อภินันทนาการ
สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

Life cycle assessment of land use for construct of photovoltaic power plant

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 30 ก.ย. 2559
เลขทะเบียน i7047290
เลขเรียกหนังสือ ว. TJ 812.5
.ก6168
2558

โดย ผศ.ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย และคณะ

กันยายน 2558

สัญญาเลขที่ R2558B015

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

Life cycle assessment of land use for construct of photovoltaic power plant

คณะผู้วิจัยสังกัด

1. ผศ.ดร.นิพนธ์	เกตุจ้อย	สังกัด วิทยาลัยพลังงานทดแทน
2. ผศ.ดร.ประพิธาธิ์	ธนารักษ์	สังกัด วิทยาลัยพลังงานทดแทน
3. นายรัฐพร	เงินมีศรี	สังกัด วิทยาลัยพลังงานทดแทน
4. นางสาวธีรารัตน์	จีระมะกร	สังกัด วิทยาลัยพลังงานทดแทน

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประจำปีงบประมาณ 2558

ชื่อโครงการ	การประเมินวัฏจักรชีวิตการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	
ชื่อผู้วิจัย	ผศ.ดร.นิพนธ์	เกตุจ้อย
	ผศ.ดร.ประพิธาร์	ธนารักษ์
	นายรัฐพร	เงินมีศรี
	นางสาวธีรารัตน์	จีระมะกร
หน่วยงานที่สังกัด	วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร	
	ถ.พิษณุโลก-นครสวรรค์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000	
	โทรศัพท์/โทรสาร 055-963391	
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)	
จำนวนเงิน	240,000 บาท เริ่มตั้งแต่ ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558	

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ทางการเกษตร เพื่อนำมาสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และตัดสินใจความหมาะสมและความเป็นไปได้ของพื้นที่ โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าและประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการวิจัยพบว่า ภาพแผนที่แสดงให้เห็นว่าพื้นที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติและอยู่นอกเขตชลประทาน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการเกษตรได้ปีละ 4 เดือนเท่านั้น และแผนที่แสดงให้เห็นว่าพื้นที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 17.6 $MW/m^2.d$ ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนก่อสร้างและติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0001481 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0001964 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0004185 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.006932 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ และมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ -0.5743 $kgCO_2eq/kWh$ ส่วนต้นทุนผลิตไฟฟ้าตลอดระยะโครงการ 25 ปีมีค่าเท่ากับ 169.791 ล้านบาท และมีต้นทุนพลังงานต่อหน่วยเท่ากับ 4.12 บาท/kWh แสดงว่าประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินจากเกษตรกรรมเพื่อสร้างโรงไฟฟ้ามีความเหมาะสมและคุ้มค่า โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ

คำสำคัญ : เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประเมินวัฏจักรชีวิต การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

Title	Life cycle assessment of land use for construct of photovoltaic power plant
Researcher	Assist. Prof. Dr. Nipon Ketjoy Assist. Prof. Dr. Prapita Thanarak Mr. Rattaporn Ngoenmeesri Miss Terarat Chiramakara
Organization	School of Renewable Energy Technology (SERT) Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand Tel/Fax 055-963391
Sponsor	National Research Council of Thailand (NRCT)
Budget	240,000 Bath, October 2014 - September 2015

Abstract

The research aims were to study the land use from agricultural land for photovoltaic power plant. Geographic information system (GIS) technology was used to analyze and decide the data for the suitability land use. Life cycle assessment and life cycle cost were applied in this study which covered from land preparing, transportation, construction and electrical generation. The result found that the maps illustrated the area to be moderately abundant clay, outside the irrigated area, the average rainfall was 1,100 mm./year whereas agriculture can make four months per year only. The average solar irradiance was 17.6 MW/m^2.d for this area which was suitable to build a photovoltaic power plant. CO_2 emissions of land preparing, transportation, construction and electrical generation were 0.0001481 kgCO_2eq / kWh, 0.0001964 kgCO_2eq / kWh, 0.0004185 kgCO_2eq / kWh and 0.006932 kgCO_2eq / kWh, respectively and the net CO_2 emission was -0.5743 kgCO_2eq/kWh. Life cycle cost for 25 years was 169.791 million THB and cost of energy was 4.12 baht/kWh. From all results, land use assessment from agriculture for photovoltaic power plant was appropriate and worth that without affecting to the environment and the economy.

Keywords : GIS , Life Cycle Assessment, Carbon dioxide emission

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 และขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่วิจัยของวิทยาลัยพลังงานทดแทน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำ และข้อมูลสนับสนุนในการศึกษานี้ ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2558

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
	ขอบเขตงานวิจัย	4
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	5
	เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์	7
	การประเมินวัฏจักรชีวิต	10
	การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต	17
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
3	วิธีดำเนินการวิจัย	23
	การประเมินประโยชน์การใช้ที่ดิน	23
	การประเมินวัฏจักรชีวิต	28
	การผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์	28
	ต้นทุนต่อหน่วยตลอดวัฏจักร	28
4	**ผลการวิจัย**	29
	ผลการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์	29
	ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต	35
	ปริมาณการปล่อบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ	39
	การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต	40

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
5	บทสรุป	43
	สรุปผลการวิจัย	43
	ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม		46
ภาคผนวก		49
	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	50
	บทความทางวิชาการที่ได้รับการและตีพิมพ์เผยแพร่	54

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ 29
2 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการขนส่งอุปกรณ์ 29
3 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการก่อสร้างและการติดตั้งระบบ 30
4 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ต่อวัน 31
5 คุณสมบัติของดิน 35
6 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งปีของจังหวัดเพชรบูรณ์ระหว่าง พ.ศ.2553 – 2557 36
7 อุณหภูมิของจังหวัดเพชรบูรณ์ระหว่างพ.ศ.2553 – 2557 36
8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงกระบวนการเตรียมพื้นที่ 40
9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งอุปกรณ์ 40
10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการก่อสร้างและการติดตั้งระบบ 41
11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ต่อวัน 42
12 รายละเอียดของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ 42
13 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี 45
14 ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี 46
15 ต้นทุน รายได้ และการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างการปลูกข้าวและการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 46

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	เปรียบเทียบกำลังผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนของประเทศไทย	6
2	แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี	7
3	แนวโน้มการติดตั้งใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย	7
4	เปรียบเทียบพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด	8
5	ระบบข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	11
6	โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด จังหวัดเพชรบุรี	12
7	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งบนหลังคา	13
8	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร	14
9	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง	14
10	กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040	17
11	ขอบเขตของระบบที่กำหนดตามความเหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมาย	17
12	การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ	19
13	ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย	27
14	ขั้นตอนการวิจัย	28
15	แสดงสารขาเข้าและสารขาออกของขั้นตอนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	29
16	ลักษณะภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่เป้าหมาย ต.ซับสมอทอด อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์	35
17	พื้นที่เป้าหมายจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยโปรแกรม Google earth	35
18	ลักษณะดินของพื้นที่เป้าหมาย	36
19	ลักษณะการใช้พื้นที่สำหรับปลูกข้าวโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์	39
20	แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย	40
21	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละขั้นตอนของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 1 เมกะวัตต์	44

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น โดยเมื่อสิ้นปี 2557 ประเทศไทยติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไปแล้วประมาณ 1,300 MW ดังภาพ 1 เป็นผลมาจากการตื่นตัวของประชาชนในเรื่องการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าแทนการพลังงานฟอสซิล ซึ่งกำลังจะหมดไปและส่งผลต่อการเกิดสภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงขึ้นทุกปี

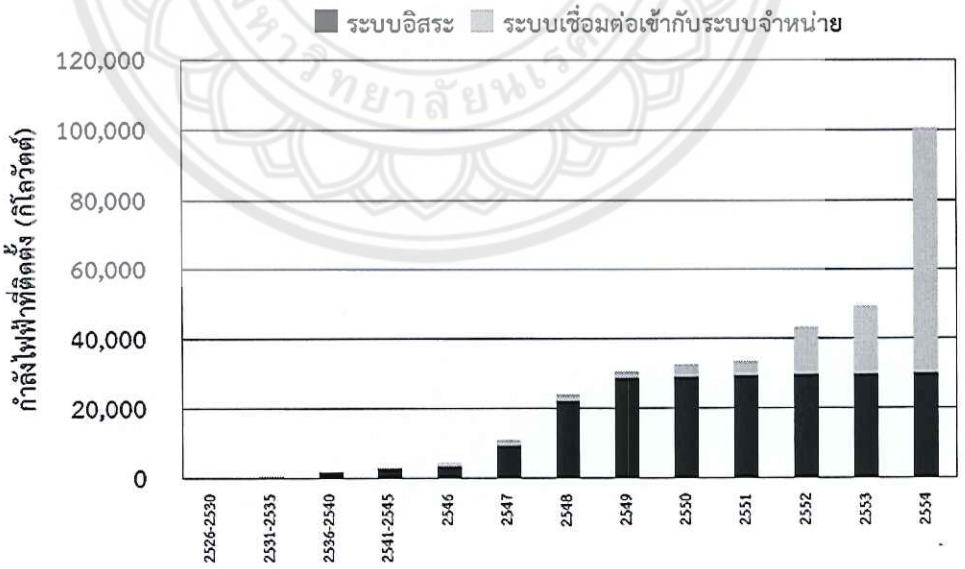
ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	กำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้า* (เมกะวัตต์)					อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
	2553	2554	2555	2556	2557	2556-2557
แสงอาทิตย์	48.6	78.7	376.7	823.5	1,298.5	57.7
ลม	5.6	7.3	111.7	222.7	224.5	0.8
พลังน้ำขนาดเล็ก	58.9	95.7	101.8	108.8	142.0	30.5
ชีวมวล	1,650.2	1,790.2	1,959.9	2,320.8	2,451.8	5.6
ก๊าซชีวภาพ	103.4	159.2	193.4	265.7	311.5	17.2
ขยะ	13.1	25.5	42.7	47.5	65.7	38.3
รวม	1,879.8	2,156.6	2,786.2	3,788.5	4,494.0	18.6

*รวมการผลิตไฟฟ้านอกระบบ

ภาพ 1 เปรียบเทียบกำลังผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนของประเทศไทย

จากภาพ 2 แสดงแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564) หรือ Alternative Energy Development Plan: AEDP (2012-2021) นั้นได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ไว้สูงถึง 3,000 MW โดยปัจจุบันมีกำลังติดตั้งสะสมอยู่ประมาณ 100 MW ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ และกระทรวงพลังงานมีแผนการส่งเสริมการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบชุมชน 1 ตำบล 1 เมกะวัตต์ซึ่งได้มีการเสนออัตราค่าไฟฟ้าสำหรับเป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบ Feed in Tariff สำหรับผู้เสนอในปี 2556-2557 เป็นสัญญาระยะยาว 25 ปี เพื่อสนับสนุนให้เกิดการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ภาพ 2 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี



ภาพ 3 แนวโน้มการติดตั้งใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ในปัจจุบันของประเทศมีกลุ่มผู้ลงทุนให้ความสนใจกับอุตสาหกรรมด้านการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก โดยคาดการณ์ว่ามีผู้อยู่ระหว่างดำเนินโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 500 – 600 MW ดังนั้นจึงยังคงมีขนาดของตลาดเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศเหลืออีกไม่น้อยกว่า 1,200 – 1,300 MW ซึ่งหากพิจารณาถึงเม็ดเงินลงทุนของการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ตามเป้าหมายของภาครัฐที่ 3,000 MW แล้วจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 120,000 ล้านบาท และหากรวมมูลค่าของอุตสาหกรรมต่อเนื่องของการเดินโรงไฟฟ้า การดูแลและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าซึ่งมีอายุโครงการถึง 25 ปีแล้วจะหมายถึงเงินหมุนเวียนตลอดช่วงของอายุโรงไฟฟ้าอีกไม่น้อยกว่า 2,000 ล้านบาท/ปี ซึ่งเห็นได้ว่าการกำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของกระทรวงพลังงานดังกล่าวนั้นสามารถสร้างตลาดและมูลค่าของอุตสาหกรรมด้านการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้อย่างมหาศาล

จากภาพ 4 แสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิดมีพื้นที่ในการติดตั้งแตกต่างกัน ในปัจจุบันนี้ ประเทศไทยได้มีการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีขนาดตั้งแต่ 1 เมกะวัตต์ขึ้นไป ซึ่งการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเทคโนโลยี ได้แก่ กลุ่มผลึก (Crystalline Solar Cells) และกลุ่มฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells) ต้องใช้พื้นที่โดยประมาณ 10 m^2 / kW และ 20 m^2 / kW ตามลำดับ หรือหากเป็นโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ 10,000 m^2 / MW (6.25 ไร่) และ 20,000 m^2 / MW (12.5 ไร่) ตามลำดับ

CELL MATERIAL	MODULE EFFICIENCY	SURFACE AREA NEED FOR 1 KWP
Monocrystalline silicon	13–19%	5–8 m²
Polycrystalline silicon	11–15%	7–9 m²
Micromorphous tandem cell (a-Si/μc-Si)	8–10%	10–12 m²
Thin-film – copper-indium/gallium-sulfur/diselenide (CI/GS/Se)	10–12%	8–10 m²
Thin-film – cadmium telluride (CdTe)	**9–11%**	**9–11 m²**
Amorphous silicon (a-Si)	**5–8%**	**13–20 m²**

ภาพ 4 เปรียบเทียบพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด

แต่พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่านั้นซึ่งการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในความเป็นจริงนั้น นอกจากพื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ยังต้องมีพื้นที่สำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารควบคุม ติดตั้งระบบและใช้ในการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จริงจะต้องใช้ขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น จาก

ที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ของโรงไฟฟ้ามีความแตกต่างกัน จึงส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ หากพื้นที่บริเวณที่สร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการทำเกษตรกรรม จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะทำการประเมินการใช้ประโยชน์ของที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตต่อการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ผลสำเร็จที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการได้ทราบถึงประโยชน์ของที่ดินและความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
2. เพื่อศึกษาความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตต่อการใช้ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างไฟฟ้าเซลล์อาทิตย์
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกกะวัตต์ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS : Geographic Information System)
3. ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้วิธีประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost Method)
4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยวิธีทางสถิติร่วมกับข้อมูลจากการสังเกตและเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่ศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่าและเหมาะสม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

นิยาม และความหมาย

ดรรชนี ได้ให้ความหมายของการใช้ที่ดินไว้ว่า การนำที่ดินมาใช้บำบัดความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย เป็นต้น

เอิบ กล่าวว่า ที่ดินเป็นสิ่งที่บุคคลมีกรรมสิทธิ์ได้ แต่คำว่า ดิน หมายถึง ดินเพียงอย่างเดียวเท่านั้น และยังประกอบไปด้วยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งทางด้านกายภาพ และสิ่งที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพของการใช้ที่ดินนั้นๆ โดยไม่ได้มุ่งพิจารณาเฉพาะดินประการเดียว แต่ได้รวมถึงลักษณะทางธรณีวิทยา ภูมิประเทศ ลักษณะทางอุตุ-อุทกวิทยา พืชพรรณ สัตว์ และแมลง ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในดินในท้องที่นั้นด้วย

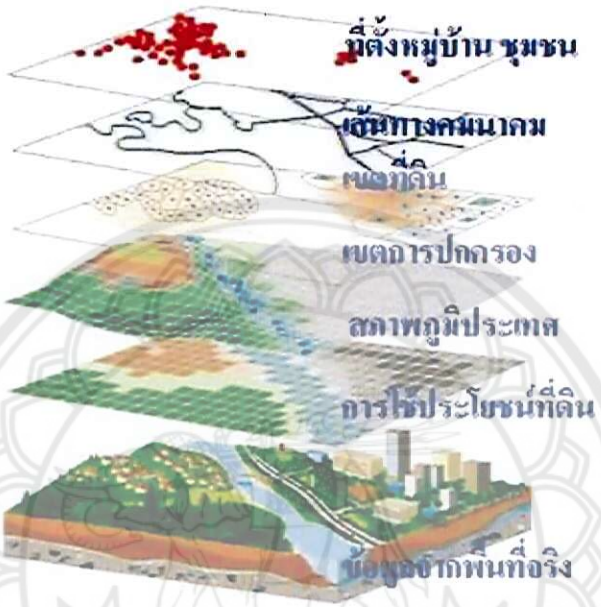
FAO ได้ให้คำนิยามของคำว่า ที่ดิน ไว้ว่า ที่ดินหมายถึง ส่วนประกอบต่างๆทางกายภาพของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ดิน อุทกวิทยา รวมทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างในที่ติดกับพื้นผิวโลก

สรุปได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน หรืออนาคต เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม พานิชยกรรม และที่อยู่อาศัย เป็นต้น ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงมีการเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบของการใช้ประโยชน์ไปตามความต้องการของผู้ที่เป็นเจ้าของหรือผู้ที่ใช้ประโยชน์ที่ดินนั้น ๆ เช่น การเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตร หรือพื้นที่อุตสาหกรรม โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลากหลาย ได้แก่ ทางกายภาพ ชีวภาพ ปัจจัยทางด้านนโยบายรัฐบาลและปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคม เป็นต้น

ความหมายของคำว่า "ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) GIS"

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้าย ถิ่นฐาน การบุก

รุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งานได้ง่าย GIS เป็นระบบข้อมูลข่าวสารที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ แต่สามารถแปลความหมายเชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์อื่นๆ สภาพท้องที่ สภาพการทำงานของระบบสัมพันธ์กับสัดส่วนระยะทางและพื้นที่จริงบนแผนที่ดังภาพ 5



ภาพ 6 ระบบข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ข้อแตกต่างระหว่าง GIS กับ MIS นั้นสามารถพิจารณาได้จากลักษณะของข้อมูล คือ ข้อมูลที่จัดเก็บใน GIS มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ที่แสดงในรูปของภาพ (graphic) แผนที่ (map) ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) หรือฐานข้อมูล (Database)การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดงข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อมๆ กัน เช่นสามารถจะค้นหาตำแหน่งของจุดตรวจวัดควันดำ - ควันขาวได้โดยการระบุชื่อจุดตรวจ หรือในทางตรงกันข้าม สามารถที่จะสอบถามรายละเอียดของ จุดตรวจจากตำแหน่งที่เลือกขึ้นมา ซึ่งจะต่างจาก MIS ที่แสดง ภาพเพียงอย่างเดียว โดยจะขาดการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับรูปภาพนั้น เช่น ใน CAD (Computer Aid Design) จะเป็นภาพเพียงอย่างเดียว แต่แผนที่ใน GIS จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ คือค่าพิกัดที่แน่นอน ข้อมูลใน GIS ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geocode) ซึ่งจะสามารถอ้างอิงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลใน GIS ที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกโดยตรง หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น ตำแหน่งอาคาร ถนน ฯลฯ สำหรับข้อมูล GIS ที่จะอ้างอิงกับข้อมูลบนพื้นโลกได้โดยทางอ้อมได้แก่ ข้อมูลของบ้าน

(รวมถึงบ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์) โดยจากข้อมูลที่อยู่ เราสามารถทราบได้ว่าบ้านหลังนี้มีตำแหน่งอยู่ ณ ที่ใดบนพื้นโลก เนื่องจากบ้านทุกหลังจะมีที่อยู่ไม่ซ้ำกัน

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

โรงไฟฟ้าฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยนั้นเป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า (PV Grid Connected System) ซึ่งส่วนประกอบหลักของระบบดังกล่าวประกอบไปด้วย แผงเซลล์อาทิตย์, เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า, ชุดอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ร่วมอื่นๆ โดยหลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าคือเมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel) จะทำให้เกิดการผลิตไฟฟ้าออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไฟฟ้าที่ออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันไฟฟ้าต่ำ ซึ่งไฟฟ้ากระแสตรงดังกล่าวจะถูกส่งผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) และจะเกิดการแปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ไฟฟ้ากระแสสลับดังกล่าวจะถูกส่งผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อให้สามารถส่งผ่านระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าภายในพื้นที่เพื่อจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าต่อไป ซึ่งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งยังสามารถแบ่งการประยุกต์ใช้งานได้เป็น 3 รูปแบบตามลักษณะการติดตั้ง ได้แก่

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่เป็นสถานี (PV Station)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่เป็นสถานี จะเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ที่เป็นการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน ซึ่งใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมาก โดยระบบดังกล่าวจะใช้สำหรับผลิตและจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวนมากดังภาพ 6

ภาพ 7 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด จังหวัดเพชรบุรี

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งกับหลังคา (PV Roof Top)

เป็นการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งร่วมกับหลังคาเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ภายในบ้าน และช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน ส่วนประกอบหลักของระบบก็เหมือนกับระบบ PV Grid Connected ทั่วไปดังภาพ 7

ภาพ 8 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งบนหลังคา

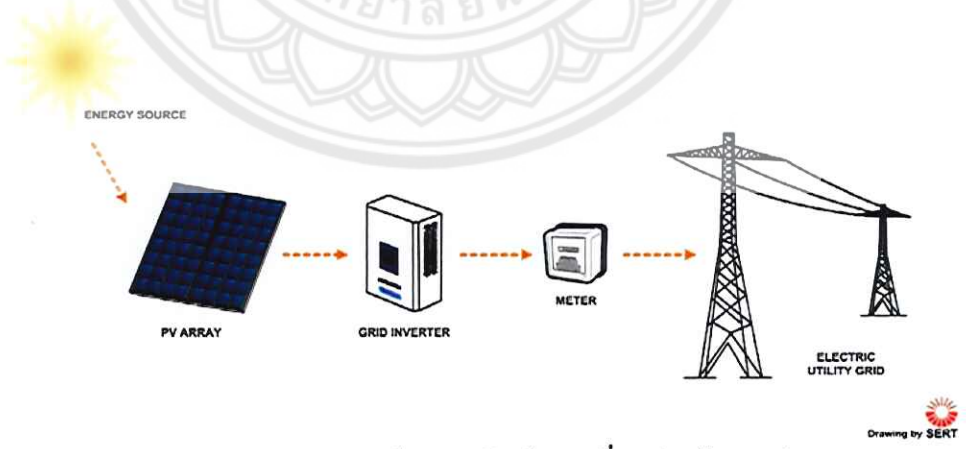
ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร (Building Integrated Photovoltaic System: BIPV)

เป็นการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเป็นส่วนหนึ่งกับตัวอาคารเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับเทคโนโลยีนี้จำเป็นต้องมีความรู้หลายศาสตร์เข้ามารวมกัน เช่นการออกแบบ ความรู้ทางด้านวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และความรู้ทางด้านพลังงานดังภาพ 8

ภาพ 9 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร

ส่วนประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งมีส่วนประกอบหลักประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบร่วมทางไฟฟ้าอื่น ถ้าเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องมี Transformer แต่ถ้าเป็นระบบขนาดเกิน 250 kW ก็จำเป็นต้องมี Transformer เพราะต้องมีการเชื่อมต่อที่ระดับแรงดัน 22 kV ซึ่งส่วนประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายแสดงดังภาพ 9



ภาพ 10 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง

ข้อดี ข้อเสีย การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีดังนี้ [7]

ข้อดีของการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1. เป็นแหล่งพลังงานที่มีใช้อย่างต่อเนื่องไม่มีวันหมด

2. เป็นแหล่งพลังงานสะอาดการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เกิดจากการเปลี่ยนแปลง แสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ช่วยลดสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

3. ไม่มีมลภาวะด้านเสียง

4. การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถสร้างได้ทุกขนาดตั้งแต่เล็กสุดใช้ในนาฬิกาจนถึงขนาดใหญ่ เป็นโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยประสิทธิภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามขนาด

5. โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ผลิตที่ไหนใช้ที่นั้นเหมาะสำหรับบริเวณที่ไม่มีระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ข้อเสีย ของการผลิตไฟฟ้าจากแสงดวงอาทิตย์

1. ความเข้มแสงของพลังงานต่ำ

2. ปริมาณพลังงานที่จะแปรผัน ตามสภาวะอากาศ และกลางวัน หรือกลางคืน

3. การจะเก็บพลังงานเมื่อไม่มีแสงจากดวงอาทิตย์ ไม่สามารถจัดเก็บได้ ยกเว้น การใช้อุปกรณ์เสริม

4. ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก

5. ราคา อุปกรณ์ เครื่องจักรที่จะใช้ผลิตไฟฟ้าราคาค่อยข้างแพง ในปัจจุบัน

การประเมินวัฏจักรชีวิต

ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) [3]

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงผลเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อจะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อมและสารเคมี หรือ SETAC ได้ให้นิยามของ LCA ว่า “เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และ

การแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก นอกจากนี้องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายของ LCA ว่า " เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

วัตถุประสงค์ในการประเมินวัฏจักรชีวิต

วัตถุประสงค์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดโดยความแตกต่างของการประเมินวัฏจักรชีวิตจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม อื่นๆ คือ การรวมพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ เช่น ผลกระทบจากการผลิตวัตถุดิบมาป้อนให้กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลกระทบที่เกิดจากการขนส่ง ผลกระทบที่เกิดจากการใช้งาน ผลกระทบที่เกิดจากการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่หมดสภาพการใช้งานแล้ว ฯลฯ ซึ่งการรวมพิจารณาถึงกิจกรรมอื่นๆ เหล่านี้ให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์อย่างแท้จริง นอกนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือบริการโดยมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมประกอบการตัดสินใจ

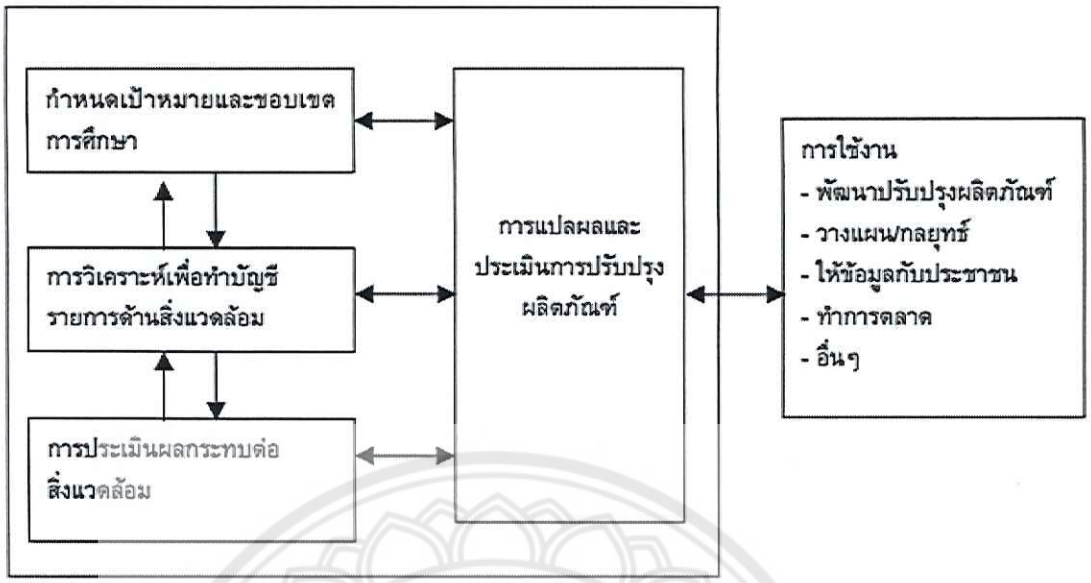
หลักการประเมินวัฏชีวิต

ตามอนุกรมมาตรฐานใน ISO 14040 ได้กำหนดหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ 1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and scope definition) 2) การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory analysis) 3) การประเมินผลกระทบ (Impact assessment) 4) การแปลผลและการประเมินการปรับปรุง (Improvement assessment) ดังภาพ 10

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

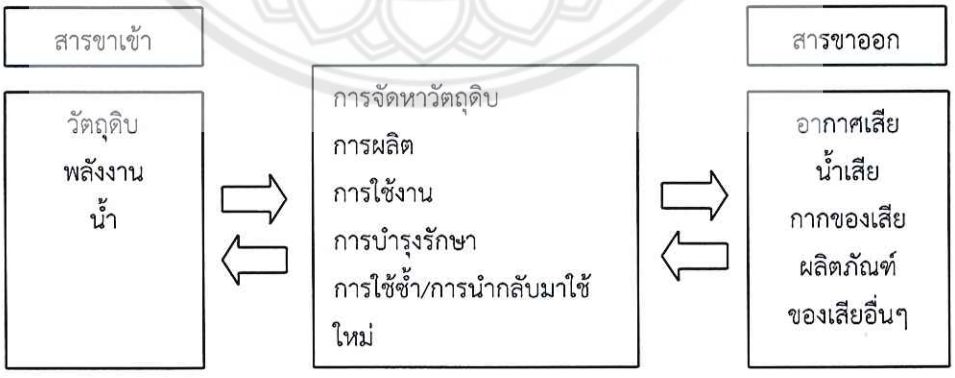
การกำหนดเป้าหมายของการทำ LCA คือ การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์รวมทั้งเหตุผลในการศึกษา การนำผลไปใช้หรือการนำไปใช้ในการเปรียบเทียบปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ

การกำหนดขอบเขตของการศึกษา คือ การกำหนดสิ่งที่เราต้องการประเมินภายใต้ข้อจำกัดที่เราต้องการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยจะรวมไปถึงการจำกัดรวบรวมข้อมูลหรือสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA



ภาพ 11 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040

1) ขอบเขตของระบบ (System Boundary) หมายถึงขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์กับสิ่งแวดล้อมหรือกระบวนการ ตลอดจนปัจจัยที่มีความเกี่ยวเนื่องกันกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษา ไม่ว่าจะเป็น วัสดุหรือพลังงาน ที่นำเข้ามาในระบบ ของเสีย หรือผลพลอยได้ที่ออกจากระบบ ซึ่งในการกำหนดขอบเขตของระบบจะต้องให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการประเมิน โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบหรือพลังงาน ดังภาพ 11



ภาพ 12 ขอบเขตของระบบที่กำหนดตามความเหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมาย

2) หน่วยของการทำงาน (Functional Unit) หน่วยการทำงานจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับกำหนดการวัดหรือเก็บข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบ หน่วย

การทำงานมีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือหลายผลิตภัณฑ์ที่รวมเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกัน เพื่อให้ข้อมูลปริมาณสารที่เข้าและออกจากระบบตั้งอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน เช่น

- การผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh
- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 1 kWh
- การปริมาณผลผลิตทางการเกษตร 1 ไร่

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis)

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ การเก็บราวรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) เป็นการคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึง ทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ต่อไป ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการอาจต้องทำซ้ำไปมาในบางครั้ง

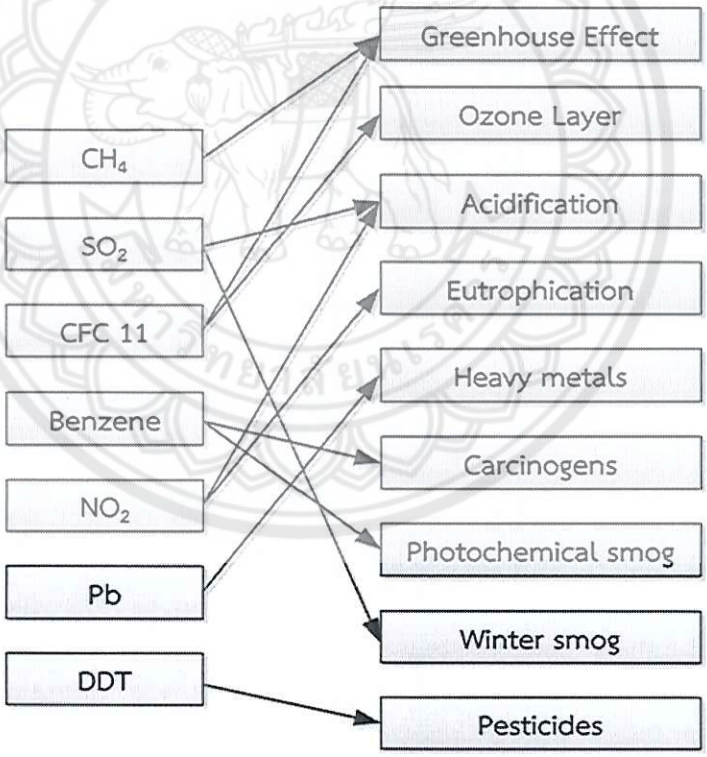
เนื่องจากอาจมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม การเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูล หรือการเพิ่มประเด็นปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาที่ตั้งไว้ การเก็บข้อมูลในบัญชีรายการนั้นจะต้องทำให้สัมพันธ์กับทุกกระบวนการย่อยที่อยู่ในระบบ ซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูลแตกต่างกัน ขึ้นกับเป้าหมายกระบวนการหรือระบบที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามการรวบรวมข้อมูลนั้นยากที่จะทำให้ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมดเนื่องจากต้องใช้เวลาและงบประมาณจำนวนมาก โดยที่ข้อมูลที่จะนำมาทำเป็นบัญชีรายการนั้นควรจะอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและสอดคล้องกันวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบ คือ การตีความหรือแปลงค่าข้อมูลจากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการให้อยู่ในรูปผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะทำโดยการคำนวณเองหรือการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปดังนั้นขั้นตอนการประเมินผลกระทบสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับวิธีการประเมินนั่นเองสำหรับในงานวิจัยนี้ได้อาศัยการประเมินโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 วิธี EDIP/UMIP 97 เนื่องจากวิธีการนี้มีให้ความสำคัญกับผลกระทบทางด้านการเกษตร เช่น มีการคิดผลกระทบที่เกิดจากปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง และนอกจากนี้วิธีการดังกล่าวยังมีประเภทของผลกระทบที่หลากหลายถึง 15 ประเภทผลกระทบด้วยกันซึ่งจะกล่าวในหัวข้อ สำหรับวิธีการ EDIP/UMIP มีขั้นตอนการประเมินดังนี้

- การจำแนกประเภท (Classification)
- การกำหนดบทบาท (Characterization)
- การหาขนาดผลกระทบ (Normalization)
- การให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Weighting)

1) การจำแนกประเภท (Classification) เป็นขั้นตอนการจำแนกข้อมูลเข้าและข้อมูลออกไปยังผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ เช่น คาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) ถูกจัดอยู่ในผลกระทบประเภทการทำให้โลกร้อนขึ้น ในบางสารสามารถเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบหรือถูกจัดว่าเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบมากกว่า 1 ประเภท การจัดการเกี่ยวกับปัญหานี้สามารถทำได้โดย กรณีแรก เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถเป็นปัจจัยให้เกิดผลกระทบทั้งสุขภาพมนุษย์และภาวะความเป็นกรด (แต่ไม่ได้เกิดผลกระทบในเวลาเดียวกัน) ดังแสดงตัวอย่างดังภาพ 12



ภาพ 13 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ

2) การกำหนดบทบาท (characterization) เป็นการแปลงข้อมูลที่ถูกจำแนกประเภทจากขั้นตอนที่ 1 ว่าสารแต่ละชนิดก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านใด ให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าว เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิด

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่ต่างกัน จึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐานหรือที่เรียกว่าค่าเทียบเท่าของสารที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Equivalent of Characterization: EF) โดยสามารถหาได้จากสมการ (1)

$$EP_j = \Sigma(Q_i \times EF_{ij}) \quad (1)$$

EP_j = (Environmental impact potential) คือค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ (kg substance equivalent)

Q_i = (Quantity of substance) คือปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

EF_{ij} = (Equivalency factor) คือค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/ kg substance j)

3) การหาขนาดของผลกระทบ (normalization) เป็นขั้นตอนในการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการกับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับโลก ระดับทวีป ระดับประเทศ หรือระดับภูมิภาค ที่ต้องการอ้างอิง เพื่อให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์หรือบริการที่กำลังศึกษา ส่งผลกระทบในระดับโลก ระดับทวีป ระดับประเทศ หรือระดับภูมิภาคเท่าใด โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$NP_{j(product)} = EP_j / (T \times ER_j) \quad (2)$$

$NP_{j(product)}$ = (Normalized environment impact potential) ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์ (Person)

T = (Lifetime of product) คืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j = (Normalization reference) คือค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

4) การให้น้ำหนักผลกระทบ (Weighting) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไป ขึ้นกับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor: WF) ว่าเป็นเท่าใด ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ (3)

$$WP_j = WF_j \times NP_j \quad (3)$$

WP_j = (Weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม jใด ๆ หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for target year: Pt.)

WF_j = (Weighting factor) คือค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

สำหรับในโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นได้ใช้ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของทวีปยุโรปค่าที่ได้หลังจากขั้นตอนการให้น้ำหนัก เรียกว่า คะแนนเชิงเดี่ยว (Single score) มีหน่วยวัดเป็น Pt. หรือ Person for target year หน่วยเดียวกับค่า NP_j ซึ่งหน่วย Pt. เกิดจากกระบวนการหาขนาดของผลกระทบที่ต้องการจะรวม ค่าในกลุ่มผลกระทบที่มีหน่วยต่างกัน เช่น ภาวะโลกร้อนมีหน่วย kg CO_2 ภาวะการลดลงของชั้นบรรยากาศมีหน่วย kg CFC11 โดยการหาด้วยค่ากลาง ดังนั้นค่า Pt. จะเป็นการแสดงจำนวนเท่าของค่ากลาง จะสามารถรู้ว่าค่านั้นมีค่ามากหรือน้อยจะต้องทำการเปรียบเทียบกับค่ากลาง หรือใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า Pt ด้วยกัน

การแปลผลเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Interpretation)

การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของ LCA คือ การนำเอาข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมหรือ LCI แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมา สรุป รวบรวม ตีความหมาย และแปลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าในช่วงใดของวัฏจักรชีวิตที่เกิดผลกระทบมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบนั้นเป็นเท่าใด และสามารถทำให้ทราบถึงที่มาของผลกระทบนั้นเพื่อที่จะนำไปสู่ ผลสรุป และข้อเสนอแนะ ต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการแปลความหมายของผลกระทบนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวัง และอยู่ภายใต้ของเป้าหมาย วัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนแรกด้วยวัตถุประสงค์ของการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นก็เพื่อจำแนกแนวทางและหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการลดผลกระทบ

ที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงประเด็นหรือสามารถนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สามารถทดแทนกันได้ โดยอาศัยมุมมองทางสิ่งแวดล้อมในการตัดสินใจต่อไปสำหรับขั้นตอนการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้น ประกอบด้วยขั้นตอนหลักสามขั้นตอนได้แก่

- การจำแนกทางเลือกในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ โดยทั่วไปจะพิจารณาเลือกช่วงในวัฏจักรชีวิตที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็กระบวนการหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุ เพื่อจะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้ผลกระทบลดลงต่อไป
- การวิเคราะห์เพื่อประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมประกอบกันโดยมองถึงความเป็นไปได้ถึงแนวทางทั้งหมดที่จะนำมาปรับปรุง โดยสอดคล้อง กันกับกระบวนการ ทั้งในด้านเทคนิคและต้นทุนประกอบกันเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด
- การประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม โดยทำการคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดโดยเรียงลำดับจากวิธีที่เป็นไปได้มากที่สุดจากมากไปหาน้อยในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบกับความเหมาะสมของเทคนิคและต้นทุนในทางเลือกนั้นๆ โดยจัดทำเป็นบทสรุปข้อเสนอแนะ และรายงาน

ผลที่ได้ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบต่อไปหลังจากที่วิเคราะห์ Life Cycle Assessment เสร็จเรียบร้อย ทำให้ทราบแล้วว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใดด้านในมากที่สุดและเกิดจากกระบวนการใด ผลจากการวิเคราะห์ LCA สามารถนำไปสู่วิธีที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขและปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือบริการให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้สามารถการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือบริการใหม่ที่ไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด นอกจากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงคือราคาต้นทุนต่อหน่วยการผลิต

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost: LCC)

การประเมินต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตหรืออายุการใช้งานของระบบที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา รวมถึงค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปล่อยสารพิษหรือมลพิษของกระบวนการต่างๆในระบบ ตลอดช่วงชีวิตของระบบนั้น เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้าก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากมาย ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน การเกิดภาวะฝนกรด เป็นต้น ในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตจะรวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย

การกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ (Cost profile development) และการประเมินต้นทุน (Evaluation)

เป็นวิธีการที่ผสมผสานกันระหว่างความรู้เชิงเศรษฐศาสตร์และความรู้เชิงวิศวกรรม โดยจะพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของระบบหนึ่งๆอันได้แก่ เงินลงทุนในการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ (Capital Cost) ค่าแรงในการติดตั้งระบบ (Labor and Installation Costs) ค่าบำรุงรักษาระบบ (Maintenance Costs) ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ (Running Costs) และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบ (Replacement Costs) การประเมินค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสามารถเขียนอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการ (4) ดังนี้

$$LCC = CC + CO + CM - S \quad (4)$$

เมื่อ CC = ต้นทุนคงที่ (บาท)

CO = ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)

CM = ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเงินลงทุนระบบ (C)

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเริ่มต้นโครงการ ดังนั้น หากต้องการทราบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดต่อปี จะสามารถคำนวณได้ ดังสมการ (5)

$$C = P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] \quad (5)$$

เมื่อ P = จำนวนเงินปัจจุบัน หรือ มูลค่า เริ่มต้น (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ย (%) ต่อปี

n = อายุการใช้งานของระบบ (ปี)

2. เมื่อปรับมูลค่าของเงินในแต่ละปี ให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน สามารถคำนวณได้โดย ดังสมาการ (6)

$$PW = F_n \times \frac{(1+e)^n}{(1+i)^n} \qquad (6)$$

เมื่อ F_n = จำนวนเงินอนาคต หรือ มูลค่าสุดท้าย (บาท)

e = escalation rate (อัตราส่วนลด) ของค่าใช้จ่ายนั้น ๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ได้ทำการศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือน พบว่า การกระจายความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ของประเทศไทยได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 – 25 MJ m-2 day-1 เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี 28 พบว่า บริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 – 20 MJ m-2 day-1 พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่า 16 MJ m-2 day-1 จากการคำนวณรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ พบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2 MJ m-2 day-1 จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

เศรษฐ์ สัมภัตตะกูล ได้ศึกษาการสมดุลพลังงาน ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ จ.แม่ฮ่องสอน สามารถผลิตกระไฟฟ้าได้ปีละ 654,577 kWh/ปี โดยปริมาณไฟฟ้าที่ในกระบวนการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 16,995.6 kWh/ปี และไฟฟ้าที่ใช้ผลิตแบตเตอรี่ 19,304.64 kWh/ปี และปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการที่จะผลิตกระแสไฟฟ้า 109,500 kWh/ปี ซึ่งในการสมดุลพลังงาน กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถแสดงให้เห็นว่า ในการที่จะผลิตกระแสไฟฟ้ามาได้ 1 kWh จะต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเท่าไร และปล่อยก๊าซต่างๆ ออกมาเท่าไร และจากตารางจะสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้มากที่สุดในการผลิตกระแสไฟฟ้า คือ ก๊าซธรรมชาติ รองลงมาคือ ถ่านหิน และปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกมาสูงสุดในกระบวนการผลิตไฟฟ้า คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Vasilis M. Fthenakis and Hyung Chul Kim ได้ศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) กลายเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นทั้งในด้านการผลิต และประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของระบบดีขึ้น รายละเอียดที่ทำการวิเคราะห์ วัสดุ และพลังงานในวงจรชีวิต ที่มีความเข้มข้นสูงของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และขึ้นอยู่กับการวัดการแสดงเขตข้อมูล เพื่อประเมินระยะเวลาคืนทุน (EPT) และวงจรชีวิตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการใช้ที่ดินและน้ำ ถึงแม้การใช้ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีความเข้มข้นสูง ต้องมีการบำรุงรักษามากกว่า แต่วงจรชีวิตทางภาระด้านสิ่งแวดล้อมจะต 'ากว่าระบบ Flat-plate C-Si การดำเนินงานในภูมิภาคที่ high-concentration PV systems และระยะเวลาคืนทุน โดยประมาณ Amonix 7700 ของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในการด าเนินงานที่ Phoenix, AZ, เพียง 0.9 ปี และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยประมาณเป็น 27 gCO2-eq./kWhกว่า 30 ปี หรือ approxQ2 imately 16 gCO2-eq./kWh กว่า 50 ปี

Muanjit Chamsilpa and Tanongkiat Kiatsiriroat. ได้ทำการศึกษาการออกแบบสำรวจผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งหมดในวัฏจักรชีวิต ทำการศึกษาของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ความจุ 500 kWp จะทำการศึกษาประเมินผล 2 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ คริสตัลไลน์ (m - Si) ของเซลล์แสงอาทิตย์ และแบบฟิล์มบาง (amorphous silicon : a-Si) ศึกษา 3 สถานะ คือ ส่วนของการผลิต, การขนส่งจากโรงงานที่ผลิตของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และกระบวนการดำเนินการผลิตไฟฟ้า ผลลัพธ์ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้า จากชีวมวล ซึ่งประกอบด้วย ถ่านหิน, เชื้อเพลิง, น้ำมันดีเซลล์, และก๊าซธรรมชาติ ทั้งหมดโดยใช้ NETS (Numerical Environmental Total Standard) หรือ LCA - NETS มาวิเคราะห์

A. Nishimura, Y. Hayashi, K. Tanaka,etc. ได้ศึกษาภาระทางด้านสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) โดยประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) กรณีศึกษาในโตโยฮาชิ (Toyohashi) ของญี่ปุ่น และโกบี (Gobi) ในประเทศจีน ได้ศึกษาตำแหน่งการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีภาระทางด้านสิ่งแวดล้อม และระยะเวลาคืนทุน (EPT) จากพลังงานที่มีความเข้มข้นสูง ของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์รุ่น hcpV และ Multi - Crystalline Silicon กรผลิตไฟฟ้าของระบบ Mc-Si PV มีการศึกษาเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่ขนาด 100 MW ผลกระทบโดยรวมของรุ่น hcpV ที่ติดตั้งในโตโยฮาชิ (Toyohashi) มีขนาดใหญ่กว่ารุ่น hcpV ที่ติดตั้งอยู่ในทะเลทรายโกบี (Gobi) 5% แต่ไม่พิจารณาขั้นตอนการรีไซเคิล จากระยะเวลาคืนทุน (EPT) ของรุ่น hcpV ที่สันนิษฐานการติดตั้งในทะเลทรายโกบี (Gobi) สั้นกว่าระยะเวลาคืนทุน ของรุ่น hcpV ที่สันนิษฐานการติดตั้งในโตโยฮาชิ (Toyohashi) อยู่ 0.64 ปี นอกจากนั้นยังมีหนังสือรับรองการเปรียบเทียบระหว่าง รุ่น hcpV กับ Mc-Si PV โดยมีอัตราส่วนของผลกระทบทั้งหมดของ Mc-Si PV กับรุ่น hcpV อยู่ 0.34 โดย

ไม่พิจารณาขั้นตอนการรีไซเคิล จากระยะเวลาคืนทุน (EPT) ของรุ่น hcpV จะยาวนานกว่า ระยะเวลาคืนทุน (EPT) ของ Mc - Si PV อยู่ 0.27 ปี และปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ของโลกที่เอื้อต่อปริมาณพลังงานของรุ่น Mc - Si PV ที่มีขนาดใหญ่ จากรังสีแสงอาทิตย์โดยตรงที่เอื้อต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากรุ่น hcpV ประมาณ 188 kWh ในทะเลทรายโกบี (Gobi) ดังนั้นการใช้รุ่น Mc - Si PV ในทะเลทรายโกบีเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด

Gastli ได้ทำการประเมินศักยภาพพื้นที่เพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศโอมานและได้ทำการประมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าต่อปี ของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ชั้นข้อมูลของฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์มาซ้อนกับแผนที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และใช้เทคนิคทางสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้าช่วยในการคำนวณทำให้ทราบถึงศักยภาพของพื้นที่ที่มีการใช้งานได้อย่างเหมาะสมโดยมีการวิเคราะห์เงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

Janke วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้คือกำหนดพื้นที่ครอบคลุมที่มีศักยภาพอย่างสูงของพลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ และระบุพื้นที่ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการทำฟาร์มพลังงานลม (Wind Farm) และฟาร์มพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Farm) โดยใช้เทคนิค Multi-Criteria และ Geographic Information System โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือความเร็วลมที่ระดับความสูง 50 เมตรจากพื้นดิน และข้อมูลความเข้มของแสงรายปี, พื้นที่ที่ครอบคลุม, ความหนาแน่นของประชากร, ที่ดินของภาครัฐ, ระยะทางจากถนน, สายส่งไฟฟ้า และเมืองที่จัดแบ่งตามความเหมาะสม

ปิยะ รนต์ละออง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบรางพาราโบลา ระบบการตัดสินใจนี้เป็นการรวมเครื่องมือหลายเครื่องมือ คือ กระบวนลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process :FAHP) ที่ช่วยนำเอาน้ำหนักความสำคัญที่เชื่อถือได้ของปัจจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อเป็นการกำหนดความสำคัญตามมุมมองของผู้ตัดสินใจ โดยปัจจัยเชิงปริมาณ คือ ราคาที่ดิน ความเข้มของแสงอาทิตย์ ปริมาณแหล่งน้ำ ปริมาณพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ และระยะทางสายส่งไฟฟ้าส่วนปัจจัยเชิงคุณภาพกำหนดโดยใช้การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) ร่วมกับวิธีการเส้นกรอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis : DEA) เพื่อกำหนดความเสี่ยงในการตัดสินใจแล้วใช้โปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง (Zero-One Goal Programming : ZOGP) ที่นำเอาน้ำหนักความสำคัญจาก FAHP มาร่วมในการคำนวณหาสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม ภายใต้เงื่อนไขของผู้ตัดสินใจ โดยผลลัพธ์จากระบบช่วยในการตัดสินใจได้แสดงว่าพื้นที่อำเภอซับใหญ่มีความเหมาะสมสำหรับเป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าเบี่ยงเบนโดยรวมเท่ากับ 26.38 การนำไปใช้งานของงานวิจัยนี้คือ แนวทางการตัดสินใจใหม่ที่มีความยืดหยุ่นเหมาะกับองค์กรของหน่วยงานราชการและเอกชน ในการเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าตามความต้องการทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการทำเกษตรกรรม เพื่อนำมาสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้ ดังภาพ 13

ภาพ 14 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

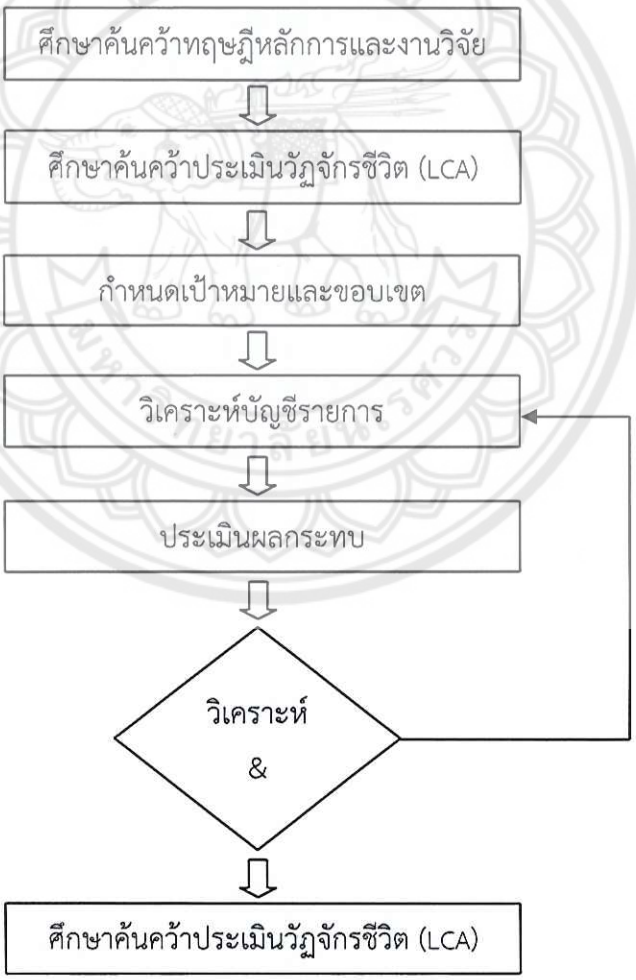
การประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน สภาพดิน ของพื้นที่เป้าหมาย

2. ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านระบบการนำเสนอโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ ตลอดจนการศึกษาความเป็นไปได้ในการตัดสินใจติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่เป้าหมาย

การประเมินวัฏจักรชีวิต

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) และมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังภาพ 14

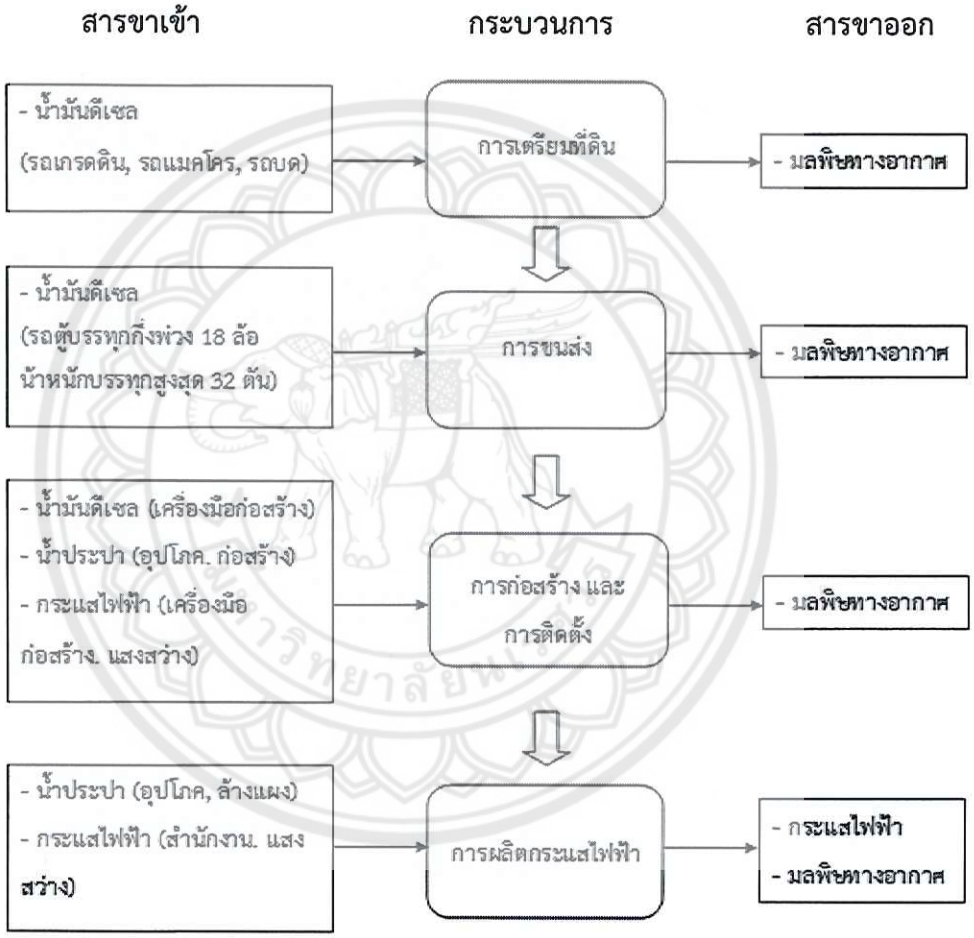


ภาพ 15 ขั้นตอนการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยจะดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนของ LCA ของ ISO 14040 ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้า พร้อมกำหนดขอบเขตการวิจัย

2. ตรวจวัดสารเข้าและสารออก เพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการซึ่งจะวัดปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก ดังภาพ 15



ภาพ 16 **แสดงสารขาเข้าและสารขาออกของขั้นตอนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์**

1704290
สำนักหอสมุด
25
ว.ป
812.5
ป6165
2558

3. จัดทำบัญชีรายการ เพื่อนำมาประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่

เป็นการปรับสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับการวางโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ขั้นตอนการปรับระดับพื้นผิว การขุดดิน การขนดิน การบดอัด และปรับระดับพื้นผิวอีกครั้ง โดยใช้รถเกรดดิน รถแมคโคร รถบด ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ดังตาราง 1

ตาราง 1 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอน**การเตรียมพื้นที่**

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล
น้ำมันดีเซล (การผลิต)	kg	1,717	0.3282	Thai national database
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	2,020	2.7446	IPCCVol.2table3.2.1, 3.2.2,PTT

3.2 ขั้นตอนการขนส่ง

เป็นการขนส่งอุปกรณ์หลักของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ หม้อแปลง โดยใช้รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงดังตาราง 2

ตาราง 2 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอน**การขนส่งอุปกรณ์**

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	km	2,610	0.8163	Thai national database

ตาราง 2 (ต่อ)

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	tkm	33,930	0.0799	Thai national database
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	km	290	0.8163	Thai national database
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	tkm	4,321	0.0799	Thai national database

3.3 ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้งระบบ

การก่อสร้างโครงการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 40 วัน จำนวนคนงาน ประมาณ 100 คนต่อวัน จะเป็นการก่อสร้างอาคารสำนักงาน สถานีย่อย โครงสร้างฐานราก พร้อมทั้งติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์หลัก ซึ่งใช้ไฟฟ้า น้ำประปา น้ำมันดีเซล เป็นทรัพยากรสำหรับอุปกรณ์และเครื่องจักรในการดำเนินงานดังตาราง 3

ตาราง 3 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการก่อสร้างและการติดตั้งระบบ

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	7,200	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)

ตาราง 3 (ต่อ)

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	7,200	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	1,400	0.7043	Thai national database
น้ำมันดีเซล (การผลิต)	kg	3,400	0.3282	Thai national database
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	4,000	2.7446	IPCCVol.2table3.2.1, 3.2.2,PTT

3.4 ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

เป็นขั้นตอนเดินระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ในสำนักงาน และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สถานีย่อย ส่วนน้ำประปาไว้สำหรับอุปโภคและล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังตาราง 4

ตาราง 4 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ต่อวัน

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	45	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	3.65	0.7043	Thai national database

4. การวิเคราะห์บัญชีรายการ
5. แปรผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์
6. สรุปผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost: LCC) โดยจะพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของระบบหนึ่งๆอันได้แก่ เงินลงทุนในการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ (Capital Cost) ค่าแรงในการติดตั้งระบบ (Labor and Installation Costs) ค่าบำรุงรักษาระบบ (Maintenance Costs) ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ (Running Costs) และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบ (Replacement Costs) การประเมินค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสามารถเขียนอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการดังนี้

$$LCC = CC + CO + CM + CF - S$$

เมื่อ CC = ต้นทุนคงที่ (บาท)

CO = ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)

CM = ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)

CF = ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

ต้นทุนต่อหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี สามารถเขียนอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการดังนี้

$$\text{ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า} = \frac{\text{ต้นทุนรวม}}{\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต}}$$

ต้นทุนรวม คือ ค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ (บาท)

ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ (kWh)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินจากเดิมใช้สำหรับการเกษตรกรรม เพื่อเปลี่ยนมาสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยศึกษาลักษณะภูมิศาสตร์ซึ่งใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS: Geographic Information System) ศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ มีผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

ผลการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS: Geographic Information System)

1. ตำแหน่งพื้นที่สำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาพื้นที่สำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เดิมเป็นพื้นที่สำหรับปลูกข้าว ตั้งอยู่ในเขตตำบลซับสมอทอด อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ตั้งอยู่พิกัดโดยประมาณ 15° 83' 32.23" N และ 100° 98' 83.29" E มีพื้นที่ประมาณ 15 ไร่ ไม่มีน้ำบาดาลและน้ำชลประทาน อาศัยน้ำฝนในการปลูกข้าวเท่านั้น แสดงดังภาพ 16

ภาพ 17 ลักษณะภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่เป้าหมาย ต.ซับสมอทอด อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์

พื้นที่เป้าหมายใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับปลูกข้าว เป็นพื้นที่ดินถนนทางหลวงหมายเลข 225 ดังภาพ 17

ภาพ 18 **พื้นที่เป้าหมายจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยโปรแกรม Google earth**

2. ลักษณะดิน

ลักษณะของดินดังภาพ 18 ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ดินเหนียวปน**ทรายแป้ง หรือดินเหนียว สี**น้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปาน**กลาง** (pH 7.0-8.0)

ภาพ 19 **ลักษณะดินของพื้นที่เป้าหมาย**

ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาล มีจุดประสีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 5.0-5.5) ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาล สีแดง และสีเทา ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) มักพบก้อนปูนทุติยภูมิปะปนกับเศษหินผุในชั้นลึกๆ และมีคุณสมบัติของดินดังตาราง 5

ตาราง 5 **คุณสมบัติของดิน**

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
25-50	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
50-100	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง

จากตาราง 5 พบว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลางและมีธาตุอาหารบางชนิดต่ำ ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับปลูกข้าวจึงมีข้อจำกัดเนื่องจากลักษณะของดินเป็นดินเหนียวจัด เป็นดินแน่นทึบ ไถพรวนลำบาก และเมื่อดินแห้งดินจะแตกระแหงอาจทำให้รากพืชเสียหายได้ แต่ข้อดีของดินเหนียวสามารถกับเก็บน้ำได้ดีกว่าดินชนิดอื่นๆ ดังนั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับปลูกข้าวควรมีการปรับปรุงดินให้ร่วนซุยโดยใช้อินทรียวัตถุและใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิต

3. ปริมาณน้ำฝน

น้ำมีความสำคัญต่อการปลูกข้าวเป็นอย่างมาก เพราะข้าวเป็นพืชที่ต้องการน้ำในปริมาณมาก ถ้ามีปริมาณน้ำไม่เพียงพอย่อมส่งผลกระทบต่อผลผลิตอย่างแน่นอน ข้าวต้องการน้ำตั้งแต่เตรียมดินถึงก่อนการเก็บเกี่ยวประมาณ 1,400- 1,600 มิลลิเมตร พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 900 มิลลิเมตร และมีการกระจายของฝนไม่ดีจะไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว และเนื่องจากสภาพภูมิประเทศของจังหวัดเพชรบูรณ์ล้อมด้วยภูเขา ทำให้สภาพภูมิอากาศแตกต่างกันมากในแต่ละฤดูกาล คือ อากาศจะร้อนมากในฤดูร้อน ราวเดือนเมษายน-พฤษภาคม หนาวจัดในฤดูหนาว ราวเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ในฤดูฝนมีฝนตกชุก ราวเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม และในฤดูแล้งน้ำจะขาดแคลนไม่เพียงพอกับการเกษตรกรรม ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำฝนที่ตกในรอบปีย้อนหลัง 5 ปี (2553-2557) ดังตาราง 6

ตาราง 6 ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งปีของจังหวัดเพชรบูรณ์ระหว่าง พ.ศ.2553 – 2557

รายการ	2553	2554	2555	2556	2557
ฝนรวม (มิลลิเมตร)	1,186.7	1,602.1	1,009.2	1,381.4	1,139.1
จำนวนวันฝนตก (วัน)	122	132	106	120	102
ฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)	78.3	90.3	111.9	105.4	64.8

จากตาราง 6 พบว่าปริมาณน้ำฝนตลอดปีมีปริมาณมากกว่า 900 มิลลิเมตร ซึ่งเพียงต่อการปลูกข้าว เกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้ปีละหนึ่งครั้งเท่านั้น เพราะไม่มีน้ำบาดาล อ่างเก็บน้ำและน้ำชลประทาน ซึ่งในฤดูฝนเกษตรกรก็มีความเสี่ยงเกี่ยวกับจำนวนวันและปริมาณฝนที่ตกอาจมีปริมาณมากหรือน้อย อาจไม่พอเหมาะกับช่วงเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว ซึ่งอาจทำให้ต้นข้าวได้รับความเสียหาย ทำให้ผลผลิตตกต่ำได้

4. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อระบบการทำงานของต้นข้าว ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ดังตาราง 7

ตาราง 7 อุณหภูมิของจังหวัดเพชรบูรณ์ระหว่างพ.ศ.2553 – 2557

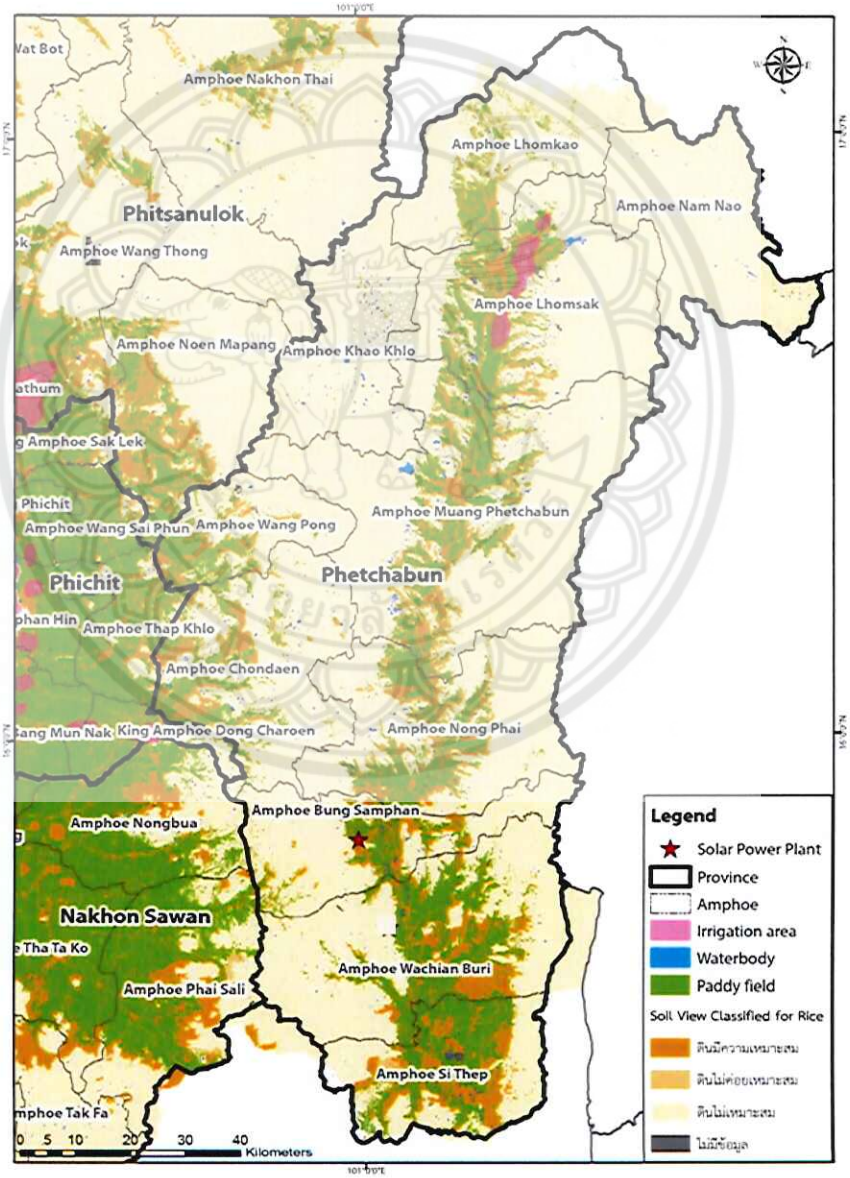
รายการ	2553	2554	2555	2556	2557
อุณหภูมิสูงสุด	42.6	38.6	40.2	41.3	41
อุณหภูมิต่ำสุด	14.5	14.1	16.1	0	8

จากตาราง 7 พบว่ามีอุณหภูมิสูงอยู่ระดับ 40°C และอุณหภูมิต่ำอยู่ระดับ 20 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบต่อของต้นข้าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่มีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าว มีเพียงฤดูฝนเพียงฤดูเดียวเท่านั้นที่หมาะสม ดังนั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับปลูกข้าวมีเพียง 3-4 เดือนของฤดูฝนเท่านั้น

5. แหล่งน้ำและการใช้น้ำ

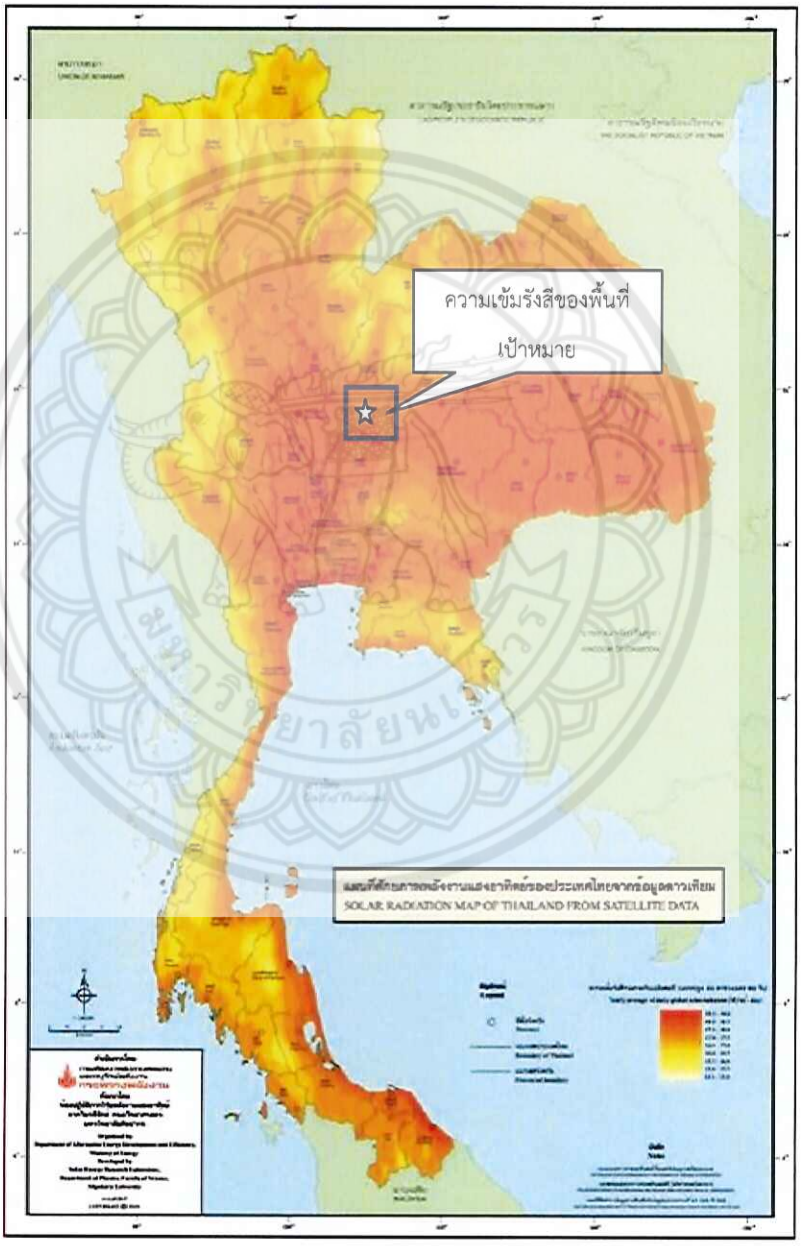
พื้นที่เพาะปลูกข้าวนี้ไม่มีน้ำใต้ดินและไม่ได้อยู่ในเขตชลประทาน จึงสามารถปลูกข้าวได้เพียงฤดูฝนเท่านั้น ส่วนช่วงเดือนอื่นๆ ก็ไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากปัจจัยต่างๆที่กล่าวมา ทางผู้วิจัยจึงนำเสนอข้อมูลสถิติเชิงพื้นที่ (Spatial Statistics) ในลักษณะของแผนที่ (Thematic Maps) โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS: Geographic Information System) ซึ่งแสดงให้เห็นภาพพื้นที่ปลูกข้าว ความเหมาะสมของดิน แหล่งน้ำ แสดงดังภาพ 19



ภาพ 20 ลักษณะการใช้พื้นที่สำหรับปลูกข้าวโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากภาพ 19 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เป้าหมายเป็นพื้นที่ปลูกข้าว ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติ ไม่มีอ่างเก็บน้ำ ไม่ได้อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทาน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ซึ่งสามารถบอกได้ว่าเกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้แค่ช่วงฤดูฝนเท่านั้น ดังนั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงยังไม่มีความคุ้มค่า แต่เมื่อเราพิจารณาที่จะนำพื้นที่เป้าหมายไปสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ต้องพิจารณาเพิ่มเติมกับแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใดดังภาพ 20



ภาพ 21 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

จากภาพ 20 พบว่าจังหวัดเพชรบูรณ์มีค่าความเข้มรังสีประมาณ 17.6 $MJ/m^2.day$ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง แสดงว่าพื้นที่เป้าหมายมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นถ้าผู้วิจัยเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการปลูกข้าวมาเป็นการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ย่อมมีความคุ้มค่าในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสามารถประเมินวัฏจักรชีวิตและประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตดังนี้

ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

เพื่อประเมินผลกระทบจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกกะวัตต์ อายุโครงการ 25 ปี ว่าขั้นตอนใดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากที่สุดมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ การขนส่งอุปกรณ์ การก่อสร้างและการติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่

เป็นการปรับสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับการวางโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ขั้นตอนการปรับระดับพื้นผิว การขุดดิน การขนดิน การบดอัด และปรับระดับพื้นผิวอีกครั้ง โดยใช้รถเกรดดิน รถแมคโคร รถบด ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ดังตาราง 8

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงกระบวนการเตรียมพื้นที่

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณการปล่อย CO_2
น้ำมันดีเซล (การผลิต)	kg	1,717	0.3282	Thai national database	563.519
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	2,020	2.7446	IPCCVol.2table3.2.1, 3.2.2,PTT	5,544.092
				รวม	**6,107.611**

2. ขั้นตอนการขนส่ง

เป็นการขนส่งอุปกรณ์หลักของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ หม้อแปลง โดยใช้รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งอุปกรณ์

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณการปล่อย CO_2
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	km	2,610	0.8163	Thai national database	2,130.543
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	tkm	33,930	0.0799	Thai national database	2,711.007
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	km	290	0.8163	Thai national database	263.727
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	tkm	4,321	0.0799	Thai national database	345.248
				รวม	**8,101.908**

3. ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้งระบบ

การก่อสร้างโครงการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 40 วัน จำนวนคนงาน ประมาณ 100 คนต่อวัน จะเป็นการก่อสร้างอาคารสำนักงาน สถานีย่อย โครงสร้างฐานราก พร้อมทั้งติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์หลัก ซึ่งใช้ไฟฟ้า น้ำประปา น้ำมันดีเซล เป็นทรัพยากรสำหรับอุปกรณ์และเครื่องจักรในการดำเนินงานดังตาราง 10

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการก่อสร้างและการติดตั้งระบบ

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณการปล่อย CO_2
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	7,200	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)	4,185.360
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	1,400	0.7043	Thai national database	986.020
น้ำมันดีเซล (การผลิต)	kg	3,400	0.3282	Thai national database	1,115.880
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	4,000	2.7446	IPCCVol.2table3.2.1, 3.2.2,PTT	10,978.400
				รวม	**17,265.660**

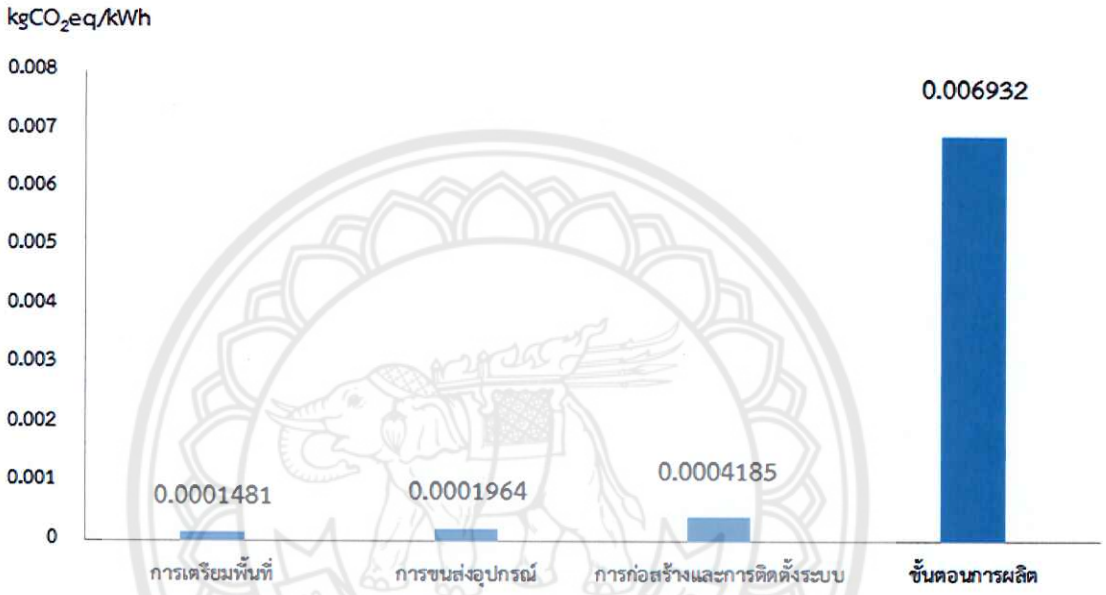
4. ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

เป็นขั้นตอนเดินระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ในสำนักงาน และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สถานีย่อย ส่วนน้ำประปาไว้สำหรับอุปโภคและล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ต่อวัน

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณการปล่อย CO_2
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	45	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)	26.158
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	3.65	0.7043	Thai national database	5.182
				รวม	31.340

ผลการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด1 เมกะวัตต์ ตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ การขนส่งอุปกรณ์ การก่อสร้างและการติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0001481 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0001964 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0004185 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.006932 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ แสดงกราฟดังภาพ 21



ภาพ 22 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละขั้นตอนของโรงไฟฟ้าเซลล์แสง**อาทิตย์ 1 เมกะวัตต์**

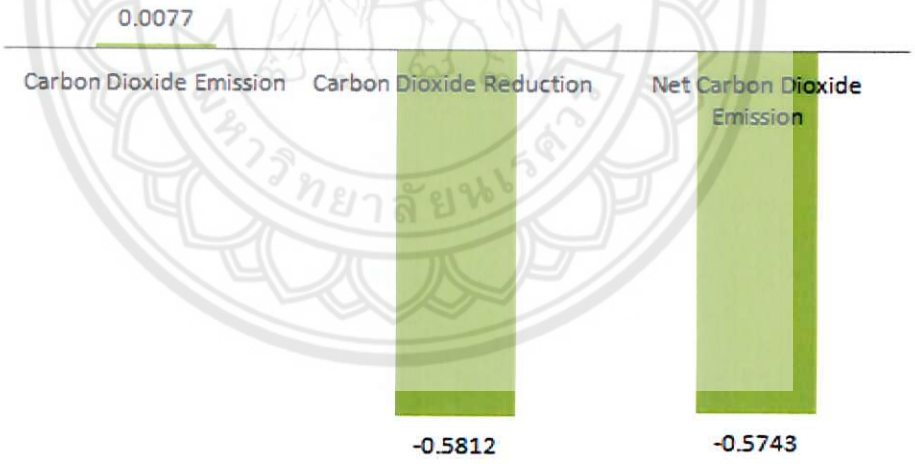
จากภาพ 21 พบว่าในกระบวนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนเตรียมพื้นที่ การขนส่ง การก่อสร้างและติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าตลอด 25 ปี รวม 317,452.679 $kgCO_2eq$ ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดเท่ากับ 0.0001481 $kgCO_2eq/kWh$ เนื่องจากมีการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวและมีระยะทำงานเพียง 5 วันเท่านั้น และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเท่ากับ 0.006932 $kgCO_2eq/kWh$ เหตุผลที่ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและน้ำประปาสำหรับล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุปโภคบริโภคของพนักงาน แต่ยังน้อยกว่าโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพขนาด 1 เมกะวัตต์ และโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ขนาด 10 กิโลวัตต์ เท่ากับ 0.1686 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.3214 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ **[10]** ในส่วนผลกระทบทางด้านเศรษฐ์ศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า มี

ระยะเวลาคืนทุนพลังงาน (Energy Payback Time) เท่ากับ 0.024 ปี ระยะเวลาคืนทุนคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Payback Time) เท่ากับ 0.045 ซึ่งพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากและเป็นเทคโนโลยีสะอาดสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รวม 317,452.679 $kgCO_2eq$หรือ 0.0077 $kgCO_2eq/kWh$

จากทางองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) แสดงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าประจำปี 2553 [32] โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ได้ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าเท่ากับ 0.5812 $kgCO_2eq/kWh$ ดังภาพ 22



ภาพ 22 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

จากภาพ 22 พบว่าเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ -0.5743 $kgCO_2eq/kWh$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีสะอาด เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี เท่ากับ 169,791,000 บาท โดยแบ่งออกเป็นต้นทุนคงที่ (C_c) 63,558,000 บาท ต้นทุนในการดำเนินการและซ่อมบำรุงรักษา (C_{OM}) 108,658,000 บาท และมูลค่าซาก (S) 2,425,000 บาท แสดงรายละเอียดดังตาราง 12

ตาราง 12 รายละเอียดของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์

รายการ	หน่วย	ปริมาณ
ระบบทำงานต่อปี	วัน	330
อายุโครงการ	ปี	20
กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า	MW	1.0
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี	ล้านหน่วย	1.65
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อ 25 ปี	ล้านหน่วย	41.25
อัตราดอกเบี้ย MLR (ธนาคารกรุงไทย 5 มิถุนายน 2558)	%	6.525
อัตราส่วนลด escalation rate (ธนาคารแห่งประเทศไทย 5 มิถุนายน 2558)	%	2.5
พื้นที่โครงการ	ไร่	15

ตาราง 13 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี

รายการ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน (บาท)
ต้นทุนคงที่ (C_c)			
	- แผงโซล่าเซลล์	30,500,000	
	- ชุดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและจอมอนิเตอร์	5,002,000	
	- ชุดตู้รวมสายไฟฟ้าและสายไฟ	4,849,500	
	- ตู้ควบคุมกระแสไฟฟ้า	579,500	

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน (บาท)
	- หม้อแปลงไฟฟ้า	1,952,000	
	- ชุดโครงสร้างแผง	3,965,000	
	- อาคารสำนักงาน	2,958,000	
	- ค่าควบคุมและบริหารโครงการ	13,752,000	
	รวม	63,558,000	**63,558,000**
ต้นทุนในการดำเนินการและซ่อมบำรุงรักษา (C_{OM})			
	- ค่าใช้จ่ายในส่วนการบริหารจัดการ	1,750,000	27,546,000
	- ค่าจ้างพนักงาน พนักงาน 5 คนๆละ 300 บาทต่อวัน	547,500	8,618,000
	-ประกันภัย	1,677,500	26,405,000
	- ค่าซ่อมบำรุง 5%ของต้นทุนเทคโนโลยี	2,9280,00	46,089,000
	รวม		108,658,000
มูลค่าซาก (S)	**10% ของเงินลงทุน**	6,355,800	2,425,000
	รวม		-2,425,000
รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้า			169,791,000

ต้นทุนต่อหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 4.12 บาท/kWh ดังตาราง 14

ตาราง 14 ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี

รายละเอียด	ปริมาณ
ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้า	169,791,000 บาท/25 ปี
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	41.25 ล้านหน่วย
ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า	= 169,791,000 บาท / 41,250,000 kWh
ดังนั้น ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	4.12 บาท/kWh

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุน รายได้ และการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างการปลูกข้าวและการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่ 15 ไร่ ดังตาราง 15

ตาราง 15 ต้นทุน รายได้ และการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างการปลูกข้าวและการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

รายการ	ต้นทุนต่อไร่	ต้นทุนตลอดโครงการ	ผลผลิตรวม	รายได้รวม	กำไร	ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
ปลูกข้าว	2,394 บาท	897,750 บาท	303,750 kg	4.6 ล้านบาท	3.7 ล้านบาท	2.27 $kgCO_2eq/kg$
โรงไฟฟ้า		169.8 ล้านบาท	41.25 ล้านหน่วย	330 ล้านบาท	160.2 ล้านบาท	-0.5743 $kgCO_2eq/kWh$

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้การใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงลักษณะภูมิศาสตร์เพื่อบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของพื้นที่และประเมินวัฏจักรชีวิตและวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต มีขอบเขตตั้งขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ การขนส่ง การก่อสร้างและติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า สามารถสรุปผลวิจัยได้ดังนี้

การประเมินการใช้การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ภาพแผนที่จากเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิเคราะห์ผลได้ว่าพื้นที่เป้าหมายเป็นดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ในพื้นที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำ ไม่มีแหล่งน้ำบาดาล ไม่ได้อยู่ในพื้นที่เขตชลประทาน อาศัยน้ำฝนในการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 1100 มิลลิเมตร จำนวนที่ฝนตกเฉลี่ยปีละ 110 วันที่เพียงพอต่อการปลูกข้าว แต่อย่างไรก็ตามก็พบอุปสรรคว่าปริมาณฝนที่ตกแต่ละครั้งยังมีปริมาณที่ไม่เหมาะสม อาจมีมากหรือน้อยกว่าความต้องของต้นข้าว ณ ช่วงเวลาการเจริญเติบโตนั้นๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่เกษตรกรจะได้รับ หลังสิ้นสุดฤดูการปลูกข้าว เกษตรกรก็ทิ้งที่ดินว่างเปล่า ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์แต่อย่างใด เนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำใช้สำหรับการเพาะปลูก และจากภาพแผนที่ก็พบว่าพื้นทีเป้าหมายมีค่าความเข้มรังสีประมาณ 17.6 $MW/m^2.day$ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง แสดงว่าพื้นที่เป้าหมายมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ได้

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับสร้างโรงไฟฟ้เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนการขนส่งอุปกรณ์ ขั้นตอนการก่อสร้างและการติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0001481 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0001964 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0004185 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.006932 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ ขั้นตอนการก่อสร้างมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากสุด เนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้า น้ำปะปา และน้ำมันเป็นจำนวนมาก และ

ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ายังมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณน้อย เนื่องจากการใช้น้ำปะปาสำหรับล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และใช้ไฟฟ้าในสำนักงานและปริเวณโดยรอบของโรงไฟฟ้า

ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกซ์สุทธิ

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รวม 317,452.679 $kgCO_2eq$ หรือ 0.0077 $kgCO_2eq/kWh$

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าประจำปี 2553 โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ค่าเท่ากับ 0.5812 $kgCO_2eq/kWh$ ดังนั้น คิดเป็นปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ -0.5743 $kgCO_2eq/kWh$ นั้นคือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และแสดงให้เห็นเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี รวมทั้งหมด 169,791,000 บาท ส่วนต้นทุนต่อหน่วยมีค่าเท่ากับ 4.12 บาท/kWh

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยนี้ ในการคำนวณค่าการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์หรือต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ ค่าที่ใช้ในการคำนวณเช่น จำนวนชั่วโมงและจำนวนวันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ ต้นทุนค่าอุปกรณ์และค่าแรงที่แตกต่างกัน ดังนั้นควรศึกษาข้อมูลโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ ขนาด เพื่อที่ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงมากที่สุด

ในงานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเฉพาะการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จึงควรมีการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในด้านอื่นๆ เพื่อเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแท้จริงและยั่งยืน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2557. สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2558. จาก http://www.dede.go.th/download/state_58/sit_57_58/Thailand%20Alternative%20Energy%20Situation%202014.pdf

วศิน ศุภพิสุทธิ์. (2554). **การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ในจังหวัดหนองคาย.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น

RENI – Renewables Insight is a brand by Solarpraxis AG and Sunbeam GmbH. PV Power Plants 2012 Industry Guide. Page. 21

ชนาภา วรรณศรี. (2551). **การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชั่นของไม้โตเร็ว.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ดรรชนี เอมพันธุ์. (2531). **หลักการใช้ที่ดินเบื้องต้น.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. (2525). **หลักการใช้ที่ดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

FAO. 1976. A Frame Work for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin. No. 32. Rome, Italy.88p.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2542. **แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูล ดาวเทียม สำหรับประเทศไทย.** บริษัท จิรังรัชต์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2548). **การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย เซลล์แสงอาทิตย์.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Vasilis M, Fthenakis and Hyung Chul Kim. (2011). **Life cycle assessment of high-concentration photovoltaic systems.** Center for Life Cycle Analysis, Columbia University, New York, NY, USA, pp.1.

Muanjit Chamsilpa and Tanongkiat Kiatsiriroat. (2010). **Life Cycle Assessment of Amorphous Silicon Solar Cell Power Plant Using Activity- Based Approach.** Vol.5, No.1, pp. 57.

A, Nishimura., Y, Hayashi., K, Tanaka., etc. (2009). Life cycle assessment and evaluation of energy payback time on high-concentration photovoltaic power generation system. **School of Mechanical Engineering**, The University of Adelaide, North Terrace, Adelaide, Australia, pp.2797.

Gastli, A. and Y. Charabi. 2010. Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** (14): 790- 797.

Janke, J.R. (2010). Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado. Renewable Energy. 35: 2228-2234.

นายปิยะ รนต์ละออง. (2556). **ระบบการตัดสินใจคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**. วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน). ค่าemission factor, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tgo.or.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2558.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน).ร่างแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 30 มีนาคม 2557, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tgo.or.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2558.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2558. จาก http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/index.htm

กรมอุตุนิยมวิทยา สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2558. จาก http://www.tmd.go.th/

แผนที่ สืบค้นเมื่อ มิถุนายน 2558. https://www.google.co.th/maps/@15.8332646, 100.9881497, 221m/data=!3m1!1e3?hl=en

ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html

อัจฉรา กลิ่นจันทร์. 2557. การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวอินทรีย์ในจังหวัดเพชรบูรณ์. สาขาการบัญชี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ วิจัยแห่งชาติ ประจำปี งบประมาณ 2557, หน้า 75

การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในนาข้าว สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 2558. จาก http://thaipublica.org/2014/09/organic-rice-research-and-greenhouse-gas-emissions/

ภาคผนวก

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
173.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.7821	Thai national database	Update_24Sep12
174.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0726	Thai national database	Update_24Sep12
175.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0515	Thai national database	Update_24Sep12
176.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0402	Thai national database	Update_24Sep12
177.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.8603	Thai national database	Update_24Sep12
178.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.0854	Thai national database	Update_24Sep12
179.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0624	Thai national database	Update_24Sep12
180.	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0499	Thai national database	Update_24Sep12
181.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4892	Thai national database	Update_24Sep12
182.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0835	Thai national database	Update_24Sep12
183.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0603	Thai national database	Update_24Sep12
184.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0472	Thai national database	Update_24Sep12
185.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.5412	Thai national database	Update_24Sep12
186.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.0939	Thai national database	Update_24Sep12
187.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0689	Thai national database	Update_24Sep12
188.	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0549	Thai national database	Update_24Sep12
189.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.6277	Thai national database	Update_24Sep12
190.	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดโม่ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0913	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
314.	Sodium sulphate	Sodium sulphate, from natural sources, at plant	kg	0.1454	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
315.	Sulphur dioxide, liquid	Sulphur dioxide, liquid, at plant	kg	0.5202	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
316.	Zinc oxide	Zinc oxide, at plant	kg	2.9066	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
317.	Soap (สบู่)	Soap, at plant	kg	1.6685	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
318.	Nitrogen	Nitrogen, liquid, at plant	kg	0.4970	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
319.	Oxygen	Oxygen, liquid, at plant	kg	0.4690	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
6. กลุ่มพลังงาน: เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงแข็ง						
320.	Liquefied Petroleum Gas, LPG Mixed (ก๊าซหุงต้ม mixed)	Liquefied Petroleum Gas (LPG) Mixed [LPG Thai]	kg	0.4122	Thai national database	Update_24Sep12
321.	Naphtha (แนฟทา)		kg	0.3451	Thai national database	Update_24Sep12
322.	Liquefied Petroleum Gas from Refinery (ก๊าซหุงต้มจากกระบวนการกลั่น)	Liquefied Petroleum Gas (LPG) from Refinery	kg	0.3874	Thai national database	Update_24Sep12
323.	Gasoline (แก๊สโซลีน)		kg	0.7069	Thai national database	Update_24Sep12
324.	Kerosene / Jet oil (น้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเครื่องบิน)	Jet oil/Kerosene	kg	0.3128	Thai national database	Update_24Sep12
325.	Fuel oil (น้ำมันเตา)		kg	0.3057	Thai national database	Update_24Sep12
326.	Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์)		kg	0.3282	Thai national database	Update_24Sep12
327.	Charcoal (ถ่านไม้)	Charcoal, at plant	kg	1.0054	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
328.	การผลิตถ่านหิน	Lignite coal, at surface mine	kg	0.1187	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
7. กลุ่มผลิตภัณฑ์จากก๊าซธรรมชาติ						
329.	Carbon dioxide (คาร์บอนไดออกไซด์)	Carbon dioxide from natural gas	kg	0.0855	Thai national database	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
12. กลุ่มไฟฟ้า						
394.	Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	Thai Electricity, grid mix 2009	kWh	0.6093	Thai national database	Update_24Sep12
18. กลุ่มน้ำประปาและน้ำอุตสาหกรรม (Tap water)						
557.	น้ำประปา-การประปานครหลวง	-	m3	0.5081	Thai national database	Update_09Oct13
558.	น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	-	m3	0.7043	Thai national database	Update_09Oct13
559.	น้ำประปา-การนิคมอุตสาหกรรม	-	m3	0.2722	Thai national database	Update_09Oct13
560.	น้ำอ่อนสำหรับหม้อไอน้ำ (softened water)	-	m3	3.0985	Thai national database	Update_09Oct13
561.	น้ำปราศจากไอออนที่ผลิตโดยเทคโนโลยี Reverse Osmosis	-	m3	1.3664	Thai national database	Update_09Oct13
562.	น้ำปราศจากไอออนที่ผลิตโดยเทคโนโลยี Ion Exchange	-	m3	1.8365	Thai national database	Update_09Oct13

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

EM-7-30

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 6.5 เมกะวัตต์

Carbon Dioxide Emission Assessment of 6.5 MW Photovoltaic Power Plant

นิพนธ์ เกตุจ้อย[1], ประพิธาริ์ ธนารักษ์[1,*], ธีรารัตน์ จีระมะกร[1] และ รัฐพร เงินมีศรี[1]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

*ผู้ติดต่อ: prapitat@nu.ac.th, โทร 0-5596-3182 โทรสาร 0-5596-3182

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ การขนส่ง การก่อสร้างและติดตั้งระบบและการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยศึกษาโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 6.5 เมกะวัตต์ ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ กระบวนการขนส่ง การก่อสร้างและติดตั้งระบบและการผลิตกระแสไฟฟ้า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 2.08 $kgCO_2eq/MWh$, 6.10 $kgCO_2eq/MWh$, 13.82 $kgCO_2eq/MWh$ และ 5.19 $kgCO_2eq/MWh$ ตามลำดับ และผลการศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนพลังงาน 0.02 ปี ระยะเวลาคืนทุนคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 ปี และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ เท่ากับ -154 ล้านกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (25 ปี)

คำหลัก: โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การประเมินวัฏจักรชีวิต

Abstract

The objective of this research was to estimate carbon dioxide emission from involved in different stages and to perform economic analysis over the life cycle of 6.5 MW Photovoltaic Power Plant. The results showed 2.08 $kgCO_2eq/MWh$, 6.10 $kgCO_2eq/MWh$, 13.82 $kgCO_2eq/MWh$ and 5.19 $kgCO_2eq/MWh$ carbon dioxide emission preparation, transportation, construction and installation and electricity generation respectively. The economic impact assessment of Photovoltaic Power Plant construction showed that Energy Payback Time is 0.02 year, CO_2 Payback Time is 0.03 year and Net CO_2 emission of – 154 million $kgCO_2eq$ (25 years).

Keywords: Photovoltaic Power Plant, Carbon dioxide emission, Life cycle assessment

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งก๊าซเรือนกระจกนี้ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่ทั่วโลกให้ความสนใจและเร่งหามาตรการเพื่อควบคุม โดยมาตรการกีดกันทางการค้าก็เป็นมาตรการหนึ่งที่มีแนวโน้มจะใช้อย่างแพร่หลายในอนาคต ถึงแม้ว่าประเทศไทยยังไม่ถูกบังคับใช้ตามมาตรการดังกล่าวในปัจจุบัน แต่ก็ควรต้องรีบดำเนินการพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) โดยกระทรวงพลังงานได้กำหนดยุทธศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) มีการส่งเสริมด้านการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 3,800 เมกะวัตต์ [1] รัฐบาลมีนโยบายที่จะขยายการพัฒนาไฟฟ้า เพื่อรองรับความต้องการในการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่นั้นควรจะเป็นโรงไฟฟ้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังนั้นการคัดเลือกชนิดของเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งแรกที่ควรจะนำมาพิจารณา โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ควรจะเป็นเชื้อเพลิงสะอาด หรือมีเทคโนโลยีในการจัดการด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ดี [2] รวมถึงการพิจารณาการใช้ประโยชน์ของที่ดินและความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตต่อการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในบางงานวิจัยได้มีการนำความรู้ทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) มาช่วยในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการก่อสร้างของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ [3,4]

ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงมีความสนใจศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ การขนส่ง การก่อสร้างและติดตั้งระบบ และการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการคืนทุนพลังงาน และระยะเวลาคืนทุนคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. วิธีการศึกษา

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 6.5 เมกะวัตต์ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตผลิตภัณฑ์โดยมีขอบเขตตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ การขนส่งอุปกรณ์ การก่อสร้างและการติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและคำนวณปริมาณสารขาเข้าและสารขาออก ของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาทรัพยากร พลังงาน ที่ใช้ และการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ เป็นการปรับสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับการวางโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ขั้นตอนการปรับระดับพื้นผิว การขุดดิน การขนดิน การบดอัด และปรับ

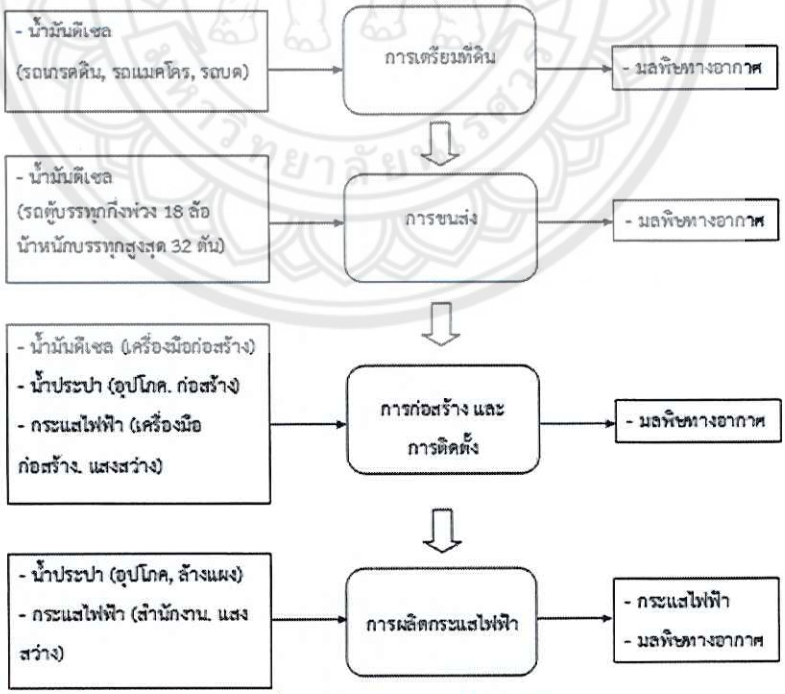
ระดับพื้นผิวอีกครั้ง โดยใช้รถเกรดดิน รถแมคโคร รถบด ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

2. ขั้นตอนการขนส่ง เป็นการขนส่งอุปกรณ์หลักของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ หม้อแปลง โดยใช้รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง

3. ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้งระบบ การก่อสร้างโครงการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 8 เดือน จำนวนคนงาน ประมาณ 100 คนต่อวัน จะเป็นการก่อสร้างอาคารสำนักงาน สถานีย่อย โครงสร้างฐานราก พร้อมทั้งติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์หลัก ซึ่งใช้ไฟฟ้า น้ำประปา น้ำมันดีเซล เป็นทรัพยากรสำหรับอุปกรณ์และเครื่องจักรในการดำเนินงาน

4. ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นขั้นตอนเดินระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ในสำนักงาน และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สถานีย่อย ส่วนน้ำประปาไว้สำหรับอุปโภคและล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ซึ่งการจัดทำบัญชีรายการ ทั้ง 4 ขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 1 และนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น สรุป รวบรวม ตีความหมาย และแปลค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบว่าในช่วงใดของวัฏจักรชีวิตที่เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยผลการประเมินวัฏจักรชีวิตแสดงในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) [5]



ภาพที่ 1 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้อ้างอิงวิธีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2554) โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 1[6]

CO_2 Emission = (Activity Data x Emission factor) (1)

โดยที่ CO_2 Emission = ปริมาณการปล่อย CO_2 เทียบเท่า
Activity data = ค่าสัมประสิทธิ์ การปล่อยก๊าซ CO_2
Emission factor = ปริมาณการใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ

โดยแสดงข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออก ดังตารางที่ 1 และการใช้พลังงาน ทรัพยากร และค่าแฟคเตอร์ ของกระบวนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณของสารขาเข้า-สารขาออก

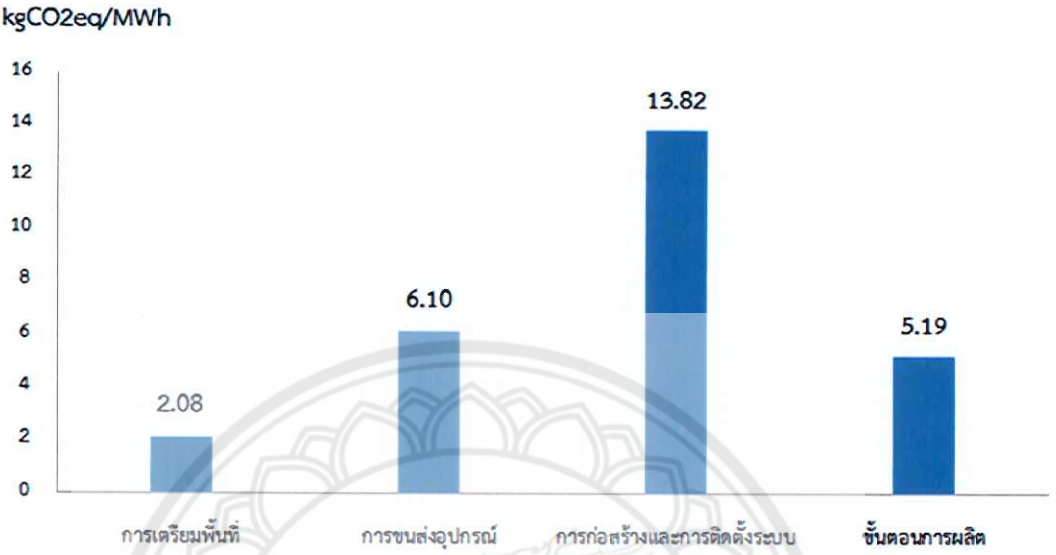
สารขาเข้า – สารขาออก	หน่วย	จำนวน	รายละเอียด
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์	แผง	27,300	แผงเซลล์ ขนาด 285 วัตต์
กระแสไฟฟ้า	เมกะวัตต์	6.5	ปริมาณไฟฟ้าที่ขายให้ กฟภ.

ตารางที่ 2 การใช้พลังงาน ทรัพยากร และค่าแฟคเตอร์ ของกระบวนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล [7], [8]	ปริมาณการปล่อย CO_2
1. การเตรียมพื้นที่					
น้ำมันดีเซล (การผลิต)	kg	3,995	0.3282	Thai national database	1,311.159
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	4,700	2.7446	IPCCVol.2table3.2.1, 3.2.2,PTT	12,899.620
				รวม	14,210.7790
2. ขั้นตอนการขนส่ง					
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	km	15,950	0.8163	Thai national database	13,019.985
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	tkm	207,350	0.0799	Thai national database	16,567.985
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	km	290	0.8163	Thai national database	263.727
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	tkm	6,670	0.0574	Thai national database	382.858

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล [7], [8]	ปริมาณการปล่อย CO_2
รถบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (หม้อแปลงไฟฟ้า)	km	580	0.8801	Thai national database	510.458
รถบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (หม้อแปลงไฟฟ้า)	tkm	10,440	0.0757	Thai national database	790.308
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (โครงสร้างเหล็ก)	km	45,00	0.8163	Thai national database	3,673.35
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading (โครงสร้างเหล็ก)	tkm	144,000	0.0447	Thai national database	6,436.8
				รวม	41,645.47
3. การก่อสร้างและติดตั้งระบบ					
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	9,450	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)	21,973.14
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	12,600	0.7043	Thai national database	8,874.18
น้ำมันดีเซล (การผลิต)	kg	17,850	0.3282	Thai national database	5,858.37
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	21,000	2.7446	IPCCVol.2table3.2.1, 3.2.2,PTT	57,636.6
				รวม	94,342.29
รวมปริมาณการปล่อย CO_2 ขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3				150,198.069 $kgCO_2eq$	
4. การผลิตไฟฟ้า (ต่อวัน)					
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	287	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)	166.8331
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	2.83	0.7043	Thai national database	1.9932
				รวม	168.8263
รวมปริมาณการปล่อย CO_2 ขั้นตอนที่ 4				168.8263 $kgCO_2eq$	

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 6.5 เมกะวัตต์ จะทำการประเมินผลทางด้านระยะเวลาคืนทุนพลังงาน (Energy Payback Time) ดังสมการที่ 2 ระยะเวลาคืนทุนคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Payback Time) ดังสมการที่ 3 คาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission) ดังสมการที่ 4 [9] การคำนวณหาระยะ



ภาพที่ 2 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในแต่ละขั้นตอน

5. วิจารณ์และสรุปผล

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 6.5 เมกะวัตต์ ที่ จ.เพชรบูรณ์ พบว่าในกระบวนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนเตรียมพื้นที่ การขนส่ง การก่อสร้างและติดตั้งระบบ รวม 150,197.82 $kgCO_2eq$ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าตลอด 25 ปี รวม 1,392,816.9750 $kgCO_2eq$ โดยขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้งระบบมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 13.82 $kgCO_2eq/MWh$ เนื่องจากมีการใช้น้ำมันดีเซล กระแสไฟฟ้าและน้ำประปาเป็นจำนวนมากและขั้นตอนเตรียมพื้นที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด เท่ากับ 2.08 $kgCO_2eq/MWh$ ส่วนขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 5.19 $kgCO_2eq/MWh$ เหตุผลที่ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและน้ำประปาสำหรับล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ยังน้อยกว่าโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพขนาด 1 เมกะวัตต์ และโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ขนาด 10 กิโลวัตต์ เท่ากับ 0.1686 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.3214 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ [10] ในส่วนผลกระทบทางด้านเศรษฐ์ศาสตร์สิ่งแวดล้อมของการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนพลังงาน (Energy Payback Time) เท่ากับ 0.02 ปี ระยะเวลาคืนทุนคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Payback Time) เท่ากับ 0.03 ปี และคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission) เท่ากับ -154 ล้านกิโลกรัมคาร์บอน ไดออกไซด์เทียบเท่า (25 ปี) ซึ่งพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ส่วนในการเก็บข้อมูลกระบวนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นอาจมีข้อมูลบางส่วนที่ทางบริษัทไม่สามารถให้ข้อมูลที่

แท้จริงได้ เนื่องจากเป็นความลับทางการค้าที่ไม่สามารถเปิดเผยได้

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสานักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 และขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่วิจัยของวิทยาลัยพลังงานทดแทนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำ และข้อมูลสนับสนุนในการศึกษานี้ ทาให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2555). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย.

[2] ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. 2548, "การประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม.", การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 4, 4-5 กรกฎาคม. โรงแรมโกลเด้นท์ไพน์รีสอร์ท, จ.เชียงราย, หน้า 156-162.

[3] Nishimura A, Hayashi Y, Tanaka K, Hirota M, Kato S, Ito M, et al. Life cycle assessment and evaluation of energy payback time on high-concentration photovoltaic power generation system. Applied Energy 2010; 87(9): 2797–807.

[4] Leckner Mitchell, Zmeureanu Radu. Life cycle cost and energy analysis of a net zero energy house with solar combisystem. Applied Energy 2011; 88(1):232–41.

[5] ประพิธาริ์ ธนารักษ์, วิกานต์ วันสูงเนิน (2556). การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน (ระยะที่ 1). พิษณุโลก : งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ; 2556. R2556B014. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้าที่ 19.

[6] จิราภรณ์ บุญมาก , ดร.มณฑิรา ยุติธรรม (2558). ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการปลูกสับปะรด : กรณีศึกษาอำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี, การจัดประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 157 – 164.

[7] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน). ค่าemission factor. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tgo.or.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2558.

[8] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน).ร่างแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 30 มีนาคม 2557. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.tgo.or.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2558.

[9] เสาวภา ทินปาน และ ประพิธาริ์ ธนารักษ์ (2556). การประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอฟัสซิลิคอนสำหรับการผลิตไฟฟ้า. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้า 49 – 58.

[10] ประพิธาริ์ ธนารักษ์, พิสิษฏ์ มณีโชติ, วิกานต์ วันสูงเนินและเบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่ม(2557). การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน (ระยะที่ 2). พิษณุโลก : งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ; 2557. R2557B085. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้าที่ 46.

178

กองกลาง สำนักงานอธิการบดี
เลขรับ 15427
วันที่ 30 ก.ย. 2558
เวลา 14 64

"R2558B015"
R2558B015

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ วิทยาลัยพลังงานทดแทน-มหาวิทยาลัยนเรศวร โทร. 3394

ที่ ศธ 0527.23.02/ 231 วันที่ 15 กันยายน 2558

เรื่อง ขอปิดโครงการวิจัยและส่งผลงานตามตัวชี้วัด

กองบริหารการวิจัย
รับที่ 1231
วันที่ 15 ก.ย. 2558
เวลา 16 38 น.

(1) เรียน อธิการบดี

ตามที่ มหาวิทยาลัยอนุมัติให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 สัญญาเลขที่ R2558B015 เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในวงเงิน 240,000.00 บาท (สองแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย สังกัดคณะ วิทยาลัยพลังงานทดแทน เป็นหัวหน้าโครงการ นั้น

ขณะนี้ได้ดำเนินการมาเป็นระยะเวลา ...12.....เดือน และมีผลงานวิจัยตามตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการวิจัย (รายละเอียดดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้) และเพื่อให้ผลงานทางวิชาการของข้าพเจ้าเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสาธารณชน ข้าพเจ้าอนุญาตให้กองบริหารการวิจัยและสำนักหอสมุดเผยแพร่ผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์และบทคัดย่อ ในระบบสารสนเทศ ดังนี้

TJ 812-5 ท 6165 2558

☑ ระบบผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (http://dra-is.research.nu.ac.th/dra-elibrary/)
☑ ฐานข้อมูล NU Digital Repository (http://obj.lib.nu.ac.th/media)
☐ ไม่ยินยอม เนื่องจาก.....

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอปิดโครงการวิจัยดังกล่าว และหากมีผลงานวิจัยเกิดขึ้นภายหลังจักนำแจ้งให้มหาวิทยาลัยทราบทันที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

งานธุรการ (หน่วยสัญญา)
☑ ตรวจสอบและคุมยอด 29 ก.ย. 2558
☐ ระบบบริหารโครงการวิจัย - 1 ต.ค. 2558
☐ ระบบ NRPM.....

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย
หัวหน้าโครงการวิจัย

(2) เรียน อธิการบดี
เห็นควรอนุมัติ และให้ดำเนินการบันทึกข้อมูล

ลงชื่อ .....
(นายสุชิต บรรชิต)
ผู้ประสานงานวิจัยคณะ
(วันที่ 15/ก.ย./58)

(3) เรียน อธิการบดี
เห็นควรอนุมัติ

ลงชื่อ .....
(ผศ.สุกฤษ สุขใจ)
รองคณบดีฝ่ายวิจัย/คณบดีคณะ.....
(วันที่ 15/กย./58)

(4) เรียน อธิการบดี
(/) เห็นควรอนุมัติ ( ) เห็นควรไม่อนุมัติ

ลงชื่อ .....
(นางสาวสิริกร ชูแก้ว)
ผอ.กองบริหารการวิจัย
(วันที่ 0 ก.ย./2558

(5) เรียน อธิการบดี
(/) อนุมัติ ( ) ไม่อนุมัติ

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย
(วันที่ 30/9/15)