ประสิทธิภาพและการลงทุนอย่างเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

นายธีระวุฒิ สุวัธนะเชาว์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0268-1
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFICIENCY AND ECONOMIC SCALE FOR INVESTMENT OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN PIG FARMS

Mr. Theerawut Suwathanachao

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Veterinary Public Health

Department of Veterinary Public Health
Faculty of Veterinary Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2000
ISBN 974-13-0268-1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพและการลงทุนอย่างเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร
โดย	นายธีระวุฒิ สุวัธนะเชาว์
ภาควิชา	สัตวแพทยสาธารณสุข
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร)

กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สิตานนท์ เจษฎาพิพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ เรืองวิเศษ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สพ.ญ.ดร.เบญจมาศ มโหสถนันทน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ น.สพ.ดร.ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีระวุฒิ สุวัธนะเชาว์ : ประสิทธิภาพและการลงทุนอย่างเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร (Efficiency and Economic Scale for Investment of Wastewater Treatment System in Pig Farms) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ ; 119 หน้า. ISBN 974-13-0268-1.

การสำรวจวิธีการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกรในจังหวัดที่มีการเลี้ยงสุกรหนาแน่น 6 จังหวัดได้แก่ นครปฐม ราชบุรี ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง และนครราชสีมา จำนวน 100 ฟาร์ม พบว่าฟาร์มสุกรไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย ร้อยละ 23 มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดร้อยละ 54 และมีระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ ร้อยละ 23 การศึกษาเปรียบเทียบระบบบำบัดแบบบ่อบำบัดและระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพชนิดละ 4 ฟาร์ม พบว่าทั้งสองระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งแสดงโดยค่าบีโอดี และซีโอดีได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 94 การวิเคราะห์การลงทุนพบว่า ระบบบำบัดแบบบ่อบำบัดมีอัตราผลตอบแทนคืนทุน (Internal rate of return) สูงกว่าระบบการบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ เนื่องจากฟาร์มสุกรที่มีระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพยังไม่สามารถนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข
สาขาวิชาสัตวแพทยสาธารณสุข
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

407 55555 31 : MAJOR VETERINARY PUBLIC HEALTH

KEY WORD WASTEWATER IN PIG FARM / ECONOMIC SCALE / INVESTMENT / EFFICIENCY

THEERAWUT SUWATHANACHAO ; EFFICIENCY AND ECONOMIC SCALE FOR INVESTMENT OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN PIG FARMS ; ASSIST. PROF. SUTHEP RUANGWISES, Ph.D. 119 pp. ISBN 974-13-0268-1.

A survey of wastewater treatment systems of 100 pig farms in six provinces with high pig population: Nakorn Pathom , Ratchaburi , Chonburi , Chachoengsao , Rayong , and Nakorn Ratchasima showed that 23 % did not have wastewater treatment system , 54 % used ponding system , and 23 % used biogas wastewater treatment system . A comparative study of ponding and biogas systems , each of 4 farms , revealed that the two systems could reduce organic matters measured by biochemical oxygen demand (BOD5) and chemical oxygen demand (COD) in wastewater at least 94%. An economic analysis of the two system revealed that the internal rate of return (IRR) of the ponding system was higher than that of the biogas system . This may be explained that the pig farms with biogas system did not take all the advantage of biogas produced from the treatment system.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Veterinary Public Health Student's signature……

Field of study Veterinary Public Health Advisor's signature……

Academic year. 2000 Co-advisor's signature……..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ เรืองวิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สิตานนท์ เจษฎาพิพัฒน์ ซึ่งให้คำปรึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ อาจารย์ สพ.ญ.ดร. เบญจมาศ มโหสถนันทน์ และอาจารย์ น.สพ.ดร.ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยและขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าของฟาร์มสุกรทุกท่าน ที่ได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลซึ่งเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณไฉไล คูวัฒนานุกูล และคุณวลาศินี รักขาว ที่ช่วยเตรียมอุปกรณ์การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย คุณมณฑาทิพย์ ชมแก้ว และคุณพรทิพย์ เส็งสำเริง ที่ช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ง**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **จ**

กิตติกรรมประกาศ ..... **ฉ**

สารบัญ ..... **ช**

สารบัญตาราง ..... **ญ**

สารบัญรูปภาพ ..... **ฏ**

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... **ฐ**

บทที่ 1

บทนำ 1

1. ความสำคัญของปัญหา 1
2. วัตถุประสงค์การศึกษาวิจัย 2
3. ขอบเขตการศึกษาวิจัย 2
4. คำถามในการศึกษาวิจัย 3
5. ระยะเวลาศึกษาวิจัย 3
6. วิธีการศึกษาวิจัย 3
7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2

การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร 5

1. กระบวนการเกิดน้ำเสียในฟาร์มสุกร..... 5
2. การบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร 7
3. หลักเกณฑ์การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร 12
4. การแก้ไขปัญหาน้ำเสียของฟาร์มสุกร 13
5. ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในฟาร์มสุกร..... 14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย 22

1. การสำรวจรวบรวมข้อมูลวิธีการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร..... 22
2. การคัดเลือกฟาร์มตัวอย่าง 22
3. การตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสีย 23
   - 3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย 23
   - 3.2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย 24

4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล 25
   - 4.1 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย 25
   - 4.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การลงทุนของระบบบำบัด 26

บทที่ 4

รายงานผลการศึกษาวิจัย 29

1. การสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร 29
2. ผลการศึกษาฟาร์มกรณีตัวอย่าง 34
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 1 34
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 2 40
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 3 45
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 4 50
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 5 55
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 6 60
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 7 65
   - กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 8 70

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการศึกษาวิจัย 75
1. การบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร 75
2. การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร 78
    2.1 ประสิทธิภาพ 78
    2.2 การใช้ที่ดิน 80
    2.3 การลงทุน 81
3. แนวทางการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย 84

รายการอ้างอิง 86

ภาคผนวก 89
    ภาคผนวก ก 90
    ภาคผนวก ข 101
    ภาคผนวก ค 106
    ภาคผนวก ง 110

ประวัติผู้วิจัย 119

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ปริมาณอุจจาระและปัสสาวะที่สุกรขับถ่ายเฉลี่ยต่อวัน 5
2. ปริมาณและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่ายของสุกรขนาดน้ำหนักตัวต่าง ๆ..... 6
3. ส่วนประกอบสารอาหารที่มีอยู่ในมูลสุกร (ในหน่วยของวัตถุแห้ง)..... 10
4. รายละเอียดแสดงคุณลักษณะของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ 15
5. วิธีวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำ..... 24
6. สรุปความหมายของพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์..... 25
7. รายละเอียดผลการสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร..... 29
8. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 1..... 38
9. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 1..... 39
10. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 2..... 43
11. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 2..... 44
12. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 3..... 48
13. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 3..... 49
14. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 4..... 53
15. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 4..... 54
16. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 5..... 58
17. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 5..... 59
18. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 6..... 63
19. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 6..... 64
20. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 7..... 68
21. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 7..... 69
22. แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพของของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 8..... 73
23. สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 8..... 74
24. สรุปจำนวนฟาร์มสุกรและระบบบำบัดน้ำเสีย จำแนกตามขนาดขอองฟาร์ม.... 78
25. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ... 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

26. เปรียบเทียบการใช้ที่ดินของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... 80
27. เปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การลงทุนฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.... 82
28. สรุปรายละเอียดเงินลงทุน ค่าใช้จ่ายและรายรับของฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา..... 83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่ หน้า

1. การใช้ประโยชน์จากมูลสุกรในบ่อเลี้ยงปลา 9
2. กระบวนการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร 20
3. กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน 21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ซม	เซนติเมตร
มก	มิลลิกรัม
มล	มิลลิลิตร
ตร.ม.	ตารางเมตร
ลบ.ม.	ลูกบาศก์เมตร
ชม	ชั่วโมง
ppm	part per milloin
DO	Dissolve Oxygen
Org - N	Organic Nitrogen
O C	องศาเซลเซียล
VASB	Upflow anaerobic sludge blanket
VAC	Uniform annual cash flow
A	Annual cash flow
i %	Interest rate
n	อายุของการใช้งานของระบบเป็นปี
C	Initial capital cost
OM	Operation and maintenance
S	Salvage value
IRR	Internal rate of return
BOD	Biochemical oxygen demand
COD	Chemical oxygen demand
DO	Dissolved oxygen
TKN	Total Kjeldahl nitrogen

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จำเป็นและสำคัญ ซึ่งอำนวยประโยชน์ต่อมนุษย์นานัปการ มนุษย์ต้องใช้น้ำเพื่อการดำรงชีวิตทั้งการอุปโภคและบริโภค ตลอดจนใช้น้ำสำหรับการผลิตทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การคมนาคม และอื่นๆ ทรัพยากรน้ำจึงเป็นปัจจัยหลักของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แต่ในปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติได้ถูกทำลายลงอย่างรวดเร็ว โดยการกระทำของมนุษย์ โดยมนุษย์เข้าใจว่าน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ใช้ไม่หมดสิ้น จึงใช้กันอย่างฟุ่มเฟือย นอกจากนี้มนุษย์ยังได้ใช้แหล่งน้ำเป็นที่ระบายของเสีย ทั้งจากชุมชน บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมการเกษตร ทำให้คุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติเสียไป เกิดมลภาวะทางน้ำที่เรียกว่า " น้ำเสีย " (กรมควบคุมมลพิษ , 2536 ก.)

ฟาร์มสุกรเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสีย ที่มีแนวโน้มจะก่อให้เกิดมลภาวะกับแหล่งน้ำธรรมชาติรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีการขยายการเลี้ยงสุกรเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการบริโภคเนื้อสุกรของประชาชนและการขยายตลาดการส่งออก จากการศึกษาพบว่าการเลี้ยงสุกรขุนแบบที่เลี้ยงอยู่ทั่วไปในประเทศไทย สุกรขุน 1 ตัว จะใช้น้ำหรือมีปริมาณน้ำทิ้ง ประมาณ 30 - 40 ลิตร ต่อ วัน มีปริมาณของเสีย ประมาณ 90 - 120 กรัม ต่อ วัน และน้ำทิ้งของฟาร์มสุกรก่อนผ่านระบบการบำบัดน้ำเสียจะมีค่าความสกปรก (สารอินทรีย์) ซึ่งวัดในรูปของ บีโอดี (BOD_5) ประมาณ 3,000 - 10,000 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร (ไชยยุทธ, 2537) ซึ่งนับว่าเป็นน้ำที่มีความสกปรกสูงมากหากไม่ได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะก่อปัญหามลภาวะต่อแหล่งน้ำได้ ดังนั้นกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้มีประกาศกระทรวง ฯ กำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 (ภาคผนวก ข) มีผลทำให้ผู้ประกอบการเลี้ยงสุกรต้องดำเนินการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกสิ่งแวดล้อมภาย

ในปัจจุบัน ปัญหามลภาวะทางน้ำเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งที่ทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลงและส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตของประชาชน ซึ่งในกรณีของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะบริเวณลุ่มแม่น้ำที่มีแหล่งการเลี้ยงสุกรหนาแน่น เช่น ลุ่มแม่น้ำท่าจีน และลุ่มแม่น้ำบางปะกง จะพบปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสุกร โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ประสบกับภาวะการขาดแคลนน้ำมาเจือจางความสกปรกของแหล่งน้ำ ปัญหาน้ำเน่าเสียจึงทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศน์และการใช้ประโยชน์ของแม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำท่าจีนอย่างรุนแรง (กรมอนามัย, 2537)

ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากฟาร์มสุกรที่มีพื้นที่เหลือเพียงพอหรือฟาร์มสุกรที่ก่อสร้างใหม่จะสร้างระบบบำบัดน้ำเสียภายในฟาร์มก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่นิยมใช้ในปัจจุบันแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ ได้แก่

1. ระบบบ่อบำบัด (Ponding Systems)
2. ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)
3. ระบบแบบธรรมชาติ (Natural Systems)

โดยระบบบ่อบำบัดและระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ เป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพสามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีพอที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ (สมชัย,2540)

แต่เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่เคยมีการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและความเหมาะสมด้านการลงทุนของระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ระบบบ่อบำบัดและระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพอย่างละเอียดในฟาร์มสุกรจริง ทำให้ผู้ประกอบการหรือเจ้าของฟาร์มเลี้ยงสุกรขาดข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาสำหรับการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับสภาพทางเศรษฐกิจ สังคมและสภาพแวดล้อมของฟาร์มตนเองได้ ซึ่งถ้าหากใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่เหมาะสมแล้วจะทำให้เกิดปัญหาความไม่คุ้มค่าการลงทุน ปัญหาการจัดการและดูแลรักษาระบบบำบัด และการใช้ระบบบำบัดได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลสำหรับใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับฟาร์มสุกรแต่ละฟาร์ม

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลของน้ำเสียและของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการลงทุนของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 2 ระบบ คือ ระบบบ่อบำบัดและระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ
3. เพื่อศึกษาหาแนวทางการพิจารณาการลงทุนที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร

3. ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ศึกษาฟาร์มสุกรในจังหวัดที่มีการเลี้ยงสุกรหนาแน่น ได้แก่ จังหวัดราชบุรี นครปฐม ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และนครราชสีมา

4. คำถามในการศึกษาวิจัย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใดที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร และมีเงื่อนไขในการเลือกระบบบำบัดอย่างไร ทั้งนี้โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการลงทุน

5. ระยะเวลาศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยในฟาร์มสุกร ได้ดำเนินการในช่วงระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2542 ถึง เดือนตุลาคม 2543

6. วิธีการศึกษาวิจัย

วิธีการศึกษาวิจัยสามารถจำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูลได้ ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการสำรวจ สอบถามและสัมภาษณ์เจ้าของฟาร์มสุกร ในหัวข้อเกี่ยวกับ สภาพทั่วไปของฟาร์มสุกร การบริหารจัดการ สภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม การใช้และการจัดการทรัพยากรที่ดินและแหล่งน้ำ วัตถุประสงค์ในการผลิตสุกร จำนวนสุกรแบ่งตามประเภทและน้ำหนักสุกร การเลี้ยงและการจัดการฟาร์ม การใช้น้ำและการทำความสะอาดคอกและโรงเรือนสุกร วิธีการและหลักการของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย รายได้และผลพลอยได้ที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย ปัญหาและวิธีการแก้ไขในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการรวบรวมข้อมูลและการคำนวณปริมาณน้ำเสีย การคำนวณขนาดและราคาค่าก่อสร้างของระบบบำบัดน้ำเสีย และการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย ของฟาร์มสุกรที่นำมาเป็นตัวอย่างกรณีศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขั้นตอนของการศึกษาวิจัยดังนี้ คือ

1. สำรวจรวบรวมวิธีการบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ ของฟาร์มสุกร

2. คัดเลือกตัวอย่างเพื่อทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียโดยพิจารณาจากฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากกว่าร้อยละ 80 และเป็นฟาร์มสุกรที่ไม่มีปัญหามลภาวะต่อสภาวะแวดล้อมรอบๆ ที่ตั้งของฟาร์ม เพื่อสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ศึกษาเปรียบเทียบได้

3. ศึกษาข้อมูลจากฟาร์มสุกรที่คัดเลือก ดังนี้

3.1 ลักษณะการเลี้ยงสุกร การจัดการ และจำนวนสุกรในฟาร์ม

3.2 ปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสีย ตามพารามิเตอร์ที่กำหนดทั้งก่อนและหลังจากผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย ฟาร์มละ 2 ครั้ง

3.3 หลักการ ขนาด และรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสีย

3.4 การลงทุน ค่าก่อสร้าง ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ และค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าจ้างแรงงาน ตลอดจนรายได้ที่ได้จากการจำหน่ายผลผลิตของระบบบำบัดน้ำเสีย หรือการลดค่าใช้จ่ายของฟาร์มจากการนำผลผลิต จากระบบบำบัดมาใช้ประโยชน์ เช่น ค่าก๊าซสำหรับกกลูกสุกร ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งด้านประสิทธิภาพและด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ

5. รายงานสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ โดยจะใช้รูปแบบการรายงานผลการศึกษาวิจัยในแบบกรณีศึกษา

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ข้อมูลซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับฟาร์มสุกรใช้ในการพิจารณาลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม และคุ้มค่าของแต่ละฟาร์มสุกรได้

2. แนวทางในการจัดการน้ำเสียของฟาร์มสุกรที่มีประสิทธิภาพ

3. ข้อมูลการใช้ทรัพยากรเพื่อการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร เช่น ที่ดิน เงินลงทุน การบำรุงรักษา ความยากง่ายของการดำเนินการของระบบ การนำผลผลิตที่ได้จากระบบบำบัดไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรหมายถึงน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่มีสิ่งสกปรกทั้งเป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เจือปนในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการ (กรมควบคุมมลพิษ , 2542) น้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ต่อสิ่งแวดล้อมและแหล่งน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเสีย กลิ่นเหม็น หรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้น เป็นต้น

1. กระบวนการเกิดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

การเลี้ยงสุกรจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการบริโภค อุปโภค การทำความสะอาดคอกและอุปกรณ์การเลี้ยงสุกร ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นน้ำที่เกิดจากการขับถ่าย การล้างทำความสะอาด และน้ำจากแหล่งอื่นที่ไหลรวมเข้ามาในระบบ ซึ่งอาจจำแนกกระบวนการเกิดน้ำเสียของฟาร์มสุกร จากแหล่งต่าง ๆ ได้ ดังนี้

1. น้ำจากการขับถ่ายปัสสาวะและมูลสุกร

ปริมาณปัสสาวะและมูลสุกร จะขึ้นกับอายุ น้ำหนักตัว อุณหภูมิของอากาศและจำนวนอาหารและน้ำที่สุกรกินเข้าไป

จากการรายงาน Hobson และ Robertson (1977) ได้ทดลองและคำนวณปริมาณสิ่งขับถ่ายซึ่งรวมอุจจาระและปัสสาวะในแต่ละวันของสุกร ดังนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณอุจจาระและปัสสาวะที่สุกรขับถ่ายเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hobson และ Robertson (1977) โดย วีระพันธ์ (2542)

ขนาดของสุกร	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	สิ่งขับถ่าย (มูลรวมปัสสาวะ,กิโลกรัม)	สัดส่วนร้อยละของ สิ่งขับถ่าย/น้ำหนักตัว
ลูกสุกรอนุบาล	15	1.04	6.93
สุกรหย่านม	30	1.90	6.33
สุกรระยะเจริญเติบโต / ขุน	70	4.60	6.57
สุกรระยะเจริญเติบโต / ขุน	90	5.80	6.44
แม่สุกรท้องว่าง	125	4.03	3.22
แม่สุกรเลี้ยงลูก	170	14.90	8.76
พ่อพันธุ์	160	4.90	3.06

ส่วน Jelinek (1977) ได้แสดงปริมาณและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่ายของสุกรน้ำหนักตัวขนาดต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณและคุณสมบัติของสิ่งขับถ่ายของสุกรขนาดน้ำหนักตัวต่าง ๆ
ที่มา : Jelinek (1977) อ้างอิงโดย Muller .1980

ลักษณะ	น้ำหนักสุกร (กิโลกรัม / ตัว)			
	5 - 15	16 - 30	31 - 65	66 - 100
สิ่งขับถ่ายทั้งหมด (% น้ำหนักตัว)	7.2	8.5	6.3	4.9
สัดส่วนปัสสาวะ / มูล (%)	51.5	54.6	51.1	48.0
วัตถุแห้งในมูล (%)	32.5	28.6	28.2	26.0
วัตถุแห้งในปัสสาวะ (%)	4.0	4.0	4.4	5.0
วัตถุรวมในสิ่งขับถ่ายทั้งหมด (%)	12.8	12.2	11.9	11.5

2. น้ำทำความสะอาดคอกและโรงเรือน

น้ำทำความสะอาดคอกและโรงเรือนเป็นน้ำเสียที่มีปริมาณมากที่สุดในฟาร์มสุกร ปริมาณน้ำเสียชนิดนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสุกรที่เลี้ยง เช่น สุกรอนุบาล หรือสุกรพ่อ-แม่พันธุ์ จะทำความสะอาดคอกทุกวัน วันละ 1 - 2 ครั้ง ในขณะที่การเลี้ยงสุกรขุนมีการทำความสะอาดแตกต่างกันในแต่ละฟาร์ม เช่น บางฟาร์มล้างคอก วันละ 1 ครั้ง บางฟาร์มอาจล้างคอกสัปดาห์ละ 1 - 2 ครั้ง บางฟาร์มทำความสะอาดเพียงโดยการเก็บกวาดมูลสุกร วันละ 1 ครั้ง แต่จะล้างคอกเมื่อครบอายุการขุนสุกร คือ 4 เดือน / ครั้ง ซึ่งได้เคยมีรายงานปริมาณน้ำที่ใช้ล้างคอก (ไชยยุทธ , 2537 ข.) ต่อตัวต่อครั้งประมาณ 30 - 40 ลิตร

3. น้ำกิน น้ำใช้

ในฟาร์มสุกรขนาดกลางและฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ มักใช้วิธีการให้น้ำโดยหัวจ่ายน้ำอัตโนมัติ ถึงแม้จะเป็นอุปกรณ์ให้น้ำที่ช่วยประหยัดน้ำได้มากแต่ก็มีน้ำบางส่วนสูญเสียไปเพราะการรั่วซึมและการกินน้ำของสุกรเกิดน้ำหกหล่นเป็นน้ำทิ้ง มีการประมาณว่า หัวจ่ายน้ำ 1 หัว ที่เกิดการรั่วขึ้น สามารถทำให้สูญเสียน้ำได้ถึงวันละ 20 - 500 ลิตร (เกรียงศักดิ์ , 2539) น้ำทิ้งเหล่านี้จะไปรวมเป็นน้ำเสียไหลลงสู่ระบบบำบัด นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในฟาร์ม เช่น การล้างทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องมือการเลี้ยงสุกร น้ำอุปโภคบริโภคของคนงาน ซึ่งก็นับเป็นน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วย

4. เศษอาหาร

อาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรจะมีบางส่วนหกตกหล่นบนพื้นคอกปะปนกับมูลสุกร เมื่อถูกกระบวนการเก็บกวาด ล้างทำความสะอาดคอกสุกร เศษอาหารเหล่านี้จะปะปนลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ทำให้เพิ่มสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำเสียที่ไหลลงสู่ระบบบำบัดจะมีความสกปรกมากขึ้น จึงเป็นแหล่งของการเกิดน้ำเสียด้วย (สมชัย , 2543)

5. น้ำฝน

โดยปกติน้ำฝนเป็นน้ำสะอาดสามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ แต่ถ้าการจัดการระบบระบายน้ำฝนไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เมื่อฝนตกน้ำฝนจะไหลลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำเสียจึงเกิดปัญหาต่อการจัดการระบบบำบัด โดยอาจทำให้ต้องขยายขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียและส่งผลให้ต้นทุนของการบำบัดน้ำเสียสูงขึ้น ดังนั้นน้ำฝนจึงถือเป็นแหล่งของน้ำเสียชนิดหนึ่ง (ธีระ , 2539)

2. การบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร

การจัดการน้ำเสียในฟาร์มสุกรประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 4 ประการ ดังนี้

1. การลดปริมาณของเสีย (Reduce)
2. การนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยตรง (Reuse)
3. การนำกลับมาใช้หมุนเวียนใหม่ (Recycle)
4. การบำบัด (Treatment)

2.1 การลดปริมาณของเสียที่แหล่งกำเนิด (Reduce)

การเพิ่มผลผลิตสุกร เช่น ทำให้สุกรเจริญเติบโตเร็ว อัตราการแลกเนื้อดี มีเนื้อแดงมาก จะทำให้สามารถลดจำนวนสุกรที่จะต้องเลี้ยงลงได้ และจะทำให้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสุกรน้อยลงด้วย ดังนั้นการจัดการเลี้ยงดูสุกรที่ดี การใช้สุกรพันธุ์ดี อาหารมีคุณภาพดี การจัดการด้านสุขภาพที่มีประสิทธิภาพทำให้สุกรแข็งแรงไม่เป็นโรค การจัดการโรงเรือนดีมีอุณหภูมิเหมาะสมและมีระบบการระบายอากาศที่ดี นับได้ว่าเป็นวิธีการลดปริมาณน้ำเสียของฟาร์มสุกร

นอกจากนี้การจัดการด้านการให้อาหารสุกร (Feeding management) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้อาหาร ได้แก่ การจัดการระบบการเก็บ ขนส่ง วิธีการให้อาหารเพื่อลดการสูญเสีย ขนาดของเม็ดอาหารที่เหมาะสมแก่การย่อยของสุกร การปรับเปลี่ยนอาหารตามระยะการเจริญเติบโตของสุกร (Multiphase feeding) การให้อาหารโดยแยกตามเพศ (Split - sex feeding) การให้อาหารโปรตีนต่ำเสริมกรดอมิโนที่จำเป็น (Low protein diet supplemented with essential amino acid) หรือการให้อาหารที่มีฟอสฟอรัสต่ำเสริมเอนไซม์ไฟเตส (Low

phosphorus diet supplemented with enzyme phytase) ซึ่งทำให้สุกรขับถ่ายสารประกอบแอมโมเนีย และฟอสฟอรัสลดลง ก็เป็นการลดปริมาณของเสียด้วย (สุชน , 2542)

2.2 การนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ (Reuse)

การใช้มูลสุกรเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งมูลสุกรสดและมูลสุกรแห้งเพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร โดยเฉพาะในบ่อเลี้ยงปลา มูลสุกรจะเข้าไปในห่วงโซ่อาหารได้หลายทาง เช่น เป็นอาหารปลาโดยตรง เป็นแหล่งสารอาหารสำหรับการสังเคราะห์แสงให้แพลงตอนพืช ซึ่งแพลงตอนพืชเป็นแหล่งอาหารของแพลงตอนสัตว์และสัตว์น้ำเล็ก ๆ ที่เป็นอาหารของปลาต่อไป ดังนั้นการใช้มูลสุกรเลี้ยงปลา (ประทักษ์ , 2522) จึงควรเลี้ยงปลาหลายชนิดที่กินอาหารแตกต่างกันในบ่อปลาเดียวกัน ได้แก่ ปลาพวกที่กินมูลสัตว์ พวกที่กินแพลงตอนพืช พวกที่กินแพลงตอนสัตว์ หรือพวกที่กินสัตว์น้ำเล็ก ๆ เพื่อทำให้เกิดสมดุลย์ในห่วงโซ่อาหารภายในบ่อปลานั้น เช่น ปลานิล (Nile tilapia) , ปลาไน (Common carp) , ปลาซ่ง (Bighead carp) , ปลาเฉา (Grass carp) , ปลาตะเพียนขาว (Silver carp) , ปลาดุก (Walking catfish) , ปลาสวาย (Striped catfish) , ปลายี่สกเทศ (Rohu) , ปลาหมอตาล (Kissing gouramy) , ปลากระโห้อินเดีย (Catta) เป็นต้น

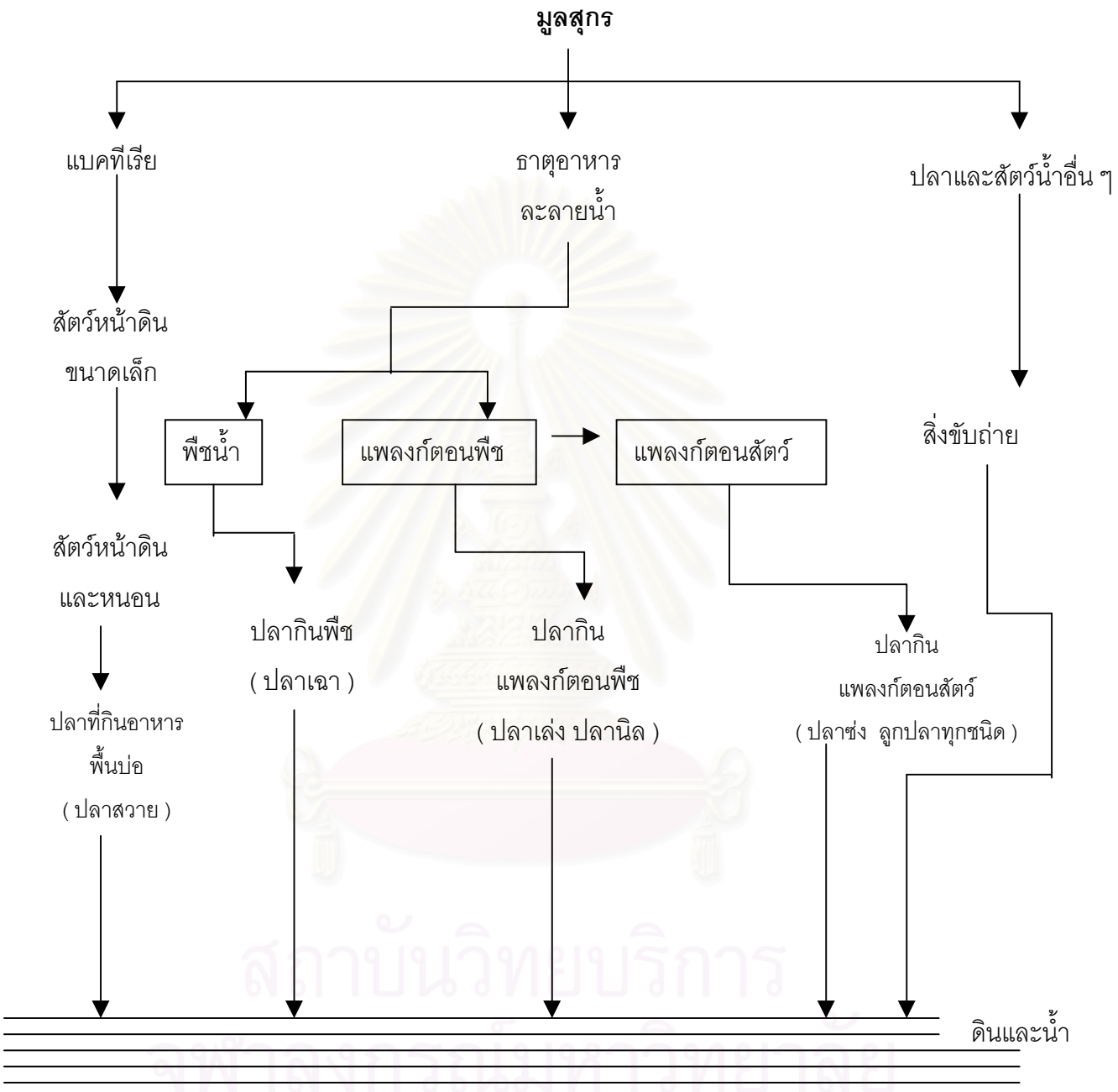
2.3 การนำของเสียหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์ (Recycle)

การใช้มูลสุกรเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากในมูลสุกรยังมีสารอาหารอยู่เป็นจำนวนมากทั้งโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ดังนั้นจึงมีการนำมูลสุกรที่ผ่านการหมักเพื่อฆ่าเชื้อโรคและพยาธิแล้ว มาใช้เป็นอาหารของสุกร โค แพะ แกะ ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา สามารถใช้มูลสุกรผสมอาหารสัตว์เหล่านี้ได้ถึงร้อยละ 10 - 15 ของปริมาณอาหารทั้งหมด เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์โดยไม่เกิดผลเสียแต่อย่างไร (ตารางที่ 3) (สมโภชน์ , 2536 , 2538)

นอกจากนี้การใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ มูลสุกรที่ผ่านกระบวนการหมักทำให้เกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยแร่ธาตุที่จำเป็นแก่พืช ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น N P K Ca Cu Fe Mg แร่ธาตุเหล่านี้จะมีปริมาณและอัตราส่วนที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของสุกรและปริมาณสารอาหารที่สุกรกินเข้าไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปภาพที่ 1 การใช้ประโยชน์จากมูลสุกรในบ่อเลี้ยงปลา



สิ่งขับถ่ายจากปลาลงสู่ก้นบ่อ

ที่มา : สมชัย (2543)

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบสารอาหารที่มีอยู่ในมูลสุกร (ในหน่วยของวัตถุแห้ง)
ที่มา : Perace , 1977 อ้างโดย Muller , 1980

ส่วนประกอบ	หน่วย	เฉลี่ย	พิสัย
โปรตีน	%	19	11 - 31
เยื่อใย	%	18	7 - 23
ไขมัน	%	5	2 - 9
เถ้า	%	17	10 - 28
ลิกนิน	%	5	3 - 6
เซลลูโลส	%	17	6 - 23
เฮมิเซลลูโลส	%	20	3 - 36
ฟอสฟอรัส	%	2.6	1.4 - 4.6
โปแตสเซียม	%	1.0	0.6 - 1.6
แคลเซียม	%	3.5	1.5 - 8.5
แมกนีเซียม	%	0.7	0.3 - 1.3
โซเดียม	%	0.3	0.1 - 0.5
เหล็ก	ppm	2,169	971 - 6,407
สังกะสี	ppm	600	225 - 1,059
ทองแดง	ppm	280	27 - 822
แคดเมียม	ppm	0.77	0.04 - 3.02
ตะกั่ว	ppm	9.89	0.29 - 40.11
สารหนู	ppm	5.57	0.20 - 102.51

2.4 การบำบัดน้ำเสีย (Treatment) คือ กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้เหลืออยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้หรือสามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (เกรียงศักดิ์ , 2539)

2.4.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การบำบัดขั้นเตรียมการ (Preliminary treatment) เป็นการเตรียมสภาพของน้ำเสียให้เหมาะแก่การบำบัด เช่น การรวมน้ำเสียในบ่อพักน้ำเสีย เพื่อให้มีปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดสม่ำเสมอ การกรองแยกสิ่งสกปรกขนาดใหญ่

2. การบำบัดขั้นต้น (Primary treatment) เป็นขั้นตอนการกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย เพื่อทำให้สามารถลดขนาดและระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียในระบบบำบัด เช่น การเก็บกวาดมูลสุกร การตกตะกอนในบ่อตกตะกอน การอัดแยกมูลสุกรออกจากน้ำเสียด้วยเครื่องอัดแรงดัน

3. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary treatment) เป็นขั้นตอนการกำจัดสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ละลาย มักใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เช่น ระบบบ่อบำบัด (Ponding system) , ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

4. การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) เป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น การฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว การทำปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ การกำจัดสารพิษหรือโลหะหนัก

2.4.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย แบ่งได้ตามหลักการของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียอาจมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียกระบวนการเดียว หรือมีหลายกระบวนการในระบบเดียวกันก็ได้ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพอย่างไรและวิธีของระบบบำบัดที่เหมาะสม กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบ่งได้เป็น 4 กระบวนการ (เกรียงศักดิ์ , 2539) ดังนี้

1. กระบวนการทางกายภาพ (Physical processes) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ขนาด น้ำหนัก ของของเสียที่มีอยู่ในน้ำเสีย กระบวนบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ได้แก่

- การดักด้วยตะแกรง (Screening)
- การเก็บกวาด (Skimming)
- การทำให้ลอยตัว (Flotation)
- การตกตะกอน (Sedimentation)
- การอัดกรอง (Fittration Presser or Separation)

2. กระบวนการทางเคมี (Chemical processes) เป็นขบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้คุณสมบัติของเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด - ด่าง การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ของของเสียที่อยู่ในน้ำเสีย ขบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี เช่น

- การทำให้เกิดตะกอน (Precipitation)
- การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)
- การฆ่าเชื้อโดยสารเคมี เช่น Chlorination

3. กระบวนการทางชีวภาพ (Biological processes) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยให้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ได้แก่

- ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic processes) เช่น Activited sludge , Oxidation pond , Rotating biological contactor
- ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic processes) เช่น , Biogas ระบบต่าง ๆ , Anaerobic filters , Anaerobic lagoons , Anaerobic digestion

4. กระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ (Physicochemical processes) เป็นกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย โดยอาศัยคุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ เช่น

- การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange)
- การดูดซึม (Carbon adsorption)
- Reverse osmosis
- Ultraviolet disinfection

3. หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ระบบบำบัด

การเลือกหรือการวางแผนสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกและภายในของฟาร์มสุกร ดังนี้ (เพชรพร , 2539)

1 ปัจจัยภายใน (Internal factor)

- ชนิดและจำนวนของสุกรที่เลี้ยงในฟาร์ม
- ความต้องการประสิทธิภาพในการกำจัดสารต่าง ๆ ในน้ำเสีย
- สภาพทางภูมิศาสตร์ของฟาร์ม
- ขนาดของพื้นที่สำหรับการก่อสร้างระบบบำบัด
- การใช้ประโยชน์จากผลผลิตหรือผลพลอยได้ของระบบบำบัด
- จำนวนเงินลงทุน และค่าบำรุงรักษาในการดำเนินการระบบบำบัด
- การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การลงทุน

2 ปัจจัยภายนอก (External factor)

- เทคโนโลยีที่มีอยู่ในขณะจัดสร้างระบบบำบัด
- ความยากง่ายในการดูแล ควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัด
- สภาพการยอมรับของชุมชนรอบฟาร์มต่อระบบบำบัด
- กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ และการปฏิบัติเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม

4. การแก้ไขปัญหาน้ำเสียของฟาร์มสุกร

4.1 การแก้ไขปัญหาระยะสั้น

เป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้องการให้ได้ผลรวดเร็ว ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นการแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นของน้ำเสีย หรือสภาพน้ำเสียที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม ได้แก่

1. การใช้จุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อาจเป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพหรือจุลินทรีย์ที่คัดสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ (Bikker , 1980) เช่น

- จุลินทรีย์ EM (Effective micro - organisms)
- *Bacillus subtilis*
- *Pediococcous acidilactici*

2. การใช้สารที่มีคุณสมบัติจับสารที่ทำให้เกิดกลิ่นจากมูลและน้ำปัสสาวะ โดยสารเหล่านี้จะทำหน้าที่เกาะจับสารละเหยต่าง ๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ สารประกอบแอมโมเนีย (Bikker , 1980) ได้แก่

- Yucca extract จากต้น *Yucca schidigera* มีส่วนประกอบสาร Sarsaponin
- Zeolite เป็นสารประกอบ Aluminium silicate

3. การใช้สารเคมี ที่ขัดขวางการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์หรือทำลายจุลินทรีย์ในบริเวณที่ไม่ต้องการให้เกิดกลิ่นเหม็น แต่ต้องการให้ย่อยสลายสารอินทรีย์เมื่อเข้าระบบบำบัดน้ำเสียแล้วเท่านั้น ดังนั้นสารเคมีเหล่านี้ต้องไม่มีผลระยะยาวต่อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบบำบัด หรือสารเคมีพวกเอ็นไซด์ที่ช่วยให้แบคทีเรียทำงานได้ดีขึ้น (Bikker , 1980) เช่น

- สารเคมีจำพวกด่าง เช่น $Ca(OH)_2$, NaOH , $Mg(OH)_2$, KOH
- สารเคมีจำพวกเอนไซม์ เช่น Lypase , Cellulose , Amylase , Microzyme Protease
- สารเคมีจำพวกกรด เช่น H_2SO_4 , H_3PO_4 $CaCO_2$

4.2 การแก้ไขปัญหาระยะยาว

ได้แก่ การสร้างระบบบำบัดของเสียถาวรในฟาร์ม ซึ่งในฟาร์มสุกรทั่วไปสามารถแบ่งระบบบำบัดน้ำเสียออกได้เป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ (สมชัย , 2543) คือ

1. ระบบบ่อบำบัด (Ponding System)
2. ระบบไบโอก๊าซ (Biogas)
3. ระบบแบบธรรมชาติ (Natural Treatment)

5. ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในฟาร์มสุกร

ระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกรที่มีการนำมาพัฒนาประยุกต์ใช้ประโยชน์และศึกษาวิจัยในประเทศไทยมีหลายวิธี โดยก่อนหน้าปี พ.ศ. 2535 เกษตรกรเจ้าของฟาร์มให้ความสนใจสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมกันน้อยมาก เนื่องจากสังคมยังไม่มีการตื่นตัวเรื่องปัญหามลพิษโดยเฉพาะปัญหาน้ำเสีย และการเลี้ยงสัตว์ยังมีขนาดเล็กอยู่กระจัดกระจายห่างไกลชุมชน ส่วนที่อยู่ใกล้ชุมชนก็เป็นฟาร์มและชุมชนเก่าที่มีความผูกพันก็อยู่นานแล้ว แต่ต่อมาเมื่อสภาพเศรษฐกิจดีหลังปี พ.ศ. 2535 ทำให้ที่ดินมีราคาสูงขึ้นและเกิดการขยายชุมชนและฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ทำให้ปัญหาสิ่งแวดล้อมมีสูงขึ้น จึงเกิดการกระทบกระทั่งระหว่างชุมชนและเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เสมอมา เกษตรกรจึงตื่นตัวในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ประกอบกับนักวิชาการหน่วยงานของรัฐได้ให้ความสนใจกับปัญหามลพิษที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะฟาร์มสุกรกันมากขึ้น จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มที่มีประสิทธิภาพแบบใหม่ขึ้นหลายวิธี ซึ่งแบบที่นิยมใช้ปัจจุบัน ได้แก่

1. ระบบบ่อบำบัด (Ponding System)

เป็นระบบที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะการก่อสร้างและการจัดการบำรุงรักษาง่าย ไม่ยุ่งยาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย (ธีระ , 2539) ระบบบำบัดประกอบด้วยบ่อเก็บกักน้ำเสียหลายบ่อ โดยปรับสภาพสิ่งแวดล้อมภายในบ่อแต่ละบ่อให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์ทั้งแบบใช้และไม่ใช้อากาศ บางครั้งอาจมีการนำถังหมัก (Septic tank) หรือถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter) มาร่วมในระบบด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ลักษณะทั่วไปมักมีการแยกมูลสุกรโดยการเก็บกวาดและการตกตะกอนออกก่อน เพื่อลดภาระอินทรีย์ (Organic loading) ซึ่งจะทำให้สามารถลดขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียลงได้โดยนำมูลสุกรที่แยกได้ไปใช้ประโยชน์โดยตรง หรือใช้วิธีบำบัดอื่นแยกต่างหาก ดังนั้นการบำบัดระบบนี้จึงเป็นการบำบัดสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กหรือละลายในน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่

ลักษณะของระบบ

1. เป็นบ่อรองรับน้ำเสียขนาดใหญ่ จำนวน 3 - 4 บ่อ ต่อเนื่องกันแบบอนุกรม

2. บ่อแรกมักเป็นบ่อหมัก (Anaerobic pond) สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง สภาพภายในบ่อต้องทำให้อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนละลาย (DO) โดยการปล่อยน้ำเสียลงบริเวณก้นบ่อ และให้ไหลไปตามความยาวของบ่อ ซึ่งอาจทำให้ตรงกลางบ่อเป็นหลุมลึกเพื่อช่วยไม่ให้ตะกอนกระจายและเก็บสภาพไร้ออกซิเจนไว้ได้มากที่สุด บ่อแบบนี้ควรมีความลึกมากกว่า 2.5 เมตร แต่ที่นิยมใช้และได้ผลดีจะมีความลึกประมาณ 4 - 5 เมตร

3. บ่อที่สองเป็นบ่อหมักผสม (Facultative pond) บ่อประเภทนี้จะมีจุลินทรีย์สามชนิด คือ จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic bacteria) จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน

(Anaerobic bacteria) และจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน (Facultative bacteria) โดยทั่วไปภายในบ่อแบบนี้จะมีการจัดระบบนิเวศน์ของจุลินทรีย์ให้ได้ 3 ชั้น ดังนี้

3.1 ชั้นบนของบ่อเป็นชั้นที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีแบบ Aerobic pond คือ จะมีสาหร่ายเกิดขึ้นมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายให้กับจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic bacteria) เจริญเติบโตได้ดี

3.2 ชั้นกลางเป็นชั้นที่ลึกลงมาจากผิวน้ำประมาณ 0.50 - 100 เมตร โดยจะมีจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ทั้งในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน (Facultative bacteria) อยู่ในบริเวณนี้

3.3 ชั้นล่างสุดของบ่อเป็นชั้นที่เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีแบบ Anaerobic pond คือ จะมีจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic bacteria) เจริญเติบโตได้ดี และเกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) , ก๊าซไข่เน่า (H_2S) และก๊าซมีเทน (CH_4)

4. บ่อที่สาม เป็นบ่อบำบัดแบบต้องใช้อากาศ (Aerobic pond หรือ Maturation pond) เป็นบ่อที่มีออกซิเจนละลาย (DO) กระจายทั่วทั้งบ่อ ทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนและมีสาหร่ายเป็นตัวช่วยผลิตออกซิเจนให้ภายในบ่อ นอกจากนี้ออกซิเจนยังทำหน้าที่ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ให้โทษและไข่พยาธิต่าง ๆ โดยอาศัยสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น สภาพ DO สูง สารอาหารที่ไม่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และแพลงตอนสัตว์ที่กินจุลินทรีย์และไข่ของพยาธิ

ตารางที่ 4 รายละเอียดแสดงคุณลักษณะของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ
(ดัดแปลงจาก ธีระ เกรอต , 2539)

ลักษณะ	หน่วยวัด	บ่อหมัก Anaerobic pond	บ่อหมักผสม Facultative pond	บ่อบำบัดแบบใช้อากาศ Aerobic pond
อัตรารับสารอินทรีย์	กรัม BOD_5/$ม^3$วัน	100 - 400	-	-
	กรัม BOD_5/$ม^2$วัน	200 - 800	35	45
ความลึก	เมตร	2.5 - 5	1 - 2.5	0.3 - 1.0
เวลากักเก็บ	วัน	> 20	> 7	> 5
pH	-	6.8 - 7.2	6.5 - 9.0	6.5 - 10.5
อุณหภูมิ	^{o} C	20 - 30	20 - 30	20 - 30
ประสิทธิภาพ	ร้อยละ	50 - 60	75 - 90	80 - 95

2. ระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas) หรือบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic digester)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์และได้ผลผลิตคือ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซมีเทนสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ลักษณะของระบบต้องปิดสนิทเพื่อป้องกันอากาศจากภายนอก และมีขนาดใหญ่เพราะจุลินทรีย์ชนิดนี้มีอัตราการเจริญเติบโตช้าทำให้ต้องใช้เวลากักเก็บนานประมาณ 30 ถึง 60 วัน แต่ถ้าหากในระบบมีการกวนที่สมบูรณ์และมีอุณหภูมิสูงประมาณ 50 - 55 ^{0}C จะทำให้สามารถลดเวลากักเก็บเหลือเพียง 15 วัน หรือถ้าออกแบบระบบให้ระยะเวลาที่จุลินทรีย์อยู่ในระบบกับระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบแยกออกจากกัน โดยให้จุลินทรีย์อยู่ในระบบนานขึ้นจะทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์มากพอก็จะลดระยะเวลากักเก็บน้ำเสียและขนาดของระบบได้ (ธีระ , 2539)

รูปแบบของระบบบ่อหมักไร้อากาศหรือระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้ในฟาร์มสุกร มีดังนี้ (สมชัย, 2539)

1. บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่ (Fixed dome digester)

บ่อหมักแบบโดมเป็นบ่อหมักที่คิดค้นขึ้นในประเทศจีน และต่อมาหน่วยงาน GTZ สนับสนุนให้ GATE (German Appropriate Technology Exchange) พัฒนาปรับปรุงโครงสร้างให้สอดคล้องกับหลักการทางวิศวกรรมยิ่งขึ้น มีการปรับโครงสร้างให้มีวงแหวนกันร้าว (Weak ring) รอบบ่อหมักในระดับเดียวกับบ่อเติมน้ำเสีย การก่อสร้างได้เน้นให้เว้นการใช้วัสดุที่เป็นโลหะ แต่ให้สามารถใช้วัสดุก่อสร้างจำพวก อิฐดินเผา ปูนซีเมนต์ ปูนขาว หิน ทรายและกรวด ซึ่งหาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดกำมะถัน ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างไฮโดรเจน ซัลไฟด์ กับความชื้นในบ่อหมักและท่อส่งก๊าซซึ่งพบว่ากัดกร่อนโลหะได้เร็ว และสามารถใช้ช่างฝีมือที่คุ้นเคยงานก่ออิฐฉาบปูนในทุกท้องถิ่นมาอบรมให้ความรู้และประสบการณ์เพิ่มเติมจนสามารถดำเนินการก่อสร้างได้ บ่อหมักแบบโดมเป็นระบบบำบัดที่เหมาะกับฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดเล็ก และทั้งนี้ต้องใช้ลานตากกากที่ได้จากการย่อยสลายแล้ว เพื่อจำหน่ายเป็นปุ๋ยอินทรีย์แห้งซึ่งที่สะดวกต่อการขนส่ง

2. ระบบก๊าซชีวภาพของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ BAU (Biogas Advisory Unit)

เป็นระบบที่มีส่วนประกอบหลายอย่างทำงานสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียอยู่ในมาตรฐาน สามารถแยกออกเป็นขั้นตอนการทำงานของระบบเป็นหลักใหญ่ ๆ ได้ 3 ขั้นตอน (วีระพันธุ์ , 2542) คือ

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อหมักช้าแบบราง (Channel Digester) ในขั้นตอนนี้บ่อหมักช้าแบบรางทำหน้าที่ในการแยกน้ำเสียส่วนข้นและส่วนใสออกจากกัน น้ำเสียส่วนข้นจะถูกหมักย่อยในบ่อหมักช้าแบบรางนี้ประมาณ 20 - 30 วัน จนอยู่ในสภาวะที่เสถียร (stabilized) และผ่านเข้าสู่ลานกรองของแข็ง (Slow Sand Bed Filter : SSBF) โดยที่ลานกรองนี้จะต่อเชื่อมกับบ่อหมักแบบราง และรับกากจากน้ำเสียส่วนข้นที่ผ่านการหมักย่อยแล้ว

จากบ่อหมักช้าแบบราง กากจากน้ำเสียที่ได้จากลานกรองของแข็งสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ สำหรับน้ำเสียส่วนใสซึ่งมีปริมาณ ประมาณ 80 - 90 % ของน้ำเสียทั้งหมด จะไหลผ่านไปไปยังบ่อหมักแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor) เพื่อเข้าบำบัดในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการบำบัดและย่อยสลายที่เกิดขึ้นในบ่อหมักเร็วแบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor) สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ในน้ำเสียซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายจะถูกย่อยสลายในบ่อหมัก UASB และกลายเป็นก๊าซชีวภาพในที่สุด อัตราส่วนของปริมาตรของบ่อหมักแบบรางต่อปริมาตรของบ่อหมักแบบ UASB คือ ประมาณ 2 - 3 ต่อ 1 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียจากฟาร์มที่เข้าสู่ระบบบำบัด น้ำที่ผ่านการบำบัดจากบ่อหมักแบบ UASB แล้วนี้จะมีค่า COD ประมาณ 800 - 1,000 มิลลิกรัม / ลิตร ซึ่งในขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน จะสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียได้ประมาณร้อยละ 85 - 95 ของปริมาณสารอินทรีย์เริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการบำบัดขั้นหลัง (Post Treatment) ซึ่งเป็นการบำบัดที่ออกแบบให้มีการทำงานที่เลียนแบบบธรรมชาติโดยอาศัยการทำงานของพืช สาหร่าย ขนาดเล็ก และแบคทีเรียซึ่งเกิดตามธรรมชาติ ให้ทำงานสัมพันธ์กันเพื่อบำบัดน้ำเสียที่ได้ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนมาแล้วในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 ให้สะอาดมากยิ่งขึ้น จนถึงระดับที่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ทำความสะอาดคอก หรือปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติภายนอกได้อย่างปลอดภัย การบำบัดขั้นหลังจะประกอบไปด้วยสระพักน้ำซึ่งเปิดที่รับน้ำเสียจากขั้นตอนที่ 2 แล้วปล่อยสู่ชุดบึงพืชน้ำซึ่งปลูกพืชบางชนิดไว้ให้ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย และในส่วนสุดท้ายของบึงพืชน้ำจะเป็นสระเลี้ยงปลา เพื่อใช้สำหรับการสังเกตคุณภาพน้ำที่ได้ต่อสิ่งมีชีวิตและใช้เป็นบ่อพักน้ำด้วย

ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพแบบของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ เป็นระบบที่มีวัตถุประสงค์หลักในการอนุรักษ์พลังงานโดยนำผลผลิต คือ ก๊าซมีเทน มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเผาไหม้ให้ความร้อนสำหรับกกลูกสุกร หรือเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ในการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (สมชัย , 2540)

3. ระบบไบโอก๊าซแบบบ่อคลุม (Covered Lagoon หรือ Covered In - Ground Anaerobic Reactor , CIGAR) ระบบนี้เป็นเทคโนโลยี.ใหม่จากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยความร่วมมือของสมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ ลักษณะของระบบประกอบด้วยบ่อดินรองรับน้ำเสียจากโรงเรือนสุกร แล้วใช้แผ่นพลาสติกโปลีเอทธิลีน ความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene , HDPE) คลุมบ่อทั้งหมดเพื่อเก็บกักก๊าซและใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า แคตเตอร์พิลล่า (Caterpilla) ระบบนี้กำลังได้รับความสนใจจากผู้เลี้ยงสุกรโดยทั่วไปเพราะจะมีค่าก่อสร้างต่ำ

เนื่องจากใช้บ่อดินธรรมดาเป็นบ่อหมักซึ่งฟาร์มเลี้ยงสุกรส่วนมากก็สร้างใช้ประโยชน์สำหรับกักเก็บน้ำเสียอยู่แล้ว ปัจจุบันระบบนี้กำลังก่อสร้างในฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ของจังหวัดชลบุรี จำนวน 2 ฟาร์ม (สมชัย , 2543)

นอกจากนี้ยังมีระบบไบโอก๊าซแบบผสมสมบูรณ์ (Complete Mix Reactor) ซึ่งมีลักษณะเป็นถังคอนกรีตทรงกลมขนาดใหญ่ตั้งเหนือพื้นดิน ใช้พลาสติกโปลีเอทธิลีนคลุมเก็บก๊าซโดยมีจักรกลกวนน้ำเสียให้เกิดการผสมที่สมบูรณ์ ระบบผสมสมบูรณ์นี้เป็นแบบที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถย่อยสลายอินทรีย์วัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพผลิตไบโอก๊าซได้ในอัตราสูง และการใช้ถังหมักเหนือพื้นดินมีข้อดีในการระบายกากตะกอนที่หมักแล้วออกจากบ่อหมักได้ง่าย ปัจจุบันบ่อไบโอก๊าซที่ใช้ประโยชน์ในฟาร์มเลี้ยงสุกรในประเทศไทยยังไม่ปรากฏแบบของถังเหนือผิวดิน

4. ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter)

เป็นระบบที่ประกอบด้วยถังกรองภายในบรรจุสารตัวกลาง เช่น อิฐดินเผา เม็ดเซรามิค เม็ดพลาสติกหรือเศษขวดน้ำพลาสติก ซึ่งทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ และสารตัวกลางยังทำหน้าที่ในการกรองไม่ให้จุลินทรีย์หลุดลอยไปกับน้ำทิ้ง

ระบบ Anaerobic filter นี้ สามารถใช้ได้กับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงหรือต่ำ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำทิ้ง จากการทดลองพบว่าจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์จะรวมตัวกันเป็นเม็ดจุลินทรีย์ (Bacterial Granule) หากระบบมีปริมาณเม็ดจุลินทรีย์จำนวนมากก็จะมีประสิทธิภาพสูงด้วย แต่จากการใช้งานพบว่ามีการอุดตันในช่องว่างของสารตัวกลาง ดังนั้นควรเลือกใช้ตัวกลางที่มีน้ำหนักเบา ลอยน้ำ มีความพรุนและมีพื้นที่ผิวสัมผัสค่อนข้างสูง ซึ่งการใช้ตัวกลางแบบดังกล่าวจะสามารถกวนให้ตะกอนที่ตกค้างหลุดออกได้ง่าย

นอกจากนี้ พบว่าทิศทางการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบมีผลทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อให้น้ำเสียไหลย้อนขึ้นไปจากส่วนล่าง ไปยังส่วนบนของถัง (up - flow anaerobic filter) เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำเสียไหลลง (drown - flow anaerobic filter) โดยระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียได้มากกว่า 80 % ทั้งนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมมี 2 ช่วง คือ 30 - 33 ^{O}C และ 50 - 55 ^{O}C และน้ำเสียที่เข้าระบบควรมีค่า pH ประมาณ 6.8 - 7.8 ถ้าหากมีค่าความเป็นกรดหรือด่างต่ำหรือสูงเกินไป จะต้องทำการปรับสภาพเป็นมีค่าที่เหมาะสมก่อน (ธีระ , 2539)

3. ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ (Natural Treatment)

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ จะใช้ดิน พืชและจุลินทรีย์ เป็นส่วนสำคัญของขบวนการบำบัด โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือกล ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานและใช้เทคโนโลยีในการควบคุมน้อยกว่าระบบอื่น แม้ว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียระบบนี้จะดี (ไม่มีของเสีย

เหลือทิ้งออกไปออกสู่ธรรมชาติ) แต่ความสามารถรับปริมาณของเสีย (Hydraulic loading) และความเข้มข้นของของเสีย (Organic loading) ที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดได้ต่ำ จึงมักใช้เป็นระบบบำบัดขั้นสุดท้ายหลังจากผ่านระบบบำบัดแบบอื่นมาก่อนแล้ว (เกรียงศักดิ์ , 2539)

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ ที่มีใช้ในฟาร์มปศุสัตว์ ได้แก่

1. ระบบน้ำเสียแบบกระจายบนดิน (Land treatment systems)

ระบบนี้จะเหมาะสมกับฟาร์มโคเนื้อและโคนม ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยจะแยกมูลโค เพื่อนำไปทำปุ๋ยหมัก ส่วนของเสียที่เป็นน้ำเสียทั้งที่ผ่านขบวนการบำบัด หรือของเสียสดอาจใช้วิธีฉีดพ่นลงบนแปลงหญ้า ที่ปลูกให้โคกิน สลับหมุนเวียนไปในแต่ละแปลง

ในปัจจุบัน ได้มีการพยายามนำระบบนี้มาใช้กับน้ำเสียจากฟาร์มสุกร ที่อยู่ใกล้แหล่งเพาะปลูก โดยมีการศึกษาความเหมาะสมกับชนิดของพืช และระยะการเจริญเติบโตของพืชด้วย เช่น ผักชนิดต่าง ๆ ข้าวโพด อ้อย ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง สวนยางและสวนป่า

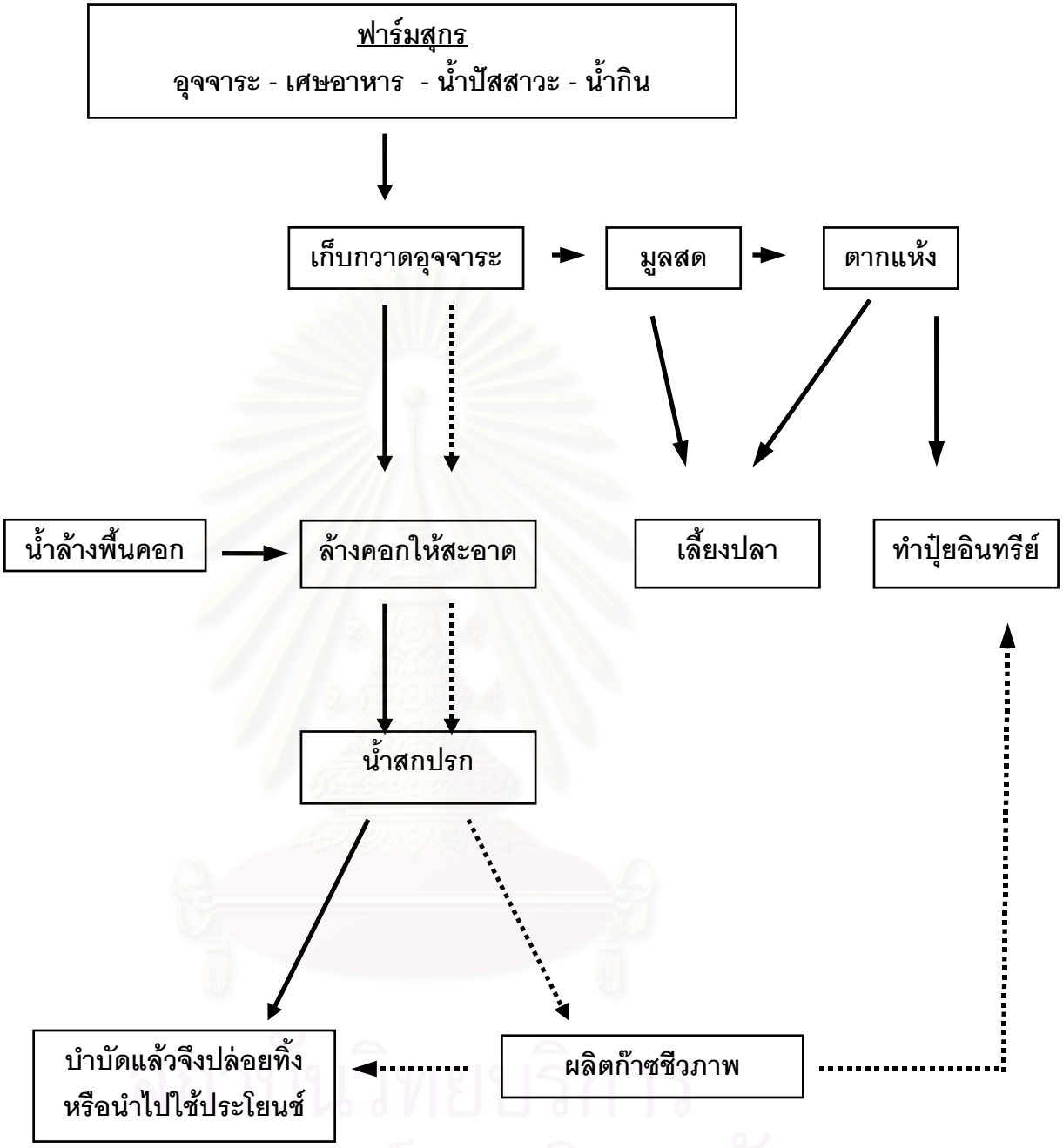
2. ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland systems)

บึงประดิษฐ์ ประกอบด้วยบ่อดินที่น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย จะมีอยู่หลายบ่อต่อเนื่องกัน มีพืชชนิดต่างๆ ขึ้นมากมาย เช่น ต้นธูปฤาษี กก โดยส่วนต้นจะเจริญขึ้นจากพื้นดินใต้น้ำ พวกใบไม้จะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะและยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและดูดซับสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำเสีย นอกจากนี้ยังสามารถถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำและป้องกันการเจริญของสาหร่าย โดยการกั้นบังแสงแดด

บึงประดิษฐ์ควรมีความลึกประมาณ 10 - 60 เซนติเมตร และมีการปล่อยน้ำเสียช้า ๆ ผ่านต้นพืชที่ปลูกไว้ ดังนั้นในบึงประดิษฐ์ควรมีค่า DO ไม่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัม / ลิตร เพื่อให้ปลามีชีวิตอยู่ได้ ควรมีระยะเวลากักเก็บน้ำประมาณ 10 - 15 วัน และค่า BOD_5 ของน้ำเสียเข้าระบบไม่ควรเกินวันละ 6 กรัม - BOD_5 / ตารางเมตร (เกรียงศักดิ์ , 2539)

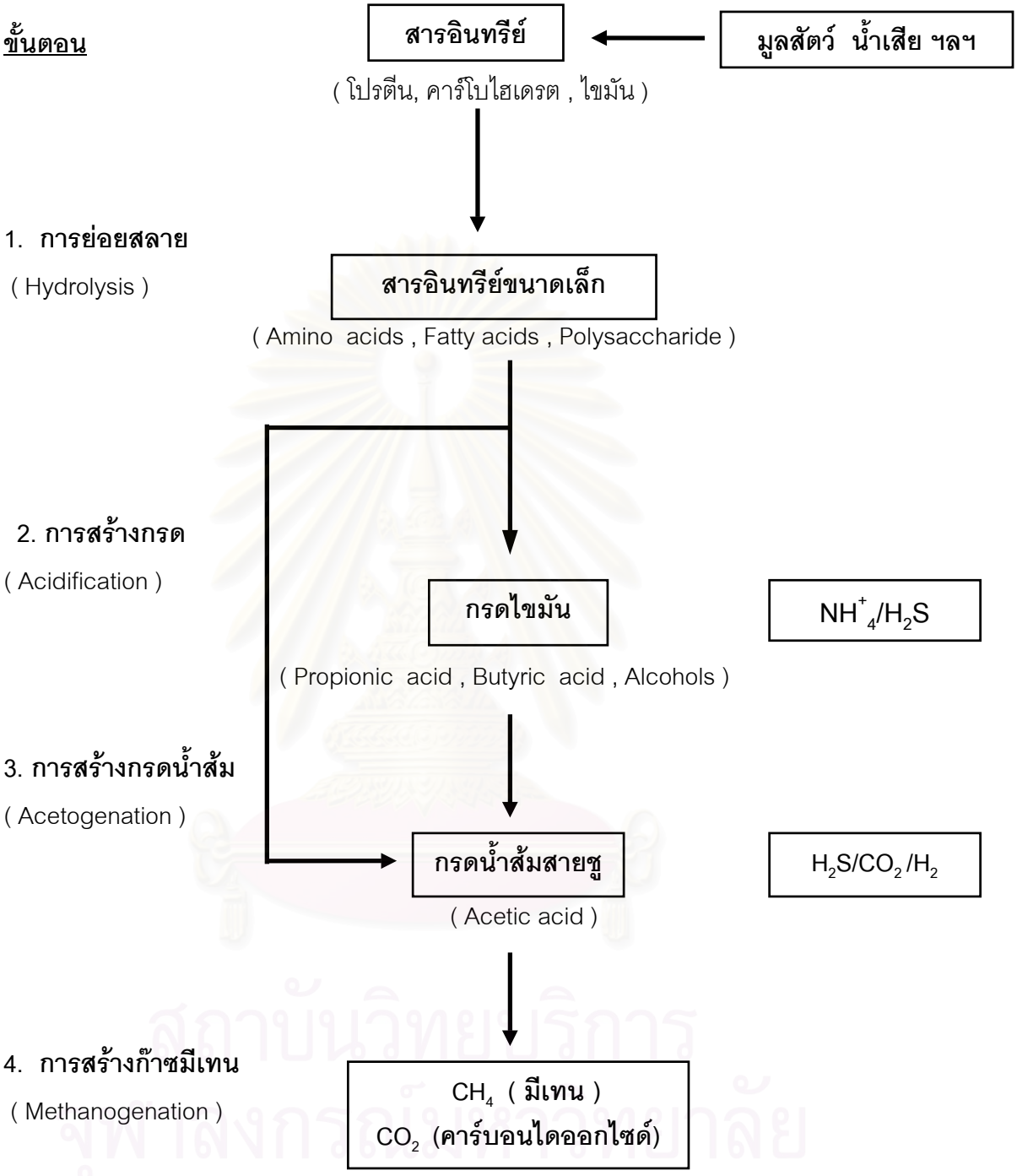
3. ระบบบึงพืชลอยน้ำ ระบบนี้คลายคลึงกับบึงประดิษฐ์ โดยอาศัยรากของพืชลอยน้ำเป็นแผ่นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ พืชลอยน้ำที่นิยมใช้ ได้แก่ จอก แหน และผักตบชวา แต่ต้องคอยควบคุมให้ปริมาณอย่าให้มีปริมาณมากกว่า 60 % ของพื้นที่ผิวของบ่อ เพราะจะทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ส่วนใหญ่ระบบพืชลอยน้ำจะใช้เป็นระบบเสริมระบบอื่น โดยใช้ในบ่อที่ผ่านการบำบัดแล้ว หรือในบริเวณคลองส่งน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำภายนอก ความลึกของบ่อควรมีความลึกประมาณ 20 - 180 เซนติเมตร ระยะเวลากักเก็บและค่าความสกปรกของน้ำเสียที่จะเข้าระบบคล้ายคลึงกับระบบบึงประดิษฐ์

รูปภาพที่ 2 กระบวนการจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร



ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2536 ก)

รูปภาพที่ 3 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน



ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2536 ข)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีการศึกษาวิจัย

1. การสำรวจรวบรวมข้อมูลวิธีการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยโดยการสังเกตเชิงวิเคราะห์ (Analylical research) ทำการศึกษาวิจัยโดยสำรวจรวบรวมข้อมูลวิธีการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกรในจังหวัดที่มีการเลี้ยงสุกรหนาแน่น 6 จังหวัด ได้แก่ ราชบุรี นครปฐม ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และนครราชสีมา ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของฟาร์ม ได้แก่ ชื่อเจ้าของฟาร์ม สถานที่ตั้ง การบริหารจัดการ วันเดือนปีที่เริ่มดำเนินการ สภาพสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ฟาร์ม ปัญหามลภาวะและผลกระทบต่อชุมชนบริเวณรอบฟาร์ม

2. ข้อมูลการจัดการทรัพยากร ได้แก่ จำนวนที่ดินทั้งหมดของฟาร์ม การบริหารจัดการใช้ที่ดินของฟาร์ม ราคาที่ดินปัจจุบัน แหล่งน้ำ การจัดการทรัพยากรน้ำและปัญหาการขาดแคลนน้ำ จำนวนอัตรากำลังบุคลากร

3. ข้อมูลการเลี้ยงสุกร ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการผลิตสุกร จำนวนสุกรแบ่งตามประเภทและขนาดต่าง ๆ จำนวนและรูปแบบโรงเรือนเลี้ยงสุกร วิธีการจัดการเลี้ยงดูสุกร

4. ข้อมูลการจัดการน้ำเสีย ได้แก่ วิธีการบำบัดน้ำเสียและความถี่ในการทำความสะอาด จำนวนของเสียโดยเฉพาะมูลและน้ำเสีย ลักษณะวิธีและหลักการของระบบบำบัดน้ำเสีย ขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่ายทั้งการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสีย ชนิดและจำนวนผลพลอยได้จากการดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสีย รายได้จากการขายหรือแปรรูปผลพลอยได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย วิธีการแก้ปัญหาแบบอื่นๆ ที่ฟาร์มใช้เสริมกับระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อแก้ปัญหาทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2. การคัดเลือกฟาร์มตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อศึกษาวิจัยระบบบำบัดน้ำเสียในด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน จึงต้องคัดเลือกฟาร์มตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำเสียมากพอที่จะคุ้มค่ากับการลงทุนสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นจึงเลือกศึกษาในฟาร์มสุกรขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยกำหนดและแบ่งขนาดของฟาร์มดังนี้

1. การกำหนดขนาดของฟาร์มสุกร กำหนดตามจำนวนหน่วยปศุสัตว์ (น.ป.ส.) ของฟาร์มสุกร เมื่อคิดน้ำหนักสุกรในฟาร์มเมื่อโตเต็มที่ และกำหนดให้ 1 หน่วยปศุสัตว์ เท่ากับน้ำหนักสุกรรวม 500 กิโลกรัม

ฟาร์มสุกรรายย่อย	มีขนาด	น้อยกว่า 6	หน่วยปศุสัตว์
ฟาร์มสุกรขนาดเล็ก	มีขนาด	6 - 60	หน่วยปศุสัตว์
ฟาร์มสุกรขนาดกลาง	มีขนาด	61 - 600	หน่วยปศุสัตว์
ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่	มีขนาด	มากกว่า 600	หน่วยปศุสัตว์

2. การกำหนดน้ำหนักสุกร เมื่อโตเต็มที่ กำหนดให้

สุกรพ่อ - แม่พันธุ์	มีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ	170	กิโลกรัม
สุกรขุน	มีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ	60	กิโลกรัม
สุกรอนุบาล	มีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ	12	กิโลกรัม

คัดเลือกฟาร์มสุกรเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา โดยกำหนดคุณสมบัติ ดังนี้

1. เป็นฟาร์มสุกรขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ มีจำนวนสุกร ไม่น้อยกว่า 300 หน่วยปศุสัตว์
2. มีระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ได้ดำเนินการมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 ปี
3. ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพ ไม่เคยก่อปัญหาด้านมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์ม
4. สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ได้ครบถ้วน

3. การตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างน้ำเสีย เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสีย ตามพารามิเตอร์ที่กำหนด ฟาร์มละ 2 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 2 - 4 เดือน

3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

อุปกรณ์

1. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเสียเป็นขวดแก้ว ขนาด 500 มิลลิลิตร มีฝาปิดสนิทแบบเกลียว ป้องกันการรั่วซึมของน้ำและอากาศได้
2. ขันตักน้ำด้ามยาว ประมาณ 2 เมตร ถอดประกอบได้
3. ถังน้ำพลาสติก ขนาด 15 - 20 ลิตร
4. กล่องโฟม
5. น้ำแข็ง

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

1. การเก็บตัวอย่างจากบ่อพักน้ำเสีย จะเก็บตัวอย่างโดยการตักน้ำเสียประมาณ 7 - 8 จุด โดยมีระดับความลึกต่างกัน เช่น ที่ระดับความลึก 1/3 , 2/3 และจากหลาย ๆ บริเวณของบ่อพักน้ำเสีย แล้วนำมารวมกันในถังเพื่อเก็บใส่ขวดตัวอย่างอีกครั้งหนึ่ง

2. การเก็บตัวอย่างจากบ่อรวมน้ำเสีย จะเก็บตัวอย่างโดยการตักน้ำเสียประมาณ 3 - 4 จุด ที่ระดับความลึกต่างกันและระยะเวลาต่างกันประมาณ 10 - 15 นาที แล้วนำมารวมกันในถังเพื่อเก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่างอีกครึ่งหนึ่ง

3. การเก็บตัวอย่างในท่อระบายน้ำ จะเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 2/3 จำนวน 3 ครั้ง ห่างกันทุก 10 นาที นำมารวมกันในถังเพื่อเก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่างอีกครั้งหนึ่ง

4. การเก็บตัวอย่างน้ำเสียใส่ขวดเก็บตัวอย่าง ต้องใส่น้ำเสียให้เต็มขอบปากขวดพอดีและปิดฝาขวดให้สนิท โดยไม่ให้มีอากาศเหลืออยู่ภายในขวด

5. นำขวดเก็บตัวอย่างที่เก็บตัวอย่างน้ำเสียแล้วใส่กล่องโฟม และใส่น้ำแข็งเพื่อให้มีอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปตรวจในห้องปฏิบัติการโดยเร็วที่สุด ในการทดลองครั้งนี้จะใช้เวลาไม่เกิน 6 ชั่วโมง เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียตามพารามิเตอร์ที่กำหนด

3.2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย

วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 5 ใช้วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ซึ่งกำหนดโดย American Public Health Association , American Water Works Association , Water Pollution Control Federation (APHA , AWWA , WPCF 1992)

ตารางที่ 5 วิธีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำ

PARAMETER	ANALYTICAL METHOD
1. BOD	1. Azide modification
2. COD	2. Open reflux with potassium dichromate
3. TKN	3. Kjeldahl method

ตารางที่ 6 สรุปความหมายของพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์

พารามิเตอร์	ความหมาย
1. BOD	- เป็นค่าแสดงความสกปรกของน้ำเสีย ในรูปของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน
2. COD	- เป็นค่าแสดงความสกปรกของน้ำเสีย ในรูปของออกซิเจนที่ใช้สำหรับการออกซิไดส์สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียภายใต้สภาวะกรดเข้มข้น และอุณหภูมิสูง
3. TKN	- เป็นการแสดงค่าผลรวมของแอมโมเนียและสารอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียทั้งหมด โดยการย่อยสารอินทรีย์ไนโตรเจนโดยการออกซิไดส์ด้วยกรดกำมะถัน

4. **ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

4.1 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

$$E = \frac{[\,(P)\ inf\ -\ (P)\ eff\,] \times 100}{(P)\ inf}$$

โดยกำหนดให้

E = ประสิทธิภาพของระบบบำบัด หน่วยเป็นร้อยละของการกำจัดมลสารในน้ำเสีย

(P) inf = ความเข้มข้นของมลสารในน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด

(P) eff = ความเข้มข้นของมลสารในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มลสารที่ใช้แสดงประสิทธิภาพของระบบบำบัด ได้แก่ พารามิเตอร์ต่อไปนี้ บีโอดี ซีโอดี และทีเคเอ็น

4.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนของระบบบำบัด

แนวทางในการวิเคราะห์โครงการระบบบำบัดน้ำเสียด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน (วันชัย , 2539) ได้แก่ การนำเอารายจ่ายและรายได้ทั้งหมดที่เกิดจากโครงการระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น เงินลงทุน เงินค่าใช้จ่ายรายปี เช่น ค่าจ้างแรงงาน ค่าซ่อมบำรุง ค่าถุงบรรจุปุ๋ย รายได้จากการขายปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์ หรือการนำก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการทางชีววิทยาแบบไร้ออกซิเจนมาแปลงรูปเป็นพลังงานเพื่อใช้ในฟาร์ม เช่น ใช้ทดแทนค่าก๊าซหุงต้มที่ใช้กกลูกสุกร ทดแทนค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และประกอบการตัดสินใจดำเนินโครงการ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงถึงศักยภาพความเป็นไปได้ ของการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ รวมทั้งข้อจำกัดและเงื่อนไขในการลงทุนของผู้ประกอบกิจการฟาร์มเลี้ยงสุกรอีกด้วย

จากข้อมูลที่ได้รับเบื้องต้น ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพแสดงให้เห็นว่าก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เกินความต้องการที่จะนำไปใช้เผาโดยตรง เพื่อให้ความร้อนสำหรับกกลูกสุกร หรือนำไปใช้สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าของฟาร์ม แต่เพื่อมิให้การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนต้องติดขัด จึงตั้งสมมุติฐานการวิเคราะห์ตามสภาพความเป็นจริงของแต่ละฟาร์มที่คัดเลือกมาศึกษาวิจัย

สำหรับวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน (Internal Rate of Return , IRR)

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้แสดงให้เห็นถึงอัตราผลประโยชน์ที่จะได้ตอบแทนจากเงินที่ลงทุนไปในโครงการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งปกติหากไม่มีเหตุผลทางด้านอื่นที่สำคัญกว่ามักจะถือว่าโครงการที่มีอัตราผลตอบแทนคืนทุนที่สูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารพาณิชย์ เป็นโครงการที่ควรพิจารณาและสามารถลงทุนได้ (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารพาณิชย์ ประมาณร้อยละ 12)

หลักการคำนวณได้แก่การเทียบรายได้ให้เท่ากับรายจ่าย โดยการคิดจำนวนเงินทั้งหมดเป็นค่าเงินในปัจจุบัน ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$A (P/A , i\% , n) - C - OM (P/A , i\% , n) + S (P/F , i\% , n) = 0$$

โดยกำหนดให้

A = รายได้ (annual cash flow) มีหน่วยเป็นบาท / ปี

C = เงินลงทุนครั้งแรก (initial capital cost) มีหน่วยเป็นบาท

OM = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง (operation and maintanance) มีหน่วยเป็นบาท / ปี

S = ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน (salvage value) มีหน่วยเป็นบาท

(P/A , i% , n) = ค่าเงินปัจจุบันของรายได้หรือร่ายจ่ายต่อปี ณ ปีที่ 0 ของการลงทุน

$= (1 - i)^{n} - 1 / i (1 + i)^{n}$

(P/F ,i% , n) = ค่าเงินปัจจุบันของรายได้ในอนาคต ณ ปีที่ 0 ของการลงทุน

$= 1 / (1 + i)^{n}$

n = อายุการใช้งานของระบบ หน่วยเป็นปี

i % = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราผลตอบแทนคืนทุน (IRR) หน่วยเป็นร้อยละ

2. วิเคราะห์โดยหาจำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (Uniform annual cash flow : UAC)

เป็นการวิเคราะห์การลงทุนระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการคำนวณค่าของเงินลงทุนค่าใช้จ่ายรายปี รายได้รายปีและรายได้จากการขายอุปกรณ์ของระบบบำบัดน้ำเสีย เมื่อสิ้นสุดโครงการให้อยู่ในรูปของจำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี ณ ค่าของเงินปัจจุบัน เพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบความเหมาะสมของการลงทุนของโครงการต่าง ๆ ที่มีวิธีการ อายุโครงการ และระบบจัดการที่แตกต่างกัน แต่มีประสิทธิภาพของระบบใกล้เคียง โครงการใดที่มีค่าของเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปีเป็นผลประโยชน์ตอบแทนมากกว่าหรือเสียค่าใช้จ่ายดำเนินการน้อยกว่า ต้องถือว่ามีความเหมาะสมมากกว่า โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (วันชัย , 2539)

UAC = $A - C (A/P, i\%, n) - OM + S (A/F ,i\%, n)$

โดยกำหนดให้

UAC = จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (Uniform annual cash flow) หน่วยเป็น บาท/ปี

A = รายได้ ของโครงการซึ่งเท่ากันทุกปี หน่วยเป็นบาท/ปี

C = เงินลงทุนครั้งแรก (initial capitial cost) หน่วยเป็นบาท

OM = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง (operation and maintanance) มีหน่วยเป็นบาท / ปี

S = ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน (salvage value) หน่วยเป็นบาท

(A/P , i% , n) = ค่าเงินปัจจุบันเฉลี่ยเท่ากันรายปี ของรายรับหรือรายจ่ายรายปี ณ ปีที่ 0 ของการลงทุน

$= i (1 - n)^{n} / (1+ i)^{n} - 1$

(A/F , i% , n) = ค่าเงินปัจจุบันเฉลี่ยเท่ากันรายปี ของรายรับหรือรายจ่ายในอนาคต ณ ปีที่ 0 ของการลงทุน

$= i /(1 + i)^{n} - 1$

n = อายุการใช้งานของระบบ หน่วยเป็นปี

i % = อัตราดอกเบี้ยหน่วยเป็นร้อยละ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
รายงานผลการศึกษาวิจัย

1. การสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

การสำรวจรวบรวมข้อมูลของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร โดยการใช้แบบสอบถาม (ตามภาคผนวก ค) ฟาร์มสุกรทั้งฟาร์มขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ จำนวน 100 ฟาร์ม ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี นครปฐม ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง และนครราชสีมา ผลการสำรวจพบระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร ดังนี้

1. ระบบบ่อบำบัด จำนวน 54 ฟาร์ม โดยแบ่งออกได้เป็น
   - 1.1 มีบ่อพักน้ำเสีย
   - 1.2 มีบ่อหมัก และบ่อพักน้ำเสีย
   - 1.3 มีถังหมัก บ่อหมัก และบ่อพักน้ำเสีย
   - 1.4 มีเครื่องอัดแยกมูลสุกร และบ่อบำบัด
2. ระบบบำบัดแบบไบโอแก๊ส (Biogas) จำนวน 23 ฟาร์ม
3. ไม่มีระบบบำบัด (ปล่อยน้ำออกนอกฟาร์มโดยตรง) จำนวน 23 ฟาร์ม

โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายละเอียดผลการสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

ที่	จำนวนสุกร (ตัว)			ขนาดฟาร์ม (หน่วยปศุสัตว์)	ระบบบำบัดน้ำเสีย
	สุกรพันธุ์	สุกรขุน	ลูกสุกร		
1	2,200	6,000	7,000	1,440	บ่อดิน 4 บ่อ
2	1,100	5,000	2,500	1,100	บ่อดิน 5 บ่อ
3	980	7,000	2,000	960	บ่อดิน 3 บ่อ
4	2,000	6,100	4,900	1,918	ถังหมัก+บ่อหมัก+บ่อดิน 3 บ่อ
5	-	8,000	-	960	บ่อดิน 6 บ่อ
6	2,700	2,000	6,000	1,295	บ่อดิน 4 บ่อ
7	-	10,500	-	1,260	บ่อไบโอแก๊ส + บึงประดิษฐ์
8	2,850	5,000	3,000	1,641	บ่อหมัก+บ่อดิน 8 บ่อ

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ที่	จำนวนสุกร (ตัว)			ขนาดฟาร์ม	ระบบบำบัดน้ำเสีย
	สุกรพันธุ์	สุกรขุน	ลูกสุกร	(หน่วยปศุสัตว์)	
9	40	300	200	56	ไม่มีระบบบำบัด
10	2,300	4,000	2,000	1,810	บ่อไบโอแก๊ส + บ่อดิน 3 บ่อ
11	240	-	300	87	ไม่มีระบบบำบัด
12	200	300	200	76	ไม่มีระบบบำบัด
13	220	500	200	136	บ่อดิน 2 บ่อ
14	180	300	200	97	ไม่มีระบบบำบัด
15	1,000	-	2,000	406	บ่อหมัก + บ่อดิน 4 บ่อ
16	-	2,500	-	300	บ่อดิน 3 บ่อ
17	500	2,000	500	427	บ่อดิน 4 บ่อ
18	300	-	650	130	บ่อดิน 3 บ่อ
19	400	200	800	200	บ่อดิน 2 บ่อ
20	600	-	415	214	บ่อดิน 4 บ่อ
21	400	400	800	250	บ่อไบโอแก๊ส
22	200	250	1,400	150	บ่อไบโอแก๊ส
23	250	800	-	180	บ่อดิน 2 บ่อ
24	200	-	1,360	95	ไม่มีระบบบำบัด
25	-	1,000	-	120	ไม่มีระบบบำบัด
26	-	2,000	-	240	บ่อดิน 2 บ่อ
27	-	1,500	-	180	บ่อดิน 4 บ่อ
28	220	80	105	85	บ่อไบโอแก๊ส
29	320	300	500	156	บ่อไบโอแก๊ส
30	223	150	240	99	ไม่มีระบบบำบัด
31	300	1,000	-	222	บ่อหมัก + บ่อพักน้ำเสีย
32	200	2,000	-	308	ถังหมัก + บ่อหมัก + บ่อดิน 3 บ่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ที่	จำนวนสุกร (ตัว)			ขนาดฟาร์ม	ระบบบำบัดน้ำเสีย
	สุกรพันธุ์	สุกรขุน	ลูกสุกร	(หน่วยปศุสัตว์)	
33	200	2,000	-	308	บ่อพักน้ำเสีย 2 บ่อ
34	-	1,000	-	120	บ่อดิน 2 บ่อ
35	100	300	-	70	ถังหมัก + บ่อดิน 2 บ่อ
36	135	150	-	68	บ่อไบโอแก๊ส
37	140	-	120	50	บ่อดิน 2 บ่อ
38	40	-	40	14	ไม่มีระบบบำบัด
39	33	250	200	46	ไม่มีระบบบำบัด
40	52	20	50	21	ไม่มีระบบบำบัด
41	-	300	-	36	ไม่มีระบบบำบัด
42	23	100	30	20	บ่อดิน 2 บ่อ
43	109	-	190	41	ไม่มีระบบบำบัด
44	65	-	200	26	ถังหมัก + บ่อดิน
45	115	-	100	41	บ่อไบโอแก๊ส
46	96	-	160	36	ไม่มีระบบบำบัด
47	100	600	120	108	บ่อไบโอแก๊ส
48	2,000	4,000	1,500	830	บ่อไบโอแก๊ส + บ่อดิน
49	-	499	-	59	ไม่มีการบำบัด
50	6	20	-	4	ไม่มีการบำบัด
51	-	499	-	59	บ่อไบโอแก๊ส
52	11	20	80	8	ไม่มีระบบบำบัด
53	-	480	-	57	ไม่มีระบบบำบัด
54	-	495	-	59	บ่อดิน 2 บ่อ
55	-	400	-	48	ไม่มีการบำบัด
56	-	4,000	-	480	บ่อหมัก + บ่อดิน 2 บ่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ที่	จำนวนสุกร (ตัว)			ขนาดฟาร์ม	ระบบบำบัดน้ำเสีย
	สุกรพันธุ์	สุกรขุน	ลูกสุกร	(หน่วยปศุสัตว์)	
57	-	5,000	-	600	บ่อดิน 4 บ่อ
58	400	800	1,200	300	บ่อไบโอแก๊ส
59	-	4,050	-	486	บ่อไบโอแก๊ส
60	-	400	-	48	ไม่มีระบบบำบัด
61	-	470	-	56	ไม่มีระบบบำบัด
62	2,500	2,200	3,000	1,620	บ่อไบโอแก๊ส + บึงประดิษฐ์
63	237	-	300	87	บ่อดิน 3 บ่อ
64	106	300	200	76	ไม่มีระบบบำบัด
65	210	500	200	136	บ่อดิน 2 บ่อ
66	166	300	200	97	บ่อดิน 3 บ่อ
67	1,200	6,000	1,200	750	บ่อดิน 4 บ่อ
68	-	2,500	-	300	บ่อหมัก + บ่อดิน 3 บ่อ
69	1,400	3,200	3,100	926	บ่อดิน 4 บ่อ
70	318	-	650	124	บ่อดิน 3 บ่อ
71	-	900	-	108	ไม่มีระบบบำบัด
72	400	80	800	165	บ่อหมัก + บ่อดิน 2 บ่อ
73	600	-	415	214	บ่อหมัก + บ่อดิน 2 บ่อ
74	400	200	800	179	บ่อไบโอแก๊ส
75	180	200	1,400	118	บ่อไบโอแก๊ส
76	250	800	-	181	บ่อดิน 2 บ่อ
77	186	-	1,360	95	บ่อไบโอแก๊ส
78	-	13,000	-	1,560	บ่อไบโอแก๊ส
79	-	800	200	100	ไม่มีระบบบำบัด
80	-	1,500	-	180	บ่อดิน 3 บ่อ
81	217	80	105	85	บ่อไบโอแก๊ส

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ที่	จำนวนสุกร (ตัว)			ขนาดฟาร์ม	ระบบบำบัดน้ำเสีย
	สุกรพันธุ์	สุกรขุน	ลูกสุกร	(หน่วยปศุสัตว์)	
82	800	3,400	1,500	590	บ่อดิน 4 บ่อ
83	320	300	500	156	บ่อไบโอแก๊ส + บ่อดิน 2 บ่อ
84	230	150	240	105	บ่อดิน 3 บ่อ
85	300	1,000	-	220	บ่อหมัก + บ่อดิน 2 บ่อ
86	180	300	200	105	บ่อดิน 2 บ่อ
87	2,800	11,500	5,500	1,992	บ่อหมัก + บ่อกักเก็บ 3 บ่อ
88	-	2,500	-	300	บ่อดิน 4 บ่อ
89	500	2,000	700	405	บ่อหมัก + บ่อดิน 2 บ่อ
90	320	-	700	140	บ่อดิน 4 บ่อ
91	400	80	800	165	บ่อดิน 3 บ่อ
92	550	200	600	240	บ่อดิน 3 บ่อ
93	450	200	800	190	บ่อดิน 3 บ่อ
94	180	200	1,400	118	บ่อไบโอแก๊ส + บ่อพักน้ำ
95	-	13,000	-	1,560	บ่อไบโอแก๊ส
96	200	-	1,360	100	บ่อดิน 2 บ่อ
97	300	1,000	-	120	บ่อดิน 4 บ่อ
98	180	800	200	100	บ่อดิน 3 บ่อ
99	1,600	9,700	3,200	1,748	บ่อไบโอแก๊ส
100	220	100	100	95	ไม่มีระบบบำบัด

ผลการสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร จำนวน 100 ฟาร์ม สรุปได้ดังนี้

1. ฟาร์มที่ไม่มีการบำบัดน้ำเสีย จำนวน 23 ฟาร์ม
2. ฟาร์มที่มีระบบบำบัดแบบบ่อบำบัด จำนวน 54 ฟาร์ม
3. ฟาร์มที่มีระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ จำนวน 23 ฟาร์ม

2. ผลการศึกษาฟาร์มกรณีตัวอย่าง

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 1

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

การบริหารจัดการ บริษัท จำกัด (มหาชน)

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรพ่อ - แม่พันธุ์ และสุกรขุน
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2533
- มีโรงเรือนสุกร จำนวนทั้งสิ้น 36 หลัง
  - โรงเรือน พ่อ - แม่พันธุ์ คอกคลอดและอนุบาล 5 หลัง
  - โรงเรือนสุกรเล็ก 4 หลัง
  - โรงเรือนสุกรขุน 27 หลัง
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม 500 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 200 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 50 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 50,000 บาท
- ตั้งอยู่ห่างไกลชุมชน ไม่มีสภาวะกดดันเนื่องจากมลภาวะจากชุมชนและหน่วยงานของรัฐ บริเวณรอบ ๆ ฟาร์ม เป็นไร่ข้าวโพด นาข้าว และที่รกร้างว่างเปล่า
- แหล่งน้ำ น้ำใต้ดิน ความลึก 25 เมตร สำหรับอุปโภค บริโภค ร่วมกับน้ำผิวดิน สระน้ำ บางครั้งมีปัญหาขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง

จำนวนสุกรในฟาร์ม

- สุกรพ่อ - แม่พันธุ์	น้ำหนักเฉลี่ย	170	กิโลกรัม	จำนวน	1,600	ตัว
- สุกรอนุบาล	น้ำหนักเฉลี่ย	12	กิโลกรัม	จำนวน	3,200	ตัว
- สุกรขุน	น้ำหนักเฉลี่ย	60	กิโลกรัม	จำนวน	9,700	ตัว
รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น					14,500	ตัว
น้ำหนักสุกรรวมทั้งสิ้น					892,400	กิโลกรัม
หรือคิดเป็นจำนวนหน่วยปศุสัตว์					1,748	หน่วย

การทำความสะอาด และการบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือนพ่อ แม่พันธุ์ และโรงเรือนสุกรอนุบาล ลักษณะยกพื้น Slat ทำความสะอาดทุกวันโดยเก็บกวาดมูลสุกรแล้วล้างพื้นวันละ 1 ครั้ง ใช้น้ำจากบ่อพักน้ำที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว
- โรงเรือนสุกรขุน พื้นปูนซีเมนต์ เก็บกวาดมูลสุกรและล้างพื้นคอกวันละ 1 ครั้ง

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด ความชื้นประมาณ 85 %	18,700	กิโลกรัม / วัน
- ปัสสาวะ	46,000	ลิตร / วัน
- น้ำใช้ , น้ำทำความสะอาดคอก	330,000	ลิตร / วัน
- รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น ประมาณ	394.7	ลบ.ม. / วัน

ระบบท่อส่งน้ำเสีย

- ระยะทางรวม ประมาณ	1,750	เมตร
- บ่อรวมน้ำเสียขนาด 8 x 10 x 5 เมตร	1	บ่อ

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

- บ่อรวมน้ำเสีย ขนาด 26.5 ลบ.ม.	1	บ่อ
- บ่อหมักช้าแบบราง จำนวน	2	ชุด
ขนาด 7 x 42 x 4 เมตร ความจุ	1,000	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนใส	12	ชั่วโมง
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนข้น	20	วัน
ความจุในการเก็บก๊าซ	450	ลบ.ม.
- บ่อหมักเร็วแบบ UASB จำนวน	4	ชุด
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	7	เมตร
ลึก	6.8	เมตร
ความจุ	200	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ	25	ชั่วโมง
- ลานกรอกของแข็ง จำนวน	2	ชุด
ขนาด 22 x 48 ม. พื้นที่	1,050	ตร.ม.
ระยะเวลาตากปกติ	4	วัน
- รวมขนาดความจุระบบบำบัดทั้งสิ้น	2,800	ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย โดยเฉลี่ย 7 วัน

ระบบบำบัดขั้นหลัง

- สระปรับเสถียร จำนวน 2 บ่อ ต่อแบบอนุกรม รวม 7,500 ลบ.ม.
  - บ่อที่ 1 ขนาดพื้นที่ 3,000 ตร.ม.
    - ลึก 1.5 เมตร
    - ความจุ 4,500 ลบ.ม.
  - บ่อที่ 2 ขนาดพื้นที่ 2,000 ตร.ม.
    - ลึก 1.5 เมตร
    - ความจุ 3,000 ลบ.ม.
  - ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ 18 วัน
- บึงประดิษฐ์ โดยปลูกต้นธูปฤาษี และต้นกก
  - ขนาดพื้นที่ 17,500 ตร.ม.
  - ลึก 0.15 เมตร
  - ความจุ 2,625 ลบ.ม.
  - ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ 7 วัน
- สระพักน้ำและเก็บน้ำ จำนวน 1 สระ
  - ขนาด 90 x 75 x 6 เมตร ความจุ 40,500 ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด (มิถุนายน 2539 - มกราคม 2540) ประกอบด้วย

- ระบบท่อส่งน้ำเสีย
- ระบบสายส่งไฟฟ้า
- ระบบก๊าซชีวภาพ
- ระบบบำบัดขั้นหลัง และสระพักน้ำ
- ระบบท่อส่งก๊าซชีวภาพและอุปกรณ์

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 8,556,000 บาท

- เงินสนับสนุนค่าก่อสร้างจากกองทุนอนุรักษ์พลังงาน 2,566,000 บาท
- เจ้าของฟาร์มลงทุนเอง เป็นเงิน 5,990,000 บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบบำบัด

- ค่าจ้างแรงงาน ผู้ควบคุมและดำเนินการระบบบำบัด จำนวน 4 คน
  รวม 20,000 บาท / เดือน เป็นเงิน 240,000 บาท / ปี
- ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ 22,000 บาท / เดือน เป็นเงิน 264,000 บาท / ปี

รวมรายจ่ายค่าดำเนินการตลอดทั้งปี เป็นเงิน 504,000 บาท / ปี

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- ก๊าซชีวภาพ ผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ วันละ 700 ลบ.ม.
  - ใช้สำหรับเครื่องกกลูกสุกร จำนวน 210 ชุด วันละ 10 –16 ชั่วโมง
    อัตราการใช้ก๊าซ 200 ลิตร / ชุด - ชั่วโมง
    รวมความต้องการก๊าซเพื่อกกลูกสุกร จำนวนวันละ 420 - 672 ลบ.ม.
    คิดเป็นมูลค่า 50,000 บาท / เดือน หรือ 600,000 บาท / ปี
  - ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 40 กิโลวัตต์ 4 - 9 ชม./วัน
    ต้องการเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 160 - 360 กิโลวัตต์ /วัน

(ปัจจุบันไม่ได้ผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีปัญหาการดัดแปลงใช้เครื่องยนต์เบนซิน ให้ใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ต้องซ่อมบำรุงมากเพราะก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีแรงดันต่ำ และไม่บริสุทธิ์เกิดการสึกหรอของเครื่องยนต์มาก)

- ปุ๋ยอินทรีย์
  ผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดี ความชื้น 15 % จำนวนวันละ 2,500 กิโลกรัม
  ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 0.80 บาท รวมเป็นเงิน 720,000 บาท / ปี

รวมรายได้ตลอดทั้งปี เป็นเงิน 1,320,000 บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- น้ำที่ผ่านระบบบำบัดและเก็บในสระพักน้ำสามารถสูบกลับมาใช้ทำความสะอาดคอกสุกร ตลอดจนช่วยในการดำเนินการของระบบบำบัดได้ 160 ลบ.ม. / วัน

2. ข้อมูลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน
- บำบัดน้ำเสีย สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงเลี้ยงสุกร ปริมาณ 395 ลบ.ม. / วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพการของระบบบำบัด ฟาร์มที่ 1

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	6,546	105	98.40
COD	มก./ลิตร	11,000	232	97.89
TKN	มก./ลิตร	582.02	155.39	73.30

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก (ในส่วนของเจ้าของฟาร์ม) เป็นเงิน 5,990,000 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 1,320,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 504,000 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด สำหรับระบบก๊าซชีวภาพมีอายุการใช้งาน 15 ปี
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน เมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\% n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\% n) = C$

แทนค่าในสูตร

$(1,320,000 - 504,000) (P/A, i\%, 15) = 5,990,000$

$816,000 (P/A, i\%, 15) = 5,990,000$

$(P/A, i\%, 15) = \frac{5,990,000}{816,000}$

(P/A,i%,15) = 7.341

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

(P/A,12%,15) = 6.811

(P/A,10%,15) = 7.606

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) = $12 - \frac{7.341 - 6.811}{7.606 - 6.811} \times (12 - 10)$

= 10.67

2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร UAC = A - C (A/P, i%, n) - OM + S (A/F, i%, n)

= 1,320,000 - 5,990,000 (A/P,12%,15) - 504,000 + 0

= 816,000 - (5,990,000 x 0.14682)

= 816,000 - 879,451.80

= - 63,451.80

ตารางที่ 9 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 1

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ / ปี	10.67
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	- 63,451.80

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 2

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี

การบริหารจัดการ บริษัท จำกัด (มหาชน)

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรขุน ขนาดโรงเรือน 20 x 10 เมตร จำนวน 10 หลัง
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2538
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม ประมาณ 150 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 50 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 70 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 40,000 บาท
- ฟาร์มตั้งอยู่ห่างจากชุมชน บริเวณรอบฟาร์ม ปลูกพืชไร่ นาข้าว และที่รกร้างว่างเปล่า
- แหล่งน้ำ ใช้น้ำใต้ดิน ลึก 50 เมตร และสระน้ำ

จำนวนสุกรในฟาร์ม

- สุกรขุนน้ำหนักเฉลี่ย 60 กิโลกรัม จำนวน 13,000 ตัว
  - น้ำหนักสุกรรวม 780,000 กิโลกรัม
  - หรือคิดเป็นหน่วยปศุสัตว์ 1,560 หน่วย

การทำความสะอาด และบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือน ลักษณะยกพื้น Slat ใต้พื้น Slat เป็นบ่อกักน้ำ สูง 20 - 25 ซม. เพื่อเก็บอุจาระ และปัสสาวะ สุกรไม่ให้มีกลิ่น
- ทำความสะอาด โดยการเก็บกวาดมูลสุกร และฉีดน้ำล้างมูลสุกรให้ตกลงใต้พื้น Slat ในบ่อกักน้ำ และใช้ระบบแรงดันน้ำล้างออกเมื่อเปิดวาวล์ วันละ 1 ครั้ง

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด 16,400 กิโลกรัม/วัน
- น้ำปัสสาวะ 41,220 ลิตร / วัน
- น้ำใช้ น้ำทำความสะอาดคอก 288,600 ลิตร / วัน
- รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น ประมาณ 346.22 ลบ.ม./วัน

ระบบวางท่อส่งน้ำเสีย

- ระยะทางรวม ประมาณ	500	เมตร

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

- บ่อรวมน้ำเสีย ขนาดความจุ 30 ลบ.ม. จำนวน	1	บ่อ
- บ่อหมักช้าแบบราง จำนวน	2	ชุด
ขนาด 7 x 42 x 4 เมตร ความจุ	1,000	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนใส	12	ชั่วโมง
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนข้น	20	วัน
ความจุในการเก็บก๊าซ	450	ลบ.ม.
- บ่อหมักแบบเร็ว UASB จำนวน	4	ชุด
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	7	เมตร
ลึก	6.8	เมตร
ความจุ	200	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ	25	ชั่วโมง
- ลานกรองของแข็ง จำนวน	1	ชุด
ขนาด 22 x 48 เมตร พื้นที่	1,050	ลบ.ม.
ระยะเวลาตากปกติ	4	วัน

ระบบบำบัดขั้นหลัง

- สระปรับเสถียร จำนวน	1	สระ
ขนาดพื้นที่	2,200	ตร.ม.
ลึก	1.5	เมตร
ความจุ	3,300	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	8 – 10	วัน
- บึงประดิษฐ์ โดยปลูกต้นกก จำนวน 2 บึง ต่อกันแบบอนุกรม		
ขนาดพื้นที่	40,000	ตร.ม.
ลึก	0.20	เมตร
ความจุ	8,000	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	20	วัน
- สระพักน้ำและเก็บน้ำ จำนวน	2	สระ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สระที่ 1 ขนาดพื้นที่ 1,650 ตร.ม.

ลึก 5 เมตร

ความจุ 8,250 ลบ.ม.

สระที่ 2 ขนาดพื้นที่ 6,000 ตร.ม.

ลึก 5 เมตร

ความจุ 30,000 ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด (มกราคม - สิงหาคม 2540) ประกอบด้วย

- ระบบท่อส่งน้ำเสีย
- ระบบสายส่งไฟฟ้า
- ระบบก๊าซชีวภาพ
- ระบบบำบัดขั้นหลังและสระพักน้ำ

- ระบบก๊าซชีวภาพและอุปกรณ์ รวมเป็นเงิน 9,650,000 บาท
- เงินสนับสนุนค่าก่อสร้างจากกองทุนอนุรักษ์พลังงาน 2,256,000 บาท
- เจ้าของฟาร์มลงทุนเอง เป็นเงิน 7,394,000 บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบบำบัด

- ค่าจ้างแรงงาน ผู้ควบคุมการดำเนินการระบบบำบัด จำนวน 4 คน

  รวม 22,000 บาท / เดือน เป็นเงิน 264,000 บาท / ปี
- ค่าซ่อมแซม วัสดุอุปกรณ์ เป็นเงิน 240,000 บาท / ปี

รวมรายจ่ายค่าดำเนินการตลอดทั้งปี เป็นเงิน 504,000 บาท / ปี

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- ก๊าซชีวภาพ ผลิตก๊าซชีวภาพได้ ประมาณวันละ 800 ลบ.ม.

  ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 40 – 60 กิโลวัตต์ วันละ 10 - 16 ชั่วโมง

  ทดแทนพลังงานไฟฟ้า 400 – 640 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

  คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้า 50,000 บาท / เดือน 600,000 บาท / ปี
- ปุ๋ยอินทรีย์

  ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ความชื้น 15 % จำนวน วันละ 2,900 กิโลกรัม

  ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 0.80 บาท เป็นเงิน 835,200 บาท / ปี

รวมรายได้ตลอดทั้งปี เป็นเงิน 1,435,200 บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- น้ำจากสระพักน้ำ สามารถสูบกลับมาใช้ในการล้างทำความสะอาดโรงเรือน และคอก ตลอดจนช่วยในการดำเนินการของระบบได้ 160 ลบ.ม. / วัน

2. ข้อมูลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดของเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน
- บำบัดน้ำเสียจากโรงเรือนสุกร ปริมาณ 350 ลบ.ม. /วัน

ตารางที่ 10 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพระบบบำบัด ฟาร์มที่ 2

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	15,300	847	94.46
COD	มก./ลิตร	8,055	64	99.21
TKN	มก./ลิตร	232.51	19.68	91.54

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก (ในส่วนของเจ้าของฟาร์ม) เป็นเงิน 7,394,000 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 1,435,200 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 504,000 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด สำหรับระบบก๊าซชีวภาพมีอายุการใช้งาน 15 ปี
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน เมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = C$

แทนค่าในสูตร

$(1,435,200 - 504,000) (P/A,i\%,15) = 7,394,000$

$931,200 (P/A,i\%,15) = 7,394,000$

$(P/A,i\%,15) = \frac{7,394,000}{931,200}$

$= 7.940$

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

$(P/A,10\%,15) = 7.606$

$(P/A, 8\%,15) = 8.559$

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) $= 10 - \frac{7.940 - 7.606}{8.559 - 7.606} X (10 - 8)$

$= 9.30$

2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร $UAC = A - C (A/P, i\%, n) - OM + S (A/F, i\%, n)$

$= 1,435,200 - 7,394,000 (A/P,12\%,15) - 504,000 + 0$

$= 931,200 - (7,394,000 \times 0.14682)$

$= 931,200 - 1,085,587.08$

$= - 154,387.08$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 2

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ / ปี	9.30
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	- 154,387.08

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 3

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลห้วยยางโทน อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี

การบริหารจัดการ บริษัท (มหาชน)

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรขุน ก่อสร้างใหม่
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2539
- มีโรงเรือนสุกร ขนาด 20 x 50 เมตร จำนวนทั้งสิ้น 36 หลัง
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม 94 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 40 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 40 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 40,000 บาท
- ตั้งอยู่ห่างไกลชุมชน ไม่มีสภาวะกดดันเนื่องจากมลภาวะจากชุมชนและหน่วยงานของรัฐ บริเวณรอบ ๆ ฟาร์ม เป็นไร่ข้าวโพด นาข้าว และที่รกร้างว่างเปล่า
- แหล่งน้ำ น้ำใต้ดิน ความลึก 50 เมตร สำหรับอุปโภคบริโภค รวมกับน้ำผิวดิน (สระเปิด) บางครั้งมีปัญหาขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง

จำนวนสุกรในฟาร์ม

- สุกรขุนน้ำหนักเฉลี่ย 60 กิโลกรัม จำนวน 13,000 ตัว
  รวมน้ำหนักสุกรทั้งสิ้น 780,000 กิโลกรัม
  หรือคิดเป็นจำนวนปศุสัตว์ 1,560 หน่วย

การทำความสะอาด และการบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือน ลักษณะยกพื้น Slat ทำความสะอาดทุกวันโดยการกวาดมูลสุกรแล้วล้างพื้นวันละ 1 ครั้ง น้ำที่ใช้ล้างพื้นคอกสุกรใช้น้ำจากสระพักน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้อีก

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด 16,380 กิโลกรัม/วัน
- ปัสสาวะ 41,300 ลิตร / วัน
- น้ำใช้ , น้ำทำความสะอาดคอก 288,600 ลิตร / วัน
- รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น ประมาณ 350 ลบ.ม. /วัน

ระบบท่อส่งน้ำเสีย

- ระยะทางรวม ประมาณ	850	เมตร
ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)		
- บ่อรวมน้ำเสีย ขนาด 18 ลบ.ม. จำนวน	1	บ่อ
- บ่อหมักช้าแบบราง จำนวน	2	ชุด
ขนาด 7 x 42 x 4 เมตร ความจุ	1,000	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนใส	13	ชั่วโมง
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนข้น	22	วัน
ความจุในการเก็บก๊าซ	450	ลบ.ม.
- บ่อหมักเร็วแบบ UASB จำนวน	4	ชุด
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	7	เมตร
ลึก	6.8	เมตร
ความจุ	200	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ	28	ชั่วโมง
- ลานกรอกของแข็ง จำนวน	1	ชุด
ขนาด 22 x 48 ม. พื้นที่	1,980	ตร.ม.
ระยะเวลาตากปกติ	4	วัน
- รวมขนาดความจุระบบบำบัดทั้งสิ้น	2,800	ลบ.ม.
- ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย โดยเฉลี่ย	8	วัน
ระบบบำบัดขั้นหลัง		
- สระปรับเสถียร จำนวน 1 บ่อ		
ขนาดพื้นที่	3,000	ตร.ม.
ลึก	1.5	เมตร
ความจุ	4,500	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ	12	วัน
- บึงประดิษฐ์ โดยปลูกต้นธูปฤาษี และต้นกก จำนวน	5	ชุด
ขนาดพื้นที่รวม	15,000	ตร.ม.
ลึก	0.20	เมตร
ความจุ	3,000	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ	8	วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สระพักน้ำและเก็บน้ำ จำนวน 1 สระ
  ขนาด 100 x 160 x 6 เมตร ความจุ 96,000 ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

- ค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด (มกราคม - มิถุนายน 2540) ประกอบด้วย
  - ระบบท่อส่งน้ำเสีย - ระบบสายส่งไฟฟ้า
  - ระบบก๊าซชีวภาพ - ระบบบำบัดขั้นหลัง และสระพักน้ำ
  - ระบบก๊าซชีวภาพและอุปกรณ์ รวมเป็นเงิน 8,780,000 บาท
  - เงินสนับสนุนจากกองทุนอนุรักษ์พลังงาน 2,256,000 บาท
  - เจ้าของฟาร์มลงทุนเอง เป็นเงิน 6,524,000 บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบบำบัด

- ค่าจ้างแรงงาน ผู้ควบคุมและดำเนินการระบบบำบัด จำนวน 4 คน
  รวม 21,800 บาท / เดือน เป็นเงิน 261,600 บาท / ปี
- ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ 20,000 บาท / เดือน เป็นเงิน 240,000 บาท / ปี
  รวมรายจ่ายค่าดำเนินการตลอดทั้งปี เป็นเงิน 501,600 บาท / ปี

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- ก๊าซชีวภาพ ผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ วันละ 700 ลบ.ม.
  ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 40 - 60 กิโลวัตต์ 8 - 12 ชม./วัน
  เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 320 - 480 กิโลวัตต์/วัน สามารถทดแทนค่าไฟฟ้า
  ของฟาร์มได้ เดือนละ 50,000 บาท รวมเป็นเงิน ปีละ 600,000 บาท
- ปุ๋ยอินทรีย์
  - ผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดี จำนวนวันละ 2,000 กิโลกรัม
    ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 0.80 บาท รวมเป็นเงิน 576,000 บาท / ปี
  - รวมรายได้ตลอดทั้งปี เป็นเงิน 1,176,000 บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- น้ำที่ผ่านระบบบำบัดและเก็บในสระพักน้ำสามารถสูบกลับมาใช้ทำความสะอาดคอกสุกร ตลอดจนช่วยในการดำเนินการของระบบบำบัดได้ 160 ลบ.ม. / วัน

2. ข้อมูลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดของเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน
- บำบัดน้ำเสีย สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงเลี้ยงสุกร ปริมาณ 350 ลบ.ม. / วัน

ตารางที่ 12 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพระบบบำบัดฟาร์มที่ 3

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	12,935	696	94.62
COD	มก./ลิตร	10,820	705	93.48
TKN	มก./ลิตร	425.01	119.66	71.85

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก (ในส่วนของเจ้าของฟาร์ม) เป็นเงิน 6,524,000 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 1,176,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 501,600 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด สำหรับระบบก๊าซชีวภาพมีอายุการใช้งาน 15 ปี
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน เมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\% n) = C$

แทนค่าในสูตร (1,176,000 - 501,600) (P/A,i%,15) = 6,524,000

674,400 (P/A,i%,15) = 6,524,000

(P/A,i%,15) = $\frac{6,524,000}{674,400}$

= 9.674

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

(P/A,7%,15) = 9.108

(P/A,6%,15) = 9.712

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) = $7 - \frac{9.674 - 9.108}{9.712 - 9.108} \times (7 - 6)$

= 6.06

3. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร UAC = A - C (A/P,i%,n) - OM + S (A/F,i%,n)

= 1,176,000 - 6,524,000 (A/P,12%,5) - 501,600 + 0

= 674,400 - (5,524,000 x 0.14682)

= 674,400 - 811,030.68

= - 136,633.68

ตารางที่ 13 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 3

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ / ปี	6.06
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	- 136,633.68

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 4

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลโพรงมะเดื่อ อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม

การบริหารจัดการ ครอบครัว

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรพ่อ - แม่พันธุ์ และสุกรขุน
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2520
- มีโรงเรือนสุกร จำนวนทั้งสิ้น 22 หลัง
  - โรงเรือน พ่อ - แม่พันธุ์ คอกคลอดและอนุบาล 4 หลัง
  - โรงเรือนสุกรเล็ก 2 หลัง
  - โรงเรือนสุกรขุน 16 หลัง
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม 80 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 60 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 10 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 150,000 บาท
- ตั้งอยู่ใกล้ชุมชน มีสภาวะกดดันเนื่องจากมลภาวะจากชุมชนและหน่วยงานของรัฐ บริเวณรอบ ๆ ฟาร์ม เป็นไร่ข้าวโพด นาข้าว และที่ชุมชน
- แหล่งน้ำ น้ำใต้ดิน ความลึก 60 เมตร สำหรับอุปโภคบริโภค รวมกับน้ำผิวดิน สระน้ำ บางครั้งมีปัญหาขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง

จำนวนสุกรในฟาร์ม (ในส่วนที่ระบบบำบัดของเสีย รับของเสียเข้าบำบัด)

- สุกรพ่อ - แม่พันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 180 กิโลกรัม จำนวน 400 ตัว
- สุกรอนุบาล น้ำหนักเฉลี่ย 12 กิโลกรัม จำนวน 1,200 ตัว
- สุกรขุน น้ำหนักเฉลี่ย 80 กิโลกรัม จำนวน 800 ตัว

รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น 2,400 ตัว

น้ำหนักสุกรรวมทั้งสิ้น 150,400 กิโลกรัม

หรือคิดเป็นจำนวนหน่วยปศุสัตว์ 300 หน่วย

การทำความสะอาด และการบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือนพ่อ แม่พันธุ์ ลักษณะยกพื้น Slat ทำความสะอาดทุกวันโดยเก็บกวาดมูลสุกรแล้วล้างพื้นวันละ 1 ครั้ง

- โรงเรือนสุกรรุ่น สุกรขุน พื้นปูนซีเมนต์ เก็บกวาดมูล สุกร วันละ 2 ครั้ง ล้างพื้นคอก 2 ครั้ง / สัปดาห์

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด ความชื้นประมาณ 85 %	3,150	กิโลกรัม/วัน
- ปัสสาวะ	7,950	ลิตร / วัน
- น้ำใช้ , น้ำทำความสะอาดคอก	17,442	ลิตร / วัน
- รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น ประมาณ	28.6	ลบ.ม. /วัน

ระบบท่อส่งน้ำเสีย

- ระยะทางรวม ประมาณ	50	เมตร

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบก๊าซชีวภาพ (Biogas)

- บ่อรวมน้ำเสีย ขนาด 18 ลบ.ม.	1	บ่อ
- บ่อหมักช้าแบบราง จำนวน	1	ชุด
ขนาด 7 x 35 x 4 เมตร ความจุ	600	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนใส	4	วัน
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียส่วนข้น	40	วัน
ความจุในการเก็บก๊าซ	450	ลบ.ม.
- บ่อหมักเร็วแบบ UASB จำนวน	4	ชุด
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	1.5	เมตร
ลึก	3.5	เมตร
ความจุ	15	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ	36	ชั่วโมง
- ลานกรอกของแข็ง จำนวน	1	ชุด
ขนาด 20 x 10 ม. พื้นที่	200	ตร.ม.
ระยะเวลาตากปกติ	4	วัน
- รวมขนาดความจุระบบบำบัดทั้งสิ้น	660	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย โดยเฉลี่ย	15	วัน

ระบบบำบัดขั้นหลัง

- แผงกระจายน้ำ จำนวน	2	แผง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบก๊าซชีวภาพแล้ว จะถูกปล่อยผ่านแผงกระจายน้ำ เพื่อทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำเสีย ขนาด 2 x 3 เมตร 6 ตร.ม.
- บ่อปรับเสถียร และสระพักน้ำ จำนวน 1 สระ
  ขนาด 20 x 100 x 2 เมตร ความจุ 4,000 ลบ.ม.
  ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย ประมาณ 100 วัน

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ค่าก่อสร้างระบบทั้งหมด ปี 2535 ประกอบด้วย

- ระบบท่อส่งน้ำเสีย
- ระบบสายส่งไฟฟ้า
- ระบบก๊าซชีวภาพ
- ระบบบำบัดขั้นหลัง และสระพักน้ำ
- ระบบท่อส่งก๊าซชีวภาพและอุปกรณ์

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 1,275,000 บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบบำบัด

- ค่าจ้างแรงงาน ผู้ควบคุมและดำเนินการระบบบำบัด จำนวน 2 คน
  รวม 12,000 บาท / เดือน เป็นเงิน 144,000 บาท / ปี
- ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ 3,000 บาท / เดือน เป็นเงิน 36,000 บาท / ปี

รวมรายจ่ายค่าดำเนินการตลอดทั้งปี เป็นเงิน 180,000 บาท / ปี

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- ก๊าซชีวภาพ ผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ วันละ 180 ลบ.ม.
  - ใช้สำหรับเครื่องกกลูกสุกร จำนวน 80 ชุด วันละ 10 -16 ชั่วโมง
    อัตราการใช้ก๊าซ 200 ลิตร / ชุด - ชั่วโมง รวมความต้องการก๊าซ จำนวน วันละ 160 - 250 ลบ.ม. คิดเป็นมูลค่า 18,000 บาท / เดือน
    เป็นเงิน 216,000 บาท / ปี
- ปุ๋ยอินทรีย์
  - ผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดี ความชื้น 15 % จำนวนวันละ 500 กิโลกรัม
    ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 0.80 บาท รวมเป็นเงิน 144,000 บาท / ปี
    รวมรายได้ตลอดทั้งปี เป็นเงิน 360,000 บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- น้ำที่ผ่านระบบบำบัดและเก็บในสระพักน้ำ ยังมีความสกปรกสูง ไม่สามารถสูบกลับมาใช้ทำความสะอาดคอกสุกรได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การดำเนินการของระบบ

- การดำเนินการระยะแรก ฟาร์ม ดำเนินการได้ 2 ปี ระหว่างปี 2535 - 2537 และได้หยุดการใช้ไป เนื่องจากขาดเจ้าหน้าที่ดูแลทำให้เดินระบบไม่ได้ วัสดุอุปกรณ์เสียหาย จากการกัดกร่อนของก๊าซชีวภาพที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ ต่อมาฟาร์มได้รับเงินกู้ยืมอัตราดอกเบี้ยต่ำเพื่อใช้ปรับปรุงซ่อมแซมระบบบำบัดใหม่ ในปี 2542 เป็นเงิน 412,000 บาท

2. ข้อมูลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน
- บำบัดน้ำเสีย สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงเลี้ยงสุกร ปริมาณ 30 - 60 ลบ.ม./วัน

ตารางที่ 14 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพระบบบำบัด ฟาร์มที่ 4

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	7,250	780	89.24
COD	มก./ลิตร	12,400	740	94.03
TKN	มก./ลิตร	529.50	102.00	80.74

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก (ในส่วนของเจ้าของฟาร์ม) เป็นเงิน 1,687,000 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 360,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 180,000 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด สำหรับระบบก๊าซชีวภาพมีอายุการใช้งาน 15 ปี
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน ไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = C$

แทนค่าในสูตร $(360,000 - 180,000) (P/A,i\%,15) = 1,687,000$

$180,000 (P/A,i\%,15) = 1,687,000$

$(P/A,i\%,15) = \frac{1,687,000}{180,000}$

$= 9.672$

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

$(P/A,7\%,15) = 9.108$

$(P/A,6\%,15) = 9. 712$

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) $= 7 - \frac{9.672 - 9.108}{9.712 - 9.108} \times (7 - 6)$

$= 6.07$

2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร $UAC = A - C (A/P,i\%,n) - OM + S (A/F,i\%,n)$

$= 360,000 - 1,687,000 (A/P,12\%,15) - 180,000 + 0$

$= 180,000 - (1,687,000 \times 0.14682)$

$= 180,000 - 247,685.34$

$= - 67,685.34$

ตารางที่ 15 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 4

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1 อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ / ปี	6.07
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	- 67,685.34

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 5

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลหนองสร้อยฟ้า อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี

การบริหารจัดการ ระบบครอบครัว

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรพ่อ - แม่พันธุ์ และสุกรขุน
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2535
- มีโรงเรือนทั้งหมด 15 หลัง
  - โรงเรือนสุกรแม่พันธุ์และโรงเรือนคลอด 4 หลัง
  - โรงเรือนอนุบาล 2 หลัง
  - โรงเรือนขุน 9 หลัง
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม 50 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 20 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 50 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 70,000 บาท
- ตั้งอยู่ห่างไกลชุมชน บริเวณรอบ ๆ ฟาร์ม เป็นนาข้าว คลองชลประทาน
- แหล่งน้ำ คลองชลประทาน น้ำบาดาล ความลึก 50 เมตร ในฤดูแล้งมีปัญหาขาดแคลนน้ำในคลองชลประทาน

จำนวนสุกรในฟาร์ม

- สุกรพ่อ - แม่พันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย 160 กิโลกรัม จำนวน 2,900 ตัว
- สุกรสาวทดแทน น้ำหนักเฉลี่ย 100 กิโลกรัม จำนวน 100 ตัว
- สุกรอนุบาล น้ำหนักเฉลี่ย 12 กิโลกรัม จำนวน 4,900 ตัว
- สุกรขุน น้ำหนักเฉลี่ย 70 กิโลกรัม จำนวน 6,100 ตัว

รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น 14,000 ตัว

น้ำหนักสุกรรวม 959,000 กิโลกรัม

หรือคิดเป็นจำนวนหน่วยสัตว์ 1,918 หน่วย

การทำความสะอาด และการบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือน ลักษณะพื้น Slat ทำความสะอาดทุกวัน โดยเก็บกวาดมูลสุกรวันละ 2 ครั้ง และล้างคอกสุกร สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด	20,139	กิโลกรัม/วัน
- ปัสสาวะ	50,000	ลิตร / วัน
- น้ำใช้ , น้ำทำความสะอาดคอก	102,000	ลิตร / วัน
รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น ประมาณ	172	ลบ.ม./วัน

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบบ่อบำบัด (Ponding System)

- แยกมูลสด ใส่ในถังหมักไร้อากาศ ประจำโรงเรือน ๆ ละ 1 ถัง

ขนาด 2.5 x 3 x 1.5 เมตร ความจุ	11.25	ลบ.ม.
ระยะเวลาการหมักประมาณ	6 - 7	วัน

แล้วตักขึ้นตากบนลานตาก เพื่อทำเป็นปุ๋ยมูลสัตว์

- ของเสียส่วนที่เป็นน้ำ จะไหลผ่านรางเข้าสู่ลานตกตะกอน เพื่อแยกมูลออกอีกครั้งก่อนที่จะนำน้ำเสียที่เหลือเข้าระบบบำบัด
- ระบบบ่อบำบัด เริ่มจาก

1. บ่อหมัก จำนวน 2 บ่อ ต่อแบบอนุกรม

บ่อแรก มีพื้นที่ ประมาณ	900	ตร.ม.
ความลึก	4	เมตร
ความจุ	3,600	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	15 -17	วัน
บ่อที่สอง ขนาด 40 x 40 x 6 เมตร ความจุ	9,600	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	40 -45	วัน

2. บ่อปรับเสถียร จำนวน 2 บ่อ ต่อแบบอนุกรม ในบ่อมีการปลูกพืชลอยน้ำเพื่อเติมออกซิเจน และปล่อยให้ตกตะกอน

บ่อที่ 1 ขนาด 40 x 40 x 6 เมตร ความจุ	3,600	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	20	วัน
บ่อที่ 2 ขนาด 50 x 80 x 3 เมตร ความจุ	12,000	ลบ.ม.
ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	60	วัน

3. สระพักน้ำและเก็บน้ำ จำนวน 1 สระ
ขนาด 50 x 80 x 3 เมตร ความจุ 16,000 ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

- งานดิน ลบ.ม. ละ 18 บาท	จำนวน	44,800	ลบ.ม.
	เป็นเงิน	806,400	บาท
- งานก่อสร้างถังหมักและลานตากมูลสุกร	จำนวน	15	ชุด
ราคาชุดละ 22,000 บาท	เป็นเงิน	330,000	บาท
- งานก่อสร้างลานตกตะกอน	จำนวน	7	ชุด
ราคาชุดละ 23,000 บาท	เป็นเงิน	161,000	บาท
รวมค่าก่อสร้างเป็นเงินทั้งสิ้น		1,297,400	บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบบำบัด

- ค่าขุดลอกบ่อต่าง ๆ ในระบบบำบัด 2 ปี / ครั้ง			
ครั้ง ละ 110,000 บาท	เฉลี่ยปีละ	55,000	บาท
- ค่าจ้างแรงงานควบคุมการดำเนินการระบบ	จำนวน	4	คน
รวม 20,000 บาท / เดือน	เป็นเงิน	240,000	บาท / ปี
- ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์		50,000	บาท / ปี
รวมรายจ่ายรายปี		345,000	บาท / ปี

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- ปุ๋ยอินทรีย์			
ผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดี ความชื้น 15 %	จำนวน	2,700	กิโลกรัม/วัน
ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 0.60 บาท	เป็นเงิน	583,200	บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- น้ำจากสระพักและเก็บน้ำ ฟาร์มได้สูบกลับมาผ่านระบบฆ่าเชื้อโรค ซึ่งฟาร์มนี้มีเครื่องฆ่าเชื้อด้วยรังสีอุลตราไวโอเลต เมื่อฆ่าเชื้อโรคและพยาธิแล้ว ก็สามารถนำน้ำในสระพักน้ำ มาใช้อุปโภค บริโภคได้ในฤดูแล้งซึ่งขาดแคลนน้ำ

2. ข้อมูลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน			
- บำบัดน้ำเสียจากโรงเลี้ยงสุกร	ปริมาณ	175	ลบ.ม. / วัน

ตารางที่ 16 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย ฟาร์มที่ 5

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	3,786	38.33	98.99
COD	มก./ลิตร	2,720	42.00	98.46
TKN	มก./ลิตร	149.9	82.10	45.23

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก เป็นเงิน 1,297,000 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 583 ,200 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 345,000 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด ระบบบ่อบำบัดมีอายุการใช้งานไม่จำกัด แต่ในที่นี้กำหนดให้มีอายุการใช้งาน 20 ปี เนื่องจากอาจมีเทคโนโลยีใหม่เข้ามาทดแทน
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน เมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = C$

แทนค่าในสูตร

$(583,2\ 00 - 345,000) (P/A,i\%,20) = 1,297,000$

$238,200 (P/A,i\%,20) = 1,297,000$

$(P/A, i\%, 20) = \frac{1,297,000}{238,200}$

(P/A, i%, 20) = 5.445

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

(P/A,20%,20) = 4.870

(P/A,15%,20) = 6.259

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) = $20 - \frac{5.445 - 4.870}{6.259 - 4.870} \times (20 - 15)$

= 17.93

2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร UAC = A - C (A/P,i%,n) - OM + S (A/F,i%,n)

= 583,200 - 1,297,000 (A/P,12%,20) - 345,000 + 0

= 238,200 - (1,297,000 x 0.13388)

= 238,200 - 173,642.36

= 64,557.64

ตารางที่ 17 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 5

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ / ปี	17.93
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	64,557.64

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 6

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลนาวังหิน อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี

การบริหารจัดการ บริษัท จำกัด (มหาชน)

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรพ่อ และแม่พันธุ์ ระดับ GP
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2522
- ลักษณะโรงเรือนปิด (Evapulation) จำนวน 40 หลัง
  - โรงเรือนผสม อุ้มท้อง 7 หลัง
  - โรงเรือนคลอด 5 หลัง
  - โรงเรือนอนุบาล 8 หลัง
  - โรงเรือนสุกรรุ่น 17 หลัง
  - โรงเรือนสุกรเตรียมขาย 2 หลัง
  - โรงเรือนกักกันโรค 1 หลัง
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม ประมาณ 230 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 140 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 50 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 100,000 บาท
- ตั้งอยู่ริมทางหลวงหลัก ห่างไกลชุมชน บริเวณรอบ ๆ ฟาร์ม เป็นสวนมะม่วง และนาข้าว และไร่ข้าวโพด
- แหล่งน้ำ น้ำใต้ดินความลึก 60 เมตร สำหรับอุปโภค บริโภค และน้ำผิวดิน สำหรับการทำความสะอาดทั่วไป

จำนวนสุกรในฟาร์ม

- สุกรแม่พันธุ์	น้ำหนักเฉลี่ย	150	กิโลกรัม	จำนวน	2,800	ตัว
- สุกรอนุบาล	น้ำหนักเฉลี่ย	12	กิโลกรัม	จำนวน	5,500	ตัว
- สุกรรุ่น	น้ำหนักเฉลี่ย	40	กิโลกรัม	จำนวน	9,000	ตัว
- สุกรขุน	น้ำหนักเฉลี่ย	60	กิโลกรัม	จำนวน	2,500	ตัว
รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น					19,800	ตัว
น้ำหนักสุกรรวมทิ้งสิ้น					996,000	กิโลกรัม
หรือคิดเป็นจำนวนหน่วยปศุสัตว์					1,992	หน่วย

การทำความสะอาด และบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือนอนุบาล ระบบเล้าปิด (Evapulation) ลักษณะยกพื้น Slat ใต้พื้นขังน้ำไว้เพื่อเก็บมูลและปัสสาวะ การทำความสะอาดจะเก็บกวาดมูลและล้างคอกสุกรทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ด้วยระบบใช้แรงดันน้ำ
- โรงเรือนสุกรรุ่น สุกรขุน ระบบเล้าปิด (Evapulation) พื้นปูนซีเมนต์ เก็บกวาดมูลสุกร วันละ 1 ครั้ง พร้อมมีระบบส้วมสุกร (Pig toilet) ทุกคอก

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด	20,900	กิโลกรัม/ วัน
- ปัสสาวะ	52,800	ลิตร / วัน
- น้ำใช้ , น้ำทำความสะอาดคอก	268,300	ลิตร / วัน
รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น ประมาณ	342	ลบ.ม./วัน

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบบ่อบัด (Ponding System)

- แยกมูลสุกรสด นำไปตากบนลานตาก เพื่อใช้เป็นปุ๋ยมูลสัตว์ หรืออาหารสัตว์น้ำ
- แยกของเสียส่วนที่เป็นน้ำ ให้ไหลผ่านบ่อตกตะกอนเพื่อแยกมูลออกอีกครั้ง แล้วไปตากบนลานตาก ส่วนน้ำเสียที่ผ่านบ่อตกตะกอนแล้ว จะไหลเข้าระบบบำบัด
- ระบบบำบัด เริ่มจาก

1. บ่อบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic pond) จำนวน 3 ชุด ต่อแบบขนาน

ชุดละ 2 บ่อ ขนาดพื้นที่	1,000	ตร.ม.
ลึก	2	เมตร
ความจุ	2,000	ลบ.ม.
รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	15	วัน

2. บ่อบำบัดแบบใช้อากาศ / ไม่ใช้อากาศ (Facultative pond)

น้ำเสียที่ผ่านบ่อบำบัดแบบใช้อากาศ ทั้ง 3 ชุด และไหลเข้าบ่อบำบัดแบบใช้อากาศ / ไม่ใช้อากาศ จำนวน 2 บ่อ ต่อแบบอนุกรม

ขนาดพื้นที่	2,000	ตร.ม.
ลึก	4	เมตร
ความจุ	8,000	ลบ.ม.
รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	40	วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. บ่อปรับเสถียร จำนวน 1 บ่อ ในบ่อจะมีพืชลอยน้ำเพื่อเติมออกซิเจน และปล่อยให้ตกตะกอน ขนาดพื้นที่ 4,000 ตร.ม.

ลึก 4 เมตร

ความจุ 16,000 ลบ.ม.

รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 40 วัน

4. สระพักน้ำและเก็บน้ำ จำนวน 1 สระ ขนาดพื้นที่ 6,000 ตร.ม.

ลึก 4 เมตร

ความจุ 24,000 ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

- งานดิน ลบ.ม. ละ 18 บาท จำนวน 68,000 ลบ.ม.

เป็นเงิน 1,224,000 บาท

- งานก่อสร้างลานตากมูลสุกร และบ่อตกตะกอน 520,000 บาท

รวมทั้งสิ้นเป็นเงิน 1,744,000 บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบ

- ค่าขุดรอกบ่อบำบัด 100,000 บาท / ปี
- ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ 60,000 บาท / ปี

รวมรายจ่ายรายปี 160,000 บาท / ปี

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- มูลสุกรแห้ง จำนวนวันละ 2,000 กิโลกรัม/วัน

ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 0.60 บาท เป็นเงิน 432,000 บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ส่วนหนึ่งนำกลับมาใช้เป็นน้ำล้างคอกสุกร และอีกส่วนหนึ่งใช้เป็นน้ำรดต้นไม้ในสวนมะม่วง

2. ข้อมูลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน
- บำบัดน้ำเสียจากโรงเรือนสุกร ปริมาณ 350 ลบ.ม./วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย ฟาร์มที่ 6

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	2,820	45.75	98.38
COD	มก./ลิตร	3,480	48.70	98.60
TKN	มก./ลิตร	872.89	94.81	89.14

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก (ในส่วนของเจ้าของฟาร์ม) เป็นเงิน 1,744,000 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 432,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 160,000 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด ระบบบ่อบำบัดมีอายุการใช้งานไม่จำกัด แต่ในที่นี้กำหนดให้มีอายุการใช้งาน 20 ปี เนื่องจากอาจมีเทคโนโลยีใหม่เข้ามาทดแทน
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน เมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = C$

แทนค่าในสูตร

$$(432,000 - 160,000) (P/A,i\%,20) = 1,744,000$$

$$272,000 (P/A, i\%,20) = 1,744,000$$

$$(P/A,i\%,20) = \frac{1,744,000}{272,000}$$

$$= 6.412$$

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

(P/A,20%,20) = 4.870

(P/A,15%,20) = 6.257

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) = $20 - \frac{6.412 - 4.870}{6.257 - 4.870} \times (20 - 15)$

= 14.44

2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร UAC = A - C (A/P,i%,n) - OM + S (A/F,i%,n)

= 432,000 - 1,744,000 (A/P,12%,20) - 160,000 + 0

= 272,000 - (1,744,000 x 0.13388)

= 272,000 - 233,486.72

= 38,513.28

ตารางที่ 19 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 6

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ (%)	14.44
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	38,513.28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 7

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลหนองเสือช้าง อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี

การบริหารจัดการ บริษัท จำกัด (มหาชน)

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรพ่อ และแม่พันธุ์ ระดับ GGP
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2525
- ลักษณะโรงเรือนปิดจำนวน 41 หลัง
  - โรงเรือนสุกรแม่พันธุ์ และโรงเรือนคลอด 12 หลัง
  - โรงเรือนสุกรอนุบาล 6 หลัง
  - โรงเรือนสุกรขุน 20 หลัง
  - โรงเรือนสุกรเตรียมจำหน่าย 2 หลัง
  - โรงเรือนกักโรค 1 หลัง
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม ประมาณ 525 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 100 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 50 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 40,000 บาท
- ตั้งอยู่ห่างไกลชุมชน ไม่มีปัญหามลภาวะ บริเวณรอบ ๆ ฟาร์มเป็น สวนป่า ภูเขา ไร่มันสำปะหลัง สวนมะม่วง นาข้าว
- แหล่งน้ำ น้ำจากสระกักเก็บน้ำฝนของฟาร์ม

จำนวนสุกรในฟาร์ม

- สุกรพ่อแม่พันธุ์	น้ำหนักเฉลี่ย	170	กิโลกรัม	จำนวน	1,200	ตัว
- สุกรอนุบาล	น้ำหนักเฉลี่ย	12	กิโลกรัม	จำนวน	1,200	ตัว
- สุกรขุน	น้ำหนักเฉลี่ย	60	กิโลกรัม	จำนวน	6,000	ตัว
- รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น					8,400	ตัว
- น้ำหนักสุกรรวมทิ้งสิ้น					374,400	กิโลกรัม
- หรือคิดเป็นจำนวนหน่วยปศุสัตว์					750	หน่วย

การทำความสะอาด และบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือนอนุบาล โรงเรือนระบบปิด ลักษณะพื้น Slat ทำความสะอาดโดยเก็บมูลสุกรและล้างคอกวันละ 1 ครั้ง ด้วยระบบใช้แรงดันน้ำ
- โรงเรือนสุกรขุน โรงเรือนระบบปิด (Evapulation) พื้นปูนซีเมนต์ เก็บกวาดมูลสุกรวันละ 1 ครั้ง พร้อมมีระบบส้วมสุกร (Pig toilet) ทุกคอก

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด ความชื้น 85 %	7,875	กิโลกรัม/วัน
- ปัสสาวะ	19,875	ลิตร / วัน
- น้ำใช้ , น้ำทำความสะอาดคอก	138,875	ลิตร / วัน
รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น	166.5	ลบ.ม./วัน

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบบ่อบัด (Ponding System)

- แยกมูลสุกรสด นำไปตากบนลานตาก เพื่อใช้เป็นปุ๋ยมูลสัตว์ หรืออาหารสัตว์น้ำ
- แยกของเสียส่วนที่เป็นน้ำ โดยให้ไหลผ่านบ่อตกตะกอน เพื่อแยกมูลออกอีกครั้ง และนำตะกอนที่แลกได้ไปตากบนลานตากร่วมกับมูลสุกร ส่วนน้ำเสียที่ผ่านบ่อตกตะกอนแล้ว จะไหลเข้าระบบ บำบัด
- ระบบบำบัดน้ำเสีย เริ่มจาก

1. บ่อเติมอากาศ (Aerobic pond) จำนวน 3 ชุด ต่อแบบขนาน

ขนาดพื้นที่	1,600	ตร.ม.
ลึก	2	เมตร
ความจุ	3,200	ลบ.ม.
รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	30	วัน

2. บ่อบำบัดแบบใช้อากาศ / ไม่ใช้อากาศ (Facultative pond)
น้ำเสียที่ผ่านบ่อบำบัดแบบใช้อากาศ ทั้ง 3 บ่อ จะไหลเข้าบ่อหมักแบบใช้อากาศ / ไม่ใช้อากาศ จำนวน 2 บ่อ ต่อแบบอนุกรม

ขนาดพื้นที่	1,600	ตร.ม.
ลึก	4	เมตร
ความจุ	6,400	ลบ.ม.
รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	60	วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. บ่อปรับเสถียร จำนวน 1 บ่อ ในบ่อจะมีพืชลอยน้ำเพื่อเติมออกซิเจน และปล่อยให้ตกตะกอน

ขนาดพื้นที่	3,200	ตร.ม.
ลึก	4	เมตร
ความจุ	3,200	ลบ.ม.
รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	60	วัน

4. สระพักน้ำและเก็บน้ำ จำนวน 1 บ่อ ต่อแบบขนาน

ขนาดพื้นที่	8,000	ตร.ม.
ลึก	2	เมตร
ความจุ	16,000	ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

- งานดิน ลบ.ม. ละ 18 บาท	จำนวน	41,600	ลบ.ม.
	เป็นเงิน	788,000	บาท
- งานก่อสร้างลานตากมูลสุกร และบ่อตกตะกอน		410,000	บาท
รวมค่าก่อสร้างทั้งสิ้น		1,198,000	บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบ

- ค่าขุดรอกบ่อบำบัด รายปี ปีละ	40,000	บาท
- ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์	30,000	บาท
รวมรายจ่ายค่าดำเนินการรายปี	70,000	บาท

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- มูลสุกรแห้ง จำนวน		1,200	กิโลกรัม
ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 0.60 บาท เป็นเงิน		259,200	บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- เนื่องจากเป็นฟาร์มสุกรระดับ GGP และฟาร์มไม่ค่อยพบปัญหาขาดแคลนน้ำจึงไม่ได้สูบน้ำกลับมาใช้ในฟาร์มใหม่ แต่ได้สูบไปใช้เป็นปุ๋ยน้ำในสวนป่า ไร่ และสวนผลไม้ข้างฟาร์ม

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดของเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน
- บำบัดน้ำเสียจากโรงเรือนสุกร ปริมาณ 180 ลบ.ม./วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย ฟาร์มที่ 7

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	2,166	27.5	98.73
COD	มก./ลิตร	2,720	176	93.53
TKN	มก./ลิตร	340.14	10.25	96.99

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก (ในส่วนของเจ้าของฟาร์ม) เป็นเงิน 1,198,000 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 259,200 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 70,000 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด สำหรับระบบบ่อบำบัดมีอายุการใช้งานไม่จำกัด
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน เมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = C$

แทนค่าในสูตร

$$(259,200 - 70,000) (P/A,i\%,20) = 1,198,000$$

$$189,200 (P/A,i\%,20) = 1,198,000$$

$$(P/A,i\%,20) = \frac{1,198,000}{189,200}$$

$$= 6.332$$

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

(P/A,20%,20) = 4.870

(P/A,15%, 20) = 6.257

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) = $20 - \frac{6.332 - 4.870}{6.257 - 4.870} \times (20 - 15)$

= 14.73

2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร UAC = A - C (A/P,i%,n) - OM + S (A/F,i%,n)

= 259,200 - 1,198,000 (A/P,12%,20) - 70,000 + 0

= 189,200 - (1,198,000 x 0.13388)

= 189,200 - 160,388.24

= 28,811.76

ตารางที่ 21 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุนระบบบำบัด ฟาร์มที่ 7

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ (%)	14.76
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	28,811.76

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีศึกษา ฟาร์มที่ 8

1. ข้อมูลการสำรวจ

สถานที่ตั้ง ตำบลหนองไร่ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง

การบริหารจัดการ ครอบครัว

สภาพฟาร์ม

- ฟาร์มสุกรพ่อ - แม่พันธุ์ และสุกรขุน
- ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2529
- ลักษณะโรงเรือนเปิด จำนวน 22 หลัง
  - โรงเรือนผสม อุ้มท้อง 4 หลัง
  - โรงเรือนคลอด 5 หลัง
  - โรงเรือนอนุบาล 4 หลัง
  - โรงเรือนสุกรรุ่น 8 หลัง
  - โรงเรือนสุกรเตรียมขาย 1 หลัง
- พื้นที่ทั้งหมดของฟาร์ม ประมาณ 200 ไร่
  - พื้นที่โรงเรือน 80 ไร่
  - พื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย 50 ไร่
- ราคาที่ดินปัจจุบัน ราคาไร่ละ 40,000 บาท
- ตั้งอยู่ห่างไกลชุมชน บริเวณรอบ ๆ ฟาร์ม เป็นสวนยางพารา ไร่ข้าวโพด ไร่มันสำปะหลัง สวนปาล์ม สวนป่า และสระน้ำ
- แหล่งน้ำ น้ำผิวดิน จากสระกักเก็บน้ำฝน

จำนวนสุกรในฟาร์ม

- สุกรแม่พันธุ์	น้ำหนักเฉลี่ย	160	กิโลกรัม	จำนวน	1,400	ตัว
- สุกรอนุบาล	น้ำหนักเฉลี่ย	12	กิโลกรัม	จำนวน	3,100	ตัว
- สุกรสาวทดแทน	น้ำหนักเฉลี่ย	120	กิโลกรัม	จำนวน	80	ตัว
- สุกรขุน	น้ำหนักเฉลี่ย	60	กิโลกรัม	จำนวน	3,200	ตัว
รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น					7,780	ตัว
น้ำหนักสุกรรวมทั้งสิ้น					462,800	กิโลกรัม
หรือคิดเป็นจำนวนหน่วยปศุสัตว์					925.60	หน่วย

การทำความสะอาด และบำบัดน้ำเสีย

- โรงเรือนแม่พันธุ์ โรงเรือนอนุบาล ระบบเปิด ลักษณะยกพื้น Slat การทำความสะอาดจะเก็บกวาดมูลและล้างคอกสุกร ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง
- โรงเรือนสุกรขุน ระบบเปิด พื้นปูนซีเมนต์ เก็บกวาดมูลสุกร วันละ 1 ครั้ง ล้างคอกตลอดการขุน 1 สัปดาห์ / ครั้ง

การประมาณการปริมาณของเสีย

- มูลสุกรสด		9,750	กิโลกรัม/ วัน
- ปัสสาวะ		24,500	ลิตร / วัน
- น้ำใช้ , น้ำทำความสะอาดคอก		80,000	ลิตร / วัน
รวมปริมาณของเสียทั้งสิ้น	ประมาณ	114.25	ลบ.ม./วัน

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบบ่อบำบัด (Ponding System)

- แยกมูลสุกรสด นำไปตากบนลานตาก เพื่อใช้เป็นปุ๋ยมูลสัตว์ หรืออาหารสัตว์น้ำ ส่วนน้ำเสียจะไหลเข้าระบบบำบัด
- ระบบบำบัด เริ่มจาก

1. บ่อบำบัดแบบใช้อากาศ / ไร้อากาศ (Facultative pond)

   จะมีบ่อบำบัดประจำทุกโรงเรือนจำนวน 12 บ่อ ขนาดยาวเท่าโรงเรือน

ขนาด 8 x 60 เมตร พื้นที่	480	ตร.ม.
ลึก	4	เมตร
ความจุ	1,920	ลบ.ม.
รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	30	วัน

2. บ่อปรับเสถียร จำนวน 2 บ่อ ต่อแบบอนุกรม รับน้ำเสียจากบ่อบำบัดแบบใช้อากาศ /ไร้อากาศ ในบ่อจะมีพืชลอยน้ำเพื่อเติมออกซิเจนในบ่อแรก และปล่อยให้ตกตะกอน

ขนาดพื้นที่	3,000	ตร.ม.
ลึก	3	เมตร
ความจุ	9,000	ลบ.ม.
รวมระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย	60	วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. สระพักน้ำและเก็บน้ำ

ขนาดพื้นที่	6,000	ตร.ม.
ลึก	4	เมตร
ความจุ	24,000	ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

- งานดิน ลบ.ม.ละ 18 บาท จำนวน	56,000	ลบ.ม.
เป็นเงิน	1,008,720	บาท
- งานก่อสร้างลานตากมูลสุกร และบ่อตกตะกอน	120,000	บาท
รวมทั้งสิ้นเป็นเงิน	1,128,720	บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการระบบ

- ค่าขุดรอกบ่อบำบัด	45,000	บาท / ปี
- ค่าซ่อมแซมสันดิน ทางระบายน้ำ	20,000	บาท / ปี
รวมรายจ่ายดำเนินการรายปี	65,000	บาท / ปี

รายได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย

- มูลสุกรแห้ง จำนวนวันละ	1,200	กิโลกรัม
ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 0.60 บาท เป็นเงิน	259,200	บาท / ปี

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้งาน

- น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะใช้เป็นปุ๋ยน้ำในสวนฟาร์ม ไร่มันสำปะหลัง และน้ำส่วนใหญ่จะซึมหายไปในพื้นดิน เนื่องจากสภาพพื้นดินเป็นดินทราย

2. ข้อมูลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดของเสีย

- ลดมลภาวะ กลิ่น แมลงวัน		
- บำบัดน้ำเสียจากโรงเรือนสุกร ปริมาณ	120	ลบ.ม./วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 แสดงค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย ฟาร์มที่ 8

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	น้ำเสีย		ประสิทธิภาพ
		Influence	Effluence	(ร้อยละ)
BOD_5	มก./ลิตร	3,119	149	95.22
COD	มก./ลิตร	10,800	400	96.30
TKN	มก./ลิตร	527.52	52.52	90.04

3. การวิเคราะห์ด้านการลงทุน

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากฟาร์มนี้

- เงินลงทุนครั้งแรก (ในส่วนของเจ้าของฟาร์ม) เป็นเงิน 1,128,720 บาท
- รายได้รวมทั้งสิ้น ปีละ 259,200 บาท
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าซ่อมบำรุง ปีละ 65,000 บาท
- อายุการใช้งานของระบบบำบัด สำหรับระบบบ่อบำบัดมีอายุการใช้งานไม่จำกัด
- ค่าซากที่เหลือเมื่อหมดอายุการใช้งาน เมื่อหมดอายุการใช้งานไม่สามารถขายได้ต้องดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดใหม่ จึงคิดค่าซากเหลือ 0.00 บาท
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมธนาคารพาณิชย์ ร้อยละ 12 ต่อปี

การคำนวณวิเคราะห์

1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน

สูตร $A (P/A,i\%,n) - C - OM (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = 0$

ดังนั้น $(A - OM) (P/A,i\%,n) + S (P/F,i\%,n) = C$

แทนค่าในสูตร

$$(259,200 - 65,000) (P/A,i\%,20) = 1,128,720$$

$$194,200 (P/A,i\%,20) = 1,128,720$$

$$(P/A,i\%,20) = \frac{1,128,720}{194,200}$$

$$= 5.812$$

จากตารางแสดงตัวประกอบการเปลี่ยนค่าเงิน

(P/A,20%,20) = 4.870

(P/A,15%,20) = 6.257

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนคืนทุน (i%) = $20 - \frac{5.812 - 4.870}{6.257 - 4.870} \times (20 - 15)$

= 16.60

2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

สูตร UAC = A - C (A/P,i%,n) - OM + S (A/F,i%,n)

= 359,200 - 1,128,720 (A/P,12%,20) - 65,000 + 0

= 194,200 - (1,128,720 x 0.13388)

= 194,200 - 151,113.03

= 43,086.97

ตารางที่ 23 สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการลงทุน ฟาร์มที่ 8

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1. อัตราผลตอบแทนคืนทุน	ร้อยละ (%)	16.60
2. จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี	บาท	43,086.97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการศึกษาวิจัย

1. การบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

1. ระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่าฟาร์มสุกรมีระบบบำบัดน้ำเสียพอจะแบ่งออกได้เป็นระบบใหญ่ ๆ 2 ระบบ ได้แก่

1. ระบบบ่อบำบัด (Ponding systems) ระบบบ่อบำบัดจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อมีอุณหภูมิในช่วงระหว่าง 28 - 35 ^{0}C (mesophillic range) (มั่นสิน , 2536) จึงเหมาะกับภูมิอากาศเขตร้อนแบบประเทศไทย ระบบบ่อบำบัดที่สำรวจพบในฟาร์มสุกรสามารถแบ่งได้ตามส่วนประกอบของระบบที่ฟาร์มพัฒนาขึ้น ได้แก่

1.1 ระบบบ่อหมัก บ่อหมักผสมและบ่อตาก ระบบนี้จะมีบ่อหมัก (Anaerobic pond) บ่อหมักผสม (Facultative pond) และบ่อตาก (Aerobic pond) จำนวนหลายบ่อต่อกันแบบอนุกรม

1.2 ระบบถังหมัก บ่อหมักผสม และบ่อตาก ในระบบบำบัดแบบนี้เกษตรกรจะสร้างถังหมัก (Septic tank) จำนวนหลายถังเพื่อรองรับน้ำเสียจากโรงเรือนสุกรแต่ละโรงเรือนก่อนแล้วจึงปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากถังหมักลงสู่บ่อหมัก บ่อหมักผสม และบ่อตากต่อไป ซึ่งมีข้อดี คือจะสามารถลดขนาดและเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อบำบัดขั้นต่อไปได้ (มั่นสิน , 2536)

2. ระบบถังหมักไร้อากาศ หรือระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ (Biogas) ระบบบำบัดแบบนี้นอกจากจะเป็นการบำบัดน้ำเสียแล้วยังเป็นการอนุรักษ์พลังงาน (EASAP , 1982) โดยจะมีก๊าซชีวภาพ หรือก๊าซมีเทนเป็นผลิตผลสุดท้ายสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนสำหรับกกลูกสุกร หรือใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในฟาร์มต่อไป

นอกจากนี้ยังมีการนำเอาระบบบำบัดแบบธรรมชาติ เช่น ระบบบึงประดิษฐ์ หรือการนำพืชน้ำ เช่น กก ธูปฤาษี ผักตบชวา จอก แหน มาเสริมระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ เพื่อให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพดีขึ้น ส่วนระบบบำบัดที่ต้องใช้เครื่องจักรกล พบว่าฟาร์มสุกรบางแห่งใช้เครื่องอัดแรงดันสูงเพื่อแยกมูลสุกรออกจากน้ำเสีย เพื่อลดขนาดของระบบบำบัดน้ำเสียและนำมูลสุกรที่แยกได้ไปเป็นอาหารเลี้ยงปลา การใช้เครื่องเติมอากาศ หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่นที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ระบบบำบัดแบบ Activated Sludge , Rotating Biological Contactor , Tricking Filter เป็นต้น ไม่พบว่า

มีเจ้าของฟาร์มสุกรนำมาใช้ เนื่องจากเป็นระบบบำบัดที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการสูง และมีการดูแลรักษาระบบบำบัดที่ยุ่งยากซับซ้อน

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่าเจ้าของฟาร์มสุกรส่วนใหญ่เข้าใจเรื่องการใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียว่าเป็นการแก้ไขปัญหาเร่งด่วนชั่วคราวเท่านั้น จึงนิยมใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียน้อยลง โดยจะใช้เมื่อมีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น ปัญหาน้ำเสียล้นจากบ่อบำบัดในฤดูฝนหรือปัญหาตะกอนสลัดจ์ล้นในบ่อบำบัด ซึ่งแสดงว่าเจ้าของฟาร์มสุกรมีความเข้าใจกระบวนการและหลักการบำบัดน้ำเสีย สอดคล้องกับการแนะนำของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ , 2536 ก)

2. ขนาดของฟาร์มสุกร

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่ามีฟาร์มสุกรร้อยละ 23 ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย โดยแบ่งออกได้ตามขนาดของฟาร์ม ดังนี้ ฟาร์มสุกรขนาดเล็กมากที่สุด ถึงร้อยละ 60.87 ฟาร์มสุกรขนาดกลาง ร้อยละ 39.13 ในขณะที่ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่สำรวจไม่พบฟาร์มที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียเลย

ตารางที่ 24 สรุปจำนวนฟาร์มสุกรและระบบบำบัดน้ำเสีย จำแนกตามขนาดของฟาร์ม

ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย	ขนาดฟาร์มสุกร			รวม
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่	
1. ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย	14	9	-	23
2. ระบบบำบัดแบบบ่อบำบัด	3	36	11	50
3. ระบบบ่อบำบัดและถังหมัก	1	2	1	4
4. ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ	2	14	7	23
รวม	19	63	18	100

หมายเหตุ

ฟาร์มสุกรขนาดเล็ก ได้แก่ ฟาร์มสุกรที่มีจำนวนสุกร น้อยกว่า 60 หน่วยปศุสัตว์

ฟาร์มสุกรขนาดกลาง ได้แก่ ฟาร์มสุกรที่มีจำนวนสุกร 60 - 600 หน่วยปศุสัตว์

ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ ได้แก่ ฟาร์มสุกรที่มีจำนวนสุกร มากกว่า 600 หน่วยปศุสัตว์

การที่ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่และขนาดกลาง ส่วนใหญ่ มีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มนั้นมีสาเหตุสำคัญ 3 ประการ คือ

1. ความพร้อมของฟาร์ม การประกอบการของฟาร์มสุกรขนาดใหญ่และขนาดกลางเป็นการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ ทำให้มีการวางแผนการจัดการ การบริหาร เงินลงทุน บุคลากร และการเตรียมความพร้อมด้านเทคโนโลยี ทำให้มีความพร้อมสามารถลงทุนก่อสร้างระบบน้ำเสียในฟาร์มได้

2. ผลกระทบจากสังคม ถ้าหากฟาร์มสุกรขนาดใหญ่และขนาดกลางไม่มีการบำบัดน้ำเสีย จะเป็นแหล่งมลภาวะทั้งด้านกลิ่นเหม็น แมลงวัน และน้ำเสีย ที่กระทบสิ่งแวดล้อมและชุมชนได้มากทำให้เกิดผลกระทบด้านสังคมต่อฟาร์ม

3. กฎหมาย จากที่มีการประกาศใช้กฎหมายต่าง ๆ ได้แก่ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการสาธารสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการชลประทานหลวง พ.ศ. 2484 พระราชบัญญัติการประมง พ.ศ. 2490 ประมวลกฎหมายอาญา พ.ศ. 2499 และข้อบังคับขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ทำให้ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่และขนาดกลาง ต้องดำเนินมาตรการในการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกฟาร์มเพื่อไม่ให้ผิดกฎหมายเหล่านี้

ในขณะที่ฟาร์มสุกรขนาดเล็กเป็นฟาร์มที่มีเงินทุนน้อย ขาดการแนะนำเทคโนโลยี ขาดที่ดินที่จะใช้ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ทำให้ไม่สามารถลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียได้ ประกอบกับมีปริมาณของเสียน้อยทำให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก ฟาร์มเหล่านี้มักมีที่ตั้งฟาร์มอยู่ในชุมชนที่เป็นเครือญาติกันหรือมีอาชีพเลี้ยงสุกรเหมือนกัน จึงไม่มีผลกระทบจากสังคมรอบ ๆ ฟาร์มมากนัก และกฎหมายมักจะให้โอกาสฟาร์มขนาดเล็กในการดำเนินมาตรการบำบัดน้ำเสีย แต่เมื่อฟาร์มขนาดเล็กจำนวนหลาย ๆ ฟาร์มปล่อยน้ำเสียรวมกันมากขึ้นเรื่อย ๆ จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากเช่นกัน เช่น กรณีของคลองเจดีย์บูชา และคลองไหหลำ จังหวัดนครปฐม และบริเวณเหนือเขื่อนกันแม่น้ำบางประกง อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังนั้นในการวางแผนควบคุมและส่งเสริมให้ฟาร์มสุกรก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย จึงควรพิจารณาองค์ประกอบของฟาร์มสุกรขนาดเล็กด้วย เช่น การจัดตั้งกองทุนรักษาสิ่งแวดล้อมให้กับฟาร์มขนาดเล็กโดยมีการจัดหาเงินทุน พร้อมทั้งแนะนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับองค์ประกอบของแต่ละฟาร์ม

2. การเปรียบเทียบระบบบำบัดที่ใช้ในฟาร์มสุกร

2.1 ประสิทธิภาพ

จากการศึกษาฟาร์มสุกรที่ใช้เป็นกรณีศึกษาทั้ง 8 ฟาร์ม พบว่า ฟาร์มสุกรที่มีระบบบำบัดแบบบ่อบำบัดมีประสิทธิภาพการบำบัดอินทรีย์สารในรูปของ COD และ BOD_5 ได้ร้อยละ 93 - 98 ในขณะที่ฟาร์มสุกรที่มีระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของ COD และ BOD_5 ได้ประมาณร้อยละ 75 - 80 จึงต้องมีระบบบำบัดขั้นหลัง ได้แก่ ลานกรองของแข็ง และบึงประดิษฐ์ มารับน้ำเสียจากระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพอีกต่อหนึ่งจึงจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดรวมของระบบนี้ได้ร้อยละ 94 - 98 ดังนั้นในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดมลสารของระบบบำบัดทั้ง 2 แบบ พบว่ามีประสิทธิภาพดีเท่าเทียมกัน

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

กรณีศึกษา ฟาร์มสุกร	ค่าพารามิเตอร์น้ำเสีย ก่อนเข้าระบบบำบัด	ค่าพารามิเตอร์น้ำเสีย ออกจากระบบบำบัด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 1			
BOD_5	6,546.00	105.00	98.40
COD	11,000.00	232.00	97.89
TKN	582.02	155.39	73.30
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 2			
BOD_5	15,300.00	847.00	94.46
COD	8,055.00	64.00	99.21
TKN	232.51	19.68	91.54
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 3			
BOD_5	12,935.00	696.00	94.62
COD	10,820.00	705.00	93.48
TKN	425.01	119.66	71.85

ตารางที่ 25 (ต่อ)

กรณีศึกษา ฟาร์มสุกร	ค่าพารามิเตอร์น้ำเสีย ก่อนเข้าระบบบำบัด	ค่าพารามิเตอร์น้ำเสีย ออกจากระบบบำบัด	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 4			
BOD_5	7,250.00	782.00	98.24
COD	12,400.00	740.00	94.03
TKN	529.50	102.06	80.74
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 5			
BOD_5	3,786.00	38.33	98.99
COD	2,720.00	42.00	98.46
TKN	149.90	82.10	45.23
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 6			
BOD_5	2,820.00	45.75	98.38
COD	3,488.00	48.70	98.60
TKN	872.89	94.81	89.14
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 7			
BOD_5	2,166.00	27.50	98.73
COD	2,720.00	176.00	93.52
TKN	340.14	10.25	96.99
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 8			
BOD_5	3,119.00	149.00	95.22
COD	10,800.00	400.00	96.30
TKN	527.52	52.52	90.04

กรณีศึกษาฟาร์มที่ 1 - 4 ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ

กรณีศึกษาฟาร์มที่ 5 - 8 ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การใช้ที่ดิน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัด เป็นระบบที่มีการลงทุนต่ำ การดูแลรักษาง่าย แต่ต้องการระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (Hydraulic detention time) นาน ทำให้ต้องใช้ที่ดินสำหรับสร้างบ่อบำบัดจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันฟาร์มสุกรได้มีการพัฒนาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เช่น บ่อหมัก ถังหมัก และบ่อหมักผสม ซึ่งระบบบ่อแบบนี้มีความลึกมากขึ้น ระยะเวลากักเก็บน้อยลง จึงสามารถลดขนาดของระบบบำบัดลงได้ ในขณะที่ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพน้ำทิ้งที่ผ่านระบบแล้วยังมีปริมาณอินทรีย์สารอยู่จำนวนมาก ไม่สามารถปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกได้ (กรมควบคุมมลพิษ , 2536 ข) ต้องมีระบบบำบัดขั้นหลัง ได้แก่ ลานกรองของแข็งและบึงประดิษฐ์ ทำให้ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพใช้ที่ดินสำหรับระบบบำบัดรวมสูงขึ้น

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบการใช้ที่ดินของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

.

กรณีศึกษา ฟาร์มสุกร	จำนวนสุกร (หน่วยปศุสัตว์)	จำนวนที่ดิน (ไร่) ของระบบบำบัด	อัตราการใช้ที่ดิน (ตร.ม./หน่วยปศุสัตว์)
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 1	1,748	50	45.77
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 2	1,560	70	71.79
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 3	1,560	40	41.03
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 4	300	10	53.33
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 5	1,918	50	41.71
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 6	1,992	50	40.16
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 7	750	25	53.33
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 8	925.60	25	43.22

กรณีศึกษาฟาร์มที่ 1 - 4 ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ

กรณีศึกษาฟาร์มที่ 5 - 8 ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การนำบึงประดิษฐ์มาใช้เป็นระบบบำบัดขั้นหลังของระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ นั้นแม้จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดสูงขึ้นจากร้อยละ 75 - 80 เป็นร้อยละ 94 - 98 แต่ต้องใช้ที่ดินจำนวนมาก (ประมาณ 5 -10 เท่าของระบบบำบัดขั้นแรก) ดังนั้นถ้ามีการพัฒนานำระบบบำบัดแบบบ่อบำบัดมาใช้เป็นระบบบำบัดขั้นหลังต่อจากระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพแทน ก็น่าจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะทำให้สามารถลดพื้นที่ของระบบบำบัดลงได้มากกว่าการใช้บึงประดิษฐ์ด้วย ซึ่งควรจะมีการศึกษาวิจัยต่อไป

2.3 การลงทุน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การลงทุน โดยเปรียบเทียบผลตอบแทนคืนทุน (Internal rate o f return) และจำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากับรายปี (Uniform annual cash flow) พบว่าการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพมีผลตอบแทนคืนทุนต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมของธนาคารพาณิชย์ คือ ต่ำกว่าร้อยละ 12 ทั้งที่ในการศึกษานี้ ฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพได้รับเงินอุดหนุนค่าออกแบบ และค่าก่อสร้างระบบบำบัดบางส่วน จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ และหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประมาณร้อยละ 25 - 35 ในขณะที่การลงทุนของระบบบ่อบำบัดมีผลตอบแทนคืนทุนสูงกว่าร้อยละ 12 โดยเจ้าของฟาร์มเป็นผู้ลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดทั้งหมด

ส่วนจำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปีของรายรับและรายจ่ายของระบบบำบัด พบว่า ฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ ทั้ง 4 ฟาร์ม มีจำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปีที่อัตราดอกเบี้ยการลงทุนเท่ากับร้อยละ 12 มีค่าเป็นลบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาเฉพาะด้านการลงทุนแล้วฟาร์มเหล่านี้ มีผลรวมของรายได้ที่ได้รับจากระบบบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าผลรวมของเงินลงทุนเฉลี่ยเป็นรายปีกับค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียรายปี ในขณะที่ฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดแบบบ่อบำบัดอีก 4 ฟาร์ม มีจำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี มีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟาร์มสุกรทั้ง 4 ฟาร์มนี้ มีผลรวมของรายได้ที่ได้รับจากระบบบำบัดน้ำเสียมากกว่าผลรวมของเงินลงทุนเฉลี่ยเป็นรายปีกับค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียรายปี ดังนั้นฟาร์มสุกรที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดมีความเหมาะสมด้านการลงทุนมากกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การลงทุนของฟาร์มสุกรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้ใช้พื้นฐานการวิเคราะห์จากข้อมูลของฟาร์มที่ปฏิบัติจริงโดยฟาร์มสุกรที่ผลิตก๊าซชีวภาพทั้ง 4 ฟาร์ม ได้ใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับการกกลูกสุกร และการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับใช้ในฟาร์มเท่านั้น

ก๊าซชีวภาพส่วนที่เหลือต้องปล่อยทิ้งไป เพราะไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่นได้ เช่น การใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต เป็นต้น ดังนั้นหากในอนาคตฟาร์มสุกรเหล่านี้สามารถนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปเพิ่มผลผลิต หรือลดต้นทุนค่าใช้จ่าย หรือสามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นจากก๊าซชีวภาพส่วนที่เหลือแล้ว จะทำให้คุ้มค่าการลงทุนมากขึ้น

การส่งเสริมให้ฟาร์มสุกรก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ นอกจากจะเป็นการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางตรงจากการบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกรแล้ว ยังเป็นการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางอ้อมด้วย โดยเป็นการกำจัดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการทำลายก๊าซโอโซนซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green-houre Effect) เป็นการอนุรักษ์พลังงานโดยทำให้ไม่ต้องผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำมันหรือถ่านหิน ซึ่งเป็นการสร้างมลพิษให้สิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง ดังนั้นหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยงข้อง ได้แก่ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ควรร่วมกันกำหนดแผนส่งเสริมการบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้สามารถจำหน่ายกระแสไฟฟ้าส่วนที่เหลือให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางเศรษฐ์ศาสตร์การลงทุนของฟาร์มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

กรณีศึกษา ฟาร์มสุกร	อัตราผลตอบแทนคืนทุน (ร้อยละ / ปี)	จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (บาท)
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 1	11.66	- 16,051.80
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 2	9.30	- 154,387.08
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 3	6.06	- 136,633.68
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 4	6.07	- 67,685.34
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 5	18.65	82,560.00
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 6	15.76	62,720.00
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 7	16.00	45,440.00
กรณีศึกษาฟาร์มที่ 8	17.57	58,783.60

กรณีศึกษาฟาร์มที่ 1 - 4 ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ

กรณีศึกษาฟาร์มที่ 5 - 8 ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัด

ตารางที่ 28 สรุปรายละเอียดเงินลงทุน ค่าใช้จ่ายและรายรับของฟาร์มสุกรกรณีศึกษา

ฟาร์มกรณีศึกษา	รายจ่าย/ปี				รายได้/ปี		
	เงินลงทุน	ค่าจ้างแรงงาน	ค่าซ่อมแซม	ค่าวัสดุ	ทดแทนก๊าซกกลูกสุกร	ทดแทนไฟฟ้า	ค่าจำหน่ายปุ๋ยอินทรีย์
ฟาร์มกรณีศึกษา 1	5,990,000 (8,556,000)	240,000	186,000	30,000	600,000	-	720,000
ฟาร์มกรณีศึกษา 2	7,394,000 (9,650,000)	264,000	205,200	34,800	-	600,000	835,200
ฟาร์มกรณีศึกษา 3	6,524,000 (8,780,000)	261,600	216,000	24,000	216,000	600,000	576,000
ฟาร์มกรณีศึกษา 4	1,687,000	144,000	30,000	6,000	-	-	144,000
ฟาร์มกรณีศึกษา 5	1,297,400	240,000	131,700	24,300	-	-	583,200
ฟาร์มกรณีศึกษา 6	1,744,000	-	142,000	18,000	-	-	432,000
ฟาร์มกรณีศึกษา 7	1,198,000	-	59,200	10,800	-	-	259,200
ฟาร์มกรณีศึกษา 8	1,128,720	-	53,500	11,500	-	-	259,200

3. แนวทางการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียมีหลายระบบหลายประเภท ฟาร์มสุกรควรเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (เพชรพร , 2539)

1. คุณลักษณะ และปริมาณของน้ำเสีย
2. ระดับของการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ
3. สภาพท้องถิ่นและขนาดพื้นที่ของฟาร์ม
4. เทคโนโลยี และประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย
5. เงินลงทุนและค่าบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย
6. ความยากง่ายในการดูแลควบคุมบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย
7. การใช้ประโยชน์จากผลผลิตและผลพลอยได้ของระบบบำบัด
8. การยอมรับของชุมชน กฎหมายและระเบียบข้อบังคับเพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

คุณลักษณะ ปริมาณและระดับการบำบัดของน้ำเสีย เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดเทคโนโลยีอย่างกว้าง ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสียที่จะเลือกนำมาใช้ได้ ทั้งนี้คุณลักษณะและปริมาณของน้ำเสียจะขึ้นกับชนิด จำนวน และการจัดการทำความสะอาดคอกและโรงเรือนสุกร ส่วนสภาพท้องถิ่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งราคาที่ดิน จำนวนที่ดินที่ฟาร์มสุกรมีอยู่ สภาพความลาดเอียงของพื้นที่และระดับของน้ำใต้ดิน เป็นปัจจัยในการเลือกระบบบำบัด เช่น ในพื้นที่ที่ที่ดินมีราคาแพงหรือมีที่ดินจำนวนจำกัดก็ควรเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่น้อย

หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งแบบระบบบ่อบำบัดและระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพที่มีระบบบำบัดขั้นหลัง จะพบว่ามีประสิทธิภาพสูงมากกว่าร้อยละ 94 ทั้ง 2 ระบบ จึงเป็นระบบที่เหมาะกับการนำมาใช้ในฟาร์มสุกร แต่เมื่อพิจารณาด้านการลงทุนแล้วฟาร์มสุกรที่มีการวางแผนการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ และมีความพร้อมด้านเงินลงทุนก็ควรใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ ส่วนฟาร์มที่ไม่มีแผนการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด การบำบัดแบบก๊าซชีวภาพอาจจะมีราคาต้นทุนสูงจนไม่คุ้มค่าการลงทุน

ความยากง่ายในการควบคุมดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียก็เป็นส่วนหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณา เพราะหากไม่สามารถควบคุมดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียให้ดำเนินการได้แล้ว ก็จะไม่สามารถใช้ระบบบำบัดน้ำเสียบำบัดน้ำเสียได้ และในที่สุดก็จะเลิกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ก่อสร้างไว้ทำให้น้ำที่ฟาร์มสุกรปล่อยทิ้งออกมายังเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดเป็นระบบบำบัดที่ดูแลรักษาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เพราะอาศัยขบวนการย่อยสลายสาร

อินทรีย์โดยจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่ต้องการและไม่ต้องการออกซิเจน จึงทำให้เกิดความสมดุลย์ในระบบได้ง่าย ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบก๊าซชีวภาพ อาศัยขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช่ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว เป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดอินทรีย์ (Organic acids) และจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทน (Methane Gas) เท่านั้น ซึ่งมีปฏิกิริยาชีวเคมีที่ซับซ้อนกว่าทำให้การดูแลรักษาสมดุลย์ของระบบบำบัดแบบนี้เป็นไปได้ยาก (เกรียงศักดิ์ , 2539) จึงต้องการผู้ควบคุมดูแลระบบบำบัดที่มีความรู้และชำนาญ เพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การยอมรับของชุมชน การปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยหนึ่งที่จะกำหนดรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร เพราะหากฟาร์มสุกรก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแล้วไม่ได้รับความยอมรับของชุมชน หรือระบบบำบัดไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณลักษณะตามที่กฎหมายกำหนดได้ เจ้าของฟาร์มสุกรก็ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกรียงศักดิ์ อุดมกิจโรจน์ 2539. **การบำบัดน้ำเสีย** . กรุงเทพมหานคร : มิตรนราการพิมพ์ .

ควบคุมมลพิษ, กรม . 2536 ก **คู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกร**. กรุงเทพมหานคร : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม .

ควบคุมมลพิษ, กรม . 2536 ข **คู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ**. กรุงเทพมหานคร : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม .

ควบคุมมลพิษ, กรม . 2542. การพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกร. กรุงเทพมหานคร : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ไชยยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์ 2537 ก . **การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้ประโยชน์** . วิศวกรรมสาร (ฉบับเทคโนโลยี) ปีที่ 37 เล่มที่ 3 หน้า 62 - 70 .

ไชยยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์ 2537 ข . **การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้ประโยชน์** . วิศวกรรมสาร (ฉบับเทคโนโลยี) ปีที่ 37 เล่มที่ 5 หน้า 66 - 75 .

ธีระ เกรอต 2539 . **วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ** . กรุงเทพฯมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และประวิทย์ สุรนีรนาถ 2522 . **การเจริญเติบโตและผลผลิตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยมูลสุกรสด 2 ระดับ** . นครปฐม : รายงานการวิจัยศูนย์และฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ .

เพชรพร เชาวกิจเจริญ 2539 . **การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย** . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ 2538 . **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ** . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬา-ลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า 2539 . **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม** . กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

วีระพันธ์ เกียรติภักดี และนิรันดร์ โพธิกานนท์ 2542 . **โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ส่วนที่ 1 ฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่** . เชียงใหม่ : เอกสารเผยแพร่ หน่วยบริการก๊าซชีวภาพ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

สมชัย จันทร์สว่าง และวาณี ชัยวัฒนสิน 2537. **การสำรวจและศึกษาระบบไบโอแก๊สที่ดำเนินการใช้ประโยชน์อยู่ในประเทศไทยในปัจจุบัน** . กรุงเทพมหานคร : รายงานผลการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

สมชัย จันทร์สว่าง 2540. **การบำบัดและใช้ประโยชน์ของเสียจากฟาร์มสุกร**. กรุงเทพ-มหานคร : เอกสารวิชาการ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

สมชัย จันทร์สว่าง และสุริยะ สะวานนท์ 2543 . **ประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการจัดการของเสียในระบบการผลิตสุกร** . กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สภาวิจัยแห่งชาติ .

สมโภชน์ ทับเจริญ ณัฐยาพร สุมน ศรีสุวรรณ ชมชัย วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์ นพวรรณ ชมชัย และพีระพล อยู่สวัสดิ์ 2536 . **การใช้มูลสุกรแห้งและมูลสุกรหลังการหมักก๊าซชีวภาพระดับร้อยละ 5 และ 10 ในสูตรอาหารสุกรรุ่น** (20- 60 กก.). กรุงเทพมหานคร : การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 31 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมโภชน์ ทับเจริญ ณัฐยาพร สุมน และพีระพล อยู่สวัสดิ์ 2538 . **การใช้มูลสุกรแห้งและกากมูลสุกรหลังการหมักก๊าซชีวภาพในอาหารสุกรรุ่น** (60 - 90 กก.). กรุงเทพมหานคร : การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 33 สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล 2542 . **บทบาทของเอนไซม์ไฟเตสในอาหารสัตว์ปีก**. ธุรกิจอาหารสัตว์ , 16 (65) : 62 - 67.

อนามัย, กรม . 2537 ก. **การลดปัญหาเหตุรำคาญเรื่องกลิ่นจากฟาร์มเลี้ยงสุกรจังหวัดฉะเชิงเทรา. นนทบุรี** : **โครงการปรับปรุงอนามัยและสิ่งแวดล้อมเพื่อลดปัญหามลพิษจากฟาร์มสุกร** จังหวัดฉะเชิงเทรา กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข .

ภาษาอังกฤษ

APHA, AWWA, WPCF. 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18th ed., Washington, D.C.: American Public Health Association.

Bikker, P. 1980 . Diets for pig producer and the enveironment . **Pig Progress** 14 (8) :37- 39

Burton, C.H. 1997 . **Manure Management : Treatment Strategies for Sustainable Argriculture**. Silsoe Research Institute, Bedford, UK.

ESCAP. 1982 . **A practical guidebook bared on the deliberations of the expert group meeting on biogar development** . United Nations.

Muller, Z .O . 1980 . **Feed from animal wastes : State of knowledge**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Romme, Italy.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางดอกเบี้ย

INTEREST TABLES

ดัดแปลงจาก วันชัย และ ชอุ่ม (2539)

สูตรดอกเบี้ยต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณดอกเบี้ยระบบเชิงซ้อน

Single Payment - Compound Amoumt Factor (F / P , i% , n)	$(1 + i)^n$
Single Payment - Present Worth Factor (P/ F , i% , n)	$1 / (1 + i)^n$
Sinking Fund Factor (A/ F , i% , n)	$i / (1 + i)^n - 1$
Capital Recovery Factor (A/ P , i% , n)	$i (1-n)^n / (1 + i)^n - 1$
Uniform Series - Compound Amoumt Factor (F / A , i% , n)	$(1 + i)^n - 1 / i$
Uniform Series - Present Worth Factor (P / A , i% , n)	$(1 + i)^n - 1 / i (1 + i)^n$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราดอกเบี้ย 3 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.0300	0.9709	1.00000	1.03000	1.000	0.971	1
2	1.0609	0.9426	0.49261	0.52261	2.030	1.913	2
3	1.0927	0.9151	0.32353	0.35353	3.091	2.829	3
4	1.1255	0.8885	0.23903	0.26903	4.184	3.717	4
5	1.1593	0.8626	0.18835	0.21835	5.309	4.580	5
6	1.1941	0.8375	0.15460	0.18460	6.468	5.417	6
7	1.2299	0.8131	0.13051	0.16051	7.662	6.230	7
8	1.2668	0.7894	0.11246	0.14246	8.892	7.020	8
9	1.3048	0.7664	0.09843	0.12843	10.159	7.786	9
10	1.3439	0.7441	0.08723	0.11723	11.464	8.530	10
11	1.3842	0.7224	0.07808	0.10808	12.808	9.253	11
12	1.4258	0.7014	0.07046	0.10046	14.192	9.954	12
13	1.4685	0.6811	0.006403	0.09403	15.618	10.635	13
14	1.5126	0.6611	0.05853	0.08853	17.086	11.296	14
15	1.5580	0.6419	0.05377	0.08377	18.599	11.938	15
16	1.6024	0.6232	0.04961	0.07960	20.157	12.561	16
17	1.6528	0.6050	0.04595	0.07595	21.762	13.166	17
18	1.7024	0.5874	0.04271	0.07271	23.414	13.754	18
19	1.7535	0.5703	0.03981	0.06981	25.117	14.324	19
20	1.8061	0.5537	0.03722	0.06722	26.870	14.877	20
25	2.0938	0.4776	0.02743	0.05743	36.459	17.413	25
30	2.4273	0.4120	0.02102	0.05102	47.575	19.600	30
35	2.8139	0.3554	0.01645	0.04654	60.462	21.487	35
40	3.2620	0.3066	0.01326	0.04326	75.401	23.115	40
45	3.7816	0.2644	0.01079	0.04079	92.720	24.519	45
50	4.3839	0.2281	0.00887	0.03887	112.979	25.730	50
55	5.0821	0.1968	0.00735	0.03735	136.072	26.774	55
60	5.8916	0.1679	0.00613	0.03613	163.053	27.676	60
65	6.8300	0.1464	0.00515	0.03515	149.333	28.453	65
70	7.9189	0.1263	0.00434	0.03434	230.574	29.123	70
80	10.6409	0.0940	0.00311	0.03311	321.363	30.201	80
90	14.3005	0.0699	0.00226	0.03226	443.349	31.002	90
100	19.2186	0.0520	0.00165	0.03165	607.288	31.599	100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราดอกเบี้ย 4 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.0400	0.9615	1.00000	1.04000	1.000	0.962	1
2	1.0816	0.9246	0.49020	0.53020	2.040	1.886	2
3	1.1249	0.8890	0.32035	0.36035	3.122	2.775	3
4	1.1699	0.8548	023549	0.27549	4.246	3.630	4
5	1.2167	0.8219	0.18463	0.22463	5.416	4.452	5
6	1.2653	0.7903	0.15076	0.19076	6.633	5.242	6
7	1.3159	0.7599	0.12661	0.16661	7.898	6.002	7
8	1.3686	0.7307	0.10853	0.14853	9.124	6.773	8
9	1.4233	0.7026	0.09449	0.13449	10.583	7.435	9
10	1.4802	0.6756	0.08329	0.12329	12.006	8.111	10
11	1.5395	0.6496	0.07415	0.11415	13.486	8.760	11
12	1.6010	0.6246	0.06655	0.10655	15.026	9.385	12
13	1.6651	0.6006	0.06014	0.10014	16.627	9.986	13
14	1.7317	0.5775	0.05467	0.09467	18.297	10.563	14
15	1.8009	0.5553	0.04994	0.08994	20.024	11.118	15
16	1.8730	0.5339	0.04582	0.08582	21.825	11.652	16
17	1.9479	0.5134	0.04220	0.08220	23.698	12.166	17
18	2.0258	0.4936	0.03899	0.07899	25.645	12.659	18
19	2.1068	0.4746	0.03614	0.07614	27.671	13.134	19
20	2.1911	0.4564	0.03358	0.07358	29.778	13.590	20
25	2.6658	0.3751	0.02401	0.06401	41.646	15.622	25
30	3.2434	0.3083	0.01783	0.05783	56.085	17.292	30
35	3.9461	0.2534	0.01358	0.05358	73.652	18.665	35
40	4.8010	0.2083	0.01052	0.05052	94.026	19.793	40
45	5.8412	0.1712	0.00826	0.04826	121.029	20.720	45
50	7.1067	0.1407	0.00655	0.04655	152.667	21.482	50
55	8.6464	0.1157	0.00523	0.04523	191.159	22.109	55
60	10.5196	0.0951	0.00420	0.04420	237.991	22.623	60
65	12.7987	0.0781	0.00339	0.04339	294.968	23.047	65
70	15.5716	0.0642	0.00275	0.04275	364.290	23.395	70
80	23.0500	0.0434	0.00181	0.04181	551.245	23.915	80
90	34.1193	0.0293	0.00121	0.04121	827.983	24.207	90
100	50.5049	0.0198	0.00081	0.00481	1237.624	24.505	100

อัตราดอกเบี้ย 5 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.0500	0.9524	1.00000	1.05000	1.000	0.953	1
2	1.1025	0.9070	0.48780	0.53780	2.050	1.859	2
3	1.1576	0.8638	0.31721	0.36721	3.153	2.723	3
4	1.2155	0.8227	0.23201	0.28201	4.310	3.546	4
5	1.2763	0.7835	0.18097	0.23097	5.526	4.329	5
6	1.3401	0.7462	0.14702	0.19702	6.802	5.076	6
7	1.4071	0.7107	0.12282	0.17282	8.142	5.786	7
8	1.4775	0.6768	0.10472	0.15472	9.548	6.463	8
9	1.5513	0.6446	0.09069	0.14069	11.027	7.108	9
10	1.6289	0.6139	0.07950	0.12950	12.578	7.722	10
11	1.7103	0.5847	0.07039	0.12039	14.207	8.306	11
12	1.7959	0.5568	0.06283	0.11283	15.917	8.863	12
13	1.8856	0.5303	0.05646	0.10646	17.713	9.394	13
14	1.9800	0.5051	0.05102	0.10102	19.599	9.899	14
15	2.0789	0.4810	0.04634	0.09634	21.579	10.380	15
16	2.1829	0.4581	0.04227	0.09227	23.657	10.838	16
17	2.2920	0.4363	0.03870	0.08870	25.840	11.274	17
18	2.4066	0.4155	0.03555	0.08555	28.132	11.690	18
19	2.5270	0.3957	0.03275	0.08275	30.539	12.085	19
20	2.6533	0.3769	0.03024	0.08024	33.066	12.462	20
25	3.3864	0.2953	0.02095	0.07095	47.727	14.094	25
30	4.3219	0.2314	0.01505	0.06505	66.439	15.372	30
35	5.5160	0.1813	0.01107	0.06107	90.320	16.374	35
40	7.0400	0.1420	0.00828	0.05828	120.800	17.159	40
45	8.9850	0.1113	0.00626	0.05626	159.700	17.774	45
50	11.4674	0.0872	0.00478	0.05478	209.348	18.256	50
55	14.6356	0.0683	0.00367	0.05367	272.713	18.663	55
60	18.6792	0.0535	0.00283	0.05283	353.584	18.929	60
65	23.8399	0.0419	0.00219	0.05219	456.798	19.161	65
70	30.4264	0.0329	0.00170	0.05170	588.529	19.343	70
80	49.5614	0.0202	0.00103	0.05103	971.229	19.565	80
90	80.7304	0.0124	0.00063	0.05063	1594.607	19.752	90
100	131.5013	0.0076	0.00038	0.05031	2610.025	19.848	100

อัตราดอกเบี้ย 6 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.0600	0.9434	1.00000	1.06000	1.000	0.943	1
2	1.1236	0.8900	0.48544	0.54544	2.060	1.833	2
3	1.1910	0.8396	0.31411	0.37411	3.184	2.673	3
4	1.2625	0.7921	0.22859	0.28859	4.375	3.465	4
5	1.3382	0.7473	0.17740	0.23740	5.637	4.212	5
6	1.4185	0.7050	0.14336	0.20336	6.975	4.917	6
7	1.5036	0.6651	0.11914	0.17914	8.394	5.582	7
8	1.5938	0.6274	0.10104	0.16104	9.897	6.210	8
9	1.6895	0.5919	0.08702	0.14702	11.491	6.802	9
10	1.7908	0.5584	0.07587	0.13587	13.181	7.360	10
11	1.8983	0.5268	0.06679	0.12679	14.972	7.877	11
12	2.0122	0.4970	0.05928	0.11928	16.870	8.384	12
13	2.1329	0.4688	0.05296	0.11296	18.882	8.853	13
14	2.2609	0.4423	0.04758	0.10758	21.015	9.295	14
15	2.3966	0.4173	0.04296	0.10296	23.276	9.742	15
16	2.5404	0.3936	0.03895	0.09895	25.673	10.106	16
17	2.6928	0.3714	0.03544	0.09544	28.213	10.477	17
18	2.8543	0.3503	0.03236	0.09236	30.906	10.828	18
19	3.0256	0.3305	0.02962	0.08962	33.760	11.158	19
20	3.2071	0.3118	0.02718	0.08718	36.786	11.470	20
25	4.2919	0.2330	0.01823	0.07823	54.865	12.783	25
30	5.7435	0.1741	0.01265	0.07265	79.058	13.765	30
35	7.6861	0.1301	0.00897	0.06897	111.435	14.498	35
40	10.2857	0.0972	0.00646	0.06646	154.762	15.046	40
45	13.7646	0.0727	0.00470	0.06470	212.744	15.456	45
50	18.4202	0.0543	0.00344	0.06344	290.336	15.762	50
55	24.6503	0.0406	0.00254	0.06254	394.172	15.991	55
60	32.9877	0.0303	0.00188	0.06188	533.128	16.161	60
65	44.1450	0.0227	0.00139	0.06139	719.083	16.289	65
70	59.0759	0.0169	0.00103	0.06103	967.932	16.385	70
80	105.7960	0.0095	0.00057	0.06057	1746.600	16.509	80
90	189.4645	0.0053	0.00032	0.06032	3141.075	16.579	90
100	339.3021	0.0029	0.00018	0.06018	5638.368	16.618	100

อัตราดอกเบี้ย 7 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.0700	0.9346	1.00000	1.07000	1.000	0.935	1
2	1.1449	0.8734	0.48309	0.53309	2.070	1.808	2
3	1.2250	0.8163	0.31105	0.38105	3.215	2.624	3
4	1.3108	0.7629	0.22523	0.29523	4.440	3.387	4
5	1.4026	0.7130	0.17389	0.24389	5.751	4.100	5
6	1.5007	0.6663	0.13980	0.20980	7.153	4.767	6
7	1.6058	0.6227	0.11555	0.18555	8.654	5.389	7
8	1.7182	0.5820	0.09747	0.16747	10.260	5.971	8
9	1.8385	0.5439	0.08349	0.15349	11.978	6.515	9
10	1.9672	0.5083	0.07238	0.14238	13.816	7.024	10
11	2.1049	0.4751	0.06336	0.13336	15.784	7.499	11
12	2.2522	0.4440	0.05590	0.12590	17.888	7.943	12
13	2.4098	0.4150	0.04965	0.11965	20.144	8.358	13
14	2.5785	0.3878	0.04434	0.11434	22.550	8.747	14
15	2.7590	0.3624	0.03979	0.10979	25.129	9.108	15
16	2.9522	0.3387	0.03586	0.10586	27.888	9.447	16
17	3.1588	0.3166	0.03243	0.10243	30.840	9.763	17
18	3.3799	0.2959	0.02941	0.09941	33.999	10.059	18
19	3.6165	0.2765	0.02675	0.09675	37.379	10.336	19
20	3.8697	0.2584	0.02439	0.09436	40.995	10.594	20
25	5.4274	0.1842	0.01581	0.08581	63.249	11.654	25
30	7.6123	0.1314	0.01059	0.08059	94.461	12.409	30
35	10.6766	0.0937	0.00723	0.07723	138.237	12.948	35
40	14.9745	0.0668	0.00501	0.07501	199.635	13.332	40
45	21.0025	0.0476	0.00350	0.07350	285.749	13.606	45
50	29.45700	0.0339	0.00246	0.07246	406.529	13.801	50
55	41.3150	0.0242	0.00174	0.07174	575.929	13.940	55
60	57.9464	0.0173	0.00123	0.07123	813.520	14.039	60
65	81.2729	0.0123	0.00087	0.07087	1146.755	14.110	65
70	113.9894	0.0088	0.00062	0.07062	1614.134	14.160	70
80	224.2344	0.0045	0.00031	0.07031	3189.063	14.222	80
90	441.1030	0.0023	0.00016	0.07016	6287.185	14.253	90
100	867.7163	0.0012	0.00008	0.07008	12381.662	14.269	100

อัตราดอกเบี้ย 8 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.0800	0.9259	1.00000	1.08000	1.000	0.926	1
2	1.1664	0.8573	0.48077	0.56077	2.080	1.783	2
3	1.2597	0.7938	0.30803	0.38803	3.246	2.577	3
4	1.3605	0.7350	0.22192	0.30192	4.506	3.312	4
5	1.4693	0.6806	0.17046	0.25046	5.867	3.993	5
6	1.5869	0.6302	0.13632	0.21632	7.336	4.623	6
7	1.7138	0.5835	0.11207	0.19207	8.923	5.206	7
8	1.8509	0.5403	0.09401	0.17401	10.637	5.747	8
9	1.9990	0.5002	0.08008	0.16008	12.488	6.247	9
10	2.1589	0.4632	0.06903	0.14903	14.488	6.710	10
11	2.3316	0.4289	0.06080	0.14008	16.645	7.139	11
12	2.5182	0.3971	0.05270	0.13270	18.977	7.536	12
13	2.7196	0.3677	0.04652	0.12652	21.495	7.904	13
14	2.9372	0.3405	0.04130	0.12130	24.215	8.244	14
15	3.1722	0.3152	0.03683	0.11683	27.152	8.559	15
16	3.4259	0.2919	0.03298	0.11298	30.324	8.851	16
17	3.7000	0.2703	0.02963	0.10963	33.750	9.122	17
18	3.9960	0.2502	0.02670	0.10670	37.450	9.372	18
19	4.3157	0.2317	0.02413	0.10413	41.446	9.604	19
20	4.6610	0.2145	0.02185	0.10185	45.762	9.818	20
25	6.8485	0.1460	0.01368	0.09368	73.106	10.675	25
30	10.0627	0.0994	0.00883	0.08883	113.283	11.258	30
35	14.7853	0.0676	0.00580	0.08580	172.317	11.655	35
40	21.7245	0.0460	0.00386	0.08386	259.057	11.925	40
45	31.9204	0.0313	0.00259	0.08259	386.506	12.108	45
50	46.9016	0.0213	0.00174	0.08174	573.770	12.233	50
55	68.9139	0.0145	0.00118	0.08118	848.923	12.319	55
60	101.2571	0.0099	0.00080	0.08080	1253.213	12.377	60
65	148.7798	0.0067	0.00054	0.08054	1847.248	12.416	65
70	218.6064	0.0046	0.00037	0.08037	2720.080	12.443	70
80	471.95548	0.0021	0.00017	0.08017	5886.935	12.474	80
90	1018.9151	0.0010	0.00008	0.08008	12723.939	12.488	90
100	2199.7613	0.0005	0.00004	0.08004	27484.516	12.494	100

อัตราดอกเบี้ย 10 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.1000	0.9091	1.00000	1.10000	1.000	0.909	1
2	1.2100	0.8264	0.47619	0.57619	2.100	1.736	2
3	1.3310	0.7513	0.30211	0.40211	3.310	2.487	3
4	1.4641	0.6830	0.21547	0.31547	4.641	3.170	4
5	1.6105	0.6209	0.16380	0.26380	6.105	3.791	5
6	1.7716	0.5645	0.12961	0.22961	7.716	4.355	6
7	1.9487	0.5132	0.10541	0.20541	9.487	4.868	7
8	2.1436	0.4665	0.08744	0.18744	11.436	5.335	8
9	2.3579	0.4241	0.07364	0.17364	13.579	5.759	9
10	2.5937	0.3855	0.06275	0.16275	15.937	6.144	10
11	2.8531	0.3505	0.05396	0.15396	18.531	6.495	11
12	3.1384	0.3186	0.04676	0.14676	21.384	6.814	12
13	3.4523	0.2897	0.04078	0.14078	24.523	7.103	13
14	3.7975	0.2633	0.03575	0.13575	27.975	7.367	14
15	4.1772	0.2394	0.03147	0.13147	31.772	7.606	15
16	4.5950	0.2176	0.02782	0.12782	35.950	7.824	16
17	5.0545	0.1978	0.02466	0.12466	40.454	8.022	17
18	5.5599	0.1799	0.02193	0.12193	45.599	8.201	18
19	6.1159	0.1635	0.01955	0.11955	51.159	8.365	19
20	6.7275	0.1486	0.01746	0.11746	57.275	8.514	20
25	10.8347	0.0923	0.01017	0.11017	98.347	9.077	25
30	17.4494	0.0573	0.00608	0.10608	164.494	9.427	30
35	28.1024	0.0356	0.00369	0.10369	271.024	9.644	35
40	45.2593	0.0221	0.00226	0.10226	442.593	9.779	40
45	72.8905	0.0137	0.00139	0.10139	718.905	9.863	45
50	117.3909	0.0085	0.00086	0.10086	1163.909	9.915	50
55	189.0591	0.0053	0.00053	0.10053	1880.591	9.947	55
60	304.4816	0.0033	0.00033	0.10033	3034.816	9.967	60
65	490.3707	0.0020	0.00020	0.10020	4893.707	9.980	65
70	789.7470	0.0013	0.00013	0.10013	7887.470	9.987	70
80	2048.4002	0.0005	0.00005	0.10005	20474.002	9.995	80
90	5313.0226	0.0002	0.00002	0.10002	53120.226	9.998	90
100	13780.6123	0.0001	0.00001	0.10001	137796.123	9.999	100

อัตราดอกเบี้ย 12 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.1200	0.8929	1.00000	1.12000	1.000	0.893	1
2	1.2544	0.7972	0.47170	0.59170	2.120	1.690	2
3	1.4049	0.7118	0.29635	0.41635	3.374	2.402	3
4	1.5735	0.6355	0.20923	0.32923	4.779	3.037	4
5	1.7623	0.5764	0.15741	0.27741	6.353	3.605	5
6	1.9738	0.5066	0.12323	0.24323	8.155	4.111	6
7	2.2107	0.4523	0.09912	0.21912	10.089	4.564	7
8	2.4760	0.4039	0.08130	0.20130	12.300	4.968	8
9	2.7731	0.3606	0.06768	0.18768	14.776	5.328	9
10	3.1058	0.3220	0.05698	0.17698	17.549	5.650	10
11	3.4785	0.2875	0.04842	0.16842	20.655	5.938	11
12	3.8960	0.2567	0.04144	0.16144	24.133	6.194	12
13	4.3635	0.2292	0.03568	0.15568	28.029	6.424	13
14	4.8871	0.2046	0.03087	0.15087	32.393	6.628	14
15	5.4736	0.1827	0.02682	0.14682	37.280	6.811	15
16	6.1304	0.1361	0.02339	0.14339	42.753	6.974	16
17	6.8660	0.1456	0.02046	0.14046	48.884	7.120	17
18	7.6900	0.1300	0.01794	0.13794	55.750	7.250	18
19	8.6128	0.1161	0.01576	0.13576	63.440	7.366	19
20	9.6463	0.1037	0.01388	0.13388	72.052	7.469	20
21	10.8038	0.0926	0.01224	0.13224	81.699	7.562	21
22	12.1003	0.0826	0.01081	0.13081	92.503	7.645	22
23	13.5523	0.0738	0.00956	0.12956	104.603	7.718	23
24	15.1786	0.0659	0.00846	0.12846	118.155	7.784	24
25	17.0001	0.0588	0.00750	0.12750	133.334	7.843	25
30	29.9599	0.0334	0.00414	0.12414	241.333	8.055	30
35	52.7996	0.0189	0.00232	0.12232	431.663	8.176	35
40	93.0510	0.0107	0.00130	0.1230	767.091	8.244	40
45	163.9876	0.0061	0.00074	0.12074	1358.230	8.283	45
50	289.0022	0.0035	0.00042	0.12042	2400.018	8.305	50
∞				0.12000		8.333	∞

อัตราดอกเบี้ย 15 %

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.1500	0.8696	1.00000	1.15000	1.000	0.870	1
2	1.3225	0.7561	0.46512	0.61512	2.150	1.626	2
3	1.5209	0.6575	0.27898	0.43798	3.472	2.283	3
4	1.7490	0.5718	0.20026	0.35027	4.993	2.855	4
5	2.0114	0.4972	0.14832	0.29832	6.742	3.352	5
6	2.3131	0.4323	0.11424	0.26424	8.754	3.784	6
7	2.6600	0.3759	0.09036	0.24036	11.067	4.160	7
8	3.0590	0.3269	0.07285	0.22285	13.727	4.487	8
9	3.5179	0.2843	0.05957	0.20957	16.786	4.772	9
10	4.0456	0.2472	0.04925	0.19925	20.304	5.019	10
11	4.6524	0.2149	0.04107	0.19107	24.349	5.234	11
12	5.3503	0.1869	0.03448	0.18448	29.002	5.421	12
13	6.1528	0.1625	0.02911	0.17911	34.352	5.583	13
14	7.0757	0.1413	0.02469	0.17469	40.505	5.724	14
15	8.1371	0.1229	0.02102	0.17102	47.580	5.847	15
16	9.3576	0.1069	0.01795	0.16795	55.717	5.954	16
17	10.7613	0.0929	0.01537	0.16537	65.075	6.047	17
18	12.3755	0.0808	0.01319	0.16319	75.836	6.122	18
19	14.2318	0.0703	0.01134	0.16134	88.212	6.198	19
20	16.3665	0.0611	0.00976	0.15976	102.444	6.259	20
21	18.8215	0.0531	0.00824	0.15842	118.810	6.312	21
22	21.6447	0.0462	0.00727	0.15727	137.632	6.359	22
23	24.8915	0.0402	0.00628	0.15628	159.276	6.399	23
24	28.6252	0.0349	0.00543	0.15543	184.168	6.434	24
25	32.9190	0.0304	0.00470	0.15470	212.793	6.464	25
30	66.2118	0.0151	0.00230	0.15230	434.745	6.566	30
35	133.1755	0.0075	0.00113	0.15113	881.170	6.617	35
40	267.8635	0.0037	0.00056	0.15056	1779.090	6.642	40
45	538.7693	0.0019	0.00028	0.15028	358.128	6.654	45
50	1083.6574	0.0009	0.00014	0.15014	7217.716	6.661	50
∞				0.15000		6.667	∞

อัตราดอกเบี้ย 20%

	ระบบจ่ายทีเดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor F/P	Present Worth Factor P/F	Sinking Fund Factor A/F	Capital Recovery Factor A/P	Compound Amount Factor F/A	Present Worth Factor P/A	n
1	1.2000	0.8333	1.00000	1.20000	1.000	0.833	1
2	1.4400	0.6944	0.45455	0.65455	2.200	1.528	2
3	1.7280	0.5787	0.27473	0.47473	3.640	2.106	3
4	2.0736	0.4823	0.18629	0.38626	5.368	2.589	4
5	2.4883	0.4019	0.13438	0.33438	7.442	2.991	5
6	2.9860	0.3349	0.10071	0.30071	9.930	3.326	6
7	3.5832	0.2791	0.07742	0.27742	12.916	3.605	7
8	4.2998	0.2326	0.06061	0.26061	16.499	3.837	8
9	5.1598	0.1938	0.04808	0.24808	20.799	4.031	9
10	6.1917	0.1615	0.03852	0.23852	25.959	4.192	10
11	7.4301	0.1346	0.03110	0.23110	32.150	4.327	11
12	8.9161	0.1122	0.02526	0.22526	39.581	4.439	12
13	10.6993	0.0935	0.02062	0.22062	48.497	4.533	13
14	12.8392	0.0779	0.01689	0.21689	59.196	4.611	14
15	15.4070	0.0649	0.01388	0.21388	72.035	4.675	15
16	18.4884	0.0541	0.01144	0.21144	87.442	4.730	16
17	22.1861	0.0451	0.00944	0.20944	105.931	4.775	17
18	26.6233	0.0376	0.00781	0.20781	128.117	4.812	18
19	31.9480	0.0313	0.00646	0.20646	154.740	4.844	19
20	38.3376	0.0261	0.00536	0.20536	186.688	4.870	20
21	46.0051	0.0217	0.00444	0.20244	255.026	4.891	21
22	55.2061	0.0181	0.00369	0.20369	271.031	4.909	22
23	66.2474	0.0151	0.00307	0.20307	326.237	4.925	23
24	79.4968	0.0126	0.00255	0.20255	392.484	4.937	24
25	95.3962	0.0105	0.00212	0.20212	471.981	4.948	25
30	237.3763	0.0042	0.00085	0.20085	1181.882	4.979	30
35	590.6682	0.0017	0.00034	0.20034	2948.341	4.992	35
40	14693.7716	0.0007	0.00014	0.20014	7334.858	4.997	40
45	3657.2620	0.0003	0.00005	0.20005	18281.310	4.999	45
50	9100.4382	0.0001	0.00002	0.20002	45497.191	4.999	50
∞				0.20000		5.000	∞

ภาคผนวก ข

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ประเภทการเลี้ยงสุกร

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิเสรีภาพบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 มาตรา 50 และมาตรา 51 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ประเภทการเลี้ยงสุกรไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

" การเลี้ยงสุกร " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปตามน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์

"น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ 1 หน่วย" หมายความว่า น้ำหนักสุทธิของสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ที่มีน้ำหนักรวมกันเท่ากับ 500 กิโลกรัม โดยให้คิดคำนวณน้ำหนักเฉลี่ยของสุกรพันธุ์ตัวละ 170 กิโลกรัมสุกรขุนตัวละ 60 กิโลกรัม และลูกสุกรตัวตัวละ 12 กิโลกรัม

" การเลี้ยงสุกรประเภท ก " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิด ขึ้นไป ที่มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์เกินกว่า 600 หน่วย

" การเลี้ยงสุกรประเภท ข " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิด ขึ้นไป ที่มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ตั้งแต่ 60 หน่วย แต่ไม่เกินกว่า 600 หน่วย

" การเลี้ยงสุกรประเภท ค " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิด ขึ้นไป ที่มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ตั้งแต่ 6 หน่วยแต่ไม่ถึง 60 หน่วย

" น้ำทิ้ง " หมายความว่า น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่ประกาศไว้ในประกาศนี้

ข้อ 2 ให้แบ่งการเลี้ยงสุกรตามข้อ 1 ออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1) การเลี้ยงสุกรประเภท ก

(2) การเลี้ยงสุกรประเภท ข

(3) การเลี้ยงสุกรประเภท ค

ข้อ 3 มาตาฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรประเภท ก ต้องมีค่าดังไปนี้

(1) ความเป็นกรดและด่าง (pH Value) ระหว่าง 5.5 ถึง 9

(2) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่เกิน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 4 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรประเภท ข และ ค ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(1) ความเป็นกรดและด่าง (pH Value) ระหว่าง 5.5 ถึง 9

(2) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 5 การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) จากจุดที่สถานที่เลี้ยงสุกรระบายน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม ในกรณีสถานที่เลี้ยงสุกรระบายน้ำทิ้งหลายจุดให้เก็บทุกจุดที่มีการระบายน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม

ข้อ 6 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

(1) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่าง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) แบบ Electrometric Titrator ที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.1 หน่วย

(2) การตรวจสอบค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีการอะไซด์ โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันติดต่อกันหรือวิธีการ Membrane Electrode

(3) การตรวจสอบค่าแขวนลอย ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc) และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส

(4) การตรวจสอบค่าซีโอดี ให้ใช้วิธีการย่อยสลายโดยโปตัสเซียม ไดโครเมต (Potassium Dichromate Digestion) แบบ Open Reflux หรือ Closed Reflux

(5) การตรวจค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ให้ใช้วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl) และให้ตรวจวัดแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการ Colorimetric หรือ Ammonia Selective Electrode

ข้อ 7 การตรววจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรตามข้อ 6 ต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียที่สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยกำหนดไว้หรือตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water Work and Wastewater) ที่ Amerrican Public Health Association , American Water Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนดไว้หรือตามวิธีการอื่นที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเกษา

ประกาศ ณ วันที่ 6 กุมภาพันธุ์ พ.ศ. 2544
อาทิตย์ อุไรรัตน์
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
เรื่อง กำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุม
การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 69 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิเสรีภาพบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 มาตรา 50 และมาตรา 51 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ กำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ไว้ดังต่อไป

ข้อ 1 ในประกาศนี้

" การเลี้ยงสุกร " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปตามน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์

" น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ 1 หน่วย " หมายความว่า น้ำหนักสุทธิของสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ที่มีน้ำหนักรวมกันเท่ากับ 500 กิโลกรัม โดยให้คิดคำนวณน้ำหนักเฉลี่ยของสุกรพันธุ์แม่พันธุ์ตัวละ 170 กิโลกรัม สุกรขุนตัวละ 60 กิโลกรัม และลูกสุกรตัวละ 12 กิโลกรัม

" การเลี้ยงสุกรประเภท ก " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิด ขึ้นไป ที่มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์เกินกว่า 600 หน่วย

" การเลี้ยงสุกรประเภท ข " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิด ขึ้นไป ที่มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ตั้งแต่ 60 หน่วย แต่ไม่เกินกว่า 600 หน่วย

" การเลี้ยงสุกรประเภท ค " หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิด ขึ้นไป ที่มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ตั้งแต่ 6 หน่วยแต่ไม่ถึง 60 หน่วย

" น้ำทิ้ง " หมายความว่า น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่ประกาศไว้ในประกาศนี้

" แหล่งน้ำสาธารณะ " ให้ความหมายรวมถึงท่อระบายน้ำสาธารณะด้วย

" การบำบัดน้ำเสีย " หมายความว่า กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร แต่ทั้งนี้ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง (Dilution)

ข้อ 2 ให้การเลี้ยงสุกรประเภท ก และ ข ตามข้อ 1 เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้ง

ข้อ 3 ห้ามมิให้เจ้าของ หรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร ตามข้อ 2 ปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม เว้นแต่จะได้ทำการบำบัดน้ำเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรประเภท ก และ ข ที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร

ข้อ 4 ประกาศนี้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งปี นับตั้งแต่วันถัดจากประกาศในราชกิจจา - นุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544
อาทิตย์ อุไรรัตน์
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

แบบสอบถาม

เรื่อง " ประสิทธิภาพและการทุนอย่างเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร "

(Efficiency and Economic Scale for Invesment of Wastewater Treatment System in Pig Farms)

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ทางสัตวแพทยสาธารณสุข ของนิสิตคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง : ข้อมูลและความคิดเห็นที่ท่านได้ตอบแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความลับและการวิเคราะห์ผล จะรายงานข้อมูลเป็นกรณีศึกษาและความคิดเห็นเป็นภาพรวม โดยไม่ระบุชื่อและที่ตั้งของฟาร์ม

---

1. ชื่อฟาร์ม.....
2. สถานที่ตั้ง .....
3. สภาพฟาร์ม.....
   - 3.1 ก่อตั้งมาเป็นระยะเวลา.....ปี
   - 3.2 ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียมาเป็นเวลา.....ปี
   - 3.3 ฟาร์มมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น.....ไร่ โดยแบ่งเป็น
     - พื้นที่ก่อสร้างโรงเรือนเลี้ยงสุกรประมาณ.....ไร่
     - พื้นที่อาคาร (สำนักงาน,บ้านพัก,โรงผสมอาหาร,อื่น ๆ) .....ไร่
     - พื้นที่บำบัดน้ำเสีย ประมาณ .....ไร่
     - พื้นที่สำหรับเพาะปลูก .....จำนวนประมาณ.....ไร่
     - พื้นที่อื่น ๆ .....ประมาณ.....ไร่
     - ราคาที่ดินปัจจุบัน ประมาณไร่ละ.....บาท
   - 3.4 แหล่งน้ำของฟาร์มใช้น้ำจาก.....
     - เสียค่าใช้จ่าย ค่าน้ำประมาณ เดือนละ.....
   - 3.5 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน
     - ค่าไฟฟ้าประมาณ .....บาท / เดือน
     - ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง .....บาท / เดือน
   - 3.6 สภาพบริเวณภายนอกฟาร์ม (ชุมชน ตลาด วัด โรงเรียน ไร่ นา สวน แม่น้ำ ลำคลอง)
     - .....
4. จำนวนสุกรในฟาร์ม
   - 4.1 สุกรพ่อ/แม่พันธุ์ น้ำหนักเฉลี่ย.....ก.ก. จำนวน.....ตัว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 สุกรสาวทดแทน น้ำหนักเฉลี่ย.....ก.ก. จำนวน.....ตัว

4.3 ลูกสุกรอนุบาล น้ำหนักเฉลี่ย.....ก.ก. จำนวน.....ตัว

4.4 สุกรขุน น้ำหนักเฉลี่ย.....ก.ก. จำนวน.....ตัว

5. ลักษณะของการบำบัดน้ำเสีย

5.1 การทำความสะอาด

โดยการเก็บกวาดมูลสุกร.....ครั้ง / .....

โดยการล้างคอกสุกร .....ครั้ง / .....

5.2 ปริมาณน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากการล้างคอกประมาณ.....$ม^3$ / .....

น้ำเสียที่เกิดจากปัสสาวะและน้ำใช้.....$ม^3$ / .....

5.3 การกำจัดของเสียก่อนการเข้าระบบบำบัด

ถ้ามีโดยการ.....

.....

.....

.....

5.4 ระบบบำบัดขั้นแรก โดยการ .....

.....

.....

.....

5.5 ระบบบำบัดขั้นที่สอง โดยการ .....

.....

.....

.....

5.6 ระบบบำบัดขั้นสุดท้าย โดยการ.....

.....

.....

.....

น้ำที่ผ่านระบบบำบัด แล้วนำไป .....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ขนาดของระบบบำบัดน้ำเสีย

6.1 การใช้ระบบบำบัดแบบบ่อหมัก ประกอบด้วย

1. บ่อหมัก ขนาด .....จำนวน .....บ่อ
   ขนาด .....จำนวน .....บ่อ
2. บ่อ Aerobic ขนาด.....จำนวน.....บ่อ
   ขนาด .....จำนวน .....บ่อ
3. บ่อปรับเสถียร ขนาด.....จำนวน .....บ่อ
   ขนาด .....จำนวน .....บ่อ
4. บ่อพักน้ำ ขนาด .....จำนวน .....บ่อ
   ขนาด .....จำนวน .....บ่อ

อื่น ๆ .....
.....

6.2 การใช้ระบบบำบัดแบบก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย

1. บ่อหมักแบบ..... ขนาด.....จำนวน .....ชุด
2. บ่อหมักแบบ..... ขนาด .....จำนวน .....ชุด
3. ลานกรองของแข็ง ขนาด .....จำนวน .....ชุด
4. สระพักน้ำ ขนาด .....จำนวน .....บ่อ
5. บึงประดิษฐ์ ขนาด .....จำนวน ....บ่อ

อื่น ๆ .....
.....

7. ค่าใช้จ่ายของการทำงานของระบบ

7.1 ค่าก่อสร้างระบบ.....บาท อายุของระบบ .....ปี

7.2 ค่าจ้างคนงาน จำนวน.....คน รวมเงินเดือน .....บาท / ปี

7.3 ค่าบำรุงรักษา ขุดลอก ล้างระบบ .....ครั้ง / ปี .....บาท / ปี

7.4 ค่าวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี .....บาท / ปี

7.5 อื่น ๆ .....
.....

8. ผลที่ได้จากระบบบำบัด

8.1 ขายปุ๋ยมูลสัตว์ได้.....กก. / ปี รวมเป็นเงิน.....บาท

8.2 ผลิตก๊าซชีภาพ จำนวนที่ผลิตได้.....

เพื่อใช้แทนพลังงานไฟฟ้าได้..... $ม^3$

เพื่อใช้ใช้ทดแทนก๊าซหรือน้ำมัน.....บาท / ปี

8.3 ผลการกำจัดกลิ่นและแมลง .....

8.4 อื่น ๆ .....

.....

9. ประสิทธิภาพของระบบบำบัด

คุณภาพน้ำเสีย	พารามิเตอร์	ก่อนเข้าระบบ	หลังผ่านระบบ	หน่วย
	1. BOD	.....	.....	มก./ล.
	2. COD	.....	.....	มก./ล.
	3. TSS	.....	.....	มก./ล.
	4. TKN	.....	.....	มก./ล.
	5. Sulfide	.....	.....	มก./ล.
	6.	.....	.....	
	7.	.....	.....	

10. เหตุผลในการใช้ระบบบำบัดของเสีย

..... 10.1 เพื่อสุขศาสตร์ของฟาร์ม

..... 10.2 เพื่อสภาพแวดล้อม

..... 10.3 เพื่อเพิ่มรายได้จากการขายปุ๋ยมูลสัตว์

..... 10.4 เพื่อลดต้นทุนด้านพลังงาน

..... 10.5 เพื่อลดแรงกดดันจากชุมชน

..... 10.6 .....

..... 10.7 .....

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

บีโอดี (BOD : Biochemical oxygen demand)

เป็นค่าแสดงความสกปรกของน้ำเสียในรูปของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน การหาค่าบีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีวเคมี เพื่อหาปริมาณออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติมากที่สุด และเพื่อที่จะให้เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณจึงต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายให้คงที่เป็นมาตรฐาน จึงกำหนดเวลาให้แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลาย (incubate) ที่อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (วันชัย และชอุ่ม , 2539)

1. หลักการ

ออกซิเจนละลายจะออกซิไดส์ Mn^{+2} ไปเป็น Mn^{+4} ภายใต้สภาวะที่เป็นด่างMn^{+4} จะสามารถออกซิไดส์ I^- ไปเป็น I_2 อิสระ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด นั้นคือปริมาณของ I_2 อิสระที่ถูกขับออกมาจะสมมูลย์พอดีกับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำตอนเริ่มต้น และวัดได้โดยการไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

1. เมื่อเติม $MnSO_4$ และ Alkali - Iodide - Azide

$$Mn^{+2} + 2\ OH^- \longrightarrow Mn(OH)_2$$ ตะกอนสีขาว

ถ้าในน้ำมีออกซิเจน จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$Mn(OH)_2 + {}^1/_2\ O_2 \longrightarrow MnO_2 + H_2O$$ ตะกอนสีน้ำตาล

2. เมื่อเติมกรดกำมะถันเข้มข้น I^- จะถูกออกซิไดส์ไปเป็น I_2

$$MnO_2 + 2\ I^- + 4\ H^+ \longrightarrow Mn^{+2} + I_2 + 2\ H_2O$$

3. ไตเตรทด้วย $Na_2S_2O_3$ เพื่อหาค่า I_2 ที่เกิดขึ้น

$$I_2 + 2\ S_2O_3^- \longrightarrow S_4O_6^- + 2\ I^-$$

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 ขวดบีโอดี (BOD Bottle) ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมฝาที่ปิดได้สนิท เป็นขวดแก้วที่ผลิตสำหรับเพื่อการวิเคราะห์ค่า DO ของน้ำโดยเฉพาะ ขวดที่ใช้ต้องสะอาดปราศจากสารอินทรีย์ การทำความสะอาดล้างด้วยสารละลายกรดโครมิค (Cromic Acid) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดและฉีดน้ำกลั่นล้างอีกครั้ง ก่อนคว่ำให้แห้ง

2.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส และทึบแสง

2.3 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น กระบอกตวง บิวเรต ปิเปต กรวยแก้ว

2.4 เครื่องจ่ายอากาศแบบเดียวกับที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลา และหัวสำหรับจ่ายอากาศ (หัวลูกฟู่)

3. สารเคมี

3.1 น้ำกลั่นบริสุทธิ์ ควรมีทองแดงน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัม / ลิตร ปราศจากคลอรีน สารอินทรีย์ กรดและด่าง

3.2 Magnesium sulfate (Merck)

3.3 Calcium chloride (Merck)

3.4 Ferric chloride (Merck)

3.5 Sodium thiosulfate (Carlo Erba)

3.6 Potassium iodide (Mallinckrodt Chemical)

3.7 Sodium hydroxide (BDH)

3.8 Sodium sulfate (Merck)

3.9 Starch (Carlo Erba)

3.10 Sulfuric acid (J.T.Baker)

4. การเตรียมตัวอย่างน้ำเสีย

เนื่องจากน้ำเสียจากฟาร์มสุกรจะมีสารอินทรีย์สูงมาก การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีจึงต้องเจือจางตัวอย่าง โดยใช้น้ำกลั่นซึ่งมีออกซิเจนละลายอยู่เกือบอิ่มตัว มีค่า pH ที่เหมาะสมและมีสารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย วิธีเตรียมมีดังนี้

4.1 การเลือกอัตราการเจือจางตัวอย่างน้ำเสีย โดยการพิจารณาจากลักษณะของน้ำเสียที่จะวิเคราะห์เพื่อสำหรับคาดคะเนค่าบีโอดี และเลือกอัตราการเจือจางที่คาดว่าจะใกล้เคียงมากที่สุดประมาณ 3 - 4 อัตรา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

4.2 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างน้ำเสียตามจำนวนที่เลือกอัตราการเจือจาง สำหรับการเจือจางขนาด 1,500 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร แล้วตวงน้ำกลั่นตามอัตราเจือจางช้าๆ ให้ได้จำนวน 1,500 มิลลิลิตร

4.3 เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และเฟริกคลอไรด์ อย่างละ 1.5 มิลลิลิตร

4.4 เป่าอากาศที่สะอาดโดยใช้เครื่องจ่ายอากาศ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำเสียตัวอย่าง นานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

4.5 เสียโดยวิธีกาลักน้ำลงในขวดบีโอดีจนเต็ม จำนวน 4 ขวด ต้องระมัดระวังอย่างให้เกิดฟองอากาศ ปิดจุกให้แน่นพอดีและมีน้ำหล่อที่ฝาขวด

4.6 นำขวดบีโอดี 2 ขวดของแต่ละอัตราการเจือจางมาวิเคราะห์หาค่าออกซิเจนละลายทันที ให้ค่าที่วิเคราะห์ได้เป็น DO_0 ส่วนอีก 2 ขวด นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ทึบแสงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และเป็นเวลา 5 วัน

4.7 เมื่อครบ 5 วัน นำขวดบีโอดีที่เก็บไว้อีก 2 ขวด มาหาค่าออกซิเจนละลายให้ค่าที่วิเคราะห์ได้เป็น DO_5

5. การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี

5.1 นำตัวอย่างน้ำเสียที่จะวิเคราะห์และผ่านการเตรียมตัวอย่าวแล้วในขวดบีโอดีมาเติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1.5 มิลลิลิตร และสารละลายอัลคาไล - ไอโอไดด์ - เอไซด์ 1.5 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดีโดยให้ปลายปิเปตอยู่ใต้ระดับผิวของตัวอย่างน้ำเสีย

5.2 ปิดจุกขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เขย่าอย่างแรงโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง จะเกิดตะกอนสีน้ำตาลปล่อยให้ตกตะกอน (ถ้าเกิดตะกอนสีขาวแสดงว่าตัวอย่างน้ำไม่มีออกซิเจนละลาย)

5.3 เปิดจุกขวดออกแล้วเติมกรดซัลฟูริค เข้มข้น 3 มิลลิลิตร โดยปล่อยให้ค่อย ๆ ไหลลงไปตามข้างขวด และให้ปลายปิเปตอยู่เหนือระดับผิวของตัวอย่างน้ำเสีย ปิดจุกขวดเขย่าให้เข้ากันโดยการกลับขวดไปมาจนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ก่อนนำไปไตเตรต

5.4 คำนวณปริมาตรของตัวอย่างที่จะใช้ในการไตเตรต โดยใช้ปริมาตรตัวอย่างเริ่มต้น 200 มิลลิลิตร เป็นหลักนั่นคือ ขวดบีโอดีมีขนาด 300 มิลลิลิตร และเติมแมงกานีสซัลเฟต และอัลคาไล - ไอโอไดด์ - เอไซด์ อย่างละ 1.5 มิลลิลิตร รวมเป็น 3 มิลลิลิตร ปริมาตรที่จะต้องนำมาไตเตรตจะเท่ากับ (200 x 300) / (300 - 3) = 202 มิลลิลิตร ดังนั้นจึงต้องตวงสารละลายตัวอย่าง 202 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปกรวยเพื่อนำไปไตเตรต

5.5 ไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วย โซเดียมไธโอซัลเฟต 0.0250 นอร์มัล จนกระทั่งสีเหลืองเริ่มจางลง (สีฟางข้าว) เติมน้ำแป้ง 5 หยด จะได้สีน้ำเงิน ไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป

6. การคำนวณค่าบีโอดี

เนื่องจาก 1 มิลลิลิตร ของโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล สมมูลย์พอดีกับออกซิเจนละลาย 0.20 มิลลิลิตร ดังนั้นแต่ละ 1 มิลลิลิตร ของโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่ใช้ไตเตรตไปจะสมมูลย์พอดีกับออกซิเจนละลาย 1 มิลลิลิตร เมื่อปริมาตรของตัวอย่างน้ำเสียเท่ากับ 200 มิลลิลิตร

ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมออกซิเจน / ลิตร) = $(DO_O - DO_5) \times$ อัตราส่วนเจือจาง

เมื่อ DO_O = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรตได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรตได้ในวันที่ 5

$$\text{อัตราเจือจาง} = \frac{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ + น้ำกลั่น}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้}}$$

ซีโอดี (COD : Chemical oxygen demand)

เป็นค่าแสดงถึงความสกปรกของน้ำเสีย โดยการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้สำหรับการออกซิไดส์สารอินทรีย์ต่างๆในน้ำเสีย และจะเกิดคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลจากปฏิกิริยาสุดท้าย นอกจากนี้พวกกรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน เงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดี คือปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ต้องเกิดขึ้นโดยอาศัยออกซิไดซิ่งเอเจนต์ (Oxidizing agent) อย่างแรง ภายใต้ภาวะที่เป็นกรดเข้มข้นและอุณหภูมิสูง (วันชัย , 2539)

1. หลักการ

หลักการวิเคราะห์ค่าซีโอดีจะคล้ายกับบีโอดี คือ สารอินทรีย์ต่างๆในน้ำเสียจะถูกออกซิไดซ์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เพียงแต่บีโอดีต้องใช้แบคทีเรียในการย่อยสลาย ส่วน

ซีโอดีจะใช้ออกซิไดซิ่งเอเจนต์ ซีโอดีและบีโอดีต่างเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำ แต่ซีโอดีไม่สามารถจะบ่งชี้ถึงความยากง่ายในการย่อยสลายทางชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ แม้กระนั้นซีโอดีก็มีข้อดี ที่ใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้นกว่าเพียง 3 ชั่วโมง ในขณะที่การวิเคราะห์ค่าบีโอดีใช้เวลาถึง 5 วัน ค่าซีโอดีมีความแปรผันน้อยกว่า ค่าที่ได้มีความแน่นอนน่าเชื่อถือกว่า และสารพิษโลหะหนักไม่ขัดขวางกระบวนการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีได้ ค่าซีโอดีมักมีค่าสูงกว่าค่าบีโอดี อัตราส่วนของค่าซีโอดีและค่าบีโอดีสำหรับน้ำเสียชนิดต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากันเพราะส่วนประกอบของน้ำเสียจากแต่ละแหล่งเกิดน้ำเสียไม่เหมือนกัน บีโอดีอาจจะมีค่าสูงกว่าซีโอดีได้แต่มีโอกาสน้อยมาก

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ที่เรียกว่า รีฟลักซ์แบบเปิด (Open reflux) ปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

1. เมื่อรีฟลักซ์ด้วย $K_2Cr_2O_7$ + H_2SO_4

$$CHO + Cr_2O_7^{-2} + H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O + Cr^{+3} + Cr_2O_7^{-2}$$

(เกินพอ) (สีเหลือง)

2. หาปริมาณ $Cr_2O_7^{-2}$ ที่เหลือโดยการไตเตรตด้วยเฟอรัสแอมโมเนีย ซัลเฟต โดยมีเฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์

$$6\,Fe^{+2} + Cr_2O_7^{-2} + 14\,H^+ \longrightarrow 6\,Fe^{+3} + 2\,Cr^{+3} + 7\,H_2O$$

(สีเหลือง) (สีน้ำตาลเข้ม)

$Cr_2O_7^{-2}$ ที่เหลือจะทำปฏิกิริยากับ Fe^{+2} ได้โครมิค (Cr^{+3}) จนหมด แล้ว Fe^{+2} จึงทำปฏิกิริยากับเฟอโรอินได้สารประกอบสีน้ำตาลแดง ซึ่งแสดงจุดยุติของการไตเตรต

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 Erlenmeyer flask หรือ ขวดกลมก้นแบน ขนาด 250 มิลลิลิตร ปากขวดเป็นแบบ ground glass joint ขนาด 24/40 (ใช้เป็นขวดสำหรับรีฟลักซ์)

2.2 condenser ซึ่งมี jacket ขนาด 300 มิลลิลิตร และต่อได้พอดีกับขวด Erlenmeyer flask

2.3 hot plate

2.4 burette ขนาด 50 มิลลิลิตร

3. สารเคมี

3.1 Mercuric sulfate (Merck)

3.2 Ferrous ammonium sulfate (Merck)

3.3 Ferroin indicator (Sigma)

3.4 Silver sulfate (Merck)

4. การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร บรรจุใส่ในขวดแก้วขนาด 500 มิลลิลิตร. แล้วนำไปแช่น้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์

5. วิธีวิเคราะห์ค่าซีโอดี

5.1 เติมตัวอย่างน้ำเสียที่จะวิเคราะห์ จำนวน 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรีฟลักซ์ แล้วเติมเมอร์คิวริคซัลเฟต 0.2 กรัม ใส่ลูกแก้วขนาดจิ๋ว จำนวน 5-6 เม็ด แล้วจึงเติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมค 5.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5.2 นำขวดรีฟลักซ์ ในข้อ 5.1 ไปต่อกับเครื่องรีฟลักซ์แล้วเปิดน้ำหล่อเย็น เติมสารละลายซัลฟูริค - ซิลเวอร์ซัลเฟต 15 มิลลิลิตร ลงที่ปากคอนเดนเซอร์ ซึ่งสารละลายซัลฟูริค - ซิลเวอร์ซัลเฟต จะไหลไปยังขวดรีฟลักซ์เอง เปิดไฟแล้วรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5.3 ทำ blank พร้อมกับตัวอย่างน้ำเสียโดยใช้น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ใช้สารเคมีต่าง ๆ เหมือนกับของตัวอย่างน้ำเสีย ทำการรีฟลักซ์เช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำเสียทุกประการ

5.4 เมื่อรีฟลักซ์ครบ 2 ชั่วโมง แล้วปิดไฟ ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นลงที่ปากเครื่องรีฟลักซ์ 40 มิลลิลิตร เพื่อล้างไอสารภายในคอนแดนเซอร์ แล้วจึงปิดน้ำหล่อเย็น

5.5 นำขวดรีฟลักซ์มาไตเตรต เพื่อหาปริมาณโปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือ ด้วยสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียซัลเฟต โดยใช้เฟอโรอีน ประมาณ 2 - 3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ ควรใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์เท่า ๆ กัน ทุกตัวอย่าง จุดยุติจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าอมเขียวและเป็นสีน้ำตาล จดปริมาตรของเฟอรัสแอมโมเนียซัลเฟตที่ใช้ไตเตรต

6. การคำนวณค่าซีโอดี

$$\text{ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมออกซิเจน / ลิตร)} = \frac{(A - B) \times N \times 8{,}000}{\text{มิลลิลิตร ของตัวอย่างน้ำเสีย}}$$

โดย A = จำนวนมิลลิลิตรของเฟอรัสแอมโมเนีย ซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรต blank

B = จำนวนมิลลิลิตรของเฟอรัสแอมโมเนีย ซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรต ตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของเฟอรัสแอมโมเนียซัลเฟต เป็นนอร์มัลลิตี้

ทีเคเอ็น (TKN : Total Kjeldahl Nitrogen)

หมายถึงจำนวนผลรวมของแอมโมเนียและสารอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งถ้าน้ำเสียมีปริมาณทีเคเอ็นสูง จะทำให้แบคทีเรียที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติสามารถใช้เป็นอาหารได้ และจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้วัชพืชในหรือรอบแหล่งน้ำเจริญเติบโตได้ดีก่อให้เกิดการตื้นเขินได้ (วันชัย , 2539)

1. หลักการ

สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียโดยการออกซิไดส์ของกรดกำมะถัน โดยทำให้ไนโตรเจนหลุดออกมาในรูปแอมโมเนียดังกล่าว นำสารที่ย่อยแล้วไปกลั่นเพื่อเก็บแอมโมเนียอิออนในกรดบอริค จากนั้นจึงนำกรดบอริคไปหาปริมาณแอมโมเนียโดยวิธีใช้เครื่อง Spectrophotometer หรือวิธี Nesslerization หรือการไตเตรตด้วยสารละลายกรดแก่มาตรฐาน ทำให้ทราบปริมาณทีเคเอ็น ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำเสีย

2.. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 Kjeldahl flask ขนาด 800 มิลลิลิตร

2.2 ชุดเครื่องมือสำหรับการย่อยสลาย

2.3 ชุดเครื่องมือสำหรับการกลั่นแอมโมเนีย

2.4 hot plate

1.5 UV - Vis spectrophotometer (Miltom Roy , Spectronic 3000 Array)

3. สารเคมี

2.1 Mercury (II) sulfate (Merck)

2.2 Potassium sulfate (Merck)

2.3 Phenolphthalein (BDH)

2.4 Sodium hydroxide (Merck)

2.5 Sodium thiosulfate (Merck)

4. การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร บรรจุใส่ในขวดแก้วขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 0.4 มิลลิลิตร แล้วนำไปแช่น้ำแข็ง เพื่อควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์

5. วิธีวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น

5.1 การเลือกขนาดตัวอย่าง โดยเลือกขนาดตัวอย่างตามตารางมาตรฐานขนาดของตัวอย่างจะต้องสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนที่คาดว่าจะมีในตัวอย่างน้ำเสีย ซึ่งอาจสังเกตได้จากลักษณะและแหล่งที่มาของตัวอย่างน้ำเสีย ถ้าใช้ขนาดตัวอย่างมากเกินไปอาจเสียเวลาในการย่อยนานหลายชั่วโมง การเลือกขนาดตัวอย่างของการวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น แสดงในตารางที่ 6 เมื่อเลือกปริมาณตัวอย่างได้แล้วตวงน้ำเสียตัวอย่างใส่ในขวด Kjeldahl ขนาด 800 มิลลิลิตร เติมลูกแก้ว จำนวน 3 - 4 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรงภายในขวด

ตารางการเลือกขนาดตัวอย่างของการวิเคราะห์ค่าทีเคเอ็น

Org - N ในตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ขนาดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
0 - 1	500
1 - 10	250
10 - 20	100
20 - 50	50
50 - 100	25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 การย่อยสลาย โดยการเติมน้ำยาสำหรับย่อยสลาย (Digestion reagent : โดยละลาย K_2SO_4 130 กรัม ในน้ำกลั่น 650 มิลลิลิตร แล้วเติม H_2SO_4 (Conc) 200 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลาย $HgSO_4$ 25 มิลลิลิตร และเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร) จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในขวด Kjeldahl นำเข้าเครื่องย่อยสลาย ต้มจนกระทั่งเกิดควันสีขาวของ SO_3 ให้ต้มต่อไปจนได้สารละลายใส จากนั้นย่อยสลายต่ออีก 20 - 30 นาที ปิดไฟแล้วปล่อยทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร และฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และทำให้เป็นด่างโดยค่อย ๆ เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไธโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ถ้าสีชมพูของฟีนอล์ฟทาลีนยังไม่เกิด ให้เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไธโอซัลเฟต ลงไปอีก จากนั้นนำไปกลั่น

5.3 การกลั่น โดยต่อขวด Kjeldahl เข้ากับเครื่องกลั่น ทำการกลั่นโดยให้ความร้อนที่เหมาะสม เก็บส่วนที่กลั่นออกมา 200 มิลลิลิตร ผ่านหลอดแก้วที่จุ่มลงในสารละลายกรดบอริค 50 มิลลิลิตร เมื่อกลั่นครบ 200 มิลลิลิตร เลื่อนขวดเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นออก และนำไปหาปริมาตรของแอมโมเนีย โดยใช้เครื่อง UV- Vis spectrophotometer ต่อไป ให้ทำ blank ด้วยโดยใช้น้ำกลั่นแล้วทำขั้นตอนเหมือนของตัวอย่างน้ำเสีย

6. การคำนวณค่าทีเคเอ็น

ปริมาตรแอมโมเนียที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการย่อย และการกลั่นมาแล้ว จะเป็นค่าทีเคเอ็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นายธีระวุฒิ สุวัธนะเชาว์ เกิดวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2502 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีสัตวแพทยศาสตรบัณฑิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2525 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่ง นายสัตวแพทย์ ระดับ 7 กรมปศุสัตว์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย