

เอกสารทางวิชาการ

เรื่องที่ 1

การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
และความคุ้มค่าในการลงทุน

โดย

ณัฐธามณี พรหมใบเงิน

แสนศักดิ์ นาคะวิสุทธิ

เลขทะเบียนวิชาการ

63(2)-0312-080

สถานที่ดำเนินการ

สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์

ระยะเวลาดำเนินการ

ตุลาคม 2561 - เมษายน 2562

การเผยแพร่

เว็บไซต์สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์

การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและ ความคุ้มค่าในการลงทุน

ณัฐธามณี พรหมใบเงิน^{1/} แสนศักดิ์ นาคะวิสุทธิ^{2/}

บทคัดย่อ

การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าในการลงทุน โดยทำการเก็บข้อมูลฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ที่กรมปศุสัตว์ได้ส่งเสริมให้มีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ประจำปีงบประมาณ 2558 ซึ่งเป็นฟาร์มสุกรระบบปิด (Evaporative Cooling System) จำนวน 13 ฟาร์ม แบ่งเป็นฟาร์มสุกรขนาดใหญ่จำนวน 3 ฟาร์ม และฟาร์มสุกรขนาดกลาง จำนวน 10 ฟาร์ม นำมาวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากแต่ละฟาร์มก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการฯ และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ หลังการเข้าร่วมโครงการฯ ผลการศึกษา พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยรวมทั้ง 13 ฟาร์ม ก่อนเข้าร่วมโครงการฯ มีปริมาณ 9,897.85 kg CO₂eq/ปี หลังการเข้าร่วมโครงการฯ มีปริมาณ 9,849.15 kg CO₂eq/ปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง 48.70 kg CO₂eq/ปี ซึ่งลดลงร้อยละ 0.49 การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพทั้ง 13 ฟาร์ม พบว่ามูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ได้ค่าเป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) มากกว่าต้นทุนทางการเงิน และผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) มากกว่า 1 ซึ่งคุ้มค่าในการลงทุนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ฟาร์มขนาดใหญ่ใช้ระยะเวลาคูณทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ หากได้รับเงินสนับสนุนจะคุ้มทุนที่ระหว่าง 25-78 เดือน กรณีที่ไม่ได้รับเงินสนับสนุนจะคุ้มทุนที่ระหว่าง 40-94 เดือน ฟาร์มขนาดกลางใช้ระยะเวลาคูณทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ หากได้รับเงินสนับสนุนจะคุ้มทุนที่ระหว่าง 31-124 เดือน กรณีที่ไม่ได้รับเงินสนับสนุนจะคุ้มทุนที่ระหว่าง 56-180 เดือน

คำสำคัญ : ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ฟาร์มสุกร ก๊าซเรือนกระจก ความคุ้มค่าในการลงทุนระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

ทะเบียนวิชาการเลขที่ : 63(2)-0312-080

^{1/} สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์

^{2/} สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์

Study of Wastewater Treatment Systems for Biogas in Pig Farms Affecting Reduction of Greenhouse Gas Emissions and Investment Value

Natthamanee Prombaingoen^{1/} Sansak Nakavisut^{2/}

Abstract

Study of wastewater treatment systems for biogas in pig farms that affect the reduction of greenhouse gas emissions and investment value was conducted by collecting data of pig farms that participated in the Green Agriculture City Project in Livestock of the Department of Livestock Development to promote the waste water treatment to produce biogas for the fiscal year of 2015. The 13 participated farms were of closed housing with an evaporative cooling system, consisted of 3 large pig farms and 10 medium-sized pig farms. The data were collected to analyze the amount of greenhouse gases released from each farm before and after joining the project and evaluate the economic value of investment in the construction of biogas wastewater treatment systems after participating in the project. The results showed that the amount of greenhouse gases released from 13 farms before participating in the project, amounted to 9,897.85 kg CO₂eq/year after participation in the project, with a volume of 9,849.15 kg CO₂eq/year. Greenhouse gas emission was reduced by 48.70 kg CO₂eq/year, which decreased by 0.49 percent. Cost-effective evaluation of the construction of the wastewater treatment system for all 13 biogas plants revealed that the net present values (NPV) were all positive, internal rate of return (IRR) was higher than the financial investment and benefit cost ratio, B/C, to the investment was all greater than one which indicated being worth for investment in the construction of biogas wastewater treatment systems in the pig farms. Large farms were estimated the break-even time in the construction of biogas wastewater treatment systems between 25-78 months in the case of receiving support, in the case of not receiving the support between 40-94 months. Medium sized farms had the break-even time in the construction of biogas wastewater treatment systems between 31-124 months if receiving support, in case of not receiving support, the break-even time was estimated between 56-180 months.

Keywords: biogas wastewater treatment plant, pig farm, greenhouse gas, investment in biogas treatment system

Research paper number : 63(2)-0312-080

1 / Bureau of Livestock Development and Certification System, Department of Livestock Development

2 / Bureau of Animal Breeding Development, Department of Livestock Development

บทนำ

ในปัจจุบันสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และสภาวะโลกร้อน (Global warming) ที่เป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) จากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ถือเป็นปัญหาที่สำคัญของโลก แนวโน้มที่โลกมีประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติไปมากขึ้น นอกจากนี้การบริโภคแหล่งอาหารประเภทโปรตีนของมนุษย์ก็ถือเป็นอาหารหลักที่จำเป็น โดยการทำปศุสัตว์ถือเป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อน พบว่าในปี พ.ศ. 2548 ภาคปศุสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 7,100 ล้านตัน CO₂eq/ปี หรือคิดเป็น 14.5% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดทั่วโลก (Gerber et al. 2013) และจากข้อมูลสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2560) การจัดเก็บและรวบรวมบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พบว่าเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคเกษตรกรรมในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณ 50,919.34 GgCO₂eq/ปี ซึ่งในจำนวนนี้เป็นปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคปศุสัตว์ 9,543.33 GgCO₂eq/ปี (18.74% ของภาคเกษตรกรรม) แบ่งเป็น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักในกระเพาะหมักของสัตว์ 6,004.73 GgCO₂eq/ปี (62.92% ของภาคปศุสัตว์) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสัตว์ 3,538.60 GgCO₂eq/ปี (37.08% ของภาคปศุสัตว์)

การประกอบกิจการฟาร์มสุกรถือเป็นกิจการที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องมีการควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิดสำหรับควบคุมการระบายน้ำทิ้ง การปล่อยทิ้งอากาศเสีย การปล่อยทิ้งของเสียหรือมลพิษอื่นใดจากแหล่งกำเนิดออกสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้ได้มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในเรื่องการประกอบกิจการฟาร์มสุกรซึ่งหากไม่มีการจัดการบำบัดของเสียและน้ำเสียที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนข้างเคียงและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมาก จึงมอบหมายให้กรมปศุสัตว์ดำเนินการส่งเสริมให้เกษตรกรฟาร์มสุกรมีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพผ่านการให้เงินอุดหนุนในโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์และโครงการส่งเสริมพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียด้านการปศุสัตว์ โดยโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์และโครงการส่งเสริมพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียด้านการปศุสัตว์ มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการจัดทำระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรส่งเสริมให้มีการนำน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียไปใช้ประโยชน์สำหรับพืชเศรษฐกิจและลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากฟาร์มสุกรต่อชุมชน

การศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ ประจำปีงบประมาณ 2558 ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จำนวน 13 ฟาร์ม โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากแต่ละฟาร์มก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ (ก่อนและหลังการมีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ) ตามหลัก IPCC 2006 ซึ่งเป็นการอ้างอิงตามโครงการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร เสนอต่อ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

โดยคำนวณมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) และค่าผลประโยชน์ตอบแทนต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C)

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวน 13 ฟาร์ม เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากแต่ละฟาร์ม ก่อนและหลังการเข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ (ก่อนและหลังการมีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ) ตามหลัก IPCC 2006 ซึ่งเป็นการอ้างอิงตามโครงการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร เสนอต่อ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ โดยคำนวณมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) และค่าผลประโยชน์ตอบแทนต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C)

ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ ประจำปี 2558 จำนวน 13 ฟาร์ม ซึ่งเป็นฟาร์มสุกรระบบปิดทั้งหมด (Evaporative Cooling System) แบ่งเป็นฟาร์มสุกรขนาดใหญ่จำนวน 3 ฟาร์ม (การเลี้ยงสุกรประเภท ก หรือฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกรชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปที่มีน้ำหนักรายปศุสัตว์เกินกว่า 600 หน่วย หรือเทียบเท่าฟาร์มสุกรขุน 5,000 ตัวขึ้นไป, ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร) และฟาร์มสุกรขนาดกลางจำนวน 10 ฟาร์ม (การเลี้ยงสุกรประเภท ข หรือฟาร์มสุกรขนาดกลาง หมายความว่า การเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ สุกรขุน หรือลูกสุกรชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปที่มีน้ำหนักรายปศุสัตว์ตั้งแต่ 60 หน่วย แต่ไม่เกิน 600 หน่วย หรือเทียบเท่าฟาร์มสุกรขุนตั้งแต่ 501 ถึง 5,000 ตัว, ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร) ในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ เชียงใหม่ จันทบุรี และพัทลุง โดยทำการศึกษา ดังนี้

1. เก็บข้อมูลโดยใช้การสัมภาษณ์เกษตรกรก่อนและหลังการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพแบบ Covered Lagoon ที่กรมปศุสัตว์ให้เงินอุดหนุน นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหลักการของ IPCC 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006) ซึ่งเป็นการอ้างอิงตามโครงการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร เสนอต่อ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, สิงหาคม 2555) สำหรับประเทศไทย การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลี้ยงสุกร ตามวิธีการของ IPCC 2006 จะใช้วิธีการคำนวณระดับ-tier 1 (Tier 1) เป็นการคำนวณตามวิธีการของ IPCC โดยใช้ค่าการปล่อยแนะนำ (Default Value of Emission Factor) ที่ให้ไว้ในคู่มือ IPCC 2006 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) ส่วนข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ใช้ค่าตามความพร้อมของประเทศเป็นหลักหรืออาจได้รับมาจากฐานข้อมูลจากองค์กรระหว่างประเทศ (ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลภายในประเทศ)

ค่าการปล่อยแนะนำ (Default Value of Emission Factor) ที่อ้างอิงในคู่มือ IPCC 2006 นี้ถูกรวบรวมและสังเคราะห์จากผลงานทางวิชาการ และงานวิจัยของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านเป็นหลัก ซึ่งเหมาะกับประเทศไทยที่ยังไม่มีความพร้อมด้านข้อมูลหรือมีแต่ไม่สมบูรณ์

1.1 การปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation)

ก๊าซที่ปล่อยออกมาจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation) คือ ก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากจำนวนสัตว์แต่ละชนิดคูณกับค่าการปล่อยของสัตว์ชนิดนั้นๆ ตามสมการที่ 1

$$Emissions = \sum_i population_i \times EF_i \times 10^{-6} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ Emissions = การปล่อยก๊าซมีเทนรวม (กิกะกรัม CH₄ ต่อปี)
 EF_i = ค่าการปล่อย (Emissions Factor) สำหรับสัตว์ชนิด i (กิโลกรัมต่อตัว ต่อปี) สำหรับสุกรใช้ค่าแนะนำของ IPCC 2006 การปล่อยก๊าซมีเทน 1.5 กิโลกรัมก๊าซมีเทน/ตัว (เนื่องจากลักษณะการเลี้ยงและโภชนาการของสุกรไทยมีความใกล้เคียงกับสภาพของ Developed country)
 Population_i = จำนวนประชากรสัตว์ชนิด i (ตัว)

1.2 การปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) จากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

ก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากการจัดการมูลสัตว์ เกิดขึ้นจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุภายใต้การขาดก๊าซออกซิเจน ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดและปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการของเสียจากสัตว์ ประสิทธิภาพในการบำบัด ข้อมูลกิจกรรมที่จำเป็นในการคำนวณในขั้นตอนนี้ได้แก่ จำนวนประชากรสัตว์ที่แยกออกเป็นประชากรย่อย ทั้งนี้ IPCC ถือหลักว่า อัตราการสร้างมูลสัตว์และอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะสัมพันธ์กับขนาดน้ำหนักตัวสัตว์และลักษณะของอาหารที่สัตว์กิน ในกรณีของสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น สุกร สามารถแบ่งย่อยออกเป็นกลุ่มๆ ได้ตามขนาดหรือลักษณะของโภชนาการสัตว์เพื่อให้สามารถแยกคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เหมาะสมกับขนาดหรือลักษณะของสัตว์ซึ่งจะทำให้ผลการคำนวณมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากการจัดการมูลสัตว์ สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 1 โดยใช้หลักการแบ่งกลุ่มย่อย และค่าการปล่อยการปล่อยก๊าซมีเทน อ้างอิงจากข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ครั้งที่ 2 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) 2554) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งกลุ่มย่อยประชากรสุกร และค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลสุกร

ชนิดสุกร	ค่าการปล่อย (kg CH ₄ /ตัว/ปี)
สุกรพันธุ์ (Boars)	8.05
สุกรขุน (Fattening)	7.0
สุกรพันธุ์พื้นเมือง (Native)	8.05
แม่พันธุ์ (Snows)	6.75
ลูกสุกร (Young)	8.05

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2554

1.3 การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ทางตรงจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

ก๊าซ N₂O ที่เกิดขึ้นในส่วนของการจัดการมูลสัตว์นี้ เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษามูลสัตว์ ก่อนที่จะถูกนำไปใช้ เช่น เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูก ใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือใช้ในรูปอื่นๆ โดยที่การปล่อยก๊าซ N₂O จากมูลสัตว์นี้แบ่งออกเป็นการปล่อยทางตรงและการปล่อยทางอ้อม ซึ่งก๊าซ N₂O ที่ถูกปล่อยทางตรงนั้นเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ของไนโตรเจนที่อยู่ในมูลสัตว์ โดยที่การปล่อยก๊าซ N₂O จากมูลสัตว์นี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนที่อยู่ในมูลสัตว์ ช่วงเวลาในการกักเก็บ และชนิดของระบบการจัดการมูลสัตว์ ซึ่งค่าเหล่านี้มาจากคู่มือ IPCC 2006 และจากการศึกษาวิจัยในประเทศ (สผ., 2553)

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซ N₂O ที่ปล่อยออกมาจากการจัดการมูลสัตว์ทางตรงสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2

$$N_{2O D(mn)} = \sum_s [\sum_t (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)})] \times EF_{3(S)} \times \frac{44}{28} \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ $N_{2O D(mn)}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจก N₂O ทางตรงจากการจัดการมูลสัตว์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม ก๊าซ N₂O ต่อปี (direct N₂O emissions from manure management in the country, kgN₂O/yr)

$N_{(T)}$ = จำนวนประชากรสัตว์ชนิด T ในฟาร์ม (number of head of livestock species/category T in the farm)

$Nex_{(T)}$ = อัตราการขับถ่ายธาตุไนโตรเจนต่อวันของสัตว์ชนิด T มีหน่วยเป็น กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี (annual average N excretion per head of species/category T in the farm, kg N/animal/yr) มีรายละเอียดที่แสดงดังในตารางที่ 2

$MS_{(T,S)}$ = สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกปล่อยในแต่ละปีของประชากรสัตว์ชนิด T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด (ไม่มีหน่วย) (fraction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category T that is managed in manure management system S in the farm, dimensionless), มีรายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 3

$EF_{3(S)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรง จากการจัดการมูลสัตว์แบบ S มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N_2O-N ต่อกิโลกรัมไนโตรเจนทั้งหมด (emission factor for direct N_2O emissions) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 การแบ่งกลุ่มย่อยประชากรสุกร และอัตราการขับถ่ายไนโตรเจน (Nex)

ชนิดสุกร	ค่าการปล่อย : Nex (kgN/ตัว/ปี)
สุกรพันธุ์ (Boars)	2.45
สุกรขุน (Fattening)	6.75
สุกรพันธุ์พื้นเมือง (Native)	5.62
แม่พันธุ์ (Sows)	2.45
ลูกสุกร (Young)	2.45

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

ตารางที่ 3 สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกปล่อยในแต่ละปีของประชากรของสัตว์ ที่มีระบบการจัดการ มูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด $MS_{(T,S)}$

ระบบการจัดการมูลสัตว์(S)	สัดส่วนของไนโตรเจน $MS_{(T,S)}$
ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบได้ก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digester)	0.07
ใช้บ่อหมักไร้อากาศ (Uncovered Anaerobic Lagoon)	0.40
ใช้โรงเรือนที่ยกสูงเหนือบ่อเปิด (Pit Storage Below Animal Confinement)	0.40
เก็บมูลสุกรตากแห้ง (Solid Storage)	0.54

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

ตารางที่ 4 ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรง จากการจัดการมูลสัตว์ (EF_3)

ระบบการจัดการมูลสัตว์(S)	ค่าการปล่อย : EF_3 (kg N_2O-N /kg N input)
ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบได้ก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digester)	0.000
ใช้บ่อหมักไร้อากาศ (Uncovered Anaerobic Lagoon)	0.000
ใช้โรงเรือนที่ยกสูงเหนือบ่อเปิด (Pit Storage Below Animal Confinement)	0.002
เก็บมูลสุกรตากแห้ง (Solid Storage)	0.005

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

1.4 การปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

ในส่วนของการปล่อย N_2O ทางอ้อมเป็นผลเนื่องมาจาก 2 ส่วน คือไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากการระเหยในรูปของแอมโมเนียและ NO_x ซึ่งสัดส่วนของสารอินทรีย์ไนโตรเจนในมูลสัตว์ที่สูญเสียไปในรูปของแอมโมเนียจะสัมพันธ์กับเวลาและอุณหภูมิ และส่วนที่ 2 คือส่วนของไนโตรเจนที่สูญเสียผ่านการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและ

การชะล้าง ซึ่งทั้งสองส่วนในท้ายที่สุดก็จะถูกปล่อยสู่ระบบแม่น้ำลำคลอง และก๊าซ N_2O ก็จะถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์เช่นเดียวกับที่เกิดจากการปล่อยทางตรง ซึ่งค่าเหล่านี้มาจากคู่มือ IPCC 2006 และจากการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ (สผ.,2553)

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซ N_2O ที่ปล่อยออกมาจากมูลสัตว์ทางอ้อมส่วนที่ 1 หรือไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากการระเหยในรูปของแอมโมเนียและ NO_x สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3 และสมการที่ 4

$$N_{volatilization-MMS} = \sum_s [\sum_t [(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times (\frac{Frac_{GasMs}}{100})_{(T,S)}]] \text{ สมการที่ 3}$$

เมื่อ $N_{volatilization-MMS}$ = ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่สูญเสียไป เนื่องจากการระเหยของ NH_3 และ NO_x มีหน่วยเป็นกิโลกรัมของไนโตรเจนต่อปี (amount of manure nitrogen that is lost due to volatilization of NH_3 and NO_x , kg N/yr)

$N_{(T)}$ = จำนวนประชากรสัตว์ชนิด T ในฟาร์ม (Number of head of livestock species/category T in the farm)

$Nex_{(T)}$ = อัตราการขับถ่ายธาตุไนโตรเจนต่อวันของสัตว์ชนิด T มีหน่วยเป็น กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี (annual average N excretion per head of species/category T in the farm, kg N/animal/yr) มีรายละเอียดที่แสดงดังในตารางที่ 2

$MS_{(T,S)}$ = สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายในแต่ละปีของประชากรสัตว์ชนิด T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด (ไม่มีหน่วย) (fraction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category T that is managed in manure management system S in the farm, dimensionless)

$Frac_{GasMs}$ = ร้อยละของไนโตรเจนในปุ๋ยของหมวดปศุสัตว์ T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณการระเหย ของ NH_3 และ NO_x หน่วยเป็น % (percent of manage manure nitrogen for livestock category T that volatilizes as NH_3 and NO_x in the manure management system S, %) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าการปล่อยก๊าซ NH_3 and NO_x ทางตรง จากการจัดการมูลสัตว์ ($Frac_{GasMs}$)

ระบบการจัดการมูลสัตว์(S)	ค่าการปล่อย : $Frac_{GasMs}$ (%)
ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบได้ก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digester)	40
ใช้บ่อหมักไร้อากาศ (Uncovered Anaerobic Lagoon)	40
ใช้โรงเรือนที่ยกสูงเหนือบ่อเปิด (Pit Storage Below Animal Confinement)	25
เก็บมูลสุกรตากแห้ง (Solid Storage)	45

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{volatilization-MMS} \times EF_4) \times \frac{44}{28} \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ $N_2O_{G(mm)}$	= ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมก๊าซ N_2O ต่อปี (Indirect N_2O emission due to volatilization of N from manure management in the farm, kg N_2O /yr)
EF_4	= ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการสะสมบนผิวดินและผิวน้ำของ ไนโตรเจนในบรรยากาศ มีหน่วยกิโลกรัม N_2O -N ต่อกิโลกรัมของ N_3 -N+ NO_x -N ซึ่งมีค่าการปล่อยแนะนำของ IPCC 2006 คือ 0.01 kg. N_2O -N/kg NH_3 -N+ NO_x -N (Emission factor for N_2O emissions form atmospheric of N on soils and water surface, kg N_2O -N / (kg NH_3 -N+ NO_x -N))
$\frac{44}{28}$	= ค่าเพื่อการเปลี่ยนมวลจาก N_2O -N เป็นก๊าซ N_2O

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซ N_2O ที่ปล่อยออกมาจากมูลสัตว์ทางอ้อมส่วนที่ 2 หรือไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้าง (Leaching and run-off) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 5 และสมการที่ 6

$$N_{Leaching-MMS} = \sum_s [\sum_t (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times (\frac{FracGasMs}{100})] \quad \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ $N_{Leaching-MMS}$	= ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ชะล้างจากระบบจัดการปุ๋ย มีหน่วยเป็นกิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี (amount of manure nitrogen that leached from manure management systems, kg N/yr)
$N_{(T)}$	= จำนวนประชากรสัตว์ชนิด T ในฟาร์ม (number of head of livestock species/category T in the farm)
$Nex_{(T)}$	= อัตราการขับถ่ายธาตุไนโตรเจนต่อวันของสัตว์ชนิด T มีหน่วยเป็น กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี (annual average N excretion per head of species/category T in the farm, kg N/animal/yr)
$MS_{(T,S)}$	= สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายในแต่ละปีของประชากรสัตว์ชนิด T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด (ไม่มีหน่วย) (faction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category T that is managed in manure management system S in the farm, dimensionless)
$Frac_{LeachingMs}$	= อัตราของการสูญเสียไนโตรเจนในปุ๋ยของหมวดปศุสัตว์ T เนื่องจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้างระหว่างการกักเก็บปุ๋ย (อัตราปกติ คือ ร้อยละ 20) (Percent)

of manage manure nitrogen losses for livestock category T due to runoff and leaching during solid and liquid storage of manure (typical range 20%))

$$N_{2O_{L(mm)}} = (N_{LeachingMs - MMS} \times EF_5) \times \frac{44}{28} \quad \text{สมการที่ 6}$$

เมื่อ $N_{2O_{L(mm)}}$	= การปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมเนื่องจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้างของไนโตรเจนที่มีแหล่งกำเนิดจากมูลสัตว์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N_2O ต่อปี (Indirect N_2O emissions due to leaching and runoff from manure management in the farm, kg N_2O /yr)
$N_{LeachingMs}$	= ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้างของไนโตรเจนที่มีแหล่งกำเนิดจากมูลสัตว์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N_2O ต่อปี (Indirect N_2O emissions due to leaching and runoff from manure management in the farm, kg N_2O /yr)
EF_5	= เนื่องจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้างของไนโตรเจนที่มีแหล่งกำเนิดจากมูลสัตว์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N_2O ต่อปี ซึ่งมีการปล่อยแนะนำของ คือ 0.007 kg. N_2O -N/kg NH_3 -N+ NO_x -N (Emission factor for N_2O emissions form leaching and runoff, kg N_2O -N/(kg NH_3 -N+ NO_x -N))
$\frac{44}{28}$	= ค่าเพื่อการเปลี่ยนมวลจาก N_2O -N เป็นก๊าซ N_2O

2. คำนวณความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ โดยใช้

2.1. มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ เป็นการคำนวณเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนในปีต่างๆ กับผลประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุโครงการ โดยใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) แปลงค่าเป็นเงินปัจจุบัน หรือเป็นการประเมินว่า การลงทุนสร้างผลกำไรได้หรือไม่ โดยการทอนเงินสดสุทธิแต่ละก้อนที่ได้นั้น กลับมาเป็นมูลค่า ณ ปัจจุบัน ในกรณีที่ผลการคำนวณค่ามูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ได้ค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการให้ผลกำไร หรือมีค่าตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน จะมากหรือน้อยขึ้นกับมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ว่ามีค่าบวกมากหรือมีค่าบวกน้อย และในทางกลับกันหากผลการคำนวณค่ามูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ได้ค่าเป็นลบแสดงว่าโครงการให้ผลขาดทุน ไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 7

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \quad \text{สมการที่ 7}$$

โดยที่ n = จำนวนปีที่ใช้ประเมินผลตอบแทน (15 ปี)

B_t = ผลประโยชน์ในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

r = อัตราคิดลด (Discount Rate โดยทั่วไปใช้ 7%)

อัตราคิดลด (Discount Rate) โดยทั่วไปใช้ 7% เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อสำหรับลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี ประเภทเงินกู้แบบมีระยะเวลา (Minimum Loan Rate, MLR) ของธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในประเทศไทย ซึ่งจัดทำโดยธนาคารแห่งประเทศไทย

2.2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) คือ อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ เป็นการประเมินว่า การลงทุนให้ผลตอบแทนเท่าใด โดยการสุ่มอัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์ กล่าวคือ ทำให้เงินสดสุทธิในอนาคตหอนมูลค่ากลับมาปัจจุบันแล้ว มีค่าเท่ากับ เงินลงทุนก้อนแรก ดังนั้นสำหรับโครงการที่คุ้มค่าที่จะลงทุนควรมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) มากกว่าต้นทุนทางการเงิน เช่น อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ หรืออัตราคิดลด (Discount Rate) นอกจากค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) นี้จะแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโครงการ ยังสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบว่าฟาร์มแห่งใดให้ผลตอบแทนในอัตราที่สูงกว่ากัน สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 8

$$IRR = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+R)^t} = 0 \quad \text{สมการที่ 8}$$

โดยที่ R = อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ

2.3. ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) เป็นดัชนีผลตอบแทนที่แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนมูลค่าเงินปัจจุบันของผลประโยชน์กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนโครงการ ถ้าอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อการลงทุนหรือค่าผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) มากกว่า 1 หมายถึงโครงการจะให้ผลกำไร มีผลตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 9

$$B/C \text{ Ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad \text{สมการที่ 9}$$

โดยที่ n = จำนวนปีที่ใช้ประเมินผลตอบแทน (15 ปี)

B_t = ผลประโยชน์ในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

r = อัตราคิดลด (Discount Rate โดยทั่วไปใช้ 7%)

ผลการศึกษา

1. เปรียบเทียบผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียว

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียว ก่อนและหลังการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ จำนวน 13 ฟาร์ม พบว่า หลังการเดินระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกรในโครงการฯ ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของทั้งโครงการฯ ลดลง 48.70 kgCO₂eq/ปี (ก่อนเข้าร่วมโครงการฯ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมมีค่า 9,897.85 kgCO₂eq/ปี หลังเข้าร่วมโครงการฯ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมมีค่า 9,849.15 kgCO₂eq/ปี) คิดเป็นร้อยละ 0.49 ก่อนเข้าร่วมโครงการฯ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียว
ประจำปีงบประมาณ 2558

ลำดับที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจก ก่อนเข้าร่วมโครงการฯ (kg CO ₂ eq/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจก หลังเข้าร่วมโครงการฯ (kg CO ₂ eq/ปี)	ผลต่างปริมาณการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO ₂ eq/ปี)
ฟาร์มขนาดกลางที่ 1	512.86	512.86	0
ฟาร์มขนาดกลางที่ 2	130.47	128.22	-2.25
ฟาร์มขนาดกลางที่ 3	197.39	192.33	-5.06
ฟาร์มขนาดกลางที่ 4	263.19	256.43	-6.76
ฟาร์มขนาดกลางที่ 5	394.79	384.65	-10.14
ฟาร์มขนาดกลางที่ 6	394.79	384.65	-10.14
ฟาร์มขนาดกลางที่ 7	197.39	192.33	-5.06
ฟาร์มขนาดกลางที่ 8	51.16	50.38	-0.78
ฟาร์มขนาดกลางที่ 9	138.90	138.90	0
ฟาร์มขนาดกลางที่ 10	470.13	470.13	0
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1	4,915.47	4,915.47	0
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 2	1,357.80	1,357.80	0
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 3	873.51	865.00	-8.51
รวมปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (kg CO ₂ eq/ปี)	9,897.85	9,849.15	-48.70

2. ความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

การคำนวณด้านความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียว จำนวน 13 ฟาร์ม พบว่า มีฟาร์มสุกรที่คุ้มค่าในการลงทุนทั้ง 13 ฟาร์ม กล่าวคือ มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ได้ค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการให้ผลกำไร หรือมีค่าตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) มากกว่าต้นทุนทางการเงิน แสดงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน และอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อการลงทุนหรือค่าผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) มากกว่า 1 หมายถึงโครงการจะให้ผลกำไร มีผลตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน ฟาร์มขนาดใหญ่ใช้ระยะเวลาคู้ทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุนระหว่าง 40-94 เดือน แต่หากได้รับเงินสนับสนุนจะคุ้มทุนที่ระหว่าง 25-78 เดือน ฟาร์มขนาดกลางใช้ระยะเวลาคู้ทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุนต่ำสุด 56 เดือน สูงสุดมากกว่า 180 เดือน แต่หากได้รับเงินสนับสนุนจะคุ้มทุนที่ระหว่าง 31-124 เดือน จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ และการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพมีความคุ้มค่าในการลงทุน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปความคุ้มค่าในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ ในโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์

ลำดับที่	มูลค่าเงินปัจจุบัน (Net Present Value, NPV)		อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR)		ผลประโยชน์ต่อค่าการลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C)		ระยะเวลาความคุ้มค่า (เดือน)	
	กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุน (ล้านบาท)	กรณีได้รับเงินสนับสนุน (ล้านบาท)	กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุน	กรณีได้รับเงินสนับสนุน	กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุน	กรณีได้รับเงินสนับสนุน	กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุน	กรณีได้รับเงินสนับสนุน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 1	1.34	2.61	14.38%	31.67%	1.43	2.43	76 เดือน	39 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 2	-0.34	0.36	2.85%	14.36%	0.79	1.37	145 เดือน	73 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 3	-0.20	0.25	3.86%	13.00%	0.84	1.31	143 เดือน	82 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 4	-0.52	0.08	0.41%	8.52%	0.68	1.07	มากกว่า 180 เดือน	121 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 5	0.95	1.85	12.01%	20.30%	1.29	1.79	82 เดือน	56 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 6	-0.34	0.56	5.06%	11.16%	0.9	1.23	มากกว่า 180 เดือน	124 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 7	1.93	2.38	29.00%	49.10%	2.46	3.74	56 เดือน	31 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 8	0.06	0.40	8.42%	22.86%	1.08	1.87	142 เดือน	71 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 9	0.41	0.73	14.80%	29.25%	1.46	2.32	87 เดือน	47 เดือน
ฟาร์มขนาดกลางที่ 10	-0.43	0.17	0.74%	11.29%	0.7	1.21	มากกว่า 180 เดือน	104 เดือน
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1	13.51	16.51	29.37%	48.62%	2.47	3.65	40 เดือน	25 เดือน
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 2	3.13	5.63	14.51%	27.92%	1.44	2.22	78 เดือน	45 เดือน
ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 3	4.88	8.38	10.43%	13.76%	1.2	1.4	94 เดือน	78 เดือน

วิจารณ์ผล

ผลการประเมินฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ ประจำปีงบประมาณ 2558 ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จำนวน 13 ฟาร์ม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการเมืองเกษตรสีเขียว พบว่าฟาร์มสุกรทั้งหมดมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง รวม 48.70 kgCO₂eq/ปี มีฟาร์มสุกรจำนวน 8 ฟาร์ม ที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง ทั้งนี้เนื่องจากฟาร์มสุกรดังกล่าวมีการปรับเปลี่ยนการจัดการมูลสุกรตามโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management) ลดลง การคำนวณประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้สมประสิทธิภาพการปลดปล่อยก๊าซต่ำกว่าการจัดการมูลแบบไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพที่กรมปศุสัตว์ให้การสนับสนุน ส่วนฟาร์มสุกรในโครงการจำนวน 5 ฟาร์ม (ฟาร์มขนาดกลางที่ 1, 9 และ 10 ฟาร์มขนาดใหญ่ที่ 1 และ 2) มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่าเดิม เนื่องจากฟาร์มสุกรดังกล่าวมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพอยู่ก่อนเริ่มโครงการ เป็นการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ทั้งนี้ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC แบบ tier1 จะไม่สามารถปรับสมประสิทธิภาพการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซในรายละเอียดได้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากศึกษาของเศรษฐ์และคณะ (2553) ที่ทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของฟาร์มสุกรในประเทศไทย ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ แบบการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (life cycle assessment) ขนาดฟาร์มที่มีสุกร 35,360 ตัว หรือ 106,080 ตัวต่อปี ในฟาร์ม มีระบบก๊าซชีวภาพ 4,200 ลูกบาศก์เมตร รายงานผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (Baseline Emission) มีค่าเท่ากับ 20,914.04 ตันเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี (tCO₂eq/year) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด 658.64 tCO₂eq/year ดังนั้น มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้จากการดำเนินโครงการกลไกพัฒนาที่สะอาดของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร (emission reduction) เท่า 20,255.40 ตันเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี (tCO₂eq/year)

ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพที่กรมปศุสัตว์ให้การสนับสนุนในโครงการเมืองเกษตรสีเขียวด้านการปศุสัตว์ ประจำปีงบประมาณ 2558 เป็นระบบบ่อคลุม (Covered Lagoon) มีอัตราการรองรับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูง ก่อสร้างง่าย สะดวกในการเดินระบบ ระบบไม่ซับซ้อน มีเสถียรภาพ และสามารถใช้งานได้ในฟาร์มสุกรทุกขนาด

จากการศึกษาพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพมีผลทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงได้ แต่ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงไม่มาก เนื่องจากเป็นการศึกษาเพียง 13 ฟาร์ม หากจำนวนฟาร์มสุกรเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ผลลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมเพิ่มมากขึ้น และจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงใน 1 ปี ซึ่งหากคำนวณในระยะยาวการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็จะลดลงมากขึ้นไปเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไปตามอายุการใช้งานของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

แบบระบบบ่อคลุม (Covered Lagoon) ซึ่งมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 15 ปี (กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) นอกจากนั้นระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพยังให้ผลดีในด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกร ลดปัญหากลิ่นเหม็น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนข้างเคียง ให้ผลดีแก่ผู้ประกอบการฟาร์มสุกร เช่น ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของฟาร์ม กากตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดฯ สามารถนำไปเป็นปุ๋ยจำหน่ายเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่ง และส่งเสริมภาพลักษณ์ของฟาร์มให้เป็นสถานประกอบการสีเขียวที่ไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

การคำนวณด้านความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพของฟาร์มสุกรพบว่าหากเกษตรกรได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากภาครัฐทั้ง 13 ฟาร์มคุ้มค่าในการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยพบว่าฟาร์มขนาดใหญ่ใช้เวลาคุ้มค่าเร็วกว่าฟาร์มขนาดกลาง อาจจะเนื่องมาจากฟาร์มขนาดใหญ่มีการใช้พลังงาน (ไฟฟ้าหรือน้ำมัน) ที่มากกว่า เมื่อมีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพจึงทำให้ลดค่าใช้จ่ายไปได้มากกว่า และจำนวนสุกรในฟาร์มขนาดใหญ่มีมากกว่า ทำให้ผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณที่มากกว่าด้วย แต่หากเกษตรกรไม่ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากภาครัฐ พบว่าจะมีเพียง 8 ฟาร์ม (ฟาร์มขนาดกลาง 5 ฟาร์มและฟาร์มขนาดใหญ่ 3 ฟาร์ม) ที่ให้ผลคุ้มค่าในการลงทุน และสอดคล้องกันกับผลการศึกษาของอรทัย (2552) ว่าภาครัฐควรให้การสนับสนุนเกษตรกรในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ เนื่องจากการลงทุนเริ่มแรกค่อนข้างสูง แต่ให้ผลดีทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า การก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพนอกจากจะสามารถบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในฟาร์มสุกร ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนข้างเคียงได้แล้ว ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย แต่การลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพใช้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เกษตรกรรายกลางหรือรายเล็กอาจจะมีปัญหาในการลงทุนได้ หากเกษตรกรได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐบางส่วนก็จะเป็นผลดีต่อการลงทุนของเกษตรกร และสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. คู่มือปฏิบัติงานสำหรับเจ้าหน้าที่ โครงการเมืองเกษตรสีเขียว ด้านการปศุสัตว์ ปีงบประมาณ 2558. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.
- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. คู่มือการขออนุญาตและต่อใบอนุญาตประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประเภทฟาร์มสุกร. บริษัท พัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงานไทย จำกัด, ปทุมธานี สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
2560. Second Biennial Update Report of Thailand. กรุงเทพฯ.
- อรรถัย วรคราวิสันต์. 2552. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ (ปีการศึกษา 2552). ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- เศรษฐ์ สัมภิตตะกุล และ จักรพงษ์ แยมยี่ม. 2553. กรณีศึกษาเปรียบเทียบด้วยวิธีกลไกการพัฒนาที่สะอาดและการประเมินวัฏจักรชีวิต, น. 59-60. ใน รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกในเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Falcucci A, Tempio G. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available source : <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf> , July 9 , 2018.
- Information and statistics section, Information and Communication Technology center, Department of livestock development, Thailand 2017. Report. Available source : <http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/11-report-thailand-livestock>, October 30, 2017.

ภาคผนวก

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) การปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation)

ก๊าซที่ปล่อยออกมาจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation) คือ ก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากจำนวนสัตว์แต่ละชนิดคูณกับค่าการปล่อยของสัตว์ชนิดนั้นๆ ตามสมการที่ 1

$$\text{Emissions} = \sum_i \text{population}_i \times EF_i \times 10^{-6} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ Emissions = การปล่อยก๊าซมีเทนรวม (กิกะกรัม CH₄ ต่อปี)

EF_i = ค่าการปล่อย (Emissions Factor) สำหรับสัตว์ชนิด i (กิโลกรัมต่อตัวต่อปี) สำหรับสุกรใช้ค่าแนะนำของ IPCC 2006 การปล่อยก๊าซมีเทน 1.5 กิโลกรัมก๊าซมีเทน/ตัว (เนื่องจากลักษณะการเลี้ยงและโภชนาการของสุกรไทยมีความใกล้เคียงกับสภาพของ Developed country)

Population = จำนวนประชากรสัตว์ชนิด i (ตัว)

2) การปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

ก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากการจัดการมูลสัตว์ เกิดขึ้นจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุภายใต้การขาดก๊าซออกซิเจน ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นและปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการของเสียจากสัตว์ ประสิทธิภาพในการบำบัด ข้อมูลกิจกรรมที่จำเป็นในการคำนวณในขั้นตอนนี้ได้แก่ จำนวนประชากรสัตว์ที่แยกออกเป็นประชากรย่อย ทั้งนี้ IPCC ถือหลักว่า อัตราการสร้างมูลสัตว์และอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะสัมพันธ์กับขนาดน้ำหนักตัวสัตว์และลักษณะของอาหารที่สัตว์กิน ในกรณีของสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น สุกร สามารถแบ่งย่อยออกเป็นกลุ่มๆ ได้ตามขนาดหรือลักษณะของโภชนาการสัตว์เพื่อให้สามารถแยกคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เหมาะสมกับขนาดหรือลักษณะของสัตว์ซึ่งจะทำให้ผลการคำนวณมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากการจัดการมูลสัตว์ สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 1 โดยใช้หลักการแบ่งกลุ่มย่อย และค่าการปล่อยการปล่อยก๊าซมีเทน อ้างอิงจากข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ครั้งที่ 2 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) 2554 ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งกลุ่มย่อยประชากรสุกร และค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลสุกร

ชนิดสุกร	ค่าการปล่อย (kg CH ₄ /ตัว/ปี)
สุกรพันธุ์ (Boars)	8.05
สุกรขุน (Fattening)	7.0
สุกรพันธุ์พื้นเมือง (Native)	8.05
แม่พันธุ์ (Sows)	6.75
ลูกสุกร (Young)	8.05

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2554

3) การปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรงจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

ก๊าซ N_2O ที่เกิดขึ้นในส่วนของการจัดการมูลสัตว์นี้ เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษามูลสัตว์ ก่อนที่จะถูกนำไปใช้ เช่น เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูก ใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือใช้ในรูปแบบอื่นๆ โดยที่การปล่อยก๊าซ N_2O จากมูลสัตว์นี้ แบ่งออกเป็น การปล่อยทางตรงและการปล่อยทางอ้อม ซึ่งก๊าซ N_2O ที่ถูกปล่อยทางตรงนั้นเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ของไนโตรเจนที่อยู่ในมูลสัตว์ โดยที่การปล่อยก๊าซ N_2O จากมูลสัตว์นี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนที่อยู่ในมูลสัตว์ ช่วงเวลาในการกักเก็บ และชนิดของระบบการจัดการมูลสัตว์ ซึ่งค่าเหล่านี้มาจากคู่มือ IPCC 2006 และจากการศึกษาวิจัยในประเทศ (สผ., 2553)

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซ N_2O ที่ปล่อยออกมาจากการจัดการมูลสัตว์ทางตรงสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2

$$N_2O_{D(mn)} = \sum_s [\sum_t (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)})] \times EF_{3(S)} \times \frac{44}{28} \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ $N_2O_{D(mn)}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจก N_2O ทางตรงจากการจัดการมูลสัตว์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมก๊าซ N_2O ต่อปี (direct N_2O emissions from manure management in the country, kg N_2O /yr)

$N_{(T)}$ = จำนวนประชากรสัตว์ชนิด T ในฟาร์ม (number of head of livestock species/category T in the farm)

$Nex_{(T)}$ = อัตราการขับถ่ายธาตุไนโตรเจนต่อวันของสัตว์ชนิด T มีหน่วยเป็น กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี (annual average N excretion per head of species/category T in the farm, kg N/animal/yr) มีรายละเอียดที่แสดงดังในตารางที่ 2

$MS_{(T,S)}$ = สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกปล่อยในแต่ละปีของประชากรสัตว์ชนิด T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด (ไม่มีหน่วย) (fraction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category T that is managed in manure management system S in the farm, dimensionless), มีรายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 3

$EF_{3(S)}$ = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรง จากการจัดการมูลสัตว์แบบ S มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N_2O -N ต่อกิโลกรัมไนโตรเจนทั้งหมด (emission factor for direct N_2O emissions) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 การแบ่งกลุ่มย่อยประชากรสุกร และอัตราการขับถ่ายไนโตรเจน (Nex)

ชนิดสุกร	ค่าการปล่อย : Nex (kgN/ตัว/ปี)
สุกรพันธุ์ (Boars)	2.45
สุกรขุน (Fattening)	6.75
สุกรพันธุ์พื้นเมือง (Native)	5.62
แม่พันธุ์ (Sows)	2.45
ลูกสุกร (Young)	2.45

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

ตารางที่ 3 สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกปล่อยในแต่ละปีของประชากรของสัตว์ ที่มีระบบการจัดการ มูลสัตว์ แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด $MS_{(T,S)}$

ระบบการจัดการมูลสัตว์(S)	สัดส่วนของไนโตรเจน $MS_{(T,S)}$
ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบได้ก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digester)	0.07
ใช้บ่อหมักไร้อากาศ (Uncovered Anaerobic Lagoon)	0.40
ใช้โรงเรือนที่ยกสูงเหนือบ่อเปิด (Pit Storage Below Animal Confinement)	0.40
เก็บมูลสุรตากแห้ง (Solid Storage)	0.54

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

ตารางที่ 4 ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรง จากการจัดการมูลสัตว์ (EF_3)

ระบบการจัดการมูลสัตว์(S)	ค่าการปล่อย : EF_3 (kg N_2O -N/kg N input)
ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบได้ก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digester)	0.000
ใช้บ่อหมักไร้อากาศ (Uncovered Anaerobic Lagoon)	0.000
ใช้โรงเรือนที่ยกสูงเหนือบ่อเปิด (Pit Storage Below Animal Confinement)	0.002
เก็บมูลสุรตากแห้ง (Solid Storage)	0.005

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

4) การปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

ในส่วนของการปล่อย N_2O ทางอ้อมเป็นผลเนื่องมาจาก 2 ส่วน คือไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากการระเหยในรูปของแอมโมเนียและ NO_x ซึ่งสัดส่วนของสารอินทรีย์ไนโตรเจนในมูลสัตว์ที่สูญเสียไป ในรูปของแอมโมเนียจะสัมพันธ์กับเวลาและอุณหภูมิ และส่วนที่ 2 คือส่วนของไนโตรเจนที่สูญเสียผ่านการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้าง ซึ่งทั้งสองส่วนในท้ายที่สุดก็จะถูกปล่อยสู่ระบบแม่น้ำลำคลองและก๊าซ N_2O ก็จะถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์เช่นเดียวกับที่เกิดจากการปล่อยทางตรง ซึ่งค่าเหล่านี้มาจากคู่มือ IPCC 2006 และจากการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ (สผ.,2553)

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซ N_2O ที่ปล่อยออกมาจากมูลสัตว์ทางอ้อมส่วนที่ 1 หรือไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากการระเหยในรูปของแอมโมเนียและ NO_x สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3 และสมการที่ 4

$$N_{volatilization-MMS} = \sum_s [\sum_t [(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times (\frac{FracGasMs}{100})_{(T,S)}]] \text{ สมการที่ 3}$$

เมื่อ $N_{volatilization-MMS}$ = ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่สูญเสียไป เนื่องจากการระเหยของ NH_3 และ NO_x มีหน่วยเป็น กิโลกรัมของไนโตรเจนต่อปี (amount of manure nitrogen that is lost due to volatilization of NH_3 and NO_x , kg N/yr)

$N_{(T)}$ = จำนวนประชากรสัตว์ชนิด T ในฟาร์ม (Number of head of livestock species/category T in the farm)

$N_{ex(T)}$ = อัตราการขับถ่ายธาตุไนโตรเจนต่อวันของสัตว์ชนิด T มีหน่วยเป็น กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี (annual average N excretion per head of species/category T in the farm, kg N/animal/yr) มีรายละเอียดที่แสดงดังในตารางที่ 2

$MS_{(T,S)}$ = สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายในแต่ละปีของประชากรสัตว์ชนิด T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด (ไม่มีหน่วย) (fraction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category T that is managed in manure management system S in the farm, dimensionless)

$Frac_{GasMs}$ = ร้อยละของไนโตรเจนในปุ๋ยของหมวดปศุสัตว์ T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณการระเหย ของ NH_3 และ NO_x หน่วยเป็น % (percent of manage manure nitrogen for livestock category T that volatilizes as NH_3 and NO_x in the manure management system S, %) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าการปล่อยก๊าซ NH_3 and NO_x ทางตรง จากการจัดการมูลสัตว์ ($Frac_{GasMs}$)

ระบบการจัดการมูลสัตว์(S)	ค่าการปล่อย : $Frac_{GasMs}$ (%)
ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบได้ก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digester)	40
ใช้บ่อหมักไร้อากาศ (Uncovered Anaerobic Lagoon)	40
ใช้โรงเรือนที่ยกสูงเหนือบ่อเปิด (Pit Storage Below Animal Confinement)	25
เก็บมูลสุกรตากแห้ง (Solid Storage)	45

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) พ.ศ. 2553

$$N_{2O_{G(mm)}} = (N_{volatilization-MMS} \times EF_4) \times \frac{44}{28} \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ $N_{2O_{G(mm)}}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมก๊าซ N_2O ต่อปี (Indirect N_2O emission due to volatilization of N from manure management in the farm, kg N_2O /yr)

EF_4 = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการสะสมบนผิวดินและผิวน้ำของไนโตรเจนในบรรยากาศ มีหน่วย กิโลกรัม N_2O -N ต่อ กิโลกรัมของ N_3 -N+ NO_x -N ซึ่งมีค่าการปล่อยแนะนำของ IPCC 2006 คือ 0.01 kg. N_2O -

N/kg NH₃-N+NO_x-N (Emission factor for N₂O emissions form atmospheric of N on soils and water surface, kgN₂O-N/(kg NH₃-N+NO_x-N))

$$\frac{44}{28} = \text{ค่าเพื่อการเปลี่ยนมวลจาก N}_2\text{O-N เป็นก๊าซ N}_2\text{O}$$

สำหรับการคำนวณปริมาณก๊าซ N₂O ที่ปล่อยออกมาจากมูลสัตว์ทางอ้อมส่วนที่ 2 หรือไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้าง (Leaching and run-off) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 5 และสมการที่ 6

$$N_{Leaching-MMS} = \sum_s [\sum_t (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times (\frac{FracGasMs}{100})] \text{ สมการที่ 5}$$

เมื่อ $N_{Leaching-MMS}$ = ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ชะล้างจากระบบจัดการปุ๋ย มีหน่วยเป็นกิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี (amount of manure nitrogen that leached from manure management systems, kg N/yr)

$N_{(T)}$ = จำนวนประชากรสัตว์ชนิด T ในฟาร์ม (number of head of livestock species/category T in the farm)

$Nex_{(T)}$ = อัตราการขับถ่ายธาตุไนโตรเจนต่อวันของสัตว์ชนิด T มีหน่วยเป็น กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี (annual average N excretion per head of species/category T in the farm, kg N/animal/yr)

$MS_{(T,S)}$ = สัดส่วนของไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายในแต่ละปีของประชากรสัตว์ชนิด T ที่มีระบบการจัดการมูลสัตว์แบบ S ต่อปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาทั้งหมด (ไม่มีหน่วย) (fraction of total annual nitrogen excretion for each livestock species/category T that is managed in manure management system S in the farm, dimensionless)

$Frac_{LeachingMs}$ = อัตราของการสูญเสียไนโตรเจนในปุ๋ยของหมวดปศุสัตว์ T เนื่องจากการซึมผ่านสู่ ดินชั้นล่างและการชะล้างระหว่างการกักเก็บปุ๋ย (อัตราปกติ คือ ร้อยละ 20) (Percent of manage manure nitrogen losses for livestock category T due to runoff and leaching during solid and liquid storage of manure (typical range 20%))

$$N_{2O_{L(mm)}} = (N_{LeachingMs} \times EF_5) \times \frac{44}{28} \quad \text{สมการที่ 6}$$

เมื่อ $N_{2O_{L(mm)}}$ = การปล่อยก๊าซ N₂O ทางอ้อมเนื่องจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้างของไนโตรเจนที่มีแหล่งกำเนิดจากมูลสัตว์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N₂O ต่อปี (Indirect N₂O emissions due to leaching and runoff from manure management in the farm, kg N₂O/yr)

$N_{LeachingMs}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N₂O ทางอ้อมจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้างของไนโตรเจนที่มีแหล่งกำเนิดจากมูลสัตว์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N₂O ต่อปี (Indirect N₂O emissions due to leaching and runoff from manure management in the farm, kg N₂O/yr)

EF_5 = เนื่องจากการซึมผ่านสู่ดินชั้นล่างและการชะล้างของไนโตรเจนที่มีแหล่งกำเนิดจากมูลสัตว์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม N₂O ต่อปี ซึ่งมีค่าการปล่อยแนะนำของ คือ 0.007 kg. N₂O-N/kg NH₃-N+NO_x-N (Emission factor for N₂O emissions form leaching and runoff, kg N₂O-N/(kg NH₃-N+NO_x-N))

$$\frac{44}{28} = \text{ค่าเพื่อการเปลี่ยนมวลจาก } \text{N}_2\text{O-N} \text{ เป็นก๊าซ } \text{N}_2\text{O}$$

ตัวอย่างการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นก่อนการเข้าร่วมโครงการฯ ของสำรวมฟาร์ม

1. ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ชื่อฟาร์ม	สำรวมฟาร์ม	
ข้อมูลจำนวนสุกรภายในฟาร์ม		ข้อมูลการจัดการมูลสุกร
สุกรพ่อพันธุ์(Boars)	0 ตัว	-
สุกรขุน(Fattening)	2,400 ตัว	ใช้ระบบก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digester)
แม่พันธุ์(Sows)	0 ตัว	-
ลูกสุกร(Young)	0 ตัว	-
รวมทั้งฟาร์ม	2,400 ตัว	

รายละเอียดการคำนวณตามแนวทาง IPCC 2006 โดยใช้ค่าคงที่ต่างๆ ของประเทศไทย

1.1 การปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation)

$$Emissions = \sum_i population_i \times EF_i$$

Population: N = 2,400 ตัว

$$EF_i = 1.50 \quad \text{kg CH}_4/\text{ตัว/ปี}$$

$$Emissions = 3,600.00 \quad \text{kg CH}_4/\text{ตัว/ปี}$$

1.2 การปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

$$Emissions = \sum_i population_i \times EF_i$$

ชนิดประชากรย่อยภายในฟาร์ม	N	EF ₂	Emission
	(ตัว)	kg CH ₄ /ตัว/ปี	kg CH ₄ /ปี
สุกรพ่อพันธุ์(Boars)	0	8.05	-
สุกรขุน(Fattening)	2,400	7.00	16,800.00
แม่พันธุ์(Sows)	0	6.75	-
ลูกสุกร(Young)	0	8.05	-
รวมทั้งฟาร์ม	2,400		16,800.00

1.3 การปล่อยก๊าซ N₂O ทางตรงจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

$$N_{2O_D} = \sum_S [\sum_t (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times EF_{3(S)}] \times \frac{44}{28}$$

ชนิดประชากรย่อย ภายในฟาร์ม	Nex	วิธีการจัดการมูลสุกร	N*Nex	MS	N*Nex*MS	EF ₃ (N ₂ O-N/N)	N ₂ O _D (kg N ₂ O/ปี)
	kg N/ตัว/ปี		kg N/ปี		(kg N/ปี)		
สุกรพ่อพันธุ์(Boars)	2.45	-	-	0.000	-	0	-
สุกรขุน(Fattening)	6.75	ใช้ระบบก๊าซชีวภาพ	16,200.00	0.070	1134.00	0.000	-
แม่พันธุ์(Snows)	2.45	-	-	0.000	-	0	-
ลูกสุกร(Young)	2.45	-	-	0.000	-	0.000	-
รวมทั้งฟาร์ม			-				-

1.4 การปล่อยก๊าซ N₂O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)

1.4.1 การปล่อยก๊าซ N₂O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management) ผ่านการระเหยเป็น NH₃+NO_x

$$N_{volatilization-MMS} = \sum_S [\sum_t [(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times (\frac{FracGasMs}{100})_{(T,S)}]]$$

$$N_{2O_{G(mm)}} = (N_{volatilization-MMS} \times EF_4) \times \frac{44}{28}$$

ชนิดประชากรย่อยภายใน ฟาร์ม	N*Nex*Ms	วิธีการจัดการมูลสุกร	FracGasMs	N _{volatilization-MMS} kg N/ปี	N ₂ O _G (kg N ₂ O/ปี)
	kg N/ปี		(%)		
สุกรพ่อพันธุ์(Boars)	-	-	0	-	-
สุกรขุน(Fattening)	1,134.00	ใช้ระบบก๊าซชีวภาพ	40	453.600	7.1280
แม่พันธุ์(Snows)	-	-	0	-	-
ลูกสุกร(Young)	-	-	0	-	-
รวมทั้งฟาร์ม				453.600	7.1280

1.4.2 การปล่อยก๊าซ N₂O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management) ผ่านการชำระล้างและซึมผ่านสู่ดินชั้นล่าง

$$N_{Leaching-MMS} = \sum_S [\sum_t [(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times (\frac{FracGasMs}{100})]]$$

$$N_{2O_{L(mm)}} = (N_{volatilization-MMS} \times EF_5) \times \frac{44}{28}$$

ชนิดประชากรย่อยภายในฟาร์ม	N*Nex*Ms	N _{Leaching-MMS}	N ₂ O _L (kg N ₂ O/ปี)
	kg N/ปี		
สุกรพ่อพันธุ์(Boars)	-	-	-
สุกรขุน(Fattening)	1,134	226.8000	2.494
แม่พันธุ์(Snows)	-	-	-
ลูกสุกร(Young)	-	-	-
รวมทั้งฟาร์ม		226.800	2.494

สรุปผลการคำนวณ

สารรวมฟาร์ม

แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการปล่อยเรือนกระจก (kg CO ₂ eq/ปี)
	ใช้ค่าแนะนำต่างๆ ของประเทศไทย ^{1/} GWP ตาม IPCC 2007
1.จากการเลี้ยงสุกร	
1.1) การปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation)	90,000.00
1.2) การปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure management)	420,000.00
1.3) การปล่อยก๊าซ N ₂ O ทางตรงจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure management)	-
1.4) การปล่อยก๊าซ N ₂ O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure management)	
1.4.1) การปล่อยก๊าซ N ₂ O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure management) ผ่านการระเหยเป็น NH ₃ +NO _x	2,124.14
1.4.2) การปล่อยก๊าซ N ₂ O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ (Manure management) ผ่านการชำระล้างและซึมผ่านสู่ดินชั้นล่าง	743.21
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลี้ยงสุกร	512,867.35
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลี้ยงสุกร ton CO ₂ eq/ปี	512.86

หมายเหตุ : 1/รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร, สิงหาคม 2555

การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

1. มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ เป็นการคำนวณเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนในปีต่างๆ กับผลประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุโครงการ โดยใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) แปลงค่าเป็นเงินปัจจุบัน หรือเป็นการประเมินว่าการลงทุนสร้างผลกำไรได้หรือไม่ โดยการทอนเงินสดสุทธิแต่ละก้อนที่ได้นั้น กลับมาเป็นมูลค่า ณ ปัจจุบัน ในกรณีที่ผลการคำนวณค่ามูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ได้ค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการให้ผลกำไร หรือมีค่าตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน จะมากหรือน้อยขึ้นกับมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ว่ามีค่าบวกมากหรือมีค่าน้อย และในทางกลับกันหากผลการคำนวณค่ามูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) ได้ค่าเป็นลบแสดงว่าโครงการให้ผลขาดทุน ไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน วิธีการคำนวณดังสมการที่ 7

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

สมการที่ 7

โดยที่ n = จำนวนปีที่ใช้ประเมินผลตอบแทน (15 ปี)

B_t = ผลประโยชน์ในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

r = อัตราคิดลด (Discount Rate โดยทั่วไปใช้ 7%)

อัตราคิดลด (Discount Rate) โดยทั่วไปใช้ 7% เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อสำหรับลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี ประเภทเงินกู้แบบมีระยะเวลา (Minimum Loan Rate, MLR) ของธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในประเทศไทย ซึ่งจัดทำโดยธนาคารแห่งประเทศไทย

2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) คือ อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ เป็นการประเมินว่า การลงทุนให้ผลตอบแทนเท่าใด โดยการสุ่มอัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์ กล่าวคือ ทำให้เงินสดสุทธิในอนาคตหอนมูลค่ากลับมาปัจจุบันแล้ว มีค่าเท่ากับ เงินลงทุนก้อนแรก ดังนั้นสำหรับโครงการที่คุ้มค่าที่จะลงทุนควรมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) มากกว่าต้นทุนทางการเงิน เช่น อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ หรืออัตราคิดลด (Discount Rate) นอกจากค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) นี้จะแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโครงการ ยังสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับฟาร์มแห่งใดให้ผลตอบแทนในอัตราที่สูงกว่ากัน วิธีการคำนวณดังสมการที่ 8

$$IRR = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+R)^t} = 0 \quad \text{สมการที่ 8}$$

โดยที่ R = อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ

3. ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C)

ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) เป็นดัชนีผลตอบแทนที่แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนมูลค่าเงินปัจจุบันของผลประโยชน์กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนโครงการ ถ้าอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อการลงทุนหรือค่าผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) มากกว่า 1 หมายถึงโครงการจะให้ผลกำไร มีผลตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน วิธีการคำนวณดังสมการที่ 9

$$B/C \text{ Ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad \text{สมการที่ 9}$$

โดยที่ n = จำนวนปีที่ใช้ประเมินผลตอบแทน (15 ปี)

B_t = ผลประโยชน์ในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t (ปีที่ 1 – 15)

r = อัตราคิดลด (Discount Rate โดยทั่วไปใช้ 7%)

ตัวอย่างการคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุน สำหรับฟาร์ม

สำหรับฟาร์ม ได้ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพภายใต้โครงการเมืองเกษตรสีเขียว ในรูปแบบบ่อคลุมแบบประยุกต์ (Modified Covered Lagoon, MCL) ขนาดรองรับน้ำเสีย 70 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีต้นทุนรวม 2,570,000 บาท ได้รับเงินสนับสนุน 1,270,000 บาท มีรายได้จากการนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพมาทดแทนพลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มรวมถึงมีรายได้จากการจำหน่ายกากตะกอนแห้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจด้านความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการฯ

1. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

สำหรับฟาร์ม ได้นำก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพมาทดแทนพลังงานไฟฟ้าหมุนพัดลมภายในโรงเรือน และใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มสำหรับอบเห็ดภายในพื้นที่ฟาร์ม

ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทดแทนเมื่อนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพมาทดแทน

การนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาทดแทนพลังงาน	ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน		สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้	
	ก่อนการก่อสร้างระบบฯ (บาท/เดือน)	หลังการก่อสร้างระบบฯ (บาท/เดือน)	(บาท/เดือน)	(บาท/ปี)
ไฟฟ้า	13,000 – 15,000	6,000 – 8,000	7,000	56,000
ก๊าซหุงต้ม	144,000	94,000	50,000	400,000

2. มูลค่าของกากตะกอน

สำหรับฟาร์ม จำหน่ายกากตะกอนแห้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ สามารถจำหน่ายได้ในราคา 1.50 บาท/กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าของกากตะกอนหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพปีละ 30,000 บาท

เมื่อนำข้อมูลต่างๆ มาคำนวณทางด้านเศรษฐกิจด้านความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการ พบว่า โครงการดังกล่าว มีมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) เป็นค่าบวก มีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) มากกว่าต้นทุนทางการเงิน หรืออัตราคิดลด (Discount Rate) และมีค่าผลประโยชน์ต่อค่าการลงทุน (Benefit Cost Ratio, B/C) มากกว่า 1 หมายถึงโครงการจะให้ผลกำไร มีผลตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน โดยในกรณีที่มิได้รับเงินสนับสนุนจะคุ้มทุนในระยะเวลา 76 เดือน และในกรณีที่ได้รับสนับสนุนจะคุ้มทุนในระยะเวลา 39 เดือน

การคำนวณทางด้านเศรษฐกิจด้านความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชนิดได้ก๊าซชีวภาพ

โครงการเมืองเกษตรสีเขียว

1.	ชื่อฟาร์ม	สำรวมฟาร์ม		
	ระบบบำบัดน้ำเสียเดิม	บ่อคลุม (Covered Lagoon, CL)		
		ขนาดรองรับ 70 ลูกบาศก์เมตร/วัน		
	ระบบบำบัดน้ำเสียปัจจุบัน	บ่อคลุมแบบประยุกต์ (Modified Covered Lagoon, MCL)		
		ขนาดรองรับน้ำเสีย 70 ลูกบาศก์เมตร/วัน		
2.	เงินลงทุนโครงการรวม	2,570,000.00	บาท	
	ระบบบำบัดน้ำเสีย	2,520,000.00	บาท	
	ระบบนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์	2,520,000.00	บาท	
	ลงทุนจากเงินทุนของฟาร์ม	50,000.00	บาท	
	เงินสนับสนุน	1,270,000.00	บาท	
	เงินกู้จากสถาบันการเงิน	300,000.00	บาท	
3.	รายรับจากโครงการ	486,000.00	บาท/ปี	
	ทดแทนไฟฟ้า	56,000.00	บาท/ปี	
	ราคาต่อหน่วย	7,000.00	บาท/เดือน	
	ทดแทนก๊าซหุงต้ม	400,000.00	บาท/ปี	
	ราคาต่อหน่วย	50,000	บาท/เดือน	
	รายรับจากการขายกากตะกอน	30,000.00	บาท/ปี	
	ราคาต่อหน่วย	1.50	บาท/กิโลกรัม	
4.	ค่าดำเนินการโครงการ	634,000	บาท/ปี	
	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ	51400.00	บาท/ปี	
	ดอกเบี้ยเงินกู้ (ธนาคารออมสิน 4%)	12,000.00	บาท/ปี	
5.	การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
	กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุน			
	IRR (No Subsidy)	14.38	%	
	NPV (No Subsidy)	1,338,299.43	บาท	(7.0% Discount Rate)
	Payback Period	76	เดือน	
	กรณีได้รับเงินสนับสนุน	1,270,000.00	บาท	
	IRR (With Subsidy)	31.67	%	
	NPV (With Subsidy)	2,608,299.43	บาท	(7.0% Discount Rate)
	Payback Period	39	เดือน	
	B/C Ratio (with Subsidy)	2.43		