ 4 ในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งมีรายละเอียดของขอบเขตของการจัดทำดังนี้

1. แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ ซึ่งแสดงส่วนประกอบของบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ คือ บ่อเติมมูล บ่อหมัก บ่อคัน รวงตากาก จำนวน 1 ชุด โดยใช้มาตราส่วน 1 : 25
2. เนื้อหาในหัวข้อเรื่องการสร้างถังแก๊สชีวภาพโดยมีรายละเอียดเนื้อหา เช่น บ่อเติมมูลสัตว์ บ่อหมัก บ่อคัน เป็นต้น
3. คู่มือการใช้และคำอธิบายประกอบการอธิบายลักษณะของแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ จำนวน 1 ชุด

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้ประกอบการเรียนการสอน วิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) ในหัวข้อเรื่อง การสร้างถังแก๊สชีวภาพ ทฤษฎีบทที่ 5 เรื่องการสร้างถังแก๊สชีวภาพ และบทปฏิบัติการบทที่ 4 เรื่องถังแก๊สแบบต่างๆ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. เพื่อประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ ทางเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ได้
3. เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดอุปกรณ์ประกอบการสอนประกอบแบบจำลองในวิชาอื่นๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการทำปัญหาพิเศษเกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอนวิชา เทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) เรื่องแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคกที่ ผู้ศึกษาได้ค้นคว้าเนื้อหาจากเอกสารต่างๆ ซึ่งอยู่ในรูปของหนังสือ วารสาร เอกสาร รายงานต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบในการจัดทำแบบจำลองชุดนี้ โดยได้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

#### 2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน

##### ความหมายของสื่อ

ชม ภูมิภาค (2524 : 18-19) ได้ให้ความหมายว่า สื่อ นั้นหมายถึง ตัวกลางหรือพาหนะที่เดินทางจากจุดต้นตอไปยังจุดหมายปลายทาง เป็นสิ่งที่จะนำสารไปสู่จุดหมายปลายทางเราเรียกว่า “สื่อ” สื่อเป็นตัวกลางหรือตัวเชื่อมระหว่างจุดหมายปลายทางทั้งสองข้าง สำหรับการสอนนั้นเป็นการกระทำของครูเพื่อจะให้เกิดการเรียนรู้ ในตัวผู้เรียนการสอนก็คือ การส่งสารไปยังผู้เรียน แต่การส่งสารนั้นจะต้องมีพาหนะหรือสื่อ นำไป สื่อ นำลักษณะเช่นนี้เรียกว่า สื่อการสอน

เชิขรศรี วิวิธศิริ (2535 : 59) ได้ให้ความหมายไว้ว่า สื่อ (Media , Medium) ตามความหมายจากพจนานุกรม หมายถึง ทำให้ติดกันหรือทำการติดต่อให้ทั่วถึงกัน ชักนำให้รู้จักกัน เช่น สื่อสาร แม่สื่อ ดังนั้นถ้าพิจารณาคำว่าสื่อ ในแง่ของการสื่อสารแล้วก็มีความหมายว่า ตัวกลางที่ใช้ในการสื่อความหมายจากผู้หนึ่ง ไปยังอีกผู้หนึ่ง เป็นเครื่องมือที่ช่วยทำกิจกรรมต่างๆ ให้ง่ายขึ้น อีกด้วย หรือคือวัสดุอุปกรณ์ วิธีการหรือเทคนิค รวมถึงบุคคลที่จะมาช่วยแก้ปัญหา ทำให้กิจกรรมต่างๆ สำเร็จลุล่วงไป ด้วยดีและรวดเร็ว

ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (2533 : 89) ให้ความหมายของคำว่าสื่อไว้ดังนี้ สื่อ คือ สาร เพราะโลกในยุคสารสนเทศหรือข้อมูลข่าวสารนี้ สื่อมีอิทธิพลต่อทั้งตัวเราและสังคมอย่างไม่อาจปฏิเสธได้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523 : 32) ให้ความหมายของคำว่าสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอนคือ วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

**วัสดุ** คือ สิ่งที่ดินเปลือกทั้งหลาย อัน ได้แก่ พิล์ม แผ่นโปร่งใส รูปภาพ แผนภูมิ หนังสือ เป็นต้น

**อุปกรณ์** คือ เครื่องมือทางโสตทัศนศึกษา ได้แก่ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายสไลด์ เครื่องฉายภาพที่บแสง เทปบันทึกเสียง-ภาพ

**วิธีการ** คือ กิจกรรมต่างๆที่จัดไว้สำหรับการเรียนการสอน ได้แก่ การสาธิต การแสดง บท เกมส์ กลุ่มสัมพันธ์ เป็นต้น

ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (2525 : 4) ได้ให้ความหมายของคำว่าสื่อการเรียนการสอนว่า สื่อการเรียนการสอน คือ สิ่งซึ่งช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งครูและนักเรียนเป็นผู้ใช้ เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในการสื่อทางการศึกษานั้น ผู้ผลิตสื่อทำหน้าที่อยู่ในกลุ่มผู้ส่ง ซึ่งอาจส่งเรื่องราวโดยผ่านสื่อที่ผลิตขึ้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจ ในขบวนการสื่อความหมายอย่างถ่องแท้ มิฉะนั้นสิ่งที่ผลิตขึ้นมา อาจใช้สื่อความหมายที่คิดได้ และจะต้องเลือกสื่อที่ผลิตให้เหมาะสมกับผู้เรียน ผู้เรียนหรือผู้รับที่มีพื้นฐานความรู้ประสบการณ์ และวุฒิภาวะที่แตกต่างกันจะมีความสามารถในการสื่อความหมายแตกต่างกันออกไปด้วย

ณรงค์ สมพงษ์ (2535 : 32) ได้ให้ความหมายของคำว่าสื่อการสอนไว้ดังนี้ สื่อการสอน (Instruction Medias)คือ สื่อที่มุ่งเน้นการนำไปใช้ทางการเรียนการสอน ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน เช่น การใช้สไลด์ และภาพยนตร์ประกอบการสอน การใช้ตำราเรียน บทเรียน โปรแกรม ราชการวิทยุโรงเรียน เป็นต้น และเนื่องจากระบบการสอนนั้น เป็นส่วนหนึ่งของระบบการให้การศึกษา จึงอาจกล่าวได้ว่า สื่อการสอนก็เป็นส่วนหนึ่งของสื่อการศึกษานั้นเอง

บราวน์ และคณะ อ้างโดย วาสนา ชาวหา (2533 : 8) ได้ให้ความหมายของคำว่า สื่อการสอนว่า สื่อการสอน คือ อุปกรณ์ทั้งหลายที่ช่วยเสนอความรู้ให้แก่ผู้เรียน จนเกิดผลเรียนที่ดี ทั้งนี้มีความหมายรวมถึง กิจกรรมต่างๆที่ไม่เฉพาะแต่สิ่งที่เป็นวัสดุหรือเครื่องมือเท่านั้น เช่น การศึกษานอกสถานที่ การแสดงบทบาท นาฏการ การสาธิต การทดลอง ตลอดจนการสัมภาษณ์ และการสำรวจ เป็นต้น

เป็รื่อง กุมุท อ้างโดย วาสนา ชาวหา (2533 : 8) ได้ให้ความหมายของคำว่า สื่อการสอนไว้ดังนี้ สื่อการสอน คือ สิ่งต่างๆที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทาง สำหรับทำให้การสอนของครูถึงผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ได้เป็นอย่างดี

ลัดดา สุขปรีดี (2533 : 61) ได้ให้ความหมายของคำว่าสื่อการสอนไว้ดังนี้ สื่อการสอน หมายถึง ตัวกลางที่ใช้ในการอบรมการเรียนการสอน เพื่อทำให้ทั้งครูและนักเรียนเข้าใจสิ่งที่ถ่ายทอดซึ่งกันและกัน ได้ผลดีตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาสนา ชาวหา (2533 : 8) ได้ให้ความหมายของคำว่าสื่อการสอนดังนี้ สื่อการสอน คือ วัสดุ (สิ่งสิ้นเปลือง) อุปกรณ์ (เครื่องมือที่ไม่หุงไ้ได้ง่าย) และวิธีการ (กิจกรรม ละคร เกมส์ การทดลอง ฯลฯ) ที่ใช้เป็นสื่อ และให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ เจตคติ (อารมณ์ ความรู้สึก ความสนใจ ทศนคติ และค่านิยม)และทักษะ ไปยังผู้เรียน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สมบุรณ์ สงวนญาติ (2534 : 43) ได้ให้ความหมายของคำว่า สื่อการเรียน (Learning Medias) คือ สิ่งที่นักเรียนใช้ในการเรียน เช่น หนังสือ แบบฝึกหัดของจริง ของจำลอง เครื่องมือทดลอง ฯลฯ การเรียนอาจเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องมีผู้สอน ผู้เรียนอาจกระทำการกิจกรรมต่างๆ ด้วยตัวเอง โดยใช้สื่อรูปแบบต่างๆด้วยตนเอง โดยใช้สื่อรูปแบบต่างๆ

อริพร ศรีอมก อ้างโดย วาสนา ชาวหา (2533 : 8) ได้ให้ความหมายของคำว่าสื่อการสอนดังนี้ สื่อการสอน คือ อะไรก็ได้ (ที่ไม่ใช่การพูดปากเปล่าเพียงอย่างเดียว) ที่ทำให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างน่าสนใจ สนุกตื่นเต้น และทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

จากความหมายต่างๆที่บุคคลหลายบุคคล ได้ให้ไว้จึงพอจะสรุปความหมายของสื่อการเรียนการสอน คือตัวกลางที่ช่วยนำเนื้อหาจากครู ไปสู่ผู้เรียน และทำให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จ

#### คุณค่าของสื่อการเรียนการสอน

สมบุรณ์ สงวนญาติ (2534 : 44) ได้กล่าวว่าคุณค่าของสื่อการเรียนการสอน โดยทั่วไปแล้วสื่อการเรียนการสอน ไม่ว่าจะอยู่ในประเภทใดก็ตามจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนอย่างมากมาย โดยได้สรุปผลการวิจัยสื่อการเรียนการสอนชนิดต่างๆ โดยมีได้จำกัดเฉพาะชนิดใดชนิดหนึ่งว่ามีคุณค่าต่อการเรียนการสอนดังนี้

1. ช่วยให้คุณภาพการเรียนการสอนดีขึ้น เพราะมีความจริงจังและมีความหมายชัดเจนต่อผู้เรียน

2. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้มากขึ้น ในเวลาที่กำหนดไว้จำนวนหนึ่ง

3. ช่วยให้ผู้เรียนสนใจและมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในกระบวนการเรียนการสอน

4. ช่วยให้ผู้เรียนจำ ประทับความรู้สึก และทำอะไรเป็นเร็วและดีขึ้น

5. ช่วยส่งเสริมความคิดและการแก้ไขปัญหาในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน

6. ช่วยให้สามารถเรียนรู้ในสิ่งที่เรียน ได้ลำบาก โดยความช่วยเหลือหรือข้อจำกัดได้

ดังนี้

6.1 ทำสิ่งที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้น

6.2 ทำนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้น

6.3 ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ดูช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6.4 ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงซ้ำให้คุณเร็วขึ้น
- 6.5 ทำสิ่งที่ใหญ่มากให้ย่อขนาดลง
- 6.6 ทำสิ่งที่เล็กมากให้ขยายขนาดขึ้น
- 6.7 นำอดีตมาให้ศึกษาได้
- 6.8 นำสิ่งที่อยู่ไกลหรือลึกลับมาศึกษาได้
- 7. ช่วยให้นักเรียนสำเร็จง่ายขึ้น สอบได้มากขึ้น

การใช้สื่อการสอนทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

สมบูรณ์ สงวนญาติ (2534 : 44-45) ได้กล่าวถึงการใช้สื่อการสอนทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนด้วยเหตุผล 6 ประการ คือ

1. สื่อการสอนจะกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกรักอยากเรียน เพราะธรรมชาติของมนุษย์ย่อมอยากรู้หรืออยากเห็นในสิ่งต่างๆ อยู่แล้ว ผู้เรียนจะเกิดความสนใจ เกิดความคิดในใจมากมาย
2. สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเข้าใจการเรียน ได้ง่ายขึ้น เพราะสื่อการสอนสามารถเปลี่ยนแปลงนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรม ทำให้ประหยัดเวลาของผู้สอนไปได้มาก
3. สื่อการสอนสามารถเอาชนะเวลา สถานที่ และระยะทางได้ กล่าวคือ สื่อการสอนสามารถนำสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตนานหลายปี แล้วกลับมาให้เราชมได้ในเวลาปัจจุบัน ไม่ว่าสิ่งนั้นจะเกิดขึ้นในประเทศใด ห่างไกลจากประเทศไทยเพียงไรก็ไม่เป็นอุปสรรค
4. สื่อการสอนสามารถย่อขนาดของวัตถุที่ใหญ่เกินกว่าจะนำของจริงๆ มาประกอบการสอนได้ และสื่อการสอนยังสามารถขยายวัตถุซึ่งมีขนาดเล็กเกินกว่าจะนำของจริงๆ มาประกอบการสอนได้
5. สื่อการสอนสามารถทำให้นักเรียนจดจำสิ่งที่ควรจำไว้ได้นานมาก
6. สื่อการสอนจะมีส่วนเสริมสร้างความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียนอย่างยิ่ง นักเรียนแต่ละคนจะมีประสบการณ์หรือพื้นแบบเดิมแตกต่างกันอยู่แล้ว การได้พบเห็นสื่อการสอนที่น่าสนใจใหม่ๆ จะเสริมความคิดเดิมให้เกิดเป็นความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี

โอวาท พูลศิริ (2525 : 59) กล่าวว่า การสื่อความหมาย จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อผู้รับสามารถเข้าใจเรื่องราวได้ถูกต้องกับผู้ส่งสารต้องการ ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับสารเข้าใจถูกต้อง ผู้ส่งสารจึงต้องใช้วิธีส่งสารหลายวิธีด้วยกัน เช่น พูด เขียน ทำทางประกอบหรืออาศัยสื่อ หรืออุปกรณ์เข้ามาช่วยสื่อและอุปกรณ์ คือ ตัวกลางที่จะนำสาระจากผู้ส่งไปยังผู้รับได้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด ดังนั้นในการศึกษา ครูอาจนำสื่อมวลชนมาไว้ทางด้านการศึกษาได้ เช่น ภาพยนตร์ โทรทัศน์ สไลด์ แผนภูมิ แผ่นภาพต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การเลือกสื่อการเรียนการสอน

สมบูรณ์ สงวนญาติ (2534 : 49-50) ได้กล่าวว่าการเลือกสื่อการเรียนการสอนอาจใช้หลักเกณฑ์ต่างๆดังนี้

1. สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ผู้สอนจะต้องพิจารณาว่า จะนำสื่อมาใช้ในด้านใด เช่น จะนำมาใช้เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน หรือประกอบคำอธิบาย หรือใช้เป็นกิจกรรมการเรียน หรือใช้เพื่อสรุปบทเรียน สื่อแต่ละประเภทที่สร้างขึ้นมาสื่อสร้างจะมีเป้าหมายที่แน่นอน

2. ตรงกับเนื้อหา การเลือกให้ตรงกับเนื้อหา ให้พิจารณาที่ตัวสื่อว่ามุ่งให้ข้อมูลในด้านใดให้เนื้อหาสาระตรงตามเนื้อหาที่จะสอน หรือครอบคลุมเนื้อหาที่จะสอนเพียงใด ให้ข้อเท็จจริงถูกต้องหรือไม่ มีรายละเอียดเพียงพอไหม

3. น่าสนใจ การเลือกสื่อที่น่าสนใจให้พิจารณาในด้านขนาด รูปทรง สีสรร ขนาดตัวอักษร และความประณีต สิ่งเหล่านี้จะช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ช่วยสร้างศรัทธาให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน เป็นการส่งเสริมให้การถ่ายทอดความรู้ดำเนินไปด้วยบรรยากาศที่สนุกสนาน และมีความพึงพอใจ

4. เหมาะกับผู้เรียน การเลือกให้เหมาะสมกับวัยผู้เรียน สื่อการเรียนการสอนมีหลายรูปแบบหลายชนิด หลายระดับ แต่ละระดับแตกต่างกันที่ความละเอียดลึกซึ้ง และเนื้อหาการเลือกสื่อจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับอายุ ระดับสติปัญญา ความสามารถ ความต้องการ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

5. สะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษา การเลือกสื่อการสอนที่สะดวกต่อการใช้ และการเก็บรักษาสื่อที่เหมาะสมต่อการสอน จะต้องไม่ยุ่งยากในการใช้ มีเสถียรภาพให้ผลคุ้มค่า ไม่เสียเวลา เก็บรักษาง่าย ใช้งานกระทัดรัด ถ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสาธิตหรือการทดลองต้องมั่นใจว่าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องไม่เกิดปัญหาในการนำไปใช้งาน

### ประเภทของสื่อการสอน

เกอร์ลัซ และอิลาน อังโคย วาสนา ชาวหา (2533 : 13-14) ได้แบ่งสื่อการสอนไว้ 8 ประเภท ดังนี้

1. ของจริงและตัวบุคคล รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เช่น การสาธิต การทดลอง การศึกษานอกสถานที่

2. ภาษาพูดหรือภาษาเขียน หมายถึง คำพูด คำรา วัสดุตีพิมพ์ คำอธิบายในสไลด์ คำอธิบายฟิล์มสคริป แผ่นภาพโป๊วแสง

3. วัสดุกราฟิก เช่น แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ โปรสเตอร์ การ์ตูน แผนที่ ลูกโลก ภาพวาด ฯลฯ วัสดุประเภทนี้นอกจากจะนำมาใช้โดยตรงแล้ว ยังปรากฏในหนังสือตำรา แบบเรียน หนังสืออ้างอิง ภาพโปรงใส ภาพฟิล์มสกริป สไลด์ เป็นต้น

4. ภาพนิ่ง เป็นภาพที่ได้จากการถ่ายภาพสไลด์ และฟิล์มสกริป

5. ภาพเคลื่อนไหว ได้แก่ ภาพยนตร์ โทรทัศน์

6. การบันทึกเสียง ได้แก่ เสียงจากเทปบันทึกเสียงจากแผ่นเสียง จากร่องเสียงของแผ่นฟิล์มภาพยนตร์ ฯลฯ

7. การสอนประเภทโปรแกรม เป็นการสอนที่จะต้องจัดเตรียมล่วงหน้า อาจมีสื่อทางโสตทัศนศึกษาช่วยเป็นแบบเรียนโปรแกรม บทเรียนสำเร็จรูปใช้ร่วมกับเครื่องช่วยสอนหรือคอมพิวเตอร์

8. สื่อประเภทสถานการณ์จำลองและชุดการสอน ได้แก่ การแสดงบทบาท การแสดงละคร

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ อ้าง โดย วาสนา ชาวหา (2533 : 12) ได้แบ่งสื่อการสอนไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุ หมายถึง สิ่งช่วยสอนที่มีการผูกพันเปลี่ยนแปลง เช่น ซอติก ฟิล์ม ภาพถ่าย ภาพยนตร์ สไลด์ ฯลฯ

2. อุปกรณ์ หมายถึง สิ่งที่ช่วยสอนที่เป็นเครื่องมือ เช่น กระดานดำ กล้องถ่ายภาพ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องรับโทรทัศน์ ฯลฯ

3. กระบวนการและวิธีการ ได้แก่ การจัดระบบ การสาธิต การทดลอง และกิจกรรมต่างๆ โดยเฉพาะกิจกรรมที่ครูจัดทำขึ้นและมุ่งให้นักเรียนปฏิบัติ

วิชาการ , กรม อ้าง โดย เชียรศรี วิวิธศิริ (2535 : 61) ได้แบ่งสื่อการสอนไว้ 6 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุฉายเส้น เช่น แผนภูมิ แผนที่ ลูกโลก การ์ตูน โปรสเตอร์ และยังรวมถึงป้ายนิเทศ กระดานดำด้วย

2. วัสดุมีทรง เช่น พิพิธภัณฑ์ ของจำลอง ของจริง ฯลฯ

3. โสตวัสดุ เช่น แผ่นเสียง วิทยุ

4. ภาพนิ่ง เช่น รูปภาพ สไลด์ สมุดภาพ ภาพโปรงแสง

5. การทำกิจกรรมร่วม เช่น งานที่เป็นโครงการ การเล่นเกม การสาธิต การศึกษา นอกสถานที่ นิทรรศการ เป็นต้น

6. ภาพยนตร์และโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำเนา วารสาร อัง โศย วาสนา ชาวหา (2533 : 12) ได้แบ่งสื่อการสอนไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุและเครื่องมือที่ไม่ต้องฉาย หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือที่ไม่ต้องฉายอาศัย เครื่องฉายในการนำเสนอ แต่สามารถนำเสนอได้ด้วยตัวของมันเอง ได้แก่ รูปภาพ แผนที่ หุ่นจำลอง ฯลฯ ตลอดจนกิจกรรมต่างๆ เช่น การสาธิต นิทรรศการ ทัศนศึกษา เป็นต้น
2. วัสดุและเครื่องมือที่ต้องฉาย หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือที่ต้องอาศัยเครื่องฉาย จึงจะสามารถนำเสนอได้ ดังเช่น फिल्मภาพยนตร์ และเครื่องฉายภาพยนตร์ ภาพโปรังใส และเครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เป็นต้น
3. โสตวัสดุและอุปกรณ์ หมายถึง วัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับเสียง สามารถรับรู้ได้โดยการฟัง เช่น เครื่องบันทึกเสียงและเทป เครื่องเล่นแผ่นเสียงและแผ่นเสียง เครื่องขยายเสียง เครื่องรับวิทยุ เป็นต้น

De Kieffer อัง โศย สมเชาว์ เนตรประเสริฐ (2537 : 143) ได้แบ่งสื่อการสอนไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. Non-Projected Materials ได้แก่ รูปจำลอง แบบเขียน แผนภูมิ บัตรคำต่างๆ
2. Projected Materials ได้แก่ สื่อที่มีเครื่องฉายประกอบด้วย เช่น สไลด์ फिल्म สคริป
3. Audio Materials ได้แก่ สื่อจำพวกเครื่องเสียงต่างๆ คือ วิทยุ เทปบันทึกเสียง ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า ดังนี้สื่อการสอนสามารถจำแนกเป็น 3 ประเภท

1. ประเภทวัสดุ (Software or Material) บางครั้งก็เรียกว่า “ สื่อเล็ก ” (Small Media) เป็นสื่อการสอนประเภทสิ้นเปลือง เสียหาย ใ้ได้ง่าย และเป็นสื่อที่บรรจุเนื้อหาสาระเรื่องราว หรือความรู้ไว้ในลักษณะต่างๆ เช่น สไลด์ บรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะภาพนิ่ง หนังสือบรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะของตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ แผ่นเสียง หรือเทปบันทึกเสียงบรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะเสียง และฟิล์มภาพยนตร์บรรจุเรื่องราวไว้ในรูปของภาพเคลื่อนไหวควบคู่กับเสียงเป็นต้น สื่อการสอนประเภทวัสดุยังสามารถจำแนกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 วัสดุที่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ จึงสามารถเสนอเรื่องราวความรู้หรือเนื้อหาสาระ ไปยังผู้เรียนได้ ตัวอย่างวัสดุชนิดนี้ คือ แผ่นเสียง เทปเสียง เทปโทรทัศน์ फिल्मภาพยนตร์ ภาพโปรังแสง เป็นต้น

1.2 วัสดุที่สามารถเสนอเรื่องราว ความรู้ เนื้อหาไปสู่ผู้เรียนได้ด้วยตัวมันเอง โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ แต่เพียงอย่างเดียว ตัวอย่างวัสดุชนิดนี้ คือ หนังสือ แผนภูมิ รูปภาพ หุ่นจำลอง แผนที่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประเภทเครื่องมือหรืออุปกรณ์ (Hardware or Equipment) บางครั้งเรียก “สื่อใหญ่” (Big Media) ได้แก่ เครื่องฉายสไลด์ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายเทปโทรทัศน์ เครื่องฉายภาพโปรเจกเตอร์ และเครื่องฉายภาพทึบแสง เป็นต้น สื่อการสอนประเภทนี้เป็นเพียงเครื่องมือหรือตัวกลางซึ่งเป็นทางผ่านของความรู้ หรือเรื่องราวเท่านั้น โดยตัวมันเองแล้วไม่ได้บรรจุเนื้อหาสาระความรู้ หรือเรื่องราวใดๆ ไว้เลย จึงไม่สามารถจะสื่อความหมายไปยังผู้เรียนได้ แต่จะต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุ (Software) มาใช้ควบคู่กันไป จึงจะสามารถเสนอเรื่องราวไปสู่ผู้รับ หรือเนื้อหาวิชาที่บรรจุอยู่ในสื่อประเภทวัสดุนั้นออกมาในลักษณะภาพเคลื่อนไหวเป็นธรรมชาติ สร้างความสมจริง และน่าเชื่อถือ ตลอดจนการเสนอในลักษณะของเสียงที่ดังฟังชัดสามารถได้ยินกันอย่างทั่วถึง

3. ประเภทเทคนิคและวิธีการ (Technique and Method) สื่อการสอนประเภทนี้ไม่จัดอยู่ในประเภทวัสดุหรือเครื่องมือ แต่ต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุ หรือเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างมาใช้ร่วมกันในลักษณะของกิจกรรม หรือวิธีการ ตัวอย่างประเภทนี้ คือ การแสดงละคร การศึกษานอกสถานที่ นิทรรศการ การสาธิต เป็นต้น

#### ความหมายของหุ่นจำลอง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523 : 291) ได้ให้ความหมายของหุ่นจำลองไว้ว่า หุ่นจำลอง (Models) เป็นสิ่งแทนของจริงซึ่งเป็นวัสดุสามมิติที่ข้อยส่วนให้เล็กกว่าของจริง เพื่อให้มีขนาดเล็กพอที่จะนำมาศึกษาได้สะดวก หรืออาจขยายส่วนให้มีขนาดโตกว่าของจริงหลายเท่า เพื่อให้มองเห็นได้ชัดแทนของจริงที่มีขนาดเล็กเกินไป หรืออาจทำให้มีขนาดเท่าของจริงแทนของจริงที่หาได้ยาก หรือซับซ้อนเกินกว่าที่จะศึกษาจากของจริงได้

วาสนา ชาวหา (2533 : 23) ได้ให้ความหมายของหุ่นจำลองไว้ว่า ของจำลองหรือหุ่นจำลอง (Model) หมายถึง วัสดุสามมิติที่ผลิตขึ้นมาใช้แทนของจริง เนื่องจากในบางครั้งผู้สอนไม่สามารถนำของจริง หรือของตัวอย่างมาใช้ในกระบวนการสอนได้เพราะข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้ ของจริงหรือของตัวอย่างนั้น หา ได้ยาก แพงเกินไป มีขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่เกินไป ละเอียดอ่อนเกินไปในการจับต้อง ยุ่งยากซับซ้อนเกินกว่าความเข้าใจของผู้เรียน อันตรายเกินไปที่จะเสี่ยงนำมาใช้ หรือเมื่อนำออกจากที่เป็นอยู่เดิมตามธรรมชาติ แล้วอาจผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง ดังนั้นจึงต้องนำของจำลอง หรือหุ่นจำลองมาใช้แทนของจริง เพราะบางครั้งหุ่นจำลองสามารถเสนอความรู้ หรือเรื่องราวให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้ง่าย และสะดวกกว่าของจริง เนื่องจากหุ่นจำลองบางชนิดสามารถแสดงส่วนต่างๆ หรือโครงสร้างภายในได้ในขณะที่ของจริงไม่สามารถแสดงได้ บางชนิดแสดงแต่ส่วนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่แสดงส่วนที่สลับซับซ้อนหรือยุ่งยาก บางชนิดขยายให้ใหญ่โตเห็น ได้ชัดเจน และบางชนิดก็ข้อยส่วนให้เล็กลงเพื่อสะดวกในการนำมาใช้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุโขทัยธรรมาธิราช , มหาวิทยาลัย (2523 : 277) หุ่นจำลอง (Model) เป็นสิ่งที่แทนของจริง และเป็นวัสดุสามมิติที่ย่อส่วนที่เล็กกว่าของจริง เพื่อให้มีขนาดเล็กพอที่จะนำมาศึกษาได้สะดวก หรืออาจขยายส่วนให้มีขนาดใหญ่โตกว่าของจริงหลายเท่า เพื่อที่จะให้มองเห็นได้ชัดเจนของจริงที่มีขนาดเล็กเกินไปหรืออาจทำให้ขนาดเท่าของจริงแทนของจริงที่หาได้ยากหรือซับซ้อนเกินกว่าที่จะศึกษาจากของจริงได้ และสะดวกในการเรียนการสอนอีกด้วย

### ประเภทของหุ่นจำลอง

ณรงค์ สมพงษ์ (2525 : 116-117) แบ่งประเภทของหุ่นจำลองไว้ดังนี้

1. หุ่นจำลองแสดงลักษณะภายนอก (Solid Model) เป็นการจำลองแบบของจริง ตามลักษณะที่มองเห็นภายนอก เช่น กถ่องไม้ที่มีรูปรทรวงเหมือนบ้านที่ใช้แสดงที่ตั้งของบ้าน เพียงแต่ตกแต่งส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย หุ่นจำลองแบบนี้ ไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดมาก และทำง่าย ๆ ให้ถูกสัดส่วนเท่านั้น
2. หุ่นจำลองเหมือนของจริง (Exact Model) สร้างให้ถูกสัดส่วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์เหมือนของจริง ยกเว้นแต่ขนาดที่อาจสร้างตามความเหมาะสมปกติ จะมีความซับซ้อนมาก และสร้างขึ้นโดยช่างฝีมืออาชีพ โดยเน้นลักษณะเหมือนจริง และสัดส่วนที่ถูกต้องเป็นเรื่องที่สำคัญ
3. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut away Model) เป็นหุ่นจำลองที่สร้างขึ้นให้มีลักษณะภายในของวัตถุ ตัวอย่างเช่น หุ่นจำลองเครื่องยนต์ผ่าซีก แสดงการทำงานของเครื่องยนต์ หุ่นจำลองแสดงลักษณะภายในของมนุษย์ที่แสดงว่าเราได้ยินเสียง ที่เกิดการสั่นสะเทือนได้อย่างไร หุ่นจำลองนี้จึงมีประสิทธิภาพมากเพราะสามารถอธิบายของจริง ซึ่งบางครั้งก็มองไม่เห็น และยากแก่การเข้าใจ
4. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build-up) หุ่นจำลองแบบนี้ สามารถแยกเป็นส่วนๆ หรือนำมารวมเข้าด้วยกันได้ ไม่เพียงแต่ใช้ในการสาธิตว่าวัตถุมีลักษณะอย่างไรเท่านั้น แต่ยังสามารถแสดงส่วนประกอบแต่ละส่วนที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมดได้ด้วย หุ่นจำลองแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการแสดงชนิดของดินแบบต่างๆ การทำพื้นที่แบบขั้นบันไดและลักษณะภูมิประเทศ
5. หุ่นจำลองแสดงการทำงาน (Mock up) เป็นวัสดุที่สร้างขึ้นเพื่อการทำงานเลียนแบบของจริง โดยสร้างให้มีส่วนประกอบที่มีลักษณะเด่นของวัตถุนั้น พยายามขจัดรายละเอียดที่ไม่สำคัญออกไป ทั้งที่ขนาดเล็กกว่าของจริง และขนาดใหญ่กว่าของจริง เช่น นาฬิกาไม้ที่เลียนด้วยมือ ประกอบการสอนเรื่องเวลา แผลงแสดงวงจรไฟ วิทยุ ซึ่งแสดงการต่อเส้นสายไฟให้เห็นชัดเจน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิพนธ์ สุขปรีดี (2528 : 49-52) แบ่งประเภทของหุ่นจำลองไว้ดังนี้

1. หุ่นทรงภายนอก (Solid Model) หุ่นแบบนี้ต้องการแสดงรูปร่างหรือทรวดทรงภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้รับความเข้าใจโดยทั่วๆ ไปรายละเอียดต่างๆ ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสียหุ่นจำลองแบบนี้ยังเน้นในเรื่องน้ำหนัก ขนาด สีหรือพื้นผิว กลวดลาย มาตรการส่วนอาจจะให้ผิดไปจากของจริงได้ ครูอาจทำหุ่นจำลองรูปทรงภายนอกด้วยตนเองง่ายๆ จากวัสดุต่างๆ กัน เช่น กระดาษ พลาสติก ไม้ และปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น

2. หุ่นเท่าของจริง (Exact Model) ขนาดรูปร่างรายละเอียดทุกอย่างเท่าของจริงทุกประการ พวกนี้ใช้แทนของจริงที่หายาก หรือมีราคาแพงหรือเสียหายแต่มีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดทุกอย่างว่าของจริงเป็นอย่างไร เช่น หุ่นจำลองของสมองของมนุษย์ เป็นต้น

3. หุ่นจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (Enlarged and Reduced Model) เราเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หุ่นจำลองแบบมาตรการส่วน ทั้งนี้เพราะเราย่อหรือขยายให้เล็กหรือใหญ่ เป็นสัดส่วนกับของจริงทุกส่วน พวกนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียด และความสัมพันธ์ของของจริงได้

4. หุ่นจำลองแบบคำซีก (Cut away Model) แสดงให้เห็นลักษณะภายใน โดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็นว่าส่วนต่างๆ ประกอบกันอย่างไรจึงจะเกิดเป็นสิ่งนั้นๆ เช่น หุ่นตัดภายในพื้นหุ่นตัดให้เห็นลักษณะภายในของดอกไม้

5. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build up Model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของสิ่งนั้นว่า ภายในสิ่งนั้นประกอบด้วย สิ่งย่อยๆ สามารถจะถอดออกเป็นส่วนๆ และประกอบกันได้ หุ่นจำลองแบบนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงหน้าที่ และความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น หุ่นจำลองปริมาตร หุ่นจำลองอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์

6. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (Working Model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวทำงานของวัตถุหรือเครื่องจักรหุ่นจำลองพวกนี้เป็นประโยชน์ในการสาธิตการทำงาน หรือหน้าที่สิ่งของนั้นๆ

7. หุ่นจำลองเลียนแบบของจริง (Mock-up Model) แบบนี้แสดงความเป็นจริงของสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะจัดวาง หรือประกอบส่วนต่างๆ ของจริงเสียใหม่ให้ผิดไปจากที่เป็นอยู่เดิม ส่วนมากใช้เป็นประโยชน์แสดงขบวนการซึ่งมีหลายๆ ส่วนเข้าไปเกี่ยวพันด้วย

สมบูรณ์ สงวนญาติ(2534 หน้า 97) แบ่งประเภทของหุ่นจำลองไว้ดังนี้

1. หุ่นจำลองรูปทรงภายนอก (Solid Model) เป็นหุ่นจำลองที่มุ่งแสดงลักษณะภายนอกของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาจมีขนาดเท่าของจริง โตกว่าของจริง หรือเล็กกว่าของจริงก็ได้ เช่น หุ่นจำลองแสดงลักษณะของแมลง ตั๊กแตน ไม้เนื้อแข็ง กล้วย ฆานอวกาศ เป็นต้น

2. หุ่นจำลองเท่าของจริง (Exact Model) มุ่งแสดงลักษณะ และขนาดที่แท้จริง เนื่องจากของจริงชำรุดง่าย หรือเป็นของหายากหรือไม่สะดวกที่จะนำมาใช้ในห้องเรียน เช่น โครงกระดูกปลา ผลไม้ชนิดต่างๆซึ่งหายาก เสียหายง่าย หรือไม่มีในสิ่งแวดล้อมของโรงเรียน

3. หุ่นจำลองแบบขยายส่วน (Enlarge Model) ใช้ในกรณีที่ของจริงมีขนาดเล็กเกินไป ไม่เหมาะที่จะศึกษาด้วยตาเปล่าจึงขยายให้ใหญ่มองเห็นชัดเจนขึ้น เช่น ตา หู จมูก เป็นต้น

4. หุ่นจำลองแบบย่อส่วน (Reduce Model) ใช้กรณีที่ของจริงมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่เหมาะที่จะนำมาศึกษาในห้องเรียนได้ เช่น ลูกโลก หลักลูกโลกจักรวาล กังหันไอน้ำ เป็นต้น

5. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut-Away Model) เป็นหุ่นที่มุ่งแสดงให้เห็นลักษณะ และส่วนประกอบภายใน เนื่องจากของจริงดูไม่เห็นหรือไม่สะดวกที่จะผ่าให้ดู เช่น ผลมะพร้าวผ่าซีก ฟันผ่าซีก มะละกอดูผ่าซีก เครื่องยนต์ผ่าซีก ลูกคาผ่าซีก เครื่องจักร ไอน้ำผ่าซีก เป็นต้น

6. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build - up Model) เป็นหุ่นที่มุ่งแสดงให้เห็นลักษณะ และตำแหน่งขององค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง สามารถถอดเข้าออกแสดงให้เห็นได้เป็นส่วนๆ เช่น หุ่นจำลองร่างกาย ตา หู จมูกของมนุษย์ ตั๊กแตน เป็นต้น

7. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (Work Model) ใช้สำหรับแสดงให้เห็นลักษณะการทำงานแบบต่างๆ ของเครื่องจักรกลให้คล้ายของจริง เช่น หุ่นแสดงการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ เครื่องจักร ไอน้ำ มอเตอร์ เป็นต้น

ประโยชน์ของหุ่นจำลองต่อการเรียนการสอน

สุโขทัยธรรมมาธิราช , มหาวิทยาลัย (2523 : 278) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของหุ่นจำลองไว้ว่า

1. ช่วยให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้ถึงรูปร่าง ลักษณะ สัดส่วน และความสัมพันธ์ของสิ่งที่มีขนาดโตเกินกว่าที่จะศึกษาจากของจริงได้ เช่น ลูกโลก
2. ช่วยให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้ถึงรูปร่าง ลักษณะ และสัดส่วนของสิ่งที่เล็กลงเห็นจากของจริงได้ยาก เช่น เชื้อโรค ยุง แมลงตัวเล็กๆ
3. เป็นสิ่งแทนของที่หายากอยู่ไกล ราคาแพง เพื่อผู้เรียน ได้ศึกษา และสังเกตอย่างใกล้ชิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถลดส่วนที่สลับซับซ้อนให้น้อยลง และเน้นเฉพาะส่วนที่ต้องการสอนให้ชัดเจนได้

5. ส่งเสริมความเข้าใจ ความคิดสร้างสรรค์ และการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียนในกรณีที่ทำให้ผู้เรียนศึกษา และทำหุ่นจำลองขึ้นใช้เอง

#### ข้อดีของหุ่นจำลอง

ณรงค์ สมพงษ์ (2535 : 116) ได้กล่าวถึงข้อดีของหุ่นจำลองไว้ว่า

1. ช่วยจำลองของจริงที่มีขนาดใหญ่มากเกินไป ในการขนย้าย หรือการจับถือ เช่น สิ่งก่อสร้าง หรือเครื่องจักรกล

2. ช่วยขยายของจริงที่มีขนาดเล็กเกินไปจนผู้มองไม่เห็น เช่น แมลง

3. เลียนแบบของจริงบางอย่างที่เสียหายง่าย เช่น อาหาร ผลไม้ หรือของอื่นๆ ที่มีลักษณะของมนุษย์ และสัตว์

4. ช่วยทำให้มองเห็นลักษณะการทำงานภายในของวัตถุ เช่น เครื่องยนต์ หรืออวัยวะภายในของมนุษย์ และสัตว์

#### วิธีการสร้างหุ่นจำลอง

ชัยยศ พรหมวงศ์ (2523 : 292-295) ได้กล่าวถึงวิธีการสร้าง หุ่นจำลองไว้ดังนี้

ก. หุ่นจำลองกระดาษ ใช้กระดาษที่มีความแข็ง และสีตามต้องการ พับให้เป็นรูปร่างต่างๆ ใช้กาวติดต่อเดิมชิ้นส่วน และเขียนตกแต่งด้วยสี ให้เหมือนกับลักษณะของของจริงได้

ข. หุ่นจำลองกระดาษแข็ง ใช้กระดาษแข็ง กระดาษกล่องบรรจุของที่ใช้แล้ว มาตัด และใช้กาวติดต่อให้เป็นรูปทรงภายนอกของของจริงที่มีลักษณะเป็นรูปเหลี่ยมได้ เช่น หุ่นจำลองบ้าน โรงเรียน สะพาน

ค. หุ่นจำลองไม้ ใช้ไม้อัด ไม้เนื้ออ่อน ไม้ฉลุน ทำเป็นหุ่นจำลองต่างๆ ได้หลายแบบ โดยการตัด การฉลุ การกลึง และการแกะสลัก เช่น หุ่นจำลองสัตว์ ครกกระเดื่อง โต้ะ ตู้

ง. หุ่นจำลองโลหะ โลหะต่างๆ เช่น เหล็ก ทองแดง นำมาทำเป็น หุ่นจำลอง พวงเครื่องจักร เครื่องยนต์ เครื่องใช้ความร้อนต่างๆ ได้ดี แต่มีราคาสูง เช่น เครื่องจักร ไอน้ำ หัวรถไฟฟ้า

จ. หุ่นจำลองดินเหนียว ดินเหนียวใช้ปั้น และตกแต่งให้เป็นรูปทรงต่างๆ ได้ ตกกลมให้แห้งแล้ว ทาสีเพิ่มเติมก็ได้ หุ่นจำลองตามต้องการ

ฉ. หุ่นจำลองกระดาษหนังสือพิมพ์ทิ้งแล้ว เหมาะสำหรับนำมาทำหุ่นจำลองแบบแสดงรูปทรงภายนอกได้ดี โดยใช้ของจริง หรือปั้นดินเหนียวเป็นหุ่นแบบ วิธีทำ ใช้แปรงเปียก อาจใช้แปรงสาลีผสมน้ำ หรือแปรงมันสำปะหลังผสมน้ำร้อน ฉีกกระดาษหนังสือพิมพ์ให้เป็นชิ้นเล็กๆ

แล้วแช่ลงไปนึ่งเป็ยก แล้วนำไปติดทับซ้อนกันบนหุ่นแบบ ให้มีความหนาตามต้องการและเหมาะสม ทิ้งไว้ให้แห้งสนิท แล้วผ่าออกจากหุ่นแบบ

ข. หุ่นจำลองปูนปลาสเตอร์ ทำได้ 2 แบบ คือ ทำจากแบบพิมพ์ถาวร และแบบพิมพ์ชั่วคราว

### 1. ทำหุ่นจำลองปูนปลาสเตอร์จากแบบพิมพ์ถาวร

1.1 ทำแบบพิมพ์โดยใช้ดินเหนียวปั้น เป็นรูปตามต้องการ หรือใช้ของจริง เช่น ผลไม้ ขวด โถ ต่างๆ ทาน้ำมันวาสลินให้ทั่ว เพื่อไม่ให้ติดกับปูน

1.2 ผสมปูนกับน้ำ ให้ได้ขนาดที่จะเทได้สะดวก แต่ถ้านวลเกินไปปูนจะแห้งยาก เทลงไปนึ่งในกล่องไม้ หรือสังกะสีที่เตรียมไว้ วางหุ่นแบบในข้อ 1.1 ให้จมลงไปครึ่งหนึ่งของหุ่นแบบตามเส้นที่ขีดไว้ ปลดรอยไว้ให้แห้งแล้วจึงยกหุ่นแบบออกไป เทปูนอีกด้านหนึ่งโดยใช้ไม้ หรือสังกะสีกั้นช่องไว้สำหรับเทปูน

1.3 เมื่อแบบปูนแห้งดีแล้ว จึงแกะออกจากกล่องที่ใช้แบบพิมพ์ ทาส่วนที่เป็นแบบพิมพ์ด้วยน้ำมันวาสลิน แล้วนำทั้งสองข้างมาประกบกันมัดด้วยเชือกหรือยางรัดให้แน่น

1.4 เทปูนปลาสเตอร์ที่ผสมน้ำเหมือนกับที่ทำในข้อ 1.2 ลงไปในแบบพิมพ์ให้เต็ม แล้วปลดรอยไว้จนแห้งดีแล้ว จึงแกะแบบพิมพ์ออกก็จะได้แบบหุ่น เมื่อใช้สีทาให้เหมือนของจริงก็ได้ หุ่นจำลองตามต้องการ ส่วนแม่พิมพ์ก็เก็บไว้ใช้ครั้งต่อไปได้

### 2. ทำหุ่นจำลองปูนปลาสเตอร์จากแบบพิมพ์ชั่วคราว

ก. เตรียมปูนโดยผสมกับน้ำให้ได้ที่เหมือนกับการเตรียมในการทำหุ่นจำลองจากแบบพิมพ์ถาวรที่กล่าวมาแล้ว

ข. นำดินเหนียวมาปั้นเป็นรูปร่างตามต้องการ หรือจะใช้ของจริง เช่น ผลไม้ ก็ได้ ทาด้วยน้ำมันวาสลินให้ทั่ว เพื่อกันไม่ให้ติดกับปูน

ค. เทปูนที่เตรียมไว้ แล้วลงไปหุ้มหุ่นแบบไว้โดยรอบให้หนาพอสมควร ปลดรอยไว้จนแห้งดีแล้วจึงผ่าครึ่งออก

ง. แกะหุ่นแบบออกจากปูนแบบพิมพ์ทั้งสองข้าง ให้หมดเตรียมช่องสำหรับเทปูน ให้ใดพอที่จะเทปูนได้สะดวก ทาส่วนที่เป็นแบบพิมพ์ด้วยน้ำมันวาสลินให้ทั่ว

จ. นำแบบพิมพ์มาประกบเข้ากัน ผูกมัดให้แน่น แล้วเทปูนที่เตรียมไว้ลงไป ช่องเทปูนปลดรอยไว้ให้ปูนแห้งดีแล้วแกะแบบพิมพ์ออกจากกันก็จะได้หุ่นจำลองที่ต้องการ ทาด้วยสีให้เหมือนธรรมชาติก็นำไปใช้ได้

### การใช้หุ่นจำลองในการสอน

ณรงค์ สมพงษ์ (2535 : 119) ได้กล่าวว่าการใช้หุ่นจำลองในการสอน ก่อนที่จะแสดง ควรอธิบายวัตถุประสงค์ในการใช้ก่อนช่วยให้ผู้ฟังเข้าใจวิธีการทำงานและเข้าใจขนาดที่แท้จริงของวัตถุนั้น โดยเปรียบเทียบกับขนาดของคนหรือแสดงด้วยภาพของวัตถุจริง เปรียบเทียบกับสิ่งที่อยู่รอบตัว ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้และทดลองใช้หุ่นจำลองด้วยตัวเอง (ถ้าหุ่นจำลองนั้นเคลื่อนที่ส่วนประกอบต่าง ๆ ได้)

การใช้หุ่นจำลองร่วมกับวัตถุอื่น ๆ เช่น สไลด์ ภาพวาด และกระดาษ ผ่าตัด เพื่อเน้นรายละเอียดซึ่งไม่สามารถเห็นได้ง่ายเมื่อใช้หุ่นจำลอง

### ข้อเสนอแนะในการใช้หุ่นจำลองประกอบการสอน

สมพงษ์ ศิริเจริญ และคณะ (2525 : 109-110) ได้กล่าวถึงข้อเสนอแนะในการใช้หุ่นจำลองประกอบการสอนไว้ว่า

1. ควรจะจำเฉพาะส่วนต่างๆ ของหุ่นจำลอง ซึ่งตรงกับความมุ่งหมายเฉพาะในการสอนของเราเท่านั้น
2. ก่อนจะใช้หุ่นจำลองต้องเตรียมคำอธิบายไว้ล่วงหน้าก่อน เราอาจจะใช้วัสดุอย่างอื่นประกอบคำอธิบายได้ เช่น แผนภูมิ รูปภาพ สไลด์ फिल्मสคริปหรือภาพยนตร์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่สมบูรณ์ เด็กก็ควรเห็นความจำเป็นด้วยว่าทำไมจะต้องดูหุ่นจำลอง จะต้องศึกษาหาความรู้อย่างไร
3. ต้องการให้เด็กได้เข้าใจถึงขนาดที่แท้จริงด้วย เพราะหุ่นจำลองอาจจะมีขนาดผิดไปจากของจริง เช่น อาจจะเล็กกว่าหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้
4. หุ่นจำลองที่ใช้เกินกว่า 1 ครั้งแล้ว ถ้าทิ้งไว้ให้เด็กดูตลอดเวลาจะทำให้เด็กหมดความสนใจ
5. เมื่อใช้หุ่นจำลองประกอบคำอธิบายแล้ว ต้องทดสอบความเข้าใจว่าเด็กได้รับความรู้ความเข้าใจอย่างไรบ้าง อาจจะทำให้โดยเด็กอภิปรายหรือค้นคว้าทดสอบต่อไป

## 2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที

### ความหมายของแก๊สชีวภาพ

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 47) ได้ให้ความหมายของแก๊สชีวภาพไว้ดังนี้

แก๊สชีวภาพ (Biogas) คือ แก๊สที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊สชีวภาพประกอบด้วยแก๊สหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน 50-70 % และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 30-50 % ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไฮโดรซัลไฟด์ ไนโตรเจน และไอน้ำ

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนรา พงศ์สวัสดิ์มานิต (2532 : 146) กล่าวว่า แก๊สชีวภาพ (Biogas) หมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆในสภาพไร้อากาศ ตามปกติภายในโครงสร้างของสารอินทรีย์ประกอบด้วย คาร์บอน และ ไฮโดรเจน เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อผ่านการย่อยสลายในสภาพไร้อากาศ โมเลกุลหลักดังกล่าวจะแตกตัวออกจากกัน จากนั้นจึงค่อยจับตัวรวมกันใหม่เกิดเป็น “มีเทน” (Methan) และคาร์บอน ไดออกไซด์ รวมทั้งแก๊สอื่นๆ บางชนิด

เรวดี ดีมาก (2524 : 67) กล่าวว่า แก๊สชีวภาพ เป็นแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายมูลสัตว์เลี้ยงต่างๆ เช่น วัว ควาย หมู เป็ด ไก่ หรืออินทรีย์สารต่างๆ โดยจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งในบ่อปิดที่ไม่มีอากาศ เป็นแก๊สผสม มีแก๊สมีเทนเป็นส่วนใหญ่ (60-70) และแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ (30-40)

**พิษภัยของของเสีย**

อุดม เรื่อน้อย (2526 : 82) กล่าวถึงพิษภัยของของเสียไว้ดังนี้

1. เป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค
2. เป็นแหล่งเพาะพันธุ์พาหะนำโรค
3. ส่งกลิ่นเหม็น สร้างเหตุรำคาญ
4. เป็นทัศนียภาพที่ไม่น่าดู

**ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ**

เรวดี ดีมาก (2524 : 76) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแก๊สชีวภาพไว้ว่า

ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรโดยตรง คือ

1. ได้ใช้แก๊สชีวภาพเป็นพลังงานต้นกำลังให้เครื่องจักรกลการเกษตรต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องไถเล็ก ฯลฯ โดยทั่วไปก็ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในการหุงต้ม แสงสว่าง
2. เป็นการทำปุ๋ยหมักคุณภาพดี จากวัสดุเหลือใช้หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป เมื่อถึงฤดูใส่ปุ๋ยในไร่เราก็เปิดบ่อหมัก ตักปุ๋ยมาใช้ ไม่ต้องหาที่เก็บปุ๋ยหมักกองใดๆ ในขณะที่ยังไม่ถึงฤดูการเพาะปลูกต่อไป

ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรทางอ้อม คือ

1. ลดปัญหาการแพร่เชื้อแบคทีเรียที่เป็น โรคพืชจากตอซัง หรือจากซากพืช ที่ปกคดียะถูกไถกลบหรือปล่อยทิ้งไว้ในไร่ นา แต่ในขบวนการหมักแก๊สชีวภาพนั้น ได้ใช้วัสดุเหล่านี้หมักในบ่อปิด ไม่มีอากาศ เป็นเวลาเกือบปี เป็นการตัดขั้นตอนการแพร่ขยายโรคพืชบางชนิด ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แก้ปัญหาสภาวะแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของชาวชนบท โดยลดการตัดไม้ทำ  
ฟืน ถ่าน และกำจัดแหล่งเพาะเชื้อโรค

เรวัตี คีมา (2524 : 81) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแก๊สชีวภาพไว้ว่า

1. ด้านสาธารณสุขหรือสิ่งแวดล้อม (Environment)

- กำจัดถูกหลักสุขาภิบาล
- ช่วยลดแหล่งแพร่เชื้อโรค
- ช่วยลดแหล่งเพาะพันธุ์พาหะนำโรค
- ช่วยลดอัตราการป่วย และตายด้วยโรกระบบทางเดินอาหาร
- ป้องกัน Soil Pollution
- ป้องกัน Water Pollution

2. ด้านพลังงาน (Energy)

- ได้แก๊สใช้ในการหุงต้มอาหาร
- ได้แก๊สนำไปใช้เป็นพลังงานแสงสว่าง และเครื่องยนต์บางชนิด

3. ด้านเศรษฐกิจ (Economic)

- ได้ปุ๋ยอินทรีย์มีประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม
- ลดรายจ่าย ประหยัดเงินค่าซื้อปุ๋ยเคมี

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 48 ) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแก๊สชีวภาพไว้ว่า

1. ประโยชน์ทางด้านพลังงาน แก๊สชีวภาพมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถใช้ทด  
แทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สถัง ไฟฟ้า ฯลฯ

2. ประโยชน์ทางการเกษตร กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพสามารถนำไปใช้  
เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด (ปุ๋ยคอก) ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลง  
สารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ให้กลายเป็นแอมโมเนีย ซึ่งที่สามารถนำไปใช้ได้ง่ายขึ้น และ  
ยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าปุ๋ยเคมี ในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตรให้มีสภาพดีขึ้นด้วย

3. ประโยชน์ทางการปรับปรุงสภาพแวดล้อม การนำมูลสัตว์มาหมักในบ่อแก๊ส  
ชีวภาพ เป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ ทำให้กลิ่นเหม็น และแมลงวันในบริเวณนั้นลด  
ลง ผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อแก๊สที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานาน ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อ-  
โรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วย ดังนั้นจึงทำให้ผู้ที่อาศัยในบริเวณนั้นมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น  
และยังเป็นการป้องกันมูลสัตว์ไม่ให้ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติอีกด้วย

สุโขทัยธรรมมาธิราช , มหาวิทยาลัย (2537 : 50) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแก๊สชีวภาพไว้ว่า

1. ช่วยกำจัดแหล่งเพาะเชื้อพยาธิหรือแบคทีเรีย
2. กำจัดกลิ่นเหม็นจากของเสีย
3. เป็นผลพลอยได้สำหรับใช้หุงต้ม
4. กากที่เหลือจากการหมักแก๊สใช้เป็นปุ๋ย

นิรันดร โทธิกานนท์ (2539 : 61) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแก๊สชีวภาพไว้ว่า

1. ชะลอและลดการเผาผลาญพลังงานจากแหล่งน้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติที่จะต้องหมดสิ้นไปจากโลกในที่สุด

2. ช่วยให้รัฐบาลโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตลดการขาดทุนขยายการผลิตกระแสไฟฟ้า
3. ลดหรือควบคุมปัญหาสภาพแวดล้อมจากฟาร์มได้

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 3-6) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแก๊สชีวภาพว่า

1. ด้านพลังงาน แก๊สชีวภาพจุดติดไฟ และให้ความร้อนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้หุงต้มอาหาร จุดตะเกียงให้แสงสว่าง พลังงานกกถุกหมู เครื่องทำน้ำอุ่น

2. ด้านการป้องกันและรักษาสิ่งแวดล้อม การนำมูลสัตว์ไปหมักในสภาพไร้อากาศในบ่อแก๊สชีวภาพมูลสัตว์ที่นำมาหมัก จะถูกย่อยสลายทำให้กลิ่นและไข่แมลงต่างๆที่อยู่ในมูลสัตว์จะถูกทำลายลงไปในขณะที่มีการหมัก ซึ่งจะช่วยให้ลดภาวะการระบาดของแมลงและกลิ่นได้

3. ให้ปุ๋ยอินทรีย์ในการฟื้นฟูสภาพดิน กากจากบ่อเลี้ยงประกอบด้วยธาตุอาหารพืชพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์กับพืชและอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีที่กักบ่อเลี้ยงยังทำให้โครงสร้างดินเกาะตัวกันได้ดีขึ้น มีผลทำให้อินทรีย์วัตถุถูกสภาพในดินได้นาน ซึ่งดีกว่าการใช้อินทรีย์วัตถุในรูปอื่น

4. ลดปริมาณ โรคพืชและการระบาดของวัชพืช การหมักสภาพไร้อากาศ ทำให้ปริมาณของเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคพืชบางชนิดลดลงได้ และยังมีส่วนในการทำลายการออกของเมล็ดวัชพืช เมื่อนำมูลที่ได้จากการหมักไปใช้แล้วไม่ก่อให้เกิดการระบาดของวัชพืช

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแก๊สชีวภาพ

เรวดี คีมาค (2524 : 68-69) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดแก๊สชีวภาพ คือ

1. สภาพที่ไม่มีอากาศ
2. วัสดุที่เหมาะสมในการย่อยสลาย ได้แก่ อินทรีย์สารทุกอย่าง ยกเว้นพวกพืชที่เป็นน้ำมันและลิกนิน การลับเศษพืชให้เล็กลงหรือการกองหมักทิ้งไว้ จะช่วยการย่อยสลายได้ดีขึ้น

อัตราส่วนของสารคาร์บอน และไนโตรเจนซึ่งเป็นอาหารหลักของจุลินทรีย์ในบ่อแก๊สที่เหมาะสม คือ 25-30 ต่อ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของ C/N (คาร์บอน / ไนโตรเจน) ของวัสดุที่ย่อยสลายได้

วัสดุ	C (น.น. แห้ง %)	N (น.น. แห้ง %)	อัตราส่วนของ C/N
<b>มูล</b>			
วัวควาย	30.75	0.70	44 : 1
หมู	22.03	1.31	17 : 1
อุจจาระคน	20.44	2.9	7 : 1
<b>พืช</b>			
ฟางข้าว	42	0.63	67 : 1
ต้นข้าวโพด	40	0.75	53 : 1
ต้นถั่วเหลือง	41	1.30	32 : 1
ต้นและใบถั่ว	11	0.59	19 : 1
<b>ลิสง</b>			
ใบไม้ร่วง	41	1.00	41 : 1

3. ความเป็นกรด - ค่าของมูลสัตว์ที่ผสมอยู่ในบ่อ สภาพที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่างเป็นกลาง หรือค่าเล็กน้อย ทั้งนี้ถ้าไม่มีความผิดปกติในบ่อผลิต หรือในการผสม เพื่อการเติมมูลสัตว์ (วัตถุดิบ) แล้ว การย่อยสลายของมูลสัตว์จะปรับสภาพมูลผสมให้กลายเป็นกลาง หรือค่าเล็กน้อยเท่านั้น

4. อุณหภูมิ ภูมิอากาศของประเทศไทยเหมาะกับการทำแก๊สได้ตลอดปี คือตั้งแต่ 5-40 องศาเซลเซียส แต่ที่ 30-35 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดแก๊สได้ดีที่สุด การเปลี่ยนแปลงทันทีของอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อเกิดการเกิดแก๊สได้ ดังนั้น โดยทั่วไปแบบที่นิยมสร้างจึงเป็นบ่อแก๊สในดินเพื่อเป็นฉนวน โดยการฝังลึก

5. ระยะเวลาการเกิดแก๊ส ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ให้มูลที่ผสมแล้วเกิดการย่อยสลายอินทรีย์สาร และมีแก๊สเกิดขึ้นอยู่ในบ่อจนถ่ายเทออก ทั้งนี้เพื่อให้จุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพได้เพิ่มจำนวนขึ้นมากมากพอและเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ก่อนที่จะถูกถ่ายเทออก ปกติจะใช้เวลาประมาณ 25-50 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารที่เป็นพิษ มีหลายอย่างด้วยกัน เช่น ความเป็นกรดมากเกินไปที่เกิดจากอาหารของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีอนินทรีย์สารบางอย่าง เช่น โซเดียมหรือโปแตสเซียมในปริมาณมากๆ ผงซักฟอก ยาม่านแมลง ปริมาณยาปฏิชีวนะของสัตว์ (สุกร เป็ด ไก่) ที่มากเกินไป สัตว์เลี้ยงที่มียาปฏิชีวนะในอาหาร ควรผสมมูลของมันด้วยมูลของสัตว์เลี้ยงอื่นที่ไม่ได้ใช้ยาปฏิชีวนะ รวมทั้งการเติมมูลในปริมาณหรือเวลาที่ไม่ว่างที่

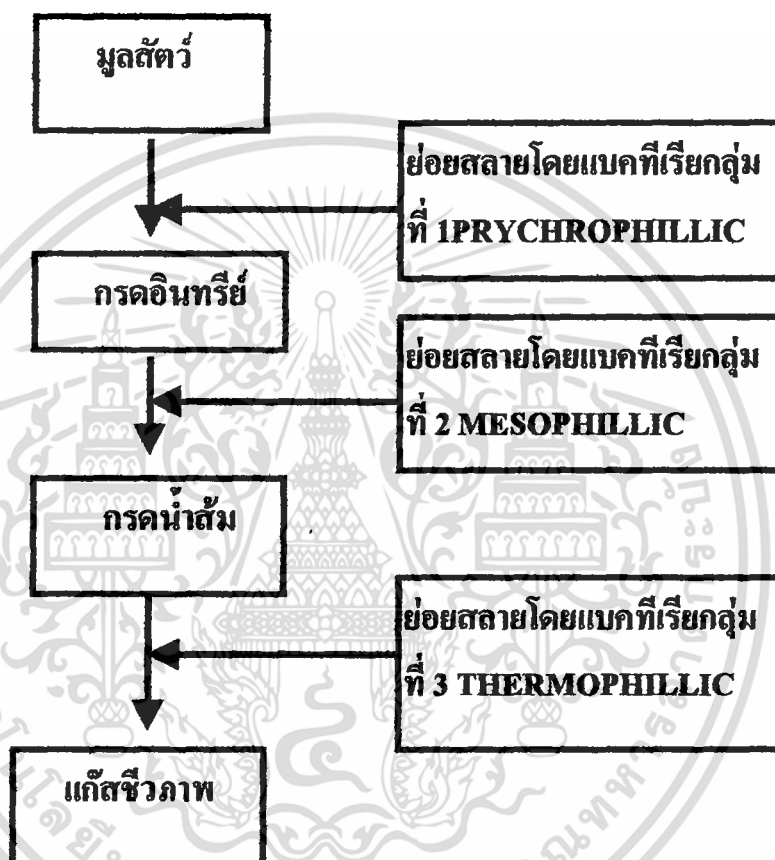
ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 8) กล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแก๊สชีวภาพไว้ดังนี้

1. ปริมาณสารอาหาร ต้องมีเพียงพอ
  2. ปริมาณการเติมต่อวัน ต้องเหมาะสม หากเติมมากเกินไป ผลผลิตแก๊สจะลดลง หรือแก๊สอาจจะไม่เกิดเลย เพราะแบคทีเรียต้องการเวลาในการย่อยสลาย
  3. เวลาในการย่อยสลายที่เหมาะสมที่สุด ควรอยู่ระหว่าง 60-80 วัน
- เวลาในการย่อยสลาย =  $\frac{\text{ปริมาตรบ่อแก๊ส}}{\text{ปริมาตรการเติมมูลสัตว์ต่อวัน}}$
4. ความเป็นกรด - ค่าของความเป็นกรด - ค่า ที่เหมาะสมที่สุด ควรอยู่ระหว่าง 7 - 8.5 ถ้ากว่านี้แบคทีเรียจะหยุดทำงาน (แก๊สไม่เกิด)

### ขั้นตอนการเกิดแก๊สชีวภาพ

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 7) กล่าวถึงขั้นตอนการเกิดแก๊สชีวภาพมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเกิดแก๊สชีวภาพ



เชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 กลุ่ม จะต้องมีปริมาณสัมพันธ์กัน เพราะถ้าหากสารอาหาร (มูลสัตว์) มีมากเกินไป แบคทีเรียกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จะผลิตกรดออกมาจนกระทั่งแบคทีเรียกลุ่มที่ 3 หยุดทำงาน (แก๊สไม่เกิด) หากสารอาหารน้อยเกินไป แบคทีเรียจะเจริญเติบโตช้า (ผลิตแก๊สได้น้อย) หากมีการกวนสารอาหารพอสมควรจะทำให้แบคทีเรียทั้ง 3 กลุ่ม ทำงานสัมพันธ์กันได้ดี หากมีการกวนสารอาหารมากเกินไปก็กลับจะทำให้การผลิตแก๊สลดลง เพราะไม่มีเวลาย่อยสลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บ่อแก๊สชีวภาพ

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 10) ได้กล่าวถึงบ่อแก๊สชีวภาพว่า บ่อแก๊สชีวภาพ คือ บ่อสำหรับหมักอินทรีย์สารต่างๆ เช่น มูลสัตว์ เศษพืช ฯลฯ ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์สามารถที่จะสร้างบ่อแก๊สชีวภาพได้ จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบของบ่อแก๊สชีวภาพ กล่าวคือ สามารถเข้าใจว่าการทำงานของบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome) เป็นการทำงานระบบไดนามิก คือเมื่อแก๊สเกิดขึ้นในบ่อหมัก แก๊สจะดันน้ำในบ่อหมักให้ไหลขึ้นไปอยู่ในบ่อล้นและท่อเติม เมื่อมีการเปิดแก๊สไปใช้ น้ำในบ่อล้นและท่อเติมจะเป็นตัวผลักดันแก๊สให้ออกไปใช้ได้

### รูปแบบของบ่อแก๊สชีวภาพ

เรวดี คีมา (2524 : 69-70) ได้กล่าวถึงรูปแบบของบ่อแก๊สชีวภาพ ไว้ดังนี้คือ

1. บ่อผลิตแก๊ส จะมีแบบและขนาด ได้ต่างๆกัน ตามความต้องการใช้แก๊ส รวมทั้งวัสดุก่อสร้างที่ใช้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและที่จะจัดหาได้

2. ที่เติมมูล

3. ท่อมูลล้น

4. ถังเก็บแก๊สหรือฝาครอบบ่อแก๊สที่ใช้เป็นที่เก็บแก๊ส

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 14) ได้กล่าวถึงรูปแบบของบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ (Fixed Dome) ฝังอยู่ใต้ดิน มีส่วนสำคัญเชื่อมต่อกันได้ 3 ส่วนคือ

1. บ่อเติมมูลสัตว์ (Mixing Chamber) ทำหน้าที่ในการผสมมูลสัตว์กับน้ำก่อนเติมลงในบ่อหมัก

2. บ่อหมัก (Digester Chamber) ทำหน้าที่รับมูลสัตว์กับน้ำจากบ่อเติมมาหมักให้เป็นแก๊สมีเทนและแก๊สอื่น ๆ แก๊สที่เกิดขึ้นนี้จะผลักดันให้มูลสัตว์และน้ำที่อยู่ด้านล่างของบ่อหมักไหลไปอยู่ในบ่อล้น

3. บ่อล้น (Expansion Chamber) ทำหน้าที่ ในการรับมูลสัตว์และน้ำที่ถูกแก๊สผลักดันจากบ่อหมักมาเก็บไว้ที่บ่อล้น มูลสัตว์และน้ำที่อยู่ในบ่อล้นนี้จะเป็นตัวที่ย้อนกลับเข้าไปในบ่อหมักอีก เพื่อจะผลักดันแก๊สให้สามารถไหลออกไปได้ เมื่อมีการเปิดแก๊สไปใช้ และบ่อล้นจะระบายมูลสัตว์ออกเมื่อมูลมีปริมาณมากเกินปริมาตรของบ่อ

การทำงานในลักษณะนี้เรียกว่า ระบบไดนามิก คือ เมื่อแก๊สเกิดขึ้นภายในบ่อ แก๊สจะมีแรงผลักดันมูลสัตว์และน้ำที่อยู่ส่วนล่างของบ่อหมักให้ทะลักขึ้นไปเก็บไว้ที่บ่อล้น เมื่อมีการเปิดแก๊สไปใช้ น้ำในบ่อล้นก็จะไหลย้อนกลับเข้าบ่อหมักอีก และจะไปผลักดันแก๊สให้สามารถนำไปใช้ได้ อีก จะเกิดลักษณะเช่นนี้อยู่ตลอดเวลา ถ้าระบบของบ่อแก๊สไม่รั่วและระบบการหมักเป็นปกติ บ่อแก๊สชีวภาพก็จะใช้งานได้ยาวนาน แต่บ่อจะคงทนหรือไม่ อยู่ที่ช่างต้องมีความละเอียดในการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หลักการที่สำคัญในการผลิตแก๊สชีวภาพ

เรวดี ศีมาภ (2524 : 70-71) ได้กล่าวถึงหลักการที่สำคัญในการผลิตแก๊สชีวภาพไว้ดังนี้  
หลักการที่สำคัญในการผลิตแก๊สชีวภาพ จะต้องมีการสำรวจข้อมูลดังต่อไปนี้

#### 1. ปริมาณความต้องการใช้เชื้อเพลิง (แก๊ส) คำนวณได้จาก

แก๊สใช้ทำอาหาร (หุงต้ม) จะใช้ปริมาณ 0.3 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อวันสำหรับครอบครัว  
ที่มากกว่า 6 คน จะใช้ปริมาณ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สำหรับทำอาหารแบบไทยในชนบท

แก๊ส 2 ลูกบาศก์เมตร มีค่าเท่ากับถ่านไม้ 5 กิโลกรัม หรือแก๊สถัง 1 กิโลกรัม หรือน้ำมัน  
ก๊าด 1.5 ลิตร

แก๊สให้แสงสว่าง จะใช้ประมาณ 0.1 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำหรับจุดตะเกียง  
ประมาณ 100 แสงเทียนดวงไฟ

เดินเครื่องยนต์ 1 แรงม้า ในเวลา 1 ชั่วโมง จะใช้แก๊สประมาณ 0.6-0.7 ลูกบาศก์เมตร  
ปริมาณแก๊สที่ใช้จะเปลี่ยนแปลง ตามประสิทธิภาพของแรงตะเกียง หรือเครื่องยนต์  
ด้วย

2. ปริมาณของเสียของทิ้งที่จะเป็นตัวเกิดแก๊ส ต้องมีมูลสัตว์เลี้ยงที่จะเก็บได้ในวันหนึ่งๆ  
มีปริมาณมากเพียงพอกับความต้องการที่จะใช้แก๊สต่อวัน นอกจากนี้ไม่ควรอยู่ห่างจากบ่อผลิตแก๊ส  
มากนัก จะทำให้ไม่สะดวกต่อการเก็บและนำมาเติมในบ่อ

3. ขนาดบ่อ ควรมีขนาดเป็น 2-2.5 เท่า ของปริมาณความต้องการใช้เชื้อเพลิงต่อวัน และ  
มีค่าเท่ากับปริมาณมูลที่เติมทุกวัน ไร่ 25-50 วัน

4. สถานที่ก่อสร้าง ควรอยู่ในที่ๆ ได้รับแสงแดดมากที่สุด เป็นที่ดอน ถ้าพื้นดินมีระดับน้ำ  
ตื้นมาก ต้องสร้างแบบกว้างแทนการสร้างบ่อลึก จะต้องวางโครงสร้างของกันบ่อให้เหมาะสมกับดิน  
ฐานราก

5. การผสมมูล จะต้องผสมให้ได้สัดส่วนตามที่กำหนด และวิธีปฏิบัติ นั่นคือ มูล : น้ำ ใช้  
1 : 1 สำหรับมูลวัว ควาย 1 : 2.5 สำหรับมูลสุกร โดยกวนให้แตกและเข้ากันดี

6. การออกแบบ จะมีแบบได้ต่างๆ กัน ตามความเหมาะสมของ เงิน วัสดุ ความสะดวก  
ที่ตั้งของบ่อแก๊สชีวภาพ

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 15) กล่าวถึงที่ตั้งของบ่อแก๊สชีวภาพไว้ว่า สถานที่ที่จะ  
สร้างบ่อเติมมูลสัตว์ ควรอยู่ห่างจากคอกสัตว์ไม่เกิน 5 เมตร บ่อหมักจะต้องอยู่กลางแจ้ง และไม่ควร  
อยู่ติดกับบ่อน้ำดื่ม น้ำใช้ หรือลำธาร สาธารณะ เพราะกาแก๊สที่ระเหยออกจากบ่อกลิ่นบางส่วน  
อาจซึมลงไปแหล่งน้ำนั้นได้ พื้นที่ที่จะทำการสร้างบ่อควรมีความลาดเท ไม่ควรอยู่ในที่ลุ่ม

ท่วมถึง และกากมูลสัตว์ที่ออกจากบ่อเลี้ยงควรวีให้ไหลเข้าสู่สวน ไร่ นา ของตนเองหรือไหลเข้ายังบ่อเก็บกากจากบ่อเลี้ยงที่เตรียมไว้ ไม่ควรปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะเพราะอาจทำให้น้ำเน่าเสียได้

**ขนาดบ่อแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมกับฟาร์ม**

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 16)กล่าวถึงขนาดบ่อแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมกับฟาร์มไว้ว่าให้ดูจากจำนวนสัตว์เลี้ยงและความต้องการที่จะใช้ประโยชน์จากแก๊ส

**ตารางที่ 2** ขนาดบ่อแก๊สที่เหมาะสมกับฟาร์ม

สัตว์เลี้ยง	ขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพ		
	8 คิว	12 คิว	16 คิว
1. โคนม	3 ตัว	5 ตัว	7 ตัว
2. โคนเนื้อ	6 ตัว	12 ตัว	18 ตัว
3. กระบือ	3 ตัว	8 ตัว	13 ตัว
4. สุกร	15 ตัว	25 ตัว	38 ตัว

**วิธีการคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพ**

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 16) ได้กล่าวถึงวิธีการคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพ

สูตร ปริมาณมูลสัตว์สดต่อวัน  $\times$  จำนวนสัตว์  $\times$  2 (สำหรับโค/กระบือ) หรือ  $\times$  3 (สำหรับสุกร)  $\times$  ระยะของการหมักมูลในบ่อ (60 วัน)

ส่วนประกอบของบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่

ส่งเสริมการเกษตร , กรม (2536 : 17-63) กล่าวถึงส่วนประกอบของบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ ไว้ดังนี้

**ราระบายมูล** โดยทำพื้นรางให้มีลักษณะ โคงเป็นรูปครึ่งวงกลมและควรขัดมันด้วย เพราะจะช่วยให้มูลสัตว์ไหลได้คล่องและไม่ตกค้างในราง แล้วเชื่อมต่อรางระบายมูลสัตว์เข้ากับปากบ่อเดิมที่ทำเตรียมไว้ โดยปากบ่อเดิมจะมีลิ้นชักปิด-เปิด เพื่อการกวนผสมมูลสัตว์และปล่อยให้มูลสัตว์ไหลเข้าบ่อได้

บ่อเก็บกักจากบ่อเลี้ยง เป็นบ่อที่สร้างเตรียมไว้ เพื่อให้กากมูลสัตว์ที่ล้นออกมาจากบ่อเลี้ยงไหลลงไปที่เก็บในบ่อนี้ก่อน ซึ่งกากมูลสัตว์ในบ่อเก็บกักจากบ่อเลี้ยงนี้ สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปของบิวเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินได้ เช่น รดพืชผักสวนครัว ไม้ผล หญ้า ฯลฯ และเป็นการป้องกันไม่ให้กากจากบ่อล้นไหลออกมาและทะลุภายนอกด้วย

ฝาปิดบ่อ เพื่อป้องกันสัตว์เลื้อยและน้ำฝนตกลงไปในบ่อ และเพื่อความสวยงาม บ่อควรมีฝาปิด อันได้แก่

- ฝาปิดปากบ่อหมัก
- ฝาปิดวาล์วใหญ่ที่บ่อหมัก
- ฝาปิดบ่อล้น
- ฝาปิดบ่อดักน้ำทิ้ง
- ฝาปิดบ่อเก็บกากจากบ่อล้น

โคม คือ ส่วนที่มีหน้าที่ในการเก็บแก๊ส และอยู่ด้านบนของบ่อหมัก โดยมีวงแหวนกันรั่วกั้นอยู่ตรงกลางระหว่างโคมกับผนังบ่อหมัก

วงแหวนกันรั่ว คือ ส่วนที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผนังบ่อด้านล่างและโคมด้านบนแยกออกจากกัน เมื่อพื้นดินทรุดหรือผนังแตกรั่ว วงแหวนกันรั่วจะป้องกันไม่ให้รอยแตกวิ่งขึ้นไปถึงส่วนโคม เพราะวงแหวนกันรั่วเป็นส่วนผสมที่อ่อนมากและยืดหยุ่นได้

ท่อควบคุมแรงดันแก๊ส ทำหน้าที่ ระบายแก๊สทิ้ง เมื่อมีแก๊สเกิดขึ้นภายในบ่อหมักในปริมาณมาก หรือเมื่อไม่มีการใช้แก๊ส เป็นการช่วยให้ผนังบ่อไม่ต้องรับแรงดันมากเกินไป ซึ่งส่งผลให้บ่อแก๊สมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

#### การทดสอบบ่อ

ส่งกรมการเกษตร , กรม (2536 : 60) ได้กล่าวถึงการทดสอบบ่อไว้ว่า การทดสอบบ่อแก๊ส และท่อนำแก๊ส นับเป็นงานขั้นสุดท้ายที่สำคัญที่สุดของการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ เพราะการสร้างบ่อมาแล้วหากมีการรั่ว ก็ไม่สามารถเก็บแก๊สได้ เพราะฉะนั้นก่อนที่จะเติมมูลสัตว์ ต้องมีการทดสอบว่ามีการรั่วหรือไม่

การทดสอบ นำมิเตอร์วัดความดันแก๊ส ต่อเข้ากับท่อนำแก๊สที่ติดตั้งอยู่ที่ฝาปิดบ่อหมัก เติมน้ำลงทางท่อเติมมูลสัตว์หรือบ่อล้นก็ได้ จนมิเตอร์วัดความดันได้ 80 ซม. (40 ซม.× 2 ซม.) ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง แล้วตรวจดูที่มิเตอร์ว่า ความดันลดลงหรือไม่ หากความดันลดน้อยกว่า 10 ซม. ต้องหาว่าน้ำสามารถซึมออกจากบ่อได้ทางไหนบ้าง เช่น ก้นบ่อหมัก บ่อล้น หรืออากาศรั่วออกจากโคมได้หรือไม่ ต้องทำการอุดรอยรั่วต่างๆ ที่คิดว่าจะรั่วได้ แล้วทำการทดสอบใหม่จนมั่นใจว่าไม่รั่ว

การทดสอบท่อนำแก๊ส ให้เปิดวาล์วที่บ่อหมักและก๊อكدักน้ำทิ้งแต่เปิดวาล์วที่ห้องครัว หลังจากนั้นเป่าลมเข้าไปในท่อนำแก๊สจนกว่าจะได้ความดันที่มิเตอร์ 80 ซม. ปิดวาล์วที่ห้องครัว ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง หากความดันลดลง แสดงว่าท่อ หรือรอยต่อของท่อกำลังมีการรั่ว ให้ตรวจสอบที่ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อ สวมทางและข้ออทุกแห่ง โดยใช้ฟองสบู่ หรือฟองจากน้ำผงซักฟอกพอกลงไปแล้วสังเกตดู ถ้ามีการร่วจะเห็นฟองอากาศโป่งพองออกมา ให้ต่อข้อต่อขึ้นใหม่ หลังจากตรวจสอบแล้ว และมั่นใจว่า ทั้งบ่อ และท่อหน้าแก๊สไม่รั่ว ก็ให้เติมมูลสัตว์ได้โดยไม่ต้องสูบน้ำออก

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำปัญหาพิเศษเรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพ แบบโคมคกที่ ทำให้ทราบถึงลักษณะของแบบจำลองว่า แบบจำลองเป็นสื่อที่ช่วยในการเรียนการสอน เพื่อถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เรียน ให้ได้รับประสบการณ์ที่ใกล้เคียงของจริงมากที่สุด ซึ่งแบบจำลองอาจจำลองโดยลด หรือขยายขนาดจากของจริง และทำให้ทราบความหมายและลักษณะของ บ่อแก๊สชีวภาพว่า บ่อแก๊สชีวภาพคือ บ่อสำหรับหมักอินทรีย์สารต่างๆ เช่น มูลสัตว์ เศษพืช ฯลฯ ในสภาพที่ไม่มีอากาศซึ่งในการนำแบบจำลองมาใช้ในการผลิตสื่อในวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) เพื่อช่วยในการเรียนการสอนในเรื่องการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ และบ่อแก๊สชีวภาพ แบบโคมคกที่ แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคกที่ จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจรูปแบบของบ่อแก๊สชีวภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนได้ทราบรายละเอียดของแต่ละส่วนของบ่อแก๊สชีวภาพ เป็นการก่อให้เกิดความเข้าใจในรายละเอียดต่างๆ ของบ่อแก๊สชีวภาพ ซึ่งถ้าหากศึกษาจากของจริง ไม่สามารถแสดงรายละเอียดภายในบ่อแก๊สได้ชัดเจน ผลจากการใช้แบบจำลองจะส่งผลให้ผู้เรียนได้รับความรู้ และประสบการณ์ที่ถูกต้อง ชัดเจน ทำให้การเรียนการสอนบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

### บทที่ 3

## วิธีการสร้างอุปกรณ์

### 3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร

หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

#### เวลาและหน่วยกิต

หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตเป็นหลักสูตรต่อเนื่อง ใช้เวลาในการศึกษา 2 ปี ใน 1 ปีการศึกษามี 2 ภาคเรียน หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ มีจำนวนหน่วยกิตตลอดหลักสูตร 79 หน่วยกิต องค์ประกอบของหลักสูตรประกอบด้วยหมวดวิชาต่างๆดังนี้

1. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	12	หน่วยกิต
2. หมวดวิชาเฉพาะ	64	หน่วยกิต
3. หมวดวิชาเลือกเสรี	3	หน่วยกิต
รวม	79	หน่วยกิต

วิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ(03620218)เป็นวิชาที่อยู่ในหมวดวิชาเฉพาะกลุ่มวิชาชีพเลือกเรียน ในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต มีจำนวน 3 หน่วยกิต ทฤษฎี 1 คาบ ปฏิบัติ 4 คาบ ต่อสัปดาห์

#### คำอธิบายรายวิชา

วัสดุเกษตรและของเสียจากสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ หลักการและวิธีการผลิตแก๊ส คุณสมบัติของแก๊สชีวภาพ การสร้างถังแก๊สและการนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์ ข้อควรระวังในการนำแก๊สมาใช้

#### จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อนำวัสดุเกษตรและของเสียจากสัตว์มาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เพื่อให้มีความรู้ในหลักการและวิธีการผลิตแก๊สชีวภาพ
3. เพื่อให้มีทักษะประสบการณ์ในการสร้างถังแก๊สชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพื่อสามารถนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์

5. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ

**วิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218)**

<b>ภาคทฤษฎี</b>	<b>16</b>	<b>คาบ</b>
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>	<b>คาบ</b>
1.1 ความหมายคำว่าแก๊สชีวภาพ	0.5	คาบ
1.2 ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ	0.5	คาบ
<b>2. วัสดุที่ใช้ผลิตแก๊สชีวภาพ</b>	<b>3</b>	<b>คาบ</b>
2.1 มูลสุกร	1	คาบ
2.2 มูลโค	1	คาบ
2.3 มูลไก่	0.5	คาบ
2.4 อื่นๆ	0.5	คาบ
<b>3. หลักการและวิธีการผลิตแก๊สชีวภาพ</b>	<b>3</b>	<b>คาบ</b>
3.1 หลักการผลิตแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
3.3 วิธีการผลิตแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
<b>4. คุณสมบัติของแก๊สชีวภาพ</b>	<b>2</b>	<b>คาบ</b>
4.1 ลักษณะทางเคมีของแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
<b>**5. การสร้างถังแก๊สชีวภาพ</b>	<b>4</b>	<b>คาบ</b>
5.1 ขนาดของถังแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
5.2 รูปแบบการสร้างถังแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
5.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างถังแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
5.4 ขั้นตอนการสร้างถังแก๊สชีวภาพ	1	คาบ
<b>6. การนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์</b>	<b>2</b>	<b>คาบ</b>
6.1 การผลิตกระแสไฟฟ้า	1	คาบ
6.2 การหุงต้ม	0.5	คาบ
6.3 อื่นๆ	0.5	คาบ
<b>7. ข้อควรระวังในการนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์</b>	<b>1</b>	<b>คาบ</b>
<b>รวมจำนวนคาบ</b>	<b>16</b>	<b>คาบ</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคปฏิบัติ	64	คาบ
บทปฏิบัติการ		
1. การเลือกสถานที่ทำการผลิตแก๊สชีวภาพ	4	คาบ
1.1 ทำเลที่ตั้งบ่อแก๊สชีวภาพ	2	คาบ
1.2 คุณสมบัติของดิน	2	คาบ
2. การใช้วัสดุและของเสียจากสัตว์	8	คาบ
2.1 วัสดุและของเสียจากสัตว์	4	คาบ
2.2 ปริมาณการนำมาใช้	4	คาบ
3. วิธีการผลิตแก๊สชีวภาพ	12	คาบ
3.1 ขบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ	4	คาบ
3.2 อุปกรณ์ในการผลิตแก๊สชีวภาพ	4	คาบ
3.3 วิธีการผลิตแก๊สชีวภาพ	4	คาบ
4. ถังแก๊สแบบต่างๆ	12	คาบ
4.1 ถังแก๊สชีวภาพแบบบราว	4	คาบ
**4.2 ถังแก๊สชีวภาพแบบโคมคองท์	4	คาบ
4.3 ถังแก๊สชีวภาพแบบไฮฟี	4	คาบ
5. วิธีการสร้างถังแก๊สชีวภาพ	16	คาบ
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างถังแก๊สชีวภาพ	4	คาบ
5.2 ขั้นตอนการสร้างถังแก๊สชีวภาพ	6	คาบ
5.3 ข้อควรระวังในการสร้างถังแก๊สชีวภาพ	6	คาบ
6. การนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์	8	คาบ
6.1 ผลิตกระแสไฟฟ้า	4	คาบ
6.2 เชื้อเพลิง	2	คาบ
6.3 อื่นๆ	2	คาบ
7. ความปลอดภัยในการใช้แก๊สชีวภาพ	4	คาบ
7.1 ข้อควรระวังในการใช้แก๊สชีวภาพ	2	คาบ
7.2 วิธีการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา	2	คาบ
รวมจำนวนคาบ	64	คาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ \*\* ใช้เป็นหัวข้อในการทำแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ ประกอบการสอน วิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี ) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เนื่องจากในหัวข้อดังกล่าว จะกล่าวถึงการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ ซึ่งการ-สร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ของจริงนั้นมีการสร้างที่ยุ่ยาก ต้นทุนสูง และมีขนาดใหญ่ แต่ถ้าสามารถสร้างแบบจำลองได้แล้วนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจได้ง่ายในรายละเอียดต่างๆ ของถังแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ และสะดวกในการสอนของผู้สอน

#### ทฤษฎีบทที่ 5 การสร้างถังแก๊สชีวภาพ

##### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ได้
  2. แยกขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพ ได้
  3. อธิบายขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ได้
- บทปฏิบัติการที่ 4 ถังแก๊สแบบต่างๆ (ถังแก๊สแบบ โดมคองที่)

##### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ชี้ส่วนประกอบของบ่อแก๊สชีวภาพแบบ โดมคองที่ ได้
2. สร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบ โดมคองที่ ได้
3. นำบ่อแก๊สชีวภาพแบบ โดมคองที่ ไปใช้ประโยชน์ได้

### 3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา

จากเนื้อหาและรายละเอียดต่างๆ ของวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) กลุ่มวิชาชีพเลือก สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ในภาคทฤษฎีใช้เวลาเรียน 1 คาบ/สัปดาห์ ภาคปฏิบัติ 4 คาบ/สัปดาห์ ในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการสร้างแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ (MODEL OF FIXED DOME BIO - GAS) โดยใช้เนื้อหาภาคทฤษฎีบทที่ 5 เรื่องการสร้างถังแก๊สชีวภาพ และภาคปฏิบัติบทที่ 4 ถังแก๊สชีวภาพแบบต่างๆ ในหัวข้อเรื่องถังแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ มาจัดทำสื่อการเรียนการสอน ในรูปของแบบจำลองแบบค่าซีกที่ขั้วส่วนมาจากของจริงในสัดส่วน 1 : 25 ของบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ขนาด 12 คิวบิกเมตร ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เนื้อหาวิชาที่สอน

ถังหรือบ่อแก๊สชีวภาพ เป็นที่สำหรับหมักอินทรีย์สารต่างๆ เช่น มูลสัตว์ เศษพืช ฯลฯ ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เกษตรกรที่จะสร้างบ่อแก๊สชีวภาพได้ จะต้องเป็นเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์อยู่ตลอดเวลา และมีเงินทุนในการก่อสร้างตลอดจนต้องมีเวลา และแรงงานในการที่จะดูแลรักษาบ่อในระยะยาว

## ที่ตั้งบ่อแก๊สชีวภาพ

สถานที่ที่จะสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ควรอยู่ใกล้คอกเลี้ยงสัตว์ โดยที่บ่อเดิมมูลสัตว์ ควรอยู่ห่างจากคอกสัตว์ไม่เกิน 2 เมตร บ่อหมักจะต้องอยู่กลางแจ้ง และไม่ควรรอชิดกับบ่อน้ำคั้นน้ำใช้หรือตำราสารธารณะ เพราะกากมูลสัตว์ ที่ระบายออกจากบ่อส่วนบางส่วน อาจซึมลงไปแหล่งน้ำนั้นได้ พื้นที่ที่จะทำการสร้างบ่อควรมีความลาดเท ไม่ควรรออยู่ในที่ลุ่มที่น้ำท่วมถึง และกากมูลสัตว์ที่ออกจากบ่อส่วน ควรให้ไหลเข้าสู่สวน ไร่ นา ของตนเองหรือไหลเข้ายังบ่อเก็บกากจากบ่อส่วนที่เตรียมไว้ ไม่ควรปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะ เพราะอาจจะทำให้น้ำเน่าเสียได้

## ขนาดของถังแก๊สชีวภาพ

ขนาดของถังแก๊สชีวภาพ แบ่งได้ 2 ขนาด คือ

### 1. ขนาดครอบครัว

ข้อกำหนดในการก่อสร้างบ่อแก๊สชีวภาพขนาดครอบครัว

#### 1. เกษตรกรที่ต้องการจะสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ จะต้องมีสัตว์เลี้ยง

โคใหญ่ หรือ กระบือใหญ่ อย่างน้อย 3 ตัว

หรือ สุกรเนื้อ อย่างน้อย 15 ตัว

2. เกษตรกรจะต้องมีคอกสัตว์ที่ถาวร และอยู่ใกล้กับบริเวณที่สร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ไม่ควรรออยู่ไกลเกินกว่า 20 เมตร

3. คอกสัตว์จะต้องมีรางระบายมูล ที่ต่อ ไปยังบ่อแก๊สชีวภาพโดยตรง

4. จะต้องมีสัตว์อยู่ในคอกตลอดทั้งคืน หรืออย่างน้อยต้องอยู่ไม่ต่ำกว่า 12 ชั่วโมง

5. ต้องแน่ใจว่า มีแหล่งน้ำที่สามารถใช้ได้เพียงพอตลอดปี และแหล่งน้ำนั้นไม่ควรที่จะอยู่ห่างจากบ่อแก๊สชีวภาพเกินกว่า 20 เมตร

6. สถานที่ที่จะใช้ประโยชน์จากแก๊ส เช่น ห้องครัว ฯลฯ ไม่ควรที่จะอยู่ห่างจากบ่อแก๊สชีวภาพเกินกว่า 100 เมตร

7. เกษตรกรและแม่บ้าน จะต้องมีความสนใจที่จะใช้แก๊ส ปุ๋ยอินทรีย์จากกากมูลสัตว์ และต้องการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ เพื่อลดปัญหาหามถั่วของสภาพแวดล้อม

8. เกษตรกรจะต้องมีเงิน วัสดุ และแรงงาน ในการก่อสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เกษตรกรจะต้องมีเวลา และแรงงานที่พร้อมสำหรับการปฏิบัติดูแลรักษา และซ่อมบำรุงบ่อแก๊สชีวภาพ

## 2. ขนาดฟาร์ม

ขนาดบ่อแก๊สชีวภาพที่เหมาะสมกับฟาร์ม ให้ออกจกจำนวนสัตว์เลี้ยง และความต้องการที่จะใช้ประโยชน์จากแก๊ส

**ตารางที่ 3** การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลกระบือ

จำนวนกระบือ (ตัว)	มูลสัตว์ / วัน (กก.)	ขนาดของบ่อ (ลบม.)
3	24	8
5	40	8
7	56	8
8	64	12
9	72	12
11	88	12
13	104	16
15	120	16
17	136	30
20	160	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4** การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลโคนม

จำนวนโคนม (ตัว)	มูลสัตว์ / วัน (กก.)	ขนาดของบ่อ (ลบม.)
3	45	8
4	60	8
5	75	12
6	90	12
7	105	16
8	120	16
10	150	30
12	180	30
14	210	30
16	240	50
20	300	50
24	360	50

**ตารางที่ 5** การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลโคเนื้อ

จำนวนโคเนื้อ (ตัว)	มูลสัตว์ / วัน (กก.)	ขนาดของบ่อ (ลบม.)
6	30	8
8	40	8
10	50	8
12	60	12
14	70	12
16	80	12
18	90	16
20	100	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 (ต่อ)

จำนวนโคนือ (ตัว)	มูลสัตว์ / วัน (กก.)	ขนาดของบ่อ (ลบม.)
24	120	16
28	140	30
36	180	30
44	220	30
50	250	50
60	300	50
70	350	50
76	380	50

ตารางที่ 6 การคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพที่จะสร้าง : กรณีที่ใช้มูลสุกร

จำนวนสุกร (ตัว)	มูลสัตว์ / วัน (กก.)	ขนาดของบ่อ (ลบม.)
15	30	8
22	44	8
25	50	12
30	60	12
35	70	12
38	76	16
44	88	16
48	96	16
50	100	30
60	120	30
70	140	30
80	160	30
88	176	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 6 (ต่อ)

จำนวนสุกร (ตัว)	มูลสัตว์ / วัน (กก.)	ขนาดของบ่อ (ลบม.)
110	220	50
130	260	50
150	300	50

#### วิธีการคำนวณขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพ

สูตร ขนาดของบ่อแก๊สชีวภาพ = ปริมาณมูลสัตว์สดต่อวัน  $\times$  จำนวนสัตว์  $\times$  2

(สำหรับโค / กระบือ) หรือ 3 (สำหรับสุกร)  $\times$  ระยะของการหมักมูลในบ่อ (60 วัน)

#### ตัวอย่าง

1. โจรย์ ในฟาร์มมีกระบืออยู่ 7 ตัว สามารถสร้างบ่อแก๊สได้ขนาดเท่าใด (กระบือ 1 ตัว มีน้ำหนักมูลสด 8 กิโลกรัมต่อวัน)

วิธีทำ สูตร มูลสัตว์  $\times$  จำนวนสัตว์  $\times$  2  $\times$  ระยะเวลาในการหมัก

แทนสูตร 8  $\times$  7  $\times$  2  $\times$  60 = 6,720 กก.

\* จะสามารถสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ขนาด 8 คิวบิกเมตร \*

2. โจรย์ ในฟาร์มมีสุกรใหญ่ (น้ำหนักมากกว่า 60 กก.) 45 ตัว จะสามารถสร้างบ่อแก๊สได้ขนาดเท่าใด (สุกร 1 ตัว มีน้ำหนักมูลสด 2 กิโลกรัมต่อวัน)

วิธีทำ สูตร มูลสัตว์  $\times$  จำนวนสัตว์  $\times$  3  $\times$  ระยะเวลาในการหมัก

แทนสูตร 2  $\times$  45  $\times$  3  $\times$  60 = 16,200 กก.

\* จะสามารถสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ขนาด 16 คิวบิกเมตร \*

#### รูปแบบของบ่อแก๊สชีวภาพ

เป็นบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่ (FIXED DOME) ฝังอยู่ใต้ดิน มีส่วนสำคัญเชื่อมต่อกันได้ 3 ส่วน คือ

1. บ่อเติมมูลสัตว์ (MIXING CHAMBER) ทำหน้าที่ในการผสมมูลสัตว์เข้ากับน้ำ ก่อนเติมลงไปบ่อหมัก

2. บ่อหมัก (DIGESTER CHAMBER) ทำหน้าที่รับมูลสัตว์กับน้ำจากบ่อเติมมาหมักให้เป็นแก๊สมีเทนและแก๊สอื่นๆ แก๊สที่เกิดขึ้นนี้จะผลักดันให้มูลสัตว์ และน้ำที่อยู่ด้านล่างของบ่อหมักไหลไปอยู่ที่บ่อล้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บ่อถ้ำ (EXPANSION CHAMBER) ทำหน้าที่ในการรับมวลสัตว์และน้ำที่ถูกแก๊สผลักดันจากบ่อหมักมาเก็บที่ไว้บ่อถ้ำ มวลสัตว์และน้ำที่อยู่ในบ่อถ้ำนี้ จะเป็นตัวที่ย้อนกลับเข้าไปที่บ่อหมักอีก เพื่อที่จะผลักดันแก๊สให้สามารถไหลออกไปได้ เมื่อมีการเปิดแก๊สไปใช้ และบ่อถ้ำจะระบายมวลสัตว์ออกเมื่อมวลมีปริมาณมากกว่าปริมาตรของบ่อ

การทำงานในลักษณะนี้เรียกว่า “ระบบ ไดนามิค” คือ เมื่อแก๊สเกิดขึ้นภายในบ่อ แก๊สจะมีแรงดันมวลสัตว์ และน้ำที่อยู่ด้านล่างของบ่อหมักให้ทะลักขึ้นไปเก็บที่บ่อถ้ำ เมื่อมีการเปิดแก๊สไปใช้ น้ำในบ่อถ้ำก็จะไหลย้อนกลับเข้าบ่อหมักอีก และจะไปผลักดันแก๊สให้สามารถนำไปใช้ได้ก็จะเกิดลักษณะเช่นนี้อยู่ตลอดเวลา ถ้าระบบของบ่อแก๊สไม่รั่ว และระบบการหมักเป็นปกติ บ่อแก๊สชีวภาพก็จะใช้งานได้นาน แต่บ่อจะคงทนหรือไม่ อยู่ที่ช่างต้องมีความละเอียดในการสร้าง รวมทั้งเกษตรกรต้องปฏิบัติการดูแลรักษาบ่อแก๊สชีวภาพโดยเคร่งครัด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่

1. ดับเบิ้ลเมตร
2. เชือกหรือเอ็น
3. ขวาน
4. มีด / สะกิด
5. คิ่ง / ปรอทว้ระดับ / สายยางจับระดับ
6. แขนรัศมี
7. เกรียงเหล็ก / เกรียงไม้
8. ฆ้อนดอกตะปู / ฆ้อนปอนด์
9. เหล็กฉาก
10. จอบ / เสียม / พลั่ว
11. เลื่อยตัดไม้ / เหล็ก
12. กระบะถือปูน
13. สามเหลี่ยมปากปูน
14. บั้งก็ / ถังปูน
15. กระดาษทราย เบอร์ 100
16. แปรงน้ำ / ฟองน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่

### 1. การวางผัง การวางผังมี 2 กรณี

1.1 หาจุดต่ำสุดของรางระบายมูลสัตว์ โดยวัดจากจุดต่ำสุดของรางขึ้นไป 30 ซม. ชีดจุดไว้ แล้วตอกหลักในฝั่งตรงกันข้าม จับระดับจากจุดที่ขีดไว้เหนือรางระบายมูลสัตว์ ไปยังหลักในฝั่งตรงกันข้ามด้วยสายยางระดับน้ำ กำหนดจุดศูนย์กลางของกลางของบ่อหมักบนเส้นหลัก โดยให้ห่างจากคอกสัตว์อย่างน้อย

2.70 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

3.00 เมตร \_\_\_\_\_ ( 12 คิว )

3.30 เมตร \_\_\_\_\_ ( 16 คิว )

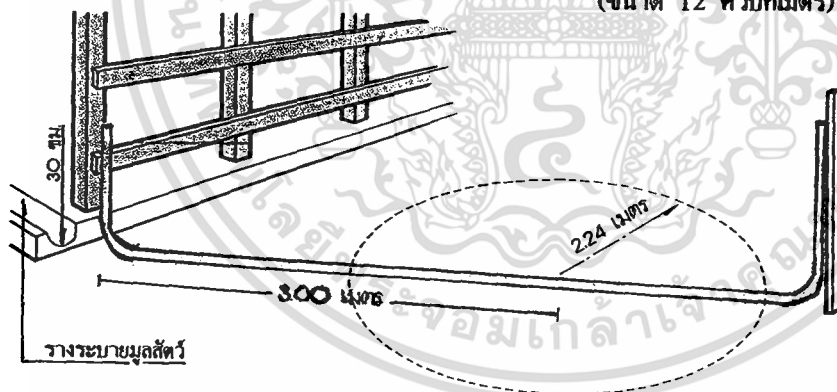
ทำเครื่องหมายไว้บนเส้นหลัก แล้วดึงเพื่อกำหนดจุดศูนย์กลางของบ่อหมักบนพื้นดิน หลังจากนั้นขีดวงกลมเพื่อกำหนดขนาดของบ่อหมัก และพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสม โดยใช้รัศมี

2.01 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

2.24 เมตร \_\_\_\_\_ ( 12 คิว )

2.30 เมตร \_\_\_\_\_ ( 16 คิว )

(ขนาด 12 คิวบิกเมตร)



### ภาพที่ 2 การหาจุดต่ำสุดของรางระบายมูลสัตว์

### 1.2 หาจุดระบายกากมูลสัตว์ โดยวัดจากจุดศูนย์กลางของบ่อหมักออกมา

3.95 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

4.10 เมตร \_\_\_\_\_ ( 12 คิว )

5.22 เมตร \_\_\_\_\_ ( 16 คิว )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วหาจุดต่ำสุดเพื่อกำหนดจุดระบายากumulสัตว์ โดยต้องอยู่ต่ำกว่าสันหลัก 60 ซม. และให้อยู่เหนือผิวดินอย่างน้อย 15 ซม. เพื่อป้องกันน้ำจากภายนอกไหลเข้าสู่บ่อเลี้ยง หากไม่สามารถหาจุดต่ำสุดกว่าได้ ให้ตรวจสอบดู สามารถยกพื้นรางระบายมูลสัตว์ที่คอกสัตว์ได้หรือไม่ หรือสามารถขุดรางระบายากumulสัตว์ได้หรือไม่ เมื่อหาจุดระบายากumulสัตว์ได้แล้ว ให้ใช้เส้นหลักนั้นเป็นเส้นหลักถาวร และต้องขึงเส้นหลักอีก 1 เส้นให้เป็นรูปกากบาท ณ จุดศูนย์กลางบ่อหมัก เพื่อใช้หาตำแหน่งจุดศูนย์กลางบ่อหมักหลังการขุดดินแล้ว ต่อจากนั้น กำหนดจุดศูนย์กลางของบ่อเลี้ยง โดยห่างจากจุดศูนย์กลางของบ่อหมัก

3.00 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

3.00 เมตร \_\_\_\_\_ ( 12 คิว )

3.92 เมตร \_\_\_\_\_ ( 16 คิว )

แล้วดอกหลักไว้ ตำแหน่งของบ่อเลี้ยงควรอยู่ในทิศทางตรงกับบ่อเดิม หรืออยู่เพียงทำมุมกับบ่อเดิมได้ไม่เกิน 45°

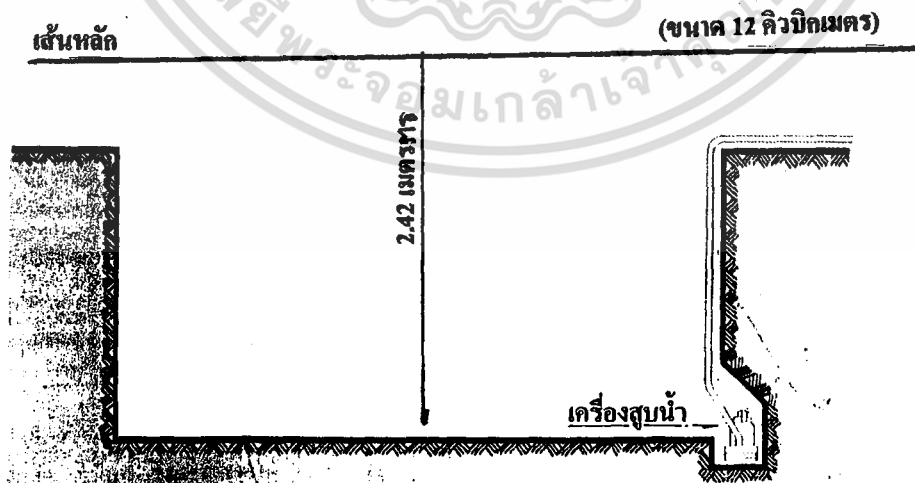
2. การขุดดิน ในการขุดดิน ต้องเป็นรูปทรงกระบอกเหมือนขุดบ่อน้ำ และขุดให้ได้ความลึกตามขนาดที่กำหนด โดยวัดจากเส้นหลักลงไป

2.39 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

2.42 เมตร \_\_\_\_\_ ( 12 คิว )

2.67 เมตร \_\_\_\_\_ ( 16 คิว )

เมื่อเอาดินขึ้นจากบ่อให้กองห่างจากขอบบ่อประมาณ 50 ซม. และต้องไม่กองไว้ในทิศทางที่จะสร้างบ่อเลี้ยงหรือวางท่อเดิม/ท่อดิน เพราะจะทำให้เสียเวลาในการขนย้ายดินอีกในภายหลัง



ภาพที่ 3 การขุดดินเพื่อสร้างบ่อหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสำคัญ อย่าขุดให้ลึกกว่าที่กำหนดไว้ เพราะจะทำให้ฐานบ่อไม่แข็งแรง และถ้ามีน้ำซึมออกมาขณะที่ขุด ต้องขุดบ่อล่อด้วย โดยขุดให้อยู่ติดกับขอบนอกของฐานบ่อหมัก แต่ที่บ่อล่อจะอยู่ต่ำกว่าพื้นของบ่อหมัก เพื่อให้ น้ำที่บ่อหมักไหลไปอยู่ในบ่อล่อได้

เมื่อขุดบ่อหมักได้ความลึกตามกำหนดแล้ว หาจุดศูนย์กลางที่ฐานบ่อหมัก โดยจึงเชือกหลัก เป็นกากบาท แล้วทิ้งคิ่งลงมา ก็จะได้จุดศูนย์กลางบ่อหมัก จากนั้นจึงขีดวงกลม 2 วง โดยใช้รัศมี

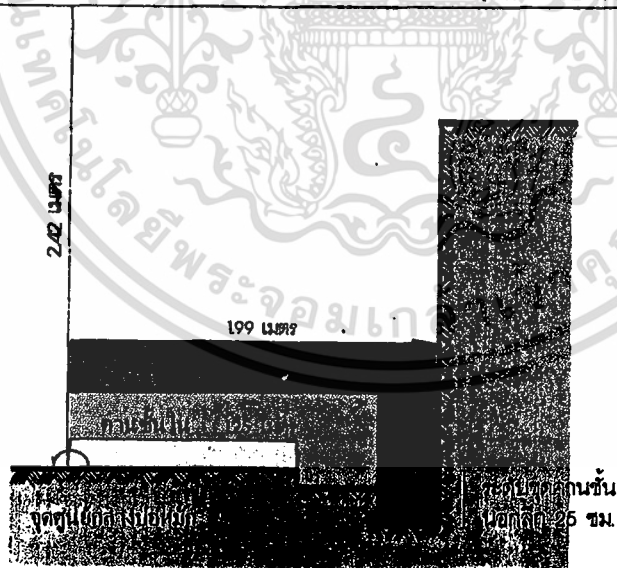
- (วงใน) 1.46 เมตร และ (วงนอก) 1.76 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )
- 1.70 เมตร \_\_\_\_\_ 1.99 เมตร \_\_\_\_\_ ( 12 คิว )
- 1.94 เมตร \_\_\_\_\_ 2.24 เมตร \_\_\_\_\_ ( 16 คิว )

ขุดดินบริเวณวงแหวนออกให้ลึกประมาณ 25 ซม. และขีดวงกลมโดยใช้รัศมี

- 1.01 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )
- 1.25 เมตร \_\_\_\_\_ ( 12 คิว )
- 1.50 เมตร \_\_\_\_\_ ( 16 คิว )

ขุดดินบริเวณวงแหวนด้านในให้ลึกประมาณ 5 ซม.

เส้นหลัก (ขนาด 12 คิวบิกเมตร)



ภาพที่ 4 การขุดดินเพื่อวางคานบ่อหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวางคาน เมื่อขุดดินเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการอัดดินให้แน่น แต่ในบางกรณีที่ดินดินอ่อน หรือมีน้ำ หรือดินเหลว ต้องทำการคอกเสาเข็มด้วยเพราะถ้าดินเกิดการยุบตัวอาจทำให้พื้นบ่อแตกร้าว ได้จากนั้นจัดระดับแล้วคอกหลักระดับเทคาน โคยวัดจากเส้นหลัก

2.34 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

2.37 เมตร \_\_\_\_\_ (12 คิว )

2.62 เมตร \_\_\_\_\_ (16 คิว )

เทขอบฐานโคยรอบ ให้ได้ระดับเดียวกับพื้น โคยใช้ส่วนผสม ปูน 1 ถึง 2 ถึง ทรายหยาบ 2 ถึง : หิน 4 ถึง [ 1 : 2 : 4 โคยปริมาตร ] ถ้าดินแข็งสามารถเทได้เลย แต่ถ้าดินอ่อนหรือละเอียดควรใส่หินหรือทรายหยาบรองพื้นให้ทั่วก่อน เมื่อเทปูนได้ระดับแล้ว ขณะที่ปูนกำลังหมาดให้ทำการวางอิฐชั้นแรกเพื่อให้อิฐเชื่อมติดกับฐาน กะแนววางอิฐแต่ละก้อน โคยใช้รัศมี

1.57 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

1.80 เมตร \_\_\_\_\_ (12 คิว )

2.50 เมตร \_\_\_\_\_ (16 คิว )

คคให้อิฐจมลงในปูนคานครึ่งก้อน และทำให้เป็นรอยขรุขระด้านบนของคานด้านนอก

ด้วย



ภาพที่ 5 การวางคานของบ่อหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ก่อผนัง เมื่อวางอิฐก้อนแรกติดกับฐานบ่อแล้ว นำอิฐที่จะใช้ในการก่อชั้นต่อไปแช่น้ำให้อิฐชุ่มน้ำ เป็นการล้างฝุ่นอิฐ และเพื่อให้อิฐเกาะติดกับปูนดีขึ้นเวลาก่อผสมปูน ปูน1 ถึง : ปูนขาว 1/3 ถึง : ทรายหยาบ (ทรายก่อ) 2.5 ถึง [1: 1/3:2.5 โดยปริมาตร] กะก่อแนวก่ออิฐแต่ละก้อน โดยใช้แขนรัศมี

1.57 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

1.80 เมตร \_\_\_\_\_ (12 คิว )

2.05 เมตร \_\_\_\_\_ (16 คิว)

ในการก่ออิฐจะต้องใช้แขนรัศมีกะแนวก่อตลอดทุกก้อน และการก่ออิฐจะต้องก่อสลับแนว และควรให้เสร็จเป็นชั้นๆเป็นลำดับขึ้นไป(สำหรับบ่อที่ใช้มุดตุกร เมื่อก่ออิฐได้ 3ชั้น ประมาณ10 ซม.จากพื้นให้วางท่อค้ำกอกแล้วก่อต่อไป) จนได้4ชั้นให้หยุดก่อแล้วทิ้งไว้ให้แห้งหลังจากนั้นทำการเททับหลังให้สูงเท่าอิฐ 3 ชั้น โดยใช้ส่วนผสม ปูน1 ถึง : ทรายหยาบ (ทรายก่อ)2 ถึง : หิน 4 ถึง [ 1: 2 :4 โดยปริมาตร] เมื่อก่อได้ความสูง 1.60 เมตร โดยใช้วัดเส้นหลัก ให้เว้นช่องว่างสำหรับวางท่อสั้นและท่อเดิม (โดยวัดจากเส้นหลักถึงหลังท่อ แล้วทำการก่ออิฐต่อไป เมื่อก่อได้ความสูงโดยวัดจากเส้นหลักประมาณ

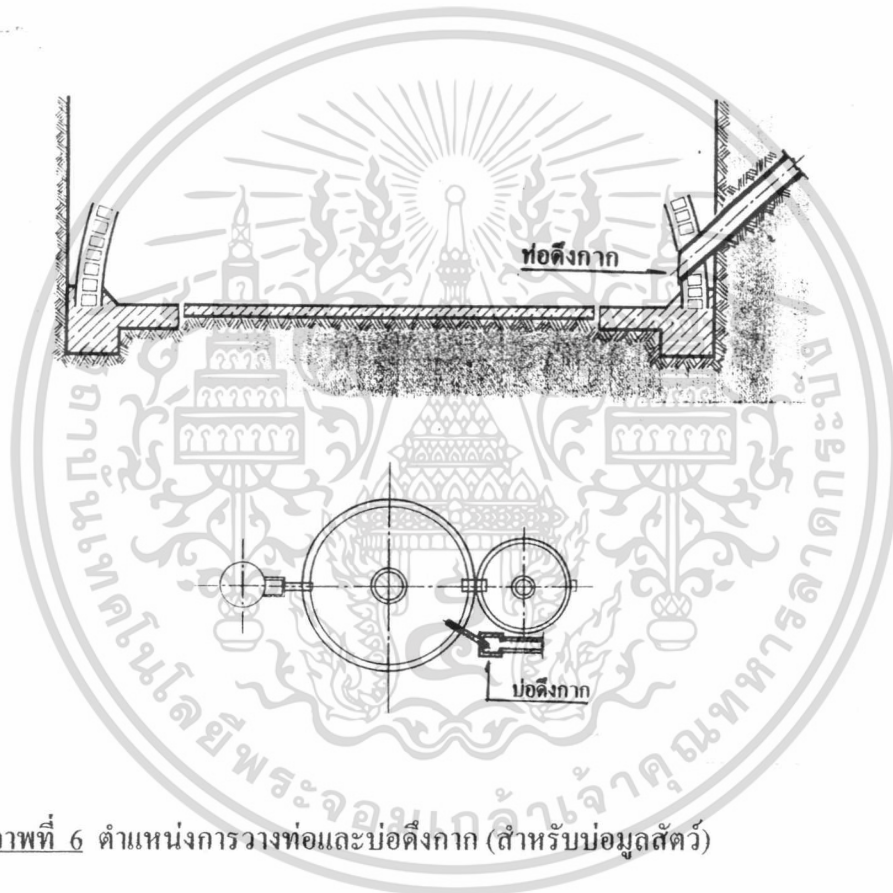
1.44 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

1.45 เมตร \_\_\_\_\_ (12 คิว )

1.46 เมตร \_\_\_\_\_ (16 คิว)

ให้หยุดก่อ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นฉาบปูนด้านนอกให้หนาประมาณ 1 ซม.โดยใช้ส่วนผสมเหมือนกับปูนก่อ

5. การวางท่อและบ่อดิ่งกาก (สำหรับบ่อมูลสุกร) เป็นการวางท่อสำหรับบ่อแก๊สที่เดิม คิวมูลสุกร เพราะการตกตะกอนของมูลสุกรจะทำให้บ่ออุดตันเร็วกว่าปกติ ท่อดิ่งวากานี้จะใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ติดตั้งอยู่ด้านล่างของผนังบ่อหมัก โดยปลายท่อด้านล่างจะวาง เมื่อก่ออิฐขึ้นมาสูง 10 ซม. หรือประมาณอิฐ 3 ก้อน ก่อนวางท่อให้ใช้เลื่อยขุดทำรอยขรุขระรอบๆ ที่ ด้านนอกเพื่อให้ปูนเกาะติดได้ดี และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ ปลายท่อเป็นรูปสี่ เหลี่ยม และอยู่ข้างๆ บ่อดิน พื้นของบ่อดิ่งกากคือ กว้าง 25 ซม. × ยาว 30 ซม. × สูง 60 ซม. และมีวาง รับกากมูลสัตว์ที่ดึงออกมา เชื่อมกับรางรองรับกากจากบ่อดินหรือเชื่อมกับบ่อเก็บกากจากบ่อดิน



ภาพที่ 6 ตำแหน่งการวางท่อและบ่อดิ่งกาก (สำหรับบ่อมูลสัตว์)

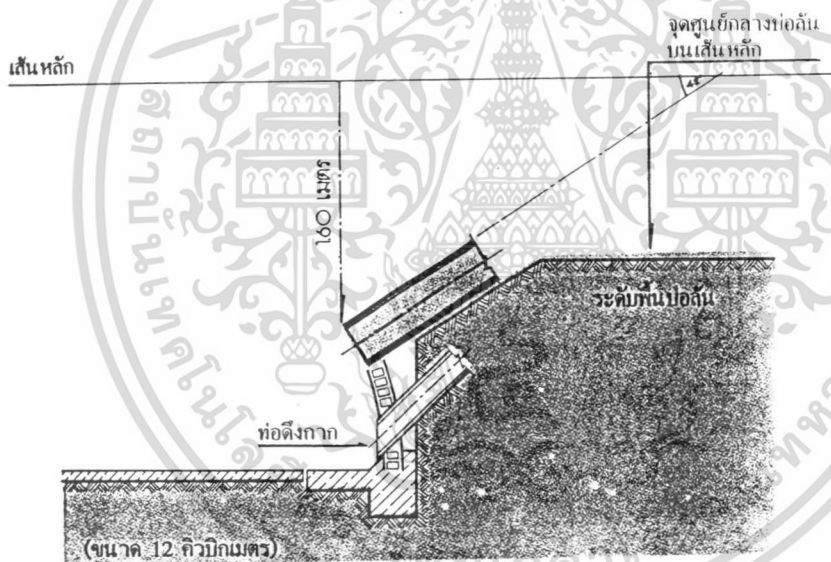
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวางท่อสั้น ชุดคินบริเวณที่จะวางท่อสั้น (ท่อคอนกรีต เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว) โดย บ่อขนาด 8 คิวบิกเมตร วางท่อให้ทำมุม 38 องศา กับแนวเส้นหลัก ณ จุดที่วัดออกไปอีก 40 ซม. จากจุดศูนย์กลางของบ่อสั้นบนแนวเส้นหลัก

บ่อขนาด 12 คิวบิกเมตร วางท่อให้ทำมุม 42 องศา กับแนวเส้นหลัก ณ จุดศูนย์กลางของ บ่อสั้นบนแนวเส้นหลัก

บ่อขนาด 16 คิวบิกเมตร วางท่อให้ทำมุม 32 องศา กับแนวเส้นหลัก ณ จุดที่วัดออกไปอีก 40 ซม. จากจุดศูนย์กลางของบ่อสั้นบนแนวเส้นหลัก

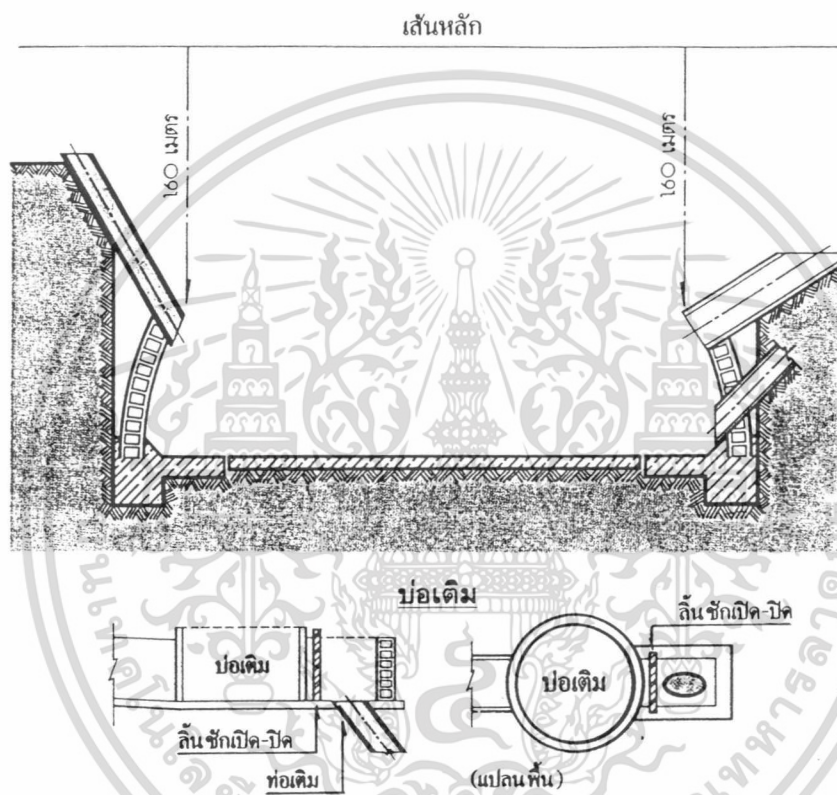
หลังปากท่อสั้นของบ่อทุกขนาดจะอยู่ที่ระดับ 1.60 โดยวัดจากเส้นหลัก ใส่ปูนรองรับ ท่อ และตอกเหล็กยึดท่อให้มั่นคงแล้วทำการก่อผนังบ่อหมักส่วนที่เหลือ และฉาบด้านนอกให้เรียบ ร้อย



ภาพที่ 7 ตำแหน่งการวางท่อสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การวางท่อเติมมูลสัตว์ ทำการวางท่อเติมมูลสัตว์ ซึ่งจะอยู่ในระดับเดียวกับท่อต้น คือ 1.60 เมตร โดยวัดจากเส้นหลักถึงหลังปากบ่อ ท่อเติมมูลสัตว์นี้จะใช้ท่อ PVC แต่ก่อนทำการวางท่อให้ใช้เลื่อยขุดทำรอยขรุขระบริเวณผิวรอบนอกปากบ่อก่อน เพื่อให้ปูนเกาะติดดี และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ กำหนดจุดที่จะวางท่อใส่ปุ๋ยแล้วกดท่อให้จมลงในปูนหลังจากนั้นตอกหลักยึดท่อให้มั่นคง



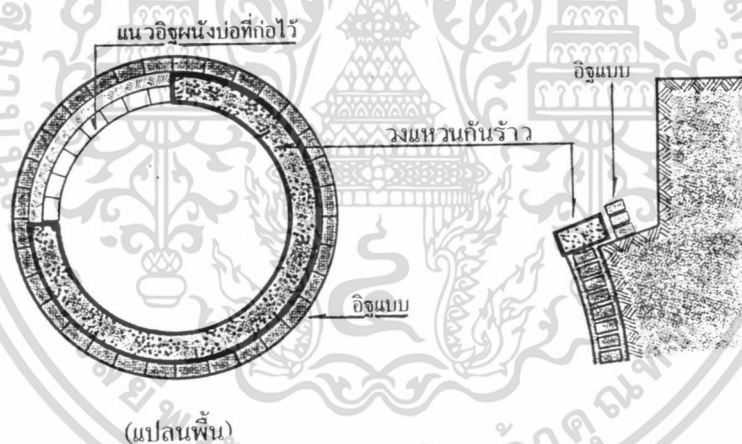
ภาพที่ 8 การวางท่อเติมมูลสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ถมดินให้แน่น เมื่อฉาบผนังบ่อหมักค้ำในเสร็จเรียบร้อยแล้วก็มีการดำเนินการถมดินภายนอก โดยใส่ดินลงไปรอบๆ บ่อสูงประมาณ 30 ซม. อัดดินให้แน่นแล้วใส่ดินลงไปใหม่อัดให้แน่นอีกไม่แนะนำใส่ดินครั้งเดียวจนเต็มแล้วอัด เพราะจะทำให้ดินที่อยู่ข้างล่างไม่แน่นจะทำให้บ่อแตกรั่วได้ เพราะต้องอาศัยการอัดดินนอกเป็นตัวรับแรงดันด้วยการอัดถมดินควรถมให้สูงกว่าแนวอิฐที่ก่อไว้ และอัดดินให้อยู่ในแนวเดียวกันของแขนรัศมี

9. การทำวงแหวนกันรั่ว วงแหวนกันรั่วทำได้โดยวางอิฐเพื่อทำเป็นแนวรอบนอกของผนังที่ก่อไว้โดยวางให้ห่างจากแนวอิฐที่ก่อ ประมาณ 1 ก้อน ผสมปูน 1 ถัง : ปูนขาว 3 ถัง : ทราวยหยาบ 15 ถัง [1 : 3 : 15 โดยปริมาตร] ผสมให้ขึ้นเพื่อสะดวกในการปั้นรูปตามวงกลมทีละชั้น ต่อจากนั้นปั้นปูนบนผนังบ่อให้หนาเท่ากับระดับอิฐที่วางไว้แล้วใช้ไม้กวาดทางมะพร้าวปิดทำรอยขรุขระ ทิ้งไว้ให้หมาดแล้วปั้นปูนชั้นต่อไปจนครบ 3 ชั้น โดยวิธีเดียวกันภายใน 1 วัน จะได้ความหนาประมาณ 10 ซม. แต่ชั้นสุดท้ายแต่งผิวปูนให้เรียบ ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 24-48 ชม.

หมายเหตุ ในการทำวงแหวนกันรั่วห้ามใช้น้ำยาแทนปูนขาวโดยเด็ดขาด



ภาพที่ 9 ตำแหน่งวงแหวนกันรั่ว

10. การวางท่อส้น ทำการสร้างบ่อส้นโดยถมดินบริเวณส่วนที่หายไปให้เต็มแล้วบดอัดให้แน่นต่อจากนั้น ชีตวงกลมเพื่อกำหนดขนาดของบ่อส้นโดยใช้รัศมี

1.25 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

1.30 เมตร \_\_\_\_\_ (12 คิว )

1.50 เมตร \_\_\_\_\_ (16 คิว )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดตำแหน่งที่จะขุดร่องระบายากumulสัตว์ แล้วขุดหลุมสร้างบ่อล้นตามแนวที่ขีดไว้ให้ลึก โดยวัดจากเส้นหลักประมาณ

1.16 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

1.05 เมตร \_\_\_\_\_ (12 คิว )

1.10 เมตร \_\_\_\_\_ (16 คิว)

หลังจากนั้นทั้งคั้งเพื่อหาจุดศูนย์กลางของฐานบ่อล้น และทำเครื่องหมายไว้ ผสมปูนโดยใช้ส่วนผสม ปูน 1 ถึง : ทรายก้อ 2 ถึง : หิน 4 ถึง [ 1 : 2 : 4 โดยปริมาตร] เทพื้นที่หนา 5 ซม. และให้ระดับเดียวกันกับปากท่อล้น ในขณะที่ปูนกำลังหมาดให้ทำการวางอิฐชั้นแรกกะแนววางอิฐแต่ละก้อนโดยใช้รัศมี

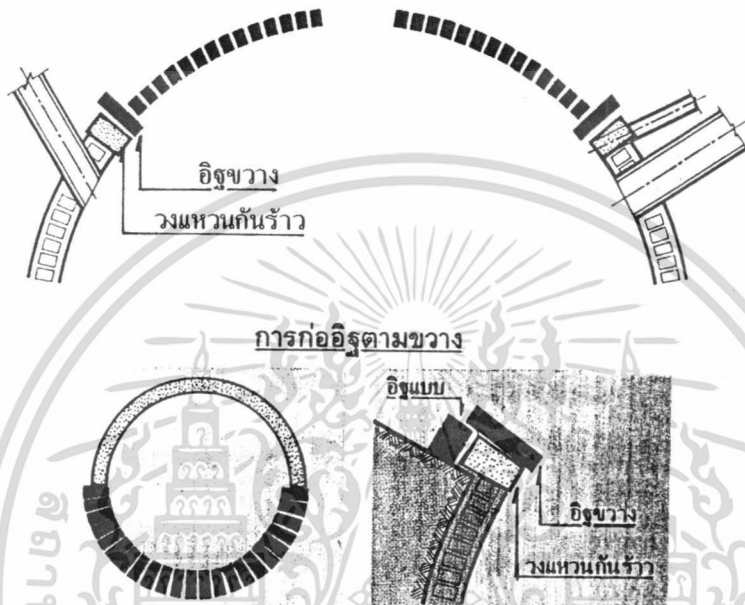
0.95 เมตร \_\_\_\_\_ ( 8 คิว )

1.10 เมตร \_\_\_\_\_ (12 คิว )

1.30 เมตร \_\_\_\_\_ (16 คิว)

เมื่อวางอิฐชั้นแรกแล้ว ทิ้งไว้ให้แห้งนำอิฐที่จะก่อชั้นต่อไปแช่น้ำเพื่อให้อิฐเปียก และเกาะกับปูนได้ดี ผสมปูนโดยใช้ส่วนผสม ปูน 1 ถึง : ปูนขาว 1/3 ถึง : ทรายก้อ 2.5 ถึง [1 : 1/3 : 2.5 โดยปริมาตร] กะแนวก่ออิฐแต่ละก้อน โดยใช้เขนรัศมีระยะเท่าเดิม หลังจากก่อผนังบ่อล้นได้สูง ประมาณ 60 ซม. โดยวัดจากเส้นหลัก ไล่แบบอิฐตรงช่องระบายากumulสัตว์ เพื่อรองรับอิฐในชั้นต่อไป (ช่องระบายากumulสัตว์นี้จะกว้างเท่ากับอิฐ 2 ก้อน และสูงเท่ากับอิฐที่ก่อขึ้นไป 3 ชั้น) ทิ้งไว้ให้แห้ง ผสมปูนฉาบโดยใช้ส่วนผสม ปูน 1 ถึง : ปูนขาว 1/3 ถึง : ทรายหยาบ 2.5 ถึง [1 : 1/3 : 2.5 โดยปริมาตร] ทำการฉาบผนังบ่อล้นทั้งด้านนอก และด้านในให้ได้ความหนาประมาณ 1 ซม.แล้วแต่งให้เรียบ เมื่อแห้งแล้วแล้วก่อรางระบายากumulสัตว์ขึ้นในแนวคั้งจนให้หนาประมาณ 1 ซม. แล้วแต่งขอบให้สวยงาม

11. การสร้างโคม ก่ออิฐตามปกติประมาณ 5 ชั้นหยุดก่อ (เพื่อไปทำวงแหวนเสริมความแข็งแรง) หลังจากนั้นก่อโคมค่อไปจนเหลือปากบ่อกว้าง 42 ซม. ทิ้งไว้ให้แห้ง และเทปูนปิดบริเวณจุดศูนย์กลางของบ่อหมักในส่วนที่เว้นไว้

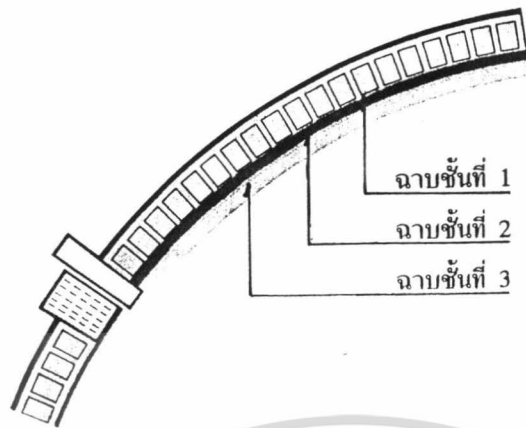


ภาพที่ 10 ลักษณะของโคม

เคาะปูน และทำความสะอาดผนังโคมด้านใน ทาน้ำปูนให้ทั่วบริเวณโคม  
ฉาบชั้นที่ 1 ปูน 1 ถึง : ปูนขาว 1/3 : ทรายฉาบ 2.5 ถึง [1 : 1/3 : 2.5 โดยปริมาตร] ให้ทั่วหนา  
ประมาณ 1 ซม. ใช้ไม้กวาดทางมะพร้าวปิดทำรอยขรุขระ ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน  
ฉาบชั้นที่ 2 ปูน 1 ถึง : ปูนขาว 1/4 : ทรายฉาบ 2.5 ถึง [1 : 1/4 : 2.5 โดยปริมาตร] ให้ทั่วหนา  
ประมาณ 1 ซม. ใช้ไม้กวาดทางมะพร้าวปิดทำรอยขรุขระ ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน  
ฉาบชั้นที่ 3 เหมือนปูนฉาบชั้นที่ 2 แต่ชั้นนี้ผสมน้ำยากันซึมด้วย ฉาบให้ทั่วโคมรวมทั้งบริเวณปาก  
ท่อ (ช่องคนลง) หนาประมาณ 1 ซม. หลังจากนั้นขัดมันให้ทั่ว เสร็จแล้วปิดปากบ่อด้วยกระสอบ  
หรือ ไม้ก็ได้เพื่อบ่มปูน

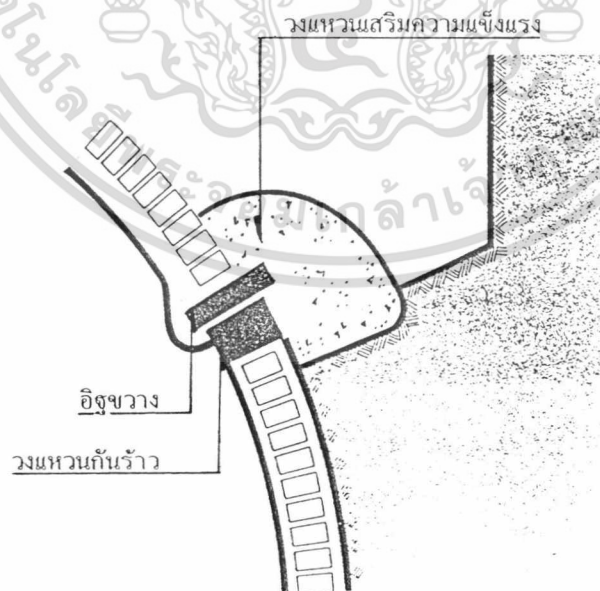
ข้อควรระวัง โคม คือ ส่วนที่เก็บแก๊ส เพราะฉะนั้นตอนฉาบผนังโคมข้างต้องมีความ  
ประณีต และทำตามคู่มืออย่างเคร่งครัดในขั้นตอนของการทำ อย่าเร่งฉาบให้เสร็จในวันเดียวกัน  
เพราะจะไม่สามารถกันการแตกร้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 การฉาบโคลม

12. การทำวงแหวนเสริมความแข็งแรง ส่วนที่เป็น โคมด้านบนก็มีความสำคัญเช่นกัน ดังนั้นเราต้องเสริมความแข็งแรงให้กับส่วนของโคมโดยใช้ส่วนผสม ปูน 1 ถึง : ทรายก่อ 2 ถึง : หิน 4 ถึง [1 : 2 : 4 โดยปริมาตร] ก่อนเทพูนให้อาแบบอิฐที่ทำวงแหวนกันร้าวออกแล้วเขาดินได้วงแหวนกันร้าวลงไปจนถึงผนังบ่อ 1 ก้อนอิฐ และเคาะขีปูนออกด้วย หลังจากนั้นล้างทำความสะอาดบ่อภายนอกทั้งหมด ทาน้ำปูนวงแหวนกันร้าว และเหนียววงแหวนกันร้าวประมาณ 3 ชั้นอิฐ เทปูนให้โค้งเป็นรูปหลังเต่าปิดทับอิฐขวาง แล้วปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 1 คืน



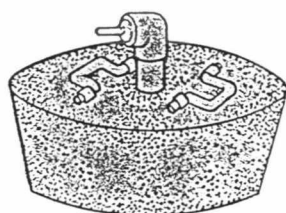
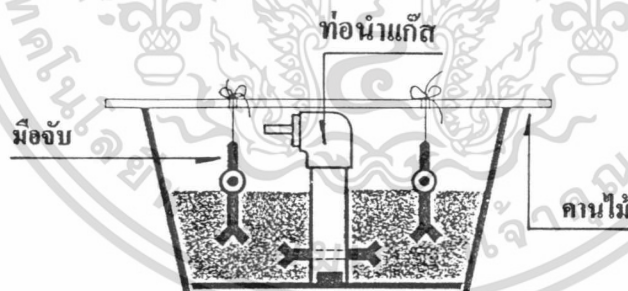
ภาพที่ 12 ตำแหน่งวงแหวนเสริมความแข็งแรง (คานโคม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. การวางคอบ้อ ทำความสะอาดพื้น และทำน้ำปูนที่พื้น และขอบบ่อผสมปูนโดยใช้ ส่วนผสม ปูน 1 ถัง : ทรายก้อ 2 ถัง : หิน 4 ถัง [1 : 2 : 4 โดยปริมาตร] เทปูนให้ได้ความสูงห่างจาก ขอบแบบเหล็กด้านบน 10 ซม. กระทบให้แน่นเพื่อไล่ฟองอากาศ แล้วใส่รูลิ้ม (ที่อุดรูด้วยก้านกล้วย) โดยวัดจากขอบแบบเหล็กลงไปถึงหลังเหล็กรูลิ้ม 4 ซม. ทำเครื่องหมายตำแหน่งรูลิ้มไว้ที่ขอบวงท่อ ซีเมนต์ด้วย เพื่อจะหาตำแหน่งรูลิ้มได้สะดวกภายหลังเมื่อถอดแบบเหล็กแล้ว การวางเหล็กรูลิ้มให้ วางเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยจุดยอดมุมอยู่ห่างกัน 48 ซม. และจุดยอดมุมจุดใดจุดหนึ่งอยู่ตรงข้ามกับ จุดที่วางท่อหน้าแก๊ส ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกเวลาปิด - เปิดฝาบ่อ และติดตั้งท่อหน้าแก๊ส จากนั้นเท ปูนจนถึงขอบของแบบเหล็ก แต่ห้ามเทปูนอีกเพราะจะทำให้รูลิ้มเคลื่อนที่ แล้วแต่งผิวหน้าให้เรียบ ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 1 วัน จึงถอดแบบ

14. การหล่อฝาปิดบ่อหมัก ก่อนจะหล่อฝา ต้องทำความสะอาดแบบเหล็ก และทำความสะอาด ท่อหน้าแก๊ส โดยใช้แปรงเหล็กขัดให้สะอาด ทำน้ำมันที่ด้านในของแบบเหล็ก แล้วติดตั้งท่อหน้า แก๊สพร้อมข้องอเหล็ก 90 องศา (ขนาด 1.5 นิ้ว) ลงบนแบบเหล็ก ผสมปูน ปูน 1 ถัง : ทรายก้อ 1.3/4 ถัง [1 : 1.3/4 โดยปริมาตร] เทปูนหนา 15 ซม. ใช้มีอนเคาะที่แบบเหล็กเพื่อไล่ฟองอากาศ แล้วทิ้งไว้ ให้แห้ง เอากระสอบมาปิดไว้เพื่อป้องกันปูนร้าว ทิ้งไว้ 1-2 วัน ถอดแบบแล้วนำไปแช่น้ำไว้จนกว่า จะนำมาใช้งาน

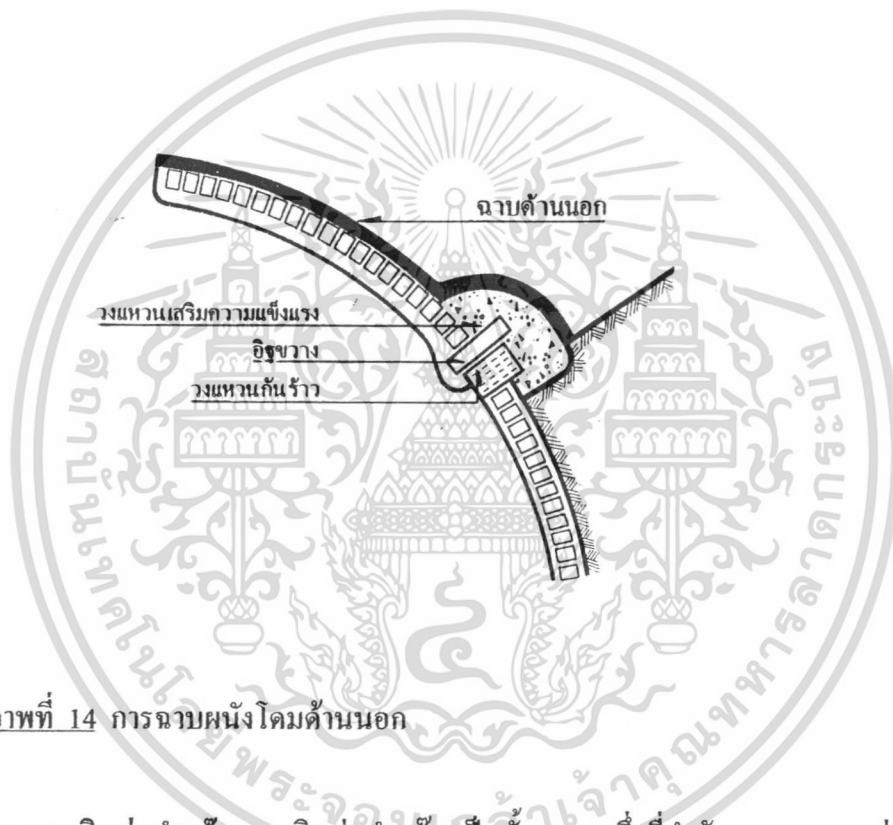
ข้อแนะนำ ผสมปูน 1 ถัง : ทรายก้อ 3.5 ถัง จะ ได้ความหนาของฝาปิด 15 ซม. พอดี



ภาพที่ 13 การหล่อฝาปิดบ่อหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. การฉาบผนังโคมด้านนอก ทำความสะอาดผนังโคมด้านนอกรวมทั้งวงแหวนเสริมความแข็งแรงด้วยแล้วทาสีปูนให้ทั่วบริเวณทั้งหมด ผสมปูนโดยใช้ส่วนผสม ปูน 1 ถึง : ปูนขาว 1/3 ถึง : ทรายฉาบ 2.5 ถึง [1 : 1/3 : 2.5 โดยปริมาตร] ฉาบหนาประมาณ 2 ซม. หลังจากนั้นขัดมันแล้วทาสีไว้ให้แห้ง เมื่อปูนแห้งนำกระดาษมาปิด และรดน้ำวันละ 3 ครั้ง เพื่อบ่มบ่อเป็นเวลาประมาณ 3 วัน หลังจากบ่มบ่อแล้วให้ถมดิน การถมดินจะต้องถมให้คลุมมิดบ่อหมัก และบ่อล้นเหลือไว้เพียงปากบ่อเท่านั้น เพื่อป้องกันการแตกร้าว และให้นำหนักดินเป็นตัวกดโคมไว้เมื่อถมดินเสร็จแล้วอาจจะปลูกหญ้าหรือปลูกผักสวนครัว เพื่อป้องกันการพังทลายของดินหรือจัดสวนหย่อมเพื่อความสวยงามก็ได้



ภาพที่ 14 การฉาบผนังโคมด้านนอก

16. การเดินท่อน้ำแก๊ส การเดินท่อน้ำแก๊ส เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญมากของการก่อสร้าง ถ้าต่อท่อน้ำแก๊สไม่ดีหรือมีรอยรั่ว ปริมาณของแก๊สที่ได้ก็จะน้อยลงไปด้วย

การเดินท่อน้ำแก๊ส มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

16.1 ชูร่อง วางระดับในลักษณะลาดเท จากวาล์วปากท่อ เข้าหาจุดต่ำสุด ให้มีความลึกอย่างน้อย 20 ซม. ความกว้าง 1 หน้าจอบ และบริเวณจุดต่ำสุดให้ขุดดินเป็นบ่อลึกลงไป 1 ฟุต ขนาดกว้างยาว 50 × 50 ซม. เพื่อทำบ่อดักน้ำทิ้ง โดยก่ออิฐผนังบ่อเทพูนที่พื้น และฉาบผนังด้านในโดยใช้น้ำยากันซึมด้วย

16.2 ท่อน้ำแก๊ส ให้ใช้ท่อ PVC ขนาด 6 หุน ถ้าระยะทางไกลๆ ไม่เกิน 20 เมตร แต่ถ้าระยะทางไกลเกินกว่า 20 เมตร ควรใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.3 ตรวจสอบท่อ ท่อ PVC ที่จะใช้ ควรตรวจสอบโดยการบิดปลายข้างหนึ่งของท่อ ด้วยฝ่ามือ แล้วให้คนหนึ่งเป่าลมเข้าที่ปลายอีกด้านหนึ่งของท่อ เป่าลมไว้ประมาณ 1 นาที ถ้ารู้สึกว แรงดันยังคงที่ก็แสดงว่าไม่รั่ว ใช้งานได้ดี แต่ถ้าแรงดันลดลงแสดงว่ารั่วให้เปลี่ยนใหม่

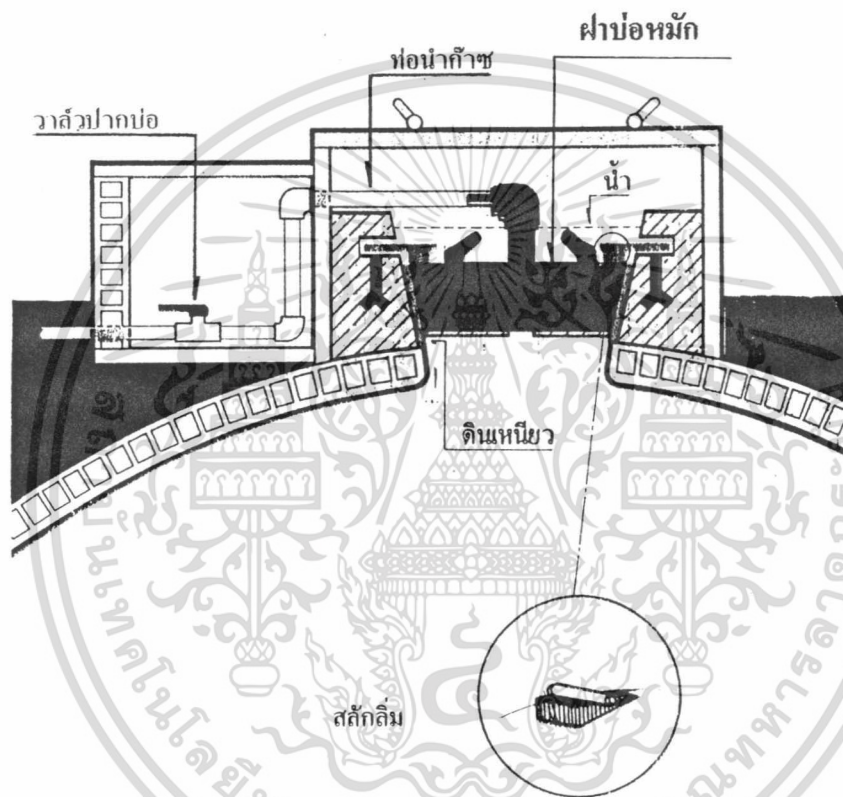
16.4 ทำความสะอาดท่อและข้อต่อ ใช้กระดาษทราย เบอร์ 100 ซัดทั้งที่ปลายท่อ และภายในข้อต่อที่จะใช้ต่อเข้าด้วยกัน แล้วเช็ดให้สะอาด

16.5 ทากาวต่อท่อ ทาส่วนที่จะ ต่อเข้าด้วยกัน ทั้งที่ปลายท่อ และภายในข้อต่อที่สะอาด แล้ว แล้วจึงสวมเข้าด้วยกัน ใช้ฝ่ามือกดไว้ประมาณ 30 วินาที จึงปล่อยมือ

16.6 ก๊อกลูกน้ำทิ้ง ให้ใส่ข้อต่อสามทาง และต่อท่ออื่นลงไป 15-20 ซม. ในบ่อดักน้ำทิ้งที่ ชุคไว้แล้วใต้วาล์ว (ก๊อกลูกน้ำ) ที่ปลายท่อ

16.7 การเดินท่อ เดินท่อตามปกติจนถึงบริเวณที่จะใช้แก๊ส จึงใต้วาล์วปิด-เปิดแก๊ส และ บริเวณข้อต่อเหล็กสำหรับสวมท่ออ่อนเข้ากับอุปกรณ์ที่ใช้แก๊ส การเดินท่อได้ดินจะต้องกลบดินปิด ให้มิดชิด เพื่อป้องกันการแตกหักที่เกิดจากสัตว์หรือพาหนะ

17. การปิดฝาบ่อหมัก ใช้ดินเหนียวที่นวดคิแล้ว (โดยระวังอย่าให้มีหินติดไปด้วย) ทาบริเวณรอบปากบ่อหรือช่องคนลง หนาประมาณ 1 ซม. และทาบริเวณขอบฝานาประมาณ 0.5 ซม. เอาถ่านกั้วยที่อุดรูถืมไว้ออก แล้วนำฝาบ่อมาสวมลงกับปากบ่อซ้ำๆ ให้ได้ระดับแล้วกดให้แน่น โดยใช้น้ำหนักคน ไล่สลักถืมแล้วใส่น้ำให้ท่วมถืม การสวมฝาบ่อเข้ากับคอบ่อหมักนั้น ควรกะทิศทางของท่อ นำแก๊สให้ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้



ภาพที่ 15 การปิดฝาบ่อหมัก

18. การทดสอบบ่อ การทดสอบบ่อแก๊ส และท่อ นำแก๊ส นับว่าเป็นงานขั้นสุดท้ายที่สำคัญที่สุดของการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ เพราะถ้าสร้างบ่อมาแล้วหากมีการรั่ว ก็ไม่สามารถเก็บแก๊สได้ เพราะฉะนั้นก่อนที่จะเติมมูลสัตว์ ต้องมีการทดสอบว่ามีแก๊สรั่วหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การทดสอบ

นำมิเตอร์วัดความดันแก๊ส ต่อเข้ากับแก๊สที่ติดตั้งอยู่ฝาปิดบ่อหมักเดิม นำลงทางท่อเดิม มูลสัตว์หรือบ่ออื่นก็ได้ จนมิเตอร์วัดความดันได้ 80 ซม. (40 ซม. × 2 ซม.) ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง แล้วตรวจดูที่มิเตอร์ว่าความดันลดลงหรือไม่

หากความดันลดน้อยกว่า 10 ซม. (5 ซม. × 2 ซม.) ก็นับว่าบ่อแก๊สใช้งานได้ ถ้าหากความดันลดลงมากกว่า 10 ซม. ต้องหาว่าน้ำสามารถซึมออกบ่อได้ทางไหนบ้าง เช่น ก้นบ่อหมัก บ่ออื่น หรืออากาศรั่วออกทางใดได้หรือไม่ ต้องการอุดรอยรั่วต่าง ๆ ที่คิดว่าจะรั่วได้ แล้วทำการทดสอบใหม่จนมั่นใจว่าไม่รั่ว

การทดสอบท่อนำแก๊ส ให้ปิดวาล์วที่บ่อหมักและก๊อกคักน้ำตั้งแต่เปิดวาล์วที่ห้องครัว หลังจากนั้นเป่าลมไปในท่อนำแก๊สจนกว่าจะได้ความดันที่มิเตอร์ 80 ซม. ปิดวาล์วที่ห้องครัวทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง หากความดันลดลง แสดงว่าท่อหรือรอยต่อของท่อกำลังรั่ว ให้ตรวจที่ข้อต่อ สามทาง และข้องอกทุกแห่ง โดยใช้ฟองสบู่หรือฟองจากน้ำผงซักฟอก พอกลงไปแล้วสังเกตดู ถ้ามีรอยรั่วจะเห็นฟองอากาศโป่งพองออกมา ให้ต่อท่อต่อขึ้นใหม่ หลังจากตรวจสอบแล้วและมั่นใจว่าทั้งบ่อและท่อนำแก๊สไม่รั่ว ก็ให้เติมมูลสัตว์โดยไม่ต้องสูบน้ำออก

หมายเหตุ กรณีที่ต่อท่อนำแก๊สเข้ากับบ่อหมักเรียบร้อยแล้ว สามารถทดสอบบ่อหมักและท่อแก๊สพร้อมกันได้ โดยติดตั้งมิเตอร์วัดความดันแก๊สวาล์วที่ห้องครัว และก๊อกคักน้ำทิ้ง แล้วเปิดวาล์วที่บ่อหมัก จากนั้นดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนข้างต้น

### 3.3 คำบรรยายประกอบแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่

หมายเลข	ชื่อส่วนประกอบ ต่างๆ	คำบรรยาย
1	โรงเรือนเลี้ยง สัตว์	เป็นส่วนที่เราจะได้มูลสัตว์มาผลิตแก๊สชีวภาพ โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสัตว์นั้นจะแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของสัตว์ที่เลี้ยง สัตว์จะถ่ายมูล มูลจะถูกถ่ายลงไปกับน้ำสุ่รางระบายมูลสัตว์ที่อยู่หลังคอก พร้อมทั้งจะส่งลงสู่บ่อเติมมูลสัตว์
2	รางระบายมูล สัตว์	รางระบายมูลสัตว์จะอยู่หลังคอกหรือหลังโรงเรือน พื้นรางระบายมูลสัตว์มีลักษณะโค้ง เป็นรูปครึ่งวงกลมและมีการขัดมัน เพื่อให้มูลสัตว์ไหลได้คล่องและไม่ตกค้างในราง รางมีความลาดเอียง 1 % ถ้าพื้นไม่ลาดเอียงจำเป็นต้องยกพื้นคอกให้สูงขึ้น
3	บ่อเติมมูลสัตว์ (Mixing Chamber)	เป็นบ่อที่รองรับมูลสัตว์และน้ำที่ไหลมาจากรางระบายมูลสัตว์มาผสมกันก่อนที่จะปล่อยลงไปบ่อหมัก โดยมีลิ้นชักปิด-เปิด วัสดุที่ใช้สร้างบ่อเติมมูลสัตว์เป็นบ่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.60 เมตร บ่อเติมมูลสัตว์ไม่จำเป็นต้องมีฝาปิด เพราะจะได้ทราบว่ามูลสัตว์มีปริมาณเพียงพอที่จะปล่อยลงบ่อหมักได้หรือไม่
4	ท่อเติมมูลสัตว์	เป็นท่อที่ส่งมูลสัตว์จากบ่อเติมมูลสัตว์ลงสู่บ่อหมัก เพื่อทำการผลิตแก๊สชีวภาพ ท่อเติมมูลสัตว์นี้จะใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว การวางท่อให้ใช้เลื่อยขุดทำรอยขรุขระผิวนอกปากท่อก่อน เพื่อให้ปูนเกาะติดท่อดี และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข	ชื่อส่วนประกอบ ต่างๆ	คำบรรยาย
5.	บ่อหมัก (Digester Chamber)	เป็นบ่อที่รับมูลสัตว์กับน้ำจากบ่อเดิมมาหมักให้เป็นแก๊สมีเทนและแก๊สอื่นๆ แก๊สที่เกิดขึ้นนี้จะผลักดันให้มูลสัตว์และน้ำที่อยู่ด้านล่างของบ่อหมักไหลไปอยู่ในบ่ออื่น บ่อหมักมีลักษณะก่ออิฐเป็นโคมโค้งมีวงแหวนกันรั่ว นอกจากนี้ยังมีการเทคานเพื่อวางรากฐานให้แข็งแรงมีฝาปิด ด้านบนปากบ่อจะมีท่อระบายแก๊สซึ่งหล่อติดกับฝาบ่อ เพื่อส่งแก๊สชีวภาพที่ได้ไปใช้ประโยชน์และด้านบนของปากบ่อจะมีฝาปิดอีกชั้น ฝานั้นเป็นฝาคอนกรีต ด้านข้างของบ่อทั้งสองข้างจะต่อกับท่อเดิมมูลสัตว์และท่อน้ำ บ่อหมักจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.98 เมตร ( 12 คิวบิกเมตร )
6	วงแหวนกันรั่ว	เป็นส่วนที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผนังบ่อด้านล่างและโคมด้านบนแยกออกจากกันเมื่อพื้นดินทรุดหรือผนังแตกรั่ว วงแหวนกันรั่วจะป้องกันไม่ให้รอยแตกวิ่งขึ้นไปถึงส่วนโคม เพราะวงแหวนกันรั่วเป็นส่วนผสมที่อ่อนมากและยืดหยุ่นได้ ส่วนผสมที่วาคือผสมปูน 1 ถึง : ปูนขาว 3 ถึง : ทรายฉาบ 15 ถึง ผสมให้ขึ้นเพื่อสะดวกในการปั้นรูปคานวงกลมทีละชั้นประมาณ 3 ชั้นจะได้ความหนาประมาณ 10 ซม. ในการทำวงแหวนกันรั่ว ห้ามใช้น้ำยาแทนปูนขาวโดยเด็ดขาด
7	โคม	เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการเก็บแก๊สและอยู่ด้านบนของบ่อหมัก โดยมีวงแหวนกันรั่วกั้นอยู่ตรงกลางระหว่างโคมกับผนังบ่อหมัก โดยทำโดยก่ออิฐแนวขวางบน วงแหวนกันรั่วโดยรอบ 1 ชั้น โดยให้ปลายอิฐด้านล่างของอิฐขวางอื่นเข้ามาในตัวบ่อประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นกะแนวก่ออิฐขึ้นต่อไปโดยใช้รัศมีของบ่อแก๊สชีวภาพแต่ละขนาด แล้วก่ออิฐตามปกติประมาณ 5 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข	ชื่อส่วนประกอบ ต่างๆ	คำบรรยาย
8	ท่อนำแก๊ส	ท่อที่ใช้ส่งแก๊สจากบ่อหมักไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือนหรือด้านอื่นๆ การต่อท่อนำแก๊สไม่ดีหรือมีรอยรั่วปริมาณของแก๊สที่ได้ก็จะลดลงไปด้วย การเดินท่อนำแก๊สก็จะใช้ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ฉาบระยะทางใกล้ๆ ไม่เกิน 20 เมตร ควรใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว โดยหล่อติดกับฝาบ่อ มีวาล์วควบคุมปิด-เปิด
9	ท่อดัน	ท่อที่รับกากมูลสัตว์ที่มีปริมาณมากจากการผลิตแก๊สในบ่อหมัก ท่อดันจะเป็นท่อคอนกรีตขนาด 10 นิ้ว ท่อดันจะอยู่ในระดับ 1.60 เมตร โดยวางท่อทำมุมตามขนาดของบ่อแก๊ส
10	บ่อดัน (Expansion Chamber)	เป็นบ่อที่รับมูลสัตว์และน้ำที่ถูกแก๊สผลักดันจากบ่อหมักมาเก็บไว้ที่บ่อดัน มูลสัตว์และน้ำที่อยู่ในบ่อดันนี้จะเป็นตัวที่ย้อนกลับเข้าไปในบ่อหมักอีก และบ่อดันจะระบายมูลสัตว์ออกเมื่อมูลมีปริมาณมากเกินไปกว่าปริมาณของบ่อ บ่อดันจะเป็นบ่อที่ก่ออิฐ การก่ออิฐแต่ตะกอนนั้นจะใช้แฉนรัศมี ผนังบ่อจะมีลักษณะโค้ง โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร (12 คิวบิกเมตร)
11	บ่อเก็บกากมูลสัตว์	เป็นบ่อที่เก็บกากมูลสัตว์ที่ล้นจากบ่อดัน กากมูลสัตว์ที่ล้นออกมาสามารถนำไปเป็นปุ๋ยให้แก่อื่นได้ บ่อเก็บกากมูลสัตว์มีความลึก 1.20 เมตร วัสดุที่ใช้ทำ คือ บ่อคอนกรีต เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร 2 บ่อวางซ้อนกัน เชื่อมรอยต่อด้วยปูนซีเมนต์ ด้านบนมีรอยต่อกับบ่อดัน
12	ฝาปิด	เพื่อป้องกันสัตว์เลื้อยและน้ำฝนตกลงไปในบ่อและเพื่อความสวยงามฝาปิดบ่อ ได้แก่ <ul style="list-style-type: none"> <li>- ฝาปิดบ่อหมัก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร</li> <li>- ฝาปิดวาล์วใหญ่ที่บ่อหมัก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร</li> <li>- ฝาปิดบ่อดัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร</li> </ul>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์

#### 3.4.1 อุปกรณ์

1. ไม้อัด ขนาด 1.10 X 0.75 เมตร	จำนวน	1	แผ่น
2. ดินกึ่งซรามิก	จำนวน	3	ถุง
3. เครื่องมือแกะสลัก	จำนวน	1	ชุด
4. กระดาษทราย	จำนวน	5	แผ่น
5. กรอบครอบพลาสติก 1.10 X 0.75 เมตร	จำนวน	1	ชุด
6. ผ้ากำมะหยี่ ขนาด 0.50 X 0.50 เมตร	จำนวน	1	ผืน
7. ทุบก้อน	จำนวน	2	ค้ำม
8. มีดคัตเตอร์	จำนวน	1	ค้ำม
9. กาว	จำนวน	1	หลอด
10. สีโปสเตอร์	จำนวน	4	ขวด
11. กระดาษ A4	จำนวน	1	รีม
12. อุปกรณ์เครื่องเขียน	จำนวน	1	ชุด

#### 3.4.2 วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ศึกษาเนื้อหาวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218)
3. ศึกษาวิธีการผลิตแบบจำลองแบบผ่าครึ่งซีก
4. ดำเนินการวางแผนในการสร้างแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที โดยจัดแบบแปลนบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองทีและหามาตราส่วนที่เหมาะสมกับขนาดของแบบจำลอง เพื่อย่อขนาดลงในสัดส่วน 1 : 25
5. เลือก และจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาผลิตแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที
6. ดำเนินการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที
  - 6.1 เริ่มจากสร้างพื้นที่ตั้งของบ่อแก๊สชีวภาพ โดยใช้ไม้อัดเป็นพื้นที่ตั้ง ทำการขีดพื้นขอบไม้อัด ให้เรียบด้วยกระดาษทรายละเอียด

6.2 สร้างบ่อเติมมูล บ่อหมัก บ่อล้น บ่อเก็บกากมูลสัตว์ ฝาปิดบ่อ โดยใช้ดินน้ำมัน เป็นแม่พิมพ์ปั้นให้มีลักษณะหรือขนาดเท่าหรือใกล้เคียงกับแบบแปลนที่กำหนดมาตราส่วนไว้ ดินน้ำมันที่ปั้นเป็นแม่พิมพ์มีลักษณะเป็นรูปตัด

6.3 นำดินกึ่งเซรามิกมานวดให้เหนียว ใช้ช้อนกลมจิ้งให้มีลักษณะเป็นแผ่นหนาเท่ากับ ขนาดความหนาของแต่ละบ่อ คือ บ่อเติมมูลสัตว์หนา 2 มิลลิเมตร บ่อหมักหนา 5 มิลลิเมตร บ่อ ล้นหนา 5 มิลลิเมตร และบ่อเก็บกากมูลสัตว์หนา 2 มิลลิเมตร

6.4 นำดินกึ่งเซรามิกที่มีความหนาตามต้องการแล้วนำมาประกบกับแม่พิมพ์ดินน้ำมัน กดให้ผิวของดินกึ่งเซรามิคราบเรียบไปกับแม่พิมพ์ ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องให้ถูกอากาศดินเซรามิก จะเกิดการแข็งแห้งไม่เหนียว

6.5 เมื่อดินกึ่งเซรามิกแห้งแล้วทำการขีดคกแต่งให้ได้ขนาดตามแบบแปลน

6.6 ประกอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของบ่อแก๊สชีวภาพ เช่น ฝาปิดบ่อ บ่อเติมมูลสัตว์ ท่อล้น ถังชักปิด-เปิด (บ่อเติมมูลสัตว์) ท่อน้ำแก๊ส

6.7 สร้างส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ บ้านพัก แปลงผัก เป็นต้น

6.8 ตกแต่งหรือเก็บรายละเอียดบ่อแก๊สชีวภาพ ได้แก่ การทาสี ส่วนที่เป็นวงแหวนกัน ร้าว คาน อิฐขวาง วงแหวนเสริมความแข็งแรง เป็นต้น

6.9 เก็บรายละเอียดทั้งหมดของแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่

6.10 สร้างกรอบครอบพลาสติก

7. จัดทำคู่มือการใช้และการอธิบาย ประกอบการอธิบายลักษณะของแบบจำลองบ่อแก๊ส ชีวภาพแบบโดมคองที่

8. ตรวจสอบความสมบูรณ์ถูกต้องของแบบจำลองโดยอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษอาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดทำแบบจำลอง

9. จัดการแก้ไขแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่หลังการตรวจสอบ

## บทที่ 4

### การตรวจสอบอุปกรณ์และการแก้ไข

#### 4.1 วิธีการตรวจสอบ

ในการตรวจสอบแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคองที่ ผู้ตรวจสอบ 3 ท่านคือ อาจารย์ราตรี ไชยคำภา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ อาจารย์สมจิตต์ ถล่ำกลิ่น อาจารย์สาขาวิชา เทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์ จากภาควิชาครุศาสตร์เกษตร และนายเทพพิทักษ์ พันธุ์หิรัญ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดทำแบบจำลอง การตรวจสอบครั้งนี้ใช้แบบตรวจสอบคุณภาพ โดยแบ่งหัวข้อ การตรวจสอบออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านโครงสร้าง ด้านเนื้อหา และด้านการนำไปใช้

การตรวจสอบคุณภาพแบบจำลองด้านโครงสร้าง ได้ใช้เกณฑ์ในการตรวจสอบ คือ

ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี

หัวข้อที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพ คือ

1. แบบจำลอง
2. แปลน

การตรวจสอบคุณภาพแบบจำลองด้านเนื้อหา ได้ใช้เกณฑ์ในการตรวจสอบ คือ

ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี

หัวข้อที่ใช้ตรวจสอบ คือ

1. เนื้อหาสัมพันธ์กับบทเรียน
2. เนื้อหาสัมพันธ์กับอุปกรณ์
3. เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน

การตรวจสอบคุณภาพแบบจำลองด้านการนำไปใช้ ได้ใช้เกณฑ์ในการตรวจสอบ คือ

ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี

หัวข้อที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพ คือ

1. เหมาะสมต่อผู้เรียน
2. ผู้สอนนำไปใช้ได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่**

**1. ด้านโครงสร้างของแบบจำลอง**

**คำชี้แจง**

**ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข**

**ระดับคะแนน 2 แทน ดี**

ส่วนประกอบต่างๆ	แบบจำลอง		แปลน		หมายเหตุ
	1	2	1	2	
1. โรงเรือนเลี้ยงสัตว์					
2. รางระบายมูลสัตว์					
3. บ่อเติมมูลสัตว์					
4. ท่อเติมมูลสัตว์					
5. บ่อหมัก					
6. วงแหวนกันรั่ว					
7. โดม					
8. ท่อนำแก๊ส					
9. ท่อล้น					
10. บ่อล้น					
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์					
12. ฝาปิดบ่อ					

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน.....

.....

.....

.....

.....

(.....)

**ผู้ประเมิน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่**

**2. ด้านเนื้อหาของแบบจำลอง**

**คำชี้แจง**

**ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข**

**ระดับคะแนน 2 แทน ดี**

ส่วนประกอบต่างๆ	เนื้อหาสัมพันธ กับบทเรียน		เนื้อหาสัมพันธ กับอุปกรณ์		เนื้อหาสัมพันธ กับผู้เรียน		หมายเหตุ
	1	2	1	2	1	2	
	1. โครงเรื่องเล็งขั้ว						
2. รางระบายมูลสัตว์							
3. บ่อเติมมูลสัตว์							
4. ท่อเติมมูลสัตว์							
5. บ่อหมัก							
6. วงแหวนกันรั่ว							
7. โคม							
8. ท่อนำแก๊ส							
9. ท่อล้น							
10. บ่อล้น							
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์							
12. ฝาปิดบ่อ							

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน.....

.....

.....

.....

.....

(.....)

**ผู้ประเมิน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที**

**3. ด้านการนำไปใช้**

**คำชี้แจง**

**ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข**

**ระดับคะแนน 2 แทน ดี**

ส่วนประกอบต่างๆ	เหมาะสมต่อผู้เรียน		นำไปใช้ได้สะดวก		หมายเหตุ
	1	2	1	2	
1. โรงเรือนเลี้ยงสัตว์					
2. รางระบายมูลสัตว์					
3. บ่อเติมมูลสัตว์					
4. ท่อเติมมูลสัตว์					
5. บ่อหมัก					
6. วงแหวนกันรั่ว					
7. โคม					
8. ท่อนำแก๊ส					
9. ท่อล้น					
10. บ่อล้น					
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์					
12. ฝาปิดบ่อ					

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน.....

.....

.....

.....

.....

(.....)

**ผู้ประเมิน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลของการตรวจสอบ

จากการตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลอง เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ผลการตรวจสอบได้ดังนี้

### 1. ด้านโครงสร้างของแบบจำลอง

1.1 แบบจำลอง อยู่ในระดับดี ส่วนที่แก้ไข คือ บ่อหมัก ซึ่งมีลักษณะมูลสัตว์อยู่ในบ่อหมักน้อยเกินไป

1.2 แปลน อยู่ในระดับดี ส่วนที่แก้ไขคือ ท่อนำแก๊ส ซึ่งมีลักษณะวางอยู่บนดิน

### 2. ด้านเนื้อหาของแบบจำลอง

2.1 เนื้อหาสัมพันธ์กับบทเรียน อยู่ในระดับดี

2.2 เนื้อหาสัมพันธ์กับอุปกรณ์ อยู่ในระดับดี

2.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน อยู่ในระดับดี

### 3. ด้านการนำไปใช้

3.1 เหมาะสมต่อผู้เรียน อยู่ในระดับดี ส่วนที่แก้ไขคือ บ่อสั่นยังไม่ได้รูปทรงที่ต้องการ

3.2 นำไปใช้ได้สะดวก อยู่ในระดับดี ส่วนที่แก้ไขคือ บ่อหมัก บ่อสั่น และฝาปิดบ่อ มีลักษณะไม่แน่นอน หาคำได้ง่าย

## 4.3 การปรับปรุงแก้ไข

1. ตัดส่วนบ่อสั่น ฝาปิดบ่อสั่นให้ตรงเรียบ ลงสีทึบเคลือบเงา

2. ดัดหมายเลขของส่วนประกอบของแบบจำลอง โคยเรียงในระดับเดียวกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นแบบแปลนได้ง่ายขึ้น

3. สร้างหลังคาโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ให้มีกันสาด ตะแกรงกันนกหนู และสร้างระบบให้น้ำอัตโนมัติ

4. ทำให้ผิวหน้าตัดของแบบจำลองเท่ากัน

5. บ่อหมักใส่ดินกึ่งเชรามิคลงในบ่อหมักอีก จนดินกึ่งเชรามิคอยู่เหนือระดับท่อเติม-มูลสัตว์ และท่อสั่น

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

การทำปัญหาพิเศษเรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน วิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ใช้เวลา 6 เดือน ผลงานที่ได้ คือ แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ พร้อมคำบรรยายประกอบแบบจำลอง 1 ชุด

การจัดทำแบบจำลองในครั้งนี้ วิธีการดำเนินการเริ่มจากศึกษา และวิเคราะห์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ศึกษาวิชาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพ (03620218) ศึกษาวิธีการผลิตแบบจำลองจากเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแบบจำลอง จัดทำโครงร่างปัญหาพิเศษ และเสนอโครงร่าง ขออนุมัติจัดทำเมื่อได้รับการอนุมัติแล้ว จึงเริ่มดำเนินการ โดยจัดทำแบบแปลนบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่และหามาตราส่วนที่เหมาะสมกับขนาดของแบบจำลอง เลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาผลิตแบบจำลอง ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามขั้นตอนการดำเนินการที่ได้วางแผนไว้ ตรวจสอบความสมบูรณ์ ถูกต้องของแบบจำลอง การนำไปใช้ และเนื้อหาเกี่ยวกับแบบจำลอง โดยอาจารย์ราตรี ไชยคำภา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ อาจารย์สมจิตต์ ก่อกลิ่น ผู้มีความรู้ด้านการผลิตแก๊สชีวภาพ และนายเทพพิทักษ์ พันธุ์รัฐผู้มีความรู้ด้านโสตทัศนศึกษา หลังการตรวจสอบได้มีการแก้ไข ส่วนที่ทำการแก้ไขคือ บ่อดิน ฝาปิดบ่อดิน มีลักษณะไม่ตรง ทำให้ตรง และเรือนเลี้ยงสัตว์มีการเพิ่มกันสาด และที่ให้น้ำอัตโนมัติ และอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบจำลองครั้งสุดท้าย ส่งรูปเล่มปัญหาพิเศษพร้อมแบบจำลอง

#### 5.2 ปัญหา และอุปสรรค

ในการทำปัญหาพิเศษ เรื่องแบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที่ ปัญหาที่พบมีดังนี้

##### 1. อุปกรณ์ที่ใช้ทำแบบจำลอง มีสภาพที่ไม่แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุปกรณ์ที่ใช้ทำแบบจำลอง ไม่เพียงพอ และมีราคาที่ย่อมแพง
3. การประกอบชิ้นส่วนแบบจำลองเข้าด้วยกันมีปัญหาเรื่องความไม่สมดุลย์ของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ทำแบบจำลองว่า มีความเป็นไปได้หรือไม่ เมื่อนำมาทำแบบจำลองก่อนจะลงมือปฏิบัติจริง
2. ควรใช้อุปกรณ์หลายๆ ชนิดมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม เพื่อพัฒนาปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น
3. มีการวางแผนงานอย่างเหมาะสม รอบคอบ โดยกำหนดระยะเวลาที่สามารถปฏิบัติได้จริง แล้วปฏิบัติตามแผนที่วางไว้
4. เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อขอคำแนะนำ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเอกสารปัญหาพิเศษ และชิ้นงานปัญหาพิเศษ
5. ควรมีการวางแผนงานก่อนการปฏิบัติ เพื่อจะได้ ไม่มีข้อผิดพลาดในการปฏิบัติ
6. ปัญหาพิเศษเรื่องนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษา เรื่องบ่อแก๊สชีวภาพ และวิธีการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ
7. ปัญหาพิเศษเรื่องนี้สามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ ทางเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

โครงการชีวภาพไทย – เยอรมัน กรมส่งเสริมการเกษตร. คู่มือก่อสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที  
เชิงใหม่ : นครพื้ลัมการพิมพ์, 2536.

\_\_\_\_\_ “การใช้แก๊สชีวภาพ”. สุกรสาส์น. ปีที่ 19 ฉบับที่ 75 (ม.ค. – มี.ค. 2536) : หน้า 65-70.

\_\_\_\_\_ “การสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที”. สุกรสาส์น. ปีที่ 20 ฉบับที่ 78 (ต.ค. – ธ.ค.  
2536) : หน้า 47-70.

\_\_\_\_\_ “การสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโคมคองที”. สุกรสาส์น. ปีที่ 20 ฉบับที่ 79 (ม.ค. – มี.ค.  
2537) : หน้า 49-64.

ชม ภูมิภาค. เทคโนโลยีการสอน และการศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช,  
2524.

ชัยรงค์ พรหมวงศ์. เทคโนโลยี และการสื่อสารการศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช,  
2523.

เชียรศรี วิวิธสิริ. การศึกษาผู้ใหญ่ และศึกษานอกโรงเรียน : เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ :  
ภาควิชาการศึกษาผู้ใหญ่ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร, 2535.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. หลักการทฤษฎีเทคโนโลยี และนวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : เรือนแก้ว  
การพิมพ์, 2525.

\_\_\_\_\_ การบริหารสื่อ และเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2533.

ณรงค์ สมพงษ์. สื่อเพื่องานส่งเสริม และเผยแพร่. 2,000 เล่ม พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : แผนกโสต  
ทัศนศึกษา คณะวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2535.

นิพนธ์ สุขปรัดดี. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพฯ : แพร่วิทยานินเตอร์เนชันแนล, 2521.

\_\_\_\_\_ โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยสัมพันธ์, 2528.

\_\_\_\_\_ โสตทัศนศึกษา. 3,000 เล่ม พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2535.

นิรันดร โพธิกานนท์, วีระพันธ์ เกียรติภักดิ์ และอุลลิด กราโบว์สกี. “ระบบแก๊สชีวภาพ”. สัตวบาล  
ปีที่ 6 ฉบับที่ 32 (มี.ค. – เม.ย. 2539) : หน้า 61-69.

พุดดิพงษ์ เล็กศิริรัตน์. การออกแบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : โอเอสพรีนติ้งเฮ้าส์, 2536.

เรวดี ดีมาก. การเกษตรแผนใหม่. กรุงเทพฯ : กองเกษตรเคมี กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและ  
สหกรณ์, 2524.

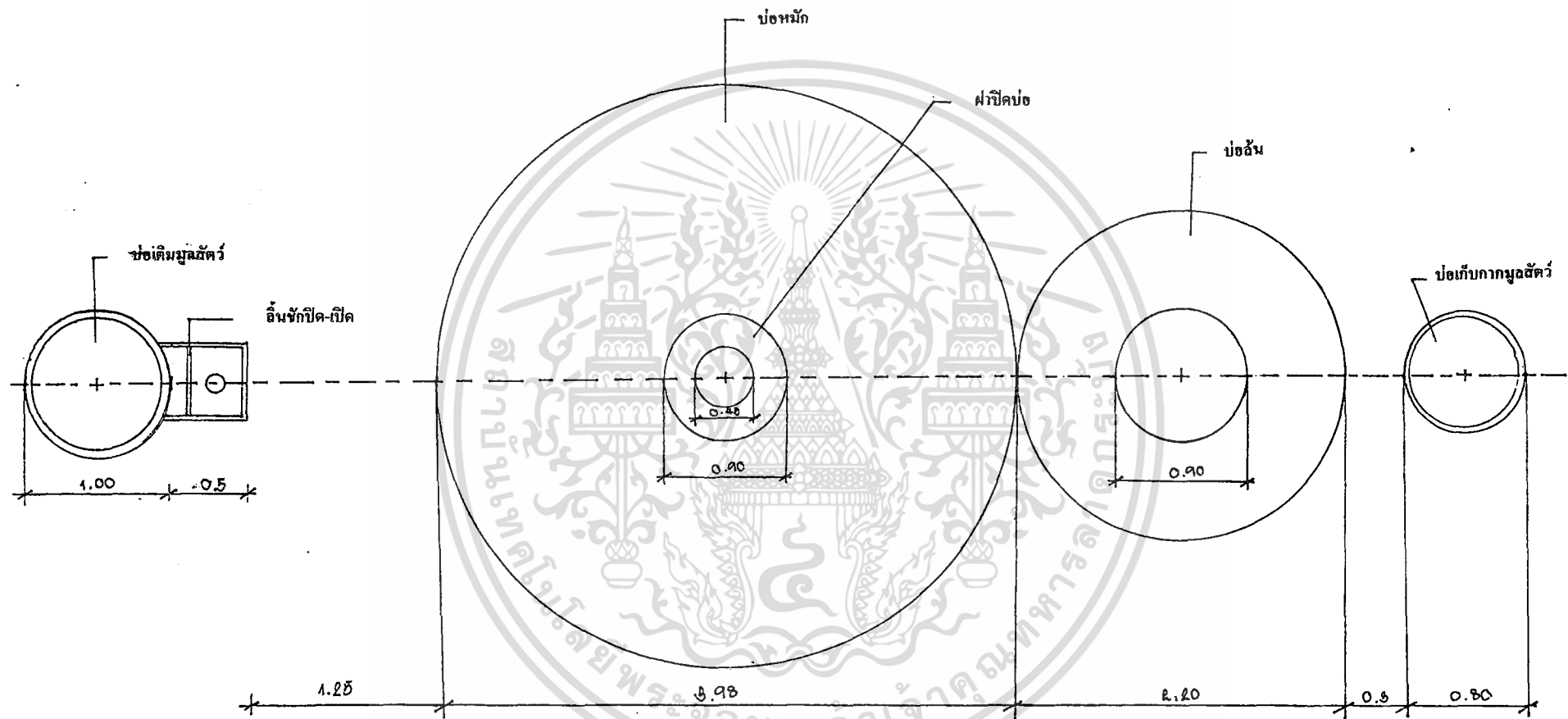
ถัดดา สุขปรัดดี. เทคโนโลยีทางการสอน และการศึกษา. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2533.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วรารุณี ครูต่ง และรุ่งนภา พงศ์มานิต. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : โอเอสพรีนติ้งเฮ้าส์, 2532.
- วารินทร์ รัศมีพรหม. สื่อการสอนเทคโนโลยีทางการศึกษาและการสอนร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์, 2531.
- วาสนา ชาวหา. สื่อการเรียนการสอน. ชลบุรี : โอเคอินสโตร์, 2533.
- วิชาการเกษตร , กรม. รายงานการสัมมนา เรื่องพืชพลังงานและวัสดุเหลือใช้การเกษตร. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, 2526.
- ส่งเสริมการเกษตร , กรม. คู่มือก่อสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่. เชียงใหม่ : นครฟิล์มการพิมพ์, 2536.
- สมชาวี เนตรประเสริฐ. สื่อการสอน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
- สมบูรณ์ สงวนญาติ. เทคโนโลยีทางการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : กรมการฝึกหัดครู, 2534.
- สมพงษ์ ศิริเจริญ และคณะ. คู่มือการทำโสตทัศนวัสดุ. 3,000 เล่ม พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : แผนกโสตทัศนศึกษา คณะวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2525.
- สารโจน์ แห่งชัง. เทคโนโลยีการผลิตสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : โอเอสพรีนติ้งเฮ้าส์, 2529.
- สุโขทัยธรรมาราช , มหาวิทยาลัย. เทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา. กรุงเทพฯ : มปท, 2523.
- \_\_\_\_\_ . เกษตรทั่วไป 3 : สัตว์เศรษฐกิจ. 1,000 เล่ม พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช, 2537.
- อุดม เรื่อน้อย. รายงานการสัมมนา เรื่องพืชพลังงานและวัสดุเหลือใช้การเกษตร. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, 2526.
- โอวาท พูลศิริ. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพฯ : โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2525.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบรูปของบ่อนกึ่งชีวภาพแบบโดมคงที่      มาตรฐาน 1 : 25



## ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง

### 1. แบบตรวจสอบชุดที่ 1 ตรวจสอบด้านการผลิตแก๊สชีวภาพ

โดยอาจารย์สมจิตต์ ก่อกล้าถิ่น ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 2. แบบตรวจสอบชุดที่ 2 ตรวจสอบด้าน ใส่ดท่สนศึกษา

โดยนายเทพพิทักษ์ พันธุ์หิรัญ นักวิชาการ ใส่ดท่สนศึกษา ดำเนินกนวัตกรรมและเทคโนโลยี่การศึกษา  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่**

1. ด้านโครงสร้างของแบบจำลอง

คำชี้แจง

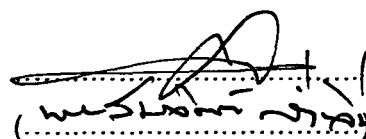
ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี

ส่วนประกอบต่าง ๆ	แบบจำลอง		แปลน		หมายเหตุ
	1	2	1	2	
1. โครงเรือนเลี้ยงสัตว์		/		/	
2. รางระบายมูลสัตว์		/		/	
3. บ่อเติมมูลสัตว์		/		/	
4. ท่อเติมมูลสัตว์		/		/	
5. บ่อหมัก		/		/	
6. วงแหวนกันรั่ว		/		/	
7. โดม		/		/	
8. ท่อนำแก๊ส		/	/	/	
9. ท่อล้น		/		/	
10. บ่อล้น		/		/	
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์		/		/	
12. ฝาปิดบ่อ		/		/	

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน

ตัวโครงสร้างดี แต่ตามสเปคของบ่อ 11/12 ปี  
ต้องมีการแก้ไขในรายละเอียดบ้างเล็กน้อย



ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่**

2. ด้านเนื้อหาของแบบจำลอง

คำชี้แจง

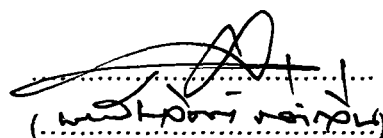
ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี

ส่วนประกอบต่าง ๆ	เนื้อหาสัมพันธ์กับบทเรียน		เนื้อหาสัมพันธ์กับอุปกรณ์		เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน		หมายเหตุ
	1	2	1	2	1	2	
1. โรงเรือนเลี้ยงสัตว์		/		/		/	
2. รางระบายมูลสัตว์		/		/		/	
3. บ่อเติมมูลสัตว์		/		/		/	
4. ท่อเติมมูลสัตว์		/		/		/	
5. บ่อหมัก		/		/		/	
6. วงแหวนกันรั่ว		/		/		/	
7. โดม		/		/		/	
8. ท่อนำแก๊ส		/		/		/	
9. ท่อล้น		/		/		/	
10. บ่อล้น		/		/		/	
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์		/		/		/	
12. ฝาปิดบ่อ		/		/		/	

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน.....

26

  
 (.....)  
 (.....)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองปอแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่**

3. ด้านการนำไปใช้


คำชี้แจง

ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี

ส่วนประกอบต่าง ๆ	เหมาะสมต่อผู้		นำไปใช้ได้สะดวก		หมายเหตุ
	เรียน		1	2	
	1	2			
1. โรงเรือนเลี้ยงสัตว์		/		/	
2. รางระบายมูลสัตว์		/		/	
3. ป่อเติมมูลสัตว์		/		/	
4. ท่อเติมมูลสัตว์		/		/	
5. ป่อหมัก		/		/	
6. วงแหวนกันราวน		/		/	
7. โดม		/		/	
8. ท่อนำแก๊ส		/		/	
9. ท่อล้น		/		/	
10. ป่อล้น		/		/	
11. ป่อเก็บกากมูลสัตว์		/		/	
12. ฝาปิดป่อ		/		/	

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน..... จากตัวอย่าง

  
(.....)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่**

1. ด้านโครงสร้างของแบบจำลอง

คำชี้แจง

ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี

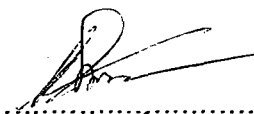
ส่วนประกอบต่าง ๆ	แบบจำลอง		แปลน		หมายเหตุ
	1	2	1	2	
1. โรงเรือนเลี้ยงสัตว์		✓		✓	
2. รางระบายมูลสัตว์		✓		✓	
3. บ่อเติมมูลสัตว์		✓		✓	
4. ท่อเติมมูลสัตว์		✓		✓	
5. บ่อหมัก	✓			✓	
6. วงแหวนกันรั่ว		✓		✓	
7. โดม		✓		✓	
8. ท่อนำแก๊ส		✓		✓	
9. ท่อล้น		✓		✓	
10. บ่อล้น	✓			✓	
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์		✓		✓	
12. ฝาปิดบ่อ	✓			✓	

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน.....

.....

.....

.....

  
.....  
(นายเทพพิทักษ์ จันทร์ไธสง...)

ผู้ประเมิน  
นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ถ้าหากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่**

2. ด้านเนื้อหาของแบบจำลอง

คำชี้แจง

ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี


ส่วนประกอบต่าง ๆ	เนื้อหาสัมพันธ์กับบทเรียน		เนื้อหาสัมพันธ์กับอุปกรณ์		เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน		หมายเหตุ
	1	2	1	2	1	2	
	1. โรงเรือนเลี้ยงสัตว์		/		✓		
2. รางระบายมูลสัตว์		/		✓		✓	
3. บ่อเติมมูลสัตว์		✓		✓		✓	
4. ท่อเติมมูลสัตว์		✓		✓		✓	
5. บ่อหมัก		✓		✓		✓	
6. วงแหวนกันรั่ว		✓		✓		✓	
7. โดม		✓		✓		✓	
8. ท่อนำแก๊ส		✓		✓		✓	
9. ท่อล้น		✓		✓		✓	
10. บ่อล้น		✓		✓		✓	
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์		✓		✓		✓	
12. ฝาปิดบ่อ		✓		✓		✓	

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน.....

.....

.....

.....

  
 ทศ  
 (ทศ เกษมเกียรติศักดิ์ เกษมเกียรติศักดิ์)  
 (ทศ เกษมเกียรติศักดิ์ เกษมเกียรติศักดิ์)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			✓		✓	
--	--	--	---	--	---	--

**แบบตรวจสอบคุณภาพแบบจำลอง**  
**เรื่อง แบบจำลองบ่อแก๊สชีวภาพแบบโดมคงที่**

3. ด้านการนำไปใช้

คำชี้แจง

ระดับคะแนน 1 แทน ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 แทน ดี


ส่วนประกอบต่าง ๆ	เหมาะสมต่อผู้เรียน		นำไปใช้ได้สะดวก		หมายเหตุ
	1	2	1	2	
1. โรงเรียนเลี้ยงสัตว์		✓		✓	
2. รางระบายมูลสัตว์		✓		✓	
3. บ่อเติมมูลสัตว์		✓		✓	
4. ท่อเติมมูลสัตว์		✓		✓	
5. บ่อหมัก		✓	✓		
6. วงแหวนกันรั่ว		✓		✓	
7. โดม		✓		✓	
8. ท่อนำแก๊ส		✓		✓	
9. ท่อล้น		✓		✓	
10. บ่อล้น	✓		✓		
11. บ่อเก็บกากมูลสัตว์		✓		✓	
12. ฝาปิดบ่อ	✓		✓		

ความคิดเห็นของผู้ประเมิน.....

.....

.....

.....

  
.....  
(นายทพพิทักษ์ พันธุ์ชื่น.....)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้