บทที่ 5
สรุปผลอภิปรายและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลลมสถิติที่ได้จากการตรวจวัดที่ระดับความสูง 20 เมตร 30 เมตร และ 40 เมตร ซึ่งทำการตรวจวัดในรอบ 3 ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551-2553 โดยพิจารณาตัวแปรที่สำคัญ 2 ตัว คือ อัตราเร็วลม (wind speed) และทิศทางลม (wind direction) ซึ่งข้อมูลสถิติที่ระดับความสูงดังกล่าวได้นำมาจำแนกออกเป็นข้อมูลรวมช่วงลมสงบ (including calm) และไม่รวมลมสงบ (excluding calm) ข้อมูลไม่รวมช่วงลมสงบถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเฉือน (wind shear coefficient) โดย ค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเฉือนดังกล่าวจะนำไปประมาณค่าอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 50 เมตร โดยใช้กฎยกกำลัง (power law) ในการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 50 เมตร นำไปวิเคราะห์ภูมิอากาศลมโดยเป็นการวิเคราะห์การแจกแจงไวล์บุลล์ (Weibull distribution) และการสร้างผังลม (wind rose) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ WAsP 9.0 ภูมิอากาศลมซึ่งอาศัยข้อมูลอนุกรมเวลา (time series) นำไปใช้ในการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะแหล่ง (micrositing) รวมทั้งการวิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานลมและโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือกรณีที่ 1 การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ สถานีวิจัยพลังงานลม ขนาด 0.75 เมกะวัตต์ 0.80 เมกะวัตต์ และ 1.00 เมกะวัตต์ และกรณีที่ 2 การติดตั้งฟาร์มกังหันลม ณ บริเวณแหล่งลมดีและสามารถใช้พื้นที่ในการพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมได้ในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาพบว่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเฉลี่ยรายปีของพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยมีค่าอยู่ในช่วง 0.15-1.24 ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพหรือสิ่งปกคลุมพื้นที่บริเวณโดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลม เมื่อนำสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมมาประมาณค่านอกช่วงไปที่ระดับความสูง 50 เมตร พบว่าค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 50 เมตร ของทั้ง 18 สถานี มีค่าอยู่ในช่วง 2.59-4.64 เมตรต่อวินาที โดยมีจำนวนสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่า 4 เมตรต่อวินาที จำนวน 5 สถานี เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ สถานีท่าชนะ สถานีจะนะ สถานีสิงหนคร สถานีหัวไทร และ สถานีปากพนัง

สำหรับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีในกรณีของการติดตั้งกังหันลมขนาด 0.75 เมกะวัตต์ 0.80 เมกะวัตต์ และ 1.00 เมกะวัตต์ ณ สถานีวิจัยพลังงานลมผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ตามแนว

ชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี อ.ปากพนัง และ อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช และ อ.จะนะ จ.สงขลา

โดยแผนที่ลมจากโปรแกรม WAsP 9.0 ถูกนำไปซ้อนทับ (overlay) กับแผนที่ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดิน (constraint land-use map) ที่ได้รับการพัฒนาจากข้อมูลจำนวน 16 ชั้นข้อมูล ซึ่งจะทำให้ได้พื้นที่แหล่งลมดีที่สามารถพัฒนาเป็นโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยในการพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมดังกล่าวได้อาศัยหลักเกณฑ์การจัดวางกังหันลม 5DX10D ซึ่งจะทำให้ลดการสูญเสียเนื่องจากอิทธิพลของเวก (wake loss) โดยสามารถจัดวางกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้อย่างเหมะสม (optimization) และให้กำลังการผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด ซึ่งจากการอาศัยแนวทางดังกล่าวในการพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมในพื้นที่ 14 ตำบล 5 อำเภอ ของ 3 จังหวัด ได้แก่ อ.ท่าชนะ ของ จ.สุราษฎร์ธานี ปากพนัง อ.เชียรใหญ่ และ อ.หัวไทร ของ จ.นครศรีธรรมราช และ อ.จะนะ ของ จ.สงขลา ทำให้สามารถพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่สามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 0.75 เมกะวัตต์ ได้จำนวน 34 คลัสเตอร์ จำนวนกังหันลม 386 ตัว ปริมาณกำลังการผลิตติดตั้ง 289.5 เมกะวัตต์ และสามารถพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่สามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 0.80 เมกะวัตต์ ได้จำนวน 34 คลัสเตอร์ จำนวนกังหันลม 314 ตัว ปริมาณกำลังการผลิตติดตั้ง 251.2 เมกะวัตต์ และสามารถพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่สามารถติดตั้งกังหันลมขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 1.0 เมกะวัตต์ ได้จำนวน 34 คลัสเตอร์ จำนวนกังหันลม 278 ตัว ปริมาณกำลังการผลิตติดตั้ง 278 เมกะวัตต์ โดยมีผลการวิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากฟาร์มกังหันลมแต่ละคลัสเตอร์

สำหรับการพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 0.75 เมกะวัตต์ 0.80 เมกะวัตต์ และ 1.00 เมกะวัตต์ นั้นทำการวิเคราะห์การติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม ณ บริเวณแหล่งลมดี ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยในช่วง 3 ปี ที่ระดับความสูง 50 เมตร มีค่ามากกว่า 4.0 เมตรต่อวินาทีซึ่งเป็นอัตราเร็วลมขีดเริ่ม (cut-in wind speed) ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดดังกล่าว โดยพบว่าอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 50 เมตร ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่ได้รับการพัฒนา มีค่าอยู่ในช่วง 4.06-4.72 เมตรต่อวินาที

ผลการวิจัยพบว่าโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 0.75 เมกะวัตต์ ของทั้ง 34 คลัสเตอร์ มีกำลังการผลิตติดตั้งทั้งสิ้น 289.5 เมกะวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สุทธิ 203.9 จิกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี กังหันลมผลิตไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 0.80 เมกะวัตต์ ของทั้ง 34 คลัสเตอร์ มีกำลังการผลิตติดตั้งทั้งสิ้น 171.4 เมกะวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สุทธิ 203.9

จิกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี และกังหันลมผลิตไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 1.00 เมกะวัตต์ ของทั้ง 34 คลัสเตอร์ มีกำลังการผลิตติดตั้งทั้งสิ้น 278.0 เมกะวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สุทธิ 197.7 จิกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี

การสูญเสียเนื่องจากเวกของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WAsP 9.0 พบว่าการสูญเสียเนื่องจากอิทธิพลของเวกของโรงไฟฟ้าที่ได้รับการพัฒนาบนพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยมีค่าในช่วงร้อยละ 0.19-4.94 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 0.75 เมกะวัตต์ 0.80 เมกะวัตต์ และ 1.0 เมกะวัตต์

ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมพิจารณาจาก capacity factor: C.F. พบว่า C.F. ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 0.75 เมกะวัตต์ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6.18-14.62 และที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 0.80 เมกะวัตต์ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6.01-14.24 และที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 1.00 เมกะวัตต์มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6.17-14.58

ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยภายใต้สภาวะความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปีโดยเมื่อพิจารณาต้นทุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของโครงการอย่างถี่ถ้วนแล้วมีค่าอยู่ในช่วง 2.0-5.9 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 0.75 เมกะวัตต์ ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม และมีค่าอยู่ในช่วง 2.1-6.0 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 0.80 เมกะวัตต์ ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม และมีค่าอยู่ในช่วง 2.0-5.7 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 1.00 เมกะวัตต์

ผลการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่ได้รับการพัฒนาบนพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 6-20 ขึ้นอยู่กับความเร็วลมและต้นทุนของโครงการ เมื่อพิจารณาจำนวนโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่ผ่านเกณฑ์และสามารถพัฒนาได้ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 0.75 เมกะวัตต์ มีกำลังการผลิตติดตั้งรวมกันทั้งสิ้น 5.25 เมกะวัตต์ และในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.80 เมกะวัตต์ มีกำลังการผลิตรวมกันทั้งสิ้น 5.6 เมกะวัตต์ และในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 เมกะวัตต์ มีกำลังการผลิตรวมกันทั้งสิ้น 7 เมกะวัตต์ และพบว่าโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 0.75 เมกะวัตต์ รวมกันทั้งสิ้น 289.5 เมกะวัตต์ สามารถลดการปลดปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกลงได้ 122,330 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และสำหรับโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 0.80 เมกะวัตต์ รวมกันทั้งสิ้น 251.2 เมกะวัตต์ สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 102,217 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และสำหรับโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 1.00 เมกะวัตต์ รวมกันทั้งสิ้น 278 เมกะวัตต์ สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 118,729 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

ปริมาณไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมต่อจำนวนประชากรในกรณีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 เมกะวัตต์ 0.80 เมกะวัตต์ และ 1.00 เมกะวัตต์ มีค่าในช่วง 458-545 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อคนต่อปีและเมื่อพิจารณาปริมาณไฟฟ้าที่จ่ายให้กับครัวเรือนมีค่าในช่วง 1,889-2,247 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อครัวเรือนต่อปี ปริมาณไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมต่อจำนวนประชากรและครัวเรือนซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการบริโภคพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการบริโภคพลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของทั้งประเทศ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิจัยกับหน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่ผลิตและจัดหาพลังงานไฟฟ้า เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และหน่วยงานภาคเอกชน เพื่อเป็นขอมูลพื้นฐานของการนำไปใช้ประโยชน์

2. ควรมีการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมในระดับความสูงใกล้จุดศูนย์กลางส่วนหมุน (hub) ของกังหันลมขนาดใหญ่โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์ที่ระดับความสูงใกล้ศูนย์กลางส่วนหมุน ซึ่งจะทำให้ทราบศักยภาพของพลังงานลมสำหรับผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่

3. ควรมีการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลทั้งบริเวณอ่าวไทยและบริเวณทะเลอันดามัน โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบส่งสัญญาณจากระยะไกลบนเกาะต่างๆ และตามแนวนอกฝั่งทะเลทั้งทะเลอ่าวไทยและทะเลอันดามันเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเล (offshore) ของประเทศไทย