

แบบรายงานการวิจัยฉบับย่อ
มหาวิทยาลัยทักษิณ

การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพ
สำหรับแผนพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืนของภาคใต้
Assessment of Biomass and Biogas Energy Potential
for Sustainable Energy Development Plan of Southern Thailand

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ เพชรห้วยลึก
นายเมธาวิ นวลละออง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
มหาวิทยาลัยทักษิณ

การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพ
สำหรับแผนพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืนของภาคใต้
Assessment of Biomass and Biogas Energy Potential
for Sustainable Energy Development Plan of Southern Thailand

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ เพชรห้วยลึก
นายเมธาวิ นวลละออง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
มหาวิทยาลัยทักษิณ
2559

คำนำ

การดำเนินการวิจัย การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพสำหรับแผนพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืนของภาคใต้ (Assessment of Biomass and Biogas Energy Potential for Sustainable Energy Development Plan of Southern Thailand) ในครั้งนี้ เป็นการประเมินศักยภาพพลังงานจากทรัพยากรชีวมวลที่เหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่เกี่ยวข้องของภาคใต้ ที่ประกอบด้วยปาล์มน้ำมัน ยางพารา มะพร้าว และสัตว์เลี้ยงต่างๆ ซึ่งการดำเนินการวิจัยเป็นไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากหลายฝ่ายและหลายหน่วยงานด้วยกัน ซึ่งทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะกรรมการกองทุนพัฒนาวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ได้สนับสนุนงบประมาณดำเนินการวิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และศูนย์อุดมศึกษาภาคใต้ฝั่งตะวันตก ที่ได้ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีด้านบุคลากรและเครื่องมือวิจัย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำหรับข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรและปศุสัตว์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สำหรับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากจากชีวมวลและแก๊สชีวภาพ และกรมอุดมศึกษา กระทรวงเทคโนโลยีและการสื่อสาร ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายจังหวัดของภาคใต้

รายงานวิจัยฉบับนี้ เป็นรายงานฉบับย่อ ถ้าผู้สนใจต้องการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม จะศึกษาได้จาก รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ เพชรห้วยลึก

นายเมธาวิ นวลละออง

ชื่อโครงการวิจัย

การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพสำหรับแผนพัฒนาพลังงาน
อย่างยั่งยืนของภาคใต้

Assessment of Biomass and Biogas Energy Potential for Sustainable Energy

Development Plan of Southern Thailand

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานในแต่ละปีคิดเป็นมูลค่ากว่า 700,000 ล้านบาท หรือกว่าร้อยละ 10 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) โดยประมาณร้อยละ 80 ของพลังงานที่ใช้ยังเป็นพลังงานเชิงพาณิชย์ที่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ ซึ่งการเพิ่มขึ้นและความผันผวนของราคาเชื้อเพลิงได้ส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมและค่าครองชีพ แนวทางการลดผลกระทบของปัญหาพลังงานคือ เพิ่มการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ในประเทศเพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงที่ต้องนำเข้า ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในปัจจุบัน แต่ไฟฟ้าก็บริโภคเชื้อเพลิงอย่างมหาศาล การผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยยังคงใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลเป็นหลัก ที่สำคัญคือ น้ำมันและแก๊สธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม คงไม่อาจจะเลยการแสวงหาความมั่นคงทางด้านการผลิตไฟฟ้าที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น เพราะเชื้อเพลิงหลักอย่างน้ำมันและแก๊สธรรมชาติคงจะต้องหมดลงในไม่ช้านี้ ดังนั้นการสร้างความมั่นคงทางพลังงานโดยการจัดหาหรือวางแผนพัฒนาพลังงานอื่นขึ้นมาทดแทนอย่างยั่งยืนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยต้องมีการประเมินทั้งศักยภาพและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นทั้งปัจจุบันและอนาคต พลังงานหมุนเวียนจึงเป็นทางเลือกและทางรอดที่น่าจะเป็นไปได้ ซึ่งสำหรับภาคใต้มีทรัพยากรทางพลังงานหมุนเวียนอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางอุทกนิยมนิเวศวิทยาอยู่ตลอดเวลา และนอกจากนี้พืชเศรษฐกิจของภาคใต้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นถึงปีละมากกว่า 2 % ทั้งปาล์มน้ำมันและยางพารา ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้ง น้ำเสีย และเศษชีวมวลจะต้องเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในพื้นที่ภาคใต้มีการพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับพลังงานหมุนเวียนขึ้น ทั้งในระดับนักวิชาการและชุมชน อาทิเช่น การพัฒนาผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียจากกระบวนการทำยางพาราแผ่นและการแปรรูปปลาตุกร้า ซึ่งทำให้ในระดับชุมชนต้นตัวมีการพัฒนาใช้ในชุมชนมากขึ้นทั้งภูมิภาค นอกจากนี้ภาคใต้ยังมีการผลิตและแปรรูปทางปศุสัตว์ และการผลิตและแปรรูปอาหารทะเลแหล่งใหญ่ด้วยเช่นกัน ดังนั้นพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพที่ได้จากการผลิตและแปรรูปดังกล่าวนี้ ทั้งที่อยู่ในระดับอุตสาหกรรมและเกษตรกรรายย่อย จึงต้องมีการประเมินศักยภาพทั้งในเชิงพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน เพื่อกำหนดแผนพัฒนาพลังงานขึ้นมาทดแทนพลังงานหลักโค่นค่านึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของภูมิภาคนี้ควบคู่ไปด้วย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์ต่อการกำหนดแผนพัฒนาพลังงานหมุนเวียนของภาคใต้ที่มีชีวมวลและแก๊สชีวภาพเป็นหัวใจหลัก นักวิชาการ สถาบันการศึกษา หรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน และที่สำคัญก็คือการสร้างความคิดตื่นตัวให้เกิดขึ้นต่อการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนทั้งในระดับชาติ ภูมิภาค และท้องถิ่น ที่จะร่วมกำหนดเป็นเป้าหมายแก่ภาวการณ์การขาดแคลนพลังงานหลักในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบและสำรวจข้อมูลที่เป็นปัจจุบันของแหล่งทรัพยากรทางพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพทั้งหมดในพื้นที่ภาคใต้ ทั้งในระดับอุตสาหกรรมและเกษตรกรรายย่อย
2. เพื่อวิเคราะห์และประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพรายปีทั้งปัจจุบันและตลอดถึงอนาคตอีก 20 ปี ของภาคใต้จากแหล่งต่างๆ
3. เพื่อวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองแผนพัฒนาพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพ 20 ปี ของภาคใต้

สมมติฐานการวิจัย

การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพในครั้งนี้ เป็นการคำนวณและวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพทั้งเชิงไฟฟ้าและพลังงานความร้อนของพื้นที่ภาคใต้จากข้อมูลทุติยภูมิของแหล่งทรัพยากรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่มีบันทึกหรือรายงานไว้อย่างเป็นปัจจุบันที่สุด โดยข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ (ในรอบ 9 ปี 2548-2556) และอุตสาหกรรมการแปรรูปทางเกษตร นำมาใช้ในการคำนวณปริมาณชีวมวลสำหรับคำนวณพลังงานชีวมวล ส่วนจำนวนสัตว์เลี้ยงและสัตว์เศรษฐกิจ (ในรอบ 4 ปี 2550 - 2556) นำมาคำนวณหาปริมาณมูลสัตว์ และของเหลือทิ้งและน้ำเสียจากการแปรรูปทางการเกษตร นำมาใช้ในการคำนวณการผลิตแก๊สสำหรับเป็นพลังงานความร้อน หลังจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์กำหนดแผนพัฒนาพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพ 21 ปี คือ ปี 2557 – 2578

การสังเคราะห์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2550) ได้ทำการศึกษาหาข้อมูลและข้อวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียนและศักยภาพของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทางเลือกเทคโนโลยีประเภทต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อเสนอแนะมาตรการเชิงนโยบายแผนงานวิจัยและพัฒนา และแผนงานพัฒนากำลังคน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของภาครัฐในการกำหนดทางเลือกการส่งเสริมที่จะนำไปสู่เป้าหมายด้านพลังงานหมุนเวียนและด้านประสิทธิภาพพลังงานที่ตั้งไว้สำหรับปี 2554 ทั้งนี้แหล่งพลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย (ประเมินจากข้อมูลระหว่างปี 2543 – 2546) มีศักยภาพเชิงเทคนิคประมาณ 8.1% ของพลังงานที่คาดว่าจะใช้ทั้งหมดในปี 2554 ซึ่งเพียงพอที่จะบรรลุเป้าหมายของรัฐที่ตั้งไว้ โดยพลังงานหมุนเวียนเกือบ 90% จะมาจากพลังงานชีวมวล (ทั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าและเชื้อเพลิง) สำหรับผลิตความร้อนและไฟฟ้า ชีวมวลเพื่อผลิตเอทานอลและพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิต ความร้อน รองลงมาได้แก่กลุ่มชีวมวลเพื่อผลิตไบโอดีเซล พลังน้ำขนาดเล็กและไม้โตเร็วเพื่อผลิต ไฟฟ้า และกลุ่มสุดท้ายได้แก่พลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้า ทั้งนี้การจัดลำดับดังกล่าวทำขึ้นภายใต้ข้อจำกัดด้านข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพของแหล่งพลังงาน ซึ่งในบางกรณียังไม่ชัดเจนในขณะทำการประเมิน

Malik, A.Q. (2010) ได้ประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียนของประเทศบรูไน จากข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ พลังงานลม คลื่นมหาสมุทร ชีวมวล และปริมาณน้ำฝน ผลการศึกษา พบว่า พลังงาน

แสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนที่เฉลี่ยทั้งปี ของรังสีรวม รังสีตรง และรังสีกระจาย มีค่าเท่ากับ 18.90, 9.69 และ 9.20 MJ/m² ตามลำดับ ส่วนศักยภาพของพลังงานจากคลื่นทะเล น้ำขึ้นน้ำลง และลมนอกฝั่ง มีค่าเท่ากับ 660.0, 0.335 และ 372 MW ขณะที่ศักยภาพชีวมวลสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 13 □ 1015 kWh/yr

Sheikh, M.A. (2009) ได้ประเมินศักยภาพของทรัพยากรพลังงานหมุนเวียนของประเทศปาเกิสถาน ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 5-7 kWh/m²/day อัตราเร็วลมเท่ากับ 5-7.5 m/s แก๊สชีวภาพมีค่าเท่ากับ 14 Mm³/day และระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจะมีกำลังมากกว่า 600 MW

สุพจน์ เกดมี และคณะ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนการใช้พลังงานแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตรนั้น สามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่ายเพื่อใช้ทดแทนเตาแบบธรรมดาและเตาแก๊สที่ใช้กันในปัจจุบัน จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการใช้เตาชีวมวลเปรียบเทียบกับการใช้เตาธรรมดา ระยะเวลาในการจุดเตาและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลนั้นมีค่าน้อยกว่า และสำหรับค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตจากเตาชีวมวลมีค่าสูงกว่าเตาแบบ จะเห็นได้ว่าเตาชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สธรรมชาติได้ และในส่วนของถังหมักแก๊สชีวภาพนั้นสามารถออกแบบและสร้างถังหมักและถังเก็บแก๊สและใช้งานได้จริง แต่เนื่องจากปริมาณของมูลสัตว์และเศษอาหารของชุมชนน้ำกอนั้นมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการใช้หมักแก๊ส จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้แก๊สชีวภาพที่เกิดจากการหมักมูลสัตว์และเศษอาหาร ในการประกอบอาหารทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากแก๊สธรรมชาติ

เดชรัตน์ สุขกำเนิด และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบการจัดทำโครงสร้างนโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติระยะยาวด้านพลังงาน ซึ่งเป็นการวิจัยเพื่อเสนอกระบวนการในการพัฒนานโยบายและแนวทางการวิจัย พลังงานระยะยาวของประเทศไทย โดยมีการทบทวนข้อมูลและองค์ความรู้ด้านพลังงาน และการระดมความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับทางเลือกอนาคตพลังงานไทย เพื่อแสดงให้เห็นถึงทางเลือกเชิงเทคโนโลยีและ ทางเลือกเชิงนโยบายของประเทศต่างๆ และของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า การตัดสินใจเชิงนโยบายและการลงทุนทางเทคโนโลยีพลังงานที่แตกต่างกันจะนำไปสู่ผลกระทบที่แตกต่างกันในหลายๆ ด้าน ดังนั้นกระบวนการตัดสินใจเชิงนโยบายจึงมีความสำคัญมาก และกระบวนการวิจัยระยะยาวสามารถช่วยตอบคำถามบางส่วนในกระบวนการตัดสินใจดังกล่าว

วิธีวิจัย

- ข้อมูลพื้นฐานทุติยภูมิ

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบจำลองแผนการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนจากชีวมวลและแก๊สชีวภาพของภาคใต้ จึงต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานทางด้านผลผลิตทางการเกษตรและทางด้านปศุสัตว์ที่สำคัญที่ครอบคลุมทั้ง 14 จังหวัดภาคใต้ ที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิของปี พ.ศ. 2548-2556 ซึ่งได้จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ประกอบด้วย ข้าว ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ยางพารา โคเนื้อ สุกร ไก่เนื้อ ไก่ไข่ และไก่พื้นเมือง โดยที่ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้จากกระทรวงพลังงาน และปริมาณพลังงานทดแทนที่ผลิตได้จากชีวมวลและแก๊สชีวภาพของปี พ.ศ. 2556 ได้จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

- วิธีดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิตามแหล่งข้อมูลหรือหน่วยงานต่างๆ พร้อมกับส่งลงสำรวจและตรวจสอบการให้ผลผลิตในพื้นที่แหล่งทรัพยากรชีวมวลและปศุสัตว์
2. ทำการวิเคราะห์และประเมินพื้นที่ให้ผลผลิตหรือผลผลิตที่ได้ (y) ในอนาคตตามความเหมาะสมและแนวโน้มข้อมูลที่มีอยู่ โดยใช้สมการพยากรณ์แบบยกกำลัง $y=ax^b$ หรือแบบลอการิทึม $y=a \ln(x)+b$ เมื่อ x คือ ลำดับที่ของปี โดย พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2578 มีค่า x=1 และ 31 ตามลำดับ ส่วนค่า a และ b คือ สัมประสิทธิ์ของสมการ
3. วิเคราะห์และประเมินศักยภาพพลังงานเชิงความร้อนชีวมวลและแก๊สชีวภาพของทรัพยากรแหล่งต่างๆ โดยใช้ตัวแปรและค่าคงที่ ดังตารางที่ 1 – 3
4. ประเมินศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าจากพลังงานเชิงความร้อนที่ได้โดยใช้ตัวแปรและค่าคงที่ ดังตารางที่ 4
5. สร้างแบบจำลองแผนพัฒนาพลังงานทดแทนจากพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพของภาคใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 -2578
6. วิเคราะห์แผนพัฒนาพลังงานทดแทนที่ได้ในข้อ 4.2.6 เปรียบเทียบกับแผนพัฒนาพลังงานของประเทศไทย ปี 2555 (PDP 2012)

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรคงที่สำหรับใช้ประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สำคัญของภาคใต้

ชนิดพืช	วัสดุเหลือใช้	อัตราส่วนวัสดุต่อผลผลิต	เฟกเตอร์วัสดุเหลือใช้	ค่าความร้อน (MJ/kg)
1. ข้าว	แกลบ ^{/1}	0.230	0.469	12.85
	ฟาง (ส่วนบน) ^{/1}	0.447	0.684	8.83
2. ปาล์มน้ำมัน**	ทะลายปาล์มเปล่า ^{/1}	0.428	0.584	16.44
	เส้นใยปาล์ม ^{/1}	0.147	0.134	16.19
	กะลาปาล์ม ^{/1}	0.049	0.037	17.00
	ก้าน/ทางใบปาล์ม ^{/1}	2.604	1.000	7.97
	ทะลายปาล์มตัวผู้ ^{/1}	0.233	1.000	14.86
	ลำต้น ^{/2}	0.420	1.000	7.556
3. มะพร้าว	เปลือกมะพร้าว ^{/1}	0.362	0.595	14.71
	กะลามะพร้าว ^{/1}	0.160	0.378	16.48
	ทะลายมะพร้าว ^{/1}	0.049	0.843	13.94
	ก้าน/ทางใบมะพร้าว ^{/1}	0.255	0.809	14.55
4. ไม้ยางพารา***	กิ่งก้านและใบ ^{/3}	0.10*	1.0	12.68
	ดอก/ราก ^{/3}	0.15*	0.2	12.68
	เศษไม้/เปลือก/ซีกบ ^{/3}	0.15*	0.4	12.68
	ซีลี้อย ^{/3}	0.10*	0.2	10.88

หมายเหตุ : ^{/1} Sajjakulnukit et al (2005), ^{/2} Garivait et al (2006), ^{/3} สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2550)

: พลังงาน 1 ktoe = 41.868 TJ, *: อัตราส่วนของชีวมวลไม้ยางพาราทั้งต้น

: ** ลำต้นหมดอายุให้ผลผลิต ประมาณ 25 ปี ได้อัตราชีวมวลไร่ละ 35 ตัน หรือ 1.4 ตัน/ปี หรือ 42 % ของผลผลิตปาล์มต่อไร่ต่อปี

: *** ลำต้นให้ผลผลิตประมาณ 25 ปี หรืออัตราตัดโค่น 4 %ต่อไร่ ได้อัตราชีวมวลทั้งหมดเฉลี่ยไร่ละ 35 ตัน

ตารางที่ 2 แสดงค่าตัวแปรคงที่สำหรับใช้ประเมินศักยภาพพลังงานจากแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์

ชนิดสัตว์	ขนาด น้ำหนัก (kg /ตัว)	ปริมาณมูลสด (kg/ตัว/วัน) ^{/1}	อัตราส่วนมูลที่ เก็บได้ ^{/1}	อัตราส่วนของ แก๊ส ระเหยได้ ^{/1} (%)	อัตราส่วนแก๊สชีวภาพที่ ผลิตได้ ^{/1} (m ³ /kg)
1. โคเนื้อ	400	5.00	0.50	13.37	0.307
2. สุกร	60	2.00	0.80	24.84	0.217
3. ไก่เนื้อ	2	0.03	0.80	22.34	0.242
4. ไก่ไข่	2	0.03	0.80	22.34	0.242
5. ไก่พื้นเมือง	2	0.03	0.80	22.34	0.242

หมายเหตุ : ^{/1} Sajjakulnukit et al (2005),

: พลังงาน 1 ktoe = 41.868 TJ, ค่าความร้อนของแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ = 21 MJ/m³

ตารางที่ 3 แสดงค่าตัวแปรคงที่สำหรับใช้ประเมินศักยภาพพลังงานจากแก๊สชีวภาพจากน้ำเสีย

ประเภท	อัตราส่วนน้ำเสียต่อ ผลผลิต (m ³ /ton)	COD (mg/liter)	อัตรากำจัด COD (%)	อัตราส่วนแก๊สชีวภาพที่ได้ (m ³ /kg _{COD})
1. โรงฆ่าสัตว์ ^{/1}	74.54	2,284	80	0.5
2. โรงงานยางแผ่นรมควัน ^{/2}	10.00	6,673	80	0.5
3. โรงงานน้ายางชั้น ^{/2}	8.00	7,996	80	0.5
4. โรงหีบปาล์ม ^{/1}	1.00	52,000	80	0.5
5. ฟาร์มสุกร ^{/1}	0.44	4,000	80	0.5

หมายเหตุ : ^{/1} ธเนศ อุทิศธรรม และคณะ (2550), ^{/2} กรมควบคุมมลพิษ (2548)

: พลังงาน 1 ktoe = 41.868 TJ, ค่าความร้อนของแก๊สชีวภาพจากน้ำเสีย = 24 MJ/m³

ตารางที่ 4 แสดงค่าแฟกเตอร์สำหรับคำนวณพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้ขั้นสุดท้าย

ประเภท	Conversion efficiency (%)					Plant capacity factor	
	2556	2563	2568	2573	2578	(h/yr)	(%)
1. ชีวมวล	23.0	26.4	29.1	32.2	35.5	6,570	75
2. แก๊สชีวภาพ	30.0	32.2	33.8	35.5	37.3	7,200	82

ปรับปรุงจาก : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2550)

ผลการวิจัย

สำหรับการประเมินศักยภาพพลังงานที่อยู่ในรูปของความร้อนจากชีวมวลและแก๊สชีวภาพ ต้องคำนวณจากผลผลิตทางการเกษตรและปศุสัตว์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเลือกใช้สมการแบบลอการิทึมและยกกำลัง ซึ่งความเหมาะสมกับการเพิ่ม/ลดของผลผลิตในที่นี้มากที่สุด ซึ่งได้ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2548 -2556 เพื่อพยากรณ์อนาคต อีก 32 ปี คือ พ.ศ .2557 -2578 ซึ่งผลการประเมินศักยภาพพลังงานความร้อนของชีวมวลที่ได้เมื่อนำมาเปลี่ยนเป็นศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าของชีวมวล พบว่า จังหวัดกระบี่มีศักยภาพพลังงานมากที่สุด ในช่วง

ปี 2548 - 2550 แต่หลังจากนั้นมีอัตราต่ำกว่าจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีค่าสูงสุด ตามมาด้วยกระบี่ ชุมพรและ นครศรีธรรมราช ตามลำดับ ซึ่งรวมกันแล้วมีค่ามากกว่า 70% ของศักยภาพพลังงานชีวมวลทั้งหมด โดยที่จังหวัด นครศรีธรรมราช มีอัตราการเพิ่มศักยภาพพลังงานชีวมวลสูงที่สุด โดยทั้งภาคใต้จะมีศักยภาพเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 15.3% ต่อปี ในช่วงปี 2548 -2556 และ 8.7 %ต่อปี ในช่วงปี 2557-2578 ขณะที่ช่วงปี 2550 -2553 มีภาวะแปรปรวนค่อนข้างมาก แต่หลังจากนั้นมีศักยภาพพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จาก 26.3 TWh ในปี 2556 เพิ่มขึ้น เป็น 68.3 TWh ในปี 2578 และเมื่อพิจารณาศักยภาพพลังงานชีวมวลรวมทั้งภาคใต้ ตามชนิดของแหล่งทรัพยากร พบว่า ปาล์มน้ำมันมีศักยภาพมากที่สุดถึง 90 %ของทั้งหมด รองลงมา คือ ไม้ยางพารา ส่วนข้าวและมะพร้าวศักยภาพจะมีแนวโน้มลดลงในอนาคต ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 1-3

ตารางที่ 5 ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ประเมินได้จากชีวมวลรวมเป็นรายจังหวัด และจำแนกตามชนิดของพืชที่ให้ชีวมวลรวมทั้งภาคใต้

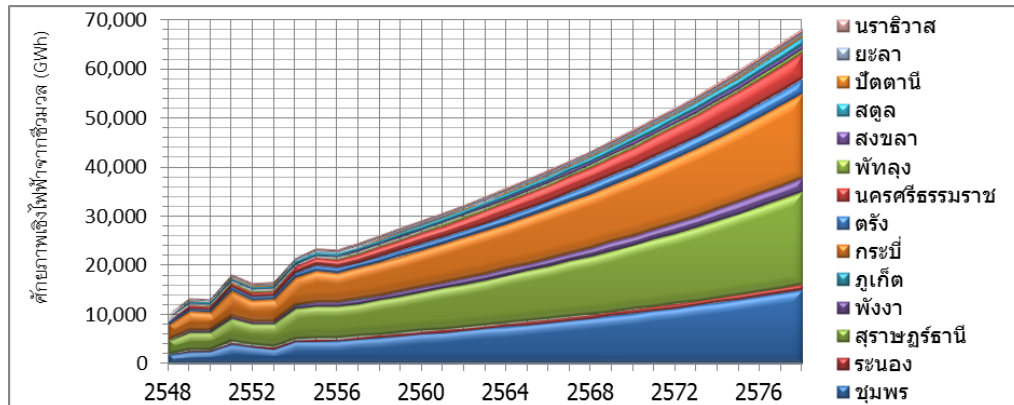
จังหวัด	ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าจากชีวมวล (GWh)							Rate1	Rate2
	2548	2556	2558	2563	2568	2573	2578	(%/ปี)	(%/ปี)
ชุมพร	1,845	4,850	5,512	7,281	9,387	11,948	15,088	20.36	9.60
ระนอง	123	382	403	527	669	837	1,038	26.18	7.81
สุราษฎร์ธานี	2,738	6,485	7,175	9,363	11,967	15,127	18,996	17.11	8.77
พังงา	305	920	993	1,335	1,746	2,253	2,883	25.20	9.70
ภูเก็ต	30	27	26	27	29	32	35	-1.28	1.31
กระบี่	3,049	6,054	6,757	8,685	10,981	13,759	17,147	12.32	8.33
ตรัง	591	1,047	1,154	1,502	1,887	2,329	2,846	9.63	7.81
นครศรีธรรมราช	460	1,661	1,925	2,674	3,469	4,355	5,364	32.61	10.13
พัทลุง	138	247	269	353	448	558	687	9.83	8.11
สงขลา	347	464	504	592	688	794	912	4.20	4.39
สตูล	360	526	648	808	999	1,231	1,512	5.78	8.51
ปัตตานี	96	121	168	215	271	337	417	3.18	11.12
ยะลา	174	240	277	326	380	441	511	4.72	5.13
นราธิวาส	262	345	442	530	629	743	875	3.93	6.99
ทั้งภาคใต้	10,520	23,369	26,252	34,219	43,550	54,744	68,310	15.27	8.74
ข้าว	191	172	159	161	168	178	191	-1.23	0.51
ปาล์มน้ำมัน	8,102	20,569	23,385	31,032	40,008	50,808	63,938	19.23	9.58
มะพร้าว	409	250	233	221	218	220	226	-4.85	-0.44
ยางพารา	1,819	2,378	2,476	2,805	3,156	3,537	3,954	3.84	3.01

หมายเหตุ : Rate1 คือ อัตราพลังงานเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี ของปี 2548 -2556 (จากผลผลิตที่มีอยู่จริง)

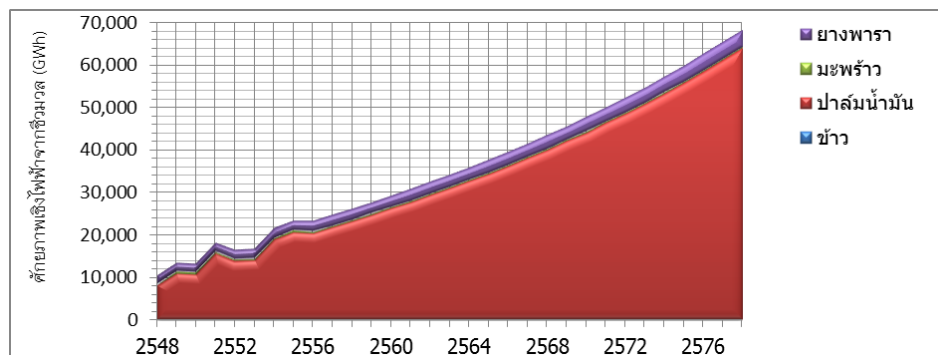
Rate2 คือ อัตราพลังงานเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี ของปี 2557 -2578 (จากผลผลิตที่พยากรณ์ได้)

สำหรับผลการประเมินศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าของแก๊สชีวภาพ พบว่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี กระบี่ และชุมพร มีศักยภาพพลังงานจากแก๊สชีวภาพที่ใกล้เคียงกัน คือ มากกว่า 500 GWh ซึ่งรวมกันแล้วมีค่ามากกว่า 60% ของศักยภาพพลังงานแก๊สชีวภาพทั้งหมด โดยที่จังหวัดชุมพร มีอัตราการเพิ่มศักยภาพพลังงานจากแก๊สชีวภาพสูงที่สุด และเมื่อพิจารณารวมทั้งภาคใต้จะมีศักยภาพเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.7%ต่อปี ในช่วงปี 2548 -2556 และ 5.0%ต่อปี ในช่วงปี 2557-2578 โดยในช่วงปี 2550 -2552 มีภาวะแปรปรวนค่อนข้างมาก แต่หลังจากนั้นมี

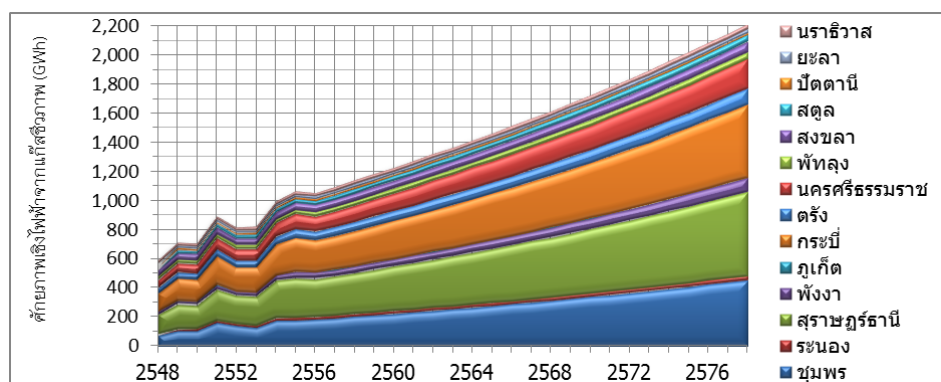
ศักยภาพพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จาก 1.0 TWh ในปี 2554 เพิ่มขึ้น เป็น 2.2 TWh ในปี 2578 แต่พิจารณา ศักยภาพพลังงานจากแก๊สชีวภาพรวมทั้งภาคได้ ตามชนิดของแหล่งทรัพยากร พบว่า น้ำเสียจากการหีบหรือสกัด น้ำมันปาล์ม มีศักยภาพมากที่สุดถึง 80 %ของทั้งหมด รองลง คือ น้ำเสียจากการแปรรูปน้ำยางพารา ส่วนศักยภาพ แก๊สชีวภาพจากน้ำเสียของการชำแหละโคเนื้อที่มีแนวโน้มลดลงในอนาคต ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 4-5



ภาพที่ 1 ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ประเมินได้จากชีวมวลรวมเป็นรายจังหวัด



ภาพที่ 2 ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ประเมินได้ตามชนิดพืชที่ให้ชีวมวลรวมทั้งภาคได้



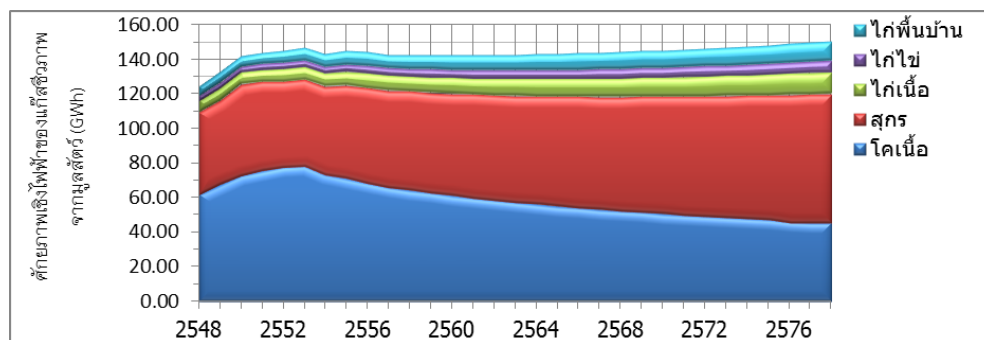
ภาพที่ 3 ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ประเมินได้จากแก๊สชีวภาพรวมเป็นรายจังหวัด

ตารางที่ 6 ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ประเมินได้จากแก๊สชีวภาพรวมเป็นรายจังหวัด และจำแนกตามชนิดของแหล่งที่ให้แก๊สชีวภาพรวมทั้งภาคใต้

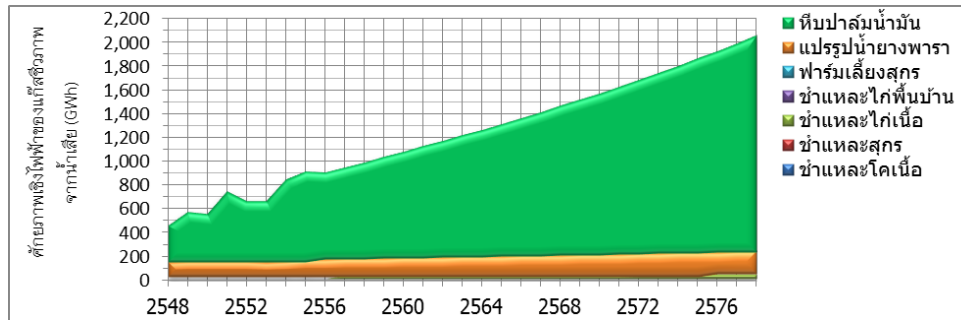
จังหวัด	ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ (GWh)							Rate1	Rate2
	2548	2556	2558	2563	2568	2573	2578	(%/ปี)	(%/ปี)
ชุมพร	80.4	186.4	206.8	257.7	313.9	377.9	451.7	16.49	6.47
ระนอง	7.3	16.3	16.7	20.2	23.9	28.1	32.7	15.40	4.57
สุราษฎร์ธานี	128.6	260.2	280.2	341.9	410.5	488.7	579.0	12.80	5.57
พังงา	19.5	41.8	43.6	53.9	65.4	78.7	94.1	14.31	5.69
ภูเก็ต	4.4	4.3	4.4	4.6	4.9	5.1	5.4	-0.30	1.18
กระบี่	124.9	223.9	244.3	297.4	356.5	423.9	501.4	9.90	5.64
ตรัง	40.7	60.0	63.2	73.5	84.2	95.6	108.1	5.93	3.65
นครศรีธรรมราช	52.8	101.6	110.3	133.9	156.9	180.6	205.5	11.54	4.65
พัทลุง	24.1	32.8	33.6	36.9	40.3	44.1	48.2	4.53	2.13
สงขลา	41.5	50.5	52.3	55.7	59.3	63.1	67.0	2.70	1.49
สตูล	19.1	25.7	29.7	34.1	39.2	44.9	51.5	4.38	4.55
ปัตตานี	13.3	11.4	11.3	11.2	11.2	11.4	11.6	-1.78	0.07
ยะลา	15.9	18.5	19.5	20.8	22.2	23.8	25.4	2.10	1.70
นราธิวาส	23.1	24.8	27.6	29.5	31.6	34.1	36.8	0.87	2.21
ทั้งภาคใต้	596	1,058	1,143	1,371	1,620	1,900	2,219	9.71	4.98
แก๊สชีวภาพมูลสัตว์	123.9	144.0	142.5	142.4	144.1	146.8	150.3	2.03	0.20
โคเนื้อ	61.88	68.48	64.59	57.55	52.59	48.76	45.61	1.33	-1.52
สุกร	47.86	55.00	56.90	61.41	65.77	70.14	74.59	1.86	1.62
ไก่เนื้อ	6.49	8.39	8.75	9.81	10.78	11.72	12.65	3.68	2.30
ไก่ไข่	2.78	4.08	4.33	4.87	5.37	5.85	6.33	5.88	2.50
ไก่พื้นบ้าน	4.87	8.05	7.95	8.80	9.59	10.36	11.14	8.15	1.75
แก๊สชีวภาพน้ำเสีย	472	914	1,001	1,229	1,476	1,753	2,068	11.73	5.74
ชำแหละโคเนื้อ	5.93	5.91	5.60	4.99	4.56	4.22	3.95	-0.04	-1.51
ชำแหละสุกร	9.85	11.16	11.47	12.39	13.28	14.16	15.07	1.66	1.59
ชำแหละไก่เนื้อ	16.97	20.50	21.64	24.44	26.97	29.42	31.84	2.60	2.51
ชำแหละไก่พื้นบ้าน	2.10	2.74	2.86	3.17	3.47	3.76	4.04	3.76	2.16
ฟาร์มเลี้ยงสุกร	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	1.86	1.62
แปรรูปน้ำยางพารา	125.4	144.2	147.3	158.9	170.2	181.5	193.2	1.87	1.55
หีบปาล์มน้ำมัน	311.3	729.7	811.9	1,024.9	1,257.4	1,519.7	1,820.1	16.80	6.79

หมายเหตุ : Rate1 คือ อัตราพลังงานเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี ของปี 2548 -2556 (จากผลผลิตที่มีอยู่จริง)

Rate2 คือ อัตราพลังงานเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี ของปี 2557 -2547 (จากผลผลิตที่พยากรณ์ได้)



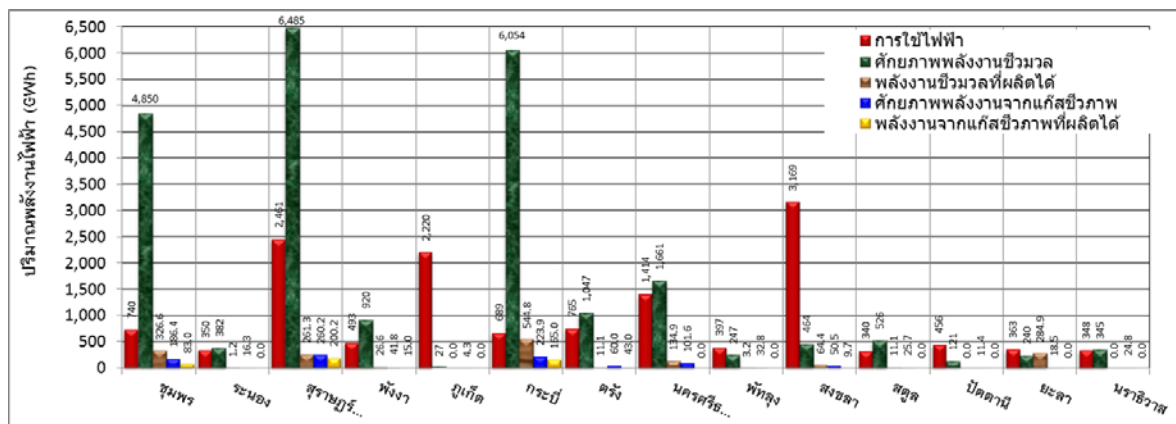
ภาพที่ 4 ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ประเมินได้จากแก๊สชีวภาพของมูลสัตว์รวมทั้งภาคใต้



ภาพที่ 5 ศักยภาพพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ประเมินได้จากแก๊สชีวภาพของน้ำเสียรวมทั้งภาคใต้

การสร้างแบบจำลองแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพ ที่พิจารณาจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่จำแนกตามรายจังหวัดของภาคใต้ ตั้งแต่ปี 2548 – 2556 พบว่า กลุ่มจังหวัดที่มีอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นมาก ส่วนจังหวัดทางด้านเกษตรกรรมมีการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังนั้นปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยรวมทั้งภาคใต้มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 9,520 GWh (ล้านหน่วยไฟฟ้า) ในปี 2548 เป็น 14,207 GWh ในปี 2556 ที่อัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 5.1 %

สำหรับสถานการณ์การผลิตพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพของรายจังหวัดในภาคใต้ ณ ปี 2556 ที่อยู่ในรูปของการผลิตไฟฟ้าและความร้อน จะได้ชัดเจนว่ามีการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวลอยู่มากที่สุดในจังหวัดยะลา ขณะที่การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพมีมากที่สุดในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทางด้านการผลิตความร้อนจากชีวมวลจะพบอยู่ในหลายจังหวัด ซึ่งพบมากที่สุดในจังหวัดกระบี่ ส่วนการใช้ความร้อนจากแก๊สชีวภาพจะพบมากที่สุดในจังหวัดชุมพร นั้นแสดงให้เห็นว่าจังหวัดกระบี่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และยะลา เป็นผู้นำทางด้านการใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพในขณะนี้ ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมทั้งภาคใต้มีการใช้พลังงานชีวมวลผลิตเป็นไฟฟ้าและความร้อนแล้วประมาณ 457 และ 1,213 GWh ตามลำดับ หรือเป็นสัดส่วน 27.4 ต่อ 72.6 % โดยที่แก๊สชีวภาพมีการใช้เป็นไฟฟ้าและความร้อนแล้วประมาณ 468.4 และ 47.4 GWh หรือคิดเป็นสัดส่วน 90.8 ต่อ 9.2 % ดังนั้นจะเห็นว่าภาคใต้มีการผลิตพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพมาใช้แล้วรวม 2,186 GWh ด้วยสัดส่วน 76.4 ต่อ 24.6 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้า และศักยภาพพลังงานและพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ผลิตได้แล้วจากชีวมวลและแก๊สชีวภาพ เป็นรายจังหวัดของภาคใต้ ณ ปี พ.ศ. 2556

อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อนำศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพที่ประเมินได้แล้ว มาพิจารณาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้า และผลผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากชีวมวลและแก๊สชีวภาพ เป็นรายจังหวัดของภาคใต้ ณ ปี 2556 พบว่า จังหวัดกระบี่ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี มีศักยภาพทางด้านพลังงานชีวมวลที่โดดเด่นมาก แต่ขณะที่จังหวัดสงขลาและภูเก็ตมีศักยภาพพลังงานชีวมวลต่ำกว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาก โดยที่จังหวัดกระบี่และยะลา มีผลผลิตพลังงานชีวมวลใช้แล้วใกล้เคียงกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปี 2556 จังหวัดยะลา มีการผลิตพลังงานชีวมวลใช้แล้วมากกว่าศักยภาพพลังงานชีวมวลที่มีอยู่ ส่วนศักยภาพพลังงานจากแก๊สชีวภาพมีปริมาณที่ต่ำมาก เมื่อเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละจังหวัด โดยที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีความโดดเด่นของแก๊สชีวภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่นๆ คือ มีผลผลิตพลังงานจากแก๊สชีวภาพที่ใกล้เคียงกับศักยภาพที่มีอยู่และผลผลิตพลังงานชีวมวลที่ใช้ได้แล้ว

สำหรับการสร้างแบบจำลองแผนพัฒนาพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพของภาคใต้ ได้ใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2556 เป็นฐานตั้งต้นในการสร้างแบบจำลอง ที่กำหนดเงื่อนไขว่า

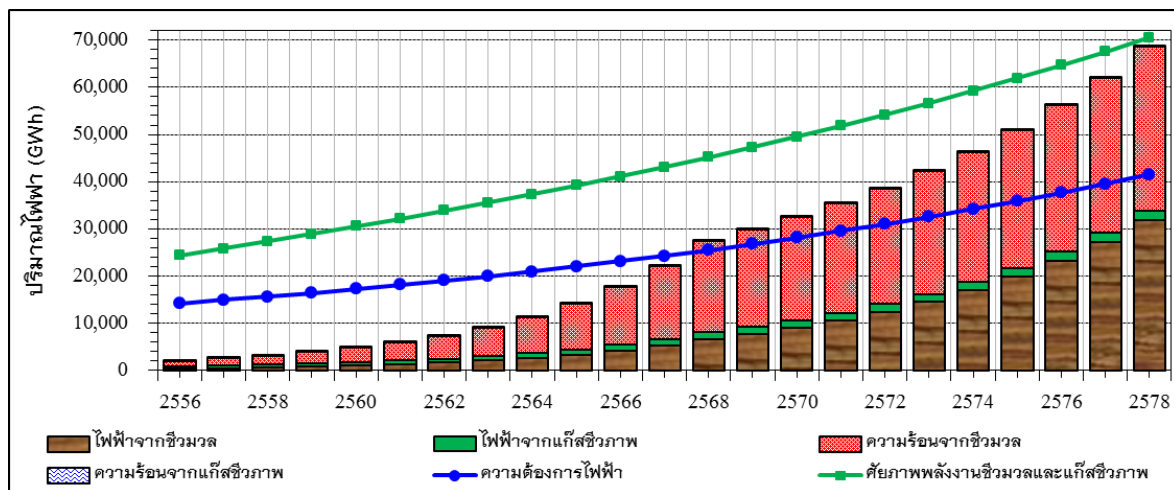
1. อัตราความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคตเพิ่มขึ้นปีละ 5.0 %
2. อัตราการเติบโตของการผลิตไฟฟ้าชีวมวล ปีละ 25 และ 17 % และแก๊สชีวภาพ ปีละ 10 และ 3% สำหรับระยะที่ 1 (ปี 2556 – 2568) และระยะที่ 2 (ปี 2569 -2578) ตามลำดับ เพื่อให้ได้ปริมาณไฟฟ้า 50% ของความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของภาคใต้ ณ ปี 2573 ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2555 (PDP 2012)
3. อัตราการเติบโตของการผลิตความร้อนจากชีวมวล ปีละ 26 และ 6 % และแก๊สชีวภาพ ปีละ 5 และ 10% สำหรับระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์แบบจำลองแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากชีวมวลและแก๊สชีวภาพของภาคใต้ พบว่า พลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพลังงานไฟฟ้าและความร้อนได้มากกว่า 90% ของทั้งหมด โดยปี 2556 ภาคใต้มีพลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่ผลิตใช้ได้แล้วจากชีวมวลและแก๊สชีวภาพเท่ากับ 6.5 % ของความต้องการใช้ไฟฟ้า และเพิ่มขึ้น (แบบเอ็กโพเนนเชียล) เป็น 8.2, 15.5, 31.8, 50.0 และ 81.7 % ในปี 2558, 2563, 2568, 2573 และ 2578 ตามลำดับ ขณะที่แผนพัฒนาความร้อนจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเดียวกัน จาก 5.2% (ของศักยภาพพลังงานรวม) ในปี 2556 เป็น 7.2% และ 49.6% ในปี 2568 และ 2578 ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

นั่นแสดงว่าศักยภาพพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพที่เหลืออยู่ 91.1 % ในปี 2556 จะลดลงเหลือเพียง 2.2 % ในปี 2578 โดยสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพได้ตามแผน PDP 1012 เท่ากับ 50.0 และ 81.7 % ของความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ ปี 2573 และ 2578 ตามลำดับ และภาคใต้สามารถที่จะใช้พลังงานหมุนเวียนผลิตไฟฟ้าได้ 100 % ของความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ ปี 2558 โดยใช้พลังงานหมุนเวียนชนิดอื่นร่วมด้วยอีกเพียง 18.3% หรือเท่ากับ 7,600 GWh นั่นคือ พลังงานลมและพลังงานน้ำ เป็นตัวแปรที่มีโอกาสที่จะทำได้ตามเป้าหมายนี้ ดังภาพที่ 7

ตารางที่ 7 ผลวิเคราะห์แบบจำลองแผนพัฒนาพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพของภาคใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - 2578

ตัวแปร	ปริมาณไฟฟ้ารวม (GWh)						อัตราเติบโต (%/ปี)	
	2556	2558	2563	2568	2573	2578	2556-2568	2569-2578
ความต้องการไฟฟ้า	14,207	15,663	19,990	25,513	32,562	41,558	5	5
แผนพัฒนาไฟฟ้า	926	1,281	3,093	8,124	16,293	33,961		
ชีวมวล	457	714	2,180	6,654	14,589	31,986	25	17
แก๊สชีวภาพ	468	567	913	1,470	1,704	1,976	10	3
แผนพัฒนาความร้อน	1,260	1,978	6,182	19,506	26,127	35,001		
ชีวมวล	1,213	1,926	6,115	19,421	25,990	34,780	26	6
แก๊สชีวภาพ	47	52	67	85	137	221	5	10
ศักยภาพพลังงานรวม	24,427	27,896	35,590	45,170	56,644	70,529		
ชีวมวล	23,369	26,252	34,219	43,550	54,744	68,310		
แก๊สชีวภาพ	1,058	1,143	1,371	1,620	1,900	2,219		
ศักยภาพที่เหลือ (%)	91.1	88.1	73.9	38.8	25.1	2.2		
อัตราแผนพัฒนาไฟฟ้า/ต้องการ (%)	6.5	8.2	15.5	31.8	50.0	81.7		
อัตราแผนพัฒนาความร้อน/ศักยภาพรวม (%)	5.2	7.2	17.4	43.2	46.1	49.6		



ภาพที่ 7 ปริมาณพลังงานเชิงไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองแผนพัฒนาพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพของภาคใต้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - 2578

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ, 2548. แนวทางปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษในอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน น้ำยางข้น และแปรรูปอาหารทะเล, 180 หน้า.
- เดชรรัตน์ สุขกำเนิด และคณะ 2551. โครงการพัฒนาและทดสอบกระบวนการจัดทำโครงสร้าง นโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติระยะยาว : ด้านพลังงาน. รายงานวิจัยเสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 209 หน้า.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2550. การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้ พลังงานหมุนเวียนและการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในประเทศไทย. รายงานวิจัยเสนอสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 950 หน้า.
- สุพจน์ เกดมี และคณะ, 2555. พัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร. รายงานวิจัยเสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 31 หน้า.
- Garivait, S., Chaiyo, U., Patumsawad, S., Deakhuntod, J., 2006. Physical and Chemical Properties of Thai Biomass Fuels from Agricultural Residues. The 2nd Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)” 1-23 November 2006, Bangkok, Thailand.
- Malik, A.Q., 2010. Assessment of the potential renewables for Brunei Darussalam. Renewable and Sustainable Energy Reviews xxx, xxx–xxx.
- Sajjakulnukit, B., Yingyuad, R., Maneekhao, V., Pongnarintasut, V., Bhattacharya, S.C., Abdul Salam, P., 2005. Assessment of sustainable energy potential of non-plantation biomass resources in Thailand. Biomass and Bioenergy 29, 214–224.
- Sheikh, M.A., 2009. Renewable energy resource potential in Pakistan. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2696–2702.