การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมของประเทศไทยโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการกักเก็บคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงตามการใช้ที่ดิน

Evaluation of Electricity Generation Potential from Wind Energy of Thailand by using GIS and Carbon stock change of land use Method

ยุทธพงษ์ สิงห์แก้ว[1]*, หาญพล พึ่งรัศมี[2] และ ไพรัช อุศุภรัตน์[2]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี (ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงานเชิงนิเวศเศรษฐกิจ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0-2564-3001-9 ต่อ 3225, โทรสาร 0-2564-3001-9 ต่อ 3040 *E-mail: y.singkaew@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พลังงานลมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งเป็นพลังงานสะอาด มีปริมาณสำรองไม่จำกัด และไม่มีต้นทุนเชื้อเพลิงต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้งาน แต่กระบวนการที่จะได้มาซึ่งกังหันลมต้องมีการใช้พลังงานและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ด้วยเหตุนี้นอกจากจะคำนึงถึงศักยภาพของพลังงานลมแล้วต้องมีการพิจารณาในส่วนของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมทั้งวัฏจักรชีวิตของกังหันลมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนที่แท้จริง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตติดตั้ง 2 เมกกะวัตต์ โดยใช้แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ความสูง 90 เมตรเหนือระดับพื้นดิน ซึ่งแสดงความเร็วเฉลี่ยของพื้นที่แต่ละจังหวัดของประเทศไทย [1] เพื่อนำไปคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (AEP) และค่าประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้า (C.F.) จากนั้นนำข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาทำการวิเคราะห์หาสภาพพื้นที่ศักยภาพพลังงานลมที่มีความเหมาะสมในการติดตั้งฟาร์มกังหันลมและพิจารณาร่วมกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย [2] เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนสะสมที่เปลี่ยนแปลงในชีวมวลและดิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่เพื่อการติดตั้งฟาร์มกังหันลมตามระเบียบวิธีของ IPCC National Greenhouse Gas Inventories [3] ในแต่ละพื้นที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย และวิเคราะห์ปริมาณสุทธิการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมในพื้นที่ติดตั้งกังหันลม นอกจากนั้นการพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นตัวช่วยหนึ่งที่จะช่วยในการตัดสินใจลงทุนมากขึ้น ซึ่งจะพิจารณาในรูปของต้นทุนต่อหน่วย (CoE) [4] จากการศึกษาข้างต้นจะได้พื้นที่ติดตั้งฟาร์มกังหันลมของประเทศไทยตามปริมาณความต้องการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมที่มีความเหมาะสมทั้งด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาพบว่าจังหวัดยะลา ซึ่งมีพื้นที่ที่เหมาะสำหรับติดตั้งกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า มีกำลังติดตั้งรวม 508 เมกะวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 979,018 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ 412,971 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และมีต้นทุนพลังงานเท่ากับ 3.45 บาท

คำหลัก: พลังงานลม การเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ คาร์บอนไดออกไซด์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Abstract

Nowadays, the demand of using electric energy is continuously rising in Thailand. Wind energy is supposed to be a clean alternative energy with relatively low operational cost. However, there still be CO_2 emission during the production and installation processes. Hence, it is necessary to also consider environmental impact of wind electricity generation.

In this study, 2 Megawatts wind turbine is used to estimate Annual Electricity Production (AEP) and Capacity Factor (C.F.) by referring to average wind speed in Thailand measured at 90 meters above the ground. Geographic Information system (GIS) is used to consider possible areas for installing wind turbine. Land use map is also used to calculate carbon stock change in biomass and soil by IPCC National Greenhouse Gas Inventories method. The next step is finding net carbon dioxide emission for each potential area that is assumed to use wind turbine to generate electricity. The Cost of Energy (CoE) is also calculated to consider whether wind energy is economically beneficial. This study presents the potential wind energy production areas after considering environmental and economical aspects. The results show that Yala Province has high potential to produce electricity using wind turbines. The maximum electricity that can be generated is 979,018 MWh/year. The cost of energy production is estimated to be 3.45 Baht/unit, while the reduction of greenhouse gas emission rate is about 412,971 ton CO_2-eq/year.

Keywords: Wind energy, Land use change, CO_2, GIS.

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเรื่อยๆ ตามการขยายตัวเศรษฐกิจและรองรับระบบสาธารณูปโภค ในขณะที่เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจะต้องใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งเสี่ยงต่อความมั่นคงด้านพลังงาน การใช้พลังงานทดแทนเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากำลังได้รับความสนใจในหลายประเทศ ซึ่งการนำพลังงานทดแทนมาใช้ประโยชน์เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (2551-2565) แสดงให้เห็นว่า แนวโน้มที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และพลังงานลมก็เป็นหนึ่งที่มีการกำหนดเป้าหมายการผลิตที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยตั้งเป้าหมายกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจำนวน 800 เมกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2565 ถึงแม้ว่าการพลังงานลมซึ่งเป็นพลังงานสะอาด มีปริมาณสำรองไม่จำกัด และไม่มีต้นทุนเชื้อเพลิงต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้งาน แต่การสร้างฟาร์มกังหันลมมีค่าใช้จ่ายสูง และศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยค่อนข้างจำกัด ดังนั้นการศึกษาความคุ้มค่าทางทั้งด้านพลังงาน เศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมร่วมกันแล้ว จะได้พื้นที่ติดตั้งกังหันลมที่เหมาะสมต่อประเทศไทย

แผนที่ศักยภาพพลังงานลมซึ่งจัดโดยกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้จัดทำแผนที่ความเร็วลมของประเทศไทยเหนือพื้นดิน 90 เมตร และวิเคราะห์ร่วมกับระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศของประเทศไทย มีพื้นที่ศักยภาพที่มีความเร็วเฉลี่ยมากกว่า 6 เมตรต่อวินาที [5] ดังแสดงในตารางที่ 1

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้กังหันลมขนาด 2 เมกกะวัตต์ การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนสะสม และต้นทุนการผลิตในพื้นที่ศักยภาพ

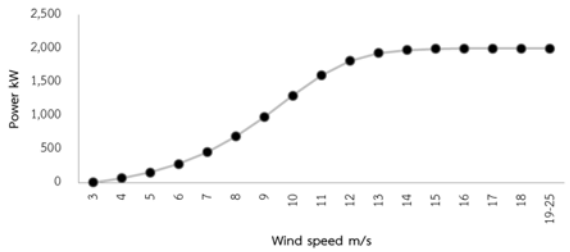
พลังงานลม 7 จังหวัดในตารางที่ 1 เพื่อหาพื้นที่ติดตั้งกังหันลมที่เหมาะสมต่อประเทศไทย

ตารางที่ 1. พื้นที่ศักยภาพพลังงานลมที่หลีกเลี่ยงพื้นต้องห้าม (หน่วย: ตารางกิโลเมตร)

พื้นที่ศักยภาพ	ขนาดพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
กาญจนบุรี	3.2
พัทลุง	0.7
เพชรบูรณ์	18.5
ยะลา	45.6
ระนอง	2.3
สงขลา	3.3
สุราษฎร์ธานี	9.0

2. วิธีการ

การศึกษาวิจัยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในที่นี้จะอ้างอิงจากกังหันลม ยี่ห้อ Gamesa รุ่น G80-2 MW ขนาด 2 MW ซึ่งมีความสูง 78 เมตร มีพื้นที่ในการกวาดของใบพัด 5,027 ตารางเมตร ข้อมูลการติดตั้งจะอาศัยหลักเกณฑ์ ระยะระหว่างกังหันลมในแถวเดียวกันที่หันหน้าเข้าหาทิศทางลมประมาณ 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางกังหันลม และระยะระหว่างแถวกังหันลมที่วางซ้อนกันไม่น้อยกว่า 7 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางกังหันลม



รูปที่ 1. แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับพลังงาน [6]

2.1 การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานไฟฟ้า

ในการหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีจะอาศัยการคำนวณจากแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและพลังงานที่สามารถผลิตได้ตามคุณสมบัติของกังหันลม Gamesa รุ่น G80-2 ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยใช้สมการ (1) และคำนวณแฟกเตอร์การผลิตไฟฟ้าจากสมการ (2) เพื่อพิจารณาความสามารถของการผลิตไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะไม่คำนึงถึงการสูญเสียจากระบบต่างๆ และสมมติให้กังหันลมเดินเครื่องตลอดอายุการใช้งาน

$$AEP = kW \times 24 \times 365 \quad (1)$$

AEP = พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

$$CF = \left(\frac{AEP}{Rated \times 8760} \right) \times 100\% \quad (2)$$

CF = แฟกเตอร์การผลิต

2.2. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลง

ในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนสะสมนั้นจะอ้างอิงระเบียบวิธีการคำนวณจาก IPCC National Greenhouse Gas Inventories ซึ่งใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการคำนวณแบบ Tier 1 และใช้ค่าเริ่มต้นจากคู่มือของ IPCC ซึ่งพิจารณาจากระบบนิเวศเขตร้อนชื้นและคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมในชีวมวล ซากพืช และดินอินทรีย์ดังแสดงในสมการ (3) โดยสมมติให้พื้นที่ติดตั้งกังหันลมเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการจัดการที่ดิน ในงานวิจัยนี้อ้างอิงปริมาณคาร์บอนสะสมของพืชแต่ละชนิดจากตารางที่ 2 และแปลงคาร์บอนสะสมที่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยให้มวลคาร์บอนคิดเป็น 3.664 เท่าของมวลคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

$$\Delta C = \Delta C_B + \Delta C_{DOM} + \Delta C_{Mineral} - L_{Organic} \quad (3)$$

ΔC = การเปลี่ยนแปลงคาร์บอน (ตันคาร์บอนต่อปี)

ΔC_B = การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่สะสมในชีวมวล (ตันคาร์บอนต่อปี)

ΔC_{DOM} = การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนที่สะสมในซากพืช (ตันคาร์บอนต่อปี) มีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อใช้ IPCC Default หรือ ตามปริมาณการวัดจริง

$\Delta C_{Mineral}$ = การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในแร่ธาตุของดิน (ตันคาร์บอนต่อปี)

$L_{Organic}$ = การสูญเสียของคาร์บอนจากดินอินทรีย์ (ตันคาร์บอนต่อปี) สมมติให้เท่ากับศูนย์ เนื่องจากประเทศไทยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินน้อยมาก

ตารางที่ 2. ปริมาณคาร์บอนสะสมตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน [7]

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	คาร์บอนสะสม (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)		
	ชีวมวล	ซากพืช	ดิน
พืชไร่ (มันสำปะหลัง)	6.96	0	45.34
ยาง	139.94	50	49
ปาล์ม	20.63	87.75	65.35
ผลไม้	21	0	65.35
พืชไร่ (ข้าว)	0	0	51.1
ไร่กังหันลม (พื้นที่ว่างเปล่า)	0	0	43.26

ในการแยกประเภทพื้นที่สำหรับการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนสะสม ได้ใช้แผนที่พลังงานลมเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณชดเชยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ในแต่ละพื้นที่ศักยภาพพลังงานลม ซึ่งประเทศไทยมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 0.5554 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเมกะวัตต์ชั่วโมง [8]

2.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เพื่อเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบผลที่จะได้รับ ดังนั้นการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อย่างง่าย จะเป็นตัวช่วยในการพิจารณาในเรื่องของการลงทุนมากขึ้น โดยการหามูลค่าของเงินลงทุนปัจจุบันเพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณต้นทุนพลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจากสมการ (4,5)

$$PVC = I + C\left[\frac{1+i}{r-i}\right]\times\left[1-\left(\frac{1+i}{1+r}\right)^{t}\right]-S\left(\frac{1+i}{1+r}\right)^{t} \quad (4)$$

PVC = ต้นทุนมูลค่าปัจจุบัน

I = เงินลงทุน มีค่าเท่ากับราคากังหันลมรวมกับค่าก่อสร้างระบบ

C = ค่าใช้จ่ายปฏิบัติการและซ่อมบำรุงต่อปี 2% ของเงินลงทุนรายปี

S = มูลค่าซาก

i = อัตราเงินเฟ้อ 2.47%

r = อัตราดอกเบี้ย 7.125%

$$CoE = \frac{PVC}{E_t} \quad (5)$$

E_t = จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ

3. ผลการวิจัย

จากการศึกษาพื้นที่ศักยภาพที่มีความเร็วลมเฉลี่ย 6 เมตรต่อวินาทีของประเทศไทย พบว่าจังหวัดกาญจนบุรี สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 41,698 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีราคาต้นทุนต่อหน่วย 4.90 บาท สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 23,159 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 424 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จังหวัดพัทลุง สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 7,358 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี ซึ่งมีราคาต้นทุนต่อหน่วย 5.49 บาท ซึ่งสามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 4,087 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2,008 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 297,752 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีราคาต้นทุนต่อหน่วย 4.15 บาท สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 165,372 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2,451 ตัน

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จังหวัดยะลาสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 979,018 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีราคาต้นทุนต่อหน่วย 3.45 บาท สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 543,746 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 130,776 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จังหวัดระนองสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 29,434 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีราคาต้นทุนต่อหน่วย 5.43 บาท สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 16,347 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 6,596 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จังหวัดสงขลาสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 44,150 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีราคาต้นทุนต่อหน่วย 5.43 บาท สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 24,521 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 9,464 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และจังหวัดสุราษฎร์ธานี สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 122,640 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี มีราคาต้นทุนต่อหน่วย 5.42 บาท สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 68,114 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 25,811 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 3, 4 และ 5

4. สรุป

จากการศึกษาศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมซึ่งจะแปรผันตามความเร็วลมโดยที่จังหวัดยะลามีพื้นที่ศักยภาพในการติดตั้ง 508 เมกะวัตต์ และจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงถึง 979,018 เมกะวัตต์ชั่วโมง/ปี และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าราคาต้นทุนของจังหวัดยะลามีค่าต่ำสุดประมาณ 3.45 บาทต่อหน่วย เมื่อเทียบกับราคาขายต่อหน่วยที่รวมกับส่วนเพิ่มแล้วจะมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด ส่วนการประเมินทางสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนสะสมจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกไม้ยืนต้นจะสูญเสียคาร์บอนที่สะสมในชีวมวลและแร่ธาตุในดินมากกว่าพืชไร่ดังนั้นจังหวัดยะลา ระนอง สงขลา และสุราษฎร์ธานี จะมีการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินสูง แต่เมื่อเทียบกับปริมาณการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมต่อ 1 เมกะวัตต์(ต่อหน่วยกำลังการติดตั้ง) แล้วพบว่าแต่ละจังหวัดสามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณ 813, 791, 669, 423, 418, 406 และ 347 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ในจังหวัดยะลา เพชรบูรณ์ กาญจนบุรี สุราษฎร์ธานี สงขลา ระนอง และพัทลุงตามลำดับ

ตารางที่ 3. พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละพื้นที่ศักยภาพพลังงานลม

แหล่งศักยภาพพลังงานลม	กำลังติดตั้ง (เมกะวัตต์)	พลังงานไฟฟ้ารวม (เมกะวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ค่า CF (%)
กาญจนบุรี	34	41,698	14
พัทลุง	6	7,358	14
เพชรบูรณ์	206	297,752	16.5
ยะลา	508	979,018	22
ระนอง	24	29,434	14
สงขลา	36	44,150	14
สุราษฎร์ธานี	100	122,640	14

ตารางที่ 4. ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ศักยภาพพลังงานลม

พื้นที่ศักยภาพพลังงานลม	เงินลงทุนเริ่มต้นรวม (บาท)	ต้นทุนพลังงาน (บาทต่อหน่วย)
กาญจนบุรี	2,035,417,075	4.90
พัทลุง	401,876,249	5.49
เพชรบูรณ์	12,305,137,718	4.15
ยะลา	33,577,402,341	3.45
ระนอง	1,589,246,346	5.43
สงขลา	2,384,477,410	5.43
สุราษฎร์ธานี	6,614,026,553	5.42

ตารางที่ 5. ปริมาณคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละพื้นที่ศักยภาพพลังงานลม

แหล่งศักยภาพพลังงานลม	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)		
	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	การชดเชยจากพลังงานไฟฟ้า	สุทธิ
กาญจนบุรี	-424	23,159	22,735
พัทลุง	-2,008	4,087	2,079
เพชรบูรณ์	-2,451	165,372	162,921
ยะลา	-130,776	543,746	412,971
ระนอง	-6,596	16,347	9,751
สงขลา	-9,464	24,521	15,057
สุราษฎร์ธานี	-25,811	68,114	42,303

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมและแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยจากห้องปฏิบัติการพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดย รศ.ดร. เสริม จันทร์ฉาย และอาจารย์อิสระ มะศิริ เพื่อทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ดังนั้นผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, แผนที่ความเร็วลมของประเทศไทยที่ระดับความสูง 90 เมตร (2553). [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 14/09/2554.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หนังสือการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายออร์โธสี (2545).

[3] Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K., 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 Agriculture, forestry and Other Land Use. Kanagawa, JAPAN (2006).

[4] วสันต์ ปินะเต, รายงานการวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมที่บริเวณ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2553).

[5] ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์, รายงานการวิจัยเรื่อง โครงการพัฒนาปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานลมสำหรับประเทศไทย. มหาวิทยาลัยศิลปกร (2553).

[6] National Resources CANADA. (January 1,2005). RETScreen Suite. Retrieved on May 19, 2012 from http://www.retscreen.net

[7] The Joint Graduate School of Energy and Environment, Developing GHG calculation methodology for Thai Palm Oil Industry. King Mongkut's University of Technology Thonburi (2011).

[8] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). รายงานสรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย 2553.