



การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้า
ด้วยเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย
Life Cycle Assessment of Electricity Generation from MSW-RDF
Gasification Technology

กษมา ศิริสมบุญ* จุฑามาศ ชูพรเจริญ และสิตา ทัศวา

ห้องวิจัยทางด้านระบบพลังงานและอุณหภูมิขั้นสูง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ ตำบลสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

*Corresponding Author, E-mail: sirisomboon.ka@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย ในการวิเคราะห์ที่ได้แบ่งการผลิตไฟฟ้าออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ 1) กระบวนการขนส่งขยะ 2) กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิงแข็ง และ 3) กระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ทำความสะอาดและผลิตไฟฟ้า และใช้อายุของโครงการ 25 ปี จากผลการประเมิน LCA พบว่าเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้านี้มีผลกระทบรวมจากทุกกระบวนการทั้งสิ้น 9.10×10^5 NETS หรือคิดเป็น 2.23×10^{-3} NETS/kWh โดยกระบวนการผลิตแก๊ส ทำความสะอาดและผลิตไฟฟ้า มีค่าผลกระทบสูงสุด 7.06×10^5 NETS รองลงมา คือ กระบวนการขนส่งขยะ 1.10×10^5 NETS และ กระบวนการแปรรูปขยะเชื้อเพลิง RDF มีผลกระทบที่น้อยที่สุด 9.83×10^4 NETS เมื่อพิจารณาผลกระทบตามประเภทของผลกระทบ พบว่า ผลกระทบที่เกิดจากปัญหามลพิษทางอากาศมีค่าสูงสุด 7.94×10^5 NETS ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากแก๊สไนตริกออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์รองลงมาคือ ผลกระทบทางด้านการลดลงของเชื้อเพลิงและการเกิดสภาวะโลกร้อนโดยมีค่าเท่ากับ 5.30×10^4 NETS และ 3.91×10^4 NETS ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะกับโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆในประเทศไทยในหน่วย NETS/kWh พบว่า โรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะมีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่ำกว่าโรงไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล กังหันแก๊สและพลังงานถ่านหินตามลำดับ

ABSTRACT

This paper aims to evaluate Life Cycle Assessment (LCA) of electricity generation from municipal solid waste (MSW) to refuse derived fuel (RDF) gasification technology. For analysis, electricity production was categorized into 3 processes 1) MSW transportation; 2) refuse derived fuel (RDF) production and 3) gas generation, gas cleaning and electricity generation and the life cycle was 25 years. The LCA results showed that the electricity generation with this technology caused the environmental impact 9.10×10^5 NETS or 2.23×10^3 NETS/kWh from all of the activities. The process of gas generation, gas cleaning and electricity generation had the highest impact of 7.06×10^5 NETS, while the impacts of MSW transportation and RDF production were 1.10×10^5 NETS and 9.83×10^4 NETS, respectively. Regarding to impact categories, the highest impact was air pollution, mainly due to the high emission rates of nitric oxide and sulphur dioxide, and it was followed by the impacts of natural resource depletion and global warming at 5.30×10^4 NETS and 3.91×10^4 NETS, respectively. Comparing the impact of MSW-RDF gasification technology with the different technologies for power generation in Thailand in term of NETS/kwh, it was found that the environmental impact of MSW-RDF gasification power plant was less than those of diesel, gas turbine and coal fired power plants, respectively.

คำสำคัญ: ขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง แก๊สซิพีเคชั่น การผลิตไฟฟ้า

Keywords: Refuse Derived Fuel process, Gasification, Electricity Generation

บทนำ

ในปัจจุบัน ปัญหาในด้านการจัดการขยะมูลฝอยได้มีการให้ความสำคัญและถูกกำหนดให้เป็นวาระแห่งชาติ โดยหนึ่งในยุทธศาสตร์ที่นำมาใช้ในการจัดการขยะคือ การนำเทคโนโลยีผสมผสานมาใช้ในการกำจัดขยะและแปรรูปเพื่อเป็นพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2557)

จากการรวบรวมข้อมูลในปี 2557 สำหรับจังหวัดที่ใช้เป็นกรณีตัวอย่างพบว่า มีปริมาณขยะตกค้าง มีปริมาณมูลฝอยจำนวน 874.97 ตันต่อวัน สามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้ 778.71 ตันต่อวัน มีมูลฝอยคัดแยกได้ 28.19 ตันต่อวัน และขยะมูลฝอย

ตกค้าง 68.07 ตันต่อวัน ซึ่งจากปริมาณขยะตกค้างดังกล่าวก่อให้เกิดมลพิษต่อชุมชนและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทางจังหวัดจึงกำหนดให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นเป้าหมายระยะปานกลาง 1 ปี ในการกำจัดขยะมูลฝอยตกค้างสะสม ตามยุทธศาสตร์ที่วางไว้โดยคณะกรรมการความสงบแห่งชาติ (สำนักนายกรัฐมนตรี หน่วยงานภาครัฐและเอกชน, 2557)

กษมาและคณะ (2559) ได้ศึกษาเปรียบเทียบของความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยสำหรับพื้นที่ที่มีปริมาณขยะมูลฝอย 104.8 ตันต่อวัน จากงานวิจัยพบว่า ทั้งสองเทคโนโลยีมีศักยภาพในการลงทุน โดย

เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าที่สูงกว่าเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ โดยมีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 238,130,898 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ ร้อยละ 24.01 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 1.45 ระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 4 ปี 1 เดือน และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า 4.89 บาทต่อหน่วยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณีรัฐฉวีและคณะ (2553) ที่ได้ทำการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้แก๊สเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน RDF-5 โดยการใช้ปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) ที่พบว่าสำหรับการผลิตไฟฟ้าขนาด 100 kW จากขยะ RDF-5 เป็นเชื้อเพลิงร้อยละ 100 นั้นมีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อได้รับการสนับสนุนจากค่าไฟฟ้าที่ 3.5-4.5 บาท/kWh และมีต้นทุนอยู่ที่ 2.82-4.73 บาท/kWh

อนุวัตร์ (2548) ได้ทำการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (LCA) และต้นทุนรวม (LCC) ตลอดวัฏจักรของโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะ โดยแบ่งการพิจารณา LCA ออกเป็น 5 กระบวนการหลักและมีการคำนวณผลกระทบในหน่วย NETS จากผลการวิเคราะห์พบว่า พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าและระบบ FGD มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดที่ $1.53E+09$ NETS รองลงมาเป็นผลกระทบจากมลพิษที่ปล่อยออกจากระบบเหมืองระบบขนส่ง โรงไฟฟ้าและระบบ FGD เป็น $1.33E+09$ NETS และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามประเภทผลกระทบพบว่า โรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะส่งผลให้เกิดฝนกรดสูงสุดที่ $1.25E+09$ NETS รองลงมาเป็นการเกิดสภาวะโลกร้อน $6.54E+08$ NETS และการลดลงของเชื้อเพลิง $6.23E+08$ NETS ตามลำดับ โดยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบบ

ภาพรวมที่มีต่อโลก $1.69E+09$ NETS และต่อชุมชนที่ $1.25E+09$ NETS ตามลำดับ

Varabuntoonvit (2002) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์การใช้พลังงานและใช้วิธี LCA-NETS เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตไฟฟ้าแต่ละประเภทในประเทศไทย จากการวิเคราะห์ Eco-Load พบว่า โรงไฟฟ้าถ่านหินมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดที่ $1.53E-02$ NETS/kWh ตามมาด้วย โรงไฟฟ้าพลังงานดีเซล $1.50E-02$ NETS/kWh โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน $1.03E-02$ NETS/kWh โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม $2.58E-03$ NETS/kWh โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส $4.13E-03$ NETS/kWh และ โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำที่สุดคือ $2.67E-04$ NETS/kWh

ชูลิรัตน์และคณะ (2554) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชุมชนแก๊สชีวภาพขนาดเล็กในหน่วย Point (Pt.) ต่อการผลิตไฟฟ้าแก๊สชีวภาพ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากงานวิจัยพบว่า ขั้นตอนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดที่ 5.71×10^{-4} Pt. รองลงมาเป็นกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพและขั้นตอนการขนส่ง ซึ่งมีค่า 1.17×10^{-4} Pt. และ 8.39×10^{-5} Pt. ตามลำดับ

ประวิทย์ และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงโดยเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะ RDF-5 ที่มีส่วนประกอบสำคัญคือ พลาสติก ไม้ และกระดาษในอัตรา 1:1:1 ผลการศึกษาพบว่า แก๊สเชื้อเพลิงมีส่วนประกอบร้อยละ เป็นไฮโดรเจน 5.27 คาร์บอนมอนอกไซด์ 22 ออกซิเจน 6.63 ไนโตรเจน 62 มีเทน 0.19 และ คาร์บอนไดออกไซด์ 4.6 มีค่าความร้อนเป็น $3,232.13$ kJ/Nm³

Dutsadee et al. (2015) ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าและปริมาณการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเตาปฏิกรณ์ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชนิดไหลลง เมื่อใช้เชื้อเพลิงขยะ RDF-5 โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีการต่อพ่วงกับอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าขนาด 20 kVA ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าต่ำสุดอยู่ที่ 1.5 kW และสูงสุดที่ 9 kW จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพมีค่าสูงที่สุดที่ร้อยละ 62 การปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะสูงสุดเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าที่ 9 kW

ทศวรรณและคณะ (2558) ได้ศึกษาศักยภาพในการนำขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มาใช้ประโยชน์และปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในกรณีศึกษา 5 กรณีคือ 1) การกำจัดขยะด้วยการฝังกลบ ณ. อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ 2) การกำจัดขยะโดยวิธีการรีไซเคิลและการฝังกลบ ณ. อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ 3) การกำจัดขยะโดยวิธีการรีไซเคิลและการฝังกลบโดยนำแก๊สมีเทนไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า ณ. อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ 4) การกำจัดขยะโดยวิธีการรีไซเคิลผลิตปุ๋ยและผลิตแก๊สชีวภาพโดยนำแก๊สที่ได้ไปใช้แทนแก๊ส LPG โดยท้ายสุดทำการฝังกลบ ณ. อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และ 5) การกำจัดขยะโดยวิธีการรีไซเคิลผลิตปุ๋ยและผลิตแก๊สชีวภาพโดยนำแก๊สที่ได้ไปใช้แทนแก๊ส LPG ณ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และท้ายสุดทำการฝังกลบ ณ. อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ จากการศึกษพบว่า กรณีที่ 1) ไม่มีการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์และเป็นกรณีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด 200.24 kg CO₂-eq ในขณะที่กรณีที่ 5) สามารถนำขยะกลับมาใช้ใหม่ได้ใน 5 ส่วนคือการนำกลับมาใช้ใหม่ 179.43 kg/ton-ขยะ ปุ๋ยหมัก 8.23 kg/ton-ขยะผลิตแก๊ส LPG 5.45 MJ/ton-ขยะ เชื้อเพลิงขยะ RDF-5 297.15 kg/ton-ขยะ และผลิต

ไฟฟ้า 1,152.02 MJ/ton-ขยะ และเป็นกรณีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด -213.47 kg CO₂-eq

จากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) ของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอย นั้นยังไม่มีผู้ทำการศึกษา ในงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ LCA ของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยโดยใช้ข้อมูลขยะมูลฝอยจากพื้นที่เทศบาลแห่งหนึ่งที่มีปัญหาขยะสะสมในพื้นที่และมีเป็นปริมาณขยะ 104 ตันต่อวัน ด้วยวิธี Numerical Environmental Total Standard (NETS)

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาของงานวิจัยเป็นตามหลักการของ LCA ดังนี้

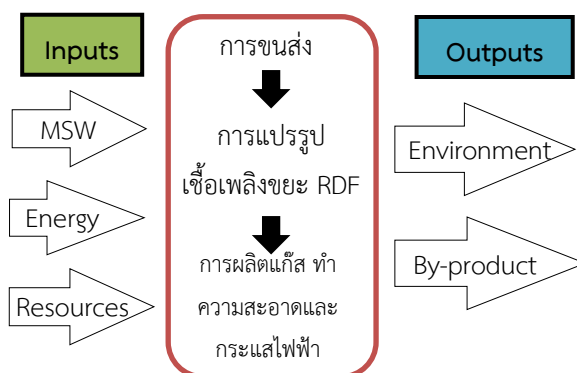
1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณ LCA โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานและไฟฟ้าของการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยโดยพิจารณาขอบเขตเริ่มต้นที่กระบวนการขนส่งขยะจากชุมชนมาถึงโรงไฟฟ้า เพื่อเข้าสู่กระบวนการต่าง ๆ ในขั้นตอนผลิตไฟฟ้า จนถึงการผลิตไฟฟ้าและได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ 1) การขนส่งขยะ 2) การอัดแท่งเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF) และ 3) การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงโดยระบบแก๊สซิพิกเคชั่น ทำความสะอาดแก๊สและผลิตกระแสไฟฟ้า วงจรชีวิตของโรงไฟฟ้ามีเวลา 25 ปี ขอบเขตการศึกษาที่ใช้ในวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 1 โดยมีอินพุทของระบบซึ่งเป็นขยะชุมชน (Municipal Waste, MSW) พลังงานในรูปแบบไฟฟ้าและน้ำมัน

ผ่านกระบวนการต่าง ๆ จากนั้นเอาที่พุดเป็นผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์ (By-product)

เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลผลกระทบทาง

สิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชนิดอื่นที่ได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้นี้ที่ทำโดย Varabuntoonvit (2002) และ อนุวัตร (2548) จึงใช้หน่วยหน้าที่ (Functional Unit) เป็น NETS และ NETS ต่อปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (NETS/kWh)



รูปที่ 1 ขอบเขตของระบบในการศึกษา LCA ของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย

2. การวิเคราะห์บัญชีรายการ

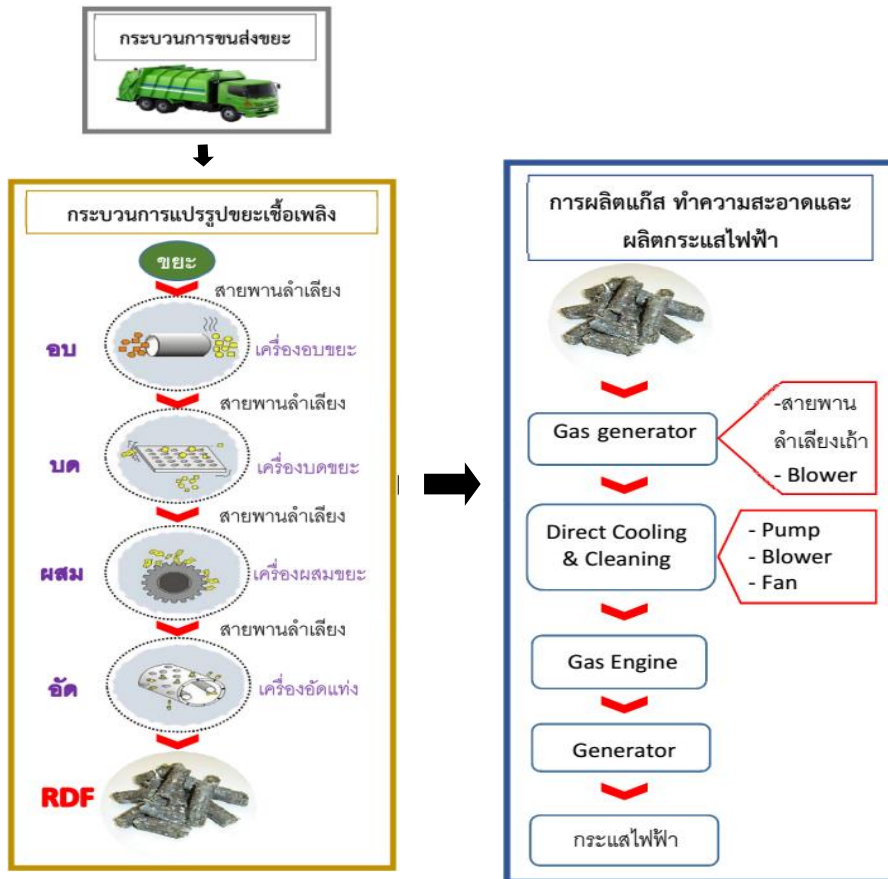
การจัดทำบัญชีรายการของงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการประเมินค่างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเก็บข้อมูลจริงจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ RDF ในโครงการนำร่องของบริษัทเกาะแก้วกรีนเอ็นเนอร์ยี จำกัด โดยรายละเอียดของกระบวนการและปริมาณการใช้พลังงานที่ใช้ในแต่ละกระบวนการตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี แสดงในรูปแบบที่ 2 และตารางที่ 1 ตามลำดับ โดยปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลและไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการได้จากการคำนวณโดยใช้กำลังไฟฟ้าติดตั้งและชั่วโมงการทำงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยที่ได้จากข้อมูลจากบริษัทเกาะแก้วกรีนเอ็นเนอร์ยี จำกัด พบว่า ขยะที่ได้จากครัวเรือนมีความชื้นร้อยละ 50 โดยปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการผลิตไฟฟ้านั้น พิจารณาจากปริมาณร้อยละ 80 ของขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันหรือมีปริมาณ 85

ตันต่อวัน เมื่อทำการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิลออกแล้วขยะจะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปขยะเชื้อเพลิง จะสามารถผลิตเป็น RDF ที่มีค่าความชื้นร้อยละ 15 ได้ 50 ตันต่อวันโดย RDF ที่ได้มีส่วนประกอบเป็นพลาสติกร้อยละ 15 เศษไม้ใบหญ้าร้อยละ 30 เศษผ้าร้อยละ 10 เศษยางหนังร้อยละ 15 เศษโม่ร้อยละ 10 และเศษกล่องนม เส้นใยกระดาษพอลีเอทิลีนร้อยละ 20 จากนั้น RDF จะถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เตาปฏิกรณ์ชนิดไหลลงที่รองรับอัตราการป้อนเชื้อเพลิง 1,200–2,160 kg/h จากขยะ RDF 1 kg สามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิง 2.2 Mm³ (Dogru et al., 2006) และมีค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงที่ 3 MJ/Nm³ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2554) จากนั้นแก๊สเชื้อเพลิงจะเข้าสู่ระบบทำความสะอาดและเครื่องยนต์แก๊สที่ติดตั้งคู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 1 MW จากข้อมูลข้างต้นจะสามารถ

คำนวณปริมาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็น 955 kW เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพรวมในการผลิตไฟฟ้าของ โรงไฟฟ้าเป็น 25% โดยรายละเอียดข้อมูลทางด้าน

เทคนิคในกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตไฟฟ้าสามารถ ดูได้จากงานวิจัยของกษมาและคณะ (2559)



รูปที่ 2 กระบวนการในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันดีเซลและไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละกระบวนการตลอดอายุโครงการ 25 ปี

กระบวนการ	ปริมาณพลังงาน	
	ดีเซล [kg]	ไฟฟ้า [kWh]
ขนส่งขยะ		
• รถบรรทุกขยะแบบอัดท้าย ขนาด 6 ล้อ จำนวน 3 คัน	6.94E+05	-
แปรรูปขยะเชื้อเพลิง RDF		
• สายพานลำเลียง กำลังไฟฟ้า 10 kW 1 เครื่อง	-	3.19E+05
• เครื่องอบแห้งขยะ กำลังไฟฟ้า 55 kW 1 เครื่อง	-	1.76E+06
• สายพานลำเลียง กำลังไฟฟ้า 10 kW 1 เครื่อง	-	3.19E+05
• เครื่องบดขยะ กำลังไฟฟ้า 65 kW 1 เครื่อง	-	1.19E+06
• สายพานลำเลียง กำลังไฟฟ้า 20 kW 1 เครื่อง	-	3.65E+05
• เครื่องผสมขยะ กำลังไฟฟ้า 55 kW 1 เครื่อง	-	1.00E+06
• สายพานลำเลียง กำลังไฟฟ้า 15 kW 1 เครื่อง	-	2.74E+05
• เครื่องอัดแห้งขยะเชื้อเพลิง กำลังไฟฟ้า 220 kW 1 เครื่อง	-	4.02E+06
• สายพานลำเลียง กำลังไฟฟ้า 20 kW 1 เครื่อง	-	1.83E+05
รวมใช้ในกระบวนการทั้งสิ้น		9.43E+06
การผลิตแก๊ส ทำความสะอาดและผลิตกระแสไฟฟ้า		
• ป้อนน้ำ กำลังไฟฟ้า 15 kW 3 เครื่อง	-	9.46E+06
• พัดลมความดันสูง (blower) กำลังไฟฟ้า 15 kW 2 เครื่อง	-	6.57E+06
• พัดลมระบายอากาศ กำลังไฟฟ้า 4 kW 4 เครื่อง	-	3.50E+06
• สายพานลำเลียงแก้ว กำลังไฟฟ้า 45 kW 1 เครื่อง	-	9.86E+06
รวมใช้ในกระบวนการทั้งสิ้น		2.94E+07

จากตารางที่ 1 พบว่า อินพุทหลักในกระบวนการขนส่งคือ น้ำมันดีเซลที่ใช้สำหรับรถบรรทุกและอินพุทหลักสำหรับกระบวนการแปรรูปขยะคือไฟฟ้าที่ใช้ในการลำเลียงเชื้อเพลิงและการอัดแท่งขยะเชื้อเพลิง ส่วนในกระบวนการผลิตแก๊ส ทำความสะอาดและผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นกระบวนการที่ใช้ไฟฟ้าสูงที่สุด เนื่องจากต้องใช้พัดลมความดันสูง (Blower) บีมน้ำและพัดลมระบายอากาศสำหรับหอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

3. การประเมินผลกระทบและการแปลผลวัฏจักรชีวิต

หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลในด้านต่างๆ ตามกระบวนการผลิตไฟฟ้าแล้ว ก็จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) โดยใช้วิธีการ NETS ในการตีค่าของภาระสิ่งแวดล้อมให้ออกมาเป็นตัวเลข แบ่งเป็นผลกระทบที่มีต่อทั้งโลกและผลกระทบที่มีต่อชุมชน โดยผลกระทบที่นำมาพิจารณาประกอบไปด้วย การลดลงของเชื้อเพลิง การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาโลกร้อน และปัญหามลพิษทางอากาศ และผลกระทบจากปัญหาฝนกรด เช่นเดียวกับงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ LCA ของโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ (Anugerah et al., 2002; Theeranuntha et al., 2008)

สำหรับการคำนวณมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการนั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทและปริมาณอินพุทที่เข้าสู่กระบวนการจากตารางที่ 3 โดยมลพิษในการผลิตแก๊สจะคำนวณจากปริมาณ RDF ที่ป้อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์และค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษ จากงานวิจัยของ Panepinto et al. (2005) ส่วนค่ามลพิษจากการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์แก๊สคำนวณได้จากปริมาณ

ไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าตัวคูณมลพิษจากงานวิจัยของ Kristensen et al. (2011) ดังตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ในการคำนวณได้กำหนดค่าปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหน่วยของ [NETS] จะคำนวณค่าผลกระทบที่เราทำให้เกิดต่อสิ่งแวดล้อม (ELM_i) จากค่าผลกระทบที่สามารถเกิดได้สูงสุด (MEV_i) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 และค่าสูงสุดของจำนวนภาระสิ่งแวดล้อมที่ยอมรับได้แต่ละประเภท (P_i) ดังสมการ

$$ELM_i = MEV_i / P_i \quad (1)$$

และคำนวณค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้งวัฏจักรชีวิต (EcL) ในหน่วย [NETS] จากความสัมพันธ์

$$EcL = \sum_{i=1}^n ELM_i x_i \quad (2)$$

เมื่อ x_i คือ จำนวนของทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการหรือสารที่ปลดปล่อยออกมาในแต่ละประเภทของกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 3 และ ELM_i คือ ค่าเงื่อนไขภาระสิ่งแวดล้อม

เมื่อคำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากวิธี NETS แล้วก็จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลดังนี้คือ 1) เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ 2) เปรียบเทียบผลกระทบตามประเภทของผลกระทบ 3) เปรียบเทียบผลกระทบตามประเภทต่อชุมชนและต่อโลก 4) เปรียบเทียบผลกระทบของโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้กับโรงไฟฟ้าถ่านหิน และสุดท้าย 5) เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้กับโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ ในประเทศไทย

ตารางที่ 2 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดให้เกิดได้สูงสุด (MEV_i) ในปี 2002

ประเภทของผลกระทบ	MEV _i [NETS]
การลดลงของเชื้อเพลิง	MEV _G ^{FD} = 6.3 × 10 ¹¹
การลดลงของทรัพยากร	MEV _G RD = 6.3 × 10 ¹¹
ปัญหาสภาวะโลกร้อน	MEV _G ^{GW} = 6.3 × 10 ¹¹
ปัญหามลพิษทางอากาศ	MEV _G ^{WP} = 6.3 × 10 ¹¹
ปัญหาฝนกรด	MEV _G ^{AR} = 3.52 × 10 ⁸

ตารางที่ 3 ฐานข้อมูลอินพุต ตรวจสอบเอาต์พุตในการผลิตพลังงานชนิดต่างๆ

อินพุต เอาต์พุต	ปริมาณอินพุต เอาต์พุต (kg) ต่อ 1 kg (หรือ kWh) ของเชื้อเพลิง			
	ถ่านหิน	ดีเซล	ไฟฟ้า	ก๊าซเหลว
crude oil	2.69E-02	1.12E+00	1.91E-03	3.38E-02
coal	1.70E+00	2.50E-02	8.99E-01	2.13E+00
natural gas	1.36E-02	3.23E-02	1.15E-01	1.71E-02
iron	1.50E-03	1.67E-02	1.19E-03	1.24E-03
bauxite	3.13E-05	1.98E-05	2.13E-05	2.51E-05
copper	1.26E-05	4.10E-05	2.01E-05	3.24E-05
nickel	0.00E+00	7.18E-06	0.00E+00	0.00E+00
CO ₂	2.84E+00	3.59E+00	1.30E+00	2.88E+00
CH ₄	1.17E-02	4.37E-03	1.55E+00	8.12E-03
N ₂ O	3.48E-05	7.67E-04	3.49E-07	3.10E-05
CO	3.14E-03	1.97E-02	2.02E-04	1.22E-03
Benzene	1.51E-05	1.29E-04	0.00E+00	1.87E-05
NO ₂	0.00E+00	0.00E+00	2.93E-11	0.00E+00
SO ₂	0.00E+00	0.00E+00	2.99E-03	0.00E+00

ตารางที่ 4 ค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษจากการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Panepinto, et al., 2005)

Emission	ค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษ [g/ton-RDF]
NO _x	59.69
CO	12.9

ตารางที่ 5 ค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษจากการผลิตกระแสไฟฟ้า (Kristensen, et al., 2011)

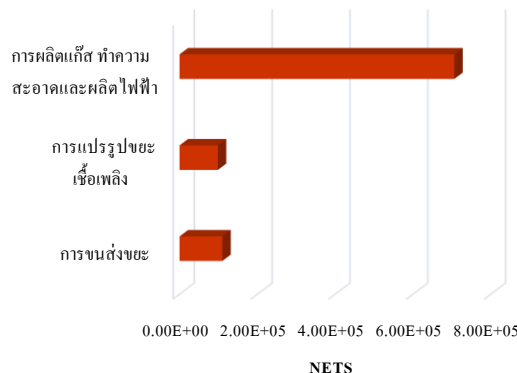
Emission	ค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษ [g/GJ]
NO _x	169
CH ₄	251
CO	129
NMVOG	56

ผลการศึกษา

1. เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ

รูปที่ 3 แสดงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทุกประเภทในแต่ละกระบวนการในผลิตกระแสไฟฟ้าจากเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่า ผลกระทบจากกระบวนการผลิตแก๊ส ทำความสะอาดและการผลิตไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด คือ 7.06E+05 NETS รองลงมา คือ ผลกระทบจาก

กระบวนการขนส่งขยะ 1.10E+05 NETS และที่ส่งผลกระทบต่ออย่างน้อยที่สุด คือ กระบวนการแปรรูปขยะเชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิง RDF9.83E+04 NETS และเมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่า การปลดปล่อยมลพิษในกระบวนการผลิตแก๊ส ทำความสะอาดและผลิตไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าเป็นร้อยละ 77 ในขณะที่กระบวนการขนส่งขยะและการแปรรูปขยะมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 12 และร้อยละ 11 ตามลำดับ



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดของกระบวนการต่างๆ [NETS]

2. เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามประเภทของผลกระทบ

รูปที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาแยกตามประเภทของการเกิดผลกระทบ ได้แก่ การลดลงของเชื้อเพลิง การ

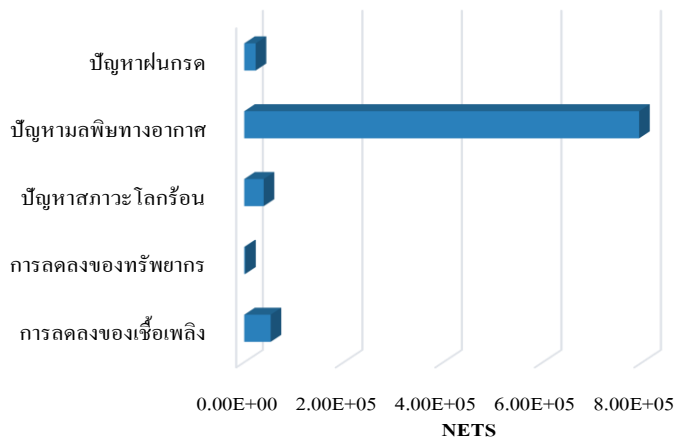
ลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาโลกร้อน ปัญหามลพิษทางอากาศ และการก่อให้เกิดภาวะฝนกรด จากรูปที่ 4 พบว่า การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สเชื้อเพลิงขยะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุดในด้านมลพิษทางอากาศเท่ากับ 7.94E+05

NETS หรือร้อยละ 87 ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทุกประเภทของผลกระทบส่วนผลกระทบที่รองลงมา คือ ผลกระทบทางด้านการลดลงของเชื้อเพลิงและการเกิดสภาวะโลกร้อน โดยมีค่าเท่ากับ $5.30E+04$ NETS และ $3.91E+04$ NETS ตามลำดับ

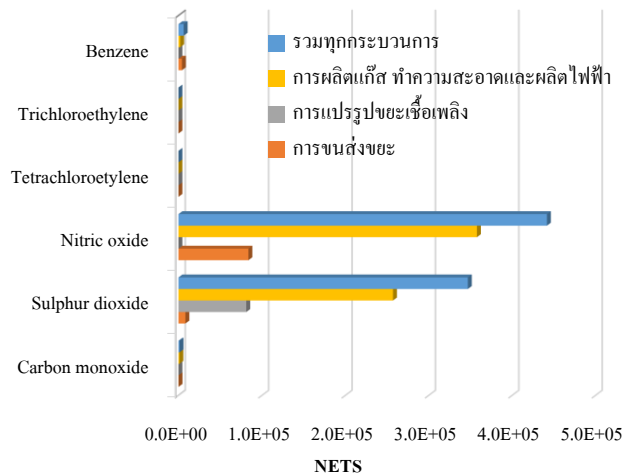
เมื่อวิเคราะห์ค่าผลกระทบในด้านมลพิษทางอากาศในแต่ละกระบวนการพบว่า มลพิษส่วนใหญ่เกิดในกระบวนการผลิตแก๊ส ทำความสะอาดและผลิตกระแสไฟฟ้ามีค่าถึง $6.19E+05$ NETS หรือร้อยละ 78 ของผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศจากผลรวมของทุกกระบวนการเนื่องจากในกระบวนการดังกล่าวมีการปลดปล่อยมลพิษที่อุปกรณ์ผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gas generator) และเครื่องยนต์ (Gas Engine) ในขณะที่กระบวนการขนส่งขยะและแปรรูปเชื้อเพลิงมีค่าผลกระทบต่อ

มลพิษทางอากาศเป็น $9.67E+04$ และ $8.14E+04$ ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 12 และร้อยละ 10 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามชนิดของแก๊สมลพิษที่ปลดปล่อยในแต่ละกระบวนการและรวมทุกกระบวนการในการผลิตไฟฟ้าดังในรูปที่ 5 จากรูปจะพบว่า การปลดปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นสูงสุดในกระบวนการผลิตแก๊ส ทำความสะอาดและผลิตไฟฟ้าเมื่อพิจารณารวมทุกกระบวนการพบว่า แก๊สหลักที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ไนตริกออกไซด์โดยมีปริมาณ $4.42E+05$ NETS และซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณ $3.47E+05$ NETS ส่วนผลกระทบที่เกิดจากแก๊สเบนซินและคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณเล็กน้อยคือ $6.33E+03$ NETS และ $1.32E+03$ NETS ตามลำดับ



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามประเภทของผลกระทบ

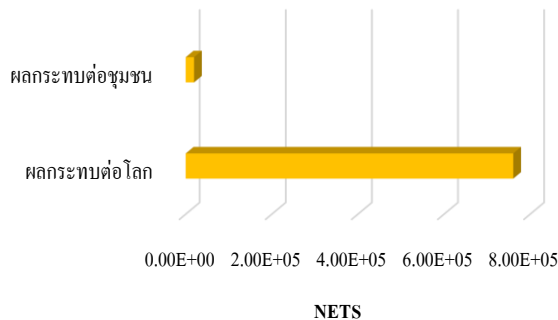


รูปที่ 5 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตามชนิดของแก๊สมลพิษหลักทางอากาศที่ปลดปล่อยในแต่ละกระบวนการ และรวมทุกระบวนการในการผลิตไฟฟ้า

3. เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามประเภทต่อชุมชนและต่อโลก

รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับชุมชนและต่อโลก โดยในการคำนวณผลกระทบที่มีต่อโลกจะพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้าน การลดลงของเชื้อเพลิง การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาโลกร้อนและปัญหามลพิษทางอากาศ และจากข้อมูลของ United Nations

(2015) คิดจำนวนประชากรโลก 7.35 พันล้านคน ส่วนผลกระทบที่มีต่อชุมชน ประกอบด้วย ปัญหาฝนกรด และคิดที่จำนวนประชากรในชุมชนของประเทศไทย 132.6 คนต่อตารางกิโลเมตร (คิดที่ 3.14 ตารางกิโลเมตร) จากการคำนวณผลที่ได้แสดงค่าของผลกระทบที่มีต่อโลกสูงที่สุด คือ 7.61E+05 NETS ส่วนผลกระทบที่มีต่อชุมชน อยู่ที่ 1.94E+04 NETS ตามลำดับ



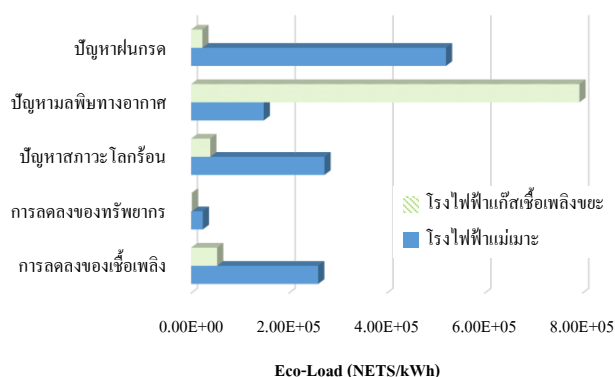
รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งหมดตามประเภทของผลกระทบหลัก

4. เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ โรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะกับโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะ

รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบทางด้าน การลดลงของเชื้อเพลิงการลดลงของ ทรัพยากรธรรมชาติปัญหาโลกร้อนปัญหามลพิษทาง อากาศและการก่อให้เกิดภาวะฝนกรดของโรงไฟฟ้า แก๊สเชื้อเพลิงจากขยะกับโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะที่ได้ จากงานวิจัยของอนุวัตร (2548) โดยคิดเทียบเป็นค่า NETS ต่อกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า 1 MW ของทั้งสองรูปแบบจากรูปที่ 7 พบว่า โดยรวมแล้วโรงไฟฟ้า แก๊สเชื้อเพลิงจากขยะมีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้อยกว่าค่าผลกระทบที่เกิดจากโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะในเกือบทุกด้าน ยกเว้นเพียงผลกระทบทางด้าน ปัญหามลพิษทางอากาศที่มีค่ามากกว่า ซึ่งสามารถ อธิบายได้จากที่โรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะได้ดำเนินการ ปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวในหลายวิธีได้แก่ กำหนดจำนวนโรงไฟฟ้าที่พึงจะพัฒนาได้ในบริเวณลุ่ม แม่เมาะกำหนดความสูงของปล่องกำหนดประสิทธิภาพ และเทคโนโลยีของเครื่องดักฝุ่นกำหนดให้ติดตั้งเครื่อง ดักแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สำหรับโรงไฟฟ้าเครื่องที่

12 และ 13 (ชนิด wet Scrubber ประสิทธิภาพ ร้อยละ 92) และเลือกใช้เตาเผาชนิด Low NO_x Burner หลังจากนี้ ชาวบ้านที่อาศัยอยู่รอบๆ โรงไฟฟ้าได้รับ ผลกระทบจากปัญหามลภาวะอากาศในปี 2535 (โรงไฟฟ้าแม่เมาะ, 2559) รวมถึงการจัดการทางด้าน สิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะซึ่งเป็น โรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตไม่สูงนั้นยังไม่ได้รับการให้ ความสำคัญจากผู้ประกอบการ เนื่องจากทำให้ต้นทุนใน การผลิตไฟฟ้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นและทำให้ผลตอบแทน ต่ำลง

โดยผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับบทความของ สมาคมนามัยสิ่งแวดล้อมไทย (2558) ที่กล่าวว่า ใน ปัจจุบันโรงไฟฟ้าจากขยะมีการปลดปล่อยมลพิษทาง อากาศมากกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหิน โดยเมื่อเทียบกับ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตมาเท่ากันมีการปล่อยแก๊ส ไนโตรเจนไดออกไซด์ 3 เท่า/unit ของถ่านหิน แก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ 2 เท่า/unit ของถ่านหิน และ แม้ว่าโรงไฟฟ้าขยะจะมีอุปกรณ์ป้องกันมลพิษทาง อากาศได้ค่อนข้างดี แต่จำเป็นต้องมีการลงทุนสูงมาก เป็น 2 เท่าของโรงไฟฟ้าถ่านหิน ในขนาดไฟฟ้าที่ได้ เท่ากัน



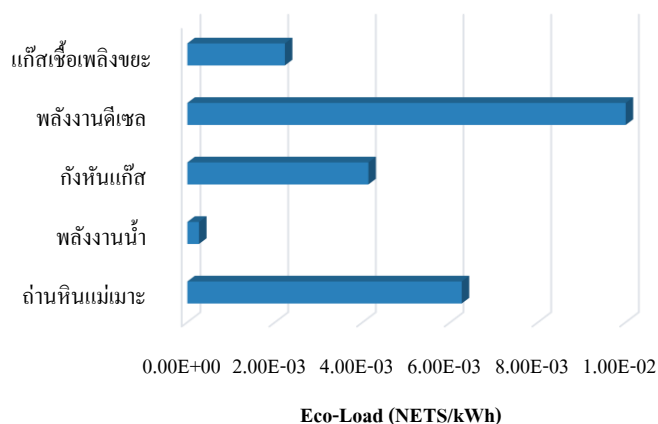
รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามประเภทของผลกระทบกับโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะ

5. เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะกับโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆในประเทศไทย

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบประเภทของโรงไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตโดยพิจารณาผลกระทบต่อ 1 หน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้า [NETS/kWh] ของโรงไฟฟ้าโดยข้อมูลโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆอ้างอิงจากงานวิจัยของอนุวัตร (2548) และ Varabuntoonvit (2002)

จากรูปกราฟที่ 8 พบว่า โรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะนั้นมีปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับ 4 เมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล โรงไฟฟ้าพลังงานกังหันแก๊ส โรงไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ และโรงไฟฟ้าพลังงานจากถ่านหิน โดยที่โรงไฟฟ้าพลังงานดีเซลมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทุกด้านตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าค่าสูงที่สุด $1.50\text{E-}02$ NETS/kWh เนื่องจากมีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก ทำให้ส่งผลกระทบต่อ การลดลงของเชื้อเพลิงในระยะยาว รวมถึงมีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ค่อนข้างสูงอีกด้วย ในขณะที่โรงไฟฟ้าถ่าน

หินแม่เมาะมีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรองลงมาเป็น $6.26\text{E-}03$ NETS/kWh เนื่องจากมีการปลดปล่อยแก๊สที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาฝนกรดและสภาวะโลกร้อนในปริมาณสูง โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าถ่านหินนั้นเป็นสาเหตุหลักของปัญหาอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นด้วย (สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) รวมถึงการใช้ถ่านหินซึ่งเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลนั้นส่งผลให้มีผลกระทบต่อ การลดลงของเชื้อเพลิงในปริมาณที่สูงอีกด้วย ส่วนโรงไฟฟ้าที่มีค่าผลกระทบต่อหน่วยน้อยที่สุด คือโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เนื่องจากเป็นโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานสะอาด และไม่ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2554) มีค่าเท่ากับ $2.67\text{E-}04$ NETS/kWh ส่วนโรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส มีค่าอยู่ที่ $4.13\text{E-}03$ NETS/kWh เนื่องจากมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตกระแสไฟฟ้า และโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะ มีค่าอยู่ที่ $2.23\text{E-}03$ NETS/kWh



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบผลกระทบของโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะกับโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆในประเทศไทย

สรุปผลการวิเคราะห์

จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะมูลฝอยตลอดอายุ 25 ปีพบว่า โรงไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมจากทุกกระบวนการเป็น $9.10E+05$ NETS โดยกระบวนการผลิตแก๊ส ทำความสะอาด และผลิตกระแสไฟฟ้ามีค่าผลกระทบสูงสุด ถึง $7.06E+05$ NETS หรือร้อยละ 77 ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากทุกกระบวนการ เมื่อพิจารณาตามประเภทของมลพิษพบว่า เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้านี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดในด้านปัญหามลพิษทางอากาศ มีค่าถึง $7.94E+05$ NETS หรือร้อยละ 87 ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทุกประเภทของผลกระทบ โดยไนโตรเจนออกไซด์เป็นแก๊สที่ส่งผลกระทบสูงสุด $4.42E+05$ NETS ตามด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ $3.47E+05$ NETS ส่วนผลกระทบที่เกิดจากแก๊สเบนซินและคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณเล็กน้อย เมื่อพิจารณาเป็นผลกระทบต่อโลกพบว่ามีค่า $8.87E+05$ NETS ส่วนผลกระทบที่มีต่อชุมชน อยู่ที่ $2.29E+04$ NETS ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะกับโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะ พบว่า โรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะเพียงด้านเดียวคือ ปัญหามลพิษทางอากาศ เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะกับโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ ในประเทศไทย พบว่า โรงไฟฟ้าแก๊สเชื้อเพลิงขยะมีค่าผลกระทบอยู่ที่ $2.23E-03$ NETS/kWh ซึ่งต่ำกว่าผลกระทบที่เกิดจากโรงไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล กังหันแก๊สและพลังงานถ่านหินตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับเงินทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2554). การใช้ไฟฟ้าและการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย, แหล่งที่มา: <http://www.pcd.go.th>. ค้นเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2559.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (2554). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนจากพลังงานขยะ, แหล่งที่มา: <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/867>. ค้นเมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2559.
- กษมา ศิริสมบุญ, ภคพน ทับทิม และอัจฉรา นิลเขียว.(2559). วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบและเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงขยะแข็ง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 23(3): 20-32.
- ชูสิทธิ์ คงเรือง ปราณี หนูทองแก้ว จอมภพ แววศักดิ์ และสุภวรรณ ฐิระวณิชกุล. (2554). การประเมินวัฏจักรชีวิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชุมชนแก๊สชีววมลขนาดเล็ก. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 14(2): 85-94.
- ณัฐฉิ ดุษฎี ชูรัตน์ ธารักษ์ นิกราน หอมดวง และกิตติกรสาสุจิตต์. (2554). ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สเชื้อเพลิงจาก RDF-5: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้, กรุงเทพฯ: โครงการสาธิตการเปลี่ยนขยะในมหาวิทยาลัยเป็นพลังงานในรูปความร้อน. ข. 5.17-5.25.
- ทศวรรษ ใจเที่ยง ณัฐนี วยศ และทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2558). ศักยภาพด้านพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 20(1): 12-21.

- ประวิทย์ ลี้เหมือดภัย, ญัฐวุฒิ สุขภูมิกิตติกร, สาสุจิตต์ นิกรานหอมดวง, เหมือนจิต แจ่มศิลป์, ชูรัตน์ ธารารักษ์ และทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2554). การศึกษาองค์ประกอบของโปรตีนเซอร์แก๊สจากเชื้อเพลิง RDF-5 ในกระบวนการ Gasification: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ การถ่ายทอดผลงาน ความร้อนและมวลในอุปกรณ์ ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 10. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (ประธานคณะกรรมการ), เชียงใหม่: 137-143.
- โรงไฟฟ้าแม่เมาะ. (2559). เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม, แหล่งที่มา: <http://maemoh.egat.com>. ค้นเมื่อ วันที่ 2 กรกฎาคม 2559.
- สมาคมอนามัยสิ่งแวดล้อมไทย. (2558). เตาเผาขยะผลิตไฟฟ้า ทางออกหรือทางตันต่อสิ่งแวดล้อม, แหล่งที่มา: <http://www.thai-eha.org>. ค้นเมื่อ วันที่ 23 มิถุนายน 2559.
- สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). การจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และจับเก็บใต้ดินเพื่อลดปัญหาโลกร้อน, แหล่งที่มา: <http://www.ostc.thaiembdc.org>. ค้นเมื่อ วันที่ 2 กรกฎาคม 2559.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2557). Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย ฉบับผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการแห่งชาติ, แหล่งที่มา: <http://oops.mnre.go.th>. ค้นเมื่อ วันที่ 26 มิถุนายน 2559.
- สำนักนายกรัฐมนตรี หน่วยงานภาครัฐและเอกชน. (2557). ปัญหาสำคัญของจังหวัดสมุทรสาคร, แหล่งที่มา: <http://www.samutsakhon.mnre.go.th>. ค้นเมื่อ วันที่ 23 มิถุนายน 2559.
- อนุวัตร เดชครุฑ. (2548). การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะโดยเทคนิคแอลซีเอ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่: 98 หน้า.
- Anugerah, W., Seizo, K. and Naoki, M. (2002). A LCA/LCC optimized selection of power plant system with additional facilities options. *International Journal of Energy Resources Technology* 124: 290-299.
- Dogru, M. (2006). Intensive MSW-RDF gasification and syngas cleanup for green power generation. Beltran technologies, INC, แหล่งที่มา: http://www.mcilvaine.com/Decision_Tree/subscriber/Tree/DescriptionTextLinks/Murat%20Dogru%20-%20Beltran%20Technologies,%20Inc.%20-%2008-05-10.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2559.
- Dutsadee, N., Homdoug, N., Ramaraj, R., Santisouk, K. and Inthavideth, S. (2015). Performance analysis of power generation by producer gas from refuse derived fuel-5 (RDF-5). *International Journal of Sustainable and Green Energy* 4: 44-49.
- Kristensen, P.G., Jensen J.K., Nielsen, M. and Illerup, M.N. (2005). Emission factors for gas fired CHP units <25MW. National Environmental Research Institute, แหล่งที่มา: http://www.dgc.eu/sites/default/files/filarkiv/documents/C0402_emissions_factors.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2559.
- Panepinto, D., Viggiano, F. and Genon, G. (2011). Solid waste and biomass gasification: fundamental processes and numerical simulation. *Chemical Engineering Transactions* 24: 25-30.
- Theeranuntha, R., Jirawan, T. and Tanongkiat, K. (2008). Comparison with LCA-NETS evaluation on electricity generation of a gas turbine power plant and a combined cycle power plant in Thailand. *Chiang Mai University Engineering Journal* 15(3): 1-10.
- United Nations. (2015). World population prospects the 2015 revision. United nations

department of economic and social affairs,
Population division, แหล่งที่มา: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2560.

Varabuntoonvit, V. (2002). Life cycle assessment for power generation system in Thailand using NETS method. Master's thesis, Master of Engineering (Chemical Engineering), Kasetsart University. Bangkok: 141 pages.

