Thesis Title	Feasibility Analysis for Community-Scale Electricity Generation from Biomass Under Constraints of Logistics, Technology and Environment Impact
Author	Ms. Jenjira Piamdee
Degree	Doctor of Engineering (Energy Engineering)
Thesis Advisory Committee	Asst. Prof. Dr. Nat Vorayos — Advisor Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat — Co-advisor Dr. Natanee Vorayos — Co-advisor

ABSTRACT

Promoting the use of biomass energy in the community is an important strategy in Thailand. The usage of biomass as a fuel to produce electricity is an alternative way to promote the country energy strategy. Communities of Thailand in general, are often a source of biomass in different ways but the disadvantages of biomass are to collect biomass distributed in local areas. Although the potential source of biomass and distribution in the local area are set, there are a few practices in the community-scaled and their impact on the environment is unrevealed. The research aims to develop a feasibility model for decentralized and community-based biomass power plant to produce electricity in the scale of a very small power producer focusing on the logistic systems factors, technology reflected to the unit and externality costs. Moreover, the environment

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

impact directly affecting members of the community will be studied as well. Fast growth wood or biomass residues available in the local area will be in focus as renewable sources. Feasibility model is then developed and it is simple enough to include either Rankine steam turbine system or gasification system as a conversion technology to be used for the power plant. The environmental impact assessment of the electrification is also included and accomplished by the commercial software; "Sigma Pro" along which the externality cost is also shown in accordance with the environmental damage influenced by the system. There are two primary scenarios in this work.

Economic feasibility of very small power plant is achieved fueled by fast-growth wood plantation surrounding the facility. The 50-kW Rankine steam system and 100-kW gasification technology are in comparison based on the previous study carried out at Chiang Mai University and Suranaree University of Technology. It is proposed that woody biomass is in three-year rotation and there are three batches of plantation for the continuity of plant operation. As the efficiency of 50-kWe steam system is as low as 7.2%, woodchips at 4.78 kg/kWh is required from 359 rai (57 ha) of plantation. At the efficiency of 17.72%, the 100-kWe gasification system consumes less woodchips at 2.27 kg/kWh on required area of 340 rai (55 ha). Unit cost of electricity generated from steam system and gasification system is reported as high as 5.78 baht/kWh and 4.17 baht/kWh, respectively which is not sufficient for the project to be feasible. Environmental impact of the both power plants is less than of the national grid. The externality cost of both system agrees well with previous investigation at 0.57 baht/kWh for steam system and 0.436 baht/kWh of gasification system. To convert the power plant to be more profitable without external investment, waste heat from the systems, especially from the steam system, can be recovered and utilized to generate income. Two drying units should be installed and used for the agriculture products as the local services earning more benefit as the combined heat and power facility. If 27% waste heat is utilized, the steam system will start to generate income. It is also proposed that carbon as co-product from the gasification system is to be bound and compressed as charcoal briquette since it can generate more revenue.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

As plantation is not quite an option for the resource of community-based power generation, wooden residue is considered. For small community, the sources may be scattered; therefore, the geographic information system (GIS) is integrated to evaluate the suitable location of the power plant to minimize the energy consumption due to logistic. Based on fast shortest path and multi-seed point theory, transport network analysis is achieved using ArcGIS. Supported with database of woody fuel and transport routes, wood-industry community in Chiang Mai – Lamphun area where there are 54 handicraft factories is studied as sample case. It is potential area for establish 400 kWe gasification power plant. Optimized location for the power plant is suggested where the average fuel consumption cost is 39.25 Bath/ton resulting in a unit cost of electricity at 1.37 baht/kWh as the corresponding IRR is 31.11% with a payback period of 3.21 year. This is based on the assumption that woody residues are a contribution from the community; however, if fuel has to be purchased, it is found out that the price should not be more 1,105 baht/ton. While the externality cost is less than 0.19 baht/kWh which is less than what is released from the national grid.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนจากชีวมวลภายใต้เงื่อนไขของโลจิสติกส์ เทคโนโลยี และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
ผู้เขียน	นางสาวเจนจิรา เปี่ยมดี
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ณัฐ วรยศ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ศ. ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ณัฐนี วรยศ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

การส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวลในระดับชุมชนถือว่าเป็นยุทธศาสตร์พลังงานที่สำคัญของประเทศไทย การใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่ส่งเสริมยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ โดยทั่วไปชุมชนของประเทศไทยมักจะมีแหล่งกำเนิดของชีวมวลในรูปแบบต่างๆ ข้อด้อยของชีวมวลคือการรวบรวมชีวมวลที่กระจายอยู่ในท้องถิ่น อย่างไรก็ตามหากมีแหล่งชีวมวลที่มีศักยภาพและกระจายในบริเวณท้องถิ่นแล้วยังขาดหน่วยงานที่จะเป็นต้นแบบในการนำชีวมวลที่มีศักยภาพเหล่านั้นมาใช้งานกันอย่างจริงจัง รวมถึงยังขาดการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศกับการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลในระดับชุมชนตลอดจนคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งยังไม่มีผู้ศึกษาอย่างจริงจัง งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองของศูนย์พลังงานชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าในระดับชุมชนโดยกำลังการผลิตจัดอยู่ในประเภทผู้ผลิตรายเล็ก โดยมุ่งเน้นพิจารณาถึงปัจจัยทางด้านระบบโลจิสติกส์ตลอดจนเทคโนโลยีโดยสะท้อนในรูปของต้นทุนพลังงานและต้นทุนสิ่งแวดล้อม รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันจะมีผลโดยตรงต่อสมาชิกในชุมชน แบบจำลองของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศูนย์พลังงานชีวมวลถูกพัฒนาเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ชุมชนเป็นเจ้าของโรงไฟฟ้าโดยใช้ไม้โตเร็วที่ได้จากการปลูกหรือเศษไม้ที่มีอยู่ในท้องถิ่นเป็นเชื้อเพลิงโดยไม่คิดค่าจ่ายของไม้เชื้อเพลิงดังกล่าวเนื่องจากสมาชิกทุกคนจะได้รับผลประโยชน์จากโรงไฟฟ้าร่วมกัน แบบจำลองสามารถรองรับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบกังหันกำลังไอน้ำและระบบต้นกำลังแก๊ส การประเมินผลทางด้านสิ่งแวดล้อมของพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro และจะถูกนำผลมาประเมินมูลค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม

แบบจำลองของศูนย์พลังงานถูกประยุกต์ใช้เพื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีระบบกังหันกำลังไอน้ำและระบบต้นกำลังแก๊สซึ่งเหมาะสำหรับชุมชนขนาดเล็กที่ต้องการกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 100kWโดยใช้ ไม้โตเร็วที่ได้การเพาะปลูกของสมาชิกในชุมชน รูปแบบการปลูกพืชเป็นแบบหมุนเวียนโดยมีรอบการตัดฟันภายในระยะเวลา 3 ปีที่คาดว่าจะได้ผลผลิตของไม้โตเร็วประมาณ 87.5 ตัน/เฮกเตอร์ (14 ตัน/ไร่) โดยให้ค่าความร้อนต่ำที่ประมาณ 12.5 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ผลการศึกษาถูกพบว่าโรงไฟฟ้าที่ถูกติดตั้งเทคโนโลยีกังหันไอน้ำที่ขนาด 50 กิโลวัตต์ ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบร้อยละ 7.2 ต้องการพื้นที่ในการปลูกไม้โตเร็วทั้งโครงการประมาณ 57 เฮกเตอร์ (359 ไร่) ในขณะที่โรงไฟฟ้าที่ถูกติดตั้งด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิเคชั่นที่ขนาด 100 กิโลวัตต์ซึ่งมีประสิทธิภาพของระบบร้อยละ 17.72 ต้องการพื้นที่ในการปลูกไม้โตเร็วทั้งโครงการจำนวน 55 เฮกเตอร์ (340 ไร่)

การวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรของทั้งสองระบบถูกพบว่า ระบบกังหันไอน้ำมีต้นทุนที่สูงกว่าต้นทุนไฟฟ้าระบบแก๊สซิฟิเคชั่น แต่ทั้งสองระบบผลิตไฟฟ้าอย่างเดียวไม่เกิดความคุ้มค่าในลงทุน อย่างไรก็ตาม ระบบกังหันไอจะมีความคุ้มค่าการลงทุนก็ต่อเมื่อใช้งานแบบความร้อนร่วมกับการผลิตไฟฟ้าเพื่อนำความร้อนทิ้งมาอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรโดยความร้อนทิ้งจะต้องถูกนำกลับมาใช้อย่างน้อยร้อยละ 27 ของไอน้ำทั้งหมด เช่นเดียวกันระบบแก๊สซิฟิเคชั่นจะมีความคุ้มค่าการลงทุนก็ต่อเมื่อจำหน่ายไฟฟ้าร่วมกับผลิตถ่านอัดแท่งจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ รายได้ของโรงไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้นหากจำหน่ายยอดและใบของไม้โตเร็วร่วมด้วย

การประเมินวัฏจักรชีวิตต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชุมชนทั้งสองเทคโนโลยีแสดงให้เห็นผลกระทบจากโรงไฟฟ้าทั้งสองแห่งมีค่าน้อยกว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากไฟฟ้าในระบบสายส่งของประเทศซึ่งระบบแก๊ซซิฟิเคชั่นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของโรงไฟฟ้าทั้งสองแหล่งสอดคล้องกันกับต้นทุนสิ่งแวดล้อมโดยโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำมีต้นสิ่งแวดล้อมที่ 0.57 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าต้นทุนสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าแก๊สซิฟิเคชั่นที่ 0.436 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

แบบจำลองของศูนย์พลังงานถูกประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อประเมินหาพิกัดตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าโดยอาศัยการวิเคราะห์โครงข่ายที่สามารถบ่งบอกถึงเส้นทางการขนส่ง งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcGIS ร่วมกับ Microsoft Visual Basic 6.0 เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎี Fast shortest path Theory and multi seed point Theory เกณฑ์การพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าคือต้นทุนเชื้อเพลิงของการรวบรวมไม้เชื้อเพลิงที่มีค่าน้อยที่สุด แบบจำลองดังกล่าวถูกประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาคือชุมชนหัตถกรรมเชียงใหม่-ลำพูนภายในรัศมี 30 กิโลเมตรซึ่งมีโรงงานอุตสาหกรรมไม้จำนวน 54 แห่งเป็นแหล่งกำเนิดเชื้อเพลิงที่สร้างโรงไฟฟ้าขนาด 400 กิโลวัตต์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ผลการศึกษาถูกพบว่า ต้นทุนของเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งไม้ที่เหมาะสมที่ 39.25 บาท/ตัน ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนไฟฟ้าที่ 1.37 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ด้วยอัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 31.11 อันมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 3.21 ปี อย่างไรก็ตามต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่งไม้ถูกแสดงในรูปของแผนที่ ผลจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าถูกพบว่าต้นทุนสิ่งแวดล้อมที่มีค่า 0.19 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากระบบสายส่งของประเทศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved