แนวทาง
การลดก๊าซเรือนกระจก

สำหรับการผลิตอาหารปรุงสำเร็จแช่แข็ง (TSIC:10751) และกิจกรรมที่เกี่ยวกับคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (TSIC: 52101)

โครงการพัฒนารูปแบบ แนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนอุตสาหกรรม
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

แนวทาง
การลดก๊าซเรือนกระจก

สำหรับการผลิตอาหารปรุงสำเร็จแช่แข็ง (TSIC:10751) และกิจกรรมที่เกี่ยวกับคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (TSIC: 52101)

โครงการพัฒนารูปแบบ แนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนอุตสาหกรรม
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์
นางประเสริฐสุข จามรมาน
ผู้อำนวยการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

บรรณาธิการอำนวยการ
ดร.พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์
รองผู้อำนวยการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ดำเนินการผลิต
บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ดำเนินการผลิตและเผยแพร่โดย :
สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 อาคารรัฐประศาสนภักดี ชั้น 9
เลขที่ 120 หมู่ที่ 3 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์ 02 141 9790 โทรสาร 02 143 8400
เว็บไซต์ http://www.tgo.or.th

คณะบรรณาธิการ
ดร.สาธิต เนียมสุวรรณ
ดร.ปวีณา พาณิชยพิเชฐ
นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
นายจักรพงษ์ แย้มยิ้ม
นายภัทรภณ คล้ายกุล

บรรณาธิการ
รศ.ดร. อำนาจ ชิดไธสง
ผศ.ดร. สิริลักษณ์ เจียรากร
รศ.ดร. พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล
ดร. อวัสดา พงศ์พิพัฒน์
นางสาวกัญญภัทร ชื่นวงศ์
นาวสาวณัฐวรี ชมมณฑา

พิมพ์ครั้งที่ 1 กันยายน 2561
จำนวน 200 เล่ม
ISBN 978–616–8050–08–8

สารบัญ

คำนำ vi

บทที่ 1 บทบาทของประเทศไทยกับการลดก๊าซเรือนกระจก 1

บทที่ 2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรม 9

บทที่ 3 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก 39

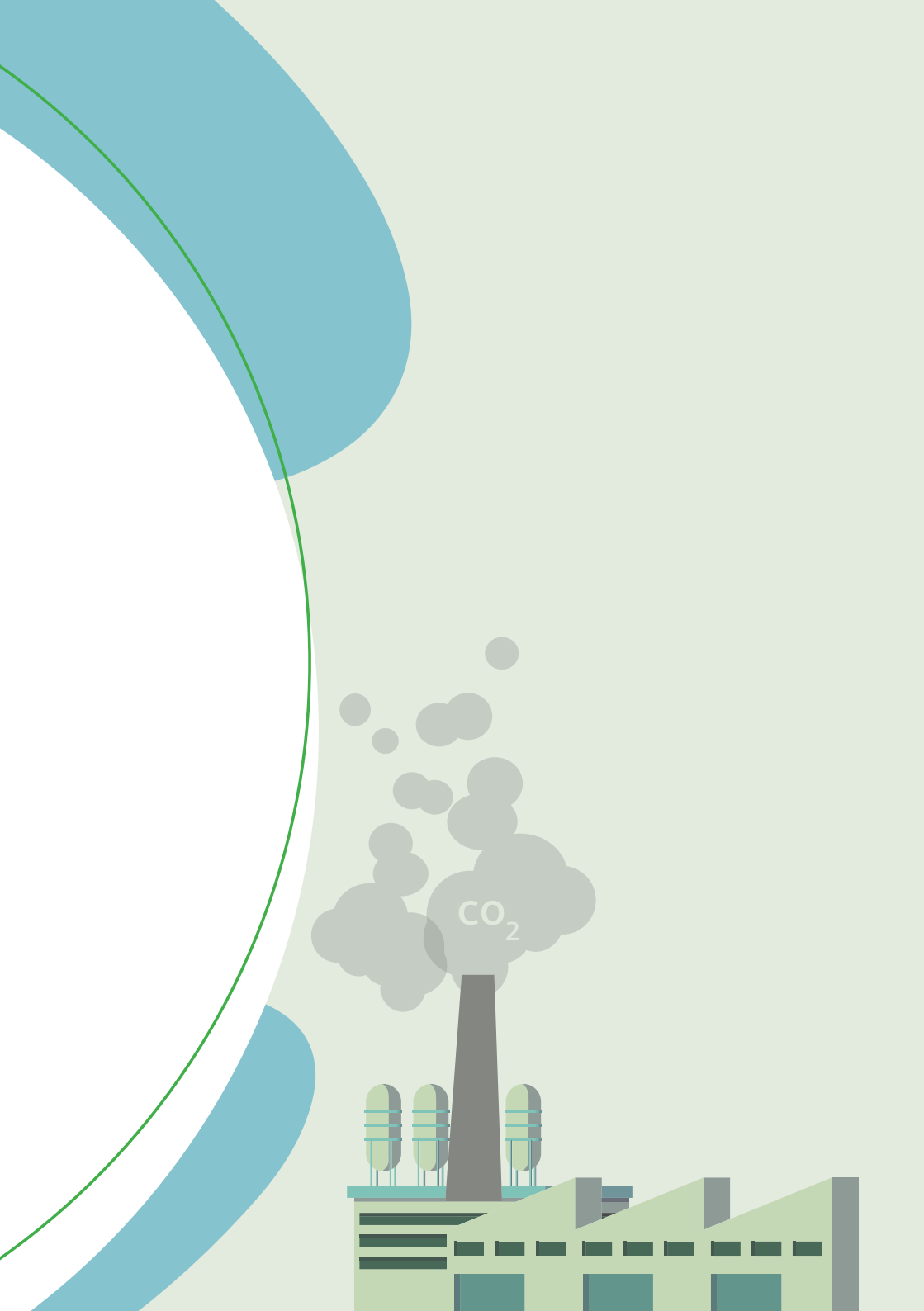
บทที่ 4 การพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจก และคาร์บอนเครดิต 55

เอกสารอ้างอิง 63

คำนำ

ประเทศไทยได้เข้าร่วมในความตกลงปารีส (Paris Agreement) และได้เสนอเป้าหมายของประเทศในการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายหลังปี ค.ศ. 2020 (Nationally Determined Contribution: NDC) ไปยังสำนักเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ใจความสำคัญคือ “ประเทศไทยกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 ในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการดำเนินการกรณีปกติ (Business as Usual: BAU) และสามารถลดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 25 หากได้รับการสนับสนุนระหว่างประเทศ” จึงมีการเตรียมความพร้อมรองรับภารกิจดังกล่าว โดยได้จัดทำแผนการปฏิรูปประเทศขึ้น ซึ่งได้มีการระบุประเด็นที่สำคัญด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ “ปฏิรูปที่ 3: ผลักดันทุกภาคส่วนให้ร่วมแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการศึกษาแนวทางและรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้โรงงานและสถานประกอบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงโดยเฉพาะสาขาการผลิตต่าง ๆ ทั้งนี้ อบก. ได้มีการพัฒนาและส่งเสริมโครงการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศให้บรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้

คู่มือฉบับนี้ อบก. ได้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ประกอบการ “การผลิตอาหารปรุงสำเร็จแช่แข็ง และกิจกรรมที่เกี่ยวกับคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง” นำไปประยุกต์ใช้ เป็นแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถวางแผนงานสำหรับทางเลือกในการดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเหมาะสมกับบริบทขององค์กรและธุรกิจของตน รวมถึงสามารถขยายผลพัฒนาเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T–VER) ต่อไป

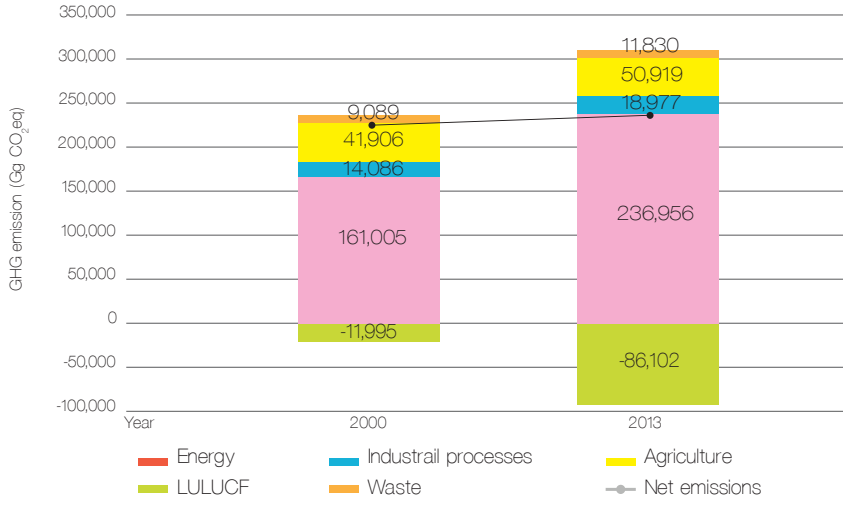

CO_2

บทที่ 1
บทบาทของประเทศไทย กับการลดก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บรรลุถึงการรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงที่ อยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากการแทรกแซงของมนุษย์ที่เป็นอันตรายต่อระบบภูมิอากาศ การรักษาระดับดังกล่าว ต้องดำเนินการในระยะยาวเพียงพอที่จะทำให้ระบบนิเวศปรับตัว โดยไม่คุกคามต่อการผลิตอาหารของมนุษย์และการพัฒนาทางเศรษฐกิจเป็นไปอย่างยั่งยืน ซึ่งในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาฯ สมัยที่ 21 (COP21) ได้มีมติเห็นชอบข้อตกลงนานาชาติ “ความตกลงปารีส” (Paris Agreement) เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ.2558 ซึ่งเป็นกรอบความร่วมมือในการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระยะยาว เพื่อรักษาอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส (°C) เทียบกับระดับอุณหภูมิช่วงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม และจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลกประมาณ 1.5 °C [สส., 2558] ซึ่งกำหนดให้ประเทศสมาชิกเสนอเป้าหมายและความก้าวหน้าของประเทศเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IntendedNationally Determined Contributions, INDCs) และรายงานติดตามประเมินผลการดำเนินงานเพื่อบรรลุเป้าหมาย โดยมีการทบทวนและเสนอใหม่เป็นระยะ สำหรับประเทศไทยได้จัดส่งข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับปี พ.ศ. 2564 – 2573 (Thailand’s INDC) เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2558 โดยมีเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 จากกรณีปกติภายในปี พ.ศ. 2573 [สผ., 2558ข]

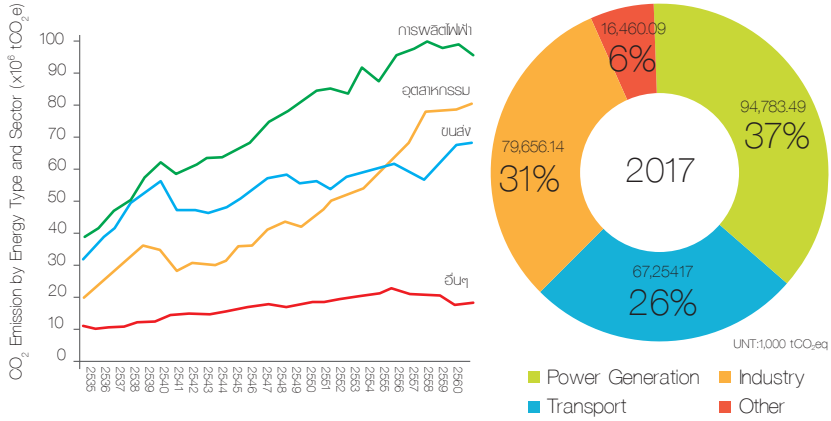
จากรายงานความก้าวหน้าราย 2 ปี ฉบับที่ 2 ของประเทศไทย (Second Biennial Update Report of Thailand) [สผ., 2558ก] พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ (กรณีที่ไม่รวมภาคการใช้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และป่าไม้ หรือ Land Use, land–Use Change, and Forestry: LULUCF) มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 226,086 กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($GgCO_2eq$) ในปี พ.ศ. 2543 เป็น 318,662 $GgCO_2eq$ ในปี พ.ศ. 2556 ซึ่งถึงแม้ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจาก LULUCF จะเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 7.2 เท่า (11,995 $GgCO_2eq$ ในปี พ.ศ. 2543 เป็น 86,102 $GgCO_2eq$ ในปี พ.ศ. 2556) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ (รวม LULUCF) ของประเทศ ก็ยังคงมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 214,091 $GgCO_2eq$ ในปี พ.ศ.2543 เป็น 232,560 $GgCO_2eq$ ในปี พ.ศ.2556 หรือคิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.6

ทั้งนี้ แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักของประเทศไทยได้แก่ ภาคพลังงาน (Energy) ซึ่งรวมการผลิตและใช้พลังงานในภาคส่วนต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละ 71 ในปีพ.ศ. 2543 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 74 ในปีพ.ศ. 2556 รองลงมาได้แก่ ภาคการเกษตร (Agriculture) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use: IPPU) และภาคของเสีย (Waste) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 GHG emission by sector in year 2000 and 2013 [สผ., 2558ก]

หากพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงาน พบว่า การใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ.2560 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมคิดเป็นร้อยละ 31 ของภาคพลังงาน โดยสูงเป็นอันดับ 2 รองลงมาจากสาขาการใช้พลังงานเพื่อการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2 [สนพ., 2561]



รูปที่ 2 CO_2 emission from Energy consumption by sector [สนพ., 2561]

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จัดการ และการบริโภคพลังงานในประเทศให้ดียิ่งขึ้น ไปพร้อมๆกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนบูรณาการพลังงานระยะยาวของประเทศ (Thailand Intregrated Energy Blueprint: TIEB) ซึ่งประกอบไปด้วย แผนอนุรักษ์พลังงาน แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ และแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง แผนเหล่านี้ ช่วยให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตและการใช้พลังงานของประเทศ อาทิเช่น

แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 (Energy Efficiency Plan: EEP2015) มีการกำหนดเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity, EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 จึงต้องมีการลดการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ให้ได้ถึง 56,142 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (1,000 ton of oil equivalent: ktoe) ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศ โดยแบ่งเป็นการลดการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม 14,515 ktoe [สนพ., 2559]

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015) มีเป้าหมายที่จะเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี พ.ศ. 2579 ซึ่งเทียบเท่ากับงดใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล 39,388 ktoe หรือประเมินเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานประมาณ 140 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2eq$) [พพ., 2558]

แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579 (Power Development Plan: PDP2015) มีแนวทางให้ลดการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติ โดยได้กำหนดกรอบประมาณการสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 ให้มาจากก๊าซธรรมชาติร้อยละ 30 – 40 จากถ่านหินเทคโนโลยีสะอาดร้อยละ 20 – 25 จากพลังงานหมุนเวียนร้อยละ 15 – 20 ทั้งนี้ให้มีการรับซื้อไฟฟ้าพลังน้ำจากต่างประเทศร้อยละ 15 – 20 และไฟฟ้าจากนิวเคลียร์ร้อยละ 0 – 5 ซึ่งจะทำให้ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยไฟฟ้าลงเหลือ 0.319 $kgCO_2/kWh$ จากเดิม 0.506 $kgCO_2/kWh$ ในปี 2556 [สนพ., 2558]

นอกจากการดำเนินการดังกล่าวขั้นต้น ประเทศไทยยังได้ส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกโดยดำเนินโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น (Thailand Refrigeration and Air Conditioning NAMA, RAC NAMA) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 เพื่อส่งเสริมการผลิตและการใช้เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้สารทำความเย็นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [Thailand RACNAMA]

ล่าสุดเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2560 คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบ แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 (Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021 – 2030 หรือ NDC Roadmap 2021 – 2030) ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้เป็นแนวทางและมาตรการเพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า 111 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือมากกว่าร้อยละ 20 มาตรการต่างๆ ประกอบไปด้วยมาตรการใน**สาขาพลังงานและขนส่ง** คิดเป็นการลดก๊าซเรือนกระจก 20.4% **สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์** คิดเป็นการลดก๊าซเรือนกระจก 0.1% และ**สาขาการจัดการของเสีย** คิดเป็นการลดก๊าซเรือนกระจก 0.3% โดยมีรายละเอียดของ 15 มาตรการดังแสดงในตังตารางที่ 1 [สผ., 2560]

ตารางที่ 1 มาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจก ผู้รับผิดชอบ กลุ่มเป้าหมาย

ลำดับ	สาขา	ศักยภาพ ($MtCO_2eq$)	หน่วยงานรับผิดชอบหลัก	หน่วยงานสนับสนุน	กลุ่มเป้าหมาย	แผน/การดำเนินงาน
ศักยภาพรวม ณ ปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 115.6 $MtCO_2eq$						
สาขาพลังงานและขนส่ง		ศักยภาพรวม ณ ปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 113 $MtCO_2eq$				
	การผลิตไฟฟ้า	24				
1	มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า	6	กฟผ.	สนพ. สกพ. สผ.	ผู้ผลิตไฟฟ้า	• PDP2015
2	มาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	18	พพ. กฟผ. กฟภ. กฟน.	อบก. สนพ. สกพ. สศก. อปท. คพ. สผ. อบก.	ผู้ผลิตไฟฟ้า	• AEDP2015 • PDP2015
	การใช้พลังงานในครัวเรือน	4				
3	มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในครัวเรือน		พพ. กฟผ.	สมอ. สส. สผ. อบก.	ครัวเรือน	• EEP2015
4	มาตรการใช้พลังงานทดแทนในครัวเรือน		พพ. กฟผ.	สมอ. สส. สผ. อบก.	ครัวเรือน	• AEDP2015
	การใช้พลังงานในอาคารเชิงพาณิชย์ (รวมอาคารรัฐ)	1				
5	มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร	1	พพ.	สมอ. สส. สผ. อบก.	สถานประกอบการ/อาคารรัฐ	• EEP2015
	การใช้พลังงานในอุตสาหกรรม	43				
6	มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในอุตสาหกรรม	11	พพ.	กรอ. กนอ. สผ. อบก.	ผู้ประกอบการเอกชน	• EEP2015 • โครงการ RAC NAMA
7	มาตรการใช้พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรม	32	พพ.	กรอ. กนอ. สผ. อบก.	ผู้ประกอบการเอกชน	• AEDP2015

ลำดับ	สาขา	ศักยภาพ ($MtCO_2eq$)	หน่วยงานรับผิดชอบหลัก	หน่วยงานสนับสนุน	กลุ่มเป้าหมาย	แผน/การดำเนินงาน
	การคมนาคมขนส่ง	41				
8	มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง	31	สนพ. สมอ. สนข. รฟท.	สนพ. อบก. กทม. หน่วยงานในสังกัด คค.	ผู้ผลิต/ผู้เดินทาง/ระบบขนส่งทางบก น้ำ และอากาศ/ประชาชน	• EEP2015 • แผนแม่บทในการพัฒนาระบบขนส่งที่ยั่งยืนฯ
9	มาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะ	10	พพ.	สนข. สผ. อบก.	ผู้ผลิต/ผู้ใช้รถยนต์	• AEDP2015
	สาขาการจัดการของเสีย	**ศักยภาพรวม ณ ปี พ.ศ. 2573 เท่ากับ 2.0 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า**				
	การจัดการขยะ	**1.3**				
10	มาตรฐานการลดปริมาณขยะ (เช่น การลดอัตราการเกิดขยะ การเพิ่มการรีไซเคิลและการนำขยะมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น)	1.3	อปท. สถ. กทม.	คพ. สส. สผ. อบก.	บ้านเรือน/ชุมชน	• แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ • แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม • แผนจัดการมลพิษ
	การจัดการน้ำเสีย	0.7				
11	มาตรการเพิ่มการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมด้วยการนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์		กนอ. กรอ. พพ.	คพ. สผ. อบก.	อุตสาหกรรม	• AEDP2015 • PDP2015
12	มาตรการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรมอื่น ๆ		กรอ.	สผ. อบก.	อุตสาหกรรม	• การดำเนินงานตามการส่งเสริมเทคโนโลยีสะอาดของ กรอ.

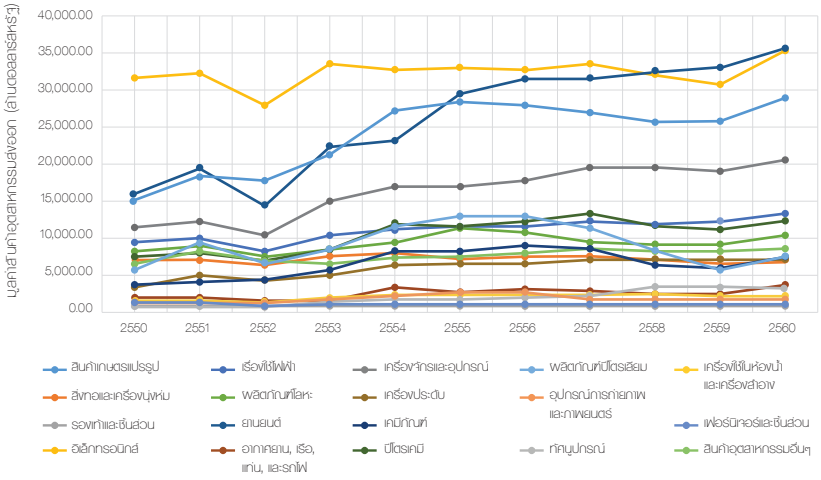
ลำดับ	สาขา	ศักยภาพ ($MtCO_2eq$)	หน่วยงานรับผิดชอบหลัก	หน่วยงานสนับสนุน	กลุ่มเป้าหมาย	แผน/การดำเนินงาน
13	มาตรการจัดการน้ำเสียชุมชน		อจน. กทม. อปท.	คพ. สถ. สผ. อบก.	บ้านเรือน/ ชุมชน	• แผนวิสาหกิจองค์การ • จัดการน้ำเสีย พ.ศ.2559 – 2564 • แผนแม่บท กทม. ว่า ด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2556 – 2566 • แผนจัดการมลพิษ
สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์		ศักยภาพรวม ณ ปี พ.ศ.2573 เท่ากับ 0.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า				
	การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม	0.6				
14	มาตรการทดแทนปูนเม็ด	0.3	กรอ.	สมอ. สผ. อบก. สภาอุตสาหกรรม	อุตสาหกรรม ซีเมนต์ และ วัสดุก่อสร้าง	
15	มาตรการทดแทน/ ปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น	0.3	กรอ. สผ. พพ.	อบก.	ผู้ผลิต/ผู้ใช้สาร ทำความเย็น	• พิธีสารมอลทรีออล • โครงการ RACNAMA

ที่มา: แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ. 2564 – 2573 [สผ., 2560]

บทที่ 2
สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรม

2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม

ภาคอุตสาหกรรมมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 40 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ในด้านอุปทานและการส่งออก สินค้าอุตสาหกรรมมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 85 ของปริมาณการส่งออกสินค้าทั้งหมดของประเทศ อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อการจ้างงานในประเทศ โดยการจ้างงานในภาคอุตสาหกรรมคิดเป็นร้อยละ 15.5 ของการจ้างงานทั้งหมดในประเทศ สำหรับประเทศไทยได้มีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมมาอย่างต่อเนื่อง [กระทรวงอุตสาหกรรม, 2554] ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) มีขยายตัวเป็นบวกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ซึ่งขยายตัวร้อยละ 1.60 และในปี พ.ศ. 2560 มีการขยายตัวร้อยละ 1.58 ใกล้เคียงกับปี พ.ศ. 2559 [สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม] มูลค่าการส่งออกสินค้าอุตสาหกรรมของประเทศไทยปี พ.ศ. 2550 ถึง 2560 จากธนาคารแห่งประเทศไทย เป็นสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ สินค้าเกษตรแปรรูป และ เครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นหลัก โดยมีสัดส่วนเฉลี่ยร้อยละ 18.21 14.86 3.56 และ 9.17 ตามลำดับ



รูปที่ 3 มูลค่าส่งออกสินค้าอุตสาหกรรม (ล้านดอลลาร์สหรัฐ) [ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2561]

โมเดลการพัฒนาเศรษฐกิจล่าสุดของประเทศไทย คือ ยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 – 2579) ซึ่งเป็นแนวทางในการขับเคลื่อนการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมไทย โดยตั้งเป้าหมายในระยะ 20 ปีข้างหน้าให้ภาคอุตสาหกรรมไทยมีอัตราการเติบโตของ GDP เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.5 ต่อปี การลงทุนเติบโตเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ต่อปี และมูลค่าการส่งออกขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 8 ต่อปี ซึ่งเป็นอัตราการขยายตัวที่จะส่งผลให้ประเทศไทยสามารถขยับสู่การเป็นประเทศรายได้สูงภายในปี พ.ศ.2579 [กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559]

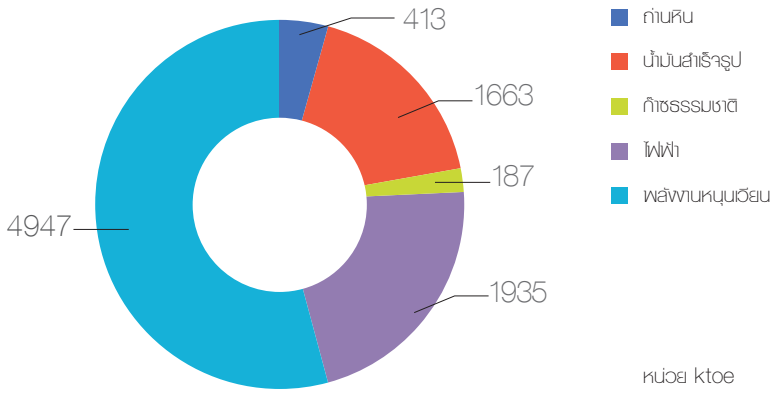
อย่างไรก็ตามการเติบโตและขยายตัวในภาคอุตสาหกรรมส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้พลังงาน จากข้อมูลการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อย ในปี พ.ศ. 2559 พบว่า มีปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรวมทั้งหมด 29,206 ktoe โดยที่อุตสาหกรรม “อาหาร เครื่องดื่ม และยาสูบ” มีปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสูงที่สุด 9,145 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 31.3 ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดในอุตสาหกรรมการผลิต ตามมาด้วยอุตสาหกรรม “ผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ” มีปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสูงที่สุด 6,853 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 23.5 เพียงสองสาขาอุตสาหกรรมนี้ ก็คิดเป็นร้อยละ 54.8 ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดของสาขาอุตสาหกรรมการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อย

สาขาย่อย	การใช้พลังงาน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)	ร้อยละ
1. อาหาร เครื่องดื่ม และยาสูบ	9,145	31.3
2. ผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ ยกเว้นผลิตภัณฑ์ จากน้ำมันปิโตรเลียม และถ่านหิน	6,853	23.5
3. เคมีภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์เคมี น้ำมันปิโตรเลียมถ่านหิน ยางและพลาสติก	3,518	12
4. ผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักร	2,388	8.2
5. กระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษการพิมพ์และพิมพ์โฆษณา	2,027	6.9
6. อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	1,486	5.1
7. สิ่งทอ สิ่งถัก เครื่องแต่งกายหนังสัตว์และผลิตภัณฑ์หนังสัตว์	909	3.1
8. ไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้รวมทั้งเครื่องเรือน	400	1.4
9. อุตสาหกรรมผลิตอื่น ๆ	2,480	8.5
รวม	**29,206**	**100**

ที่มา: รายงานอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย, 2559

ทั้งนี้ ปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายภาคอุตสาหกรรมผลิต ในสาขาย่อยอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบ แบ่งได้เป็นการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ 4,198 ktoe (รวมถ่านหิน น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ และไฟฟ้า) และพลังงานหมุนเวียนเท่ากับ 4,947 ktoe ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายภาคอุตสาหกรรมผลิต ในสาขาย่อยอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบ ปีพ.ศ. 2559 อ้างอิงตาม รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย 2559

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม พบว่า “กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม” มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 29 ของทั้งหมด [Kanchanapiya P. et al. 2015] ดังนั้นการบริหารจัดการการใช้พลังงาน และกิจกรรมอื่นๆ อันก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม จึงมีนัยสำคัญ ที่จะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศ

การรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศ

ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศนั้น ประเทศต่างๆ ยึดหลักเกณฑ์การรายงานหมวดหมู่ก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงตามคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories คู่มือดังกล่าว ได้แบ่งกลุ่มกิจกรรมเพื่อการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 5 สาขา ได้แก่

1. พลังงาน (Energy) รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งหมด (Fuel combustion activities) ทั้งในอุตสาหกรรมผลิตพลังงาน (Energy industries) อุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง (Manufacturing industries and construction) การขนส่ง (Transport) และอื่นๆ เช่นในอาคาร บ้านเรือน กิจกรรมทางการเกษตร
2. กระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use, IPPU) ประกอบด้วยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่รวมการใช้พลังงาน เช่น การปลดปล่อย CO_2 จากการเผาหินปูน ($CaCO_3$) โดยมีการแบ่งเป็นกลุ่มสาขาย่อยดังแสดงในรูปที่ 5
3. การเกษตร ป่าไม้ และการใช้พื้นที่ (Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFLU)
4. ของเสีย (Waste) ซึ่งรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยและน้ำเสีย ตลอดจนตะกอนจากการบำบัด ทั้งของชุมชนและอุตสาหกรรม
5. อื่นๆ (Other)

2A Mineral Industry
- Cement Production
- Lime Production
- Glass Production
- Other Process Uses of Carbonatcs

2B Chemical Industry
- Ammonia Production
- Nitric Acid Production
- Adipic Acid Production
- Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production
- Carbide Production
- Titanium Dioxide Production
- Soda Ash Production
- Petrochemical and Carbon Black Production
- Fluorochemical Production

2C Metal Industry
- Iron and Steel Production
- Ferroalloys Production
- Aluminium Production
- Magnesium Production
- Lead Production
- Zinc Production

2D Non–Energy Products from Fuels and Solvent Use
- Lubricant Use
- Paraffin Wax Use

2E Electronics Industry
- Integrated Circuit or Semiconductor
- TFT Flat Panel Display
- Photovoltaics
- Heat Transfer Fluid

2F Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances
- Refrigeration and Air Conditioning
- Foam Blowing Agents
- Fire Protection
- Aerosols
- Solvents
- Other Applications

2G Other Product Manufacture and Use
- Electrical Equipment
- SF_6 and PFCs from Other Product Uses
- N_2O from Product Uses

รูปที่ 5 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (IPPU) อ้างอิงตาม 2006 IPCC Guideline

ทั้งนี้หากพิจารณาการจำแนกสาขาตามโครงสร้างทางเศรษฐกิจ (Economy – wide) ของประเทศไทยโดยใช้บัญชีผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ จะสามารถเชื่อมโยงการลดก๊าซเรือนกระจกตามการแบ่งสาขาของ IPCC ได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความเชื่อมโยงการแบ่งสาขาตาม IPCC และการแบ่งสาขาตามโครงสร้างทางเศรษฐกิจในการมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ

สาขาตามโครงสร้างเศรษฐกิจ / สาขา IPCC	การผลิตไฟฟ้า	ครัวเรือนและอาคารเชิงพาณิชย์	การคมนาคมและขนส่ง	อุตสาหกรรม	เกษตร	ป่าไม้
สาขาพลังงาน (รวมผลิตและการใช้พลังงานในทุกภาคส่วน)	✓	✓	✓	✓	✓	
กระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์				✓		
ของเสีย		✓		✓		
เกษตร	N/A	N/A	N/A	N/A	✓	N/A
การใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	✓

ที่มา: แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ. 2564 – 2573, 2560

หมายเหตุN/A หมายถึง อาจจะมีความเชื่อมโยงกัน แต่ต้องผ่านการพิจารณาโดยคณะทำงานฯ เมื่อผลการศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรและป่าไม้แล้วเสร็จ

จะเห็นได้ว่า กิจกรรมต่างๆของอุตสาหกรรมการผลิตของไทยนั้น ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกซึ่งจะถูกรายงานในบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ ในสาขาพลังงาน (Energy) สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use, IPPU) และสาขาของเสีย (Waste) เป็นหลัก

การรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในองค์กร

การผลักดันให้การดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระดับปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องมีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ต่างๆกัน เช่น ในขอบเขตขององค์กร ในขอบเขตของเมือง เป็นต้น

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรม จึงสามารถเริ่มได้จากการประเมินคาร์บอนฟุตปรินท์ของโรงงาน หรือองค์กรนั้นๆ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกได้ดำเนินการส่งเสริมให้เกิดการประเมินคาร์บอนฟุตปรินท์ขององค์กร หรือ Carbon Footprint of Organization (CFO) ซึ่งเป็นวิธีการแสดงข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร โดยมีการแยกสาขาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามลักษณะแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็น 11 แหล่ง [อบก., 2558] ดังรูปที่ 6

ลักษณะแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

รูปที่ 6 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก อ้างอิงตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตปรินท์ขององค์กร

2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารปรุงสำเร็จแช่แข็ง

ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปแช่แข็งหรืออาหารพร้อมทานแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการปรุงสุกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18 ถึง –20°C และเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทานได้ทันทีเมื่อนำไปอุ่น อบ นึ่ง หรือไมโครเวฟ โดยสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 18 เดือน ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในด้านของความรวดเร็วและสะดวกสบาย รวมไปถึงความสะดวกในการพกพา สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทหลัก คือ

1. อาหารมื้อหลัก (Main Course) ได้แก่ อาหารคาวประเภทต่าง ๆ
2. ขนมหวาน (Dessert) เช่น ขนมไทยต่าง ๆ
3. อาหารว่าง (Snack/ Appetizer) เช่น อาหารจำพวกติ่มซำ ทั้งนึ่งและทอด รวมไปถึงเบเกอรี่ และอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาด้านการตลาด อาหารว่างแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพ ช่วยเพิ่มมูลค่าการผลิตและส่งออกอาหารแช่แข็งจากเดิมที่เป็นการผลิตและส่งออกเฉพาะสินค้าโภคภัณฑ์ [กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2543]

2.2.1 กระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง

ในการผลิตอาหารว่างสำเร็จรูปแช่แข็ง ผู้ผลิตสามารถคิดค้นและดัดแปลงชนิดและส่วนผสมได้หลากหลาย มีขั้นตอนหลักออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตอาหาร และขั้นตอนการแช่แข็ง

การผลิตอาหาร

การผลิตอาหารเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ โดยจะนำของสดมาล้าง ถ้าเป็นของสดที่ผ่านการแช่แข็ง นำมาละลายน้ำแข็ง จากนั้นนำมาปรุงให้สุกด้วยกระบวนการลวก นึ่ง ทอด หรือผัด แล้วแต่กรณีขึ้นกับผลิตภัณฑ์ แล้วจึงลำเลียงลงบรรจุภัณฑ์หรือแช่แข็ง

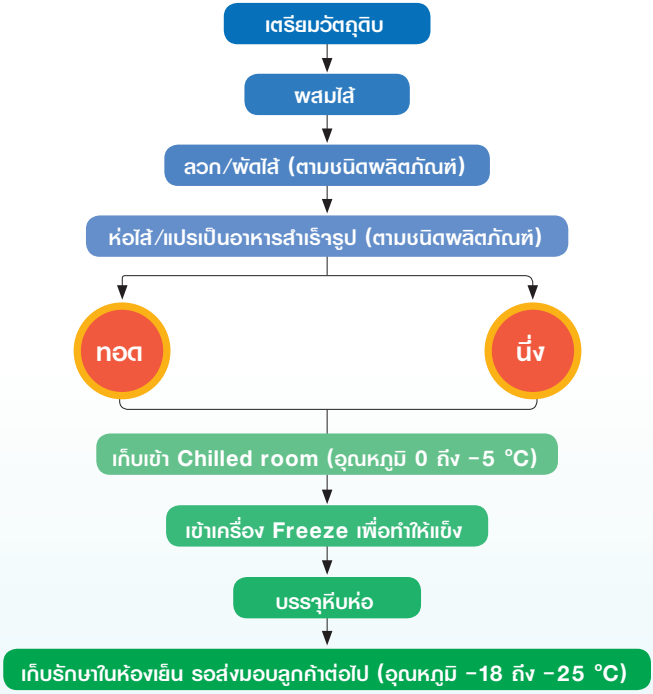
ในกระบวนการดังกล่าวจะมีการใช้ไฟฟ้า และความร้อนในรูปของไอน้ำ และการเผาไหม้ก๊าซ LPG โดยตรง

การแช่แข็ง

ระดับของการใช้ความเย็นในการถนอมอาหาร แยกได้ตามระดับของอุณหภูมิได้ 2 ระดับ คือ การแช่เย็นหรือการใช้อุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็ง และการแช่แข็งหรือการใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

1. การแช่เย็น (Refrigeration) การเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง หรือ ณ อุณหภูมิประมาณ 0 – 5 °C
2. การแช่แข็ง (Freezing) เป็นการเก็บอาหารไว้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า –15 °C

ในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งจะมีการใช้งานระบบทำความเย็นแบบที่มีการสัมผัสตรง (Direct Contact) ระหว่างสารทำความเย็นกับผลิตภัณฑ์โดยตรง สารทำความเย็นเหลวจะสัมผัสและดึงความร้อนจากผลิตภัณฑ์เพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ส่งผลให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงซึ่งสามารถลดต่ำลงถึงจุดเยือกแข็งได้โดยใช้เวลาเพียงสั้น ๆ เท่านั้น สารทำความเย็นที่นิยมใช้คือ ไนโตรเจนเหลว (N_2) และคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (CO_2) เราเรียกว่า Cryogenic Refrigeration ระบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่าระบบอัดไอแต่มีความเหมาะสมกับงานที่มีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์อยู่เสมอและการผลิตไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 7 กรรมวิธีการผลิตอาหารว่างสำเร็จรูปแช่แข็งประเภทนึ่ง/ทอด [กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2543]

2.2.2 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในเทคโนโลยีกระบวนการผลิตอาหาร และการปรุงสุกอาหาร ได้แก่ เครื่องให้ความร้อน เช่น Steamer Boiler และ Fryer เป็นต้น โดยเครื่องทอดมีทั้งแบบที่ใช้ไฟฟ้าและแบบที่ใช้เชื้อเพลิงในการให้ความร้อน นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการแช่เย็นหรือแช่แข็งอาหารสำเร็จรูป ผลิตน้ำแข็ง รวมทั้งระบบปรับอากาศ ดังนั้นอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการเผาไหม้จากการใช้พลังงาน (Fuel Combustion) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้า รวมไปถึงก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ CO_2 เป็นสารทำความเย็นที่สัมผัสอาหารโดยตรง (CO_2 freezer) ดังตารางที่ 4

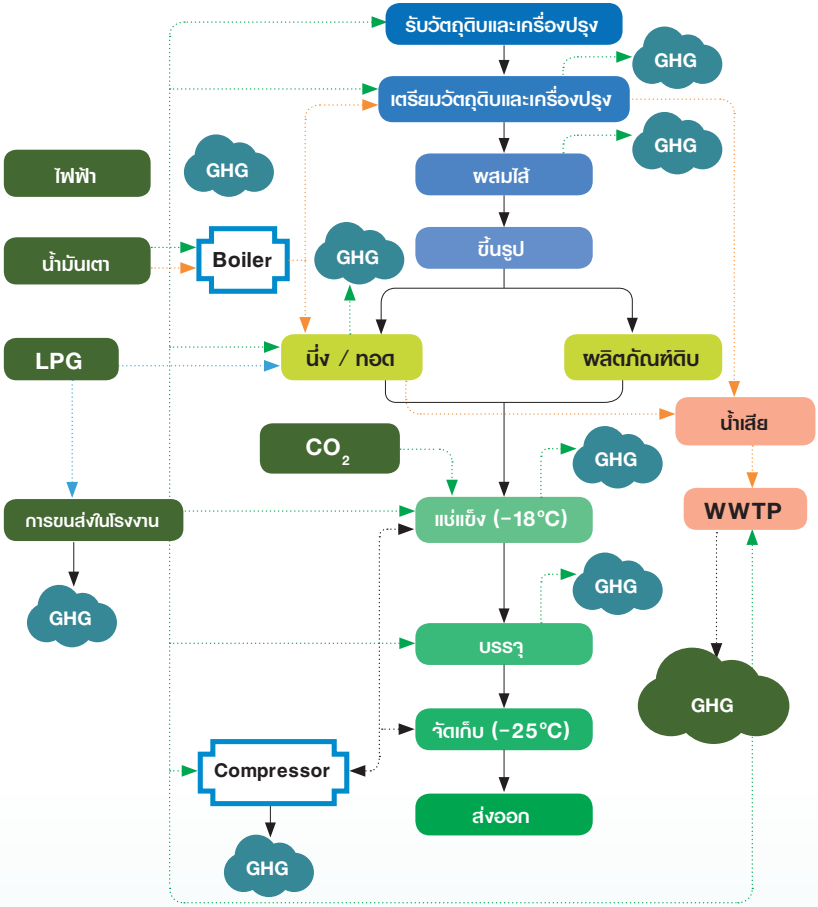
ตารางที่ 4 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรม/ กระบวนการ การผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง

กิจกรรม/ กระบวนการ/	ชนิดเชื้อเพลิง/ พลังงานที่ใช้	เครื่องจักร/ เทคโนโลยีที่ใช้	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของก๊าซเรือนกระจก
การผลิตไอน้ำ	น้ำมันเตา	Boiler	CO_2, CH_4, N_2O	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การขนส่งในโรงงาน	LPG	รถโฟล์คลิฟท์	CO_2, CH_4, N_2O	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การทำความเย็น	ไฟฟ้า	คอมเพรสเซอร์	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การเตรียมวัตถุดิบ	ไฟฟ้า	เครื่องล้าง เครื่องตีแป้ง	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การผสมไส้	ไฟฟ้า	เครื่องผสม	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การทำสุกผลิตภัณฑ์	ไฟฟ้า	เครื่องนึ่ง เครื่องทอด	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
	LPG	เครื่องทอด	CO_2, CH_4, N_2O	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การบรรจุ	ไฟฟ้า	สายพาน	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

กิจกรรม/ กระบวนการ/	ชนิดเชื้อเพลิง/ พลังงานที่ใช้	เครื่องจักร/ เทคโนโลยีที่ใช้	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของก๊าซเรือนกระจก
การแช่แข็ง	ไฟฟ้า	เครื่องแช่แข็งแบบ I.Q.F	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
			CO_2	กรณีที่มีการใช้ CO_2 เป็นสารทำความเย็นและปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ
การบำบัดน้ำเสีย	ไฟฟ้า	เครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสียเช่นเครื่องเติมอากาศ	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
			CH_4	กรณีที่มีกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ หรือกรณีที่การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเติมอากาศไม่มีประสิทธิภาพ
ระบบแสงสว่าง	ไฟฟ้า	หลอดไฟ	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

จากผลการศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมอาหารขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และข้อมูลการใช้พลังงานในภาพรวมของทั้งอุตสาหกรรมของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานปี พ.ศ. 2550 พบว่าค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปแช่แข็งที่เป็นโรงงานควบคุมจำนวน 158 โรง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.27 $MtCO_2eq$ ทั้งนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมอาหารรวมทั้งหมดเท่ากับ 34.34 $MtCO_2eq$

ตัวอย่างการใช้พลังงานและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง แสดงในรูปที่ 8

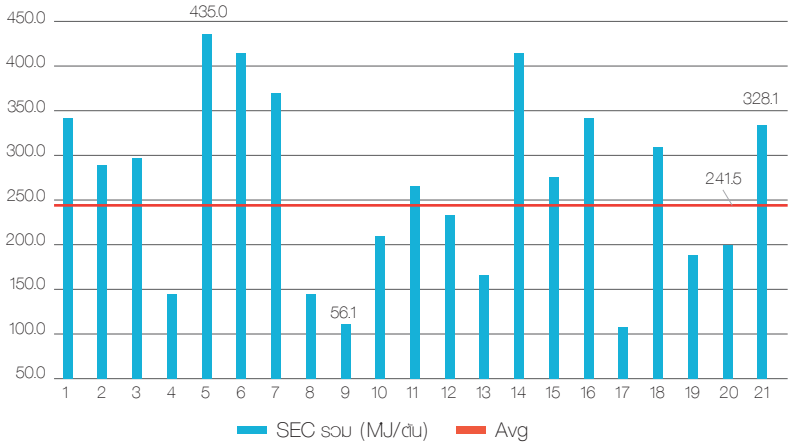


รูปที่ 8 แผนภาพการใช้พลังงานและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมหรือกระบวนการในการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เรื่องการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็งจำนวน 21 โรง พบว่า กลุ่มอุตสาหกรรมนี้มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption, SEC) เท่ากับ 241.5 เมกะจูลต่อตันของผลิตภัณฑ์ (MJ/t) โดยค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานของ

โรงงานตัวอย่างมีค่าแตกต่างกัน โดยร้อยละ 50 ของโรงงานตัวอย่างมีค่าการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และอีกร้อยละ 50 มีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ย โรงงานที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 435.0 MJ/t (โรงที่ 5) และโรงงานที่มีค่าการใช้พลังงานต่ำที่สุดมีค่าการใช้พลังงาน 56.1 MJ/t (โรงที่ 9)

อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากแต่ละโรงงานมีเทคโนโลยีการผลิตที่แตกต่างกันและชนิดของผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน จากการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่ากลุ่มอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งยังมีศักยภาพในการลดหรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อีก ตัวอย่างเช่น โรงงานที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดจากผลการเปรียบเทียบในครั้งนี้ พบว่ายังมีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 44 เมื่อเทียบกับค่าการใช้พลังงานเฉลี่ยของกลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 9

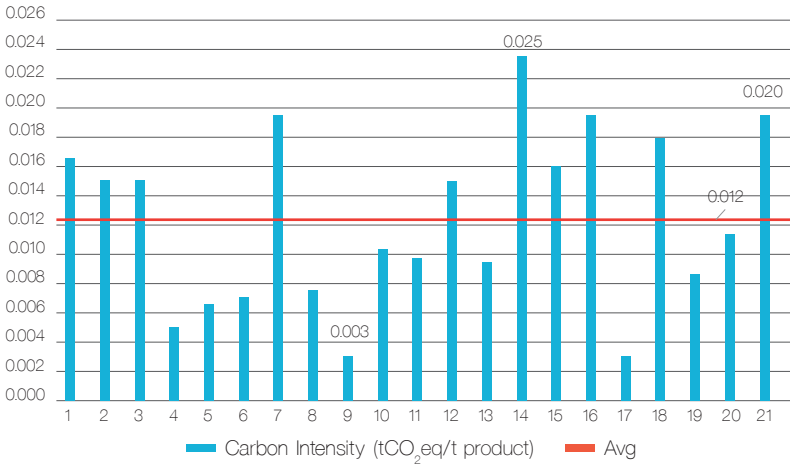


รูปที่ 9 ข้อมูลการใช้พลังงานอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (TSIC: 10751)

ผลการการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็งจำนวน 21 โรง แสดงในรูปที่ 10 กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็งมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันการผลิตเท่ากับ 0.012 tCO_2eq/t product โดยพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสอดคล้องกับปริมาณการใช้พลังงาน โดยร้อยละ 50 ของโรงงานตัวอย่างมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และร้อยละ 50 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าค่าเฉลี่ย โรงงานที่มีการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกสูงสุดมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.025 tCO_2eq/t product (โรงที่ 14) และโรงงานที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุดมีค่า 0.003 tCO_2eq/t product (โรงที่ 9)

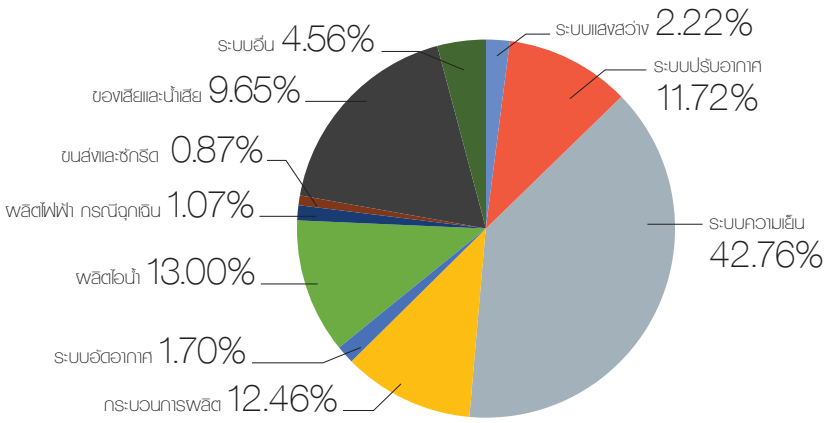
จากผลการเปรียบเทียบข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง ยังมีช่องว่างที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกมาก หากมีการดำเนินการลดการใช้พลังงานหรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เช่น การปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิต หรือมีการนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงมาช่วยลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต การใช้พลังงานทดแทน เช่น การผลิตไฟฟ้าใช้เองด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น



รูปที่ 10 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (TSIC: 10751)

จากการศึกษาในกลุ่มตัวแทนอุตสาหกรรม พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารปรุงสำเร็จรูปแช่แข็ง ประกอบด้วยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบทำความเย็นซึ่งมีปริมาณสูงสุดถึงร้อยละ 42.8 รองลงมาได้แก่ระบบผลิตไอน้ำร้อยละ 13.0 กระบวนการผลิตร้อยละ 12.5 ระบบปรับอากาศในอาคารร้อยละ 11.7 ระบบจัดการของเสียและน้ำเสียร้อยละ 9.6 และอื่นๆ เช่นระบบแสงสว่าง ระบบอัดอากาศ ระบบผลิตไฟฟ้ากรณีฉุกเฉิน รวมเป็นร้อยละ 10.4 ดังแสดงในรูปที่ 11

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็งต่อปริมาณการผลิตมีค่าเท่ากับ 2.42 tCO_2eq/ton product



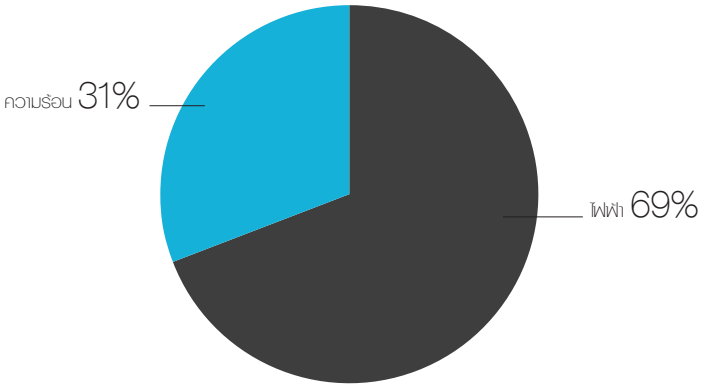
รูปที่ 11 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารปรุงสำเร็จรูปแช่แข็ง (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

เมื่อพิจารณาเฉพาะกระบวนการผลิต พบว่า ขั้นตอนการทำสุกเป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ดังตารางที่ 5

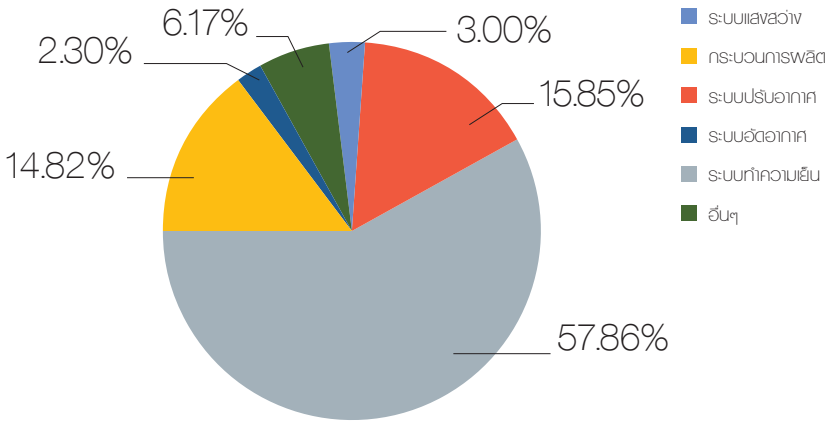
ตารางที่ 5 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

ขั้นตอนการผลิต	สัดส่วน (ร้อยละ)
เตรียมวัตถุดิบและเครื่องปรุง	20.68
ผสมไส้	10.97
ขึ้นรูป	3.41
ทำสุก	41.71
แช่แข็ง	2.90
บรรจุ	20.33

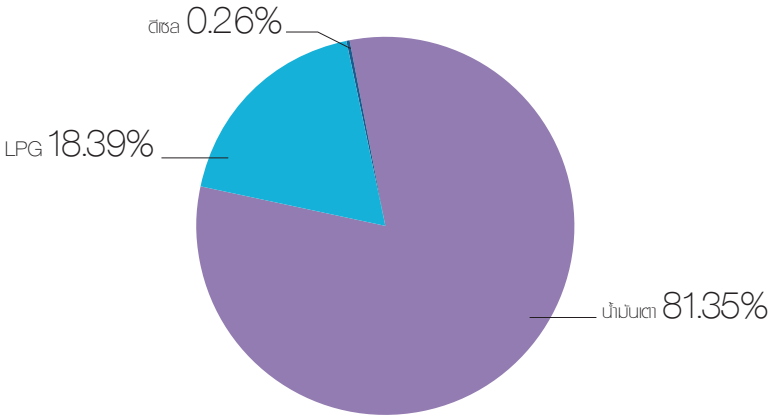
ลักษณะการใช้พลังงาน (Energy Use) ของการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง สามารถแยกเป็นการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานพบว่า มีการใช้พลังงานจากการใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก คิดเป็นร้อยละ 69 (รูปที่ 12) โดยร้อยละ 58 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ถูกใช้ในระบบทำความเย็น (รูปที่ 13) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำความเย็นมากที่สุด



รูปที่ 12 สัดส่วนการใช้พลังงานของการผลิตอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

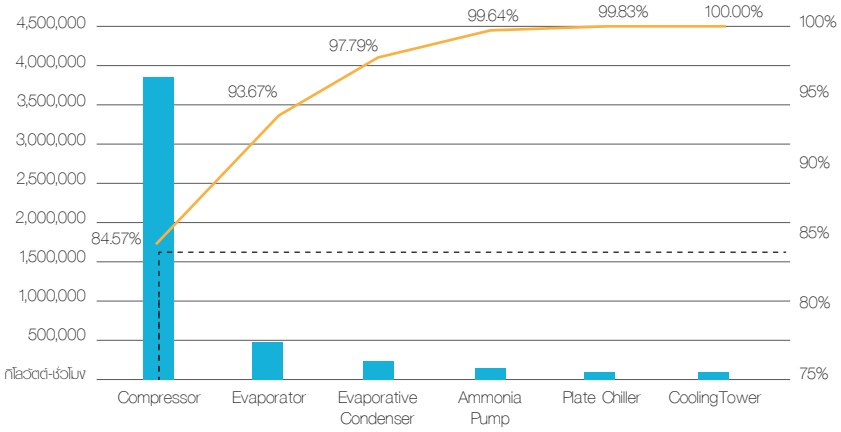


รูปที่ 13 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ (สถานประกอบการกรณีศึกษา)



รูปที่ 14 สัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิง (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

ในระบบทำความเย็นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากคอมเพรสเซอร์เป็นหลัก ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานมากกว่าร้อยละ 80 ดังแสดงในรูปที่ 15 และตารางที่ 6



รูปที่ 15 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็น (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

ตารางที่ 6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็น (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

ชุดเครื่องจักร/อุปกรณ์	ร้อยละ
Compressor	84.57
Evaporative condenser	9.10
Ammonia Pump	4.12
Plate Chiller	1.86
Cooling Tower	0.19
Evaporator	0.17
รวม	**100.00**

จากการศึกษาตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรม มีปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเทียบกับผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้อยมาก อีกทั้งยังนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด เช่น เศษอาหาร เศษผัก เศษของสด นำไปผลิตเพื่อเป็นอาหารสัตว์ หรือสามารถนำมาหมักเพื่อทำเป็นสารปรับปรุงดิน

ส่วนการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่มาจากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ ทำความสะอาดอุปกรณ์ และนิยมใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศซึ่งจะปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าระบบหมักแบบไร้อากาศ การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกพบว่า สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการน้ำเสีย อยู่ในช่วงร้อยละ 1 ถึง 5 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง

ธุรกิจคลังสินค้าและจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง หรือธุรกิจห้องเย็น มีบทบาทในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและถนอมอาหารอย่างมาก โดยระบบทำความเย็นเป็นส่วนสำคัญที่เป็นอุปกรณ์หลักในอุตสาหกรรมกลุ่มนี้ ระบบทำความเย็นสามารถแบ่งตามประเภทสารทำความเย็นได้ เช่น ชนิดที่ใช้สารแอมโมเนียแอนไฮดรัส (Ammonia Anhydrous : AMP (NH_3)) เป็นสารทำความเย็น และสารประกอบคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน เช่น Fluorocarbon 12; CFC–12; R–12 (CCl_2F_2); Freon 21; R–21 ($CHCl_2F$) และชนิดที่ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารทำความเย็นเป็นต้น [กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549]

2.3.1 กระบวนการจัดเก็บสินค้า

การให้บริการจัดเก็บสินค้านั้นมีรายละเอียดกระบวนการในการรับฝากและส่งออกสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 16

รูปที่ 16 กระบวนการในการรับฝากและส่งออกสินค้า

จากการเก็บข้อมูลในสถานประกอบการกรณีศึกษา พบว่าในการจัดเก็บสินค้าสามารถแบ่งห้องเก็บตามอุณหภูมิได้เป็น 4 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 7 ห้องเก็บสินค้าทั้งหมดมีการใช้สารทำความเย็นชนิดเดียวกันคือ แอมโมเนีย โดยทั่วไปห้องประเภท Frozen room สามารถสลับเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการใช้งานให้เป็นห้องประเภท Chilled room ได้

ตารางที่ 7 ประเภทห้องเก็บสินค้าตามระดับอุณหภูมิ (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

รายการ	อุณหภูมิเก็บสินค้า
Chilled room	0°C to 5°C
Frozen room	≤ –18°C
Freeze room	–40°C
Dry storage (Ambient)	21°C to 25°C

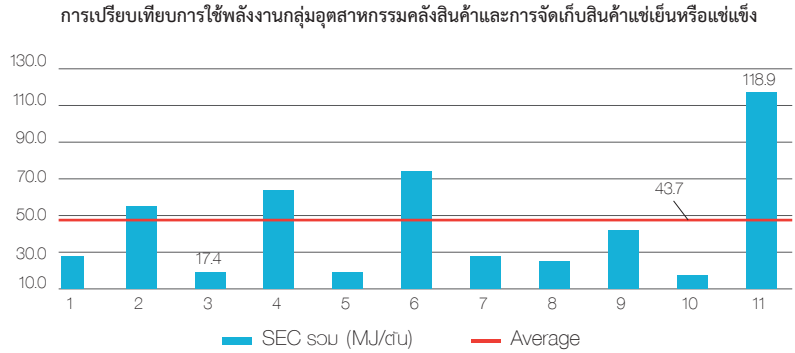
การควบคุมอุณหภูมิสำหรับเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง โดยทั่วไป จะควบคุมไว้ให้ต่ำกว่าหรือเท่ากับ –18 °C ส่วนการแช่แข็งอาหารหลังจากการผลิตจะตั้งไว้ที่ –40 °C หรือต่ำกว่าเพื่อลดระยะเวลาที่ต้องใช้ในการแช่แข็ง ทั้งนี้ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ดำเนินการก็ขึ้นอยู่ประเภทของสารทำความเย็นและประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นที่โรงงานใช้

โดยปกติอุณหภูมิในตู้เย็นธรรมดาหรือห้องเย็น (Chilled room) ที่ 4 – 5 °C สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั่วไปได้ ยกเว้นพวกจุลินทรีย์ที่ทนความเย็นได้ (Psychophilic organism) แต่การเก็บรักษาอาหารไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า –18 °C จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ [สสว., 2557]

2.3.2 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

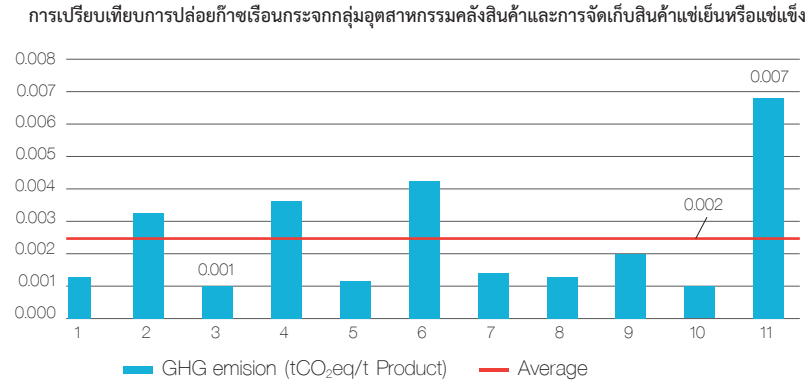
ข้อมูลการใช้พลังงานของกลุ่มคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (TSIC: 52101) จำนวน 11 โรง แสดงในรูปที่ 17

กลุ่มคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานต่อตันผลิตภัณฑ์ (SEC) เท่ากับ 43.7 MJ/t โดยโรงงานตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และมีโรงงานจำนวน 4 โรงที่มีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ย โรงงานที่มีการใช้พลังงานต่ำสุดมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 17.4 MJ/t (โรงที่ 3) และโรงงานที่มีค่าการใช้พลังงานสูงที่สุดมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 118.9 MJ/t (โรงที่ 11) ระดับการใช้พลังงานที่แตกต่างกันนี้ มีสาเหตุมาจากการใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน รวมทั้งการใช้อุณหภูมิของคลังสินค้าที่ให้บริการรับฝากสินค้าที่แตกต่างกัน ผลจากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่ากลุ่มอุตสาหกรรมคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็งมีศักยภาพในการลดหรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อีก ตัวอย่างเช่น โรงงานที่มีการใช้พลังงานสูงสุดจากผลการเปรียบเทียบในครั้งนี้ อาจจะสามารถลดการใช้พลังงานได้อีกประมาณร้อยละ 63 เมื่อเทียบกับค่าการใช้พลังงานเฉลี่ยของกลุ่ม



รูปที่ 17 ข้อมูลการใช้พลังงานคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (TSIC: 52101)

จากผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (TSIC: 52101) จำนวน 11 โรง แสดงดังรูปที่ 18 พบว่า กลุ่มคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็งมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.002 tCO_2eq/t product โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสอดคล้องกับปริมาณการใช้พลังงาน โดยโรงงานตัวอย่างส่วนใหญ่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และมีโรงงานจำนวน 4 โรงที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าค่าเฉลี่ย การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเท่ากับ 0.007 tCO_2eq/t product (โรงที่ 11) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุดเท่ากับ 0.001 tCO_2eq/t product (โรงที่ 3)

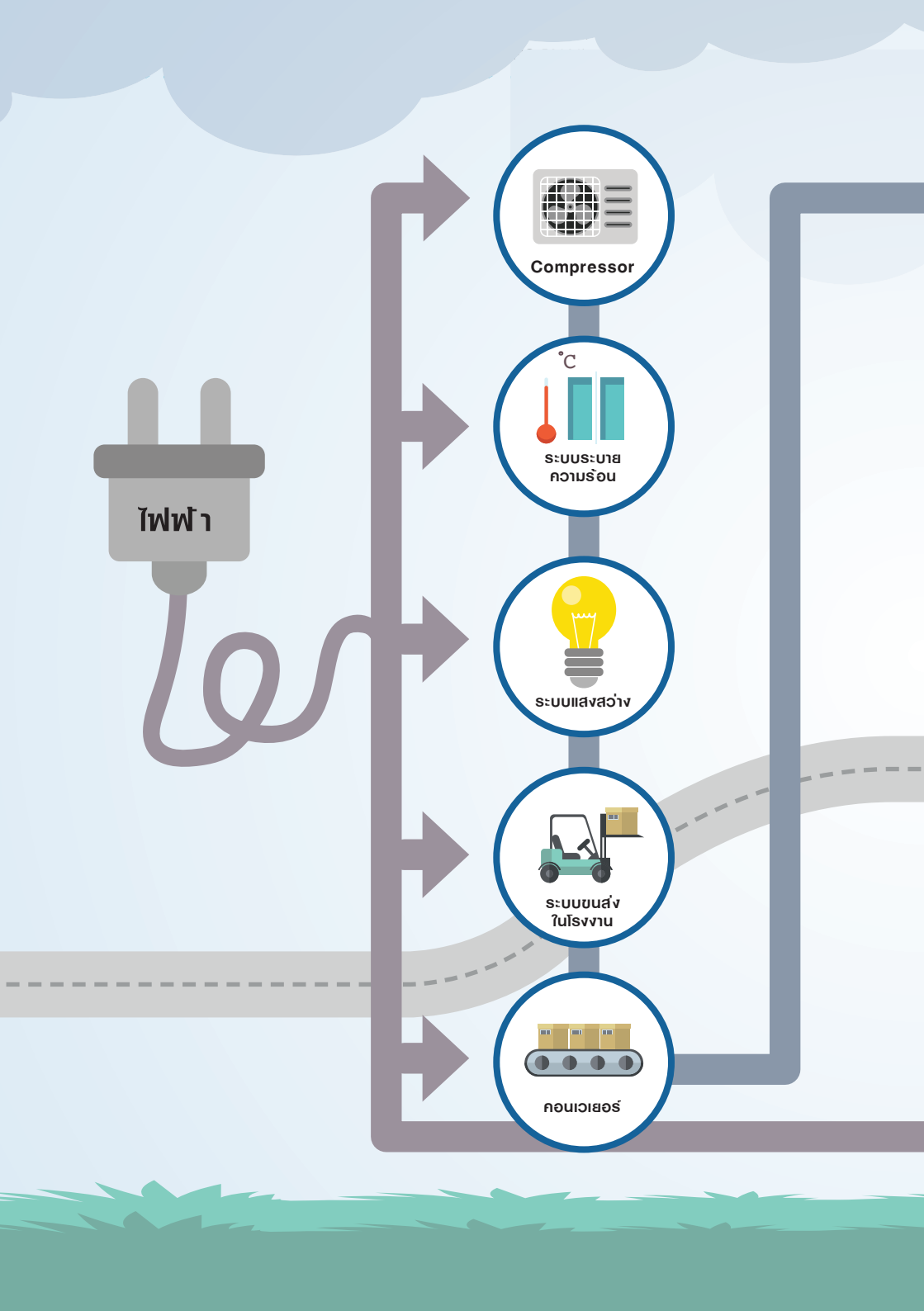


รูปที่ 18 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (TSIC: 52101)

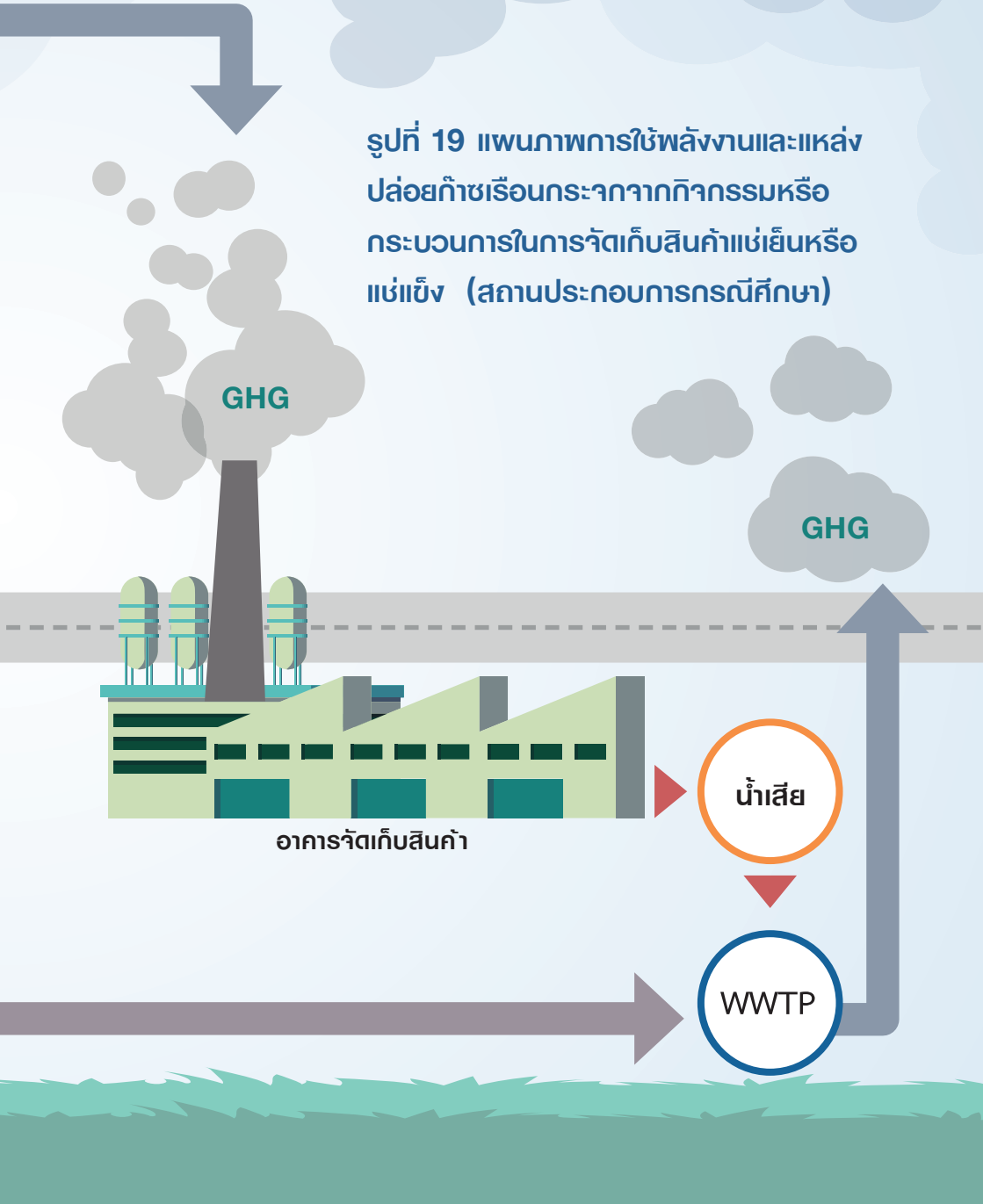
อุตสาหกรรมคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแข็งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบทำความเย็น และการขนส่งในโรงงานเป็นหลัก โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมหรือกระบวนการแสดงในตารางที่ 8 และรูปที่ 19

ตารางที่ 8 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรม/ กระบวนการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง

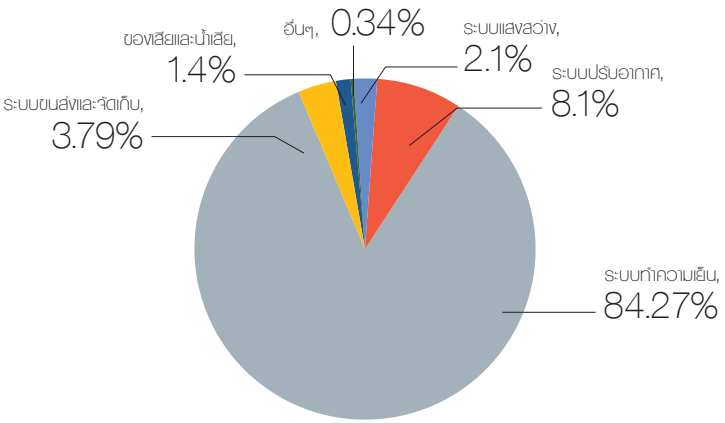
กิจกรรม/ กระบวนการ/	ชนิดเชื้อเพลิง / พลังงานที่ใช้	เครื่องจักร/ เทคโนโลยีที่ใช้	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของก๊าซเรือนกระจก
การทำความเย็นและระบายความร้อน	ไฟฟ้า	คอมเพรสเซอร์	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การขนส่งในโรงงาน	ไฟฟ้า	รถโฟล์คลิฟท์	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การจัดเก็บสินค้า	ไฟฟ้า	สายพาน	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
การบำบัดน้ำเสีย	ไฟฟ้า	เครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสียเช่น เครื่องเติมอากาศ	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
			CH_4	กรณีที่มีกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ หรือกรณีที่การจัดการระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเติมอากาศไม่มีประสิทธิภาพ
ระบบแสงสว่าง	ไฟฟ้า	หลอดไฟ	CO_2, CH_4, N_2O	การใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล


ไฟฟ้า
Compressor
°C
ระบบระบาย
ความร้อน
ระบบแสงสว่าง
ระบบขนส่ง
ในโรงงาน
คอนเวเยอร์

รูปที่ 19 แผนภาพการใช้พลังงานและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมหรือกระบวนการในการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

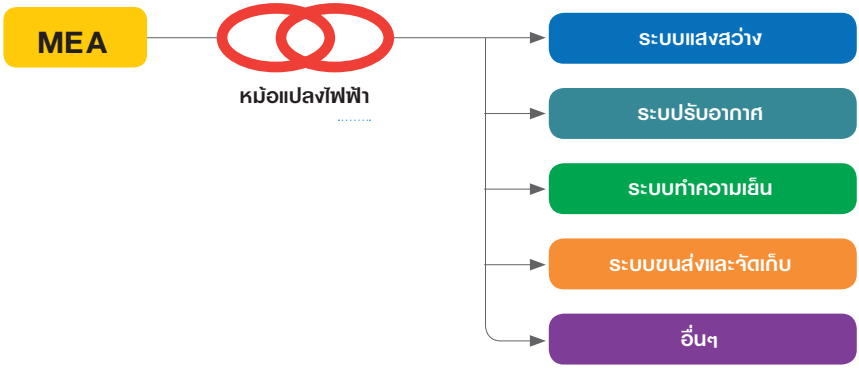


จากการศึกษาในกลุ่มตัวแทนอุตสาหกรรมคลังสินค้าฯ พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของสถานประกอบการกรณีศึกษาต่อปริมาณการผลิตมีค่าเท่ากับ 0.023 tCO2eq/ton product โดยระบบทำความเย็นมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดคือร้อยละ 84.3 ดังแสดงในรูปที่ 20

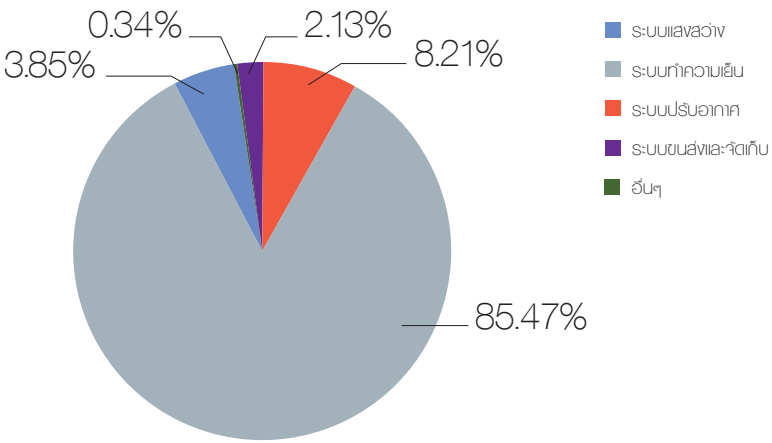


รูปที่ 20 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบ จากการกิจกรรมการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

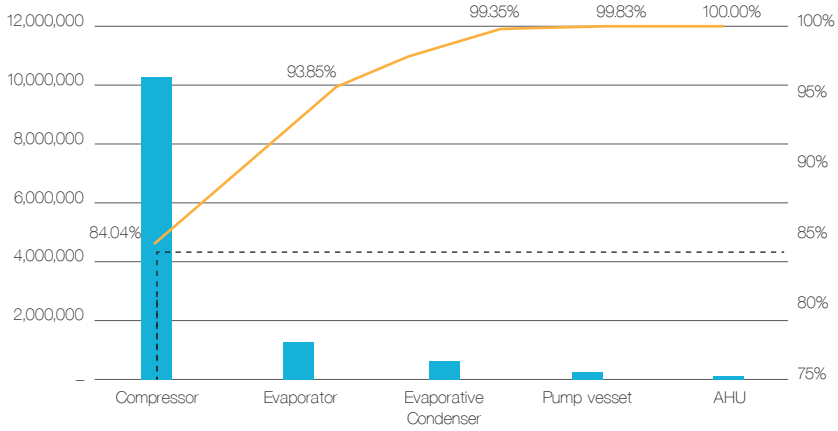
กิจกรรมและกระบวนการทั้งหมด มีการใช้พลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยพลังงานไฟฟ้าจะใช้ในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น ระบบขนส่งและจัดเก็บ และอื่น ๆ ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากระบบทำความเย็นสูงสุด (ร้อยละ 85.5) (รูปที่ 21 และรูปที่ 22) สอดคล้องกับสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 21 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ



รูปที่ 22 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบ อุตสาหกรรมคลังสินค้าและการจัดเก็บแช่เย็นหรือแช่แข็ง (สถานประกอบการกรณีศึกษา)



รูปที่ 23 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็นของตัวแทนกลุ่มคลังสินค้าฯ (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

ในระบบทำความเย็นมีการใช้พลังงานสูงสุดที่คอมเพรสเซอร์ เป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 84 ของระบบทำความเย็นทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 23 และตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็นของตัวแทนกลุ่มคลังสินค้าฯ (สถานประกอบการกรณีศึกษา)

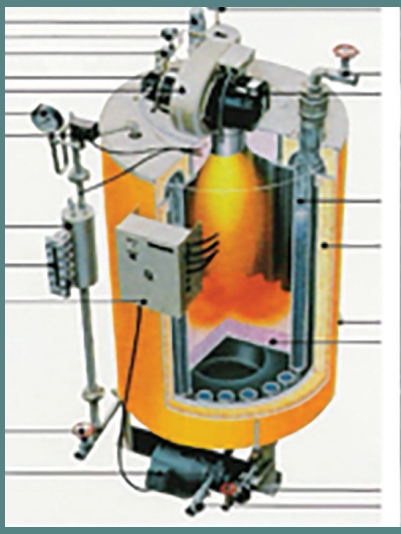
ชุดเครื่องจักร/อุปกรณ์	ร้อยละ
Compressor	84.04
Evaporative condenser	5.49
Pump vessel	0.54
AHU	0.11
Evaporator	9.82
รวม	**100.00**

สำหรับการจัดการของเสียและน้ำเสีย เนื่องจากเป็นการให้บริการด้านการจัดเก็บสินค้า โดยปกติจะไม่มีของเสียเกิดขึ้น แต่ในกรณีที่มีของเสีย หากเป็นสินค้าสดจะเก็บรวบรวมไว้และขายเป็นอาหารสัตว์ให้กับผู้ประกอบการที่มารับซื้อ นอกจากนี้น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการการดำเนินกิจการมีปริมาณน้อยมาก ส่วนใหญ่จะเกิดจากการล้างพื้นที่ในบริเวณจัดเก็บสินค้า โรงงานส่วนใหญ่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเติมอากาศ เมื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า มีสัดส่วนเพียงร้อยละ 1.4 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในระบบการจัดเก็บสินค้า

บทที่ 3
ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก

ตัวอย่างเทคโนโลยีใหม่และนวัตกรรมที่มีความเป็นไปได้ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และเพิ่มศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารปรุงสำเร็จแช่แข็ง และอุตสาหกรรมคลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง ได้แก่

1. หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler)



หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (รูปที่ 24) เป็นเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อน้ำ โดยมีท่อขดเป็นคอยล์หรืออาจจะเป็นท่อตรงที่มีลักษณะพิเศษประกอบด้วยท่อน้ำหลายๆ ท่อ มีการป้อนน้ำเข้าทางด้านล่าง และผลิตไอน้ำปล่อยออกทางด้านบน ซึ่งจะมีปริมาณน้ำใน Boiler น้อย ทำให้การระเหยกลายเป็นไอน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 90 – 95 มากกว่าหม้อไอน้ำท่อไฟ (Tube Fire Boiler) ที่ได้รับความนิยมสูง ซึ่งมีประสิทธิภาพร้อยละ 85–90 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียวมีขนาดพิกัดเล็กประมาณ 1 – 2 ตัน กรณีที่ใช้ไอน้ำปริมาณสูงจะใช้หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียวหลายชุดขนานกัน และเมื่อความต้องการไอน้ำน้อยจะสามารถลดการเดินหม้อไอน้ำลงได้บางชุดทำให้ประสิทธิภาพยังสูงแม้ภาระลดต่ำลง [โครงการส่งเสริมการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร, 2560]

ดังนั้น หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว จึงสามารถนำมาใช้แทนหม้อไอน้ำทั่วไป เช่น หม้อไอน้ำท่อไฟ (Fire Tube Boiler) หม้อไอน้ำท่อน้ำ (Water Tube Boiler) หม้อต้มน้ำร้อน (Hot Water Boiler) และหม้อต้มน้ำมันร้อน (Thermal Oil Boiler) ได้

สภาพที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยีนั้นสามารถใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปที่มีความต้องการไอน้ำไม่สม่ำเสมอ (Part load) เทคโนโลยีนี้เหมาะสำหรับทดแทนหม้อไอน้ำที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปีขึ้นไป โครงสร้างหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว มีความปลอดภัยสูงมาก มีการออกแบบเพื่อการบำรุงรักษาเฉพาะด้านหน้าและด้านหลังหม้อน้ำ สามารถติดตั้งหม้อน้ำต่อเนื่องจากด้านข้างของหม้อน้ำแต่ละเครื่องได้ กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่ โรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม โรงงานผลิตชิ้นส่วนโลหะ โรงงานสิ่งทอ โรงงานไม้ โรงงานเคมี โรงงานอโลหะ และโรงงานผลิตภัณฑ์จากโลหะ [พพ., 2559ข]

รูปที่ 24 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler) [สุรชัย สนิทใจ, 2559]

หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว มีจุดเด่นกว่าหม้อไอน้ำแบบอื่น ได้แก่

- ความปลอดภัยสูง
- ประสิทธิภาพสูง และประหยัดเชื้อเพลิง
- ปริมาณความจุน้ำน้อย ผลิตไอน้ำได้เร็ว และตอบสนองเร็วความต้องการใช้ไอน้ำได้เร็ว
- ติดตั้งง่าย ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย หม้อน้ำเล็ก น้ำหนักเบา สถานที่ติดตั้งลงทุนน้อย
- ติดตั้งหม้อน้ำเพิ่มได้ง่าย เมื่อต้องการขยายกำลังผลิต ระยะห่างระหว่างหม้อน้ำได้รับการยกเว้นตามกฎหมาย (ที่กำหนดให้ถ้ามีการติดตั้งหม้อไอน้ำมากกว่า 1 เครื่อง ต้องจัดให้มีระยะห่างระหว่างเปลือกหม้อไอน้ำของแต่ละเครื่องไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร)
- ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา แก๊ส LPG แก๊สธรรมชาติ

ในด้านศักยภาพการประหยัดพลังงาน เนื่องจาก ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำ (Fuel to Steam Efficiency) ของหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว มีประสิทธิภาพสูงกว่าหม้อน้ำแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน จึงช่วยให้ประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 10 – 20 เมื่อเทียบกับ Boiler แบบเดิม นอกจากนี้ การใช้ระบบการเผาไหม้ต่อเนื่องเมื่อความต้องการใช้ไอน้ำต่ำลงจน Low Fire ช่วงหยุดทำงาน โดยเลี้ยงไฟด้วย Pilot Burner ทำให้ไม่มีการสูญเสียความร้อน ในกรณีที่ใช้ไอน้ำเฉลี่ยวันละ 2 ตัน/วัน วันละ 8 ชั่วโมง จะสามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ประมาณ 1,500,000 บาทต่อปี [พพ., 2559ข]

ราคาของหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว จะขึ้นอยู่กับขนาดติดตั้งของอุปกรณ์ โดยราคาของระบบจะอยู่ประมาณ 1,200 – 2,400 บาทต่อกิโลกรัมไอน้ำ เทคโนโลยีนี้สามารถให้ผลประหยัดซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 – 3 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชั่วโมงการใช้งาน และความต้องการไอน้ำไม่สม่ำเสมอ (Part load) ส่วนในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีหม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถประหยัดพลังงานและลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ [พพ., 2559ค]

จากโครงการ Study for the Project on Super–High Efficiency Small Once–Through Boiler and Promotion of Associated Technologies ขององค์การพลังงานใหม่และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (New Energy and Industrial Technology Development Organization : NEDO) ร่วมกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และกรมโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศไทย ได้คัดเลือกผู้ประกอบการ 8 ราย ที่มีการใช้เทคโนโลยีบอยเลอร์นอนท่อไฟ (Smoke–Tube Boiler) ให้เปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยี Super–High Efficiency Small Once–Through Boiler และทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากถ่านหินเป็น LNG พบว่า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 975 tonCO_2eq/ปี (ต่อโครงการ) และได้คาดการณ์ว่าหากมีการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีบอยเลอร์นอนท่อไฟ มาใช้เทคโนโลยี Super–High Efficiency Small Once–Through Boiler เพิ่มอีก 1,075 โครงการ ภายในปี ค.ศ. 2019 จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 475,526 tonCO_2eq [NEDO, 2014]

2. เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

2.1 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ เป็นอุปกรณ์อีกประเภทหนึ่งที่อาศัยหลักการทำงานของ VFD (Variable Frequency Drive) ในการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์มอเตอร์ในการดูดอัดสารทำความเย็นตามภาระโหลดที่ต้องการ ซึ่งจะทำการปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์โดยการปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตามภาระโหลดที่เกิดขึ้นจริง ครอบคลุมลักษณะการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระการทำความเย็นเต็มตามพิกัดที่ออกแบบไว้หรือเรียกว่า “Full Load” และการใช้งานที่ภาระการทำความเย็นไม่เต็มพิกัดหรือน้อยกว่าตามที่การออกแบบไว้ หรือเรียกว่า “Part Load” โดยเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์นี้ จะมีสมรรถนะที่ Part Load ดีกว่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบเดิม ที่เป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal) หรือสกรู (Screw) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นหลายชุดพร้อมกัน อาจส่งผลให้ภาระของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานแต่ละตัวอยู่ที่ร้อยละ 30 – 50 เป็นต้น ซึ่งเป็นการสูญเสียการใช้พลังงานในระบบทำน้ำเย็นของระบบปรับอากาศ (Chilled water system) เป็นอย่างมาก

การใช้ทดแทนเทคโนโลยีเดิม

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ สามารถใช้ได้กับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เดิมที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating) หอยโข่ง และสกรู ในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจขนาดใหญ่ทั่วไป โดยมีรายละเอียดเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเดิม ดังนี้

ใช้ Motor ที่มีประสิทธิภาพสูง (กรณีรุ่นที่ใช้ DC Motor ประสิทธิภาพมอเตอร์ประมาณร้อยละ 98 เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีคอมเพรสเซอร์แบบเดิมที่ใช้ AC Induction Motor ที่มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 96)

ประหยัดพลังงานสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเก่า อย่างเช่น เทคโนโลยีแบบลูกสูบ สกรูเทคโนโลยีเก่า และหอยโข่ง โดยสามารถประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 20 – 40 ตามประสิทธิภาพ Integrated Part Load Value (IPLV) ตามมาตรฐาน ARI (Air–Conditioning and Refrigeration Institute) ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ (VFD) ซึ่งประกอบอยู่ในชุดคอมเพรสเซอร์ที่ช่วยลดการทำงานในช่วงโหลดการทำงานต่ำ ๆ ได้

ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานขั้นต้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 20–40 โดยพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงขึ้นอยู่กับภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเป็นหลัก เทคโนโลยีนี้เหมาะสำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารประเภทต่าง ๆ ที่มีการใช้งานที่ภาระการทำความเย็นต่ำกว่าพิกัด (Part load) โดยส่วนใหญ่ใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และมากกว่า 300 วันต่อปี กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่ โรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม โรงงานผลิตชิ้นส่วนโลหะ โรงงานผลิตยาและชีวเคมีโรงงานสิ่งทอ โรงแรม โรงพยาบาล

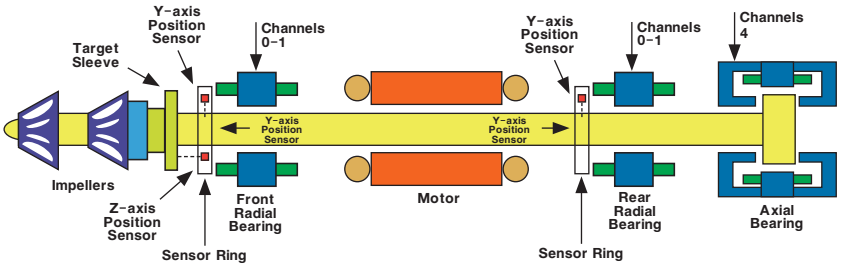
ราคาของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ จะขึ้นอยู่กับขนาดการทำความเย็น โดยราคาเฉลี่ยของระบบจะอยู่ที่ประมาณ 20,000 บาทต่อตันความเย็น ระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 4–5 ปี ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการใช้พลังงานลดลง และใช้สารทำความเย็น R134a ที่ลดผลกระทบต่อการทำลายชั้นบรรยากาศ

จากการตรวจสอบกับผู้จำหน่ายและฐานข้อมูลโรงงานอาคารควบคุมของ พพ. พบว่า มีการนำเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้แล้วประมาณไม่เกินร้อยละ 1 ของจำนวนสถานประกอบการที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ได้ (ประมาณ 30 แห่งจาก 5,537 แห่ง)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณากลุ่มเป้าหมายการใช้เทคโนโลยีนี้ ในกลุ่มอุตสาหกรรมและอาคารที่มีศักยภาพแล้วพบว่า เทคโนโลยีนี้สามารถขยายผลในสถานประกอบการที่มีการใช้พลังงานรวมกันประมาณ 2,532 ktoe ตามข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศในปี พ.ศ. 2553 และจากการประมาณการในกรณีที่ร้อยละ 20 ของสถานประกอบการที่มีศักยภาพเหล่านี้ นำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ จะทำให้เกิดผลประหยัดพลังงานให้กับประเทศได้ปีละประมาณ 313 ล้านบาท [พพ., 2555ก]

2.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบแบริ่งแม่เหล็ก (Magnetic Bearing Chiller)

เป็นเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Chiller) ที่แตกต่างจากเครื่องทำน้ำเย็นตามมาตรฐานทั่วไป ตรงที่มีการออกแบบระบบควบคุมการทำงานที่ดีขึ้น ปรับปรุงประสิทธิภาพในส่วนของเครื่องควบแน่น (Condenser) ให้ดีขึ้น พร้อมกับมีการใช้คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ที่ไร้แรงเสียดทานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยใช้ชุดแบริ่งแม่เหล็ก (Magnetic Bearing) ร่วมกับระบบควบคุม จากการทดสอบตามมาตรฐาน ARI เครื่องทำความเย็นขนาด 150 Ton ที่ใช้ Magnetic Bearing Compressor จะมีประสิทธิภาพสูงถึง 0.629 kW/ton (COP = 5.6) ที่ภาระความเย็นสูงสุด (Full load) และ 0.375 kW/ton (COP = 9.4) ที่ภาระความเย็นร้อยละ 60 [ขุนพล สังข์อารียกุล., 2548ก]



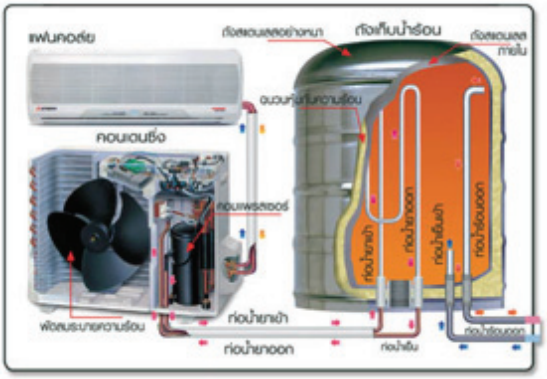
รูปที่ 25 ชุดแบริ่งแม่เหล็ก (Magnetic Bearing) ในคอมเพรสเซอร์ (Compressor) [ขุนพล สังข์อารียกุล., 2548ก]

3. เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศมีการใช้งานเป็นประจำทุกวัน ซึ่งตามปกติเครื่องปรับอากาศจะต้องมีการระบายความร้อนทิ้งด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเย็น หากสามารถนำความร้อนที่เกิดการทำความเย็นกลับมาใช้งานใหม่ได้ก็จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้อีก ซึ่งเทคโนโลยีนี้จะช่วยนำความร้อนที่สูญเสียไปกลับมาใช้ประโยชน์ โดยการนำมาผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้งานตามจุดต่าง ๆ ของบ้าน อาคาร และโรงงาน ในขณะเดียวกันเครื่องปรับอากาศก็จะทำงานเบาลง ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อีก

การทำงานของระบบปรับอากาศทุกชนิดมีพื้นฐานการทำความเย็นในเรื่องการถ่ายเทความร้อนเหมือน ๆ กัน ก็คือ การนำความร้อนในบริเวณที่ต้องการปรับอากาศออกไปสู่บริเวณอื่น ๆ ปริมาณความร้อนที่ระบายทิ้งออกไปนั้นเทียบเท่ากับปริมาณความเย็นที่ทำได้ เช่น เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันหรือ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง จะดึงความร้อนจากบริเวณปรับอากาศออกมาปล่อยภายนอก 12,000 บีทียู เช่นกัน ซึ่งเทียบเท่ากับเครื่องทำความร้อนขนาด 3.5 kW จะเห็นได้ว่ามีปริมาณความร้อนจำนวนมากถูกปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ การดึงความร้อนส่วนนี้กลับมาใช้ ทำให้สามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงในการทำความร้อนได้มาก เช่น การนำมาใช้อุ่นน้ำสำหรับป้อนหม้อไอน้ำ (Boiler) การนำไปใช้ในกระบวนการผลิต หรือกระบวนการซักล้าง เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดึงความร้อนทิ้งกลับมาใช้โดยส่วนใหญ่คือ Heat Exchanger ซึ่งมีอยู่หลายประเภท เช่นแบบ Shell and Tube แบบ Plate หรือแบบ Tube in Tube ซึ่งแต่ละประเภทให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนได้ต่างกัน



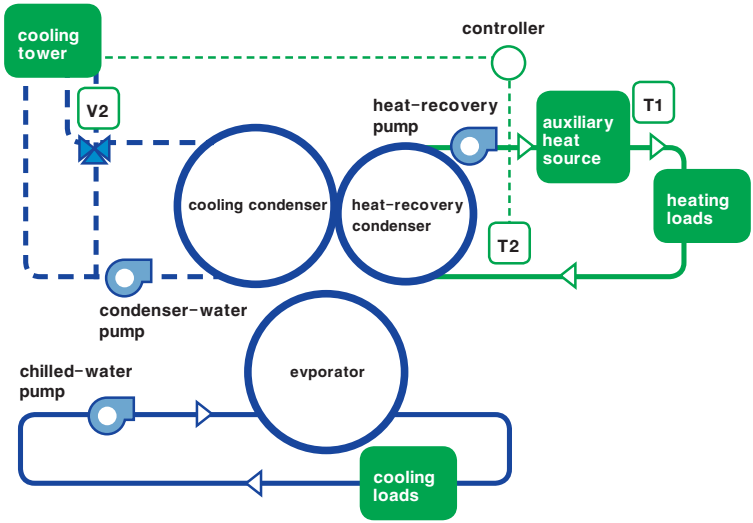
รูปที่ 26 ไดอะแกรมแสดงหลักการผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศ [พพ., 2555ข]

โดยทั่วไปแล้ว การระบายความร้อนที่ได้จากระบบปรับอากาศจะใช้น้ำเป็นตัวกลางในการรับความร้อน แล้วก็จะนำน้ำนั้นไปใช้โดยอุณหภูมิที่ทำได้นั้นขึ้น

อยู่กับชนิดของสารทำความเย็นและปริมาณน้ำที่ใช้ เช่นระบบปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศที่ใช้ R22 เป็นสารทำความเย็นขนาด 1 ตัน ซึ่งเป็นสารทำความเย็นที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายและเป็นสารทำความเย็นสำหรับเครื่องจักรในปัจจุบันสามารถทำน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 – 60 °C ในอัตราการผลิตน้ำร้อนที่ 6 – 80 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งอุณหภูมิเพียงแค่ 60 °C อาจไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีในกระบวนการผลิตที่ต้องการน้ำอุณหภูมิที่สูง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถนำไปเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้น (ประมาณ 25 °C) ไปเป็น 60 °C โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการผลิตที่ต้องใช้น้ำร้อนประมาณมาก ก็ยิ่งเห็นผลประหยัดมากขึ้นด้วย

4. เทคโนโลยีปั๊มความร้อนแบบอัดไอเชิงกล (Mechanical vapor compression heat pump)

ระบบชิลเลอร์ที่มาพร้อมกับระบบนำกลับความร้อน (Heat recovery) ที่สามารถนำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการทำงานของชิลเลอร์นำกลับมาใช้ประโยชน์ ในรูปของน้ำร้อนหรือลมร้อนตั้งแต่ 50 – 60 °C (แสดงดังรูปที่ 27) ผลที่ได้คือ การประหยัดพลังงานการใช้งานไฟฟ้าจากการทดแทนความร้อนในรูประบบ Heat recovery ซึ่งสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 30 – 40 สามารถนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การอุ่นวัตถุดิบหรือสารเคมีในกระบวนการผลิต



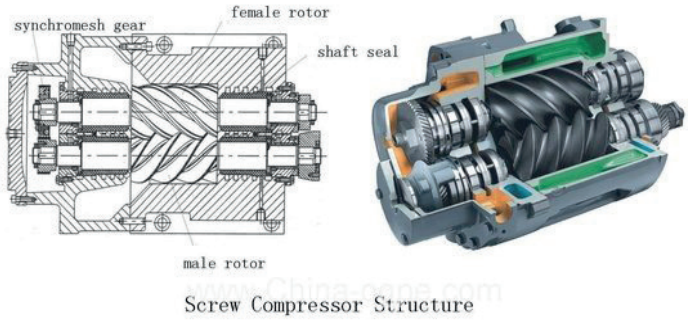
รูปที่ 27 ปั๊มความร้อนแบบอัดไอเชิงกล (Mechanical vapor compression heat pump)

5. เครื่องอัดน้ำยาแบบสกรู (Screw Compressor)

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครื่องอัดน้ำยาที่มีประสิทธิภาพสูง คือ เครื่องอัดน้ำยาแบบสกรู (Screw Compressor) (รูปที่ 28) ซึ่งมีข้อดีกว่าเครื่องอัดน้ำยาแบบลูกสูบ (Piston Compressor) หลายประการ ได้แก่ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าประมาณร้อยละ 5 – 10 ที่การใช้งานเต็มพิกัดในช่วงแรก และจะต่ำกว่าถึงร้อยละ 20 – 30 ในระยะยาว เนื่องจากมีการถดถอยของประสิทธิภาพที่น้อยกว่า ซึ่งการสึกหรอที่น้อยกว่านี้มีผลช่วยลดทั้งความยุ่งยากและต้นทุนในการบำรุงรักษาลง นอกจากนี้ยังมีความแม่นยำ สะดวก และเสถียรในการควบคุมอุณหภูมิ ทั้งสามารถเดินเครื่องตัวเปล่า (Unload) ได้โดยไม่เกิดความเสียหาย (แต่ไม่แนะนำเนื่องจากเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน) อีกทั้งยังใช้พื้นที่ในการจัดวางน้อยกว่าเครื่องอัดน้ำยาแบบลูกสูบประมาณร้อยละ 40

เครื่องอัดน้ำยาเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมทำความเย็นและแช่เยือกแข็ง เช่น อุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็ง หรือห้องเย็น อุตสาหกรรมเหล่านี้มีต้นทุนด้านพลังงานเป็นต้นทุนหลัก ซึ่งเครื่องอัดน้ำยาแบบลูกสูบที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปี จะมีประสิทธิภาพถดถอยลงอย่างมาก (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30) และยังมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่มากขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนเครื่องอัดน้ำยาที่มีอายุการใช้งานสูงและเริ่มมีปัญหาในด้านการซ่อมบำรุงเป็นเครื่องอัดน้ำยาแบบสกรูจะช่วยลดต้นทุนและทำให้เกิดความคุ้มค่าได้ในระยะยาว จากข้อมูลศักยภาพการประหยัดพลังงาน พบว่าการเปลี่ยนเครื่องอัดน้ำยาแบบลูกสูบที่มีอายุการใช้งาน 5 ปีขึ้นไปเป็นเครื่องอัดน้ำยาแบบสกรูนั้นจะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าในเครื่องอัดน้ำยาลงได้ประมาณร้อยละ 30 – 50 ขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องอัดน้ำยาเดิม

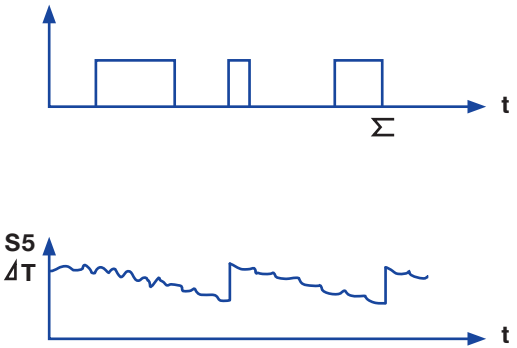
กลุ่มของโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร โรงงานน้ำแข็งและห้องเย็นมีการใช้สารทำความเย็นในกระบวนการผลิตหรือระบบอื่นๆ ผลการประหยัดพลังงานมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 – 5 ปี ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของเครื่องและอายุการใช้งานของเครื่องอัดน้ำยา [พพ.]



รูปที่ 28 เครื่องอัดน้ำยาแบบสกรู (Screw Compressor) [Nagar, 2017]

6. อุปกรณ์ควบคุมการละลายน้ำแข็งอัจฉริยะ (Defrost on demand)

Defrost On Demand (DOD) ถูกคิดค้นและพัฒนาเพื่อช่วยควบคุมการละลายน้ำแข็งในห้องเย็นให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานจริง เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดในการทำความเย็น ควบคุมโดยการวัดการจับตัวของน้ำแข็งที่คอยล์เย็น โดยไมโครโปรเซสเซอร์ใน DOD ทำการสั่งงานโดยอัตโนมัติเมื่อถึงจุดที่ควรมีการละลายน้ำแข็งที่คอยล์เย็น (รูปที่ 29) สามารถควบคุมความถี่ในการละลายน้ำแข็ง ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าร้อยละ 20 [TEMCA., 2553]

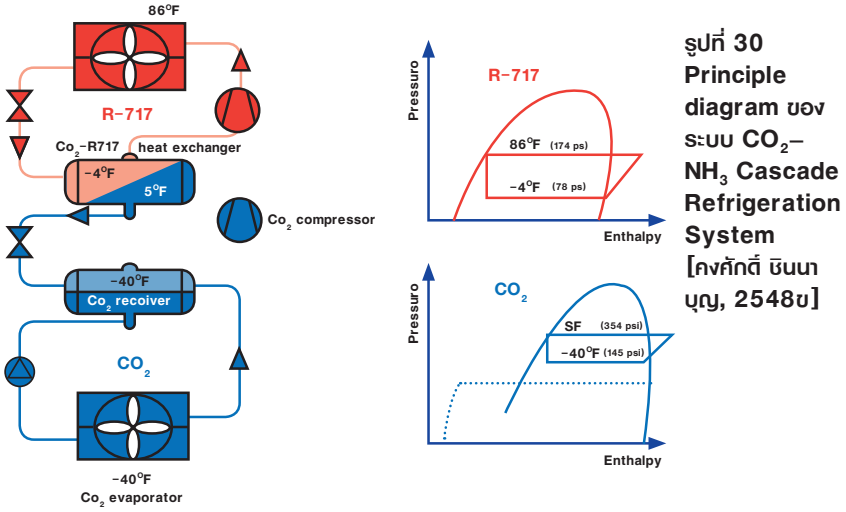


รูปที่ 29 การควบคุมการละลายน้ำแข็งด้วยอุปกรณ์ควบคุมการละลายน้ำแข็งอัจฉริยะ (Defrost on demand)

7 การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับแอมโมเนียในระบบทำความเย็น (NH_3/CO_2 Cascade)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2หรือ R744) ถูกนำมาใช้เป็นสารทำความเย็น เนื่องจากมีความปลอดภัย คือไม่เป็นพิษและไม่ติดไฟ จัดอยู่ใน Natural Refrigerant เหมือนกับแอมโมเนีย CO_2 สามารถแสดงสถานะได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และไอ ปัจจุบันมีการนำ CO_2 มาใช้เป็นสารทำความเย็น โดยมีหลักพื้นฐานเบื้องต้นไม่ต่างจากระบบทำความเย็นทั่วไปที่ใช้ฟรีออนเป็นสารทำความเย็น

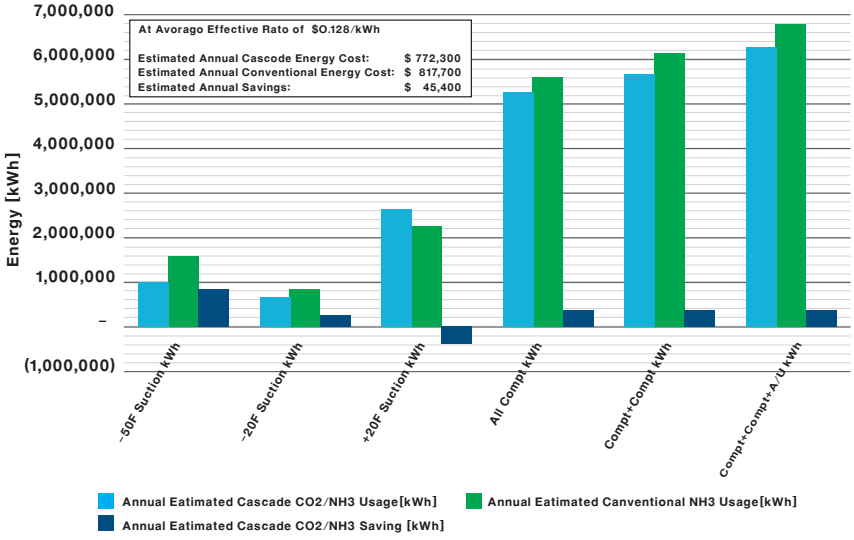
ระบบทำความเย็นโดยใช้ CO_2 เป็นสารทำความเย็น ส่วนมากจะใช้เป็น Cascade System เพื่อที่จะได้ควบคุมความดันภายในระบบไม่ให้สูงมากจนเกินไป ทำให้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์การทำความเย็นได้เหมือนกับระบบทำความเย็นโดยปกติทั่วไป เช่น คอมเพรสเซอร์ และอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ระบบ Cascade CO_2 ส่วนมากจะใช้คู่กับแอมโมเนีย ได้แก่ ระบบ NH_3/CO_2 Cascade ซึ่งเป็นการใช้งานร่วมกันของสองวงจร คือการใช้วัฏจักรการทำความเย็นมากกว่า 2 วัฏจักรขึ้นไป ในลักษณะต่อกันเป็นอนุกรม โดยวัฏจักรนี้เรียกว่าวัฏจักรทำความเย็นแบบหลั่น (Cascade refrigeration cycles) ในกรณีนี้วงจรของ CO_2 จะสามารถทำงานได้หลายแบบ เช่น Direct Expansion System (DX), Pump Recirculation System และ Brine System [คงศักดิ์ ชินนาบุญ, 2548ข]



รูปที่ 30 Principle diagram ของระบบ CO_2–NH_3 Cascade Refrigeration System [คงศักดิ์ ชินนาบุญ, 2548ข]

รูปที่ 30 แสดงระบบทำความเย็นโดยใช้ CO_2 ร่วมกับแอมโมเนีย โดยที่ระบบ CO_2 เป็นแบบ Pump Recirculation System โดย CO_2 จะถูกปั๊มออกจาก CO_2–Receiver เข้าอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) โดย CO_2 บางส่วนจะระเหยกลับเข้าสู่ CO_2–Receiver ไอ CO_2 จะถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์และไปควบแน่นภายใน CO_2–NH_3 Heat Exchanger โดย Heat Exchanger จะทำหน้าที่เป็นคอนเดนเซอร์ของระบบ CO_2 และเป็นอีวาพอเรเตอร์ของระบบแอมโมเนีย ซึ่งระบบนี้จะใช้ปริมาณแอมโมเนียภายในระบบเพียงร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบปกติที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว

รูปที่ 31 แสดงกรณีศึกษาผลการประหยัดพลังงานของ NH_3/CO_2 Cascade ของโรงงานแห่งหนึ่งที่มีการปรับเปลี่ยนจากระบบทำความเย็นที่ใช้สาร NH3 (Conventional NH_3) มาใช้ระบบ NH_3/CO_2 Cascade พบว่าระบบ NH_3/CO_2 Cascade จะช่วยประหยัดพลังงานได้ประมาณ 355,200 kWh ต่อปีหรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประมาณ 45,400 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี [Vacom, 2552]



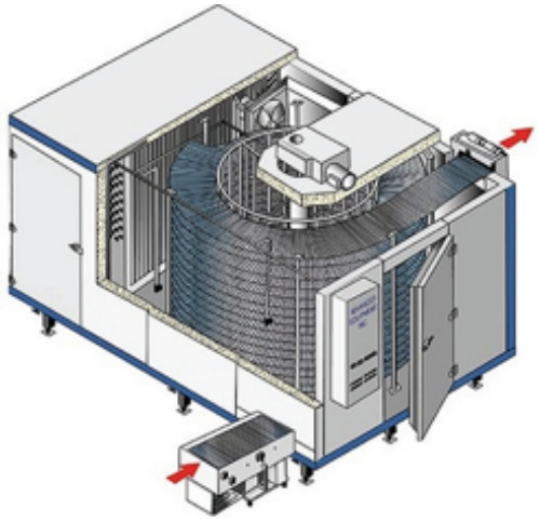
รูปที่ 31 ผลการประหยัดพลังงานของของระบบ CO2 –NH3 Cascade Refrigeration System [Vacom, 2552]

8. เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (Spiral Belt Freezer)

เทคโนโลยีเครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (Spiral Belt Freezer) ใช้ระบบสายพานลำเลียงแบบวนเกลียวโค้ง เป็นระบบต่อเนื่อง (Continuous System) จัดอยู่ในกลุ่มเครื่องแช่เยือกแข็งที่ใช้การพ่นลมเย็นจัด (Air Blast Freezer)

ผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่ต่อเนื่องบนสายพาน (Belt conveyor) เข้าไปในเครื่องแช่เยือกแข็ง ลมเย็นที่เคลื่อนผ่านจะทำให้ผลิตภัณฑ์ถูกแช่แข็ง เมื่ออุณหภูมิใจกลางของอาหารต่ำกว่า –18 °C อาหารจะถูกลำเลียงออกมาอีกด้านหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 32 ซึ่งทิศทางการไหลของอากาศเย็นภายในเครื่อง มีการออกแบบให้การไหลของอากาศภายในเครื่องจักรมีรูปแบบในแนวนอน จึงทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องจักรมีความเสถียร และยังช่วยให้ความเย็นของอากาศที่เคลื่อนที่ไปในแต่ละชั้นของสายพานมีความสม่ำเสมอ การไหลของความเย็นภายในเครื่องแบบแนวนอน ทำให้ลดระยะเวลาการแช่แข็งของสินค้าได้อย่างรวดเร็ว

ข้อดีของเครื่องแช่เยือกแข็งระบบนี้คือ เหมาะกับโรงงานที่มีพื้นที่ในการดำเนินงานน้อย แต่ต้องการกำลังการผลิตสูง อาหารแต่ละชิ้นสัมผัสกับตัวกลางที่ให้ความเย็นโดยตรง การเกิดผลึกน้ำแข็ง (ice crystal formation) ได้ผลึกขนาดเล็กทั่วไปในชิ้นของอาหาร ทำให้อาหารมีคุณภาพดี อาหารแช่เยือกแข็งมีลักษณะแยกจากกันเป็นชิ้นๆ ไม่เกาะกันเป็นก้อน เทคโนโลยีนี้เหมาะกับการแช่แข็งผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น เนื้อไก่ กุ้ง เค้ก และอาหารสำเร็จรูปต่าง ๆ เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (Spiral Belt Freezer)



รูปที่ 32 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (Spiral Freezer) [Advanced freezer, 2559]

9. พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop Safety)

เป็นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้บนหลักคาหรือดาดฟ้าของอาคาร โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวรับแสงแดดแล้วเปลี่ยนเป็นฟ้ากระแสตรง (DC)

ในการติดตั้งระบบสำหรับอาคารธุรกิจขนาดกลาง–ใหญ่ ขนาด 1,000 กิโลวัตต์ ใช้พื้นที่อย่างน้อย 7,000 ตารางเมตร ใช้เงินลงทุนประมาณ 80,000,000 บาท สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า 1,300,000 หน่วย/ปี ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 10 ปี [พพ., 2557]

จากการรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่มีความเป็นไปได้ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปศักยภาพเทคโนโลยีและนวัตกรรมลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้ทำการทบทวนในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สรุปการทบทวนเทคโนโลยีและนวัตกรรมลดก๊าซเรือนกระจก

เทคโนโลยี	ศักยภาพในการประหยัดพลังงาน	ศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	ความคุ้มค่าการลงทุน
หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านทางเดียว (Once Through Boiler)	ประหยัดพลังงานประมาณร้อยละ 10 – 20 เมื่อเทียบกับ Boiler แบบเดิม	ประมาณ 9,092 – 18,184 $kgCO_2eq/yr$ เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในหม้อไอน้ำเดิม[a]	ราคาระบบจะอยู่ที่ประมาณ 1,200 – 2,400 บาทต่อกิโลกรัมไอน้ำ มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 – 3 ปี
เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller)	ศักยภาพในการประหยัดพลังงานขั้นต้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 20 – 40	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 13.3 – 26.7 ของระบบปรับอากาศ[a]	ราคาเฉลี่ยของระบบจะอยู่ที่ประมาณ 23,000 บาทต่อตันความเย็น ระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 4 – 5 ปี
เครื่องทำน้ำเย็นแบบแบริ่งแม่เหล็ก (Magnetic Bearing Chiller)	ศักยภาพในการประหยัดพลังงานอยู่ที่ประมาณร้อยละ 30 – 40 เมื่อเทียบกับการทำความเย็นที่ใช้พลังงานไฟฟ้า (Electric Chiller)	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 11.7 – 26.7 ของระบบปรับอากาศ[a]	ระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 4 – 5 ปี

เทคโนโลยี	ศักยภาพในการประหยัดพลังงาน	ศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	ความคุ้มค่าการลงทุน
เครื่องผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศ	ศักยภาพในการประหยัดพลังงานอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 – 20 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ประมาณร้อยละ 10 – 20	N.A.
ปั๊มความร้อนแบบอัดไอเชิงกล (Mechanical Vapor Compression Heat Pump)	ลดการใช้ไฟฟ้าในการทำความร้อนร้อยละ 30 – 40	N.A.	N.A.
เครื่องอัดน้ำยาแบบสกรู (Screw Compressor)	ลดการใช้ไฟฟ้าในเครื่องอัดน้ำยาลงได้ประมาณร้อยละ 30 – 50	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในระบบทำความเย็น ร้อยละ 25.2 – 42.0[b]	ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 – 5 ปี
อุปกรณ์ควบคุมการละลายน้ำแข็งอัจฉริยะ (Defrost on demand)	ประหยัดพลังงานได้มากกว่าร้อยละ 20	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการละลายน้ำแข็งได้มากกว่าร้อยละ 20	N.A.
การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับแอมโมเนียในระบบทำความเย็น (NH_3/CO_2 Cascade)	ประหยัดพลังงานได้ประมาณ 355,200 kWh/yr	ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 206,761.92 $kgCO_2eq/yr$	N.A.
เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (Spiral Freezer)	ศักยภาพในการประหยัดพลังงานขั้นต้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5–10	ร้อยละ 5 – 10	N.A.
พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop Safety)	N.A.	N.A.	ขนาด 1,000 กิโลวัตต์ ใช้เงินลงทุนประมาณ 80,000,000 บาท ระยะเวลา คืนทุนประมาณ 10 ปี

หมายเหตุ Reducing potential of GHG emission คำนวณเทียบจากการใช้พลังงานของแต่ละเทคโนโลยีในตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรม

a = คำนวณจากการใช้พลังงานของตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง

b = คำนวณจากการใช้พลังงานของตัวแทนกลุ่มคลังสินค้า การจัดเก็บสินค้าแช่เย็นหรือแช่แข็ง

N.A. = ไม่มีข้อมูล

บทที่ 4
การพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจก และคาร์บอนเครดิต

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ได้พัฒนา “โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T–VER)” ขึ้น เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ที่เรียกว่าคาร์บอนเครดิต ซึ่งภายใต้โครงการ T–VER นี้เรียกว่า “TVERs” ไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้

เงื่อนไขการพัฒนาโครงการ

1. เป็นการดำเนินโครงการโดยสมัครใจ และเป็นกิจกรรมที่ยังไม่เริ่มดำเนินโครงการหรือเป็นกิจกรรมที่มีวันเริ่มเดินระบบและก่อให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจกย้อนหลังไม่เกิน 3 ปี นับจากวันที่ยื่นเอกสารครบถ้วนต่อ อบก.ยกเว้นโครงการป่าไม้และพื้นที่สีเขียว
2. การดำเนินโครงการต้องโปร่งใสและตรวจสอบได้ สามรถทวนสอบโครงการได้อย่างครบถ้วน
3. ต้องมีการพิสูจน์ให้เห็นว่าเป็นการดำเนินการเพิ่มเติมจากการดำเนินการปกติ

T–VER

รูปที่ 33 ประเภทโครงการ T–ver

ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ T-VER

01 การพิจารณาขอบเขต
การดำเนินโครงการ

- ประเภทของโครงการ
- รูปแบบของโครงการ
- ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก ภาคสมัครใจ (Methodology)
- ระยะเวลาคิดเครดิต
- การพิสูจน์การดำเนินงานเพิ่มเติม จากการดำเนินงานปกติ (Additionality)

02 การจัดการเอกสาร
ประกอบการขอขึ้นทะเบียน โครงการ โดยผู้พัฒนาโครงการ

03 การตรวจสอบเอกสาร
ข้อเสนอโครงการ โดยผู้ประเมินภายนอก

04 การขอขึ้นทะเบียนโครงการ
ยื่นเอกสารกับ อบท.
จากนั้น อบจ. จะนำเสนอต่อ คณะกรรมการ

05 การติดตามผลและจัดทำรายงาน
ติดตามประเมินผล โดยผู้พัฒนาโครงการ

06 การทบทวนสอบความถูกต้อง ของรายงานการติดตามประเมินผล
โดยผู้ประเมินภายนอก

07 การรับรองคาร์บอนเครดิต (TVERs)

รูปที่ 34 ขั้นตอนการพัฒนาโครงการ T-ver

เมื่อศึกษาระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T–VER Methodology) ที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาแล้วพบว่ามีระเบียบวิธีฯ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (TSIC: 10751) อย่างน้อย 22 วิธี จากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (EE) การพัฒนาพลังงานทางเลือก (AE) และการจัดการขยะมูลฝอย (WM) ดังแสดงในตารางที่ 11

อบก. ได้กำหนดหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการพัฒนาโครงการระเบียบวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology) การขึ้นทะเบียนและการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยจะต้องเป็นโครงการที่ก่อให้เกิดการลด/กักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในประเทศไทยโดยสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

http://ghgreduction.tgo.or.th/t–ver.html

ตารางที่ 11 รายชื่อระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T–VER Methodology) ที่สามารถนำมาใช้ในการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (TSIC: 10751)

Code	Ver.	Name	นำมาใช้ได้
การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (EE)			
T–VER–METH–EE–01	3	การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Improvement for Lightings)	✓
T–VER–METH–EE–02	3	การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงภายในอาคาร (High Energy Efficiency Lighting Installation in Buildings)	✓
T–VER–METH–EE–03	2	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเพื่อทดแทนระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วน (Installation of Cogeneration System to Replace of Separated System)	✓
T–VER–METH–EE–04	2	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมใหม่ทั้งระบบ (New Installation of Cogeneration System)	✓
T–VER–METH–EE–05	2	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน (Energy Efficiency Improvement for Thermal Generation)	✓
T–VER–METH–EE–06	2	การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้า (Energy Efficiency Improvement in Existing Power Plants)	ไม่เกี่ยวข้อง
T–VER–METH–EE–07	2	การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ (Waste Heat Recovery and Utilisation for Power Generation at Cement Plants)	ไม่เกี่ยวข้อง
T–VER–METH–EE–08	2	การปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (Replacement of Existing Chiller with High Efficiency Chiller)	✓
T–VER–METH–EE–09	1	การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน (Energy Efficiency Improvement of a Power Plant through Retrofitting Turbines)	ไม่เกี่ยวข้อง
T–VER–METH–EE–10	1	การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems)	✓

Code	Ver.	Name	นำมาใช้ได้
T–VER–METH–EE–11	2	การผลิตไฟฟ้าและน้ำเย็นจากระบบผลิตพลังงานร่วมเพื่อทดแทนระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วน (Power Generation and Chilled Water Supply from Combined Heat and Power to Replace the Separated System)	✓
T–VER–METH–EE–12	1	การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (Waste Heat Recovery and Utilisation)	✓
T–VER–METH–EE–13	1	การติดตั้งระบบทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนระบบทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (Installation of Thermal Chiller System to Substitute Mechanical Chiller System)	✓
T–VER–METH–EE–14	1	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (Installation of High Efficiency Air Conditioning System)	✓
การพัฒนาพลังงานทางเลือก (AE)			
T–VER–METH–AE–01	3	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่ง (On–Grid Renewable Electricity Generation)	✓
T–VER–METH–AE–02	1	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เองหรือใช้ในชุมชนและไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (Off–Grid Renewable Electricity Generation)	✓
T–VER–METH–AE–03	1	การปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน (Switching of Fossil Fuel or Increasing of Renewable Energy Utilization to Generate Thermal Energy)	✓
T–VER–METH–AE–04	1	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานความร้อนใหม่ทั้งระบบโดยใช้พลังงานหมุนเวียน (New Installation of Renewable Energy System to Generate Thermal Energy)	✓

Code	Ver.	Name	นำมาใช้ได้
T-VER-METH-AE-05	1	การผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะหรือเครื่องจักรกล (Biodiesel Production for Use as Fuel of Vehicle or Machinery)	✓
T-VER-METH-AE-06	1	การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงฟอสซิลของระบบผลิตพลังงานร่วม (Fossil fuel switch in a cogeneration/ trigeneration system)	✓
การจัดการขยะมูลฝอยฯ (WM)			
T-VER-METH-WM-01	3	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย (Methane Capture from Anaerobic Wastewater Treatment for Utilization or Flaring)	✓
T-VER-METH-WM-02	2	การเผาขยะมูลฝอยชุมชนด้วยเตาเผา (Municipal Solid Waste Incineration)	ไม่เกี่ยวข้อง
T-VER-METH-WM-03	3	การผลิตปุ๋ยหรือสารปรับปรุงดินจากขยะอินทรีย์ (Production of compost or soil amendments from organic waste)	✓
T-VER-METH-WM-04	2	การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refused Derived Fuel: RDF Production from Municipal Solid Waste)	ไม่เกี่ยวข้อง
T-VER-METH-WM-05	1	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักของเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ (Methane Capture from Anaerobic Digestion of Residual Waste for Utilization)	✓
T-VER-METH-WM-06	2	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศขนาดเล็กเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ (Methane Capture from Anaerobic Organic Waste Treatment for Utilization)	✓
T-VER-METH-WM-07	2	การรวบรวมก๊าซมีเทนจากการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย (Methane Recovery from Municipal Solid Waste Management for Utilization or Flaring)	ไม่เกี่ยวข้อง
T-VER-METH-WM-08	2	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร (Methane Recovery in Swine Wastewater Treatment)	ไม่เกี่ยวข้อง

Code	Ver.	Name	นำมาใช้ได้
ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)			
T–VER–METH–FOR–01	3	การปลูกป่าอย่างยั่งยืน (Sustainable Forestation)	ไม่เกี่ยวข้อง
T–VER–METH–FOR–02	2	การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าและการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าในระดับโครงการ (Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Sequestration in Forest Area Project Level P–REDD+)	ไม่เกี่ยวข้อง
T–VER–METH–FOR–03	2	การปลูกป่าอย่างยั่งยืนโครงการขนาดใหญ่ (Large Scale Sustainable Forestation Project)	ไม่เกี่ยวข้อง
การเกษตร (AGR)			
T–VER–METH–AGR–01	2	การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่การเกษตร (Good Fertilization Practice in Agricultural Land)	ไม่เกี่ยวข้อง
T–VER–METH–AGR–02	1	การกักเก็บคาร์บอนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสวนผลไม้ (Good Fertilization Practice in Agricultural Land)	ไม่เกี่ยวข้อง
อื่น ๆ (OTH)			
T–VER–METH–OTH–01	1	การนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยทิ้งมาใช้ประโยชน์ (Carbon Dioxide Recovery and Utilization)	ไม่เกี่ยวข้อง
T–VER–METH–OTH–02	1	การตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซมีเทนและการซ่อมแซมอุปกรณ์ในการผลิตและขนส่งปิโตรเลียม (Methane Leak Detection and Repair in Petroleum Processing and Distribution Systems)	ไม่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.).13.มาตรการติดตั้งเครื่องอัดน้ำยาแบบสกรูทดแทนของเดิม [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://dedeenergyfund.com/screw-compressor/ [สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2561]

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2555ก. ตัวอย่างเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 2 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www2.dede.go.th/Advancetech/vol2/04Sample/AT2sampleMain.html [สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2561]

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2555ข.คู่มือการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงาน สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2557. ความปลอดภัยในการผลิตและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2558. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกพ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015).

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2559ก. THAILAND ENERGY EFFICIENCY SITUATION 2016.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2559ข. คู่มือการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบหม้อไอน้ำ 2559.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2559ค. ตัวอย่างเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://dede-at3.bright-ce.com/Vol2/04sample/AT2sampleMain.html[สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2561]

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2549. คู่มือมาตรฐานวิธีการตรวจสอบโรงงานห้องเย็น (ประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 92).

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม(สส.). 2558. COP23 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.deqp.go.th/service-portal/cop23/derivation_cop23/ [สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561]

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2543. อาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://dollarsrich.com.a15.readyplanet.net/images/column_1284529789/19_strategic_FreFre%20Food.pdf [สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2561]

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2554. แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ. 2555–2574.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2559. ยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 – 2579).

ขุนพล สังข์อารียกุล. 2548ก. คอมเพรสเซอร์แบบไร้แรงเสียดทาน Frictionless Compressors. วารสารสมาคมเครื่องทำความเย็นไทย Keep Kool, (14), 6–8.

โครงการส่งเสริมการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารกลุ่มวิจัย EnConLab มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2560. เทคโนโลยีหม้อไอน้ำแบบ ONCE–THROUGH [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.meaenergysavingbuilding.net/index.php/menu-article-leftmenu/282-เทคโนโลยีหม้อไอน้ำแบบ-once-through.html [สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2561]

คงศักดิ์ ชินนาบุญ. 2548ข. ระบบทำความเย็นโดยใช้ CO_2 เป็นสารทำความเย็น. วารสารสมาคมเครื่องทำความเย็นไทย Keep Kool, (15), 11–14

ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2561. EC_XT_009_S2 มูลค่าและปริมาณสินค้าออกจำแนกตามกิจกรรมการผลิต (ดอลลาร์ สรอ.) ปรับปรุงล่าสุด 31 สิงหาคม 2561 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www2.bot.or.th/statistics/ReportPage.aspx?reportID=748&language=th [สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2561]

วรุณ รักสกุลกานต์. 2554. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/GHG_Emission/Thailand_Industry_Top5GHG_2011.pdf [สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2561]

ศูนย์ข้อมูลและการคาดการณ์เทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.). 2018. รายงานการคาดการณ์นวัตกรรมอุตสาหกรรม (INDUSTRIAL INNOVATION OUTLOOK) กลุ่มอาหารพร้อมทาน.

สุรชัย สนิทใจ. 2559. เทคโนโลยี ONCE THROUGH BOILERการใช้เพื่อถ่ายเทความร้อน [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.entechpollutec-asia.com/portals/0/seminar/2_%20Oncethrough Boilerการใช้เพื่อถ่ายเทความร้อน.pdf

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.). 2558ก. SECOND BIENNIAL UPDATE REPORT OF THAILAND.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.). 2558ข. Thailand's Intended Nationally Determined Contribution (INDC).

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.). 2560. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ. ๒๕๖๔ – ๒๕๗๓.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.). 2558. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579(PDP2015).

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.). 2559. แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP)[ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/eep [สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561]

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.). 2561. การปล่อย CO_2 จากการใช้พลังงานของประเทศ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.eppo.go.th/ index.php/th/energy-information/static-energy/static-co2?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1[สืบค้นเมื่อ 7 สิงหาคม 2561]

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2560 และแนวโน้มปี 2561.

สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม(สสว.). 2557. อาหารแช่แข็ง [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:www.sme.go.th/upload/mod_download/01-003%20อาหารแช่แข็ง.PDF

สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย (Thai Electrical & Mechanical Contractors Association, TEMCA). 2553. การประหยัดพลังงานจากการละลายน้ำแข็งในระบบทำความเย็น. TEMCA magazine, 17(2).

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). 2557. ความตกลงปารีส[ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=9&s2=30[สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561]

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). 2558. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2).

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). 2559.ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ[ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://ghgreduction.tgo.or.th/t-ver.html[สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561]

Advanced Equipment Inc. 2559. Advanced IQF Spiral Freezers [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: https://advancedfreezer.com/iqf-freezer-spiral-systems [สืบค้นเมื่อ 8 กันยายน 2561]

ASEAN Unit, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC)[ออนไลน์]. สืบค้นจาก:http://mnre.stage.symetr.com/th/convention/%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%B8%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%8D%E0%B8%B2-unfccc/[สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561]

Kanchanapiya P. et al. 2558. Evaluation Of emission and reduction of greenhouse gases from upstream petrochemical industry in Thailand. Environment Protection Engineering, 41(2), 31–46.

New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO). 2557. Study for the Project on Super–HighEfficiency Small Once–Through Boiler andPromotion of Associated Technologies.

Thailand RAC NAMA. BACKGROUND [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:https://racnama.org/overview/ [สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2561]

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Vacom Technologies. 2552. Cascade CO_2 / NH_3 Refrigeration System Efficiency Study.

Thailand Greenhouse Gas Management
Organization (Public Organization)

The Goverment Complex,Building B, 9th Floor,
120 Chaengwattna Rd., Laksi, Bangkok 10210
www.tgo.or.th

ISBN 978-616-8050-08-8