นโยบายการส่งเสริมระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อน-ความเย็นร่วมสำหรับประเทศไทย

แนบบุญ หุนเจริญ[1], คเณศ ว่องวิษณุพงศ์[1], กุลยศ อุดมวงศ์เสรี[1] และ รักษนัย นิธิฤทธิไกร[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2]สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[1]naebboon.h@chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ศักยภาพและมาตรการเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงปฐมภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยอาศัยระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนหรือความเย็นร่วมกัน (Combined Cooling, Heating, and Power: CCHP) ผลจากการศึกษานำไปสู่แนวทางการกำหนดสัดส่วนกำลังการผลิตจากระบบ CCHP ที่เหมาะสมในแผนพัฒนากำลังผลิตของประเทศไทย สอดคล้องกับตัวเลขคาดหวังในการประหยัดพลังงานปฐมภูมิที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยรวมของประเทศ

คำสืบค้น

ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อน-ความเย็นร่วม, ประสิทธิภาพพลังงาน, แผนพัฒนากำลังผลิต

Supporting Policy for Combined Cooling Heating and Power Systems in Thailand

***Naebboon Hooncharean*[1], *Kanet Wongvisanupong*[1],**

***Kulyos Audomvongseree*[1] *and* *Raksanai Nidhiritdhikrai*[2]**

[1]*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University*

[2]*Energy Research Institute, Chulalonglorn University*

[1]*naebboon.h@chula.ac.th*

ABSTRACT

This article presents the analyses of potentials and proposed policies for promoting power generation employing Combined Cooling, Heating, and Power (CCHP) technologies to achieve higher efficiency in primary energy use. In turn, the article suggests how to determine proper proportion of power capacity generated by CCHP, in the Thailand's Power Development Plan (PDP) in accordance with the expected primary energy savings for producing power to serve the whole country.

KEYWORDS

CCHP, Combined Heat and Power, Energy Efficiency, Power Development Plan

1. บทนำ

บทความนี้ นำเสนอสรุปผลการศึกษาศักยภาพและมาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนหรือความเย็นร่วมกัน (Combined Cooling, Heating, and Power: CCHP) พร้อมทั้งเสนอแนวทางการกำหนดสัดส่วนระบบ CCHP ที่เหมาะสมในแผนการจัดหาไฟฟ้า การศึกษาประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ

ส่วนที่ 1: ประมวลความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยี สถิติการใช้งาน พร้อมทั้งตัวอย่างการประยุกต์ระบบ CCHP สำหรับสถานประกอบการลักษณะต่างๆ โดยการสำรวจข้อมูลในต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ เยอรมัน จีน และญี่ปุ่น โดยสมรรถนะเชิงเทคนิคของการทำงานของระบบ CCHP ที่นำเสนอแบ่งออกเป็น 4 เทคโนโลยีหลัก ได้แก่ เครื่องยนต์สันดาปภายใน กังหันแก๊ส กังหันแก๊สขนาดเล็ก และเซลล์เชื้อเพลิง

ส่วนที่ 2: นำเสนอผลการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ CCHP รวมถึงส่งเสริมการใช้งานระบบ CCHP ในสถานประกอบการของผู้ใช้ไฟ โดยเปรียบเทียบนโยบายที่ได้เคยดำเนินการมาหรือใช้อยู่ในปัจจุบันของต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศเยอรมันนี ญี่ปุ่น อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศผู้นำทางด้านเทคโนโลยีและการใช้งานระบบ CCHP กับนโยบายของประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ส่วนที่ 3: รวบรวมและนำเสนอสถานะปัจจุบันของการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ CCHP ในประเทศไทย โดยแบ่งออกเป็นสถานะของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Producers: SPP) และสถานะของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producers: VSPP) ประเภท Cogeneration ตามลำดับ โดยอาศัยข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นหลัก

ส่วนที่ 4: วิเคราะห์ สรุปผล และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับมาตรการสนับสนุนและส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบ CCHP เพื่อเป็นแนวทางการดำเนินงานด้านนโยบายสำหรับประเทศไทย พร้อมทั้งเสนอแนวคิดในการกำหนดสัดส่วนกำลังการผลิตด้วยระบบ CCHP ที่เหมาะสม

จากผลการศึกษาตามขอบเขตข้างต้น นำมาวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาศักยภาพและมาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานร่วม CCHP ทั้ง 4 ได้ดังนี้

2. การวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบ

ผลจากการประมวลความก้าวหน้าเชิงสมรรถนะของเทคโนโลยีสำหรับระบบผลิตพลังงานร่วม CCHP [1-4] ทั้ง 4 ประเภทหลัก ได้แก่ เครื่องยนต์สันดาปภายใน กังหันแก๊ส กังหันแก๊สขนาดเล็ก และเซลล์เชื้อเพลิง ที่มีใช้งานอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบัน โดยเฉพาะค่าประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า และประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ เมื่อคำนึงถึงความสามารถในการนำความร้อนเหลือทิ้ง ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ทั้งในรูปของ ไอน้ำ น้ำร้อน ก๊าซร้อน รวมถึงการผลิตน้ำเย็นเพื่อใช้ในระบบปรับอากาศ ด้วยแล้ว ผลที่ได้แสดงเป็นค่าพิสัยโดยเฉลี่ย ดังตารางที่ 1 นอกจากนี้ หากพิจารณาความยืดหยุ่นในการปรับตั้งอัตราส่วนระหว่างผลลัพธ์การผลิตไฟฟ้าต่อการผลิตความร้อนไปใช้ประโยชน์ (Power to Heat Ratio) ของแต่ละเทคโนโลยี โดยทั่วไป มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-1.0

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของระบบ CCHP จำแนกตามเทคโนโลยี [1-4]

	เครื่องยนต์สันดาปภายใน	กังหันแก๊ส	กังหันแก๊สขนาดเล็ก	เซลล์เชื้อเพลิง
ประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้า (%)	29 - 39	21 - 37	22 - 26	40 - 60
ประสิทธิภาพโดยรวม (%)	70 - 80	65 - 70	64 - 70	60 - 80

สำหรับประเทศไทย ผลการประเมินคุณลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าของ SPP ประเภทสัญญา Firm ประจำปี พ.ศ. 2552 โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า ให้ SPP ระบบ Cogeneration จะต้องมีสัดส่วนของพลังงานความร้อน ที่จะนำไปใช้ในกระบวนการอุณหภาพนอกจากการผลิตไฟฟ้า ต่อการผลิตพลังงานทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 และมีสัดส่วนของผลรวมระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และครึ่งหนึ่งของพลังงานความร้อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการอุณหภาพ ต่อพลังงานความร้อนจากน้ำมันและ/หรือก๊าซธรรมชาติ (โดยคิดจากค่าความร้อนต่ำ) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 45 โดยคิดเฉลี่ยในแต่ละปีนั้น ผลการประเมินพบว่า SPP ระบบ Cogeneration ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง จากจำนวนทั้งหมด 20 ราย ไม่ผ่านเกณฑ์สัดส่วนพลังงานความร้อนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 อยู่ 3 ราย และไม่ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าร้อยละ 45 อยู่ 3 ราย เช่นกัน

สำหรับการประเมินค่าการประหยัดพลังงานปฐมภูมิ (Primary Energy Saving: PES) ของ SPP หรือ VSPP ตามหลักเกณฑ์ใหม่ยังไม่มีข้อมูลอย่างเป็นทางการ จึงยังไม่มีผลวิเคราะห์สมรรถนะในส่วนนี้ ในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (สกพ.) เป็นผู้รับขึ้นทะเบียนหน่วยงานที่จะสามารถทำการประเมินค่า PES ดังกล่าว

หากวิเคราะห์สมรรถนะการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิในการผลิตไฟฟ้าของทั้งประเทศ ด้วยการส่งเสริมกำลังการผลิตระบบ CCHP โดยอาศัยข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าความร้อนทั่วไปและในโรงไฟฟ้าระบบ Cogeneration (ใช้ก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า) เปรียบเทียบกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงจากโรงไฟฟ้าทั้งสองกลุ่ม ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2552 รวมกับประมาณการปริมาณความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการ CCHP ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ จะสามารถประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิโดยรวมได้จากสมการที่ 1 โดยมีสมมุติฐานความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการ CCHP ($Heat_{CCHP}$) ที่นำไปใช้ประโยชน์ คำนวณได้จากสมการที่ 2

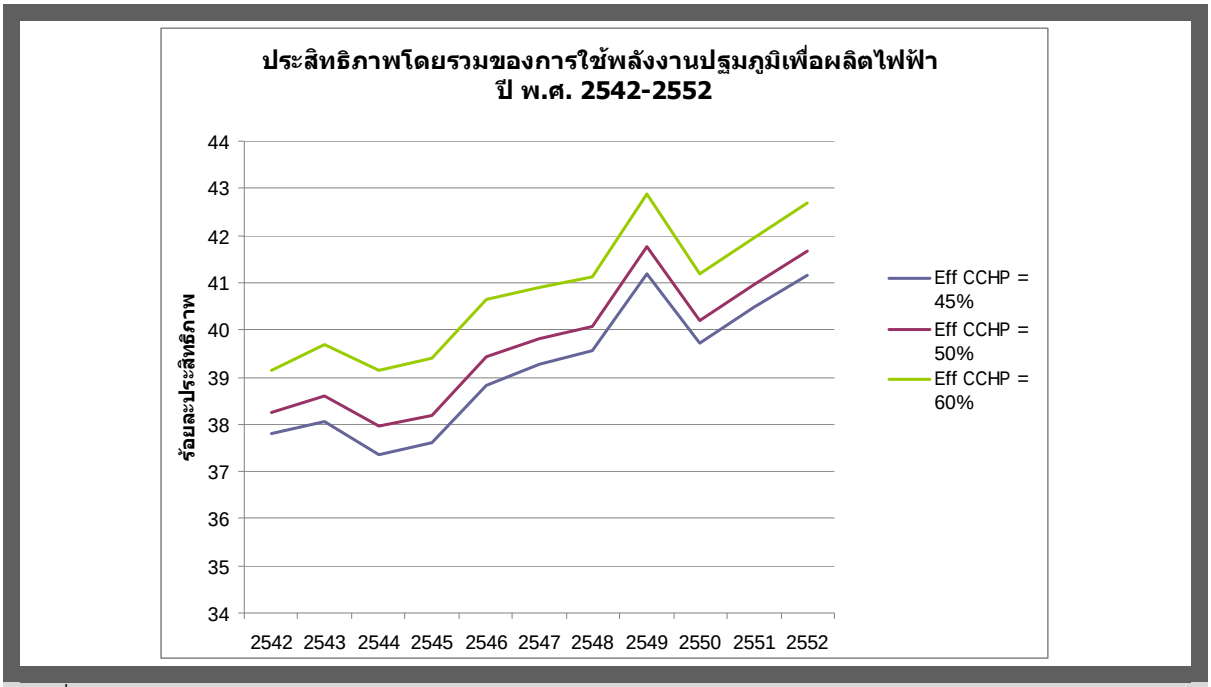
$$\eta_{total} = \frac{EE_{non-CCHP} + EE_{CCHP} + Heat_{CCHP}}{F_{non-CCHP} + F_{CCHP}} \times 100 \quad (1)$$

$$Heat_{CCHP} = \eta_{CCHP} F_{CCHP} - EE_{CCHP} \quad (2)$$

โดยที่

EE_{CCHP}	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท CCHP (ktoe)
$EE_{non-CHP}$	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่ไม่ใช่ CCHP (ktoe)
F_{CCHP}	คือ	ปริมาณเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน CCHP (ktoe)
$F_{non-CCHP}$	คือ	ปริมาณเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนที่ไม่ใช่ CCHP (ktoe)
$Heat_{CCHP}$	คือ	พลังงานความร้อนที่ผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท CCHP (ktoe)
η_{total}	คือ	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิโดยรวม (ร้อยละ)
η_{CCHP}	คือ	ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP (ร้อยละ)

ในที่นี้ ทำการเปรียบเทียบกรณีที่ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP (η_{CCHP})อยู่ที่ร้อยละ 45 (ประมาณเท่ากับประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าอย่างเดียวโดยเฉลี่ย), 50 และ 60 ตามลำดับ จะได้ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิ (ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน)โดยรวมของทั้งประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2552 เป็นดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านโยบายการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิด้วยการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ Cogeneration ในช่วงที่ผ่านมาของประเทศไทยน่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิของทั้งประเทศได้ร้อยละ 0.5 – 1.5



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพโดยรวมของการใช้พลังงานปฐมภูมิในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2542-2552 (ที่สมมุติฐานประสิทธิภาพของระบบ Cogeneration ร้อยละ 45, 50 และ 60 ตามลำดับ)

3. การวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาเชิงการประยุกต์ใช้งาน

ผลการสำรวจตัวอย่างการประยุกต์ระบบ CCHP สำหรับสถานประกอบการในลักษณะต่างๆ [4-6] เพื่อใช้เป็นแนวคิดในการนำมากำหนดเป็นนโยบายการส่งเสริมการใช้งานระบบ CCHP ในประเทศไทยในระยะต่อไป โดยทำการสำรวจข้อมูลในต่างประเทศ ที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ เยอรมัน จีน และญี่ปุ่น ผลที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประยุกต์ระบบ CCHP ในสถานประกอบการต่างๆ ในต่างประเทศ

ประเทศ / สถานประกอบการ	สหรัฐอเมริกา	อังกฤษ	เยอรมัน	จีน	ญี่ปุ่น
บ้านพักอาศัย			✓		✓
สำนักงาน	✓	✓	✓	✓	✓
โรงพยาบาล	✓	✓	✓		✓
โรงแรม	✓	✓			
โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย	✓		✓	✓	✓
ศูนย์กีฬา/ศูนย์เยาวชน	✓	✓			✓
เขตพื้นที่ธุรกิจหรือศูนย์กลางเมือง	✓	✓	✓	✓	✓
โรงงานอุตสาหกรรม	✓	✓	✓	✓	✓
โรงไฟฟ้าพลังงานร่วม	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ในประเทศผู้นำทางด้านเทคโนโลยีและการใช้งานระบบ CCHP นั้น นอกเหนือจากการส่งเสริมการใช้งานระบบ CCHP ในรูปแบบของโรงไฟฟ้าพลังงานร่วม และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นแนวคิดดั้งเดิมแล้ว ยังส่งเสริมการประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการภาคพาณิชย์กรรม ตลอดจนถึงบ้านพักอาศัย โดยเฉพาะทุกประเทศให้ความสำคัญและส่งเสริมการประยุกต์ระบบ CCHP กับเขตพื้นที่ธุรกิจหรือศูนย์กลางเมือง เพื่อผลิตไฟฟ้า พร้อมกับทำความร้อนหรือปรับอากาศในรูปแบบโครงข่ายพลังงานท้องถิ่น (District Energy for Heating and Cooling) ซึ่งอาจเรียกชื่อย่อได้หลายแบบ อาทิเช่น DHC DCH DE DEH หรือ DEHC ทั้งนี้ สะท้อนให้เห็นถึงความคาดหวังในการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี CCHP เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิให้ได้เป็นผลสำเร็จอย่างจริงจัง

ในขณะที่นโยบายและมาตรการเพื่อส่งเสริมการประยุกต์ระบบ CCHP ในประเทศไทย จนถึงปัจจุบัน ยังมีเพียงในรูปแบบของโรงไฟฟ้าพลังงานร่วม (SPP หรือ VSPP Cogeneration) ซึ่งส่วนใหญ่ดำเนินธุรกิจด้านการผลิตไฟฟ้าขายเป็นหลัก และมีการใช้ประโยชน์จากไอน้ำเหลือจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น ในอนาคต จึงควรพิจารณานโยบายส่งเสริมให้ครอบคลุมลักษณะการประกอบการที่กว้างขวางขึ้น โดยเฉพาะรูปแบบการนำความร้อนเหลือทิ้งจากระบบ CCHP ไปใช้กับระบบปรับอากาศแบบท้องถิ่นสำหรับเขตพื้นที่ธุรกิจหรือศูนย์กลางเมือง โดยให้มีการศึกษาความเหมาะสมและความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรม

4. การวิเคราะห์สถานะการส่งเสริมระบบ CCHP ในประเทศไทย

สรุปเป้าหมายเชิงนโยบายในการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ CCHP [7] ผ่านโครงการการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP ระบบ Cogeneration ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 จนถึงปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระยะเวลา คือ ระยะที่ 1 ระหว่าง พ.ศ. 2538-2557 รับซื้อไฟฟ้าจาก SPP Cogeneration รวมทั้งสิ้น 49 ราย ปริมาณพลังไฟฟ้าขายเข้าระบบตามสัญญาจำนวนรวมประมาณ 3,600 เมกะวัตต์ และระยะที่ 2 พ.ศ. 2558-2564 รับซื้อไฟฟ้าจาก SPP Cogeneration เพิ่มอีกประมาณ 3,500 เมกะวัตต์ ซึ่งคาดว่าจะทำให้กำลังผลิตสะสมของ SPP Cogeneration คิดเป็นประมาณร้อยละ 18 ของความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ณ เวลานั้น ส่วนนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP Cogeneration ยังไม่มีการตั้งเป้าหมายในเชิงนโยบายของกำลังการผลิตโดยรวม และยังไม่มีการจำกัดปริมาณการรับซื้อรวมจาก VSPP ด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 3 แสดงสรุปกรอบนโยบายเกี่ยวกับปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP และ VSPP ทั้งประเภท Cogeneration และประเภทพลังงานหมุนเวียน จากปี พ.ศ. 2535 จนถึงปัจจุบัน และต่อไปยังอนาคต ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า 2010 (PDP 2010) [7]

ตารางที่ 3 สรุปเป้าหมายเชิงนโยบายปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP และ VSPP

ปี พ.ศ.	เป้าหมายปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP
2535	กำหนดการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP รวมจำนวน 300 เมกะวัตต์
2539	ขยายปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP เพิ่มเป็น 3,200 เมกะวัตต์
2549	ขยายปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP เพิ่มเป็น 4,000 เมกะวัตต์
2538-2557	กำหนดการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP รวมจำนวนประมาณ 4,000 เมกะวัตต์
2558-2564*	กำหนดการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP-Cogeneration เพิ่มอีก 3,500 เมกะวัตต์
2565-2573**	กำหนดการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP-Cogeneration เพิ่มอีกปีละ 360 เมกะวัตต์
ปี พ.ศ.	เป้าหมายปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP
2545	กำหนดการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP ไม่เกิน 1 เมกะวัตต์
2549	กำหนดการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP-Cogeneration ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

* เดิมกำหนดไว้ที่ 2,000 เมกะวัตต์ ต่อมาภายหลังประกาศรับซื้อเพิ่มเติมอีก 1,500 เมกะวัตต์ ** ประมาณการตามแผน PDP 2010 [7]

ข้อมูลจาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) แสดงสถานะของ SPP ณ เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Producer: SPP) ประเภท Cogeneration ที่ขายไฟเข้าระบบแล้ว (COD) จำนวน 24 ราย คิดเป็นปริมาณพลังไฟฟ้าที่เสนอขายรวม 1782.5 เมกะวัตต์ และรายที่ลงนามข้อตกลงการซื้อขายไฟฟ้า (PPA) แล้ว อยู่ระหว่างรอ COD อีกจำนวน 18 ราย ปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขายรวม 1,604 เมกะวัตต์ ส่วนผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) ประเภท Cogeneration ที่ขายไฟเข้าระบบแล้ว (COD) จำนวนเพียง 2 ราย มีปริมาณพลังไฟฟ้าที่เสนอขายรวม 6 เมกะวัตต์

หากวิเคราะห์สัมฤทธิผลของการส่งเสริมการใช้งานระบบ CCHP ผ่านการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP และ VSPP ประเภท Cogeneration ในเชิงปริมาณ พบว่าในส่วนของ SPP Cogeneration บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ แต่หากวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ โดยมุ่งผลสัมฤทธิ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ พบว่า ระเบียบและเกณฑ์การตรวจวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ยังไม่สะท้อนประโยชน์ในเชิงประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิได้อย่างชัดเจน ผู้ประกอบการ SPP ส่วนใหญ่ ยังคงมุ่งเน้นการประกอบธุรกิจผลิตไฟฟ้าเป็นหลัก ยกเว้นเฉพาะ SPP รายที่ผลิตไฟฟ้าส่วนหนึ่งเพื่อใช้เองในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ นอกจากนี้ หากพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งของโรงไฟฟ้า SPP ส่วนใหญ่ จะพบว่ากระจุกตัวอยู่เฉพาะในบางพื้นที่ และขึ้นกับแนวท่อก๊าซธรรมชาติที่ไปถึง เป็นสำคัญ

ในส่วนของ VSPP Cogeneration ในเชิงปริมาณ ยังถือว่าเร็วเกินไปที่จะวิเคราะห์ผลสำเร็จ เนื่องจากจำนวนที่เชื่อมต่อเข้ามาในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแล้ว ยังคงมีน้อยอยู่ และในเชิงคุณภาพ ยังไม่มีการตรวจวัดเพื่อประเมินค่าการประหยัดพลังงานปฐมภูมิ (PES) ที่เกิดขึ้นจริง ทั้งนี้ เนื่องจากยังอยู่ในระยะเริ่มต้นนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าประเภทนี้

ส่วนประเด็นในด้านการบริหารจัดการ พบว่า ที่ผ่านมามีโครงการเสนอขายไฟฟ้า SPP Cogeneration จำนวนกว่า 30 ราย ที่ต้องยุติการดำเนินการไป ทั้งนี้ ด้วยสาเหตุหลัก คือ ผู้ประกอบการที่จะเสนอขายไฟฟ้าไม่ยื่นหลักทรัพย์ค้ำประกัน

รวมถึงสาเหตุอื่นๆ ซึ่งสาเหตุเหล่านี้ อาจส่งผลทำให้ปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขายสะสมไม่เป็นไปตามเป้าหมายหรือแผนที่ได้วางไว้ นอกจากนี้ ประเทศไทยยังไม่มีนโยบายการสนับสนุนหรือส่งเสริมระบบ CCHP สำหรับภาคพาณิชย์กรรม

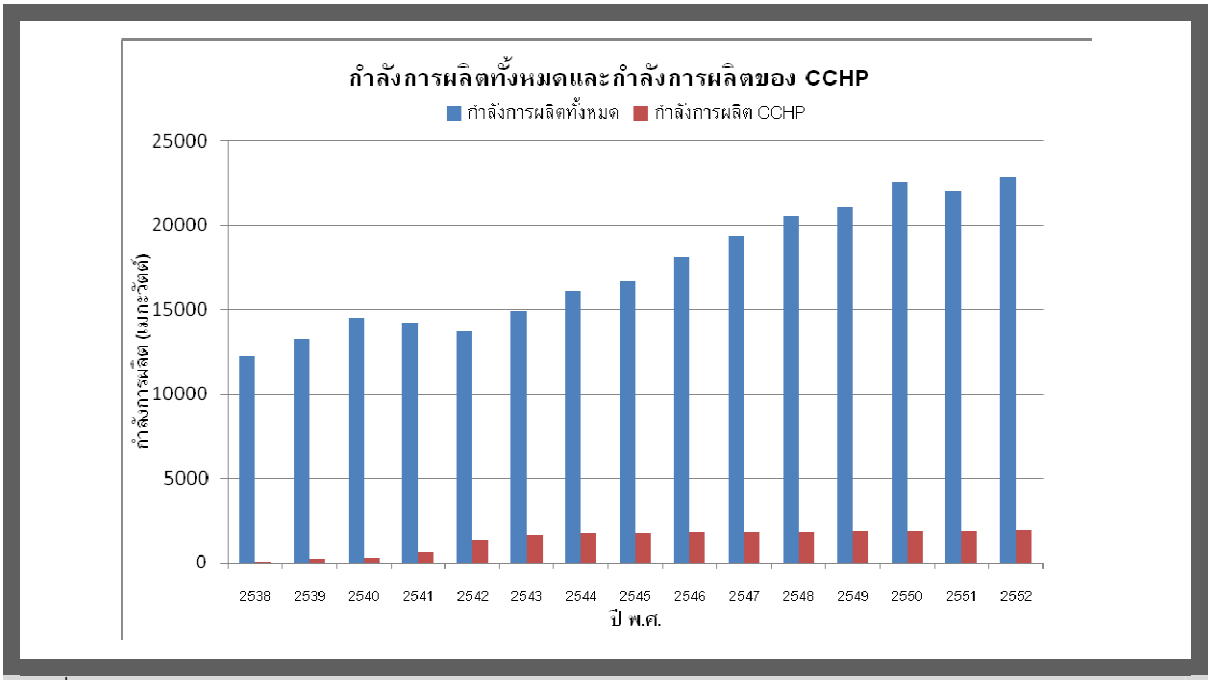
5. แนวทางการประเมินศักยภาพและกำหนดสัดส่วนกำลังการผลิตระบบ CCHP สำหรับประเทศไทย

จากที่กล่าวข้างต้น จะเห็นว่าระบบ CCHP สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งในโรงงานผลิตไฟฟ้า สถานประกอบการภาคอุตสาหกรรม ภาคพาณิชย์กรรม ตลอดจนภาคที่อยู่อาศัย ดังนั้น การประเมินศักยภาพของกำลังผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ CCHP จึงอาจทำได้โดยใช้ข้อมูลขนาดกำลังผลิตติดตั้งที่นิยมใช้ในสถานประกอบการกลุ่มต่างๆ และประมาณการจำนวนสถานประกอบการในแต่ละกลุ่มนั้นๆ ที่มีศักยภาพและความเป็นไปได้ในการนำระบบ CCHP มาประยุกต์ใช้ โดยประเมินศักยภาพ หรือการกำหนดค่าเป้าหมาย คำนวณได้จาก การหาผลรวมของค่าผลคูณระหว่างขนาดกำลังการผลิตติดตั้งเฉลี่ยที่นิยมใช้สำหรับสถานประกอบการแต่ละกลุ่มกับจำนวนสถานประกอบการของกลุ่มนั้น รวมทุกกลุ่มที่รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมและสนับสนุน ซึ่งกลุ่มต่างๆ ที่กล่าวถึง อาจประกอบด้วย โรงไฟฟ้าพลังงานร่วม (CCHP Power Plant) โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล สถานศึกษา โรงแรม ศูนย์การค้า ศูนย์กีฬา อาคารสำนักงาน ระบบปรับอากาศแบบศูนย์ท้องถิ่นสำหรับเขตพื้นที่ธุรกิจหรือศูนย์กลางเมือง เป็นต้น

การกำหนดสัดส่วนกำลังผลิต CCHP ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยนั้น ควรพิจารณาจากปัจจัยสำคัญ ได้แก่ การประเมินศักยภาพตามที่กล่าวข้างต้น ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี และข้อมูลสถิติการเพิ่มขึ้นของการใช้งานในต่างประเทศ จากนั้นนำมากำหนดเป้าหมายในเชิงนโยบายเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิของประเทศต่อไป

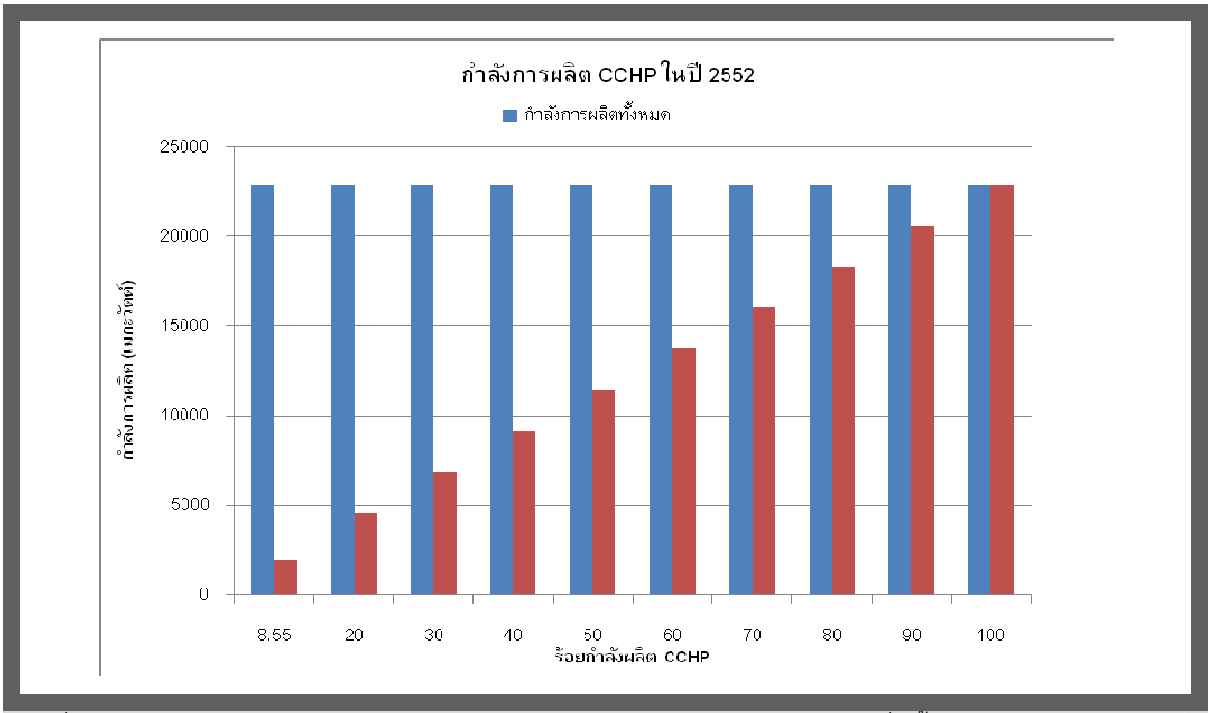
จากผลการศึกษาสัดส่วนกำลังการผลิต CCHP ในต่างประเทศ ถึงแม้จะพบว่า ปัจจุบัน ยังมีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5-20 ของกำลังผลิตโดยรวมของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนทั้งหมด อย่างไรก็ดี จะเห็นว่าในช่วง 15 ปีย้อนหลังมานี้ (ตั้งแต่ ค.ศ. 1996-2010) ปริมาณการติดตั้งใช้งานกำลังผลิตแบบ CCHP เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วในทุกประเทศที่สำรวจ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นดังกล่าว อาจมีค่าสูงขึ้นเป็น 1-3 เท่าตัวได้ ภายในระยะเวลาไม่ถึง 10 ปี

สำหรับ ประเทศไทย เมื่อพิจารณาจากข้อมูล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538-2552 จะเห็นว่ากำลังผลิตจากระบบ CCHP (SPP Cogeneration) มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นไม่มากนัก เมื่อเทียบกับกำลังผลิตโดยรวมจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ตามที่แสดงในรูปที่ 2 โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังผลิต CCHP ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา จนถึงปัจจุบัน เกือบจะคงที่ และคิดเป็นสัดส่วนร้อยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 ของกำลังผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนโดยรวมของทั้งประเทศ



รูปที่ 2 กำลังผลิต SPP Cogeneration เทียบกับกำลังผลิตโดยรวมจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2538 - 2552

อย่างไรก็ดี หากใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2552 (สถานะปัจจุบัน) เป็นค่าฐาน และทดลองปรับสัดส่วนกำลังผลิต CCHP เพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 100 เทียบกับกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนโดยรวม จะเห็นว่า ปริมาณกำลังผลิต CCHP จะมีค่าแสดงดังรูปที่ 3 จากปริมาณกำลังผลิต CCHP ดังกล่าว เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิโดยรวมของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนของทั้งประเทศ โดยใช้สมมุติฐานประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP (η_{CCHP}) เปรียบเทียบค่าที่ร้อยละ 60 (ต่ำ), 70 (ปานกลาง) และ 80 (สูง) ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่อ้างอิงจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 ก่อนหน้านี้แล้ว และหากคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท CCHP และไม่ใช่ประเภท CCHP แปรตามสัดส่วนกำลังผลิต CCHP ดังสมการที่ 3 และ 4 จะพบว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิโดยรวมของทั้งประเทศ (คิดเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน/พลังความร้อนร่วม กล่าวคือ คิดที่ $Heat_{non-CCHP} = 0$) ดังนิยามตามสมการที่ 1 ข้างต้น สามารถเพิ่มสูงขึ้นได้ตามสัดส่วนของการใช้งานระบบ CCHP ที่เพิ่มขึ้น แสดงได้ดังในรูปที่ 4



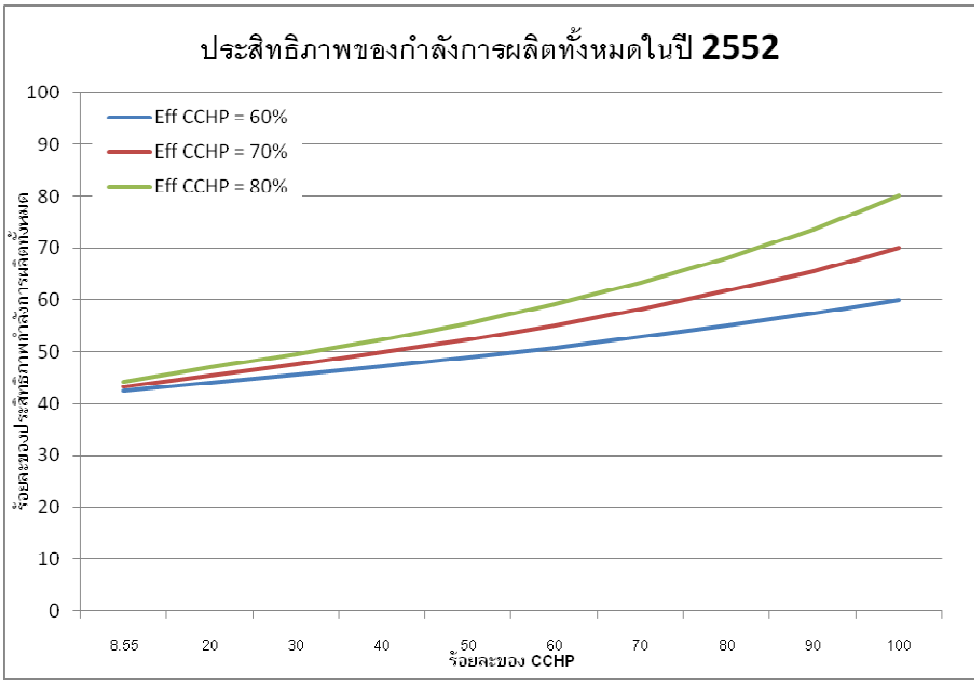
รูปที่ 3 ปริมาณกำลังผลิต CCHP ในปี พ.ศ. 2552 หากปรับสัดส่วนกำลังผลิต CCHP เพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 100

$$F_{CCHP} = \frac{R_{CCHP} \times (EE_{CCHP} + EE_{non-CCHP}) + Heat_{CCHP}}{\eta_{CCHP}} \quad (3)$$

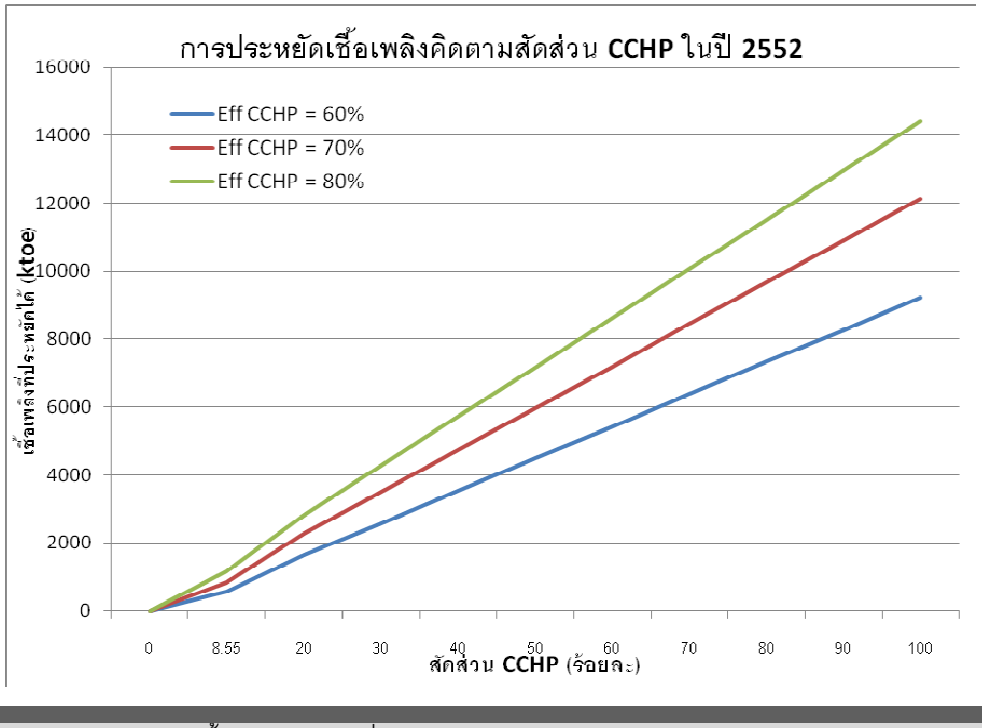
$$F_{non-CCHP} = \frac{(1 - R_{CCHP}) \times (EE_{CCHP} + EE_{non-CCHP})}{\eta_{EE}} + \frac{Heat_{non-CCHP}}{\eta_{Heat}} \quad (4)$$

โดยที่

EE_{CCHP}	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท CCHP (ktoe)
$EE_{non-CCHP}$	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทที่ไม่ใช่ CCHP (ktoe)
F_{CCHP}	คือ	ปริมาณเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน CCHP (ktoe)
$F_{non-CCHP}$	คือ	ปริมาณเชื้อเพลิงรวมของการผลิตไฟฟ้ากับผลิตความร้อนแยกจากกัน (ktoe)
$Heat_{CCHP}$	คือ	พลังงานความร้อนที่ผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท CCHP (ktoe)
$Heat_{non-CCHP}$	คือ	พลังงานความร้อนที่ไม่ได้ผลิตโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท CCHP (ktoe)
R_{CCHP}	คือ	สัดส่วนกำลังผลิต CCHP (0 – 1)
η_{CCHP}	คือ	ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP (ร้อยละ)
η_{EE}	คือ	ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการผลิตไฟฟ้าแบบแยกผลิต (ร้อยละ)
η_{Heat}	คือ	ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการผลิตความร้อนแบบแยกผลิต (ร้อยละ)



รูปที่ 4 ประมาณการประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิโดยรวมของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2552 หากปรับสัดส่วนกำลังผลิต CCHP เพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 100



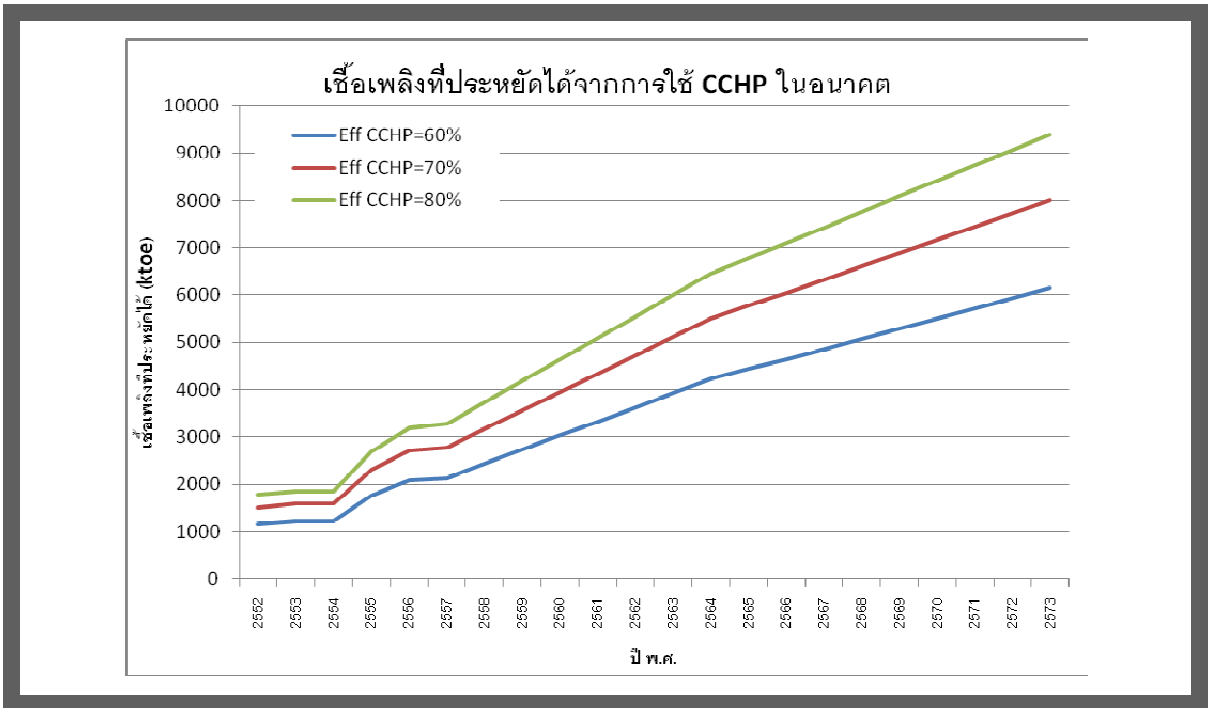
รูปที่ 5 ประมาณการปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่สามารถประหยัดได้ ในหน่วย ktoe อ้างอิงข้อมูลปี พ.ศ. 2552 (สถานะปัจจุบัน) หากปรับสัดส่วนกำลังผลิต CCHP เพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 100

นอกจากนี้ จากรูปที่ 4 เมื่อนำมาประมาณการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่สามารถประหยัดได้ในหน่วย ktoe ตามสมการที่ 5 กับสัดส่วนกำลังผลิต CCHP ที่เพิ่มขึ้น โดยให้ผลรวมปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ในทุกกรณีเป็นค่าคงที่ ณ ปีฐาน (พ.ศ. 2552) และใช้สมมุติฐานประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการผลิตความร้อนแบบแยกผลิต (η_{Heat}) อยู่ที่ร้อยละ 85 นั้น ก็จะสามารถแสดงปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่ประหยัดลงได้ ดังแสดงในรูปที่ 5

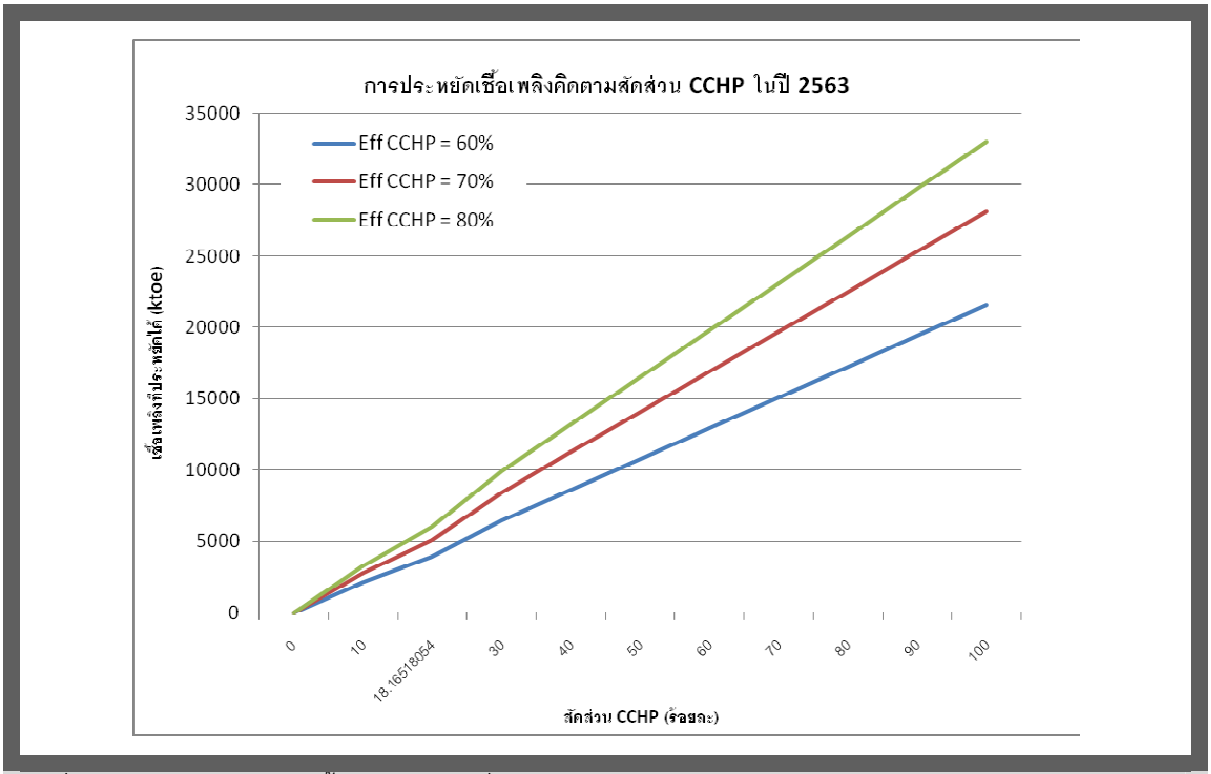
$$F_{saving,R} = (F_{CCHP} + F_{non-CCHP})_{Basecase} - (F_{CCHP} + F_{non-CCHP})_{R} \quad (5)$$

หากพิจารณาต่อไปในอนาคต ประเทศไทยควรสนับสนุนให้ระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง เป็นระบบผลิตพลังงานร่วมหรือ CCHP เกือบทั้งหมด ก็น่าจะมีสัดส่วนกำลังผลิต CCHP เพิ่มสูงขึ้นได้ถึงประมาณร้อยละ 40-50 ของความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ ณ ปีนั้นๆ

อย่างไรก็ดี หากในอนาคต ยังคงยึดถือสัดส่วนปริมาณกำลังการผลิตจาก CCHP ตามที่ได้กำหนดไว้แล้วในแผน PDP 2010 ฉบับปัจจุบัน [7] เมื่อนำมาคำนวณประมาณการปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่สามารถประหยัดได้ ในหน่วย ktoe โดยมีสมมุติฐานเพิ่มเติมให้ค่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการผลิตความร้อนแบบแยกผลิต (η_{Heat}) ประมาณเท่ากับค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP (η_{CCHP}) จะสามารถแสดงประมาณการปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่คาดหวังว่าจะประหยัดได้ ในระหว่างปี พ.ศ. 2552 – 2573 ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ประมาณการปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่สามารถประหยัดได้ ในหน่วย ktoe อ้างอิงตามข้อมูลสัดส่วนกำลังผลิต CCHP ที่กำหนดไว้ในแผน PDP 2010



รูปที่ 7 ประมาณการปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่สามารถประหยัดได้ ในหน่วย ktoe อ้างอิงข้อมูลปี พ.ศ. 2563 (สถานะอนาคต) หากปรับสัดส่วนกำลังผลิต CCHP เพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 100

นอกจากนี้ หากใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2563 (สถานะในอนาคต) เป็นค่าฐาน และทดลองปรับสัดส่วนกำลังผลิต CCHP เพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 100 เทียบกับกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนโดยรวม เพื่อประมาณค่าปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่สามารถประหยัดได้ ในหน่วย ktoe แปรตามสัดส่วนของการใช้งานระบบ CCHP ที่เพิ่มขึ้น โดยมีสมมุติฐานค่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการผลิตความร้อนแบบแยกผลิต (η_{Heat}) ประมาณเท่ากับค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP (η_{CCHP}) และเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP ที่ร้อยละ 60 (ต่ำ), 70 (ปานกลาง) และ 80 (สูง) ตามลำดับ จะพบว่า ศักยภาพของปริมาณเชื้อเพลิงปฐมภูมิที่สามารถประหยัดได้ สำหรับการประมาณการ ณ ปี พ.ศ. 2563 มีค่าดังแสดงในรูปที่ 7 โดยเมื่อคิดที่สัดส่วน CCHP ร้อยละ 50 จะสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ประมาณ 14,000 ktoe ต่อปี ที่ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP ร้อยละ 70 (ปานกลาง) และศักยภาพประหยัดเชื้อเพลิงได้สูงสุด 33,000 ktoe ต่อปี ที่ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ CCHP ร้อยละ 80 (สูง) และสัดส่วน CCHP ร้อยละ 100 ตามลำดับ

6. ข้อเสนอแนะด้านนโยบายและมาตรการส่งเสริม

ตามแผน PDP 2010 กำหนดนโยบายส่งเสริมกำลังผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ CCHP หรือ Cogeneration โดยมีเป้าหมายหลัก แบ่งออกได้เป็น 6 ข้อ [7] ดังนี้

1) สามารถนำความร้อนเหลือทิ้งในรูปไอน้ำ หรือน้ำร้อน ไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม รวมถึงนำไปใช้ทำความเย็นในโรงงาน หรือ อาคาร

2) ช่วยลดพลังงานสูญเสียในระบบส่งและระบบจำหน่าย รวมถึงลดปัญหาไฟตก ไฟดับของโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้สูง
3) เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิ ให้มีประสิทธิภาพโดยรวมได้สูงถึงร้อยละ 50-80 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวที่มีค่าประมาณร้อยละ 32-35
4) ตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องได้ยืดหยุ่นกว่าการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ซึ่งต้องรอให้มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นในระดับหนึ่งก่อน และการลงทุนระบบ CCHP ช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจในภาพรวม
5) ช่วยลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
6) ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการสำรวจนโยบายและมาตรการสนับสนุนการใช้งานระบบ CCHP ในต่างประเทศตามที่สรุปไว้ในตารางที่ 4 สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงมาตรการสนับสนุนที่ใช้อยู่ในประเทศไทย ให้มีความหลากหลายและมีประสิทธิผลในการสนับสนุนดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการใช้งานระบบ CCHP อย่างแพร่หลายในวงกว้างมากขึ้น และเกิดสัมฤทธิผลในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศให้เป็นไปตามเป้าหมายได้อย่างแท้จริง จากการสำรวจพบว่ามาตรการส่งเสริมและสนับสนุนที่น่าสนใจในการนำมาปรับใช้ในประเทศไทย ตัวอย่างเช่น

1) กำหนดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า ที่จำกัดตามจำนวนชั่วโมงเดินเครื่อง หรือวงเงินสนับสนุนต่อรายสูงสุดด้วย นอกเหนือจากระยะเวลา และชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้งาน ทั้งนี้ เพื่อจำกัดความเสี่ยงและภาระด้านราคาค่าไฟฟ้าของประชาชน
2) การนำปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตใช้เองมาคิดรวมกับปริมาณที่ผลิตจำหน่ายให้กับการไฟฟ้า เพื่อใช้คิดส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า ทั้งนี้ เพื่อเป็นการจูงใจให้ใช้งานอย่างแพร่หลาย
3) สนับสนุนเงินลงทุน หรือมาตรการหักลดหย่อนภาษีสูงสุด สำหรับ CCHP เทคโนโลยีใหม่ ที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้ทดแทนระบบ CCHP เดิม
4) สนับสนุนเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำสำหรับการลงทุนในระบบพลังงานท้องถิ่น (District Energy)
5) สนับสนุนการติดตั้งระบบ CCHP ขนาดเล็ก เพื่อใช้งานในภาคพาณิชกรรม นอกเหนือจาก การประยุกต์ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม และในโรงงานอุตสาหกรรม ที่แพร่หลายมาก่อนหน้านี้แล้ว
6) สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เกี่ยวข้อง
7) สนับสนุนโครงการสาธิต โดยอาจใช้สถานที่ราชการ ซึ่งสามารถติดตั้งอุปกรณ์ได้สะดวก และเปิดให้ผู้ที่สนใจเข้าไปเยี่ยมชมศึกษาได้ เพื่อเป็นตัวอย่างแก่ผู้ประกอบกิจการที่สนใจ
8) กำหนดเป้าหมายปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาครัฐ จะต้องมาจาก CCHP ไม่ต่ำกว่าร้อยละเท่าใด
9) ปรับปรุงลำดับขั้นตอนการดำเนินการในเชิงบริหารจัดการเพื่อเชื่อมต่อระบบ CCHP เข้ากับโครงข่ายไฟฟ้า โดยเฉพาะการเชื่อมต่อระบบ CCHP ขนาดเล็ก เพื่อให้สะดวก และไม่เพิ่มภาระด้านการเงินของผู้ประกอบการ
10) จัดตั้งหน่วยงานอิสระเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและออกใบรับรองการประเมินเทคโนโลยี CCHP ที่มีประสิทธิภาพสูง สมควรได้รับการสนับสนุน
11) สนับสนุนให้มีหน่วยงานที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาในการจัดทำแผนพัฒนาการใช้พลังงานของชุมชนท้องถิ่น รวมถึงการเลือกเทคโนโลยีและการออกแบบระบบเพื่อใช้งานให้สอดคล้องกับความต้องการของชุมชนนั้นๆ อย่างแท้จริง

นอกจากนี้ ประเทศไทยควรมีการกำหนดนโยบายด้านพลังงานในเชิงบูรณาการที่ให้ความสำคัญและสอดคล้องสัมพันธ์กับนโยบายในมิติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องดังเช่นในต่างประเทศ เช่น พลังงานและสิ่งแวดล้อม พลังงานและสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับบริบทของประเทศไทย ควรกำหนดนโยบายการพัฒนาด้านพลังงานที่สอดคล้องกับการพัฒนาด้านสังคม ทั้งนี้ เนื่องจาก ปัจจุบันและต่อไปในอนาคต การพัฒนาด้านพลังงานจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องอย่างมากกับการพัฒนาทั้งในด้าน เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม อย่างแยกกันมิได้

7. สรุปผล

ผลการศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพและมาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนหรือความเย็นร่วมกัน พบว่าการกำหนดนโยบายด้านพลังงานในเชิงบูรณาการ ที่ให้ความสำคัญและสอดคล้องสัมพันธ์กับนโยบายในมิติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องนั้น จะเป็นปัจจัยหลักในการส่งเสริมให้เกิดการใช้งานระบบ CCHP อย่างแพร่หลายในวงกว้างมากขึ้น ส่งผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานปฐมภูมิของประเทศให้เป็นไปตามแผนพัฒนากำลังผลิตของประเทศไทย สอดคล้องกับตัวเลขคาดหวังในการประหยัดพลังงานปฐมภูมิที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยรวมของประเทศได้อย่างแท้จริง

บรรณานุกรม

[1] จรัส บุณยธรรมา. (2554, มี.ค.). จังหวะของเครื่องยนต์. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย. [Online]. แหล่งที่มา: http://www.rmutphysics.com

[2] U.S.Department of energy. (2011, Apr.). Combined Heat and Power Market Potential for Opportunity Fuels. Resource Dynamics Corporation, United State of America. [Computer file]. Available: http://www.eere.energy.gov

[3] U.S.Environmental Protection Agency. (2011, Mar.). Catalogue of CHP Technologies. Environmental Protection Agency, United State of America. [Computer file]. Available: http://www.epa.gov

[4] United States Clean Heat & Power Associaition. (2011, Mar.). CHP Prime Mover. United State of America. [Online]. Available: http://www.uschpa.com

[5] International Energy Agency. (2011, Mar.). CHP/DHC Country Scorecard. International Energy Agency, France. [Online]. Available: http:// www.iea.org

[6] COGEN Europe. (2011, Mar.). The European Association for the Promotion of Cogeneration. Europe. [Online]. Available: http:// www.cogeneurope.eu

[7] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2554, มี.ค.). สรุปแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2553-2573 (PDP 2010). การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ประเทศไทย. [รายงานเลขที่ 912000-5304],