บทความวิจัย

การวิเคราะห์ศักยภาพลมบริเวณอำเภอหัวไทรในจังหวัดนครศรีธรรมราช

An Analysis of Wind Potential at Huasai in Nakhon Si Thammarat Province

ชนะ จันทร์ฉ่ำ[1*] นฤทธิ์ กล่อมพงษ์[2] วรพงศ์ พวงแก้ว[2] และ จอมภพ แววศักดิ์[3]

Chana Chancham[1*], Narit Klompong[2], Warrapong Puangkaew[2] and Jompob Waewsak[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพลมบริเวณอำเภอหัวไทรของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนในช่วงระยะเวลา 1 ปี (ม.ค.-ธ.ค. พ.ศ. 2551) ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m เหนือพื้นดิน ผลการวิจัยพบว่า ค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับจากกระเบียบวิธีทางกราฟมีค่าอยู่ในช่วง 1.52-2.57 และ 3.93-15.81 m/s ตามลำดับ จากการวิเคราะห์การแจกแจงไวบุลล์ พบว่า ความถี่ของอัตราเร็วลมที่พัดผ่านพื้นที่สำรวจมีค่าอัตราเร็วอยู่ในช่วง 2.50-14.00 m/s ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.52 นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดินตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ 721 W/m^2 823 W/m^2 และ 965 W/m^2 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในกำลังลมระดับ 5 ดังนั้น พื้นที่อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช มีศักยภาพลมสูงต่อการพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้า

คำสำคัญ : ศักยภาพ สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม ความหนาแน่นกำลังลม การแจกแจงไวบุลล์

---

[1] นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

[2] ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

[*] โทร. 074-693995 โทรสาร 074-693975 อีเมลล์ 501995054@tsu.ac.th

Thaksin.J., Vol.12 (2) July - December 2009

Abstract

The objective of this research was to study the wind potential at Huasai of Nakhon Si Thammarat province. Wind speed data recorded during January-December 2008 at 20 m 30 m and 40 m a.g.l. were analyzed. Results of the mean annual value of Weibull shape parameter and scale parameter based on graphical method were in the range of 1.52-2.57 and 3.93-15.81 m/s, respectively. Monthly wind speed distributions at Huasai of Nakhon Si Thammarat province were ranging between 2.50 m/s-14.00 m/s. In addition, the average wind shear coefficient was in between 0.05 and 0.52 where as the annual wind power density at 80 , 90 and 100 m a.g.l. was about of 721 W/m^2, 823 W/m^2 and 965 W/m^2, respectively. These estimated values were classified as wind power class 5,implying that Huasai area of Nakhon Si Thammarat province has high potential for wind turbine generation.The results showed that that availability of wind energy potential at Huasai of Nakhon Si Thammarat province was adequately high and suitable for developing wind power.

Keywords : Potential, Wind Shear Coefficient, Wind Power Density, Weibull Distribution

คำนำ

เชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น นับวันจะมีปริมาณน้อยลงทุกที นอกจากนี้ราคาของเชื้อเพลิงดังกล่าวยังมีความผันผวนไปในแนวทางที่สูงขึ้นตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและการเมืองของโลก ถึงแม้ว่าจะมีการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งแต่ก็มีสัดส่วนที่น้อย รวมทั้งแหล่งน้ำที่สามารถจะนำมาพัฒนาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ายังมีน้อยลงและต้องประสบกับปัญหาการคัดค้านขององค์กรกลุ่มต่างๆ อีกด้วย ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานใหม่ๆ ที่ประหยัดและไม่มีวันหมดสิ้น บางชนิดก็นำมาใช้กันบ้างแล้ว เช่น ชีวมวล น้ำขึ้น-น้ำลง คลื่นทะเล ความร้อนจากมหาสมุทร แสงอาทิตย์ ลม และความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการพัฒนา เช่น มีราคาแพง หรือบางพื้นที่ไม่มีศักยภาพของแหล่งพลังงานดังกล่าวเพียงพอ เป็นต้น

พลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีความสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้นและยั่งยืน สามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ก่อนที่จะนำพลังงานลมมาผลิตไฟฟ้าใช้ประโยชน์ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีองค์ความรู้เกี่ยวกับความเร็วลม ลักษณะทางสถิติของลมและความหนาแน่นของกำลังลมที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงรวมถึงลักษณะพื้นที่ของบริเวณที่จะนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ การที่จะคัดเลือกพื้นที่ที่จะพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมสำหรับการผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลสถิติระยะยาว ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับความเร็วและทิศทางลมในพื้นที่นั้นๆ ก่อน [1] ธเนศ และคณะ [2] วิเคราะห์ศักยภาพกำลังลมในฤดูฝน เป็นเวลา 4 เดือนในพื้นที่โครงการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริดอยม่อนล้าน โดยใช้วิธีการแจกแจงไวบุลล์ ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาที ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m เหนือพื้นดิน ผลการศึกษาพบว่าอัตราเร็วเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.83 m/s ที่ระดับความสูง 40 m พารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับของการแจกแจงไวบุลล์มีค่าเท่ากับ 2.686 และ 6.338 m/s ตามลำดับ และกำลังลมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 180.4 W/m^2 ซึ่งจัดอยู่ในกำลังลมระดับที่ 1 กิตติกรและคณะ [3] ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

ในพื้นที่โครงการหลวงบ้านแม่แฮ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการตรวจวัดอัตราเร็วและทิศทางของลม ระยะเวลา 1 ปี ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 80 m เหนือพื้นดิน พบว่าค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่า 4.30-5.00 m/s ลมเคลื่อนที่มาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือเป็นอัตราร้อยละ 36.87 ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 80 m เหนือพื้นดิน พารามิเตอร์รูปร่างมีค่าเท่ากับ 1.382 1.456 และ 1.613 ตามลำดับ และ พารามิเตอร์ระดับมีค่าเท่ากับ 3.826 m/s 3.966 m/s และ 4.617 m/s ตามลำดับ Fawzi A.L.J. [4] วิเคราะห์กำลังลมในประเทศบาร์เรน ซึ่งอาศัยข้อมูลการวัดอัตราเร็วลมรายชั่วโมงจำนวน 3 ปี (2003-2005) ที่ระดับความสูง 10 m 30 m และ 60 m โดยใช้วิธีการแจกแจงไวบุลล์ทำการหาค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงไวบุลล์รายเดือนและรายปีด้วยระเบียบวิธีทางกราฟและระเบียบวิธีการประมาณ พบว่าความหนาแน่นกำลังลมสูงสุดที่ระดับความสูง 10 m 30 m และ 60 m มีค่าเท่ากับ 164.33 W/m^2 624.17 W/m^2 และ 1,171.18 W/m^2 ตามลำดับ ในเดือนกุมภาพันธ์ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นกำลังลมรายปีที่ระดับความสูง 10 m 30 m และ 60 m มีค่าเท่ากับ 114.54 W/m^2 433.29 W/m^2 และ 816.70 W/m^2 ตามลำดับ Akdag S. A. and Dinler A. [5] เสนอระเบียบวิธีแบบใหม่ที่เรียกว่าความหนาแน่นกำลัง (PD) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงไวบุลล์ซึ่งมีสูตรและวิธีการคำนวณที่ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ และให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน Eskin N. et al. [6] ประเมินศักยภาพพลังงานลมบนเกาะ Gokceada ในประเทศตุรกี โดยใช้ข้อมูลอัตราเร็วลมจาก 4 สถานีที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ทำการวัดที่ระดับความสูง 10 m และ 30 m เหนือพื้นดิน แล้วนำไปคำนวณอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 50 m ข้อมูลดังกล่าวได้ทำการวิเคราะห์โดยฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นไวบุลล์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับโดยใช้การพัฒนารหัสโปรแกรม Fortran ในรายเดือนและรายปี พบว่าเกาะ Gokceada ในประเทศตุรกีมีศักยภาพพลังงานลมเพียงพอสำหรับติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า Ucar A. and Balo F. [7] ศึกษาคุณลักษณะของลมในประเทศตุรกีโดยวิเคราะห์ข้อมูลอัตราเร็วลมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 6 สถานีที่ระดับความสูง 10 m ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000-2006 พบว่าค่าเฉลี่ยรายปีของพารามิเตอร์รูปร่างมีค่าอยู่ในช่วง 1.71-1.96 และค่าเฉลี่ยรายปีของพารามิเตอร์ระดับมีค่าอยู่ในช่วง 6.81-9.71 m/s Soler-Bientz R. et al. [8] ศึกษาคุณลักษณะของลมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 3 สถานี ในพื้นที่คาบสมุทร Yucatan ในประเทศเม็กซิโก โดยทำการวัดข้อมูลลมเป็นเวลา 10-20 ปี ซึ่งได้ศึกษาทิศทางของลม การกระจายความถี่ของลมและไวบุลล์พารามิเตอร์ เพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่นกำลังลม พบว่ากำลังลมในพื้นที่คาบสมุทร Yucatan ที่ได้ศึกษามีค่าต่ำซึ่งจัดอยู่ในกำลังลมระดับที่ 1

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของพลังงานลมบริเวณอำเภอหัวไทรของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราเร็วลมรายเดือนในช่วงระยะเวลา 1 ปี (พ.ศ. 2551) ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m เหนือพื้นดิน โดยอาศัยวิธีการแจงแจงไวบุลล์เพื่อแจกแจงความถี่ของอัตราเร็วลมรายเดือนในรอบปี ทำการหาค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับด้วยระเบียบวิธีทางกราฟของอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 40 m และทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเฉลี่ยรายเดือนเพื่อประมาณค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยและความหนาแน่นกำลังลมรายเดือนที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m สำหรับประเมินศักยภาพของพลังงานลมในพื้นที่ดังกล่าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวัดอัตราเร็วและทิศทางของลม

การวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมโดยทำการติดตั้งเครื่องวัดลมความละเอียด 0.19 m/s กับเสาถักโครงสามเหลี่ยมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m เหนือพื้นดิน พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องบันทึกและเก็บข้อมูลอัตโนมัติ โดยทำการตรวจวัดข้อมูลรายนาที และทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที ข้อมูลลมสถิติถูกบันทึกตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551

2. การวิเคราะห์ข้อมูลลม

2.1 การแจงแจงไวบุลล์

การแจกแจงไวบุลล์เป็นการแจกแจงทางสถิติประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ตัว ที่สามารถใช้แทนลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลลมสถิติ และเป็นการแจกแจงที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย [1] การแจกแจงไวบุลล์ประกอบด้วยพารามิเตอร์ดังนี้

- พารามิเตอร์รูปร่าง (Shape Parameter, *k*-Shape)

พารามิเตอร์รูปร่างเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงลักษณะการกระจายของลมสถิติ ในบริเวณที่มีค่า V ต่ำ แสดงว่าในบริเวณนั้นมีความเร็วลมต่ำพัดบ่อยครั้งกว่าความเร็วลมสูง และในกรณีที่ค่า V สูง ก็จะแสดงผลที่ตรงกันข้ามกัน รูปที่ 1 แสดงการแจกแจงไวล์บุลล์เมื่อค่า k มีค่าต่างกันอยู่ในช่วง 1.5-4

- พารามิเตอร์ระดับ (Scale Parameter, c -Scale)

พารามิเตอร์ระดับเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วลมเฉลี่ย เมื่ออัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูง c จะมีค่าสูง และเมื่ออัตราเร็วลมเฉลี่ยต่ำค่า c จะมีค่าต่ำด้วย

การแจกแจงไวบุลล์เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ที่สามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ (1)

$$f(V) = \frac{k}{c}\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^{k}\right] \qquad (1)$$

เมื่อ V คือ อัตราเร็วลม (m/s)
k คือ พารามิเตอร์รูปร่าง (ไร้หน่วย)
c คือ พารามิเตอร์ระดับ (m/s)

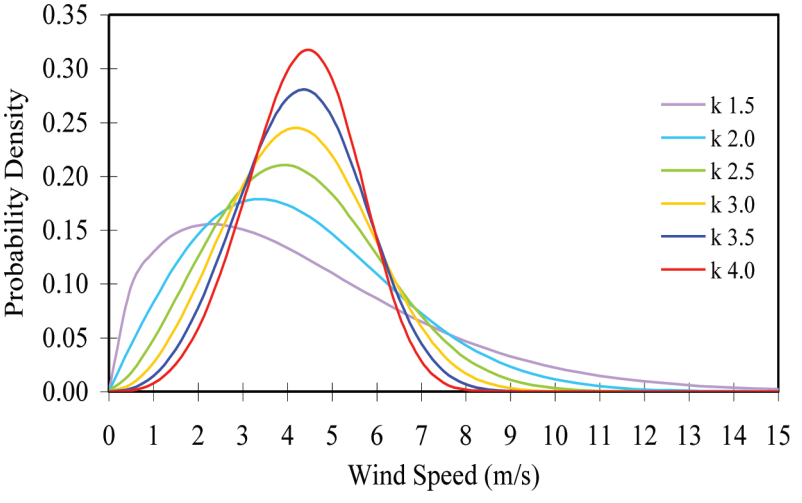
จะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับพารามิเตอร์ไวบุลล์ คือ

$$\overline{V} = c\Gamma(1+\frac{1}{k}) \qquad (2)$$

เมื่อ Γ คือ ฟังก์ชันแกมมา

2.2 ระเบียบวิธีทางกราฟ (Graphical Method)

การหาค่าไวบุลล์พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลลมสามารถทำได้หลายวิธี ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระเบียบวิธีทางกราฟเนื่องจากเป็นระเบียบวิธีดั้งเดิมและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จะพิจารณาจากสมการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function) ของอัตราเร็วลม [1]



รูปที่ 1 การแจกแจงไวล์บุลล์เมื่อค่า k มีค่าต่างกัน (c = 4.8 m/s)

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^{k}\right] \quad (3)$$

จัดรูปสมการใหม่ โดยการใส่ค่า ln ทั้ง 2 ข้าง ของสมการ จะได้

$$\ln\left[-\ln\left(1-F(V)\right)\right] = k\ln V - k\ln c \quad (4)$$

เมื่อพิจารณาให้อยู่ในรูปแบบของสมการเส้นตรง

$$Y_i = mX_i + b \quad (5)$$

เมื่อพิจารณาสมการ (4) และ (5) ซึ่งมีรูปแบบคล้ายกัน จะได้ว่า

$$Y_i = \ln\left[-\ln\left(1-F(V)\right)\right] \quad (6)$$

$$X_i = \ln V \quad (7)$$

จากสมการ (4) และ (5) สามารถหาค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับได้จากกราฟที่แสดง ดังรูปที่ 2 โดยอาศัยสมการดังนี้

$$k = m \quad (8)$$

$$c = \exp\left(-\frac{b}{k}\right) \quad (9)$$

3. การประมาณค่านอกช่วงของอัตราเร็วลม (Extrapolation of Wind Speed)

ข้อมูลอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m จากการวัดสามารถนำมาประมาณค่านอกช่วงของอัตราเร็วที่ระดับความสูงที่ต้องการศึกษาได้จากสมการที่ 10 [1]

$$V(z) = V_r\left(\frac{z}{z_r}\right)^{\alpha} \quad (10)$$

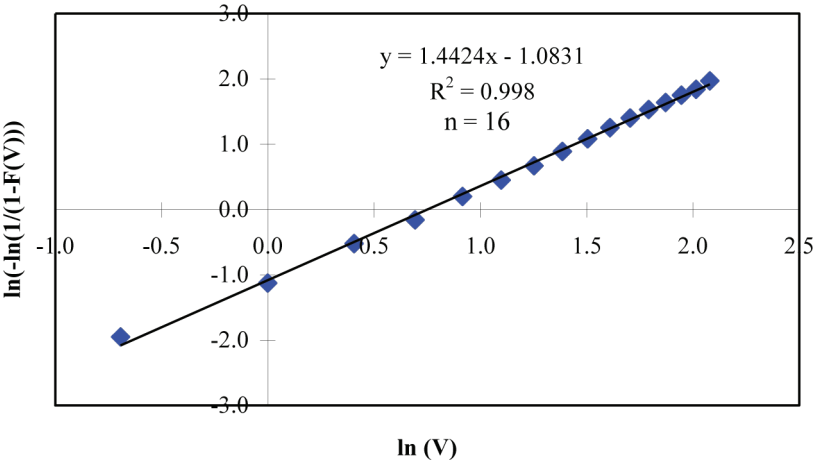
เมื่อ z คือ ระดับความสูงที่ต้องการทราบค่าอัตราเร็วลมเหนือพื้นดิน (m/s)

z_r คือ ระดับความสูงที่ทราบค่าอัตราเร็วลมเหนือพื้นดิน (m)

V_r คือ อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง Z_r (m/s)

$V(z)$ คือ อัตราเร็วลมที่ต้องการทราบค่าที่ระดับความสูง z (m/s)

α คือ สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม (ไร้หน่วย)



รูปที่ 2 การหาค่าไวบุลล์พารามิเตอร์ด้วยระเบียบวิธีทางกราฟ

4. กำลังลม (Wind Power)

กำลังลมสามารถคำนวณหาได้จากอัตราเร็วลมซึ่งเป็นปฏิภาคกับอัตราเร็วลมยกกำลังสามแสดงดังสมการที่ 11 [1]

$$P = \frac{1}{2}\rho_a V^3 \qquad (11)$$

เมื่อ P คือ กำลังลม (W/m^2)
ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
V_r คือ อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง (m/s)

ผลการวิจัยและอภิปราย

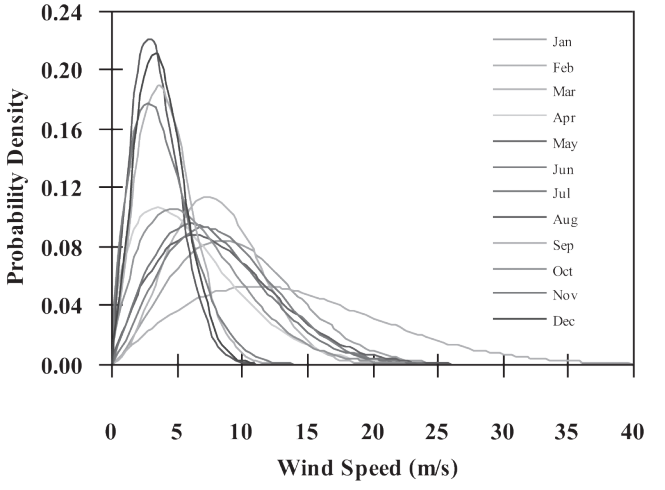
การแจกแจงความถี่ของอัตราเร็วลมรายเดือนตลอดทั้งปีด้วยวิธีการแจกแจงไวบุลล์จำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m เหนือพื้นดินโดยใช้ระเบียบวิธีทางกราฟ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.52 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 3.83-14.02 m/s พารามิเตอร์รูปร่างมีค่าอยู่ในช่วง 1.52-2.57 และพารามิเตอร์ระดับมีค่าอยู่ในช่วง 3.93-15.81 m/s ความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 7.08 m/s ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับมีค่าเท่ากับ 2.02 และ 7.98 m/s ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

จากค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับสามารถวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ได้ โดยพบว่า จากข้อมูลการแจกแจงความถี่ของเดือนต่างๆ ความถี่ของอัตราเร็วลมที่พัดผ่านพื้นที่สำรวจมีค่าอัตราเร็วอยู่ในช่วง 2.5-8.5 m/s และเดือนกุมภาพันธ์ความถี่ของอัตราเร็วลมมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 8.5-14.0 m/s แสดงดังรูปที่ 3

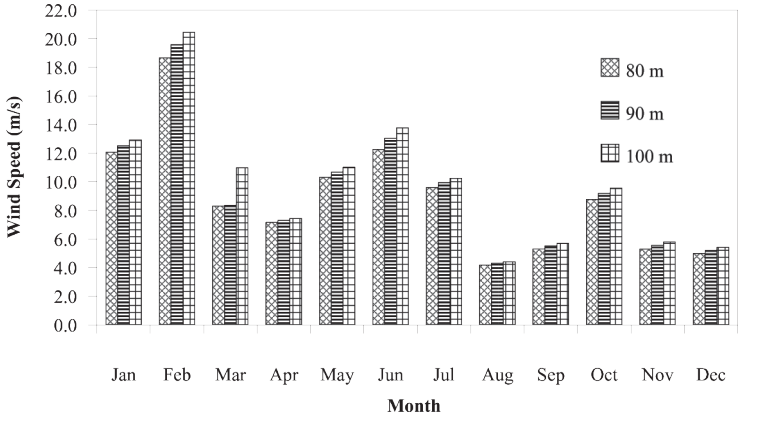
ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนรายเดือน อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนและไวบุลล์พารามิเตอร์ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m ของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช ปี พ.ศ.2551

Month	α	20 m			30 m			40 m		
		k	c (m/s)	V_m (m/s)	k	c (m/s)	V_m (m/s)	k	c (m/s)	V_m (m/s)
Jan	0.31	1.92	8.34	7.40	1.73	9.56	8.52	2.24	10.97	9.72
Feb	0.41	1.65	8.66	7.75	1.99	15.43	13.67	1.95	15.81	14.02
Mar	0.05	1.35	11.79	10.81	1.43	7.69	6.98	2.57	9.03	8.01
Apr	0.17	1.31	5.20	4.79	1.90	7.51	6.66	1.52	7.02	6.33
May	0.30	1.61	6.93	6.21	1.87	8.82	7.83	1.89	9.44	8.37
Jun	0.52	1.67	6.75	6.03	2.03	8.61	7.63	2.14	9.64	8.54
Jul	0.29	1.53	6.04	5.44	1.81	7.92	7.04	1.96	8.82	7.82
Aug	0.26	1.74	2.83	2.52	1.96	3.65	3.24	2.04	3.93	3.48
Sep	0.33	1.88	3.69	3.27	2.19	4.55	4.03	2.16	4.76	4.22
Oct	0.39	1.43	5.32	4.84	1.76	7.26	6.47	1.74	7.49	6.67
Nov	0.41	1.44	3.14	2.85	1.61	3.84	3.44	1.76	4.48	3.99
Dec	0.38	1.87	3.10	2.76	2.02	3.82	3.38	2.21	4.32	3.83
Average	0.32	1.62	5.98	5.39	1.86	7.39	6.57	2.02	7.98	7.08

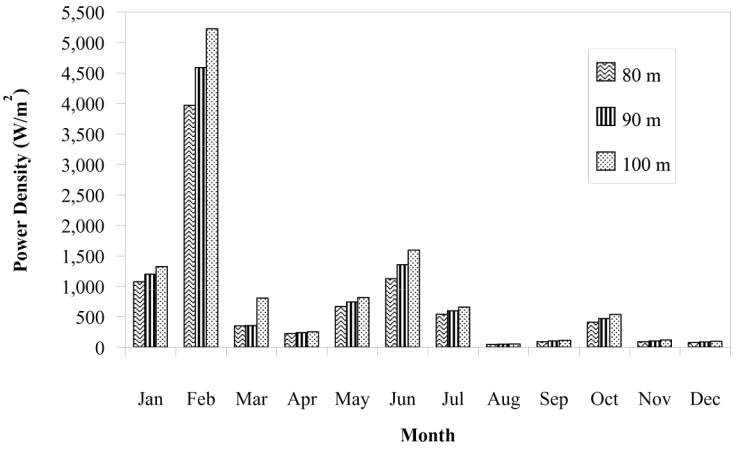
ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่ระดับความสูง 40 m เหนือพื้นดินจากการแจกแจงความถี่อัตราเร็วลมโดยการแจกแจงไวบุลล์สามารถนำไปประมาณค่านอกช่วงของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดินได้ โดยพบว่า อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดินมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.16 m/s 4.29 m/s และ 4.41 m/s ตามลำดับ และมีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.64 m/s 19.57 m/s และ 20.43 m/s ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 การแจกแจงความถี่อัตราเร็วลมโดยการแจกแจงไวบุลล์ของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช ปี พ.ศ.2551



รูปที่ 4 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดินของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช ปี พ.ศ.2551



รูปที่ 5 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดิน ของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช ปี พ.ศ.2551

ตารางที่ 2 แสดงระดับกำลังลม [9]

ระดับ	ระดับความสูง (m)							
	10		30		40		80	
	ความเร็ว (m/s)	กำลังลม (W/m^2)	ความเร็ว (m/s)	กำลังลม (W/m^2)	ความเร็ว (m/s)	กำลังลม (W/m^2)	ความเร็ว (m/s)	กำลังลม (W/m^2)
1.1	2.8	25	3.3	40	3.5	45	3.9	62
1.2	3.6	50	4.1	80	4.3	91	4.7	123
1.3	4	75	4.7	120	4.9	136	5.5	185
1.4	4.4	100	5.2	160	5.4	181	6.0	246
2	5.1	150	5.9	240	6.2	272	7.0	370
3	5.6	200	6.5	320	6.8	363	7.5	493
4	6.0	250	7.0	440	7.3	453	8.0	616
5	6.4	300	7.4	480	7.7	544	8.7	739
6	7.0	400	8.2	640	8.5	725	9.4	985
7	9.4	1000	11	1600	11.5	1813	12.8	2463

รูปที่ 5 แสดงค่าความหนาแน่นกำลังลมในพื้นที่อำเภอหัวไทรที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดิน ในการวิเคราะห์ความหนาแน่นกำลังลมได้ใช้ค่าความหนาแน่นอากาศเท่ากับ 1,225 kg/m^3 พบว่าความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดิน มีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 44 W/m^2 48 W/m^2 และ 53 W/m^2 ตามลำดับ และมีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3,968 W/m^2 4,588 W/m^2 และ 5,224 W/m^2 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นกำลังลมตลอดทั้งปีที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 721 W/m^2 823 W/m^2 และ 965 W/m^2 เมื่อพิจารณาระดับกำลังลมดังตารางที่ 2 พบว่า กำลังลมที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m อยู่ในระดับกำลังลมระดับ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m เหนือพื้นดินในพื้นที่อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้ระเบียบวิธีทางกราฟในการหาค่าไวบุลล์พารามิเตอร์ พบว่า ค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับมีค่าอยู่ในช่วง 1.52-2.57 และ 3.93-15.81 m/s ตามลำดับ จากค่าพารามิเตอร์รูปร่างและพารามิเตอร์ระดับเมื่อนำไปวิเคราะห์การแจกแจงความถี่อัตราเร็วลมรายเดือนจะพบว่า อัตราเร็วลมที่พัดผ่านพื้นที่สำรวจมีค่าอัตราเร็วอยู่ในช่วง 2.5-8.5 m/s และมีอัตราเร็วลมสูงอยู่ในช่วง 8.5-14.0 m/s ในเดือนกุมภาพันธ์ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.52 นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราลมเฉลี่ยรายปีที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดินมีเท่ากับ 8.89 m/s 9.25 m/s และ 9.80 m/s ตามลำดับ และค่าความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m เหนือพื้นดินตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ 721 W/m^2 823 W/m^2 และ 965 W/m^2 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในกำลังลมระดับ 5 ดังนั้นพื้นที่อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช มีศักยภาพลมสูงสำหรับการพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยของโครงการ รวมทั้งขอขอบคุณหน่วยวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สำหรับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่รวมทั้งการอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยของโครงการ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] จอมภพ แววศักดิ์ มารีนา มะหนิ นพนันท์ นานคงแนบ ฐานันดร์ศักดิ์ เทพญา ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และ นิรันดร มาแทน. (2551). **การประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย.** รายงานวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.).

[2] ธเนศ ไชยชนะ สัมพันธ์ ไชยเทพ วสันต์ จอมภักดี วิวัฒน์ คล่องพานิช และณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2551). **การวิเคราะห์ศักยภาพกำลังลมในฤดูฝนที่โครงการเกษตรที่สูงตามพระราชดำริดอยม่อนล้าน โดยวิธีการการแจกไวบุลล์.** การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. 28-29 มกราคม 2551. ขอนแก่น.

[3] กิตติกร สาสุจิตต์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี ธเนศ ไชยชนะ นิกราน หอมดวง และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2552). **การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมกรณีศึกษา : โครงการหลวงบ้านแม่แฮ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่.** การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนครั้งที่ 8. 12-13 มีนาคม 2552. เชียงใหม่.

[4] Fawzi, A.L.J. (2009). Wind power analysis and site matching of wind turbine generators in Kingdom of Bahrain. **Applied Energy. 86**, 538-545.

[5] Akdag, S. A. and Dinler, A. (2009). A new method to estimate Weibull parameters for wind energy applications. **Heat and Mass Transfer. 50**, 1761-1766.

[6] Eskin, N.; Artar, H. and Tolun, S. (2008). Wind energy potential of Gokceada Island in Turkey. **Renewable & Sustainable Energy Reviews. 12**, 839-851.

[7] Ucar, A. and Balo, F. (2009). Evaluation of wind energy potential and electricity generation at six locations in Turkey. **Applied Energy. 86**, 1864-1872.

[8] Soler-Bientz, R.; Watson, S. and Infield, D. (2009). Preliminary study of long-term wind characteristics of the Mexican Yucatan Peninsula. **Energy Conversion and Management. 50**, 1773-1780.

[9] สมาน เสนงาม เกริกชัย ทองหนู ฐานันดร์ศักดิ์ เทพญา ปริพนธ์ พัฒนสัตยวงศ์ อุดมผล พชน์ไพบูลย์ พะยอม รัตนมณี วนิดา รัตนมณี. (2552). **การศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง** รายงานวิจัย. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ กระทรวงพลังงาน.