



วารสารวิชาการ อุตสาหกรรมศึกษา

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

พลังงานหมุนเวียน พลังงานชุมชนอนาคต

พงศ์วรุฒิ สนธิโสภณ

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

ในปัจจุบันมีความต้องการพลังงานที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดการสร้างสิ่งปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้เกิดความ ต้องการพลังงานที่สูงมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย เนื่องมาจากสภาพสังคมหรือลักษณะความเป็นอยู่ของชุมชน ในปัจจุบันมีผลต่อการใช้พลังงานในทุกๆ ด้าน มีการคาดการณ์ว่าความต้องการพลังงานจะมากขึ้นถึง 50% จากปี ค.ศ. 2001 – 2025 ซึ่งถือได้ว่าเป็นปริมาณที่สูงมาก พลังงานถูกใช้ไปเพื่อการใช้งานในด้านที่อยู่อาศัย ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และด้านคมนาคมขนส่งต่างๆ ซึ่งพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากแหล่งพลังงานสิ้นเปลือง เช่น น้ำมัน และถ่านหิน ล้วนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อมทั้งสิ้น แนวทางในการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองต่างๆ ทำได้โดยการใช้พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานสะอาดเข้ามาทดแทนการใช้พลังงานสิ้นเปลือง แต่การพัฒนาด้านพลังงานสะอาดหรือพลังงานหมุนเวียนให้เพียงพอต่อความต้องการในศตวรรษที่ 21 ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างมาก ผลดีของพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานสะอาดก็คือสามารถลดมลพิษทางอากาศและก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้แล้วพลังงานหมุนเวียนยังถือได้ว่าเป็นพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และสามารถหาได้ในแหล่งชุมชนโดยทั่วไป ซึ่งในประเทศไทยถือได้ว่ามีแหล่งทรัพยากรพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากภูมิประเทศของประเทศไทยอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรและมีมหาสมุทรทางด้านภาคใต้ของ

ประเทศทั้ง 2 ฝั่ง ซึ่งทำให้มีศักยภาพในด้านพลังงานรังสีอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานลม อีกทั้งยังมีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านเกษตรกรรม ซึ่งส่งผลให้เป็นแหล่งทรัพยากรทางพลังงานชีวมวลที่ได้จากของเหลือของพืชและการเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

แนวคิดใหม่สำหรับรูปแบบการใช้พลังงาน และการวางแผนการพัฒนาด้านพลังงานชุมชนเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานโดยผนวกกับการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มีความสอดคล้องกับวิถีชีวิตประจำวันให้มากขึ้น ก็คือ การนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้เป็นพลังงานหลักของชุมชนหรือชุมชนพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Community) ซึ่งถือได้ว่าเป็นแนวความคิดใหม่ที่ถูกคิดขึ้นมาในปี ค.ศ.2005 โดย NREL (National Renewable Energy Laboratory) ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้เริ่มศึกษาถึงแนวทางการเป็นไปได้ และอุปสรรคต่างๆ เพื่อการพัฒนาชุมชนพลังงานหมุนเวียน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองและปัญหาที่เกิดจากการใช้พลังงานจากฟอสซิล และพยายามหาวิถีทางที่จะดำเนินชีวิตในชุมชนโดยลดการใช้พลังงานสำหรับที่อยู่อาศัยและการเดินทางที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด (N. Carlisle, J. Elling , and T. Penney. 2008: 1-18) จากแนวคิดดังกล่าวถือได้ว่ามีความเป็นไปได้อย่างยิ่งและมีความเหมาะสมกับชุมชนในอนาคตของประเทศไทย

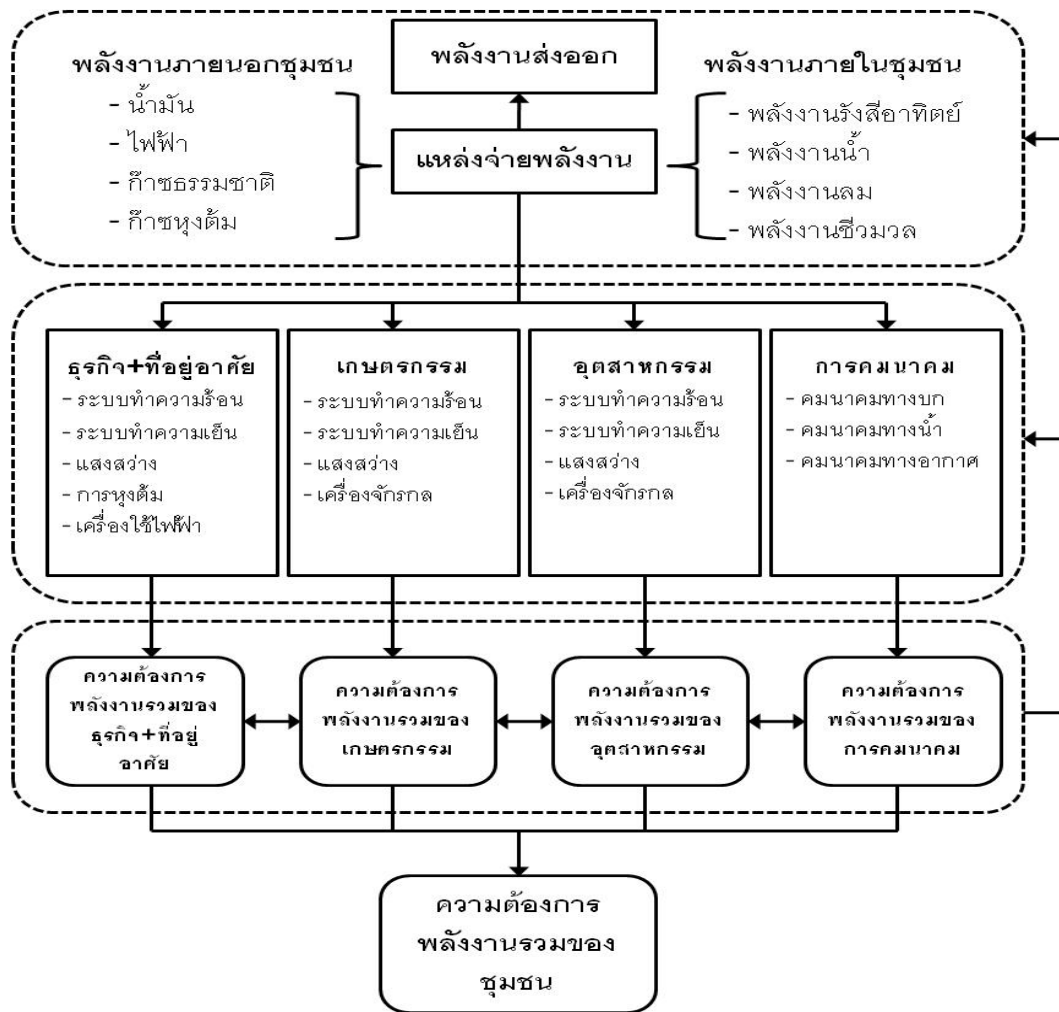
พงศ์วรุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

1. ลักษณะการใช้พลังงานของชุมชน

โดยทั่วไปรูปแบบการใช้พลังงานในแต่ละชุมชนสามารถแบ่งความต้องการพลังงานออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ที่พักอาศัย ธุรกิจหรืออุตสาหกรรม และด้านการคมนาคม โดยแหล่งพลังงานมาจาก 2 แหล่งพลังงาน คือ พลังงานจาก

ภายนอกชุมชน และพลังงานที่สามารถผลิตได้เองภายในชุมชนหรือพลังงานหมุนเวียน ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนได้ดังแผนผังต่อไปนี้ (Lin Q.G. and Huang G.H. 2009: 1836-1853)



รูปที่ 1. แผนผังรูปแบบการใช้พลังงานของชุมชน

ที่มา: Lin Q.G. and Huang G.H. (2009) *Journal of Elsevier*.

จากแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งพลังงานและความต้องการพลังงานจากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแหล่งพลังงานของชุมชนทั้งภายในและภายนอก จะจ่ายให้กับความต้องการทั้ง 4 ส่วน ซึ่งก็คือ ด้านที่อยู่อาศัยและ

ธุรกิจ ด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม และด้านการคมนาคม ซึ่งในแต่ละภาคส่วนก็จะมีความสัมพันธ์กันเป็นความต้องการพลังงานรวมของชุมชน โดยความต้องการพลังงานในแต่ละส่วนจะส่งผลกลับไปยังแหล่งพลังงานซึ่งจะต้องมีการผลิต

พงศ์วรุฒติ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

พลังงานให้มีความเพียงพอต่อความต้องการภายในชุมชน สำหรับในบางชุมชนที่สามารถผลิตพลังงานได้เองและมีปริมาณพลังงานมากกว่าความต้องการภายในชุมชนสามารถส่งออกพลังงานให้กับชุมชนอื่นได้

2. พลังงานหมุนเวียนภายในชุมชน

พลังงานหมุนเวียนในแต่ละชุมชนจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับภูมิศาสตร์และศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียนในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของพลังงานหมุนเวียนตามแหล่งทรัพยากรได้ดังนี้ (Lisa Kendal. (2008). pp7-13.)

2.1 พลังงานรังสีอาทิตย์ เป็นพลังงานที่มีแหล่งกำเนิดพลังงานมาจากดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังพื้นผิวโลก โดยเฉลี่ยต่อปีปริมาณพลังงานรังสีอาทิตย์จะมีค่าเท่ากับ $12 - 20 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ ซึ่งสามารถนำรังสีอาทิตย์นี้มาใช้ประโยชน์ได้ในด้านของพลังงานความร้อนโดยใช้แผงรับรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) ในการแปลงพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน และอีกรูปแบบหนึ่งก็คือการนำพลังงานรังสีอาทิตย์มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

2.2 พลังงานน้ำ เป็นพลังงานที่ได้จากการเคลื่อนที่ของน้ำตามแหล่งทรัพยากรซึ่งสามารถนำพลังงานน้ำมาแปลงเป็นพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้าสำหรับชุมชนได้ เช่น การใช้พลังงานกลจากพลังงานน้ำสำหรับเครื่องตำข้าว และการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากเครื่องผลิตไฟฟ้าจากการหมุนด้วยการเคลื่อนที่ของน้ำตามแหล่งธรรมชาติ

2.3 พลังงานลม เป็นพลังงานที่ได้จากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ โดยแต่ละความสูงจะมีค่าความเร็วลมที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของพื้นที่ที่มวลอากาศไหลผ่าน ในการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์สามารถนำมาใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับพลังงานลมก็คือพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานกลจะได้รับการเคลื่อนที่ของใบพัดที่อากาศไหลผ่าน มักจะพบเห็นในแหล่งที่มีการเกษตรกรรม เช่น กังหันวิดน้ำสำหรับการทำนาเกลือ อีกส่วนหนึ่งคือการนำพลังงานลมมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้พลังงานกลที่ได้จากพลังงานลมเพื่อหมุนเครื่องผลิตไฟฟ้าสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

2.4 พลังงานชีวมวลและพลังงานชีวภาพ เป็นพลังงานที่ได้จากวัสดุเหลือใช้จากทางเกษตรกรรม ซึ่งได้มาจากพืชและสัตว์ เช่น ไม้ กิ่งไม้ ซากพืช เปลือกของเมล็ดพืช และของเสียจากสัตว์ เช่น มูลหมู มูลเป็ด และมูลไก่ เป็นต้น พลังงานชีวมวลสามารถใช้แปลงเป็นพลังงานได้หลายรูปแบบ สามารถผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนสำหรับปรุงอาหาร และใช้เป็นส่วนผสมของพลังงานเชื้อเพลิง เช่น เอทานอลจากน้ำตาล หรือไบโอดีเซลที่ได้จากมูลสัตว์

2.5 พลังงานคลื่นและพลังงานน้ำขึ้นน้ำลง สามารถนำพลังงานคลื่นและพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยพลังงานที่ได้เป็นผลมาจากค่าความสูงของคลื่นและความเร็วคลื่น โดยใช้ประโยชน์จากขนาดและความเร็วของคลื่นที่ไหลเข้าสู่ฝั่งบวกกับความเร็วมเพื่อหมุนใบพัดในการผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานที่ได้จากคลื่นสามารถผลิตได้โดยการยึดกับพื้นผิวของทะเลหรือปล่อยให้ลอยอยู่เหนือผิวน้ำ และพลังงานจากน้ำขึ้นน้ำลงสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยอาศัยแรงดันน้ำจากน้ำขึ้นน้ำลงหมุนใบพัด turbine ในการผลิตไฟฟ้า โดยพลังงานคลื่นและพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงจำเป็นที่จะต้องอาศัยภูมิประเทศที่ติดกับทะเลซึ่งในบางชุมชนอาจจะไม่มีแหล่งทรัพยากรเหล่านี้

2.6 พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นการนำพลังงานความร้อนที่อยู่ใต้พื้นผิวโลกมาใช้งาน โดยสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานความร้อนโดยตรงและพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งแทบจะไม่มีผลกระทบทางด้านก๊าซเรือนกระจกหรือมลพิษทางอากาศ พลังงานความร้อนใต้พิภพสามารถใช้ประโยชน์ทางตรงได้จาก 2 แหล่งกำเนิดพลังงาน คือ หินร้อนซึ่งได้รับความร้อนจากความร้อนใต้พิภพ และอีกทางหนึ่งคือ การใช้ประโยชน์จากน้ำร้อน และไอน้ำที่ได้จากใต้พื้นโลก สำหรับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพจะขึ้นอยู่กับภูมิประเทศในแต่ละพื้นที่เช่นเดียวกับพลังงานคลื่นและพลังงานน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งชุมชนที่จะนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์ได้จำเป็นต้องมีแหล่งความร้อนใต้พิภพในชุมชนนั้นด้วย

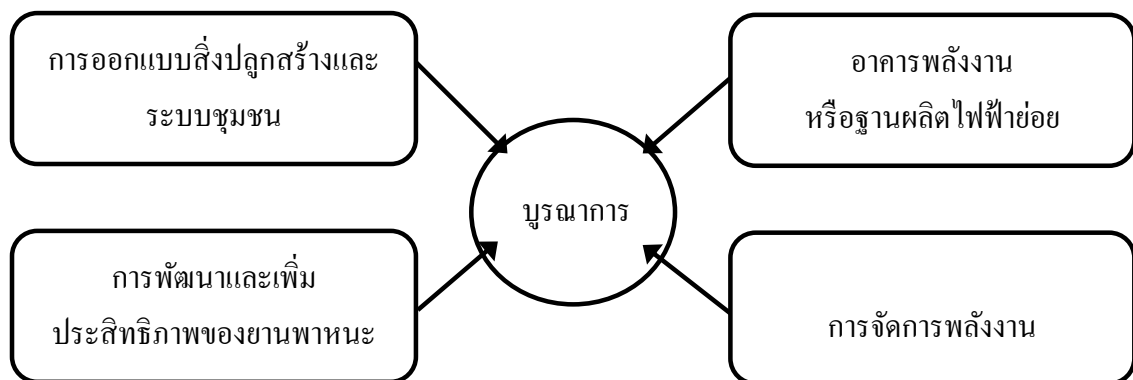
3. การนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในชุมชน อนาคต

จากแผนผังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแหล่งพลังงานที่มาจากพลังงานภายนอกส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานสิ้นเปลือง และพลังงานภายในชุมชนจะเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ชุมชนผลิตขึ้นมาเอง จากแนวคิดการรวมเอารูปแบบการดำเนินชีวิตกับเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนเข้าด้วยกัน ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณการนำเข้าพลังงานสิ้นเปลืองจากภายนอกลดลง และใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานหลักของชุมชน โดยใช้หลักการความสมดุลของแหล่งพลังงานกับความต้องการใช้พลังงานในชุมชน ตัวอย่างของแนวคิดนี้ได้แก่ การใช้พลังงานน้อยที่สุดหรือที่อยู่อาศัยที่ไม่ใช้พลังงาน (Zero-Energy Homes: ZEHs) การใช้งานร่วมกันด้านคมนาคมและยานพาหนะ และการผลิตพลังงานใช้เองในชุมชน เป็นต้น แนวคิดนี้จะส่งผลดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น แนวคิดชุมชนที่ใช้พลังงานหลักจากพลังงานหมุนเวียนจะมุ่งเน้นพลังงานพื้นฐานที่สามารถผลิตได้และเพียงพอต่อความต้องการของชุมชน NREL ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ถึงการพัฒนาด้านชุมชนพลังงานหมุนเวียน โดยทำการศึกษาในด้านต่างๆ ที่

เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน จัดทำการสำรวจข้อมูลจากผู้ผลิต ผู้พัฒนาและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้งานและเทคโนโลยีด้านพลังงานหมุนเวียนศึกษาจากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์ในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับชุมชนพลังงานหมุนเวียน และศึกษาประสิทธิภาพของพลังงานหมุนเวียนในแต่ละพื้นที่

ผลจากการศึกษาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ สามารถนำมากำหนดเป็น 5 องค์ประกอบหลักของการพัฒนาชุมชนให้สามารถนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้เป็นพลังงานหลักของชุมชนในอนาคตได้ มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (Lin Q.G. and Huang G.H. , 2009: 1836–1853)

1. การออกแบบสิ่งปลูกสร้างและระบบชุมชน
2. อาคารพลังงาน หรือฐานผลิตไฟฟ้าย่อย
3. การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของยานพาหนะ
4. การจัดการพลังงาน
5. การบูรณาการ



รูปที่ 2. องค์ประกอบของการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนสู่ชุมชน

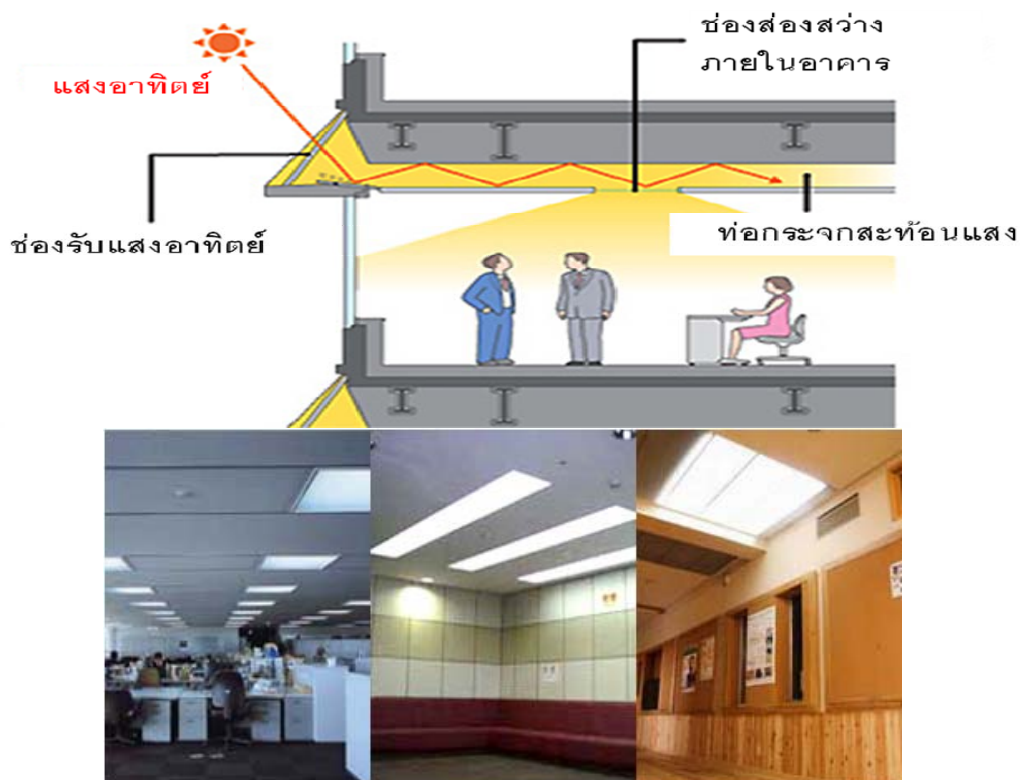
พงศัรวุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

3.1 การออกแบบสิ่งปลูกสร้างและระบบ ชุมชน

องค์ประกอบแรกของการสร้างชุมชนพลังงานหมุนเวียนในอนาคตจะเริ่มจากการสังเกตุสิ่งต่างๆ ในชุมชนเพื่อทำการพัฒนาปรับปรุง ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผน การออกแบบ และวิศวกร เพื่อที่จะพิจารณาสิ่งปลูกสร้าง สาธารณูปโภค และสิ่งแวดล้อมของชุมชน สำหรับการนำพลังงานหมุนเวียนเข้ามาทดแทนการใช้พลังงานสิ้นเปลือง ลดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม และมีความเป็นธรรมชาติให้ได้มากที่สุด สามารถแบ่งลักษณะของการออกแบบและการวางแผนสิ่งทดแทนของชุมชนพลังงานหมุนเวียนได้เป็น 2 ลักษณะคือ

3.1.1 ด้านอาคารสิ่งปลูกสร้าง เป็นการออกแบบอาคารบ้านเรือนเพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลือง หรือการอนุรักษ์พลังงาน และการออกแบบให้เพื่อสิ่งปลูกสร้างที่สามารถใช้กับพลังงานหมุนเวียนได้ เช่น การออกแบบหลังคาให้แสงลอดผ่านได้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และการออกแบบอาคารให้มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ตัวอย่างในประเทศญี่ปุ่นได้มีการคิดค้นประดิษฐ์นวัตกรรมในการประหยัดพลังงานนั่นก็คือท่อกระจก (Mirror Duct) ที่ช่วยในการให้แสงสว่างภายในอาคารโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ อากาศหลักการสะท้อนแสงของกระจกภายในท่อเพื่อให้แสงสว่างในอาคารหรือบริเวณทำงาน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. ท่อกระจก

ที่มา: Mr. Shintaro Ishihara. (2009). *Mirror Duct* [Online], สืบค้นจาก:

<http://trizthailand.com/elearning2/mod/forum/discuss.php?d=12>

พงศัรวุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

สำหรับประเทศไทยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้มีการพัฒนาแบบบ้านประหยัดพลังงานในหลายรูปแบบ เพื่อเป็นบ้านต้นแบบสำหรับการประหยัดพลังงานโดยอาศัยหลักการถ่ายเทของอากาศที่ทำให้ลดการใช้พลังงานสำหรับ

เครื่องปรับอากาศลงได้ พร้อมทั้งอาศัยแสงสว่างจากแสงอาทิตย์เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายในบ้าน ตัวอย่างบ้านประหยัดพลังงานดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. แบบบ้านประหยัดพลังงาน

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). แบบบ้านประหยัดพลังงาน (ออนไลน์), สืบค้นจาก:

<http://www2.dede.go.th/new-homesafe/>

3.1.2 ด้านการคมนาคม เป็นการออกแบบด้านการคมนาคมเพื่อลดการใช้พลังงานสำหรับการเดินทางหรือการขนส่ง โดยเป็นการวางแผนที่มีความเกี่ยวข้องกับสถานที่ตั้งของสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ในชุมชน เช่น โรงเรียน ร้านค้า และสถานบริการต่างๆ ให้ใกล้กับที่พักอาศัยและสถานที่ทำงาน ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานน้ำมันลงได้ โดยการเปลี่ยนจากการใช้ยานพาหนะประเภทรถยนต์เป็นการใช้จักรยานหรือการเดินบนทางเท้าแทน

จากกระแสอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทำให้หลายประเทศได้มีการใช้จักรยานไปมาด้วยจักรยานกันมากขึ้น กรุงโคเปนเฮเกนเมืองหลวงของประเทศเดนมาร์กกลายเป็น

เมืองที่มีผู้ใช้จักรยานมากที่สุดในโลก ประชากรของกรุงโคเปนเฮเกนราว 40 % หรือประมาณ 400,000 คน [4] จะใช้จักรยานในการสัญจรไปมาอุปสรรคสำหรับการสัญจรไปมาในประเทศที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นแบบเนินเขา เช่นประเทศนอร์เวย์ได้มีการคิดประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้ในการช่วยเคลื่อนหรือนำจักรยานขึ้นเนินเขานั้นก็คือ ลิฟท์จักรยาน ซึ่งอาศัยหลักการของการลากสกีขึ้นเขานั้นเอง สำหรับประเทศไทยได้มีจัดให้มีเส้นทางสำหรับจักรยานในบางเส้นทาง และได้มีค่าธรรมเนียมเรื่องการใช้จักรยานในมากขึ้นในด้านการท่องเที่ยวสำหรับแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ

พงศ์วรฤทธิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)



รูปที่ 4. ลิฟท์จักรยานสำหรับขึ้นเนินเขาในประเทศนอร์เวย์

ที่มา: มติชนออนไลน์. (2553). 10 เมืองที่ใช้จักรยานมากที่สุด (ออนไลน์), สืบค้นจาก: www.matichon.co.th



รูปที่ 5. เส้นทางของจักรยานในจังหวัดตาก

ที่มา: กิตติ อุปริพุทธิพงศ์. (2553). เส้นทางจักรยาน (ออนไลน์), สืบค้นจาก: <http://nui-shinchan.spaces.live.com/blog/cns!53ED942168268C2F!239.entry>

3.2 อาคารพลังงาน หรือฐานการผลิต
ไฟฟ้าย่อย

องค์ประกอบนี้เป็นการนำเทคโนโลยีด้านพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในอาคารหรือที่พักอาศัย รวมทั้ง

แหล่งการผลิตพลังงานจากพลังงานหมุนเวียน ซึ่งเน้นการนำพลังงานหมุนเวียนต่างๆ ในชุมชนมาผลิตเป็นพลังงานที่ใช้ในอาคารหรือที่พักอาศัยเองโดยลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากภายนอก เช่น การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับ

พงศ์วรุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

ผลิตไฟฟ้า และการนำพลังงานชีวมวลมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน เพื่อใช้ในแต่ละครัวเรือนเอง เมื่อมีปริมาณพลังงานที่ผลิตได้เองในแต่ละครัวเรือนมากเกินความต้องการก็ส่งพลังงานให้กับชุมชนเพื่อใช้ในแหล่งอื่นที่ปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ไม่เพียงพอ จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าอาคารบ้านเรือนในแต่ละครัวเรือนสามารถเป็นแหล่งผลิตพลังงานงานได้เองซึ่งอาจเรียกได้ว่า อาคารพลังงานหรือฐานการผลิตไฟฟ้าย่อย (Micro-Grids) ในประเทศ

สหรัฐอเมริกาได้มีการสนับสนุนให้มีโครงสร้างบ้านเรือนเพื่อลดการใช้พลังงานลงมากกว่า 30,000 หลัง ในรัฐแคลิฟอร์เนีย และในรัฐต่างๆ ที่ใกล้เคียง โดยประสบความสำเร็จในการลดการใช้พลังงานลงได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาอาคารบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้าง และทำการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่อยู่อาศัย เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับการใช้ชีวิตประจำวัน



รูปที่ 6. ที่อยู่อาศัยที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตไฟฟ้าบนหลังคา

ที่มา: Green. (2010). *Solar Cell Roof* [Online], Available: www.green.in.th/node/1267

ในการพัฒนาฐานการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยกระทรวงพลังงานได้สนับสนุนให้มีแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อใช้ในชุมชนต่างๆ ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับหมู่บ้าน โครงการห้วยปูลิงตั้งอยู่ ณ อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 22 กิโลวัตต์ ดำเนินการโดยความร่วมมือขององค์การบริหารส่วนตำบลบ้านหลวง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์

พลังงาน โดยโรงไฟฟ้าสามารถจ่ายไฟฟ้าให้ชาวบ้านได้กว่า 100 ครัวเรือน และโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว โครงการตะโป๊ะปู ตั้งอยู่ ณ อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 12 กิโลวัตต์ ดำเนินการโดยกลุ่ม Border Green Energy Team (BGET) โดยระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำสามารถจ่ายไฟฟ้าให้ชาวบ้านรวม 60 ครัวเรือน ซึ่งเพียงพอกับการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายในบ้านของชุมชน

พงศ์วรวิมล สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)



รูปที่ 7. โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

ที่มา: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2552). โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กระดับชุมชน (ออนไลน์), สืบค้นจาก:

<http://www.cfe.or.th>

3.3 การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของยานพาหนะ

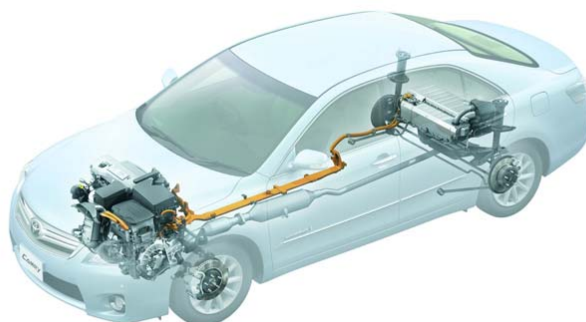
อีกองค์ประกอบหนึ่งที่ถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญของชุมชนอนาคตที่ใช้พลังงานหมุนเวียนนั่นก็คือ การพัฒนา ยานพาหนะที่สามารถลดการใช้พลังงานสิ้นเปลือง โดยใช้พลังงานหมุนเวียนทดแทน เช่น พลังงานไฟฟ้า ระบบไฮบริดจ์ หรือแบบเซลล์เชื้อเพลิง สำหรับยานพาหนะในปัจจุบันที่พัฒนาขึ้นเป็นยานพาหนะที่ใช้พลังงานแบบไฮบริดจ์ไฟฟ้า PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) ซึ่งสามารถใช้พลังงานจากไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย และพลังงานน้ำมัน ในการวิ่งระยะทางสั้น ๆ จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ และในกรณีที่ต้องการวิ่งในระยะทางที่ไกลมากขึ้น หรือในช่วงที่ต้องการกำลังมากขึ้นจะทำการเปลี่ยนระบบจากแบตเตอรี่เป็นพลังงานในรูปแบบไฮบริดจ์ ซึ่งจะเป็นการลด

ต้นทุนการใช้พลังงานลงได้ สำหรับไฟฟ้าที่ใช้สามารถผลิตได้เองจากอาคารพลังงาน หรือฐานการผลิตไฟฟ้าย่อย และน้ำมันเบนซินก็จะถูกแทนที่ด้วย เอทานอล หรือพลังงานเชื้อเพลิงที่หมุนเวียนกลับมาใช้ได้ ซึ่งสามารถลดต้นทุนของการใช้พลังงานเชื้อเพลิงลงได้ในอนาคต

ในการพัฒนาต่อยอดสำหรับยานพาหนะในอนาคต ยานพาหนะจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักเพียงอย่างเดียวและสามารถทำการสะสมพลังงานไฟฟ้าจากการใช้งานยานพาหนะ ซึ่งสามารถจ่ายคืนให้กับอาคารพลังงานได้ ซึ่งเรียกว่า V2G (Vehicle to Grid) โดยเทคโนโลยียานพาหนะชนิดนี้จะสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างมาก

พงศ์วรฤทธิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)



รูปที่ 8. ยานพาหนะที่ใช้พลังงานแบบไฮบริดจ์ไฟฟ้า (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

ที่มา: Iwebgas. (2010). *Hybrid car* [Online], สืบค้นจาก: www.iwebgas.com



รูปที่ 9. ยานพาหนะชนิด V2G (Vehicle to Grid)

ที่มา: University of Delaware. (2010). *V2G car* [Online], สืบค้นจาก: www.udel.edu

ในปัจจุบันค่ายผลิตรถชื่อดังหลายค่ายได้เริ่มมีการผลิตรถยนต์ที่ใช้ระบบไฮบริดจ์ไฟฟ้า ซึ่งได้มีการออกจำหน่ายในตลาดทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย แต่ถือได้ว่ายังมีราคาค่อนข้างสูงกว่ารถยนต์ที่ใช้พลังงานสิ้นเปลืองเพียงอย่างเดียว ส่วนยานพาหนะชนิด V2G ยังอยู่ในขั้นการพัฒนาเพื่อแผนการออกจำหน่ายในอนาคต อีก

รูปแบบหนึ่งของยานพาหนะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักและได้มีการออกจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว นั่นก็คือ จักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งใช้พลังงานขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 500 – 900 วัตต์ สามารถทำความเร็วได้ประมาณ 45 – 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีราคาถูก ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้ในชุมชน

พงศ์วรุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)



รูปที่ 10. รถยนต์พลังงานแบบไฮบริดจ์ไฟฟ้าที่มีออกจำหน่ายในปัจจุบัน
ที่มา: Thaihybridcar. (2553). Hybridcar [Online], สืบค้นจาก: www.thaihybridcar.com



รูปที่ 11. รถจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้าที่มีออกจำหน่ายในปัจจุบัน
ที่มา: Thaionlinemarket. (2553). รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (ออนไลน์), สืบค้นจาก: www.thaionlinemarket.com

3.4 การจัดการพลังงาน

สำหรับการจัดการพลังงาน เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการวางแผนและควบคุมเพื่อการขยายผลของการใช้พลังงานหมุนเวียนในชุมชนให้เพียงพอต่อความต้องการพลังงานในชุมชน รวมถึงการขยายฐานการผลิตไฟฟ้าย่อยให้มีปริมาณที่มากพอต่อความต้องการและการควบคุมให้สามารถทำงานและมีประสิทธิภาพที่ดี ระบบการผลิตพลังงานและระบบการจ่ายพลังงานให้มีความเหมาะสม ซึ่งจำเป็นต้องมีการวางแผนกำหนดเป้าหมายในการผลิตพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการพลังงานชุมชนในอนาคตต่อไป

ตัวอย่างในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาของความเป็นไปได้ในการจัดระบบการใช้พลังงานของเมืองออสตินซิตี (Austin City) ในมลรัฐเทกซัส (Texas) โดยได้มีการจัดทำแผนสำหรับการขยายรูปแบบอาคารพลังงานสำหรับบ้านเรือนและการใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานชุมชน จาก 11 เปอร์เซ็นต์เป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ภายในปี ค.ศ. 2015 และสนับสนุนให้มีการใช้ยานพาหนะแบบไฮบริดจ์ให้มากขึ้น มีการวางแผนสำหรับการชาร์ตไฟฟ้าสำหรับยานพาหนะโดยช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการชาร์ตให้กับแบตเตอรี่ของยานพาหนะอยู่ในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าจะมีความต้องการสูงในช่วง

พงศ์วรุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

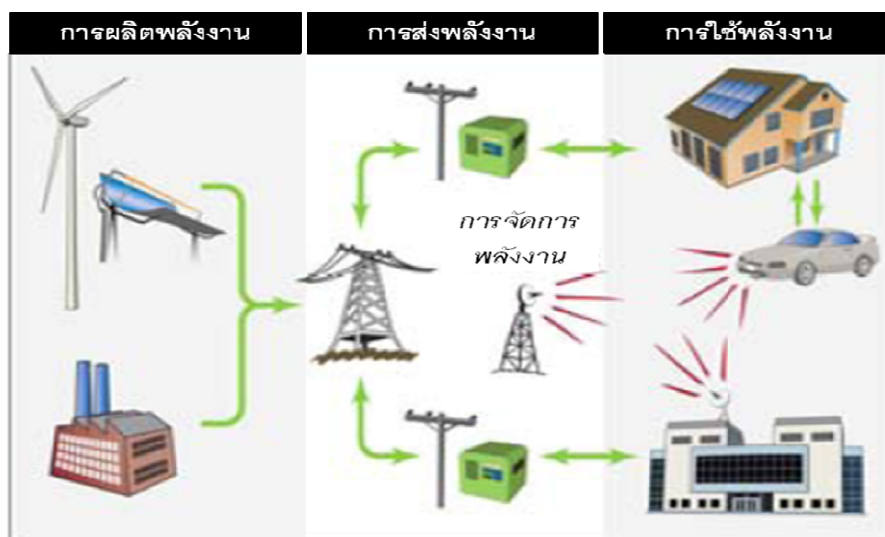
บ้ายและช่วงหัวค่ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน (N. Carlisle, J. Elling , and T. Penney, 2008, , pp. 1-18)

ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาเพื่อสร้างการใช้พลังงานหมุนเวียนภายในชุมชนให้มีมากขึ้นดังเช่นชุมชนทุ่งหัวช้าง จังหวัดลำพูน โดยทางสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ฯ มีเป้าหมายภายใน 3 ปี เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 มุ่งขยายการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากสับุดำทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งจำเป็นต้องมีการปลูกสับุดำเพิ่มขึ้น 1.1 แสนตัน จากที่มีอยู่แล้วประมาณ 300 ไร่ เพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของประชากร 150 – 200 ครั้วเรือน (หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ. 2550: Online)

3.5 การบูรณาการ

เป็นการนำองค์ประกอบทั้ง 4 รวมเข้าด้วยกันเพื่อการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนภายในชุมชนเข้าสู่ชุมชนที่ใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานหลักที่สมบูรณ์แบบ เมื่อสามารถนำทุกอย่างมาใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วทุกอย่างก็จะสามารถเชื่อมต่อเข้ากันซึ่งก็คือชุมชนหรือสังคมพลังงานหมุนเวียนนั่นเอง ดังตัวอย่างรูปที่ 8 เป็นการแบ่งสถานะเป็น 3 ส่วน คือ การผลิตพลังงาน การส่งพลังงานและ

การใช้พลังงาน ซึ่งในการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานใหญ่จะถูกทดแทนด้วยการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น พลังงานรังสีอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวมวล เมื่อกระแสไฟฟ้าได้ถูกส่งให้กับระบบการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังส่วนต่าง ๆ ของชุมชนผ่านทางสายส่งจากนั้นจะเข้าสู่การใช้พลังงานของชุมชน จากการใช้พลังงานของชุมชนในระบบเดิมที่มีแต่การใช้พลังงานเพียงอย่างเดียว ในชุมชนอนาคตจะมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าในอาคารที่สามารถนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้งานในอาคารหรือบ้านเรือนของตนเองทำให้ความต้องการพลังงานลดลง อีกทั้งในกรณีที่สามารผลิตไฟฟ้าได้เป็นจำนวนมากสามารถนำพลังงานที่ได้ส่งกลับเข้าสู่ระบบการจ่ายเพื่อส่งไปยังแหล่งอื่นของชุมชนที่มีความต้องการพลังงานเป็นจำนวนมากได้ อีกทั้งระบบยานพาหนะที่เป็นระบบ V2G ในอนาคตที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้ากลับคืนให้สู่แหล่งจ่ายพลังงานได้เช่นเดียวกัน โดยระบบการควบคุมการผลิตและการจ่ายพลังงานภายในชุมชนจะมีระบบการจัดการพลังงานที่เป็นศูนย์กลางคอยดูแลและควบคุมให้มีพลังงานใช้เพียงพอสำหรับความต้องการพลังงานภายในชุมชนเอง



รูปที่ 12. การบูรณาการทั้ง 4 องค์ประกอบเป็นชุมชนอนาคตที่ใช้พลังงานหมุนเวียน
ที่มา: N. Carlisle. (2008). A Renewable Energy Community: Key Elements , pp14

พงศ์วรุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

ในประเทศจีนได้มีการวางแผนการสำหรับการพัฒนาเมือง Dongtan ในอนาคต ที่มีประชากรประมาณ 80,000 คน โดยจัดตั้งโรงไฟฟ้าจากแก๊สกำลังการผลิตขนาด 33 เมกะวัตต์ และมีการนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียกลับมาใช้ใหม่ในระบบ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับความต้องการพลังงานในชุมชนด้าน พลังงานความร้อน และพลังงานความเย็นทั้งหมด รวมทั้งการวางระบบการคมนาคมใหม่เพื่อลดการใช้ยานพาหนะในเมือง (N. Carlisle, J. Elling, and T. Penney, 2008, pp. 1-18)

สำหรับประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีแหล่งทรัพยากรที่อุดมสมบูรณ์สามารถ

นำมาแปลงเป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในชุมชนได้อย่างเพียงพอ ดังตัวอย่างการพัฒนาอนุรักษ์พลังงานในพื้นที่อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย ได้เริ่มต้นเมื่อปี พ.ศ.2548 โดยมูลนิธิเลยเพื่อการอนุรักษ์และพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยได้คัดเลือกตำบลเลยวังไสยเพื่อเข้าร่วมโครงการในชุมชนได้มีการพัฒนาพลังงานชีวมวลในชุมชนให้มีประสิทธิภาพ และการสร้างกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในครัวเรือนและพื้นที่สำหรับการเกษตรที่เหมาะสมกับความเป็นอยู่ของชุมชนส่วนใหญ่ของประเทศไทย



รูปที่ 13. โครงการพลังงานทางเลือกเพื่อชุมชนจังหวัดเลย
ที่มา: พลัง+งาน. (2553). *โครงการพลังงานชุมชน* (ออนไลน์), สืบค้นจาก:
<http://www.energygreenhealth.com/viewarticledata.php?articleid=19>

4. บทสรุป

รูปแบบของการใช้พลังงานในแต่ละชุมชนสามารถแยกแยะออกเป็น 3 ส่วน คือ ความต้องการพลังงานในอาคารบ้านเรือน ความต้องการพลังงานเพื่อธุรกิจ และความต้องการด้านคมนาคม ในแต่ละส่วนจะมีการใช้พลังงานในรูปแบบที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันจะใช้พลังงานหลักมาจากพลังงานสิ้นเปลืองที่นำเข้ามาจากแหล่งพลังงานภายนอกชุมชน ซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม แนวทางการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในชุมชนอนาคตจึง

เกิดขึ้น พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสามารถหามาได้จากภายในชุมชนเอง โดยพลังงานหมุนเวียนมีหลากหลายรูปแบบ เช่น พลังงานรังสีอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานชีวมวล เป็นต้น ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่มีทรัพยากรด้านพลังงานหมุนเวียนที่สมบูรณ์ ซึ่งเหมาะแก่การนำพลังงานหมุนเวียนมาแปลงเป็นพลังงานหลักในชุมชนเอง การนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ชุมชนจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาที่เป็นรูปแบบและเป้าหมายที่ชัดเจน โดย

พงศัรวุฒิ สนธิโสภณ

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2553 (4-17)

วัตถุประสงค์เพื่อการมีพลังงานใช้อย่างยั่งยืนและลดมลพิษที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต แนวทางในการพัฒนาชุมชนสู่ชุมชนอนาคตที่ใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานหลัก สามารถแบ่งออกเป็น 5 องค์ประกอบ คือ การออกแบบสิ่งปลูกสร้างและระบบชุมชน อาคารพลังงานหรือฐานผลิตไฟฟ้าย่อย การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของยานพาหนะ การจัดการพลังงาน และการบูรณาการ โดยทั้ง 5 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กัน เมื่อชุมชนหรือสังคมต่างๆ สามารถดำรงอยู่ได้โดยใช้พลังงานที่ผลิตขึ้นมาเองได้ การใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากแหล่งพลังงานภายนอกก็จะลดลงหรือไม่จำเป็นที่จะต้องใช้เลยในอนาคต ซึ่งนั้นก็หมายความว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือมลพิษที่เกิดขึ้นจากพลังงานสิ้นเปลืองก็จะหมดไปด้วยเช่นกัน ในต่างประเทศได้เริ่มมีการวางแผนเพื่อพัฒนาชุมชนเข้าสู่ชุมชนอนาคตที่ใช้ลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในอีก 10 ปีข้างหน้า ส่วนประเทศไทยได้เริ่มมีการสร้างชุมชนต้นแบบเพื่อใช้พลังงานหมุนเวียนให้มีความเหมาะสมกับระบบการประกอบอาชีพด้านการเกษตรกรรมให้มากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1.] กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). *แบบบ้านประหยัดพลังงาน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www2.dede.go.th/new-homesafe/
- [2.] กิตติ อภิรัฐพิพงค์. (2553). *เส้นทางจักรยาน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก <http://nui-shinchan.spaces.live.com/blog/cns!53ED942168268C2F!239.entry>
- [3.] พลัง+งาน. (2553). *โครงการพลังงานชุมชน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.energygreenhealth.com/viewarticledata.php?articleid=19
- [4.] มติชนออนไลน์. (2553). *10 เมืองที่ใช้จักรยานมากที่สุด*. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.matichon.co.th
- [5.] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2552). *โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับชุมชน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก <http://www.efc.or.th>
- [6.] หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ. (2550). *พลังงานหมุนเวียนภายในชุมชน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.bangkokbiznews.com/2007/08/17/news_24415705.php?news_id=24415705
- [7.] Green. (2010). *Solar Cell Roof*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.green.in.th/node/1267
- [8.] Iwebgas. (2010). *Hybrid car*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.iwebgas.com
- [9.] Lin Q.G. and Huang G.H. (2009). "A dynamic inexact energy systems planning model for supporting greenhouse-gas emission management and sustainable renewable energy development under uncertainty – A case study for the City of Waterloo, Canada". *Journal of Elsevier*, pp.1836–1853
- [10.] Lisa Kendal. (2008). *Community Renewable Energy: A Research Guide*. National Centre for Sustainability: University of Ballarat, pp7–13.
- [11.] Mr. Shintaro Ishihara. (2009). *Mirror Duct*. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก <http://trizthailand.com/elearning2/mod/forum/discuss.php?d=12>
- [12.] N. Carlisle, J. Elling , and T. Penney, (2008). *A Renewable Energy Community: Key Elements*. National Renewable Energy Laboratory, pp. 1–18
- [13.] Thaihybridcar. (2553). *Hybridcar*. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.thaihybridcar.com
- [14.] Thaionlinemarket. (2553). *รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.thaionlinemarket.com
- [15.] University of Delaware. (2010). *V2G car*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2553 จาก www.udel.edu