



การประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนประกอบของขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพและกากตะกอนน้ำมันดิบ

วีระ พันอินทร์^{a*} สมชาย มณีวรรณ^b และสุริยงค์ ประชาเขียว^c

Life Cycle Assessment of Refuse Derived Fuel 5 Composed of the Mechanical Biological Waste Treatment and Crude Oil Sludge

Weera Punina^{a*} Samchai Maneewan^b and Suriyong Prachakiew^c

^aภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง 52100

^bภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

^cภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงราย 57120

^aDepartment of Physics, Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, Lampang 52100, Thailand.

^bDepartment of Physics, Faculty of Science, Naresuan University, Phisanulok 65000, Thailand.

^cDepartment of Applied Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai, Chiang Rai 57120, Thailand

* Corresponding author. Email address: weerapunin@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยได้เป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต่างก็เล็งเห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นที่จะต้องร่วมกันแก้ไข เนื่องจากปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับยังมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสม ในบทความนี้เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะชุมชนผสมกากตะกอนน้ำมันดิบถูกนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพผสมกากตะกอนน้ำมันดิบในเขตพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลกโดยอาศัยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต และกำหนดหน่วยการทำงานเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และยาว 30 มิลลิเมตร จำนวน 42.18 ตัน ที่ผลิตจากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพผสมกากตะกอนน้ำมันดิบและเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะชุมชนผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ สำหรับใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 จะถูกพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตแท่งเชื้อเพลิง จนกระทั่งการจัดการเศษซากของเชื้อเพลิงเมื่อหมดอายุการใช้งาน เป้าหมายของการศึกษานี้ เพื่อกำหนดตัวเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 จากขยะและระบบการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสม การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมจำนวนสารเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของแต่ละขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ถูกคำนวณโดยวิธี Eco-indicator 95 เพื่อจัดกลุ่มความรุนแรงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้แก่ ผลกระทบจากโลหะหนัก (Heavy metals), การเกิดฝนกรด (Acidification), การเกิดหมอกควัน (Winter smog), และสภาวะการเกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse) เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่าการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะชุมชนผสมกากตะกอนน้ำมันดิบมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ ดังนั้นเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตได้จากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพผสมกากตะกอนน้ำมันดิบจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมของระบบการจัดการขยะมูลฝอยในจังหวัดพิษณุโลก

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต RDF-5 วิธี Eco-indicator 95

Abstract

Nowadays, the environmental impacts of municipal solid waste (MSW) management have been highlighted in Thailand, due to the continually increasing amount of MSW being generated and the limited capacity of waste treatment facilities. In this paper, the RDF-5 derived from MSW mixed with crude oil sludge was compared with RDF-5 derived from solid waste after mechanical biological treatment (MBT) process mixed with crude oil sludge in Phitsanulok, Thailand by using the life cycle



assessment (LCA) methodology. The RDF-5 production processes considered in the scenarios was collection and transportation of wastes, source reduction, material recovery facility (MRF)/transfer stations (TS), briquette production and land filling. The goal of the study was to determine the most environmentally friendly option of the RDF-5 production processes from wastes and MSW management system for Phitsanulok. The life cycle inventory analysis was carried out by the Eco-Indicator 95 weighting method. The inputs and outputs of each production processes were defined and the inventory emissions calculated by the model were classified in to impact categories; heavy metals, acidification, winter smog, greenhouse effect, etc. The impacts were quantified with the weighing factors of each category to develop the environmental profiles of each scenario. The results of experiments indicated that the RDF-5 were composed MSW mixed crude oil sludge had higher heavy metals, acidification, winter smog, greenhouse, eutrophication, carcinogens, summer smog and ozone layer than the RDF-5 were composed solid waste after MBT process mixed crude oil sludge. Consequently, the RDF-5 derived from solid waste after MBT process mixed with crude oil sludge is optimal option of MSW management system for Phitsanulok.

Keywords: Life Cycle Assessment, Refuse Derived Fuel 5, Eco-indicator 95

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการพลังงานต่อการพัฒนาประเทศทั้งในภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง และที่อยู่อาศัย มีแนวโน้มเติบโตที่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนก่อให้เกิดวิกฤตการณ์ทางด้านพลังงาน ทำให้มีการระดมทรัพยากรธรรมชาติมาใช้อย่างสิ้นเปลืองและไม่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งไม่ประหยัดส่งผลให้เกิดความร่อยหรอและเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ ด้วยเหตุที่ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศทำให้ประเทศไทยได้รับผลกระทบโดยตรงทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม จากปัญหาคาบน้ำมันดิบในตลาดโลกที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงปีที่ผ่านมาและมีแนวโน้มที่จะเกิดการขาดแคลนแหล่งพลังงานดังกล่าวในอนาคตอันใกล้ เนื่องจากปริมาณสำรองน้ำมันดิบของโลกลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการสำรวจแหล่งพลังงานที่มีอยู่ภายในประเทศเพื่อนำมาใช้ทดแทนการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ และเสริมความมั่นคงทางด้านพลังงานให้แก่ประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

ในสภาวะที่ประเทศไทยมีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนมาทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลที่นับวันจะมีปริมาณลดน้อยลงและมีราคาสูงขึ้น “พลังงานจากขยะ” เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพราะปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศเพิ่มขึ้นทุกปี โดยปี 2554 มีปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 16 ล้านตัน หรือวันละ 43,800 ตัน เพิ่มขึ้น 0.84 ล้านตัน หรือร้อยละ 5.5 ดังนั้นขยะจึงมีศักยภาพที่

สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานได้ เนื่องจากมีปริมาณมากและไม่ต้องซื้อหารวมทั้งในปัจจุบันมีการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานทดแทนด้านอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลด้านการจัดการขยะพบว่าขยะที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องประมาณ 15,444 ตันต่อวัน หรือร้อยละ 37 ของปริมาณขยะทั่วประเทศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ซึ่งสะท้อนถึงการบริหารจัดการขยะที่ผ่านมายังขาดประสิทธิภาพจึงเป็นสาเหตุสำคัญซ้ำเติมให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลสะท้อนกลับมาสู่มนุษย์ที่นับแต่จะเพิ่มความรุนแรงยิ่งขึ้นเช่น เป็นบ่อเกิดของเชื้อโรคต่างๆ เช่น ไข้หวัดใหญ่ เชื้อไทฟอยด์ เลปโตสไปโรซิส ฯลฯ เป็นแหล่งกำเนิดและอาหารของสัตว์ต่างๆ ที่เป็นพาหะนำโรคมาล่าสัตว์ เช่น แมลงวัน แมลงสาบ และหนู เป็นต้น (อุดม คมพยัคฆ์, 2534) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมกลายเป็นประเด็นสำคัญที่ถูกหยิบยกขึ้นมากล่าวถึงก่อนเป็นอันดับต้นๆ และมีการตื่นตัวตระหนักในรูปแบบต่างๆ มากขึ้น จึงทำให้ภาครัฐต้องหันกลับมาทบทวนการพัฒนาอันใหม่ถึงวิธีการพัฒนาที่จะนำสันติสุขอย่างแท้จริงมาสู่ประเทศชาติภายใต้ขีดจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่และการพัฒนานั้นต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนจะต้องนำไปสู่การมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นอย่างแท้จริงของประชาชน

ดังนั้นนักวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพผสมกากตะกอนน้ำมันดิบเปรียบเทียบกับ



เชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะชุมชนผสมกากตะกอนน้ำมันดิบโดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลโดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา การขนส่ง การแจกจ่าย การใช้งานเชื้อเพลิง การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากของเชื้อเพลิงเมื่อหมดอายุการใช้งาน โดยระบุถึงปริมาณพลังงานและทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียประเภทต่าง ๆ ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐานสากลด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต ISO 14040 (Environmental standard ISO 14040, 2006; Chaya & Gheewala, 2006) เพื่อนำข้อมูลมาจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์วงจรชีวิตด้วยโปรแกรม Simapro Version 7.2 เพื่อประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และกระบวนการที่เกี่ยวข้องสำหรับกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางในการออกแบบกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นและคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน รวมทั้งเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการตัดสินใจทางด้านสิ่งแวดล้อม ช่วยให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคตสำหรับประเทศไทย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพผสมกากตะกอนน้ำมันดิบเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะชุมชนผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ

วิธีดำเนินงานวิจัย

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตตั้งแต่เกิดจนตาย (From cradle to grave) โดยพิจารณาการใช้วัตถุดิบและพลังงานในกระบวนการผลิต การขนส่ง การเก็บรักษา การใช้/การทิ้ง

และการจัดการของเสียที่เกิดจากกระบวนการ โดยระบุถึงปริมาณพลังงานและวัสดุทั้งหมดที่ใช้รวมทั้งของเสียทั้งหมดที่มีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมภายใต้ขอบเขตที่กำหนด จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใด ๆ ซึ่งทำการศึกษาตามมาตรฐาน ISO 14040 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

เป็นขั้นตอนแรกของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เพื่อให้ทราบว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการศึกษา และจะทำการศึกษาอย่างไร ผลจากการศึกษาจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับข้อกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษาเป็นสำคัญ

2. การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการทำบัญชีรายการและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและปริมาณการใช้พลังงาน วัสดุ ทรัพยากรธรรมชาติ ข้อมูลชนิดและปริมาณการปล่อยของเสียหรือมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

3. การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมขั้นตอนนี้เป็นการจัดแบ่งประเภทผลกระทบและเปรียบเทียบผลกระทบแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

4. การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Interpretation)

เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ได้และนำเสนอแนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงเพื่อให้ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดตลอดวัฏจักรชีวิตมีปริมาณและความรุนแรงโดยรวมลดลงในประเด็นที่เราสนใจ

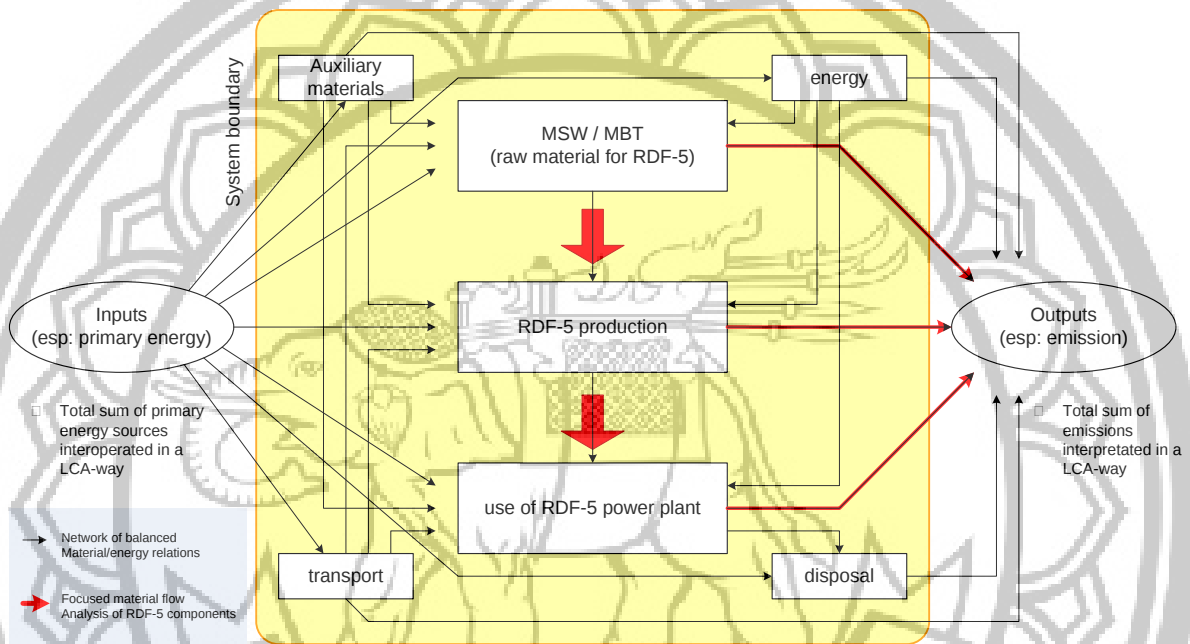
ในการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพผสมกากตะกอนน้ำมันดิบนั้นมีขั้นตอนการศึกษาตามหลักการ ดังนี้

1. ศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5

ที่ผลิตจากขยะที่ผ่านกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment: MBT) ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ และเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะชุมชน (Municipal Solid Waste: MSW) ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ

2. ขอบเขตในการศึกษา LCA ของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 นี้ จะใช้วิธีการประเมินผลกระทบ

ทางสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี Eco-indicator 95 ในโปรแกรม SimaPro Version 7.2 โดยในการศึกษาได้ทำการพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต แท่งเชื้อเพลิง จนกระทั่งถึงขั้นจัดการเศษซากของเชื้อเพลิงเมื่อหมดอายุการใช้งานจากเชื้อเพลิง RDF-5 ซึ่งมีขอบเขตในการศึกษาดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขอบเขตของระบบในการศึกษา LCA ของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5

ในการศึกษา LCA นั้น ผู้วิจัยจะไม่ทำการศึกษาผลกระทบจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จัดเป็นต้นทุนคงที่ เช่น อาคารหรือโรงเรือน เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากต้องการทราบผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการใช้ทรัพยากร พลังงาน ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 เป็นหลัก (Major impact) ส่วนผลกระทบที่เกิดจากส่วนที่ไม่นำมาคตินั้นจัดเป็นผลกระทบรอง (Minor impact) ซึ่งจะทำให้สามารถมองเห็นภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

หน่วยการทำงาน (Functional unit)

ในการศึกษากำหนดให้หน่วยการทำงาน (Functional unit) เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCA) ของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ซึ่งมีขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และยาว 30 มิลลิเมตร จำนวน 42.18 ตัน ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ ด้วยโปรแกรม SimaPro Version 7.2 ซึ่งมีการแบ่งประเภทของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่พิจารณาออกเป็น 11 ประเภทดังนี้ 1. สภาวะการเกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse) 2. การทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Ozone layer) 3. การเกิดฝนกรด (Acidification) 4. ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Eutrophication) 5. ปริมาณโลหะหนัก (Heavy metals) 6. สารก่อมะเร็ง (Carcinogens) 7. ปริมาณสารเคมีตกค้างทางการเกษตร (Pesticides) 8. การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Summer smog) 9. การก่อให้เกิดหมอกควันในฤดูหนาว (Winter



smog)10. การใช้พลังงาน (Energy resources) และ 11. การก่อให้เกิดกากของเสีย (Solid waste) โดยผลกระทบทุกประเภทถูกพิจารณาทั้งในแง่ของปริมาณ ความรุนแรง และแสดงผลกระทบในหน่วยของ Point (Pt).

3. การทำบัญชีรายการ (Inventory) ในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการจะทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในแต่กระบวนการทั้งในด้านการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ของเสียที่เกิดขึ้นจากระบบ ตลอดจนผลิตภัณฑ์พลอยได้ การเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่มีความสำคัญต่อการศึกษานี้ครั้งนี้มีทั้งข้อมูลที่เก็บได้จริงจากระบบการ (Primary data) และข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (Secondary data)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพของเชื้อเพลิง RDF-5

ตารางที่ 1 สมบัติด้านกายภาพของเชื้อเพลิง RDF-5

รายการ ค่ามาตรฐานเชื้อเพลิง RDF-5	อัตราส่วนขยะ MBT ต่อกากตะกอนน้ำมันดิบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	95:05 (MBC ₁)	90:10 (MBC ₂)	85:15 (MBC ₃)	80:20 (MBC ₄)	75:25 (MBC ₅)
ค่าความร้อน ($\geq 5,000$ kcal/kg)	9,106	9,877	10,831	11,260	12,261
ค่าความชื้น ($\leq 10\%$)	1.00	2.31	2.73	5.93	8.67
ค่าความหนาแน่น (≥ 600 kg/m ³)	474	570	590	706	829
ปริมาณเถ้า ($\leq 8\%$)	6.26	5.79	5.10	4.74	4.14

หมายเหตุ : MBC แทนสัญลักษณ์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนผสมของขยะ MBT ต่อกากตะกอนน้ำมันดิบ (Crude Oil Sludge)

จากตารางที่ 1 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 คืออัตราส่วนที่ 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) เนื่องจากภายหลังการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตได้สามารถคงรูปตามขนาดที่ต้องการได้ดี มีค่าความร้อนเท่ากับ 11,260 kcal/kg ซึ่งสูงกว่าค่าความร้อนมาตรฐานที่ 5,000 kcal/kg ค่าความชื้นร้อยละ 5.93 มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ค่าความหนาแน่น 706 kg/m³ มีค่าความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m³ และปริมาณเถ้าร้อยละ 4.74 ตามมาตรฐานการผลิต

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนของขยะต่อกากตะกอนน้ำมันดิบที่อัตราส่วนคือ 95:05, 90:10, 85:15, 80:20 และ 75:25 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ตามลำดับ เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ซึ่งเป็นการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเชื้อเพลิง RDF-5 (Standard Definitions of Terms and Abbreviations Relating to Physical and Chemical Characteristics of Refuse Derived Fuel, 2006) ก่อนนำข้อมูลมาจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและนำข้อมูลมาประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ตามลำดับ

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ

เชื้อเพลิง RDF-5 ในขณะที่เชื้อเพลิง RDF-5 อัตราส่วนที่ 75:25 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) พบว่าภายหลังการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตได้มีความอ่อนตัวสูงไม่สามารถคงรูปตามขนาดที่ต้องการได้เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันดิบที่ใช้เป็นตัวประสานมากเกินไปดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน

2. ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ

ตารางที่ 2 สมบัติด้านกายภาพของเชื้อเพลิง RDF-5

รายการ ค่ามาตรฐานเชื้อเพลิง RDF-5	อัตราส่วนขยะ MSW ต่อกากตะกอนน้ำมันดิบ(ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	95:05 (MSC ₁)	90:10 (MSC ₂)	85:15 (MSC ₃)	80:20 (MSC ₄)	75:25 (MSC ₅)
ค่าความร้อน ($\geq 5,000$ kcal/kg)	9,671	10,947	12,647	13,324	14,180
ค่าความชื้น ($\leq 10\%$)	0.30	1.23	2.55	3.78	5.06
ค่าความหนาแน่น (≥ 600 kg/m ³)	480	577	580	721	855
ปริมาณเถ้า (%)	6.27	5.80	5.18	4.77	4.14

หมายเหตุ : MSW แทนสัญลักษณ์ของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีส่วนผสมของขยะ MSW ต่อกากตะกอนน้ำมันดิบ (Crude Oil Sludge)

จากตารางที่ 2 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 คืออัตราส่วนที่ 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) เนื่องจากภายหลังการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตได้สามารถคงรูปตามขนาดที่ต้องการได้ มีค่าความร้อนเท่ากับ 13,324 kcal/kg ซึ่งสูงเกินกว่าค่าความร้อนมาตรฐานที่ 5,000 kcal/kg ค่าความชื้นร้อยละ 3.78 มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ค่าความหนาแน่น 721 kg/m³ มีค่าความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m³ และปริมาณเถ้าร้อยละ 4.77 ตามมาตรฐานการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ในขณะที่เชื้อเพลิง RDF-5 อัตราส่วนที่ 75:25 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) พบว่าภายหลังการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตได้มีความอ่อนตัวสูงไม่สามารถคงรูปตามขนาดที่ต้องการได้เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันดิบที่ใช้เป็นตัวประสานมากเกินไปดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน

ผลการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA)

จากผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านกายภาพของเชื้อเพลิงในหัวข้อที่ผ่านมาพบว่า เชื้อเพลิง RDF-5

ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบในอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบในอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ให้ค่าตามเกณฑ์ที่ตีเช่นเดียวกัน สำหรับในหัวข้อนี้นักวิจัยได้ทำการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีความเหมาะสมทางด้านกายภาพดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นมาคำนวณด้วยโปรแกรม SimaPro Version 7.2 ซึ่งมีการแบ่งประเภทของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่พิจารณาออกเป็น 11 ประเภท โดยผลกระทบทุกประเภทถูกพิจารณาทั้งในด้านของปริมาณและความรุนแรงและแสดงผลกระทบในหน่วยของ Point (Pt).

1. ผลการจัดทำบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการจะทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการทั้งในด้านการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ของเสียที่เกิดขึ้นจากระบบตลอดจนผลิตภัณฑ์พลอยได้ การเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่มีความสำคัญต่อการศึกษานี้ครั้งนี้มีทั้งข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการ (Primary data) และข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (Secondary data) โดยสามารถจัดทำบัญชีรายการตามการจำแนกกระบวนการได้ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ



ตารางที่ 3 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (MBC₄)

กระบวนการบำบัดขยะ MBT			
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
Input	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน
	น้ำมันดีเซล	560	ลิตร
Out put	ขยะ MBT	35.15	ตัน
	Compost	6.75	ตัน
	ขยะรีไซเคิล	2.7	ตัน
การขนส่ง			
Input	รถบรรทุกสิบล้อ	1	คัน
	ระยะทาง (ไป-กลับระหว่างพื้นที่บำบัดขยะ MBT และพื้นที่ผลิตเชื้อเพลิง RDF-5)	60	กิโลเมตร
	น้ำมันดีเซล	17.14	ลิตร
การผลิตเชื้อเพลิง RDF-5			
Input	ขยะ MBT	35.15	ตัน
	กากตะกอนน้ำมันดิบ	7.03	ตัน
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	5,902	kWh
Out put	เชื้อเพลิง RDF-5	42.18	ตัน
การผลิตไฟฟ้า			
Input	เชื้อเพลิง RDF-5	42.18	ตัน
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	8,796.38	kWh
Out put	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	135,328.97	kWh
	ปริมาณเถ้า	2	ตัน
มลพิษที่ถูกปล่อยสู่อากาศ			
Out put	CO	224	ppm
	NO _x	7.00	ppm

หมายเหตุ: รถบรรทุกสิบล้อ น้ำหนักบรรทุกทุก 30 ตัน อัตราการใช้น้ำมัน 3.5 กิโลเมตรต่อลิตร

ตารางที่ 4 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (MSC₄)

กระบวนการบำบัดขยะ MBT			
	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
Input	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน
Out put	ขยะชุมชนรวม	135	ตัน
การขนส่ง			
Input	รถบรรทุกสิบล้อ	2	คัน
	ระยะทาง (ไป-กลับระหว่างพื้นที่บ่อขยะ MSW และพื้นที่ผลิตเชื้อเพลิง RDF-5)	240	กิโลเมตร
	น้ำมันดีเซล	68.56	ลิตร
การอบขยะชุมชน			
Input	ขยะชุมชน	135	ตัน
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	21,086.1	KWh
Out put	ขยะที่ผ่านการอบ	134.16	ตัน



ตารางที่ 4 (ต่อ)

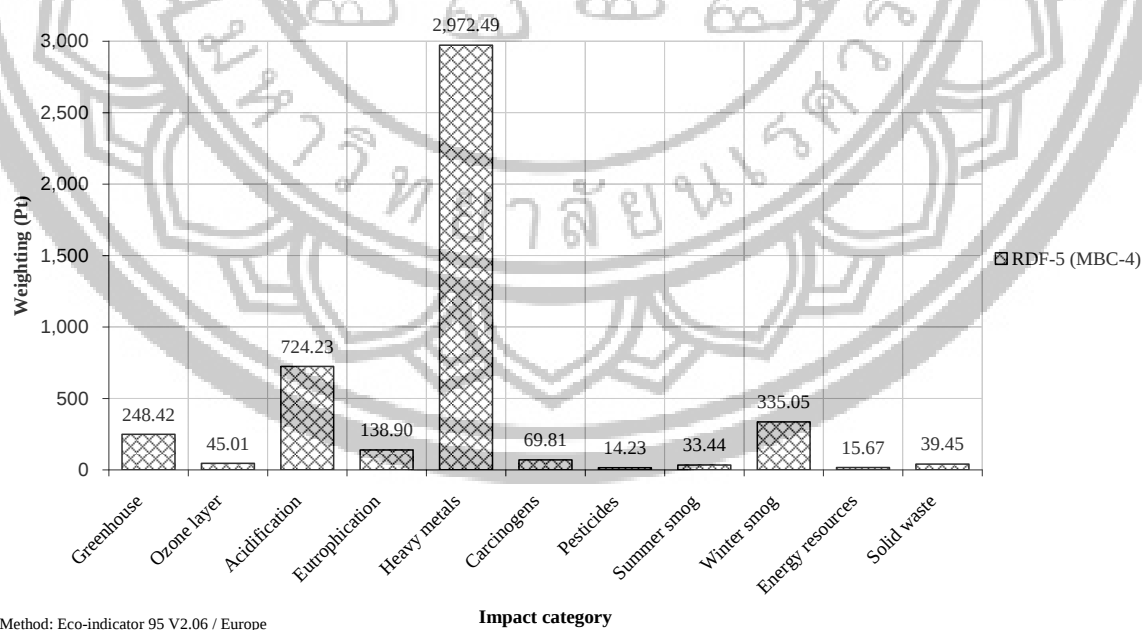
กระบวนการบำบัดขยะ MBT			
รายการ		ปริมาณ	หน่วย
การผลิต RDF-5			
Input	ขยะที่ผ่านการอบ	134.16	ตัน
	กากตะกอนน้ำมันดิบ	6.99	ตัน
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	5,902	kWh
Out put	เชื้อเพลิง RDF-5	141.15	ตัน
การผลิตไฟฟ้า			
Input	เชื้อเพลิง RDF-5	42.18	ตัน
	ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ	10,345.01	kWh
	ไฟฟ้าที่ผลิตได้	159,153.96	kWh
Out put	ปริมาณเถ้า	2	ตัน
มลพิษที่ถูกปล่อยสู่อากาศ			
Out put	CO	228	ppm
	NO _x	8.00	ppm

หมายเหตุ: รถบรรทุกสิบล้อ น้ำหนักบรรทุก 30 ตัน อัตราการใช้น้ำมัน 3.5 กิโลเมตรต่อลิตร

2. ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 (MBC₄)

การประเมินค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการนำ

ข้อมูลมาจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม มาคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 ซึ่งจากผลการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 (MBC₄) แสดงดังรูป 2

รูปที่ 2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 (MBC₄)

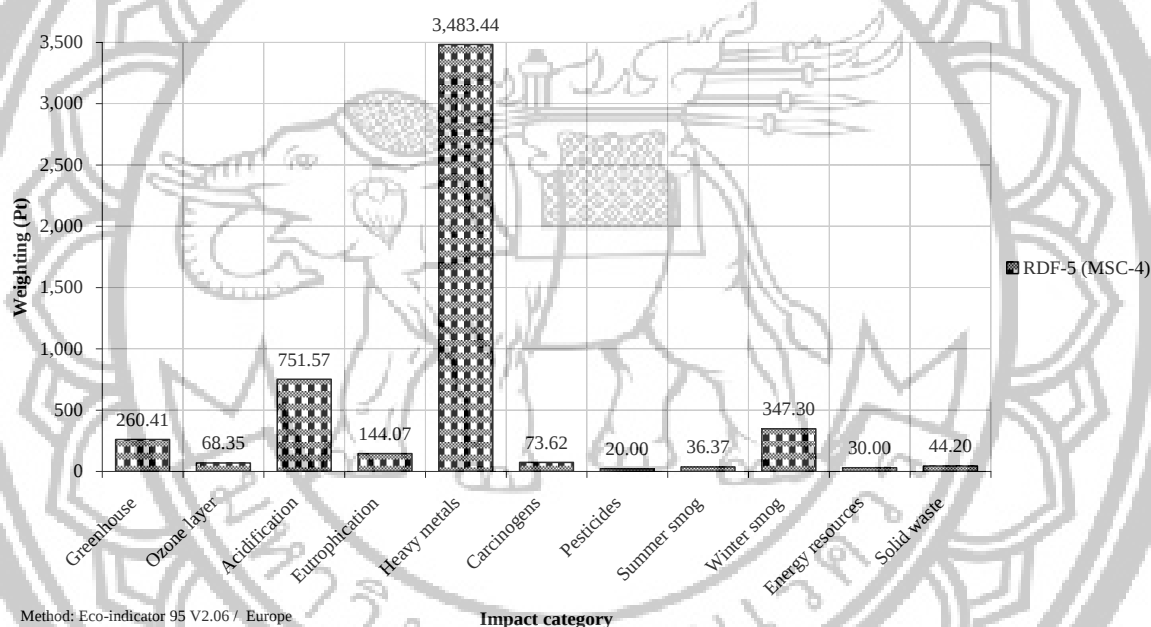


จากรูปที่ 2 แสดงผลการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบในอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ ปริมาณโลหะหนัก (Heavy metals) มีค่าเท่ากับ 2,972.49 Pt ซึ่งผลกระทบนี้เกิดขึ้นตามความเข้มข้นของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในขยะ MBT (ศูนย์วิจัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2549) รองลงมาคือ การเกิดฝนกรด (Acidification) มีค่าเท่ากับ 724.23 Pt การก่อให้เกิดหมอกควันในฤดูหนาว (Winter smog) มีค่าเท่ากับ 335.05 Pt และสภาวะการเกิดก๊าซเรือน

กระจก (Greenhouse) มีค่าเท่ากับ 248.42 Pt ตามลำดับ

3. ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5 (MSC₄)

การประเมินค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำข้อมูลมาจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม มาทำการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 ซึ่งจากผลการคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิง RDF-5 แสดงดังรูปที่ 3



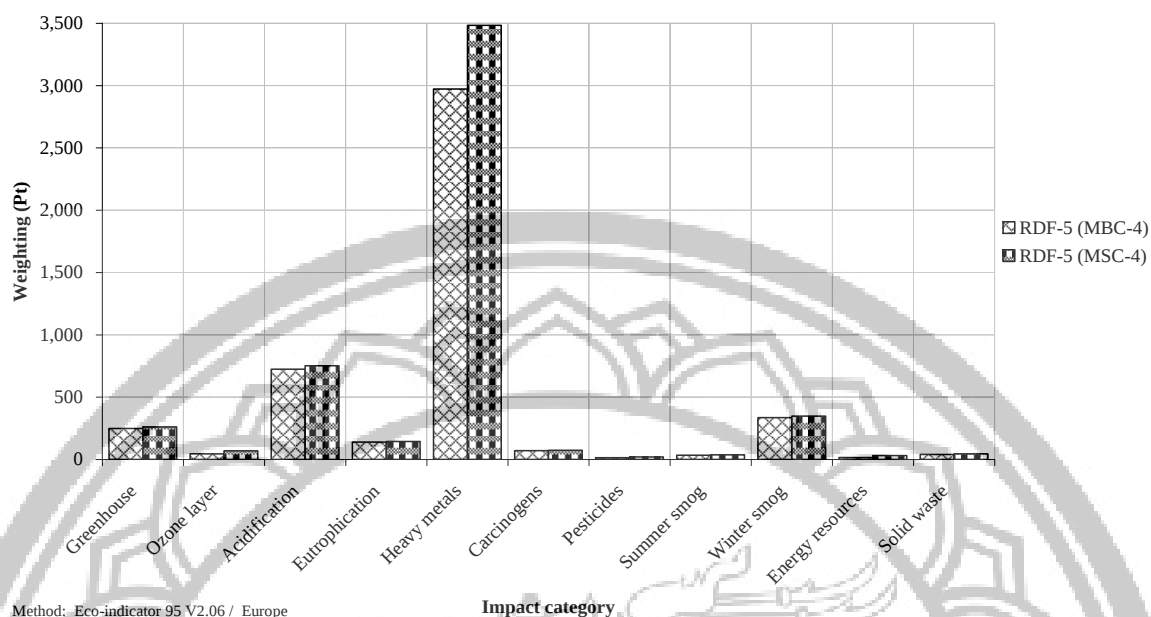
รูปที่ 3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 (MSC₄)

จากรูปที่ 3 แสดงผลการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ร่วมกับกากตะกอนน้ำมันดิบในอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 พบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ ปริมาณโลหะหนัก (Heavy metals) มีค่าเท่ากับ 3,483.44 Pt ตามความเข้มข้นของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในขยะ MSW (ไซตรัส อินทร์สิงห์, 2550) รองลงมาคือ การเกิดฝนกรด (Acidification) มีค่าเท่ากับ 751.57 Pt การก่อให้เกิดหมอกควันในฤดูหนาว (Winter smog)

มีค่าเท่ากับ 347.304 Pt และสภาวะการเกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse) มีค่าเท่ากับ 260.41 Pt ตามลำดับ

4. ผลการเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตเชื้อเพลิง RDF-5

การเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบในอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 ดังรูปที่ 4



Method: Eco-indicator 95 V2.06 / Europe

รูปที่ 4 การเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง RDF-5

จากรูปที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ และเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบในอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.2 พบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบ มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบในอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ซึ่งปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นสูงที่สุดคือ ปริมาณโลหะหนัก (Heavy metals) รองลงมาคือ การเกิดฝนกรด (Acidification), การก่อให้เกิดหมอกควันในฤดูหนาว (Winter smog) และ สภาวะการเกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse) ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการนำขยะมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 โดยใช้โปรแกรม SimaPro Version 7.2 คำนวณโดยวิธี Eco-indicator 95 สามารถสรุปได้ว่า เชื้อเพลิง RDF-5 ขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และยาว 30 มิลลิเมตร จำนวน 42.18 ตัน ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบที่อัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ ปริมาณโลหะหนัก การเกิดฝนกรด การก่อให้เกิดหมอกควันในฤดูหนาว และ สภาวะการเกิดก๊าซเรือนกระจก ตามลำดับ ต่ำกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบที่อัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) จากข้อมูลนี้สนับสนุนสมมติฐานของงานวิจัยได้ว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบที่อัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีความเหมาะสมสำหรับนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนมากกว่าเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MSW ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบที่อัตราส่วนเดียวกันทั้งทางด้านสมบัติกายภาพและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะ MBT ผสมกากตะกอนน้ำมันดิบอัตราส่วน 80:20 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาลงทุนเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน และเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับระบบการจัดการขยะมูลฝอย



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ข้อมูลและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2554). ปริมาณขยะชุมชนที่เกิดขึ้นในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 18 มกราคม 2556, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_wastethai 48_53.html
- โชติรส อินทร์สิงห์. (2550). การศึกษาการบำบัดขยะโดยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ กรณีศึกษาสถานฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลนครพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศูนย์วิจัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2549). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิเคราะห์คุณสมบัติขยะหลังการบำบัดโดยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (Mechanical Biological Waste Treatment) ของเทศบาลนครพิษณุโลก. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร
- อุดม คมพยัคฆ์. (2534). สุขาภิบาลอาหาร. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสังแวดล้อมศึกษบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2006). *Standard Definitions of Terms and Abbreviations Relating to Physical and Chemical Characteristics of Refuse Derived Fuel, Volume 11.04 Waste Management, Annual Book of ASTM Standards 2006*. ASTM International, West Conshohocken: n.p.
- Chaya, W., & Gheewala, S. H. (2006). Life cycle assessment of MSW-to-energy schemes in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 15(15), 1463-1468.
- International Organization for Standardization ISO 14040. (2006). *Environmental management Life cycle assessment-Principles and framework*. Geneva: n.p.