

ผลกระทบและมาตรการทางสิ่งแวดล้อมของกิจการผลิตไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก Environmental Impact and Measures of Electricity Generation for Very Small Power Plant using Renewable Energy

วิชาสา ภูจินดา¹
Wisaha Phoochinda¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากและเสนอแนะมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ผู้รับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน จำนวน 13 แห่ง โดยการเลือกแบบเจาะจงโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP) แล้วทำการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ การผลิตไฟฟ้า การจัดการของเสีย ผลการวิเคราะห์พบว่าการผลิตไฟฟ้าโดยชีวมวลและขยะมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า โดยมลพิษที่สำคัญ คือ มลพิษทางอากาศซึ่งจะเกิดขึ้นเกือบทุกขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้า สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากลมและแสงอาทิตย์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดหรือแทบจะไม่มีเลย มาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ได้แก่ มาตรการการจัดหาวัตถุดิบ เช่น ควรอยู่ใกล้โรงไฟฟ้า มีปริมาณที่เพียงพอ มีแหล่งสำรองที่แน่นอน มาตรการขนส่ง เช่น ควรมีระบบติดตามและตรวจสอบการขนส่ง มาตรการจัดเก็บวัตถุดิบ เช่น ระยะเวลาและสภาวะการ

เก็บวัตถุดิบที่เหมาะสม มาตรการหลีกเลี่ยงวัตถุดิบ เช่น การป้องกันการตกหล่นของวัตถุดิบ มาตรการผลิตไฟฟ้า เช่น การเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ มีระบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และมีระบบการบำบัดมลพิษจากการเผาไหม้ที่เหมาะสม และมาตรการกำจัดของเสียและการนำของเสียไปใช้ประโยชน์ เช่น มีการนำของเสียไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ : พลังงานหมุนเวียน ผลกระทบสิ่งแวดล้อม มาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อม

Abstract

The objectives of this study were to analyze environmental impacts caused by electricity generation in very small power plants (VSPP) using renewable energy and to propose appropriate environmental management measures. Data collection was made by interviewing staff responsible for environment in 13 plants purposively selected. Obtaining, transportation and storage of raw materials as well as electricity generation and waste management were analyzed. The study indicated that

¹ อาจารย์ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ Tel. 0-2374-4280
E-mail: wisaha.p@nida.ac.th

using biomass and waste energy to generate electricity affected the environment the most; it caused air pollution in almost every step of the generation. Wind and solar energy least or hardly affected the environment. As for environmental management measures, it was suggested that raw materials should be obtained locally, certain reserves be provided, monitoring system be arranged for raw material transportation, duration and condition of raw material storage be appropriate, prevention of raw material fall down be made. Regarding electricity generation measure, appropriate and effective technology should be employed. Pollution caused by combustion was suggested to be treated appropriately, and waste should be utilized properly.

Keywords : Renewable Energy, Environmental Impact, Environmental Management

1. บทนำ

ปัจจุบันอัตราการใช้พลังงานสูงขึ้นเรื่อยๆ เพราะการขยายตัวของภาคเศรษฐกิจ ภาคคมนาคมขนส่ง และภาคอุตสาหกรรมที่ปรับตัวอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ซึ่งประเทศจำเป็นต้องจัดหาพลังงานให้มีความเพียงพอกับความต้องการเพื่อการพัฒนาประเทศ และความต้องการในสิ่งอำนวยความสะดวกของประชาชน การจัดหาพลังงานอย่างเพียงพอไม่เพียงพอ จึงต้องมีการรณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานเพื่อให้มีพลังงานเหลือไว้ให้คนรุ่นต่อไปได้ใช้อีกด้วย การจัดหาพลังงานให้มีความเพียงพอขึ้นจึงต้องมีการสร้างโรงไฟฟ้าขึ้นซึ่งความต้องการไฟฟ้าในแต่ละปีจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1,400 เมกะวัตต์หรืออาจเทียบได้ว่าต้องมีโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 2 โรง และมีการขยายการผลิตไฟฟ้าโดยให้ภาคเอกชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในรูปแบบของผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ซึ่งเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้านั้นปัจจุบัน

เป็นพลังงานสิ้นเปลืองส่วนใหญ่ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติประมาณร้อยละ 70 ลิแกไนต์และถ่านหินร้อยละ 20 น้ำมันร้อยละ 1 พลังงานน้ำ ร้อยละ 5 พลังงานหมุนเวียนอื่นๆ ร้อยละ 2 และนำเข้าไฟฟ้าร้อยละ 2 [1]

พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานชีวมวล เป็นที่สนใจมากขึ้นในการนำมาผลิตไฟฟ้าสามารถหาได้และใช้ได้ทั้งถาวรและชุมชน ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการนำทรัพยากรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานของต่างประเทศ และเพิ่มความมั่นคงในการจัดหาพลังงานให้กับประเทศ ซึ่งเป็นการผ่อนหนักหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์ใช้ ภาครัฐจึงได้มีนโยบายในการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในหลายรูปแบบ เช่น การเพิ่มราคาปรับซื้อ (Adder Cost) แรงจูงใจด้านภาษี พลังงานหมุนเวียนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเมื่อเทียบกับพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้กันอยู่ แต่การผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียนยังคงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่บ้างโดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียนที่ต้องใช้การเผาไหม้

ปัจจุบันมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการออกมาตรการและมาตรฐานเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้า เช่น มาตรฐานคุณภาพอากาศบริเวณโดยรอบมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่ มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงไฟฟ้าใหม่หรือเก่าที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมกัน มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าเก่า มาตรฐานคุณภาพอากาศโดยรอบบริเวณ มาตรฐานการปล่อยน้ำทิ้งจากการผลิต โดยสรุปการกำหนดมาตรฐานของโรงไฟฟ้า โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าเก่าจะอยู่บนฐานของความสามารถของเครื่องมือผลิตไฟฟ้าที่เครื่องนั้นสามารถทำได้ มากกว่าอยู่บนฐานของการควบคุมมลพิษที่ถูกปล่อยออกมา [2] สำหรับโรงไฟฟ้าใหม่นั้น โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงต่างกันก็กำหนดค่ามาตรฐานที่ต่างกัน มาตรการและมาตรฐานดังกล่าวส่วนใหญ่จะบังคับใช้กับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่หรือที่มีขนาดกำลังการผลิตเกิน 10 เมกะวัตต์ และยังไม่ครอบคลุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

อื่นๆ ที่อาจมีได้ เช่น มลพิษทางเสียง มลพิษทางขยะ มลพิษทางน้ำ ซึ่งทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม เพราะโรงไฟฟ้าทุกขนาดและมลพิษที่เกิดจากโรงไฟฟ้าทุกชนิดและทุกขั้นตอนการผลิตมีโอกาสในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งนั้น และการมีมาตรการที่ไม่ครอบคลุมจะนำมาซึ่งความเหลื่อมล้ำด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

ความเหลื่อมล้ำนั้นมีความหมายถึง ความไม่เท่าเทียม ความไม่เสมอภาค ซึ่งปัญหาความเหลื่อมล้ำที่เห็นได้ชัดคือความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคม ทำให้มีช่องว่างระหว่างคนจนและคนรวยมาก ทำให้สังคมมีการแบ่งแยกและนำไปสู่ความขัดแย้งในที่สุด สำหรับความเหลื่อมล้ำด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมนั้น จะมีตั้งแต่ความเหลื่อมล้ำของการเข้าถึงทรัพยากร ความเหลื่อมล้ำที่เกิดจากการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งความเหลื่อมล้ำของการบังคับใช้มาตรการในการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ครอบคลุมทุกขนาดของโรงไฟฟ้าและมลพิษที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนการผลิตก็เป็นความเหลื่อมล้ำอย่างหนึ่งที่จะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในอนาคตได้

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากจึงมีความสำคัญและควรพิจารณาตั้งแต่การเลือกใช้วัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบ การลำเลียงวัตถุดิบ การผลิตไฟฟ้า การจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต และการนำของเสียที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพิจารณามาตรการและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในปัจจุบันทั้งในประเทศและต่างประเทศ และด้วยเหตุผลที่ว่าโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมากนั้น ยังไม่มีมาตรการและมาตรฐานที่บังคับใช้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาหามาตรการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากในทุกขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าและเสนอแนะมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมให้มีความเหมาะสมกับปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เพราะการมีมาตรการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับ

โรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก จะทำให้การผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานแต่ละประเภทและแต่ละขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่การเลือกวัตถุดิบ จนถึงการทำจัดของเสียจากการผลิตไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นพลังงานน้ำ พลังงานจากขยะ และพลังงานความร้อนใต้พิภพ มีมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมรองรับ ซึ่งจะทำให้ครอบคลุมและไม่เป็นการมองปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่อย่างเดียว และในการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าของพลังงานแต่ละชนิดแยกกันและเป็นโรงงานไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ และไม่ได้มีการประเมินเปรียบเทียบในขอบเขตเดียวกัน จึงไม่สามารถนำมาใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากและไม่สามารถใช้เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของพลังงานหมุนเวียนแต่ละชนิดได้

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้จึงเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากและเสนอแนะมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก

2. ปัญหาสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้า

การผลิตไฟฟ้าจะมีปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆ เกิดขึ้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้พลังงานฟอสซิลจะมีปัญหาสิ่งแวดล้อมมากกว่าพลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานที่ค่อนข้างสะอาด สำหรับปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ การใช้ทรัพยากรน้ำ การใช้พื้นที่การปล่อยมลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางเสียง และขยะ ซึ่งในที่นี้จะเสนอปัญหาที่มีความสำคัญดังนี้

2.1 การใช้ทรัพยากรน้ำ

ในการผลิตไฟฟ้าจะต้องใช้น้ำเพื่อการผลิตไอน้ำในหม้อต้มไอน้ำ การหล่อเย็น การล้างอุปกรณ์ และวัตถุประสงค์อื่นๆ ปริมาณการใช้น้ำและผลกระทบที่เกิดขึ้น

จะขึ้นกับเทคโนโลยีที่ใช้และวิธีการ การใช้น้ำในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ดังนี้

2.1.1 ใช้เป็นวัตถุดิบโดยตรงในรูปแบบของพลังงานซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ระบบนิเวศ สัตว์ป่า และผู้คนที่ต้องใช้น้ำ น้ำส่วนบนของแม่น้ำลำธารจะถูกสูบน้ำมาใช้ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อพืชและสัตว์น้ำได้ เพราะน้ำส่วนล่างที่เข้ามาแทนที่จะมีอุณหภูมิต่ำและมียอกซิเจนน้อยมาก ซึ่งจะไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต

2.1.2 ใช้ในการผลิตไอน้ำร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล และเชื้อเพลิงฟอสซิล ทรัพยากรน้ำจะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้าโดยผ่านหม้อต้มไอน้ำเพื่อให้ได้เป็นไอน้ำไปขับเคลื่อนกังหัน (Turbine) เพื่อไปหมุนเครื่องปั่นไฟ (Generator) น้ำจะถูกนำมาจากแม่น้ำลำธาร ซึ่งเป็นการทำลายระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2.1.3 ใช้ในการหล่อเย็นในการผลิตไฟฟ้า อุปกรณ์และเครื่องจักรจะมีความร้อนสูงจึงต้องใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ

2.1.4 อื่นๆ

- ถ่านหิน ต้องใช้น้ำในการทำเหมืองขุดถ่านหิน และการกำจัดสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปนที่มีในถ่านหิน

- น้ำมัน ต้องใช้น้ำในการขุดเจาะน้ำมันและการกลั่นน้ำมัน

- พลังงานความร้อนใต้พิภพ สำหรับแหล่งความร้อนจะต้องมีการฉีดน้ำลงไปในหลุมที่เจาะเพื่อดึงความร้อนมาใช้ในรูปแบบของน้ำร้อนและไอน้ำร้อน

- การทำความสะอาดอุปกรณ์ เช่น กังหันลม โซล่าเซลล์

สำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ก๊าซชีวภาพหลุมฝังกลบ ไม่จำเป็นจะต้องใช้น้ำเป็นวัตถุดิบในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า

2.2 ปัญหามลพิษทางอากาศ

ข้อมูลของ US EPA [3] ในประเทศสหรัฐอเมริกา การผลิตไฟฟ้าสร้างปัญหามลพิษทางอากาศมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ ตัวเลขการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 67, 23 และ 40 ของการปล่อยก๊าซนี้เทียบกับทุกกิจกรรม

ตัวเลขการปล่อยมลพิษทางอากาศโดยเฉลี่ยจำแนกตามเชื้อเพลิงหรือพลังงานจากการผลิตไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์ ดังตารางที่ 1 จะเห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากการเผาไหม้ขยะและถ่านหินปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด สำหรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากการผลิตไฟฟ้าโดยถ่านหินและน้ำมันมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานอื่นๆ เพื่อผลิตไฟฟ้าในปริมาณที่เท่ากัน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เกิดจากการผลิตไฟฟ้าโดยเชื้อเพลิงถ่านหิน น้ำมันและการเผาไหม้ขยะมากกว่าการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานอื่นๆ

ตารางที่ 1 การปล่อยมลพิษทางอากาศโดยเฉลี่ยจำแนกตามเชื้อเพลิงหรือพลังงานจากการผลิตไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์

พลังงาน	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (lbs)	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (lbs)	ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (lbs)	มลพิษอื่นๆ
ถ่านหิน	2,249	13	6	ก๊าซมีเทน
ก๊าซธรรมชาติ	1,135	0.1	1.7	ก๊าซมีเทน
น้ำมัน	1,672	12	4	ก๊าซมีเทน สารประกอบปรอท
นิวเคลียร์	-	-	-	มลพิษจากการขนส่งยูเรเนียม
ขยะ				
- การเผาไหม้	2,988	0.8	5.4	สารประกอบปรอท
- การฝังกลบ	-	-	ปริมาณน้อย	CO ₂ แม้จะมีบ้างแต่ไดโนไซโดยธรรมชาติ (Carbon Cycle)
น้ำเสีย	-	-	-	ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์
ชีวมวล	-	ปริมาณน้อย	ปริมาณน้อย	CO ₂ แม้จะมีบ้างแต่ไดโนไซโดยธรรมชาติ (Carbon Cycle)
น้ำ	-	-	-	ก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของพืช
แสงอาทิตย์ ลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ	-	-	-	-

ที่มา: ดัดแปลงและสรุปจาก US EPA [3]



สำหรับพลังงานที่ไม่ปล่อยมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้นั้น อาจจะมีปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการนำพลังงานนั้นมาใช้จากแหล่งกำเนิด เช่น พลังงานน้ำ พืชต่างๆ จะเจริญเติบโตอยู่ในน้ำและลำคลองที่นำมาใช้ เมื่อพืชย่อยสลายจะมีก๊าซมีเทนเกิดขึ้น หรือจากพลังงานนิวเคลียร์ โดยเฉพาะการทำเหมืองยูเรเนียม การขุดเจาะเพื่อนำยูเรเนียมมาใช้ และการขนส่งยูเรเนียมจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

2.3 มลพิษทางน้ำ

ในการผลิตไฟฟ้ามีการใช้น้ำเป็นวัตถุดิบในการผลิตสำหรับเชื้อเพลิงบางชนิด ซึ่งน้ำที่ผ่านขั้นตอนการผลิตบางส่วนก็มีการนำกลับมาใช้อีกและบางส่วนก็จะต้องทำการบำบัดก่อนปล่อยออกในรูปของน้ำทิ้งเพราะน้ำที่ปล่อยออกมามักมีสิ่งเจือปน มลพิษทางน้ำยังเกิดขึ้นโดยการทำเหมืองและการขุดเจาะพลังงานมาใช้ ซึ่งมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจำแนกตามเชื้อเพลิงหรือพลังงานดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจำแนกตามเชื้อเพลิงหรือพลังงาน

พลังงาน	มลพิษทางน้ำ
ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ	- น้ำจากหม้อต้มไอน้ำ น้ำหล่อเย็น น้ำเสียที่เกิดจากการปรับสภาพน้ำเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ น้ำเสียจากการกำจัดฝุ่น - สำหรับถ่านหินและการทำเหมืองถ่านหิน น้ำเสียอาจมีการปนเปื้อนโลหะหนัก เช่น อาร์เซนิก ตะกั่ว - สำหรับน้ำมัน การขุดเจาะน้ำมันอาจทำให้มีการปนเปื้อนน้ำใต้ดินและการขนส่งน้ำมันอาจมีการหกของน้ำมันได้
นิวเคลียร์	- น้ำหล่อเย็น ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมาก - น้ำที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักโดยการทำให้เหมืองและการผลิตไฟฟ้า
ขยะ - การเผาไหม้ เพื่อให้ความร้อน - การฝังกลบ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ	- น้ำจากหม้อต้มไอน้ำ น้ำหล่อเย็น น้ำเสียที่เกิดจากการปรับสภาพน้ำ - น้ำเข้าสู่หม้อต้มไอน้ำ น้ำเสียจากการกำจัดฝุ่น น้ำชะขยะ
น้ำเสียเพื่อผลิต ก๊าซชีวภาพ	- น้ำจากการบำบัดก๊าซชีวภาพที่ปนเปื้อนก่อนเข้าสู่ระบบผลิตไฟฟ้า เช่น wet scrubber
ชีวมวล	- น้ำจากหม้อต้มไอน้ำ น้ำหล่อเย็น น้ำเสียที่เกิดจากการปรับสภาพน้ำเข้าสู่ หม้อต้มไอน้ำ น้ำเสียจากการกำจัดฝุ่น น้ำปนเปื้อนสารเคมีและยาฆ่าแมลงเพื่อปลูกลูกชีวมวล
น้ำ ลม แสงอาทิตย์	- ไม่มี
พลังงานความร้อน ใต้พิภพ	- การขุดเจาะน้ำร้อนและไอน้ำร้อนมาใช้อาจทำให้ น้ำใต้ดินปนเปื้อนได้

2.4 มลพิษทางขยะ

ในการผลิตไฟฟ้าจะมีขยะเกิดขึ้นในบางขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการกำจัดโดยทั่วไปทำได้โดยการฝังกลบ บางครั้งถ้าขยะมีการปนเปื้อนหรือเป็นขยะอันตราย จะต้องมีการกำจัดให้ถูกวิธี สำหรับการเกิดขยะจากการผลิตไฟฟ้านั้น สามารถอธิบายจำแนกได้ตามเชื้อเพลิง และพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเกิดขยะจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงหรือพลังงาน

พลังงาน	การเกิดขยะ
ถ่านหิน	การเผาไหม้เกิดขึ้นได้ประมาณร้อยละ 10 การทำเหมืองถ่านหินและกำจัดสิ่งเจือปนในถ่านหิน การกำจัดมลพิษทางอากาศเกิดฝุ่นละอองและก๊าซพิษ
น้ำมัน	การบำบัดน้ำเสียเกิดกากตะกอน การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดเขม่า
ก๊าซธรรมชาติ	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแทบไม่มีเลย
นิวเคลียร์	กากนิวเคลียร์ ในสหรัฐอเมริกาโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะผลิตกากนิวเคลียร์โดยเฉลี่ยประมาณ 2,000 ตันต่อปี
ขยะ - การเผาไหม้ - การฝังกลบ	ชี้ได้จากกาการเผาไหม้ ก๊าซพิษและฝุ่นจากการกำจัดมลพิษทางอากาศ ขยะที่ไม่ถูกย่อยสลาย แต่ในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจะไม่มีการเกิดขึ้น
ชีวมวล	ชี้ได้จากกาการเผาไหม้ซึ่งมักไม่มีของเสียอันตราย
น้ำ ลม แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ	ไม่มี

ดัดแปลงและสรุปจาก US. EPA [3]

3. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสังเกตการณ์การผลิตไฟฟ้าและการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากและการสัมภาษณ์ผู้รับผิดชอบการผลิตไฟฟ้าและการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก และทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานและมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ในปัจจุบัน

กลุ่มเป้าหมาย คือ โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก โดยทำการเลือกแบบโคเวตาให้ครบทุกประเภทของพลังงานหมุนเวียนที่มี และทำการเลือกตัวอย่างแบบสะดวกโรงไฟฟ้าที่สามารถเข้าศึกษาได้

ดังนี้ โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล 2 แห่ง ได้แก่ ใช้แกลบ และเศษไม้เป็นเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ 3 แห่ง ได้แก่ ใช้วิธีฝังกลบ วิธีการหมัก และวิธีการเผาไหม้ โรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซชีวภาพ 1 แห่ง โดยได้ก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสีย โรงไฟฟ้าพลังงานลม 2 แห่ง โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ 2 แห่ง ได้แก่ พลังงานน้ำจากสถานีสูบน้ำและเขื่อน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ 1 แห่ง โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 2 แห่ง

เครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ผลิตไฟฟ้าซึ่งมีประเด็นสัมภาษณ์ ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ปัญหาและอุปสรรคในการผลิตไฟฟ้า การจัดการวัตถุดิบ นโยบายและมาตรการในการจัดการสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอน และความคิดเห็นเกี่ยวกับนโยบายมาตรการ มาตรฐาน และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าของภาครัฐ

2. แบบสังเกตการณ์แต่ละขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ สภาพแวดล้อมทั่วไปในโรงงานและรอบโรงงาน การจัดการวัตถุดิบ การผลิตไฟฟ้า การบำบัดมลพิษ และการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้

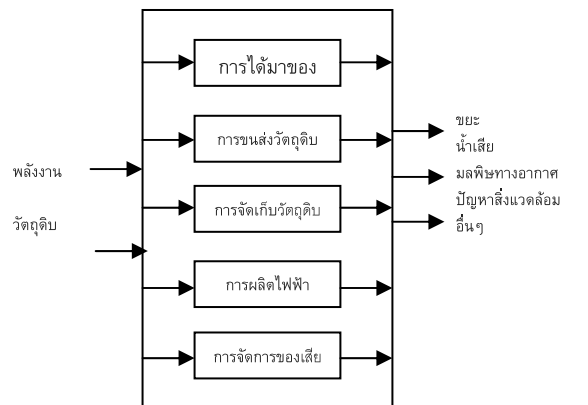
4.1 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก

ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าได้ระบุขอบเขตการประเมินดังรูปที่ 1 โดยพิจารณาผลกระทบที่เกิดจาก การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ การผลิตไฟฟ้า และการจัดการของเสีย ซึ่งจะมีการประเมินสิ่งนำเข้าและสิ่งนำออก

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1.1 พลังงานชีวมวล ชีวมวลคือผลพลอยหรือวัสดุที่ได้จากการเกษตร การได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการใช้พลังงาน เช่น การตัด การสีข้าว ซึ่งทำให้ได้ชีวมวลและมีฝุ่นบ้างแล้วแต่ชนิดของชีวมวล การขนส่งและการลำเลียงชีวมวลถ้าเป็นโรงไฟฟ้าที่อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีชีวมวล

Input



รูปที่ 1 ขอบเขตการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก

เป็นผลพลอยได้ ก็สามารถนำชีวมวลมาใช้ได้เลยโดยไม่ต้องขนส่งแต่ต้องผ่านการลำเลียง และถ้าต้องขนส่งชีวมวลจะมีการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งจะปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ในการเก็บรักษาชีวมวลนั้นจะมีฝุ่นละอองและเศษชีวมวลตกหล่น ซึ่งโรงผลิตไฟฟ้าที่ทำการสังเกตการณ์มีโรงเก็บซึ่งมีหลังคาคลุมและผ้าสแลน รอบโรงเก็บเพื่อป้องกันฝุ่นอยู่แล้ว และมีการฉีดพ่นน้ำป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น ในขั้นตอนการลำเลียงวัตถุดิบมีการใช้รถตักซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน และบางแห่งมีการใช้สายพานซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบปิด และแบบเปิดในการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ระบบการผลิตไฟฟ้า สำหรับการใชัรถตักและระบบเปิดจะมีปัญหาด้านฝุ่นละออง รวมถึงเศษตกหล่นของชีวมวล การสังเกตการณ์พบว่าผู้ที่ทำการลำเลียงมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ต้องผลิตไอน้ำซึ่งในการผลิตไอน้ำนั้น การสังเกตการณ์พบว่าต้องมีการปรับสภาพน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดตะกรันในหม้อต้มไอน้ำ และเกิดการกัดกร่อนหม้อต้มไอน้ำ จึงจะต้องนำน้ำมาปรับสภาพโดยใช้สารเคมี ซึ่งจะได้ น้ำที่มีสภาพเหมาะสม

คือไม่มีแร่ธาตุและไอออนต่างๆ ที่จะเป็นสาเหตุของการเกิดตะกอน ในการปรับสภาพน้ำจะมีกากตะกอนและน้ำเสียเกิดขึ้นบ้าง เมื่อได้น้ำที่บริสุทธิ์แล้วจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไอน้ำไปหมุนกังหันและผลิตไฟฟ้า โดยต้องนำชีวมวลที่จัดเตรียมมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เมื่อผ่านการเผาไหม้จะได้ไอน้ำร้อน และมีการปล่อยก๊าซมลพิษต่างๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ สำหรับมลพิษทางอากาศที่พบโดยทั่วไปและต้องทำการตรวจวัดตามมาตรฐาน ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และฝุ่นละออง บางครั้งจะมีน้ำมันดิน (Tar) ติดมาในหีบเผาไหม้ ในการผลิตไฟฟ้าจะใช้ไอน้ำร้อนไปหมุนกังหันและเครื่องปั่นไฟ ซึ่งจะได้ไฟฟ้า แต่จะมีปัญหาเสียงดังของเครื่องจักรบ้าง การจัดการของเสีย คือ ขี้เถ้าของการเผาไหม้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์หรือกำจัดอย่างถูกวิธี เช่น นำไปอัดแท่ง

4.1.2 พลังงานขยะ การนำขยะมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้าในการศึกษานี้มี 2 รูปแบบ คือ นำมาใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้หรือในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรง และนำมาฝังกลบเพื่อให้เกิดการย่อยสลายได้ ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิง ดังนี้

1. การนำขยะมาผลิตพลังงานความร้อนโดยการเผาไหม้ ในด้านวัตถุดิบนั้น โรงไฟฟ้าที่ทำการสังเกตการณ์มีขยะเป็นพวกเศษอาหารและสารอินทรีย์มากที่สุด รองลงมา คือ พลาสติก กระดาษ แก้ว โลหะ ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการคัดแยกขยะที่สามารถนำมาเผาไหม้ได้ และมีความชื้นที่ไม่สูงเกินไป การคัดแยกโดยคนและสายพานต้องใช้ไฟฟ้าในการเดินสายพาน สำหรับคนที่คัดแยกจากการสังเกตการณ์มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลบ้างแต่ยังไม่สามารถป้องกันได้หมด ในการคัดแยกขยะพบปัญหาเรื่องกลิ่นของขยะและความอันตรายของขยะบ้าง

การขนส่งและการลำเลียงขยะ โรงไฟฟ้าที่ขยะมูลฝอยผ่านการคัดแยกอยู่ในพื้นที่ จะมีเพียงแค่การลำเลียงผ่านสายพานหรือรถตักขยะซึ่งมีการตกลงของขยะบ้าง สำหรับขยะนอกพื้นที่โรงไฟฟ้า ในการขนส่งมีการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งก่อมลพิษทางอากาศ และการตกลง

ของขยะได้ถ้าไม่มีการห่อหุ้มขยะและใช้ผ้าสแลนคลุมอีกชั้นหนึ่ง

การเตรียมน้ำในหม้อต้มไอน้ำ การผลิตไอน้ำมีการปรับสภาพน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดตะกอนในหม้อต้มไอน้ำและเกิดการกัดกร่อนหม้อต้มไอน้ำ น้ำจึงถูกนำมาปรับสภาพโดยใช้สารเคมี ซึ่งจะได้ น้ำที่มีสภาพที่เหมาะสม

คือไม่มีแร่ธาตุและไอออนต่างๆ ที่จะเป็นสาเหตุของการเกิดตะกอน ในการปรับสภาพน้ำมีกากตะกอนและน้ำเสียเกิดขึ้นบ้าง เมื่อได้น้ำที่บริสุทธิ์แล้วจึงนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไอน้ำไปหมุนกังหันและผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีการนำขยะที่ผ่านการคัดแยกมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ต่อไป

การเผาไหม้ขยะเพื่อนำความร้อนที่ได้ไปต้มน้ำ มีมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และได้ไอน้ำร้อนไปหมุนกังหัน (Turbine) และเครื่องปั่นไฟ (Generator) และอาจมีมลพิษทางเสียงเพราะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในส่วนของการจัดการ ขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ ขี้เถ้าจะถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างถูกวิธี

2. การนำขยะมาผลิตพลังงานโดยการฝังกลบ ในด้านวัตถุดิบนั้น ขยะถูกนำมาคัดแยกโดยคนและสายพาน ซึ่งมีการใช้พลังงาน เฉพาะขยะที่สามารถย่อยสลายได้และไม่เป็นขยะอันตรายจะถูกนำมาฝังกลบ ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ได้แก่ กลิ่นเหม็น เศษขยะตกหล่นในการขนส่ง ขยะที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกจะถูกขนส่งมาที่หลุมฝังกลบ ขั้นตอนนี้มีการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง ซึ่งจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง

การฝังกลบได้มีการปรับสภาพหลุมฝังกลบให้เหมาะสมเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยมีแผ่นปูพลาสติก High Density Polyethylene ท่อรวบรวมก๊าซท่อรวบรวมน้ำชะขยะ ผลผลิตของการฝังกลบหรือหมักจะได้ก๊าซมีเทนซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ อีกปริมาณเล็กน้อย และมีน้ำชะขยะเกิดขึ้นซึ่งมีการบำบัดในบ่อบำบัด ในการ

ผลิตไฟฟ้าใช้ก๊าซมีเทนที่ได้จากการฝังกลบเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีเสียงดังของเครื่องจักร เช่น เครื่องปั่นไฟ ในการจัดการของเสียเกิดจากการฝังกลบ ได้แก่ น้ำชะขยะและเศษขยะที่ไม่ถูกย่อยสลายจะถูกกำจัดและบำบัดอย่างถูกวิธี บางแห่งนำขยะไปขายได้

4.1.3 น้ำเสีย ในขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบนั้น มีการรวบรวมน้ำเสียโดยการบีบมาที่บ่อรวมโดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ก่อนส่งเข้าบ่อหมักมีการปรับสภาพน้ำเสีย เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยทั่วไปโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจะอยู่ในบริเวณเดียวกันกับบ่อรวบรวมน้ำเสียจึงไม่ต้องใช้รถขนส่ง เมื่อน้ำเสียถูกปรับสภาพที่เหมาะสมแล้วจะถูกบีบไปที่บ่อหมักซึ่งมีการเติมจุลินทรีย์และสารเคมีเพื่อปรับสภาพการหมักให้เหมาะสม เมื่อผ่านการหมักได้ก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน ซัลไฟด์ กากตะกอน น้ำที่ผ่านการบำบัด และกลั่น ซึ่งการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้มีการปรับสภาพ เช่น ลดความชื้น นำสิ่งเจือปนออก ซึ่งบางครั้งจะต้องมีการใช้สารเคมีและพลังงาน เมื่อผ่านการปรับสภาพจะได้ก๊าซชีวภาพที่สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าได้ และจะเกิดกากตะกอนและกลั่นเหม็นบ้าง ซึ่งในการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตไฟฟ้าจะได้ไฟฟ้าและมีมลพิษทางเสียงของเครื่องจักรบ้าง ในการจัดการของเสีย น้ำเสียที่ผ่านการหมักจะถูกบำบัดโดยบ่อปรับเสถียร (Stabilization) หรือวิธีอื่นๆ และถูกนำมาใช้ประโยชน์ เช่น การนำไปรดต้นไม้ ส่วนกากตะกอนถ้ามีความเป็นพิษต้องส่งบำบัดอย่างถูกวิธี

4.1.4 พลังงานความร้อนใต้พิภพ การนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาผลิตไฟฟ้าในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบนั้นมีการขุดเจาะซึ่งจะต้องใช้พลังงานและน้ำ ผลของการขุดเจาะจะได้ไอน้ำร้อน ไอน้ำร้อน และแร่ธาตุเจือปน ขึ้นอยู่กับแหล่งและอุณหภูมิของน้ำ การสังเกตการณ์โรงไฟฟ้าที่ศึกษา พบว่าไอน้ำร้อนและไอน้ำร้อนมีอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะนำมาผลิตไฟฟ้า จึงใส่สาร Working Fluid เพื่อทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ได้ไอน้ำร้อนปริมาณสูงขึ้น มีการใช้พลังงานในการขุดเจาะ ซึ่งจะทำให้เกิด

มลพิษทางเสียงของเครื่องจักรบ้าง และมลพิษทางอากาศของเชื้อเพลิงที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ไอน้ำร้อนผ่านเข้ากังหันไอน้ำ และเครื่องผลิตไฟฟ้า (Generator) ซึ่งเกิดเสียงดังของเครื่องจักร แต่ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของพลังงานความร้อนใต้พิภพนั้นจะก่อให้เกิดมลพิษน้อยมาก เนื่องจากไม่มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับ Kagel, Bates and Gawell [3]

4.1.5 พลังงานน้ำ ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบนั้น จะต้องมีการสูบน้ำหรือนำน้ำเข้ามาเก็บ ซึ่งใช้พลังงานและมีการใช้ตะแกรงดักเศษสกปรกเพื่อป้องกันไม่ไปทำให้เครื่องจักรพัง ซึ่งในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำใช้แรงดันของน้ำไปหมุนกังหันเพื่อปั่นไฟฟ้า มีมลพิษทางเสียงของเครื่องจักรบ้าง

4.1.6 พลังงานลม ลมเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้เลย โดยแรงลมจะไปหมุนกังหันลมซึ่งจะได้พลังงานใช้ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับมลพิษที่เกิดขึ้นแทบไม่มีเลย อาจมีเสียงดังของกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบ้าง

4.1.7 พลังงานแสงอาทิตย์ แสงอาทิตย์เป็นทรัพยากรที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เลย โดยต้องมีโซลาร์เซลล์เป็นอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งต้องผ่าน Inverter เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสม ในขอบเขตของการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการศึกษาว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเลย

ผลการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังตารางที่ 4 จะเห็นว่าพลังงานน้ำ ลม และแสงอาทิตย์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากหรือแทบจะไม่มีเลย จะมีเพียงผลกระทบด้านเสียงของเครื่องจักรเท่านั้น ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่มีความสำคัญ สำหรับพลังงานชีวมวลและพลังงานขยะที่ต้องใช้การเผาไหม้ในการผลิตไฟฟ้าจะมีปัญหาทางอากาศทุกขั้นตอนที่ทำการวิเคราะห์ และการเตรียมน้ำเพื่อผลิตไอน้ำจะมีน้ำเสียและกากตะกอนเกิดขึ้น

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของ การผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียน

พลังงานหมุนเวียน	การเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม				
	วัตถุดิบ	การขนส่ง	การจัดเก็บ	การผลิต	การจัดการของเสีย
ชีวมวล	√	√	√	√	√
ขยะ - เถ้าไหม้ - ฟังกลบ	√ √	√ √	√	√ √	√ √
น้ำเสีย	√			√	√
ความร้อนได้พิภพ	√			√	
ลม	√			√	
แสงอาทิตย์					

4.2 มาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก

การศึกษานี้ทำการเสนอแนะมาตรการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของแต่ละขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมากตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการกำจัดเศษหรือของเหลือที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า

4.2.1 ชีวมวลและขยะเถ้าไหม้ วัตถุดิบควรอยู่ใกล้โรงไฟฟ้าเพื่อความสะดวกในการขนส่งและการเก็บรักษา เพราะเชื้อเพลิงชีวมวลและขยะจะมีปัญหาด้านความชื้นอย่างมาก การฟุ้งของฝุ่นละอองของชีวมวลและกลิ่นเหม็นของขยะ และที่สำคัญต้องมีปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสมกับกำลังการผลิตที่ต้องการ โดยควรมีการทำสัญญากับแหล่งขายที่แน่นอนและมีการสำรองวัตถุดิบเพื่อรองรับการขาดแคลนวัตถุดิบ วัตถุดิบควรมีความชื้นที่เหมาะสม เช่น เศษไม้ควรมีความชื้นไม่เกิน 30% ถ้ามีความชื้นสูงจะต้องนำมาตากให้แห้งหรือเก็บไว้ในโรงเก็บ ลักพัก ความชื้นจะลดลงโดยธรรมชาติ และควรย่อยให้มีขนาดเล็กเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ไม่ควรปล่อยให้ฝุ่นที่ปะปนกับชีวมวลจำนวนมาก

สำหรับน้ำที่จะนำมาใช้ในหม้อต้มไอน้ำจะต้องผ่านการบำบัดโดยการกำจัดสิ่งเจือปนเพื่อป้องกันการเกิดตะกอนและการกัดกร่อนของท่อน้ำ การกัดกร่อนส่วนใหญ่

เกิดจากน้ำที่มีสภาพเป็นกรด มีก๊าซละลายในน้ำและมีออกซิเจนละลายอยู่ การบำบัดน้ำเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การเติมสารเคมี เช่น สารส้ม Polyaluminum Chloride เพื่อรวมตะกอนและทำให้ตะกอนแยกออกมา การติดตั้ง Deaerator และ Oxygen Scavenger

ในการขนส่งควรมีผ้าคลุมรถบรรทุกกันการหล่นของวัตถุดิบและฝุ่นละอองฟุ้ง รถบรรทุกวัตถุดิบควรมีการตรวจสภาพอย่างสม่ำเสมอ ควรมีการบันทึกข้อมูลการขนส่งและมีระบบการติดตามการขนส่ง ในการเก็บวัตถุดิบ วัตถุดิบควรอยู่ในโรงเก็บที่มีหลังคาคลุมแบบใสเพื่ออาศัยแสงธรรมชาติในการทำให้อุณหภูมิแห้งและในการลดความชื้นของวัตถุดิบ และควรมีกาแฟปิดมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นและการฟุ้งของฝุ่นละออง และรอบโรงเก็บถ้าอยู่ใกล้ชุมชนควรมีผ้าสแลนกันฝุ่นฟุ้งอีกชั้นหนึ่ง ควรมีการฉีดพรมน้ำให้เป็นละอองขนาดเล็กบริเวณรอบกองวัตถุดิบ และควรมีป้ายห้ามสูบบุหรี่ในบริเวณกองวัตถุดิบ ในการลำเลียงวัตถุดิบจากโรงเก็บวัตถุดิบเข้าเตาเผาควรมีการป้องกันการตกหล่นของวัตถุดิบและการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่อยู่ใกล้เคียงจะต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

การเผาไหม้ ควรใช้ห้องเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น การเผาไหม้ในระบบฟลูอิดไดเซด [4] ซึ่งสามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์และไม่ทิ้งคราบน้ำมันดิน (Tar) ในการผลิตไฟฟ้า ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะนำไปใช้ในการทำให้น้ำในหม้อไอน้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำเพื่อนำไปหมุนกังหัน (Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ซึ่งน้ำที่เข้าหม้อไอน้ำจะต้องทำการปรับสภาพให้มีความเหมาะสม สำหรับการบำบัดมลพิษ ในการเผาไหม้ มลพิษที่สำคัญ คือ มลพิษทางอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปจะพบฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน จึงต้องมีการบำบัดโดยใช้อุปกรณ์บำบัดมลพิษทางอากาศ เช่น Cyclone, Electrostatic Precipitation (ESP), Wet Scrubber โดยมลพิษทางอากาศที่ถูกบำบัดแล้วจะต้องเป็นไปตามค่ามาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมและกรมควบคุม

มลพิษซึ่งต้องมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องอย่างสม่ำเสมอตามประกาศหรือใช้ระบบติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่องที่ปล่อง (Continuous Emission Monitoring System: CEMS) สำหรับมลพิษทางน้ำ เช่น น้ำเสียจะต้องผ่านระบบบำบัดต่อไป เช่น บ่อผึ่ง บ่อเติมอากาศ และนำมาใช้ประโยชน์ถ้าไม่มีสารอันตรายตกค้างตะกอนสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อาจต้องทำการบำบัดอย่างถูกวิธีหากพบว่าเป็นพิษ ในการนำของเสียไปใช้ประโยชน์ ของเสียหรือผลพลอยได้จากการเผาไหม้ เช่น ขี้เถ้า จะต้องพิจารณาว่าเป็นวัตถุอันตรายหรือไม่ ถ้าเป็นวัตถุอันตรายจะต้องแจ้งการนำไปกำจัดตามขั้นตอนของทางกรมโรงงานอุตสาหกรรม ถ้าไม่เป็นวัตถุอันตรายจะต้องระบุถึงการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ทำอิฐ ของเสียหรือผลพลอยได้นั้นๆ จะต้องทำการเก็บไว้ในที่ที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายและรักษาคุณภาพ

อื่นๆ เช่น มลพิษทางเสียง ควรมีอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น Ear plug, Ear Mug สำหรับพนักงานที่ทำงานใกล้แหล่งหรืออุปกรณ์ที่มีเสียงดัง เช่น Boiler, Generator การใช้ต้นไม้ยืนต้นรอบโรงไฟฟ้าเพื่อป้องกันฝุ่นละออง เสียงและกลิ่นสู่ภายนอกชุมชน เช่น ไม้ทรงสูง ไม้พุ่มทรงปานกลาง ก็สามารถทำได้

4.2.2 ขยะฝังกลบ ปริมาณขยะที่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการฝังกลบประมาณ 1 ล้านตันขึ้นไป [3] การคัดแยกขยะก็มีความสำคัญอย่างมากเพื่อแยกขยะที่สามารถย่อยสลายได้หรือขยะอินทรีย์จากขยะอนินทรีย์ และแยกวัตถุที่จะทำให้หลุมฝังกลบระเบิดได้ออก การคัดแยกขยะจะใช้ระบบสายพานและคนคัดแยกซึ่งคนคัดแยกจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ รองเท้าบู๊ท ผ้าปิดปาก ในการขนส่งขยะต้องทำการห่อหุ้ม (Wrapping) ขยะด้วยพลาสติกหนาเฉพาะเป็นไปตามมาตรฐานเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำชะขยะหรือเศษขยะหลุดลอดออกมาขณะขนส่ง และในการขนส่งควรมีผ้าคลุมอีกชั้นหนึ่ง

การเตรียมหลุมฝังกลบ หลุมฝังกลบขยะต้องมีขนาดที่เหมาะสม เพื่อรองรับปริมาณขยะ โดยต้องมี

ความลึกตั้งแต่ 12 เมตรขึ้นไป สามารถใช้งานในการฝังกลบได้ไม่น้อยกว่า 20 ปี และมีวัสดุกันซึมปูด้านในของหลุมโดยรอบทั้งที่พื้นล่างและด้านข้างก่อนการเทกองขยะและหลังจากเทกองเต็มหลุมหรือต้องการปิดหลุมเมื่อเลิกใช้พื้นที่ โดยอาจใช้ดินเหนียวหรือแผ่นวัสดุสังเคราะห์ที่มีค่าการซึมผ่านของน้ำต่ำ ซึ่งตามมาตรฐานอาจจะเป็นชั้นดินเหนียวบดอัดหนา 60 เซนติเมตร มีค่าการซึมผ่านของน้ำไม่เกิน 1×10^{-7} เซนติเมตรต่อวินาที หรือใช้แผ่นพลาสติกชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) ที่มีความหนาน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร ปูภายในโดยรอบ 1 ชั้น [5] วางท่อรวบรวมน้ำชะขยะและนำน้ำชะขยะออกจากหลุมฝังกลบ ระบบระบายน้ำฝนที่ตกลงบนด้านบนของหลุมฝังกลบ สำหรับระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยจะอยู่เหนือชั้นวัสดุกันซึมโดยจะประกอบด้วยท่อ PVC หรือ HDPE ไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว เจาะรูหุ้มด้วยแผ่นกรองใยสังเคราะห์และวางในชั้นกรวดหรือทรายมนที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของน้ำไม่น้อยกว่า 1×10^{-3} เซนติเมตรต่อวินาที มีความหนาไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร คุณภาพน้ำทั้งระบายนอกสถานที่ฝังกลบต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามพระราชบัญญัติโรงงานอุตสาหกรรม [5] และเพื่อลดกลิ่นเหม็นของการฝังกลบขยะและของขยะ จึงควรมีการฉีดพ่นน้ำสักดชีวะภาพ

การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ ต้องมีระบบระบายและควบคุมก๊าซซึ่งเกิดขึ้นจากการย่อยสลายของขยะภายในหลุมฝังกลบ ส่วนใหญ่ คือ ก๊าซมีเทน เพื่อป้องกันการระเบิดและไฟไหม้และเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็นรบกวนระบบควบคุมก๊าซในสถานที่ฝังกลบจะต้องออกแบบเพื่อป้องกันความเข้มข้นของก๊าซมีเทน การควบคุมการระบายก๊าซจากบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยโดยการวางท่อในแนวดิ่ง และติดตั้งอุปกรณ์ดูดก๊าซจากบ่อฝังกลบ เรียกว่า Active Control โดยมีจุดมุ่งหมายจะนำก๊าซที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง ในกรณีที่ปริมาณก๊าซเกิดขึ้นมากกำจัดก๊าซที่เกิดขึ้นโดยการเผาไหม้ (Flaring) ซึ่งก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ

สำหรับท่อส่งก๊าซและเครื่องวัดปริมาณก๊าซ ตรวจสอบและป้องกันการรั่วซึมและวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซอย่างสม่ำเสมอ ต้องปรับปรุงคุณภาพของก๊าซและทำความสะอาดก๊าซ เช่น กำจัดน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ สารกัดกร่อน โลหะอัลคาไลน์ ผุ่นละออง

ในการผลิตไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบโดยทั่วไป ได้แก่ ก๊าซมีเทนร้อยละ 50 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 40-50 ก๊าซไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนและก๊าซอื่นๆ ร้อยละ 0.5-1 ผ่านกังหันก๊าซและเครื่องปั่นไฟ ซึ่งผู้ทำงานในบริเวณนี้จะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเสียงดังของเครื่องจักร

4.2.3 น้ำเสีย น้ำเสียที่มีค่าความสกปรกค่อนข้างสูง มีค่า COD:N: P 100:2.2:0.4 มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการหมักเพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตพลังงาน โดยวัตถุดิบ (น้ำเสีย) ควรอยู่ในแหล่งที่ใกล้โรงไฟฟ้า อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อความสะดวกในการลำเลียงเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยต้องมีปริมาณเพียงพอและมีค่า COD อยู่ในช่วงที่เหมาะสมและเสถียรในการบำบัดน้ำเสียโดยการหมัก ควรเลือกเทคโนโลยีบำบัดและใช้สภาวะการบำบัดที่เหมาะสม เช่น ใช้ระบบ Anaerobic Fixed Film เมื่อได้ก๊าซชีวภาพจากการหมักซึ่งอาจมีสิ่งเจือปนต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์ก่อนส่งเข้าไปผลิตไฟฟ้าโดยอาจผ่าน Wet Scrubber และอุปกรณ์ลดความชื้นของก๊าซ ในการผลิตไฟฟ้าควรมีอุปกรณ์ลดความดังของเสียงและให้พนักงานใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล สำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดควรให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานโดยการใช้บ่อฝัง บ่อปรับเสถียรก็ได้ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ เช่น รดน้ำต้นไม้

4.2.4 พลังงานความร้อนได้พิภพ วัตถุดิบ เช่น น้ำร้อน ไอน้ำร้อน ต้องมีอุณหภูมิและแรงดันน้ำที่เหมาะสมสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งควรมีอุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส และความดันมากกว่า 10 บรรยากาศ ในการชุดเจ้าน้ำพุร้อนมาใช้ต้องมีระบบป้องกันการหลุดตัว เมื่อน้ำร้อนถูกลำเลียงควรผ่านท่อเหล็กหุ้มฉนวนเพื่อให้มีอุณหภูมิคงที่ และควรเก็บไว้ในถังพักเพื่อควบคุมอุณหภูมิ น้ำร้อนที่เข้าสู่การผลิตไฟฟ้าควรมีการกรองเศษ

โลหะออกเพื่อป้องกันการทำลายระบบผลิตไฟฟ้า สำหรับไอน้ำที่หลงเหลือจากการผลิตไฟฟ้าจะถูกแยกเพนเทนซึ่งเป็นสาร Working Fluid ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และน้ำร้อนและไอน้ำร้อนที่เหลือจะถูกนำมาใช้ประโยชน์

4.2.5 พลังงานลม ลมเป็นพลังงานที่สะอาด เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งความเร็วลมที่เหมาะสมไม่ควรต่ำกว่า 5 เมตรต่อวินาทีและความเร็วลมที่สม่ำเสมอ กังหันลมจะต้องมีขนาดเหมาะสมกับความเร็วลม ความสูงของกังหันลมและความห่างของกังหันลมแต่ละต้นจะต้องพิจารณาพื้นที่ ทิศทางและช่องลม ในการผลิตไฟฟ้าโดยกังหันลมอาจมีเสียงรบกวนบ้าง ดังนั้นจึงควรพิจารณาขนาดของกังหันลมให้เหมาะสมกับความเร็วลม

4.2.6 พลังน้ำ น้ำเป็นพลังงานที่สะอาดและมีศักยภาพในการนำมาผลิตไฟฟ้า ปริมาณน้ำและแรงดันของน้ำต้องมีความเหมาะสมเพื่อสามารถนำมาใช้หมุนกังหันได้ และน้ำที่ส่งผ่านท่อเข้ามาควรมีการติดตั้งตะแกรงกันท่อนไม้ เศษไม้และใบไม้เพื่อไม่ให้เข้ามาในระบบและทำลายเครื่องจักร ในการผลิตไฟฟ้าอาจมีเสียงดังของเครื่องผลิตไฟฟ้าซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อชุมชนทั้งนี้อาจใช้เครื่องกันเสียงแบบ Metal Sheet โดยจะมีชั้นของโฟมด้านในและฉนวนด้านนอกเพื่อลดการแพร่กระจายของเสียง

4.2.7 พลังงานแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามขอบเขตที่ศึกษา พบว่าการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้การผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงสุด คือ อุณหภูมิและความชื้นของแสงอาทิตย์จะต้องมีความเหมาะสม การทำความสะอาดแผงก็มีความสำคัญ

4. สรุป

พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานที่ค่อนข้างสะอาด แต่ก็ยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบ้างในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าขั้นตอนต่างๆ จากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาขอบเขต การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

การขนส่งวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ การผลิตไฟฟ้า การจัดการของเสีย พบว่าพลังงานชีวมวลและพลังงานขยะจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า มลพิษที่สำคัญของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานชีวมวลและขยะ คือ มลพิษทางอากาศซึ่งจะเกิดขึ้นเกือบทุกขั้นตอนที่ทำการวิเคราะห์ สำหรับพลังงานก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียนั้นจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าพลังงานชีวมวลเพราะไม่มีการเผาไหม้ซึ่งขั้นตอนนี้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพบว่าพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จะมีเฉพาะเสียงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น

การศึกษานี้ได้เสนอมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียน โดยสรุป ดังนี้

มาตรการการได้มาซึ่งวัตถุดิบ วัตถุดิบควรอยู่ใกล้โรงไฟฟ้า มีปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสม และควรมีแหล่งสำรองวัตถุดิบโดยมีสัญญาซื้อขายสำหรับวัตถุดิบที่ต้องซื้อขาย

มาตรการการขนส่ง วัตถุดิบที่ถูกขนส่งมาโรงไฟฟ้านั้นควรมีระบบการตรวจสอบการขนส่งและมีการป้องกันการตกหล่น เช่น การใช้ผ้าสแลนคลุม

มาตรการการจัดเก็บ วัตถุดิบควรถูกจัดเก็บไว้ให้เหมาะสมเพื่อความสะดวกในการใช้งาน สำหรับวัตถุดิบประเภทชีวมวลและขยะ ควรมีความชื้นต่ำและมีขนาดที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ ควรถูกเก็บไว้ในโรงเก็บที่ป้องกันการฟุ้งกระจายสู่ชุมชน

มาตรการการผลิตไฟฟ้า เทคโนโลยีที่ใช้ควรมีความเหมาะสมและให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่สูง ควรมีการป้องกันมลพิษทางเสียงจากการผลิตไฟฟ้า

มาตรการการจัดการของเสีย ของเสียที่เกิดขึ้นควรนำมาใช้ประโยชน์ให้ถูกต้อง ของเสียอันตรายต้องทำการแจ้งหน่วยงานที่รับผิดชอบ

ข้อเสนอแนะในเชิงนโยบาย

1. ภาครัฐควรพิจารณสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง เช่น ปริมาณวัตถุดิบ ทรัพยากรที่มี และควรจำกัด

การอนุญาตสำหรับพลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. มาตรการและมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันพิจารณาแค่มลพิษที่เห็นชัดเจน เช่น มลพิษทางอากาศ และมลพิษทางน้ำ ซึ่งไม่ครอบคลุมทุกมลพิษที่จะเกิดขึ้น และปัจจุบันยังไม่มีมาตรการและมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่นำมาใช้อย่างชัดเจน การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานหมุนเวียนทุกขั้นตอนจึงมีความจำเป็นเพื่อเสนอแนะมาตรการการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุม

3. โรงไฟฟ้าขนาดเล็กกว่า 1000 kVA หรือ 800 กิโลวัตต์ไม่ต้องขออนุญาตผลิตไฟฟ้าตาม พรบ. การประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 [6] ที่ออกพระราชกฤษฎีกากำหนดประเภท ขนาด และลักษณะของกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขออนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2552 ซึ่งในการผลิตไฟฟ้าอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังนั้นจึงควรให้หน่วยงานท้องถิ่นกำกับดูแล

ข้อจำกัดในการศึกษา

ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของกิจการไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนของการศึกษานี้ไม่ได้นำเทคโนโลยีที่ใช้การผลิตไฟฟ้าของพลังงานแต่ละชนิดมาวิเคราะห์ด้วย เพราะเทคโนโลยีการผลิตพลังงานบางชนิด เช่น เตาเผา มีความหลากหลาย และเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตพลังงานแต่ละชนิดไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งในการศึกษาต่อไปควรวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งจะทำให้การประเมินผลกระทบของกิจการผลิตไฟฟ้ามีความครอบคลุมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Energy Policy and Planning Department, *Annual Report 2008*, Bangkok: Energy Policy and Planning Department, Ministry of Energy. 2008.
- [2] Electricity Generating Authority of Thailand,

- Power Plant. (2006, February 20). [Online]. Available: <http://www.prinfo.egat.co.th>
- [3] A. Kagel, D. Bates, and K. Gawell, *a Guide to Geothermal Energy and the Environment*. United States of America: Geothermal Energy Association. 2007, US. EPA. n.d. a. Clean Energy: Air Emission. (2010, May 12). [Online]. Available: <http://www.epa.gov/rdee/energy-and-you/affect/air-emissions.html>. US. EPA. n.d. b. Landfill Methane Outreach Program. (2009, May 12). [Online]. Available: <http://www.epa.gov/imop/index.html>
- [4] Buranasak Madmai, "Biomass to Energy," *Technology Promotion Association*, vol. 36, pp.63-65. April-May, 2009.
- [5] Department of Pollution Control, Ministry of Science Technology and Science, *Standard Measures and Guidelines for Community Garbage Management*, 5th Eds. Bangkok: Kurusapha the Teachers's Council of Thailand. 2001.
- [6] The Act on Energy Industry B, *Royal Thai Government Gazette*, vol. 124, no. 89A, pp.12-64, 10 December 2007.