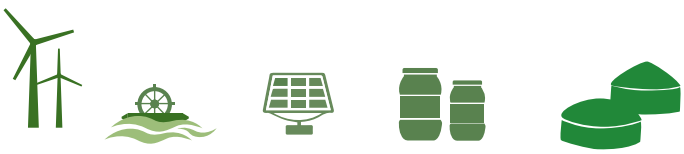
คู่มือ

การคำนวณปริมาณการลด
ก๊าซเรือนกระจก
สำหรับโครงการ
ภาคพลังงาน และของเสีย



ชื่อหนังสือ **คู่มือการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก สำหรับโครงการภาคพลังงานและของเสีย**

จัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
120 หมู่ที่ 3 ชั้น 9 ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา
5 ธันวาคม 2550 อาคารรัฐประศาสนภักดี
ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

คณะที่ปรึกษา
นางประเสริฐสุข จามรมาน

ผู้อำนวยการ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
ดร. พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์
รองผู้อำนวยการ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

กองบรรณาธิการ
ดร. พฤฒิภา โรจน์กิตติคุณ
ดร. ปวีณา พาณิชยพิเชฐ
ดร. สาธิต เนียมสุวรรณ
ดร. เหมือนจิต แจ่มศิลป์
นางสาวศิริพร วิริยะตั้งสกุล
นายจักรพงษ์ แย้มยิ้ม
นายภัทรภณ คล้ายกุล

พิมพ์ครั้งที่ 1 กันยายน 2561

คำนำ

ความตระหนักของภาคส่วนต่างๆ ต่อปัญหาโลกร้อนซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศทำให้เกิดการดำเนินโครงการที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างแพร่หลาย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ในฐานะหน่วยงานที่มีบทบาทรับผิดชอบโดยตรงในการสนับสนุนให้เกิดการบริหารจัดการและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงได้พัฒนาคู่มือฉบับนี้ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นคู่มืออ้างอิงสำหรับผู้ที่ต้องการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทำโครงการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยตนเอง

คู่มือฉบับนี้ประกอบด้วยวิธีการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทำโครงการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน การใช้พลังงานทดแทน และการจัดการของเสีย ซึ่งส่วนใหญ่อ้างอิงจากระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกของโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) ที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกพัฒนาขึ้น ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกของ T-VER มีพื้นฐานมาจากระเบียบฯ ของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ซึ่งเป็นกลไกการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโตซึ่งเป็นระเบียบวิธีการคำนวณที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในระดับสากล นอกจากนี้ คู่มือฉบับนี้ยังได้อ้างอิงวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคู่มือของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

คู่มือฉบับนี้ได้กำหนดค่าเบื้องต้นของตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องใช้ประกอบในการคำนวณไว้ด้วยเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานคู่มือฉบับนี้ต้องเลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมกับกิจกรรมโครงการที่ดำเนินการ โดยลักษณะของกิจกรรมโครงการต้องสอดคล้องกับขอบเขตโครงการและเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในวิธีการคำนวณที่เลือกใช้ เนื่องจากสมการที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละวิธีเป็นไปตามสมมติฐานซึ่งกำหนดจากขอบเขตโครงการและเงื่อนไขของวิธีการนั้น ๆ

สารบัญ

บทที่ 1
แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคส่วนต่าง ๆ

1.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย 9
1.2 ภาพรวมแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากเทคโนโลยีต่างๆ 19
1.3 การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก 22
1.4 วิธีการใช้งานคู่มือและตัวอย่างการคำนวณ 32

บทที่ 2
การลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน

2.1 หลักการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน 47
2.2 ระบบการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ 51
2.3 ระบบทำความเย็น 64
2.4 เครื่องสำรองไฟฟ้า 89
2.5 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 98
2.6 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า 103
2.7 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในระบบผลิตพลังงานร่วม 108
2.8 การผลิตพลังงานความร้อน 114
2.9 การผลิตพลังงานไฟฟ้า 125
2.10 การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง 139

บทที่ 3
การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทดแทน

3.1 หลักการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทดแทน 147
3.2 พลังงานแสงอาทิตย์ 156
3.3 พลังงานลม 162
3.4 พลังงานน้ำ 165
3.5 ชีวมวล 168
3.6 ก๊าซชีวภาพ 175
3.7 เชื้อเพลิงชีวภาพ 178

บทที่ 4
การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสีย

4.1 หลักการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสีย 187
4.2 การจัดการน้ำเสีย 189
4.3 การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน 204
4.4 การจัดการของเสียจากปศุสัตว์ 223

บทที่ 1
แนวทางการลดการปล่อย
ก๊าซเรือนกระจกจากภาคส่วนต่าง ๆ

ตามที่นักวิทยาศาสตร์ได้พบหลักฐานว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และระบบนิเวศนั้น โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Program: UNEP) จึงร่วมกับองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization: WMO) จัดตั้ง "คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC)" ขึ้น เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเตรียมกลยุทธ์ที่เป็นไปได้ เพื่อรับมือกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อน ซึ่ง IPCC ได้จัดทำคู่มือวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (IPCC, 1996) (IPCC, 2006) เพื่อใช้ในการทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกและการรายงานของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

1.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากข้อมูลของ World Resource Institute พบว่าในปี ค.ศ. 2014 ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 48,892.37 $MtCO_2e$ (ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) (รวม LULUCF[1]) ประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 20 ของโลก โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ เท่ากับ 374.38 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.77 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโลก ดังตารางที่ 1.1

[1] LULUCF ย่อมาจาก Land Use, Land Use Change and Forestry (การเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้)

ตารางที่ 1.1 ปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศต่างๆ

ลำดับ	ประเทศ	ปริมาณการปล่อย GHG ($MtCO_2e$) คำนวณรวม LULUCF	ปริมาณการปล่อย GHG ($MtCO_2e$) ไม่คำนวณรวม LULUCF	รวม (%)
1	จีน	11,600.63	11,911.71	23.73
2	สหรัฐอเมริกา	6319.02	6,371.10	12.92
3	อินเดีย	3202.31	3,079.81	6.55
4	อินโดนีเซีย	2,471.64	789.48	5.06
5	รัสเซีย	2,030.14	2,137.83	4.15
6	บราซิล	1,357.18	1,051.00	2.78
7	ญี่ปุ่น	1,322.05	1,314.59	2.70
8	แคนาดา	867.00	745.11	1.77
9	เยอรมนี	800.68	854.01	1.67
10	อิหร่าน	816.64	733.61	1.64
20	**ไทย**	**374.38**	**358.42**	**0.77**

ที่มา : World Resource Institute, 2014

ในส่วนของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจากรายงานความก้าวหน้ารายสองปี ฉบับที่ 2 พบว่าประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นจาก 214.09 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) เป็น 232.56 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013) ดังตารางที่ 1.2

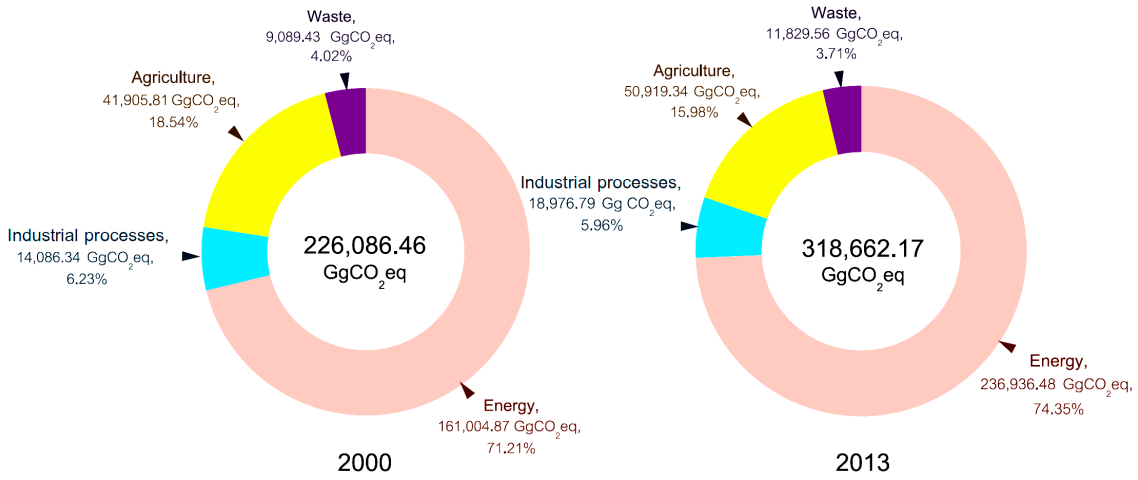
ตารางที่ 1.2 ปริมาณการปล่อย/ดูดกลับก๊าซเรือนกระจกรายสาขาในช่วงปี 2543-2556

Unit: Gg CO_2eq

Year	Source category					Net emissions
	Energy	Industrial processes	Agriculture	LULUCF	Waste	
2000	161,005	14,086	41,906	-11,995	9,089	214,091
2001	168,939	16,389	43,208	-7,718	9,767	230,585
2002	178,226	18,661	41,845	-20,183	11,066	229,615
2003	188,039	16,215	45,350	-20,987	12,282	240,899
2004	204,007	17,423	44,931	-17,254	12,772	261,879
2005	209,214	19,235	46,294	-51,551	12,985	236,177
2006	210,752	20,085	46,398	-53,467	13,749	237,517
2007	215,955	20,008	50,979	-60,521	14,113	240,535
2008	218,180	18,800	50,997	-65,341	15,050	237,686
2009	218,646	18,650	52,238	-66,690	14,925	237,769
2010	230,364	18,698	52,316	-65,262	13,542	249,658
2011	229,886	18,690	52,927	-70,938	12,769	243,334
2012	240,001	19,039	55,682	-84,839	10,058	239,941
2013	236,936	18,977	50,919	-86,102	11,830	232,560

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

ในปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013) ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 232.56 $MtCO_2e$ โดยพิจารณาจากปริมาณรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 318.66 $MtCO_2e$ หักลบกับปริมาณที่ดูดกลับ 86.10 $MtCO_2e$ ภาคพลังงานเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 236.94 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 74.35 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ รองลงมาคือภาคการเกษตร และภาคกระบวนการอุตสาหกรรม โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 50.92 และ 18.98 $MtCO_2e$ ตามลำดับ ส่วนภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดคือภาคการจัดการของเสียโดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 11.83 $MtCO_2e$ ดังแสดงในรูปที่ 1.1

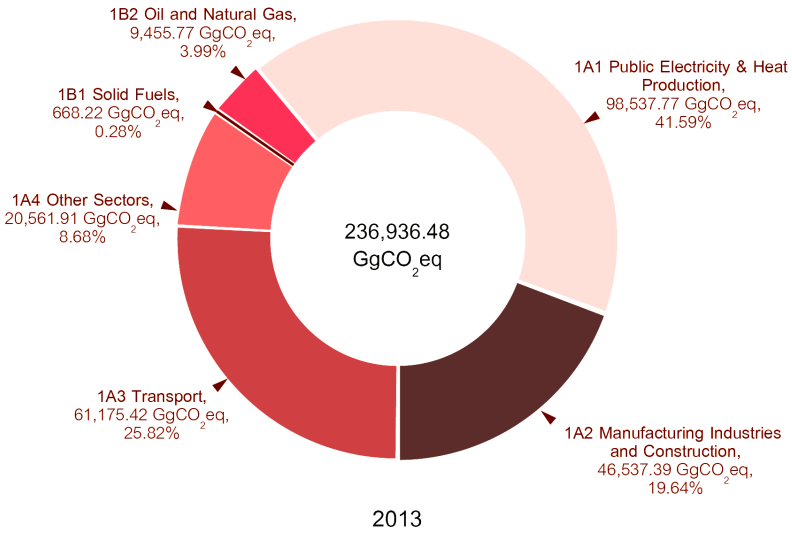


รูปที่ 1.1 ปริมาณและสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในภาคต่างๆ ปี ค.ศ. 2000 และ 2013

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

ภาคพลังงาน

>> แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของภาคพลังงานคือการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน (Public Electricity and Heat Production) โดยในปี ค.ศ. 2013 มีค่าเท่ากับ 98.54 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 41.59 รองลงมาคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง และอุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง มีค่าเท่ากับ 61.18 $MtCO_2e$ และ 46.54 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 25.82 และ 19.64 ตามลำดับ ทั้งนี้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของเชื้อเพลิงมีปริมาณเพียง 10.12 $MtCO_2e$ หรือประมาณร้อยละ 4 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของภาคพลังงาน ดังรูปที่ 1.2

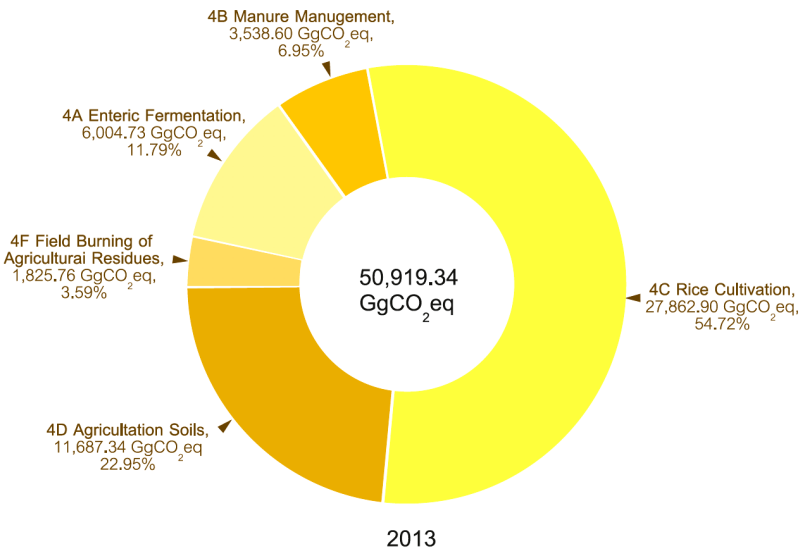


รูปที่ 1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานในปี ค.ศ. 2013

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

ภาคเกษตร

>> การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรในปี ค.ศ. 2013 มีปริมาณเท่ากับ 50.92 $MtCO_2e$ หรือร้อยละ 15.98 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงได้แก่ การเพาะปลูกข้าว (Rice cultivation) และดินที่ใช้ในการเกษตร (Agricultation soils) มีปริมาณการปล่อยเท่ากับ 27.86 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 54.72) และ 11.69 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 22.95) ตามลำดับ (รูปที่ 1.3) การเผาเศษวัสดุการเกษตรในที่โล่งเป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำที่สุดในภาคส่วนนี้ เท่ากับ 1.83 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 3.59)

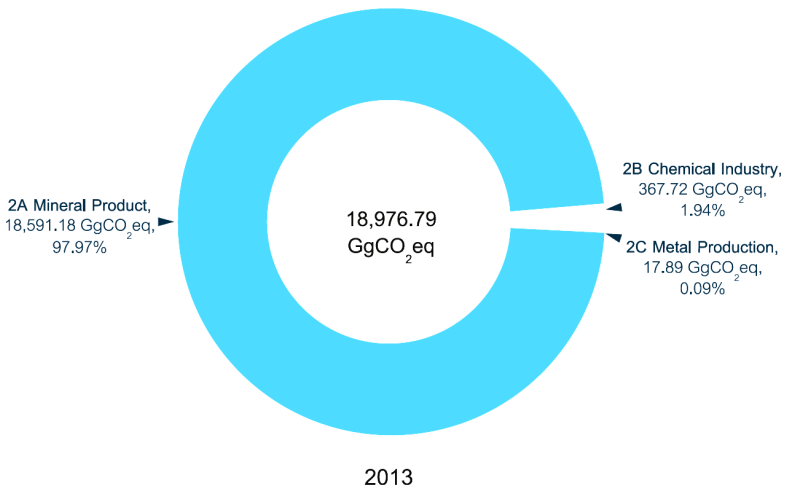


รูปที่ 1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรในปี ค.ศ. 2013

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม

>> การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกระบวนการอุตสาหกรรมในปี ค.ศ. 2013 มีปริมาณเท่ากับ 18.98 $MtCO_2e$ หรือร้อยละ 5.96 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ ซึ่งเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นลำดับที่ 3 รองจากภาคพลังงานและการเกษตร ตามลำดับ กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักในภาคส่วนนี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แร่ (Mineral product) มีปริมาณเท่ากับ 18.59 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 97.97 ของภาคกระบวนการอุตสาหกรรมนี้ ทั้งนี้พบว่าอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ (18.38 $MtCO_2e$) รองลงมาจากผลิตภัณฑ์แร่ ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี (Chemical industry) และการผลิตโลหะ (Metal production) มีปริมาณเท่ากับ 0.37 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 1.94) และ 0.02 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 0.09) ตามลำดับ ดังรูปที่ 1.4

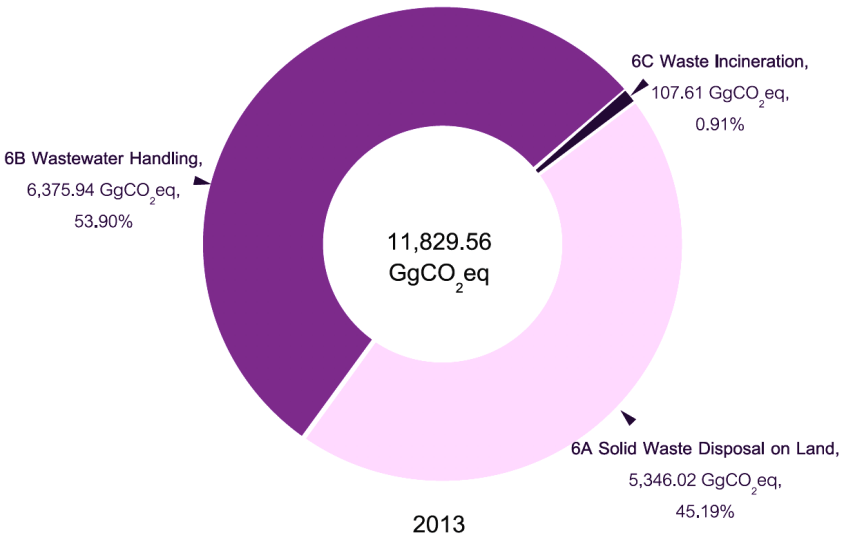


รูปที่ 1.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคกระบวนการอุตสาหกรรมในปี ค.ศ. 2013

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

ภาคการจัดการของเสีย

>> กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักของภาคส่วนนี้ ได้แก่ การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater handling) มีปริมาณเท่ากับ 6.38 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 53.90) และการฝังกลบขยะมูลฝอย (Solid waste disposal on land) มีปริมาณเท่ากับ 5.35 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 45.19) ในขณะที่การกำจัดขยะด้วยเตาเผา (Waste incineration) เป็นกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำสุดในภาคส่วนนี้ เท่ากับ 0.11 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 0.91) (รูปที่ 1.5)

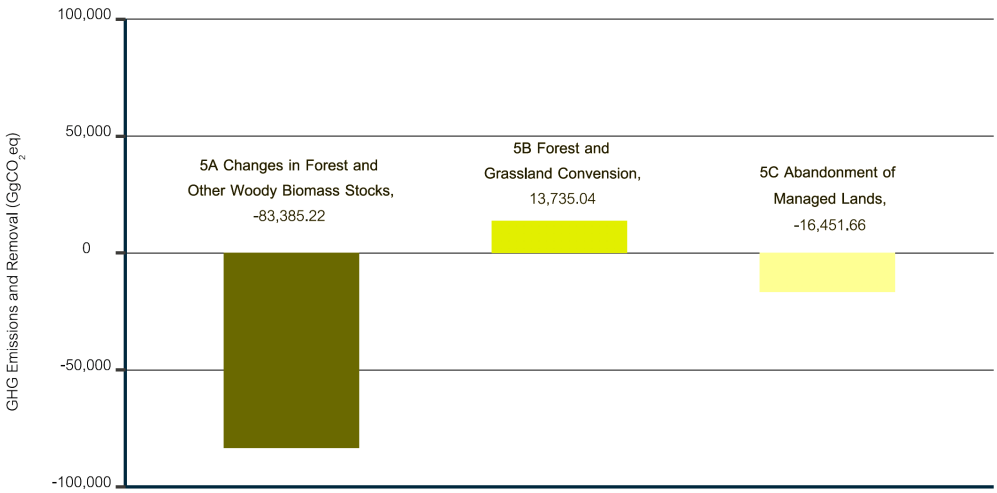


รูปที่ 1.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการจัดการของเสียในปี ค.ศ. 2013

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ (LULUCF)

>> จากข้อมูลพบว่านับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ของประเทศไทยเป็นภาคที่มีการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และในปี ค.ศ. 2005 เมื่อการปลูกยางพาราถูกรวมอยู่ในการคำนวณ พบว่าทำให้มีการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ในปี ค.ศ. 2013 ภาค LULUCF มีการดูดกลับสุทธิเท่ากับ 86.1 $MtCO_2e$ ดังแสดงในรูปที่ 1.6 (เพิ่มขึ้น 6 เท่าเมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2000)

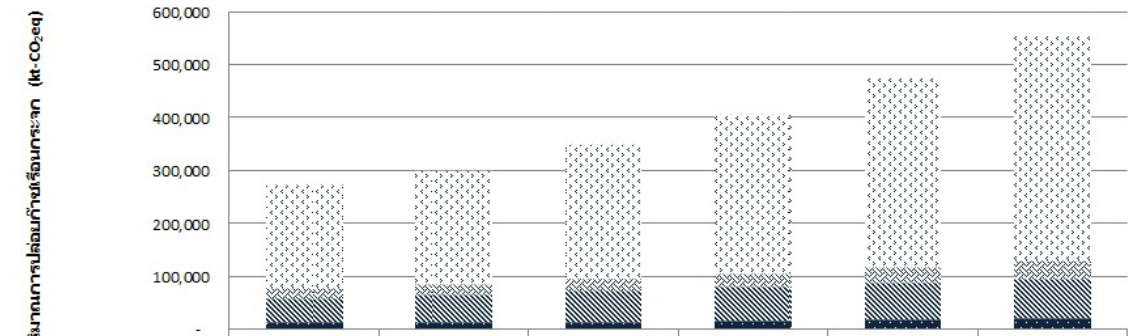


รูปที่ 1.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ในปี ค.ศ. 2013

ที่มา: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017

การคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

>> สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้คาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในอนาคต โดยการคาดการณ์ในทุกสาขาได้ใช้ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมตามการคาดการณ์ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้แก่ การคาดการณ์การเติบโตผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ของประเทศปี พ.ศ. 2557-2579 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.94 ต่อปี และอัตราการเพิ่มของประชากรเฉลี่ยร้อยละ 0.03 ต่อปี (ข้อมูลปีพ.ศ. 2557) สมมติฐานหรือปัจจัยที่นำมาใช้ในการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาต่างๆ ได้ยึดตามแผนที่เกี่ยวข้อง ในการคาดการณ์ BAU (Business As Usual)[2] นี้ได้กำหนดให้ปี พ.ศ. 2548 เป็นปีเริ่มต้น BAU เนื่องจากเป็นปีที่ประเทศไทยยังไม่มีการดำเนินมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจก จากการคาดการณ์พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติจะเพิ่มขึ้นจาก 279.13 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ. 2548 เป็น 554.65 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ. 2573 หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2.8 ต่อปี ดังรูปที่ 1.7



	พ.ศ.2548 ค.ศ.2005	พ.ศ.2553 ค.ศ.2010	พ.ศ.2558 ค.ศ.2015	พ.ศ.2563 ค.ศ.2020	พ.ศ.2568 ค.ศ.2025	พ.ศ.2573 ค.ศ.2030
พลังงาน	194,681	214,019	254,209	301,947	358,650	426,000
กระบวนการทางอุตสาหกรรม	19,565	21,408	23,737	26,304	29,148	32,360
เกษตร	46,294	52,316	57,554	63,316	69,656	76,630
ของเสีย	12,878	13,011	14,489	16,135	17,968	20,010

รูปที่ 1.7 การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต

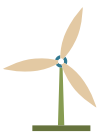
ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560

[2] ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่ไม่มีการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกใดๆ

1.2 ภาพรวมแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากเทคโนโลยีต่าง ๆ

จากการคาดการณ์จะเห็นว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเพื่อให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ทุกภาคส่วนจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งดำเนินการได้ในหลายมาตรการ ทั้งภาคพลังงาน คมนาคมขนส่ง การจัดการของเสีย การเกษตร และภาคป่าไม้ ตัวอย่างมาตรการแสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ตัวอย่างมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก

ภาคพลังงาน 	การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานจากของเสีย (ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ) พลังงานใต้พิภพ
	การเปลี่ยนแปลงชนิดเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน
	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยเปลี่ยนอุปกรณ์จากประสิทธิภาพต่ำเป็นอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง เช่น • หม้อน้ำ • เครื่องทำน้ำเย็น • หลอดไฟ • มอเตอร์ • เครื่องอัดอากาศ
	การนำลมร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste heat recovery)
	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration)

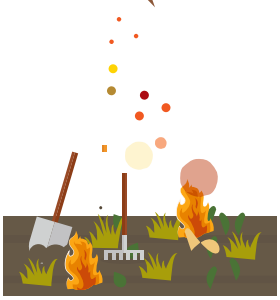
ภาค คมนาคมขนส่ง

การใช้ระบบขนส่งมวลชน

การเปลี่ยนเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ เช่น เปลี่ยนจากการใช้น้ำมันเบนซินเป็นแก๊สโซฮอล์ หรือการใช้ไบโอดีเซล

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับยานยนต์

ภาค การจัดการของเสีย



การจัดการน้ำเสีย เช่น

- การใช้ระบบเติมอากาศ
- การนำมาหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ
- การนำตะกอนมาใช้ประโยชน์

การจัดการขยะมูลฝอย เช่น

- การทำปุ๋ยหมัก
- การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)
- การกำจัดขยะด้วยเตาเผา
- การหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ

ภาค การเกษตร

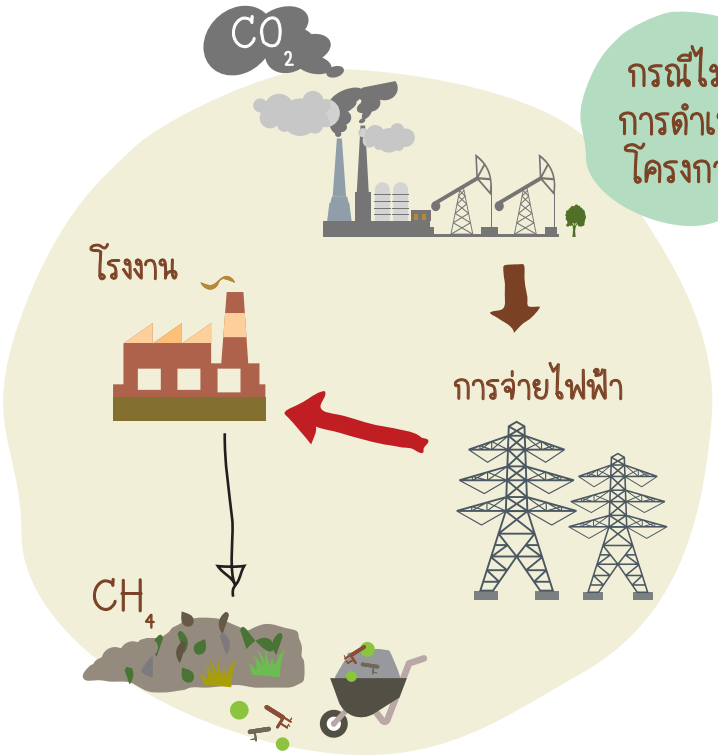
การลดการใช้ปุ๋ยเคมี

ภาค ป่าไม้

การปลูกป่า

การรักษาป่า

ตัวอย่างการลดก๊าซเรือนกระจกจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล



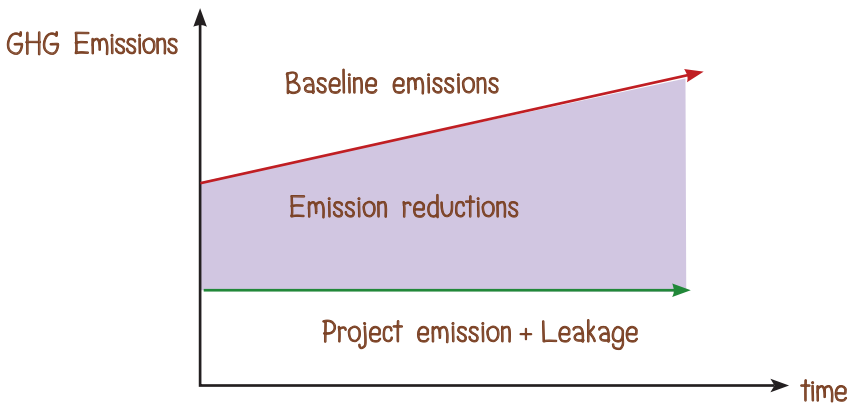
กรณีไม่มีการดำเนินโครงการ หรือ กรณีฐาน • โรงงานมีการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งปริมาณมากทำให้มีการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งเชื้อเพลิงหลักที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล และมีการปล่อยก๊าซ CH_4 จากการย่อยสลายของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

กรณีมีการดำเนินโครงการ • โรงงานมีการนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ผลิตไฟฟ้าทำให้ทดแทนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ส่งผลให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 และก๊าซ CH_4 จากการย่อยสลายของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.3 การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทำโครงการลดก๊าซเรือนกระจกนั้น จะคิดจากส่วนต่างของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (Baseline emission: BE) และผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project emission: PE) กับ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage: LE)[3] ดังสมการที่ 1 และรูปที่ 1.8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลด/ดูดกลับได้มีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2) ค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ BE PE LE ต้องเป็นค่าที่ตรวจวัด/บันทึกในช่วงเวลาเดียวกัน ในคู่มือฉบับนี้จะเน้นการคำนวณเป็นค่ารายปีที่เริ่มต้นและสิ้นสุดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้คำว่า “ในปี y” กำกับ

$$\text{GHG Emission Reduction } (tCO_2e/y) = \text{Baseline emission } (tCO_2e/y) - \text{Project emission + Leakage } (tCO_2e/y) \quad \text{...สมการที่ 1-1}$$



รูปที่ 1.8 หลักการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้

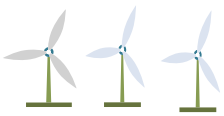
[3] Leakage หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของโครงการที่เกิดนอกขอบเขตโครงการ เช่น การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้รถบรรทุกขนส่งชีวมวลมายังโรงไฟฟ้าชีวมวล

ตัวอย่างแนวคิดการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ

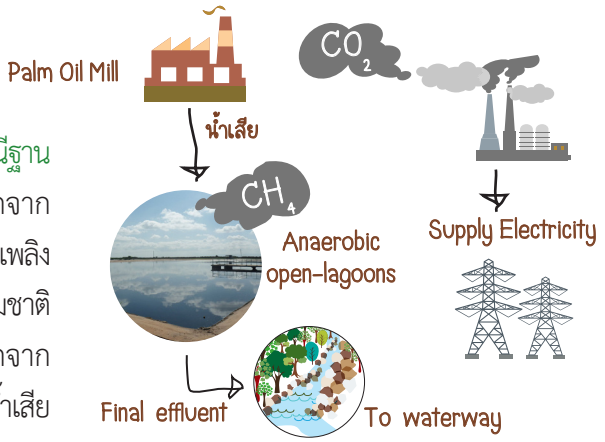
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการเช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในช่วงหยุดเดินระบบ



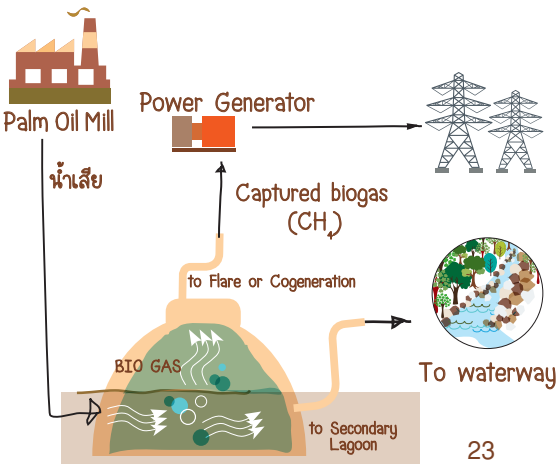
โครงการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีฐาน

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียแบบไร้อากาศ



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ เช่น การใช้ไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเสีย การรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ



ก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจึงให้คำนวณเป็นปริมาณเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซแต่ละชนิดเป็นตัวคูณ (Global Warming Potential: GWP) สำหรับค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนตามรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) แสดงดังตารางที่ 1.4 ซึ่ง IPCC เป็นหน่วยงานที่สนับสนุนข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ในการดำเนินการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และกำหนดระเบียบวิธีในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แต่ละประเทศต้องใช้ในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 1.4 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรเคมี	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในช่วงเวลา 100 ปี		
		รายงานฉบับที่ 2 (Second Assessment Report: SAR)	รายงานฉบับที่ 4 (Fourth Assessment Report: AR4)	รายงานฉบับที่ 5 (Fifth Assessment Report: AR5)
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	1	1	1
มีเทน	CH_4	21	25	28
ไนตรัสออกไซด์	N_2O	310	298	265
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน	HFCs	140-11,700	124-14,800	4-12,400
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน	PFCs	6,500-9,200	7,390-12,200	6,630-11,100
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	SF_6	23,000	22,800	23,500
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์	NF_3	-	17,200	16,100

ที่มา : IPCC, 2007 และ 2013

สมการที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน การดำเนินโครงการ และกิจกรรมของโครงการที่เกิดนอกขอบเขตโครงการที่ใช้งานมากที่สุด ได้แก่ การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งวัตถุดิบนอกขอบเขตโครงการ เช่น การใช้รถบรรทุกขนส่งชีวมวลจากแหล่งจำหน่ายมายังโรงงาน

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของกรณีฐาน/การดำเนินโครงการ และนอกขอบเขตโครงการ คำนวณได้จากข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ ดังสมการที่ 1-2 สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-4

สำหรับกรณีฐาน (Baseline emission : BE)

$$BE_{FF,y} = \sum(FC_{BE,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{..... สมการที่ 1-2}$$

โดยที่

$BE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y (tCO_2/year)

$FC_{BE,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท y ในปี i (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

สำหรับกรณีการดำเนินโครงการ (Projec emission : PE)

$$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{..... สมการที่ 1-3}$$

โดยที่

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y (tCO_2/year)

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท y ในปี i (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

สำหรับกรณีที่เกิดขึ้นนอกขอบเขตโครงการ (Leakage emission : LE)

$$LE_{FF,y} = \sum(FC_{TR,i,yx} (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{..... สมการที่ 1-4}$$

โดยที่

$LE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y (tCO_2/year)

$FC_{TR,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท y ในปี i (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

ข้อมูลค่าความร้อนสุทธิสามารถหาได้จากรายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จากรายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม-พฤศจิกายน 2560 แสดงค่าความร้อนสุทธิ ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง

ประเภท (หน่วย)	กิโลแคลอรี่/หน่วย (kcal/unit)	ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ/ล้านหน่วย (toe/10^6 UNIT)	เมกะจูล/หน่วย (MJ/UNIT)	พันบีทียู/หน่วย (10^3 Btu/UNIT)	TYPE (UNIT)
พลังงานเชิงพาณิชย์					COMMERCIAL ENERGY
1. น้ำมันดิบ (ลิตร)	8680	860.00	36.33	34.44	1. CRUDE OIL (litre)
2. คอนเดนเสท (ลิตร)	7900	782.72	33.07	31.35	2. CONDENSATE (litre)
3. ก๊าซธรรมชาติ					3. NATURAL GAS
3.1 ชื้น (ลูกบาศก์ฟุต)	248	24.57	1.04	0.98	3.1 WET (scf.)
3.2 แห้ง (ลูกบาศก์ฟุต)	244	24.18	1.02	0.97	3.2 DRY (scf.)
4. ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม					4. PETROLEUM PRODUCTS
4.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ลิตร)	6360	630.14	26.62	25.24	4.1 LPG (litre)
4.2 น้ำมันเบนซิน (ลิตร)	7520	745.07	31.48	29.84	4.2 GASOLINE (litre)
4.3 น้ำมันเครื่องบิน (ลิตร)	8250	817.40	34.53	32.74	4.3 JET FUEL (litre)
4.4 น้ำมันก๊าด (ลิตร)	8250	817.40	34.53	32.74	4.4 KEROSENE (litre)
4.5 น้ำมันดีเซล (ลิตร)	8700	861.98	36.42	34.52	4.5 DIESEL (litre)
4.6 น้ำมันเตา (ลิตร)	9500	941.24	39.77	37.70	4.6 FUEL OIL (litre)
4.7 ยางมะตอย (ลิตร)	9840	974.93	41.19	39.05	4.7 BITUMEN (litre)
4.8 ปิโตรเลียมโค๊ก (กก.)	8400	832.26	35.16	33.33	4.8 PETROLEUM COKE (kg.)
5. ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	860	85.21	3.60	3.41	5. ELECTRICITY (kWh)
6. ไฟฟ้าพลังน้ำ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	2236	221.54	9.36	8.87	6. HYDROELECTRICITY (kWh)

ประเภท (หน่วย)	กิโลแคลอรี่/หน่วย (kcal/unit)	ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ/ล้านหน่วย (toe/10^6 UNIT)	เมกะจูล/หน่วย (MJ/UNIT)	พันบีทียู/หน่วย (10^3 Btu/UNIT)	TYPE (UNIT)
พลังงานเชิงพาณิชย์					COMMERCIAL ENERGY
7. พลังงานความร้อนใต้พิภพ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	9500	941.24	39.77	37.70	7. GEOTHERMAL (kWh)
8. ถ่านหินนำเข้า (กก.)	6300	624.19	26.37	25.00	8. COAL IMPORT (kg.)
9. ถ่านโค๊ก (กก.)	6600	653.92	27.63	26.19	9. COKE (kg.)
10. แอนทราไซต์ (กก.)	7500	743.09	31.40	29.76	10. ANTRACITE (kg.)
11. อีเทน (กก.)	11203	1110.05	46.89	44.45	11. ETHANE (kg.)
12. โปรเพน (กก.)	11256	1115.34	47.11	44.67	12. PROPANE (kg.)
13. ลิกไนต์					13. LIGNITE
13.1 ลี้ (กก.)	4400	435.94	18.42	17.46	13.1 LI (kg.)
13.2 กระบี่ (กก.)	2600	257.60	10.88	10.32	13.2 KRABI (kg.)
13.3 แม่เมาะ (กก.)	2500	247.70	10.47	9.92	13.3 MAE MOH (kg.)
13.4 แจ้คอน (กก.)	3610	357.67	15.11	14.32	13.4 CHAE KHON (kg.)
พลังงานใหม่และหมุนเวียน					NEW & RENEWABLE ENERGY
1. ฟืน (กก.)	3820	378.48	15.99	15.16	1. FUEL WOOD (kg.)
2. ถ่าน (กก.)	6900	683.64	28.88	27.38	2. CHARCOAL (kg.)
3. แกลบ (กก.)	3440	340.83	14.40	13.65	3. PADDY HUSK (kg.)
4. กากอ้อย (กก.)	1800	178.34	7.53	7.14	4. BAGASSE (kg.)
5. ขยะ (กก.)	1160	114.93	4.86	4.60	5. GARBAGE (kg.)
6. ขี้เลื่อย (กก.)	2600	257.60	10.88	10.32	6. SAW DUST (kg.)
7. วัสดุเหลือใช้ (กก.)	3030	300.21	12.68	12.02	7. AGRICULTURAL WASTE (kg.)
8. ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร)	5000	495.39	20.93	19.84	8. BIOGAS (m)

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560

สำหรับข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถหาได้จาก 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories โดยเลือกใช้ค่ากลาง (Default value) ดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

Fuel	Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidation factor	Effective CO_2 emission factor (kg/TJ)		
			Default Emission Factor	95% confidence interval	
	A	B	C = A*B*44/ 12*1000	Lower	Upper
Crude Oil	20.0	1	73300	71100	75500
Orimulsion	21.0	1	77000	69300	85400
Natural Gas Liquids	17.5	1	64200	58300	70400
Gasoline					
• Motor Gasoline	18.9	1	69300	67500	73000
• Aviation Gasoline	19.1	1	70000	67500	73000
• Jet Gasoline	19.1	1	70000	67500	73000
Jet Kerosene	19.5	1	71500	69700	74400
Other Kerosene	19.6	1	71900	70800	73700
Shale Oil	20.0	1	73300	67800	79200
Gas/ Diesel Oil	20.2	1	74100	72600	74800
Residual Fuel Oil	21.1	1	77400	75500	78800
Liquefied Petroleum Gases	17.2	1	63100	61600	65600
Ethane	16.8	1	61600	56500	68600
Naphtha	20.0	1	73300	69300	76300
Bitumen	22.0	1	80700	73000	89900
Lubricants	20.0	1	73300	71900	75200

Fuel	Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidation factor	Effective CO_2 emission factor (kg/TJ)		
			Default Emission Factor	95% confidence interval	
	A	B	C = A*B*44/ 12*1000	Lower	Upper
Petroleum Coke	26.6	1	97500	82900	115000
Refinery Feedstocks	20.0	1	73300	68900	76600
Other Oil					
• Refinery Gas	15.7	1	57600	48200	69000
• Paraffin Waxes	20.0	1	73300	72200	74400
• White Spirit and SBP	20.0	1	73300	72200	74400
Other Petroleum Products	20.0	1	73300	72200	74400
Anthracite	26.8	1	98300	94600	101000
Coking Coal	25.8	1	94600	87300	101000
Other Bituminous Coal	25.8	1	94600	89500	99700
Sub-Bituminous Coal	26.2	1	96100	92800	100000
Lignite	27.6	1	101000	90900	115000
Oil Shale and Tar Sands	29.1	1	107000	90200	125000
Brown Coal Briquettes	26.6	1	97500	87300	109000
Patent Fuel	26.6	1	97500	87300	109000
Coke					
• Coke Oven Coke and Lignite Coke	29.2	1	107000	95700	119000
• Gas Coke	29.2	1	107000	95700	119000
Coal Tar	22.0	1	80700	68200	95300

Fuel	Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidation factor	Effective CO_2 emission factor (kg/TJ)		
			Default Emission Factor	95% confidence interval	
	A	B	C = A*B*44/ 12*1000	Lower	Upper
Derived Gases					
• Gas Works Gas	12.1	1	44400	37300	54100
• Coke Oven Gas	12.1	1	44400	37300	54100
• Blast Furnace Gas	70.8	1	260000	219000	308000
• Oxygen Steel Furnace Gas	49.6	1	182000	145000	202000
Natural Gas	15.3	1	56100	54300	58300
Municipal Wastes (non-biomass fraction)	25.0	1	91700	73300	121000
Industrial Wastes	39.0	1	143000	110000	183000
Waste Oils	20.0	1	73300	72200	74400
Solid Biofuels					
• Wood/ Wood Waste	30.5	1	112000	95000	132000
• Sulphitelyes (Black Liquor)	26.0	1	95300	80700	110000
• Other Primary Solid Biomass	27.3	1	100000	84700	117000
• Charcoal	30.5	1	112000	95000	132000
Liquid Biofuels					
• Biogasoline	19.3	1	70800	59800	84300
• Biodiesels	19.3	1	70800	59800	84300
• Other Liquid Biofuels	21.7	1	79600	67100	95300
Gas Biomass					
• Landfill Gas	14.9	1	54600	46200	66000
• Sludge Gas	14.9	1	54600	46200	66000
• Other Biogas	14.9	1	54600	46200	66000
Other non-fossil fuels					
• Municipal Wastes (biomass fraction)	27.3	1	100000	84700	117000

ที่มา : IPCC, 2006 (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Table 1.4)

ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกรณีฐาน/การดำเนินโครงการจะคำนวณได้จากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังสมการที่ 1-5 และสมการที่ 1-6

สำหรับกรณีฐาน

$$BE_{EG,y} = (EC_{BL,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec} \quad \text{..... สมการที่ 1-5}$$

โดยที่

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/year)

$EC_{BL,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกรณีฐาน ในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

สำหรับกรณีการดำเนินโครงการ

$$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec} \quad \text{..... สมการที่ 1-6}$$

โดยที่

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2/year)

$EC_{PJ,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งของประเทศไทยสำหรับกรณีฐานหรือจากการดำเนินโครงการสามารถใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย (Grid Emission Factor) ที่ประกาศโดย อบก. ซึ่งอ้างอิงวิธีการคำนวณจากระเบียบวิธีการของ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) คือ Methodological Tool: Tool to calculate the emission factor for an electricity system ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวคำนวณจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศที่ได้จากฐานข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ค่าที่คำนวณโดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2559 สำหรับโครงการทั่วไป มีค่าเท่ากับ 0.5664 tCO_2/MWh และค่าสำหรับโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียน มีค่าเท่ากับ 0.5692 tCO_2/MWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560)

1.4 วิธีการใช้งานคู่มือและตัวอย่างการคำนวณ

คู่มือฉบับนี้อ้างอิงวิธีการคำนวณส่วนใหญ่จากระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกของโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) ที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกพัฒนาขึ้น ซึ่งมีพื้นฐานมาจากระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ซึ่งเป็นกลไกภายใต้พิธีสารเกียวโตซึ่งเป็นระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในระดับสากล และวิธีการคำนวณของ IPCC เนื้อหาของแต่ละบทประกอบด้วยหลักการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก วิธีประเมินปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งตัวอย่างโครงการ ซึ่งก่อนที่จะใช้งานวิธีการคำนวณจะต้องตรวจสอบก่อนว่าลักษณะของกิจกรรมที่จะทำการคำนวณมีความสอดคล้องกับขอบเขตโครงการและเงื่อนไขที่กำหนดไว้สำหรับวิธีการนั้น ๆ หรือไม่

วิธีการคำนวณของคู่มือฉบับนี้แบ่งออกเป็น 3 บท (บทที่ 2-4) ตามประเภทกิจกรรม ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน การใช้พลังงานทดแทน และการจัดการของเสีย คู่มือฉบับนี้ยังไม่ได้รวมวิธีการคำนวณสำหรับโครงการภาคป่าไม้ซึ่งช่วยกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากบรรยากาศไปเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ เนื่องจากลักษณะกิจกรรมและวิธีการคำนวณของโครงการภาคป่าไม้มีความแตกต่างจากภาคพลังงานและของเสียมาก ตัวอย่างการใช้วิธีการในคู่มือฉบับนี้สำหรับการคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกแสดงดังตัวอย่างโครงการ ดังนี้

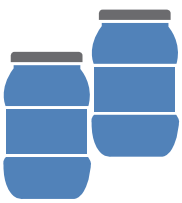
ตัวอย่าง การคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โครงการเก็บกักก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์

รายละเอียดโครงการ

โครงการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปิดไร้อากาศ (Covered Lagoon) แทนระบบเดิมที่เป็นบ่อเปิดความลึกมากกว่า 3 เมตร ซึ่งปล่อยก๊าซชีวภาพ (Biogas) ออกสู่บรรยากาศ โครงการติดตั้งเครื่องเป่าลม (blower) เพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น จำหน่ายให้กับโรงงานข้างเคียงนำไปใช้ผลิตพลังงานความร้อนแล้วยังนำก๊าซชีวภาพไปผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า (gas engine) ของโครงการอีกด้วย ทำให้ไม่มีก๊าซชีวภาพเข้าสู่ระบบเผาทำลายแบบ open flare ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปิดไร้อากาศของโครงการสามารถรองรับน้ำเสียได้ 850,000 m^3/year ปริมาณสารอินทรีย์ในรูป COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ($COD_{inf,PJ,WWTP}$) เท่ากับ 25,000 mg/l และค่า COD ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ($COD_{eff,PJ,WWTP}$) เท่ากับ 5,000 mg/l

ประเภทกิจกรรมโครงการ



การจัดการของเสียโดยการหมักน้ำเสียแบบไร้อากาศ

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ โดยคิดจาก ค่า COD Loading ที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน

สูตรการคำนวณ

$$BE_y = BE_{ww,treatment,y}$$

$$BE_{ww,treatment,y} = Q_{ww,PJ,y} \times (COD_{inf,PJ,WWTP} - COD_{eff,PJ,WWTP}) \times MCF_{BL} \times UF_{BL} \times B_o \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2e/year)

$BE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year)

ตัวแปร	รายละเอียด		ค่า	หน่วย
$Q_{ww,PJ,y}$	ปริมาณน้ำเสียของโครงการที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี 2560	=	850,000	m^3/year
$COD_{inf,PJ,WWTP}$	ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี 2560	=	25,000	mg/l
$COD_{eff,PJ,WWTP}$	ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี 2560	=	5,000	mg/l
MCF_{BL}	ค่า Methane Correction Factor ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน กำหนด Default	=	0.80	-
UF_{BL}	ค่า Model correction factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน (กำหนด Default 0.89)	=	0.89	-
GWP_{CH_4}	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน	=	25	tCO_2e/tCH_4
B_o	อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	=	0.25	$kgCH_4$/CODremoval

แทนค่าสูตรการคำนวณ

$BE_{ww,treatment,y} = Q_{ww,PJ,y} \times (COD_{inf,PJ,WWTP} - COD_{eff,PJ,WWTP}) \times MCF_{BL} \times UF_{BL} \times B_o \times GWP_{CH4,y} \times 10^{-6}$

$= 850{,}000\ m^3/year \times (25{,}000\text{-}5{,}000\ mg/l) \times 0.80 \times 0.89 \times 0.25\ kgCH_4/$

$kgCOD_{removal} = 25\ tCO_2e/tCH_4 \times 10^{-6}$

$= 75{,}650.00\ tCO_2e/year$

$BE_y = BE_{ww,treatment,y}$

$= 75{,}650.00\ tCO_2e/year$

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลจากระบบเก็บรวมรวม/กักเก็บและจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ซึ่งโครงการมีการจำหน่ายก๊าซชีวภาพให้กับโรงงานข้างเคียงและนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ได้มีการเผาทำลายก๊าซชีวภาพทิ้ง

สูตรการคำนวณ

$PE_y = PE_{leak,y} + PE_{flare,y}$

$PE_{leak,y} = Q_{ww,PJ,y} \times (COD_{inf,PJ,WWTP} - COD_{eff,PJ,WWTP}) \times MCF_{PJ} \times (1 - CFE) \times UF \times B_o \times GWP_{CH_4} \times 10^{-6}$

$PE_{flare,y} = V_{CH_4,biogas,y} \times (1 - FE) \times GWP_{CH_4}$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/y)

$PE_{leak,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลจากระบบเก็บรวมรวม ในปี y (tCO_2e/y)

$PE_{flare,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ในปี y (tCO_2e/y)

ตัวแปร	รายละเอียด		ค่า	หน่วย
$Q_{ww,treatment,y}$	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด ในปีที่ 2560	=	850,000	m^3/year
$COD_{inf,PJ,WWTP}$	ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี 2560	=	25,000	mg/l
$COD_{eff,PJ,WWTP}$	ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี 2560	=	5,000	mg/l
MCF_{PJ}	ค่า Methane Correction Factor สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ (กำหนด Default 0.80)	=	0.80	-
CFE	ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บก๊าซมีเทนสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ (กำหนด Default 0.90)	=	0.90	-
UF_{PJ}	ค่า Model correction factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ (กำหนด Default 1.12)	=	1.12	-
GWP_{CH_4}	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน	=	25	tCO_2e/tCH_4
B_o	อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	=	0.25	$kgCH_4/kg\ COD_{removal}$
$V_{CH_4,biogas,y}$	ปริมาณก๊าซมีเทนที่เข้าสู่ระบบเผาทำลาย ในปี y	=	0	tCH_4/year
FE	ค่าประสิทธิภาพในการเผาทำลายก๊าซมีเทนของระบบเผาทำลาย ในปี 2560 ในกรณี Open Flare Efficiency	=	0.50	-
	หรือ ในกรณี Enclosed Flare Efficiency	=	0.90	-

แทนค่าสูตรการคำนวณ

$PE_{leak,y}$ = $Q_{ww,treatment,y}$ x ($COD_{inf,PJ,WWTP}$ – $COD_{eff,PJ,WWTP}$) x MCF_{PJ} x (1 – CFE) x UF x B_o x GWP_{CH_4} x 10^{-6}

= 850,000 m^3/y x (25,000-5,000 mg/l) x 0.80 x (1 – 0.9) x 1.12 x 0.25 $kgCH_4$/ $kgCOD_{removal}$ x 25 tCO_2e/tCH_4 x 10^{-6}

= 9,520.00 tCO_2e/year

$PE_{flare,y}$ = $V_{CH4,biogas,y}$ x (1 – FE) x $GWP_{CH4,}$

0.00 tCH_4 x (1 – 0.5) x 25 tCO2e/tCH_4

= 0.00 tCO_2e/year

PE_y = $PE_{leak,y}$ + $PE_{flare,y}$

9,520.00 tCO_2e/year + 0.00 tCO_2e/year

9,520.00 tCO2e/year

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

ไม่มีการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

สูตรการคำนวณ

ER_y = BEy - PEy - LEy

โดยที่

ER_y = การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/year)

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปีy (tCO_2e/year)

แทนค่าสูตรการคำนวณ

ER_y = $BE_y - PE_y$

= 75,650.00 tCO_2e/year - 9,520.00 tCO_2e/year

= 66,130.00 tCO_2e/year

ดังนั้น โครงการสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 66,130 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

ทั้งนี้ ในกรณีที่โครงการมีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนนั้น สามารถคำนวณปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่อเนื่องดังกล่าวด้วย

โครงการนำก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมาผลิตพลังงานไฟฟ้าจำหน่ายให้กับระบบสายส่ง

กรณีที่มีการนำก๊าซชีวภาพที่รวบรวมจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจำหน่ายให้กับระบบสายส่ง โครงการจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วย

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่ง โดยคิดเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพ

สูตรการคำนวณ

$BE_y = BE_{EG,y}$

$BE_{EG,y} = (EG_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec}$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2e/y)

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่งในปี y

ตัวแปร	รายละเอียด		ค่า	หน่วย
$EG_{PJ,,y}$	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้จากการดำเนินโครงการพลังงานหมุนเวียนในปี y	=	15,840,000	kWh/year
EF_{Elec}	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)	=	0.5664*	tCO_2/MWh

* องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560

แทนค่าสูตรการคำนวณ

$BE_{EG,y} = (EG_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec}$

$= (15,840,000 \text{ kWh/year} \times 10^{-3}) \times 0.5664 \text{ } tCO_2/MWh$

$= 8,971.78 \text{ } tCO_2/year$

$BE_y = BE_{EG,y}$

$= 8,971.78 \text{ } tCO_2/year$

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในกรณีที่ระบบของโครงการมีการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

สูตรการคำนวณ

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$$

$$PE_{FF,y} = \sum(FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$$

$$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

ตัวแปร	รายละเอียด	ค่า	หน่วย
$FC_{PJ,i,y}$	ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล สำหรับการดำเนินโครงการในปี y	50,000	l/year
$NCV_{i,y}$	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของน้ำมันดีเซลในปี y	36.42	MJ/l
$EF_{CO2,i,y}$	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการสันดาปน้ำมันดีเซลในปี y	74,100	$kgCO_2$/TJ
$EC_{PJ,y}$	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y	1,500,000	kWh/year
EF_{Elec}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในปี y	0.5664	tCO_2/MWh

แทนค่าสูตรการคำนวณ

$PE_{FF,y}$ = $\sum(FCP_{J,i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y}) \times 10^{-3}$

= 50,000 l/year x 36.42 MJ/l x 74,100 kgCO_2/TJ x 10^{-9}

= 134.94 tCO_2/year

$PE_{EL,y}$ = $(EC_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{FLEC}$

= (1,500,000 kWh/year x 10^{-3}) x 0.5664 tCO_2/MWh

= 849.60 tCO_2/year

PE_y = $PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$

= 134.94 tCO_2/year + 849.60 tCO_2/year

= 984.54 tCO_2/year

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

- ไม่มีการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction)

สูตรการคำนวณ

$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$

โดยที่

ER_y = การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี y (tCO_2e/year)

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปีy (tCO_2e/year)

แทนค่าสูตรการคำนวณ

ER_y = $BE_y - PE_y$

= 8,971.78 tCO_2e/year – 984.54 tCO_2e/year

= 7,987.24 tCO_2e/year

ดังนั้น โครงการสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 7,987 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

หากคิดรวมการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเก็บกักก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าและส่งจำหน่าย โครงการสามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากการเก็บกักก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า 66,130 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และลดก๊าซเรือนกระจกจากการนำก๊าซมีเทนที่กักเก็บได้มาผลิตพลังงานไฟฟ้า 7,987 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รวมเท่ากับ 74,117 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม-พฤศจิกายน 2560.
2. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Groups I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
3. IPCC. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. [ออนไลน์]. 2007. แหล่งที่มา: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html [14 กุมภาพันธ์ 2561]
4. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. Second Biennial Update Report of Thailand. 2017
5. World Resource Institute. CAIT-Country Greenhouse Gas Emission Data. [ออนไลน์]. 2014. แหล่งที่มา: http://www.wri.org/resources/data-sets/cait-country-greenhouse-gas-emissions-data [27 กุมภาพันธ์ 2561]
6. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564-2573. 2560
7. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยสำหรับโครงการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก. [ออนไลน์]. 2560. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver/index.php?option=comjdownloads&task=download.send&id=221&catid=12&m=0&Itemid=226 [27 กุมภาพันธ์ 2561]

บทที่ 2

การลดก๊าซเรือนกระจก จากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน

2.1 หลักการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency)

การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency) หมายถึงการใช้พลังงานต่อหน่วยของการผลิต กิจกรรม พื้นที่ เวลา การบริการ หรือหน่วยอื่นใดลดลงเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานก่อนดำเนินกิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งโดยทั่วไปนิยมแสดงดัชนีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในรูปแบบของค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) หรือความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Intensity) โดยการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานสามารถดำเนินการได้หลายวิธี แบ่งออกเป็น 3 แนวทางหลัก ดังนี้

1) การเปลี่ยนไปใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอดแบบ LED (light-emitting diode) การเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นแบบเบอร์ 5 การเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง การเปลี่ยนเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ (Efficiency) สูงขึ้น เป็นต้น สามารถอ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ 2.2-2.5

2) การปรับปรุงกรรมวิธีหรือเทคโนโลยีการผลิตหรือใช้พลังงาน เช่น การนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ (Waste Heat Recovery) สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Co-generation Power Plant) แทนโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive: VSD) เป็นต้น สามารถอ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ 2.6-2.7

3) การปรับปรุงการใช้และบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรที่มีอยู่เดิม เช่น การขับรถในอัตราความเร็วที่เหมาะสม การล้างเครื่องปรับอากาศเป็นประจำ การหล่อลื่นเครื่องกลอยู่เสมอ เป็นต้น

สำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานนั้นจะเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนจากกิจกรรมที่ดำเนินการใน 3 แนวทางข้างต้น โดยเป็นผลมาจากการลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากกิจกรรมการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานสามารถประเมินได้ตามหลักการ ดังนี้

1) ประเมินจากพลังงานความร้อนที่ใช้ลดลง การประเมินปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นจากการลดการใช้พลังงานความร้อนสามารถคำนวณได้จากส่วนต่างของสมการที่ 1-2 และ 1-3

2) ประเมินจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง การประเมินปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นจากการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากส่วนต่างของสมการที่ 1-4 และ 1-5

3) ประเมินจากประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การประเมินปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสามารถดูรายละเอียดได้ในหัวข้อ 2.2 (ระบบการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์) หัวข้อ 2.3 (ระบบทำความเย็น) หัวข้อ 2.4 (เครื่องสำรองไฟฟ้า) หัวข้อ 2.5 (ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง) หัวข้อ 2.6 (ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า)

4) ประเมินจากค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) มีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับว่าเป็นการผลิตพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้าและใช้เชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการผลิต ค่าการใช้พลังงานจำเพาะใช้กับการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ ดังนี้

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน

1) ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) สำหรับการผลิตพลังงานความร้อนด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถคำนวณได้จาก 2 ทางเลือก ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 คำนวณจากค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ย

สำหรับกรณีฐาน (Baseline emission : BE)

$$SFC_{BL,HG,i,y} = FC_{BL,HG,i,y} / HG_{BL,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-1}$$

โดยที่

$FC_{BL,HG,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในการผลิตพลังงานความร้อนสำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/year)

$HG_{BL,y}$ = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้สุทธิจากกรณีฐาน ในปี y (MJ/year)

สำหรับกรณีการดำเนินโครงการ (Projec emission : PE)

$SFC_{PJ,HG,i,y} = FC_{PJ,HG,i,y} / HG_{PJ,y}$ ..... สมการที่ 2-2

โดยที่

$FC_{PJ,HG,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในการผลิตพลังงานความร้อนจากการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$HG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (MJ/year)

ทางเลือกที่ 2 คำนวณจากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SFC และค่าอัตรากำลังการผลิต (% Load) โดยใช้ข้อมูลในอดีต (Historical Data) ของระบบ และพิจารณาที่อัตรากำลังการผลิตเดียวกันกับกรณีที่มีการดำเนินโครงการ

2) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Electricity Consumption: SEC_{elec}) สำหรับผลิตพลังงานความร้อน

สำหรับกรณีฐาน (Baseline emission : BE)

$SEC_{BL,HG,y} = EC_{BL,HG,y} / HG_{BL,y}$ ..... สมการที่ 2-3

โดยที่

$EC_{BL,HG,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตพลังงานความร้อนในช่วงกรณีฐานในปี y (kWh/year)

$HG_{BL,y}$ = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้สุทธิจากกรณีฐาน ในปี y (MJ/year)

สำหรับกรณีการดำเนินโครงการ (Projec emission : PE)

$SEC_{PJ,HG,y} = EC_{PJ,HG,y} / HG_{PJ,y}$ ..... สมการที่ 2-4

โดยที่

$EC_{PJ,HG,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตพลังงานความร้อนในช่วงดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$HG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้สุทธิในช่วงดำเนินโครงการ ในปี y (MJ/year)

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า

1) ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถคำนวณได้จาก 2 ทางเลือก ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 คำนวณจากค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเฉลี่ย

สำหรับกรณีฐาน (Baseline emission : BE)

$$SFC_{BL,elec,i,y} = FC_{BL,elec,i,y} / EG_{BL,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-5}$$

โดยที่

$FC_{BL,elec,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/year)

$EG_{BL,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากกรณีฐาน ในปี y (KWh/year)

สำหรับกรณีฐาน (Baseline emission : BE)

$$SFC_{PJ,elec,i,y} = FC_{PJ,elec,i,y} / EG_{PJ,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-6}$$

โดยที่

$FC_{PJ,elec,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

ทางเลือกที่ 2 คำนวณจากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SFC และค่าอัตรากำลังการผลิต (% Load) โดยใช้ข้อมูลในอดีต (Historical Data) ของระบบ และพิจารณาที่อัตรากำลังการผลิตเดียวกันกับกรณีที่มีการดำเนินโครงการ

2) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Electricity Consumption: SEC_{elec})

สำหรับกรณีฐาน (Baseline emission : BE)

$$SEC_{BL,elec,y} = EC_{BL,elec,y} / EG_{BL,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-7}$$

โดยที่

$EC_{BL,elec,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงกรณีฐานในปี y (kWh/year)

$EG_{BL,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากกรณีฐาน ในปี y (kWh/year)

สำหรับกรณีการดำเนินโครงการ (Projec emission : PE) เช่น การใช้ไฟฟ้าของระบบอุปกรณ์เสริมต่างๆ (auxiliary consumption ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน)

$$SEC_{PJ,elec,y} = EC_{PJ,elec,y} / EG_{PJ,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-8}$$

โดยที่

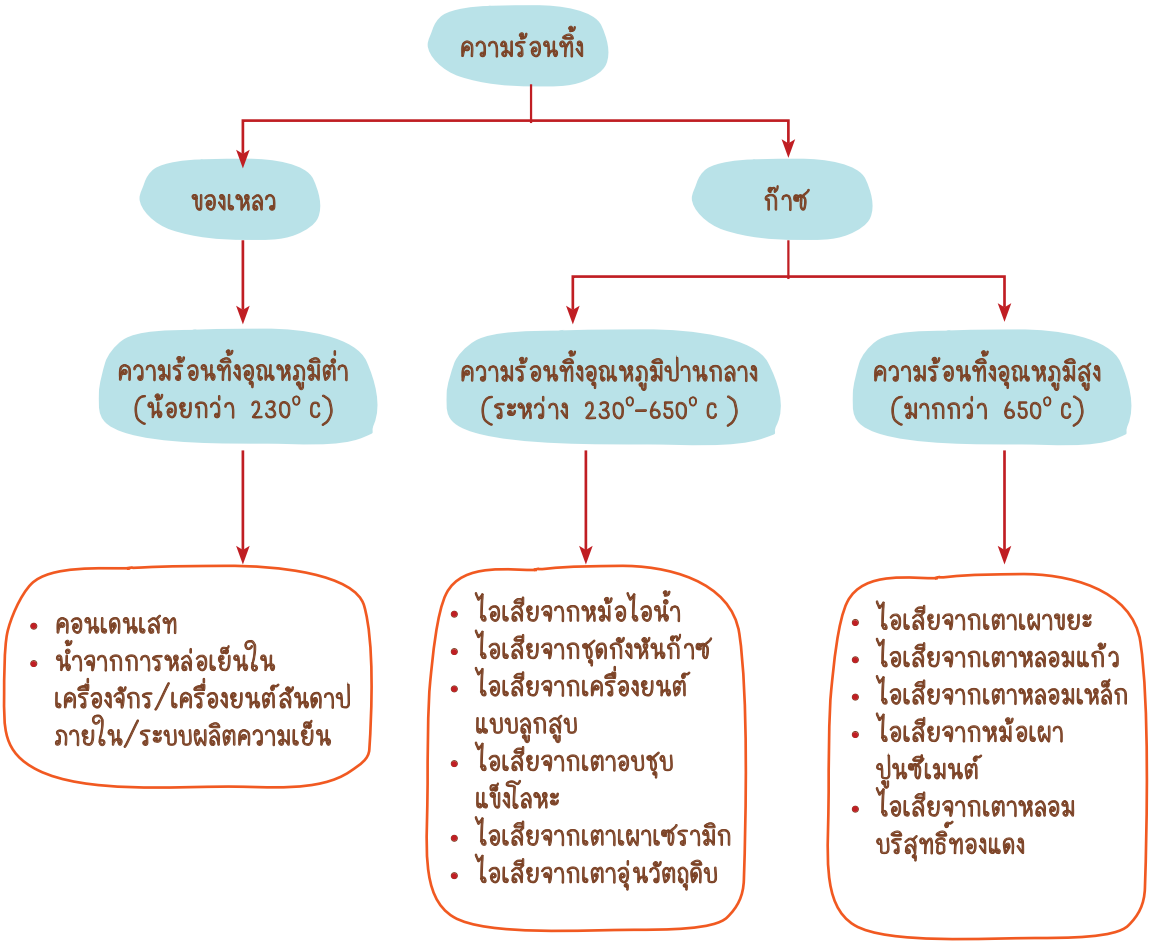
$EC_{PJ,elec,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิในช่วงดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

2.2 ระบบการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (Waste Heat Recovery System)

ในภาคอุตสาหกรรม ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ เช่น เตาหลอมเหล็ก (Blast Furnace) เตาอุ่นเหล็กแท่ง (Re-heating Furnace) ชุดกังหันแก๊ส (Gas Turbine) เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าที่ใช้แก๊ส (Gas Engine) หม้อเผาปูนซีเมนต์ (Kiln) เตาเผาเซรามิก (Ceramic Kiln) กระบวนการผลิตความร้อนของแหล่งกำเนิดดังกล่าวจะมีความร้อนส่วนหนึ่งในรูปของก๊าซที่ต้องปล่อยทิ้งเกิดขึ้น

เสมอ นอกจากนี้ กระบวนการบางจุด ยกตัวอย่างเช่น การระบายความร้อนในเครื่องจักร หรือการถ่ายเทความร้อนของไอน้ำในหม้อฆ่าเชื้อ จะมีความร้อนทิ้งในรูปของของเหลวเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน ความร้อนที่เกิดขึ้นในทั้งสองรูปแบบนี้อาจมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์แทนที่จะปล่อยทิ้งไป หากมีอัตราการไหลและอุณหภูมิที่มากพอ เราสามารถจำแนกชนิดของความร้อนทิ้งตามสถานะ แหล่งกำเนิด และอุณหภูมิดังรูป



รูปที่ 2.2.1 แผนภาพจำแนกลักษณะของความร้อนทิ้ง

ที่มา : รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย พ.ศ. 2559

จากรูปที่ 2.2.1 ความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำในรูปคอนเดนเสทโดยส่วนใหญ่ได้ถูกออกแบบให้มีการนำความร้อนดังกล่าวไปถ่ายเทให้แก่น้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำหรือนำไปถ่ายเทให้แก่น้ำสำหรับการใช้งานที่ต้องการอุณหภูมิไม่สูงมาก สำหรับความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำในรูปของน้ำจากการหล่อเย็นที่อัตราการไหลสูงและมีจุดที่ต้องการความร้อนไม่สูงมาก เช่น การล้าง การอบไล่ความชื้น ฯลฯ ความร้อนทิ้งดังกล่าวมักถูกออกแบบให้มีการถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำหรืออากาศตามรูปแบบของการใช้งาน (น้ำร้อนหรืออากาศร้อน) กรณีที่ความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำในรูปของน้ำจากการหล่อเย็นที่ไม่มีจุดที่ต้องการความร้อน ถึงแม้ว่าการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์จะไม่สามารถปฏิบัติได้ แต่น้ำจากการหล่อเย็นดังกล่าวจะถูกออกแบบให้มีการดึงความร้อนออกเป็นลักษณะระบบปิดเพื่อให้สามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง

สำหรับความร้อนทิ้งในรูปของก๊าซที่อุณหภูมิปานกลางและสูงที่มีอัตราการไหลเป็นจำนวนมาก กระบวนการผลิตหรือเครื่องจักรได้ถูกออกแบบให้มีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์แล้วตั้งแต่การออกแบบและก่อสร้างเพื่อทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพสูงสุด ยกตัวอย่างเช่น

ก) Waste Heat Recovery Unit ในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมชนิด Combined Cycle

ข) Waste Heat Recovery Unit ในโรงงานผลิตปูนซีเมนต์

รูปที่ 2.2.2 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิต

- ในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมชนิด Combined Cycle ระบบได้ถูกออกแบบให้มีการนำก๊าซร้อนอุณหภูมิปานกลางจากชุดกังหันก๊าซไปถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Waste Heat Recovery Unit) สำหรับนำไปผลิตเป็นไฟฟ้าผ่านชุดกังหันไอน้ำได้อีกหนึ่งทาง ดังรูปที่ 2.2.2-ก
- ในโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ หม้อเผาปูนซีเมนต์ได้ถูกออกแบบให้มีการนำก๊าซร้อนอุณหภูมิสูงไปใช้ในการอุ่นวัตถุดิบต่างๆ ให้ร้อนที่จะป้อนเข้าสู่หม้อเผา รวมทั้งหน่วยทำให้ปูนเม็ดเย็น (Clinker Cooler) และหน่วยอุ่นวัตถุดิบได้ถูกออกแบบให้มีการนำอากาศร้อนทิ้งจากกระบวนการไปถ่ายเทความร้อนเพื่อผลิตไอน้ำสำหรับใช้หมุนชุดกังหันไอน้ำให้ได้เป็นไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.2.2-ข
- ในโรงงานผลิตแก้ว ชุดเผาไหม้ในเตาหลอมได้ถูกออกแบบให้มีการนำก๊าซร้อนอุณหภูมิสูงมาถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่จะป้อนเข้าสู่ชุดเผาไหม้

อย่างไรก็ตาม สำหรับอุตสาหกรรมบางประเภท ความร้อนทิ้งในรูปของก๊าซร้อนที่อุณหภูมิปานกลางไม่ได้ถูกออกแบบให้มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์มาตั้งแต่ในอดีต ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมให้ความสำคัญในการนำความร้อนทิ้งดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์มากขึ้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตอันเนื่องมาจากสถานการณ์ราคาพลังงานที่มีความผันผวน ตัวอย่างการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ที่มีการนำไปปฏิบัติใช้จริง ได้แก่

- โรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนนำก๊าซร้อนจากเตาอุ่นเหล็กให้ร้อนไปถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่ป้อนเข้าสู่ชุดเผาไหม้ในเตาอุ่นเหล็ก
- โรงงานผลิตอาหารกระป๋องได้มีการนำก๊าซร้อนจากหม้อไอน้ำไปถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำป้อนสำหรับหม้อไอน้ำ
- โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ได้มีการนำก๊าซร้อนจากเตาอบชุบแข็งโลหะไปถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่ป้อนเข้าสู่ชุดเผาไหม้ในเตาอบ

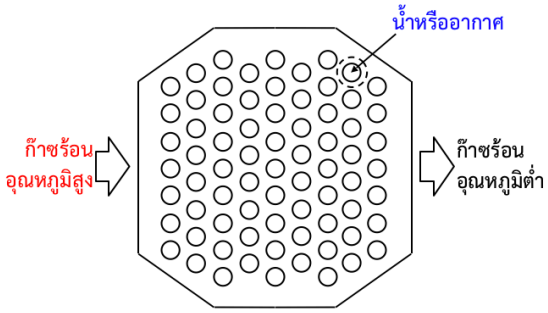
ก) การนำความร้อนทิ้งมาถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำป้อนหม้อไอน้ำ

ข) การนำความร้อนทิ้งมาถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่เข้าเตา

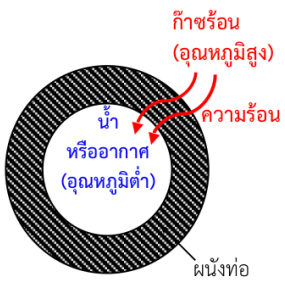
รูปที่ 2.2.3 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิต

ที่มา: มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล, 2554

การนำความร้อนในรูปของก๊าซร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ตามตัวอย่างข้างต้นมีลักษณะเป็นการนำก๊าซร้อนที่อุณหภูมิสูงมาแลกเปลี่ยนความร้อนให้แก่น้ำหรืออากาศที่อุณหภูมิต่ำที่มีวัสดุกั้นกลางโดยไม่มีการสัมผัสกัน อุปกรณ์ที่ใช้กระบวนการดังกล่าวเรียกว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ดังในแสดงในรูปที่ 2.2.4-ก ด้านในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนถูกออกแบบให้ก๊าซร้อนไหลผ่านแนวท่อจำนวนมาก ซึ่งมีน้ำหรืออากาศที่ต้องการทำให้ร้อนอยู่ภายใน ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของก๊าซร้อนกับน้ำหรืออากาศที่ต้องการทำให้ร้อนจะทำให้เกิดแรงขับเคลื่อน (Driving force) ซึ่งเป็นผลให้ความร้อนในก๊าซร้อนถ่ายเทผ่านผนังท่อไปยังน้ำหรืออากาศที่ต้องการทำให้ร้อน ดังในแสดงในรูปที่ 2.2.4-ข จากนั้นน้ำหรืออากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะถูกนำไปใช้งาน เช่น ป้อนในหม้อไอน้ำ ป้อนเข้าชุดเผาไหม้ ฯลฯ

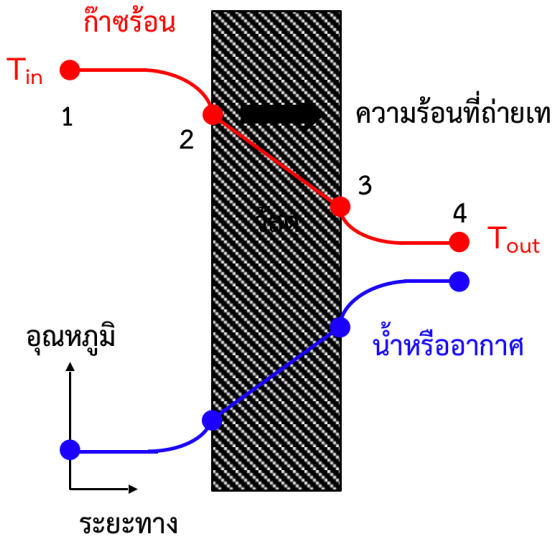


ข) การนำก๊าซร้อนทิ้งมาถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำหรืออากาศโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



ข) ภาพขยายแสดงการถ่ายเทความร้อนในก๊าซร้อนให้แก่น้ำหรืออากาศ

รูปที่ 2.2.4 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิต



รูปที่ 2.2.5 กลไกการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น

การถ่ายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประกอบไปด้วย 2 กลไก คือ การพาความร้อน (Convection) และการนำความร้อน (Conduction) ดังแสดงในรูปที่ 2.2.5 ก๊าซร้อนที่อุณหภูมิสูง (T_{in}) และมีการไหล (จุดที่ 1) จะถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนไปที่ผนังวัสดุ (จุดที่ 2) จากนั้นความร้อนที่ผนังฝั่งก๊าซร้อนจะถ่ายเทด้วยการนำความร้อนผ่านเนื้อของวัสดุไปยังผนังฝั่งน้ำหรืออากาศ (จุดที่ 3) สุดท้ายความร้อนที่ฝั่งน้ำหรืออากาศจะถ่ายเทด้วยการพาความร้อนไปยังน้ำหรืออากาศที่มีการไหล (จุดที่ 4) ซึ่งทำให้น้ำหรืออากาศมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในขณะที่ก๊าซร้อนจะมีอุณหภูมิลดลง (T_{out}) ก่อนถูกจะปล่อยออกไป

ปริมาณการถ่ายความร้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Q) ขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัย คือพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อน ผลต่างอุณหภูมิระหว่างของไหลที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ซึ่งอธิบายได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$Q = UA\Delta T_M$$

โดยที่

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (หน่วย: $W/m^2\text{-}K$)

A คือ พื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อน (หน่วย: m^2)

ΔT_M คือ ผลต่างเฉลี่ยอุณหภูมิระหว่างของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) ที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน (หน่วย: K)

ดังนั้น ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นของการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ คือปริมาณการถ่ายเทความร้อน ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถประเมินได้จากน้ำหรืออากาศขาออกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และก๊าซร้อนขาออกมีอุณหภูมิลดลงเดิม

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์สามารถวิเคราะห์ตามลักษณะของความร้อนทิ้งและรูปแบบการนำความร้อนกลับไปใช้ประโยชน์ ยกตัวอย่างเช่น การนำก๊าซร้อนที่ปล่อยทิ้งไปถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำเพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากเดิม เมื่อนำน้ำดังกล่าวไปป้อนเข้าหม้อไอน้ำจะทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไอน้ำได้ หรือการนำก๊าซร้อนที่ปล่อยทิ้งไปถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำเพื่อทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำยิ่งยวด (ความดันสูง) เมื่อนำไอน้ำแรงดันสูงไปใช้ขับเคลื่อนชุดกังหันไอน้ำที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสามารถผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้เองได้ ซึ่งจะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตลงได้ รายละเอียดของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ จะกล่าวสรุปไว้ดังตารางที่ 2.2.1

ตารางที่ 2.2.1 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากมาตรการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์

ลักษณะของความร้อนทิ้ง	รูปแบบการนำความร้อนกลับไปใช้ประโยชน์	รายละเอียดของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ก๊าซร้อนอุณหภูมิปานกลาง	ถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำสำหรับป้อนในหม้อไอน้ำ	ลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับหม้อไอน้ำ
	ถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำจนเปลี่ยนเป็นไอน้ำยิ่งยวด (ความดันสูง) สำหรับการผลิตเป็นไฟฟ้า	ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส
	ถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศสำหรับป้อนเข้าชุดเผาไหม้	ลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิสสำหรับหม้อไอน้ำ
ก๊าซร้อนอุณหภูมิสูง	ถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศสำหรับป้อนเข้าชุดเผาไหม้	ลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิสสำหรับหม้อไอน้ำ

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์รูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำสำหรับป้อนในหม้อไอน้ำ/การถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศสำหรับป้อนเข้าชุดเผาไหม้ และการถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำจนเปลี่ยนเป็นไอน้ำยิ่งยวด (ความดันสูง) สำหรับการผลิตเป็นไฟฟ้า มีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำสำหรับป้อนในหม้อไอน้ำ หรือ การถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศสำหรับป้อนเข้าชุดเผาไหม้
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของกรณีฐาน

กิจกรรมโครงการ	การถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำสำหรับป้อนในหม้อไอน้ำ หรือ การถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศสำหรับป้อนเข้าชุดเผาไหม้

$$BE = \frac{FC_{BL} \times \sum m_{PJ} \times (T_{O,PJ} - T_{i,PJ})}{\sum m_{BL} \times (T_{O,BL} - T_{i,BL})} \times NCV_{FC} \times EF_{FC}$$ .....สมการที่ 2-9

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

FC_{BL} = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับหม้อไอน้ำหรือเตาอบในกรณีฐาน (หน่วยเชื้อเพลิงต่อปี)

FC_{PJ} = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับหม้อไอน้ำหรือเตาอบในการดำเนินโครงการ (หน่วยเชื้อเพลิงต่อปี)

$\sum m_{BL}$ = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำหรือปริมาณอากาศทั้งหมดที่ป้อนเข้าเตาในกรณีฐาน (kg ต่อปี)

$\sum m_{PJ}$ = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำหรือปริมาณอากาศทั้งหมดที่ป้อนเข้าเตาในการดำเนินโครงการ (kg ต่อปี)

$T_{i,BL}$ = อุณหภูมิน้ำขาเข้าหม้อไอน้ำหรืออุณหภูมิอากาศขาเข้าเตาในกรณีฐาน (^{O}C)

$T_{O,BL}$ = อุณหภูมิน้ำขาออกจากหม้อไอน้ำหรืออุณหภูมิอากาศขาออกจากเตาในกรณีฐาน (^{O}C)

$T_{i,PJ}$ = อุณหภูมิน้ำขาเข้าหม้อไอน้ำหรืออุณหภูมิอากาศขาเข้าเตาในการดำเนินโครงการ (^{O}C)

$T_{i,PJ}$ = อุณหภูมิน้ำขาออกจากหม้อไอน้ำหรืออุณหภูมิอากาศขาออกจากเตาในการดำเนินโครงการ (^{O}C)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

กิจกรรมโครงการ	การถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำสำหรับป้อนในหม้อไอน้ำ หรือ การถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศสำหรับป้อนเข้าชุดเผาไหม้
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	ถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำจนเปลี่ยนเป็นไอน้ำยิ่งยวด (ความดันสูง) สำหรับการผลิตเป็นไฟฟ้า
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่โครงการผลิตได้

$$BE_y = EG_{PJ,y} \times EF_{elec} \quad \text{..... สมการที่ 2-10}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ ในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

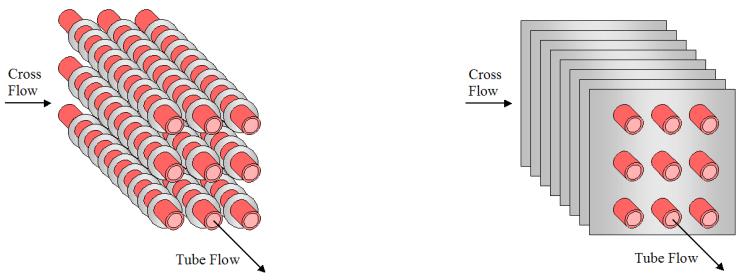
เทคโนโลยีใหม่สำหรับการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์จะเป็นการพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น ซึ่งหมายถึงการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ที่มากขึ้นนั่นเอง เมื่อพิจารณาสมการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่าการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นนั้นจะต้องออกแบบให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมหรือมีพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนให้มากกว่าเดิม

(ก) (ข)

รูปที่ 2.2.6 การออกแบบท่อภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ที่มา: (ก) www.lv-soft.com และ (ข) www.mtubing.com

การทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมเพิ่มขึ้นสามารถทำได้โดยออกแบบให้ของเหลวภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนมีการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulence flow) มากขึ้น เพื่อเพิ่มการพาความร้อน ซึ่งสามารถทำได้โดยการใส่แผ่นบิดเกลียวเข้าไปภายในท่อ ดังรูปที่ 2.2.6-ก หรือการใช้ท่อบิดเกลียว ดังรูปที่ 2.2.6-ข หรือติดตั้งครีบที่ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ตามรูปที่ 2.2.7 นอกจากนี้ การใช้ท่อบิดเกลียวนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ท่อตรง



รูปที่ 2.2.7 การติดตั้งครีบที่ท่อภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ที่มา: www.real-world-physics-problems.com

เทคโนโลยีการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมเพิ่มขึ้นที่สามารถทำได้ คือการพิจารณาเลือกใช้วัสดุสำหรับท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Coefficient of Thermal Conductivity) สูง และมีความแข็งแรงทนทาน ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่างๆ ที่สามารถใช้เป็นท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสรุปไว้ในตารางที่ 2.2.2

ตารางที่ 2.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุที่ใช้เป็นท่อสำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อน

ชนิดของวัสดุ	ค่าการนำความร้อน (W/m^2-K)
Admiralty (71% Cu – 28% Zn – 1% Sn)	111
Aluminum	205-250
Aluminum brass (76% Cu – 22% Zn – 2% Al)	100
Brass (70% Cu – 30% Zn)	99
Carbon steel	45
Carbon-moly (0.5% Mo)	43
Chrome-moly steel (1% Cr – 0.5% Mo)	42
Chrome -moly steel (2.25% Cr – 0.5% Mo)	38
Chrome -moly steel (5% Cr – 0.5% Mo)	35
Chrome -moly steel (12% Cr – 0.5% Mo)	28
Copper	386
Cupro-nickel (90% Cu – 10% Ni)	71
Cupro-nickel (70% Cu – 30% Ni)	29
Inconel	19
Lead	35
Monel (67% Ni – 30% Cu – 1.4% Fe)	26
Nickel	62
Red brass (85% Cu – 15% Zn)	159
Stainless steel - type 316 (17% Cr – 12% Ni – 2% Mo)	16
Stainless steel - type 304 (18% Cr – 8% Ni)	16
Titanium	19

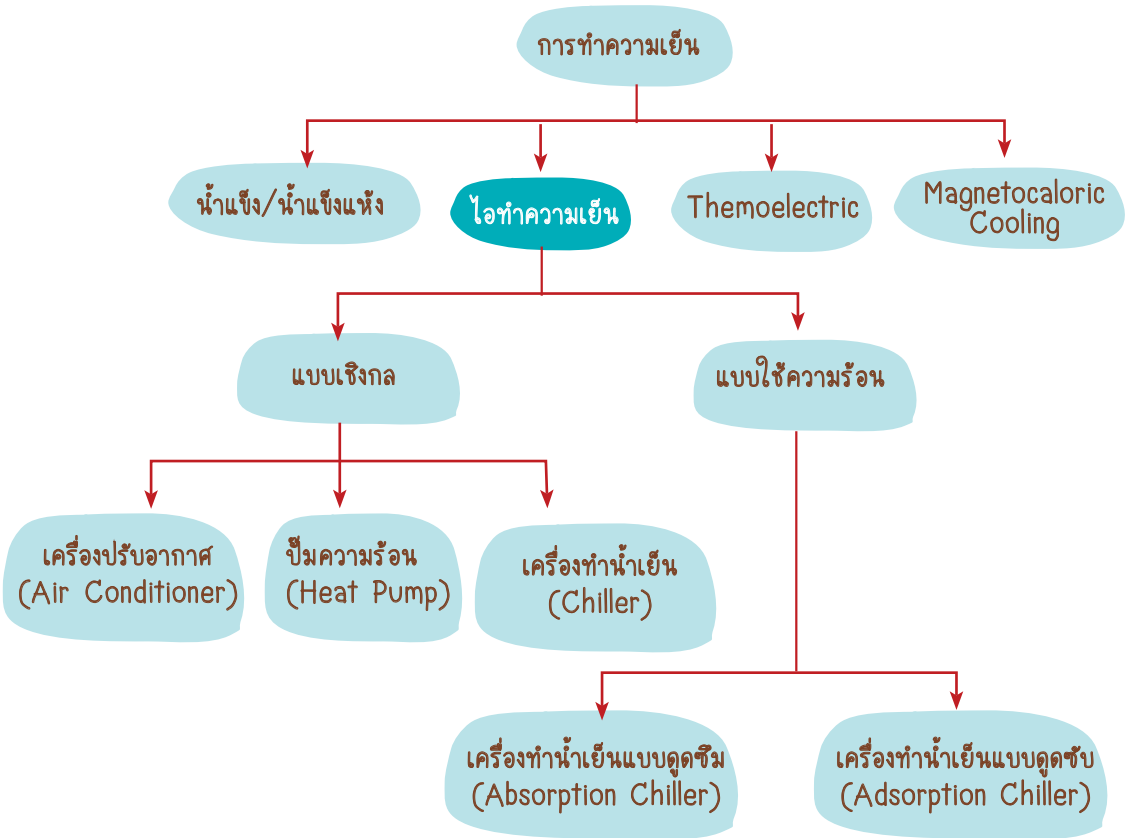
ที่มา : https://www.engineeringtoolbox.com

เอกสารอ้างอิง

1. Incropera F. P., Dewitt D. P., Bergman T. L., and Lavine A. S. Introduction to Heat Transfer, 5th edition, Asia: John Wiley & Sons (Asia), 2007.
2. กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. คู่มือการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ (Waste Heat Recovery Guide) www.enconlab.com/wasteheat/downloads/
WasteHeatRecoveryGuide_220458.pdf (2 กุมภาพันธ์ 2561)
3. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร "ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญ (โรงงาน)". คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2553 ตอนที่ 3 บทที่ 6 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ http://www2.dede.go.th/
bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Fac/Fac_17.pdf (2 กุมภาพันธ์ 2561)
4. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (อุตสาหกรรมข้าวโพดกระป๋อง), กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็มแอนด์เอ็มเลเซอร์พริ้นต์, 2556.
5. มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล. การเปรียบเทียบการใช้พลังงานและสมรรถนะจากการเปลี่ยน Recuperator ที่ใช้กับ Reheating Furnace. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 8. หน้า 73-78. ฉบับที่ 2554/1, 2554.
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน (M&V) หัวข้อ 4.4 มาตราการระบบผลิตความร้อนจากความร้อนทิ้ง บทที่ 4 ตัวอย่างแนวทางและกรณีศึกษาการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน http://thaiesco.org/2016/file/
download/41/M&V_Guideline_2558.pdf (2 กุมภาพันธ์ 2561)
7. ACM0012: Large-scale Consolidated Methodology: Waste energy recovery version 06.0

2.3 ระบบทำความเย็น (Refrigeration System)

การทำความเย็นเป็นกระบวนการดึงความร้อนในของไหล เช่น น้ำ อากาศ ฯลฯ ออก โดยใช้สารทำความเย็น (ความดูดซึมความร้อนหรือสารทำให้เย็น) เพื่อทำให้อุณหภูมิของของไหลลดลงจนถึงจุดที่สามารถนำไปใช้งานได้ ปัจจุบันการทำความเย็นถูกนำไปประยุกต์ใช้งานทั้งในภาคที่อยู่อาศัย ภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างเช่น การปรับอุณหภูมิและความชื้นอากาศภายในห้อง การผลิตน้ำเย็นสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตอาหารหรืองานอุตสาหกรรม การผลิตน้ำเย็นสำหรับใช้ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ การผลิตอากาศเย็นสำหรับใช้ในการเก็บรักษาสินค้า การทำความเย็นที่มีการใช้งานอยู่ ณ ปัจจุบันมีอยู่หลายรูปแบบ ดังแผนภาพในรูปที่ 2.3.1 ในหัวข้อนี้จะอธิบายเฉพาะการทำความเย็นด้วยไอทำความเย็น (Vapor Refrigeration) ซึ่งมีการใช้งานมากที่สุด

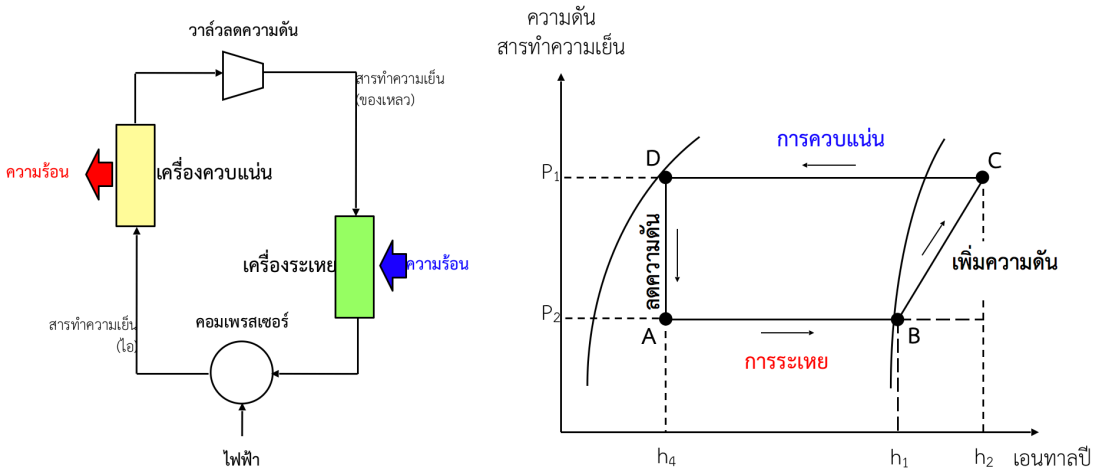


รูปที่ 2.3.1 แผนภาพจำแนกรูปแบบของการทำความเย็น

ที่มา : Dossat J. R. Principle of Refrigeration, 3rd edition, New Jersey: Pretice Hall, 1991

จากแผนภาพในรูปที่ 2.3.1 การทำความเย็นด้วยวิธีไอทำความเย็นยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ แบบเชิงกล (Mechanical Refrigeration) และแบบใช้ความร้อน (Thermal Refrigeration) ระบบทำความเย็นที่ใช้วิธีไอทำความเย็นแบบเชิงกล ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ ปั๊มความร้อน เครื่องทำน้ำเย็น ในขณะที่ระบบทำความเย็นที่ใช้วิธีไอทำความเย็นแบบใช้ความร้อน ได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ รายละเอียดการทำความเย็นในเครื่องจักร/อุปกรณ์จะอธิบายโดยสรุปในหัวข้อถัดไป

การทำความเย็นด้วยวิธีไอทำความเย็นแบบเชิงกลเป็นระบบที่มีการใช้สารทำความเย็น (Refrigerant) เป็นตัวกลางในการดึงความร้อน ร่วมกับการให้พลังงานกลแก่สารทำความเย็นในสถานะไอเพื่อนำความร้อนที่อยู่ในสารทำความเย็นออก ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกระบบนี้ว่า คือการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor-Compression Refrigeration) การทำความเย็นแบบอัดไอมีกลไกการทำงานเป็นวัฏจักรที่มีการไหลของสารทำความเย็นในระบบปิดผ่านอุปกรณ์หลักทั้งหมด 4 ชนิด ดังรูปที่ 2.3.2-ก ได้แก่ วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เครื่องระเหย (Evaporator) คอมเพรสเซอร์ (Compressor) และเครื่องควบแน่น (Condenser) สารทำความเย็นที่นำมาใช้นี้จะต้องเป็นตัวกลางในการนำความร้อนแฝงได้ดี ระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำ ไม่มีการเปลี่ยนสภาพจากการเปลี่ยนสถานะกลับไปกลับมา ไม่เป็นสารที่ระเบิดได้/สารพิษ/และสารติดไฟได้ และไม่ทำปฏิกิริยากับสารหล่อลื่นในชุดคอมเพรสเซอร์



(ก) วัฏจักรการทำความเย็น

(ข) แผนภาพความดัน-เอนทาลปีของสารทำความเย็น

รูปที่ 2.3.2 กระบวนการทำความเย็นแบบอัดไอ

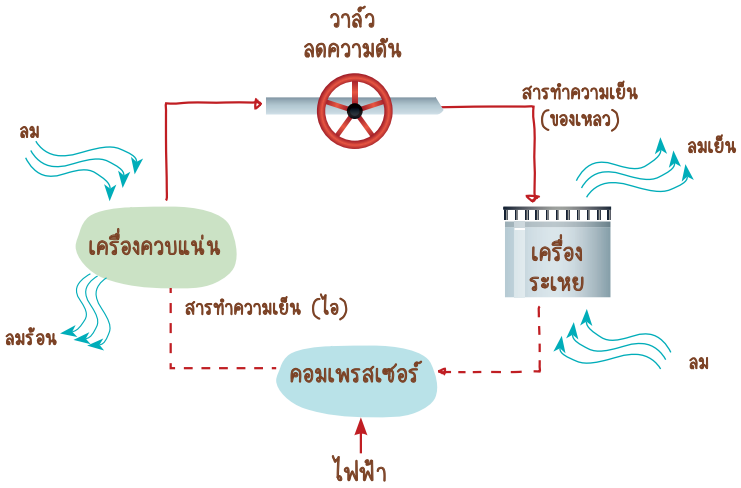
ที่มา : http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Fac/Build_15.pdf

ขั้นตอนการทำความเย็นแสดงดังรูปที่ 2.3.2-ข โดยเริ่มต้นจากสารทำความเย็นในสถานะของเหลวที่พร้อมระเหย (จุด A) จะไหลเข้าเครื่องระเหย ซึ่งมีลักษณะเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการป้อนอากาศหรือน้ำที่ต้องการทำให้เย็นเข้า ในเครื่องระเหย สารทำความเย็นในสถานะของเหลวที่พร้อมระเหยจะต้องการความร้อนเพื่อทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอ (Latent Heat of Vaporization) โดยดึงความร้อนในอากาศหรือน้ำออกไปใช้ อากาศหรือน้ำที่ถูกดึงความร้อนออกจะเย็นตัวลงจนถึงระดับที่สามารถนำไปใช้งานได้ ในขณะที่สารทำความเย็นก็จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอเพื่อเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ (จุด B) ที่คอมเพรสเซอร์ สารทำความเย็นในสถานะไอจะถูกเพิ่มความดันจนถึงจุดที่พร้อมควบแน่น (จุด C) โดยใช้แรงอัดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสร้างพลังงานกล จากนั้นสารทำความเย็นในสถานะไอที่พร้อมควบแน่นจะเคลื่อนสู่เครื่องควบแน่น ที่เครื่องควบแน่น สารทำความเย็นในสถานะไอที่พร้อมควบแน่นจะปล่อยความร้อนออกมาในขณะที่เกิดการควบแน่นกลับเป็นของเหลว (Latent Heat of Condensation) โดยมีอากาศหรือน้ำมารับความร้อน

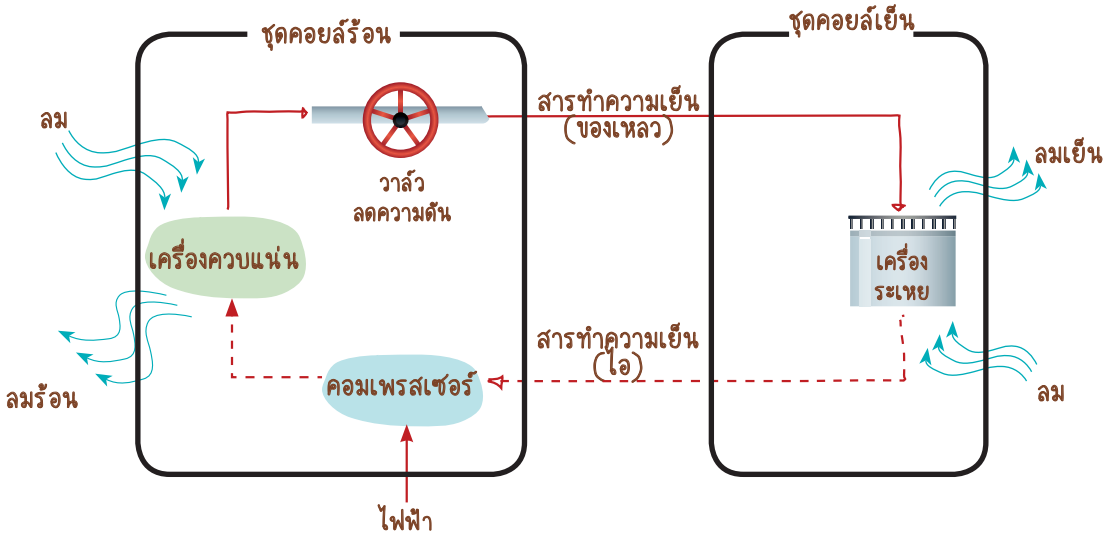
ตรงส่วนนี้ออกไป สารทำความเย็นในสถานะของเหลวที่ออกจากเครื่องควบแน่น (จุด D) จะไหลเข้าสู่วาล์วลดความดันเพื่อควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นก่อนเข้าสู่เครื่องระเหยโดยการลดความดันของสารทำความเย็นในสถานะของเหลวที่ความดันสูงให้เป็นความดันต่ำ (จุด A) จากนั้นสารทำความเย็นในสถานะของเหลวที่ความดันต่ำจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้ทำความเย็นต่อเป็นวัฏจักร

เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner)

เครื่องปรับอากาศเป็นระบบทำความเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบเชิงกลที่ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิและควบคุมความชื้นของอากาศภายในบริเวณที่ต้องการให้เหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยหรือการทำงานของมนุษย์ ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้งานในบ้านพักอาศัย สำนักงาน ร้านค้า ร้านอาหาร ฯลฯ เครื่องปรับอากาศสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือแบบหน้าต่าง (Windows type) และแบบแยกส่วน (Split type) ดังแสดงในรูปที่ 2.3.3 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างมีลักษณะเป็นกล่องหนึ่งกล่องที่ภายในประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักทั้ง 4 ชิ้นเชื่อมต่อกันด้วยท่อสำหรับลำเลียงสารทำความเย็น ตามรูปที่ 2.3.3-ก อย่างไรก็ตามเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทย เนื่องจากเกิดเสียงดังและความสั่นสะเทือนในระหว่างการทำงาน รวมทั้งข้อกำจัดในการติดตั้ง ในขณะที่เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนประกอบไปด้วยกล่อง 2 กล่อง ตามรูปที่ 2.3.3-ข คือ ชุดคอยล์ร้อน (Condensing unit) และชุดคอยล์เย็น (Fan-coil unit) โดยที่ชุดคอยล์ร้อนจะติดตั้งอยู่ที่นอกห้องเพื่อนำความร้อนในสารทำความเย็นปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ส่วนชุดคอยล์เย็นจะติดตั้งไว้ในห้องที่ต้องการใช้งานเพื่อให้สารทำความเย็นดึงความร้อนจากอากาศภายในห้อง และชุดคอยล์ทั้งสองจะถูกเชื่อมต่อด้วยการเดินท่อเช่นเดียวกัน แต่ท่อที่ใช้จะมีความยาวมากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากมีการออกแบบให้สามารถติดตั้งและใช้งานได้หลายหลายรูปแบบ เช่น เครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง (Wall type) เครื่องปรับอากาศแบบตั้ง/แขวน (Ceiling/Floor type) เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Package type) เครื่องปรับอากาศแบบฝังใต้ฝ้า (Cassette type)



(ก) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง

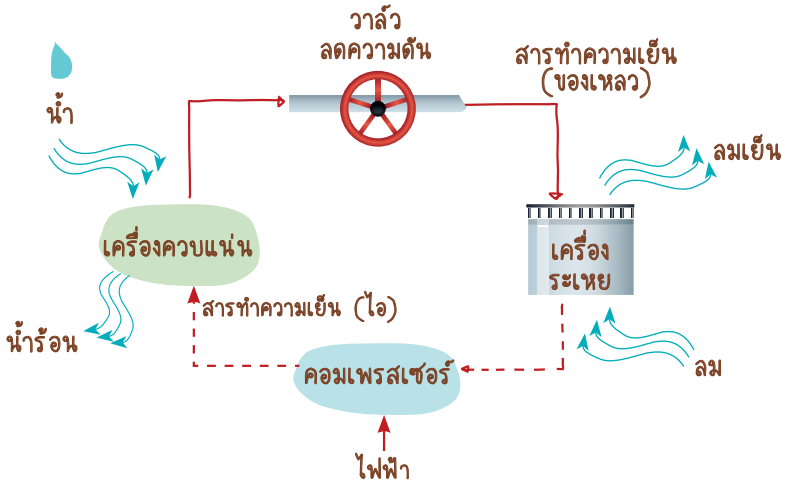


(ข) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

รูปที่ 2.3.3 แผนภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ปั๊มความร้อน (Heat Pump)

ปั๊มความร้อนเป็นระบบทำความเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบเชิงกลที่ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิและควบคุมความชื้นของอากาศภายในบริเวณที่ต้องการเช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งทำหน้าที่ผลิตความร้อนในรูปของน้ำร้อนได้อีกด้วย จากขั้นตอนการทำงานของปั๊มความร้อนในรูปที่ 2.3.4 จะเห็นว่าเครื่องควบแน่นภายในปั๊มความร้อนจะใช้น้ำมาดึงความร้อนในสารทำความเย็นออกแทนการใช้อากาศ ในขณะที่ส่วนอื่นๆ จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศ ด้วยเหตุนี้ปั๊มความร้อนจึงออกแบบสำหรับการผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50 - 60 องศาเซลเซียสเป็นหลัก และการผลิตอากาศเย็นนั้นจะเป็นผลพลอยได้



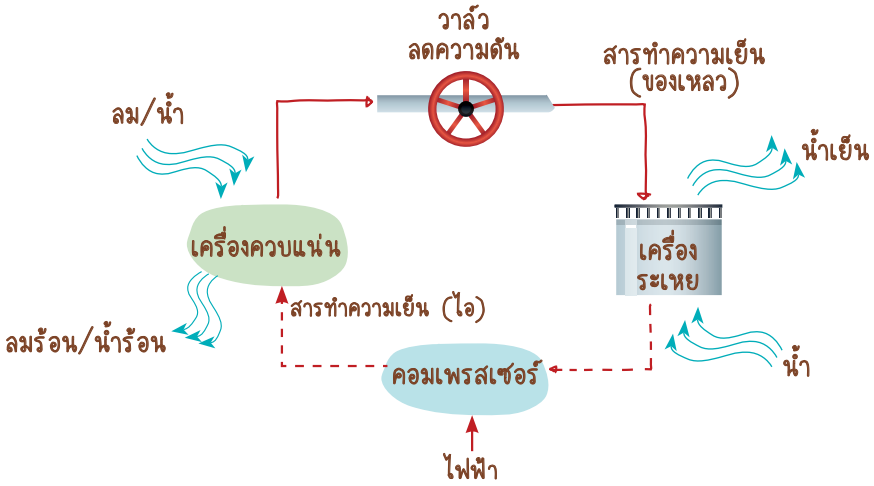
รูปที่ 2.3.4 แผนภาพการทำงานของปั๊มความร้อน

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นเป็นระบบทำความเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบเชิงกลที่ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของน้ำตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบ คือใช้ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Air-Conditioning System) และใช้ลดอุณหภูมิสารในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างเช่น ลดอุณหภูมิอาหารบรรจุกระป๋องหลังการฆ่า

เชื้อ ลดอุณหภูมินมหรือเครื่องดื่มก่อนนำไปบรรจุ ลดอุณหภูมิสารในถังปฏิกิริยา เป็นต้น เครื่องทำน้ำเย็นมีขั้นตอนการทำงานเหมือนกับเครื่องปรับอากาศตามดังรูปที่ 2.3.5

แต่มีความแตกต่างตรงที่เครื่องระเหยจะเปลี่ยนมาใช้น้ำแทนอากาศ และเครื่องควบแน่นที่มีการใช้น้ำหรืออากาศเพื่อดึงความร้อนออกจากสารทำความเย็น ถ้าใช้น้ำจะเรียกกว่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Chiller) หรือถ้าใช้อากาศจะเรียกว่าเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller)



รูปที่ 2.3.5 แผนภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ

ระบบทำความเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบเชิงกลทั้งสามชนิดตามที่กล่าวมาข้างต้น จะใช้สารทำความเย็นที่เป็นสารสังเคราะห์ประเภทไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon: HFC) เป็นองค์ประกอบ เช่น R-407C หรือ HFC-407C, R-410A หรือ HFC-410A, R-134a หรือ HFC-134a หรือสารสังเคราะห์ประเภทไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrochlorofluorocarbon: HCFC) เช่น R-32 หรือ HCFC-32 ทั้งนี้สารทำความเย็นดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งบ่งชี้ความรุนแรงของผลกระทบด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ดังตารางที่ 2.3.1 ดังนั้นการนำสารทำความเย็นไป

ใช้งานจำเป็นต้องมีวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง เช่น การใช้เครื่องดูดที่มีถังเก็บเมื่อมีการเปลี่ยนถ่าย รวมไปถึงการกำจัดที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

ตารางที่ 2.3.1 ชนิดของสารทำความเย็นที่ใช้กับระบบทำความเย็นแต่ละประเภทและค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

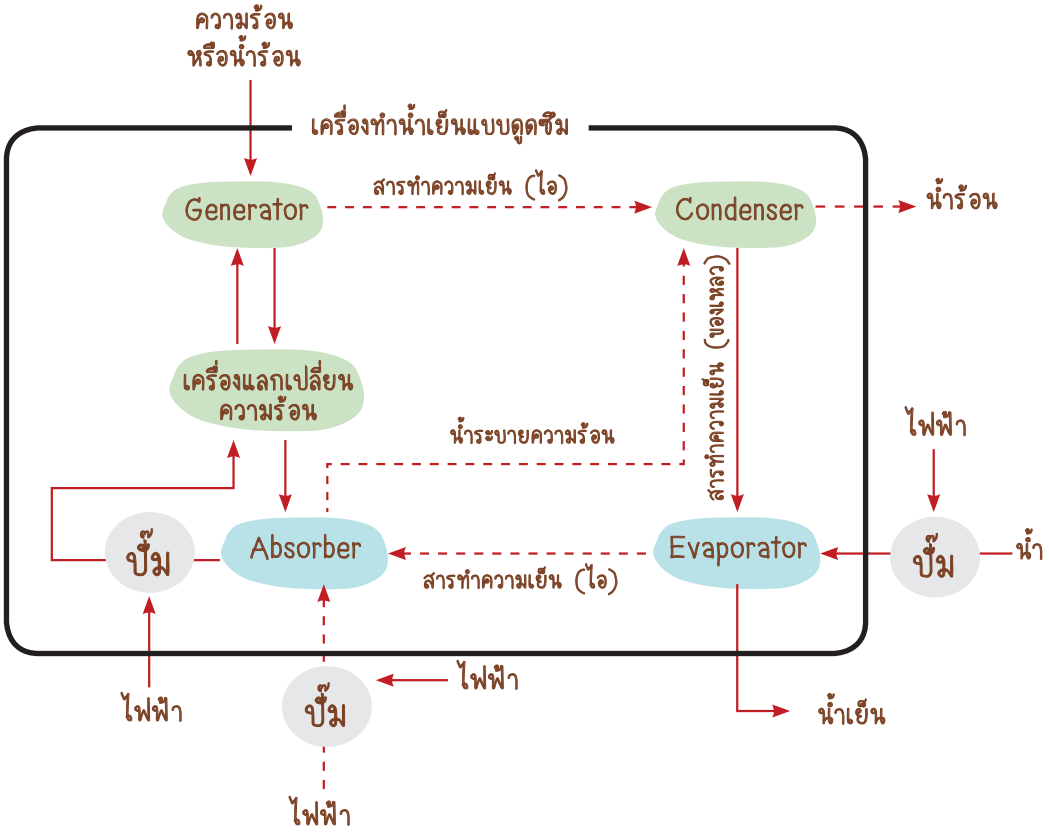
ชนิดของสารทำความเย็น	ระบบทำความเย็นที่นำไปใช้	ค่า GWP
R-407C หรือ HFC-407C [1]	เครื่องปรับอากาศ ปั๊มความร้อน เครื่องทำน้ำเย็น	1,774
R-410A หรือ HFC-410A [1]	เครื่องปรับอากาศ ปั๊มความร้อน เครื่องทำน้ำเย็น	2,088
R-134a หรือ HFC-134a [1]	เครื่องทำน้ำเย็น ปั๊มความร้อน	1,300
R-32 หรือ HCFC-32 [2]	เครื่องปรับอากาศ	675

ที่มา : [1] http://www.linde-gas.com และ (2) http://www.daikin.co.th

เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมเป็นระบบทำความเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบใช้ความร้อนที่ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิน้ำจนถึงระดับของการใช้งาน โดยออกแบบให้มีการใช้สารดูดซึม (สารละลาย) ร่วมกับสารทำความเย็น และใช้แหล่งความร้อนจากก๊าซร้อนหรือน้ำร้อนแทนที่การใช้ไฟฟ้าในการเพิ่มความดันของสารทำความเย็น นอกจากนี้ยังมีการใช้สารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช่สารสังเคราะห์ประเภท HFC หรือ HCFC อีกด้วย ปัจจุบันเครื่องทำ

น้ำเย็นแบบดูดซึมนี้นิยมนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีความร้อนเหลือทิ้ง เช่น ชุดกังหันก๊าซ เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า หม้อไอน้ำ เตาอุตสาหกรรม ฯลฯ เพื่อผลิตน้ำเย็นทดแทนการใช้เครื่องทำน้ำเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบเชิงกล



รูปที่ 2.3.6 แผนภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม

ที่มา : http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy%20saving%20technogy12.htm

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม ซึ่งใช้สารละลายลิเธียมโบรไมด์เป็นสารดูดซึมและน้ำเป็นสารทำความเย็น แสดงดังรูปที่ 2.3.6 ขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นจากน้ำซึ่งเป็นสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่เครื่องระเหย โดยดึงความร้อนจากน้ำที่ต้องการลดอุณหภูมิเพื่อทำให้กลายเป็นไอระเหย และน้ำที่ถูกดึงความร้อนออกก็จะเย็นตัวลงจนได้

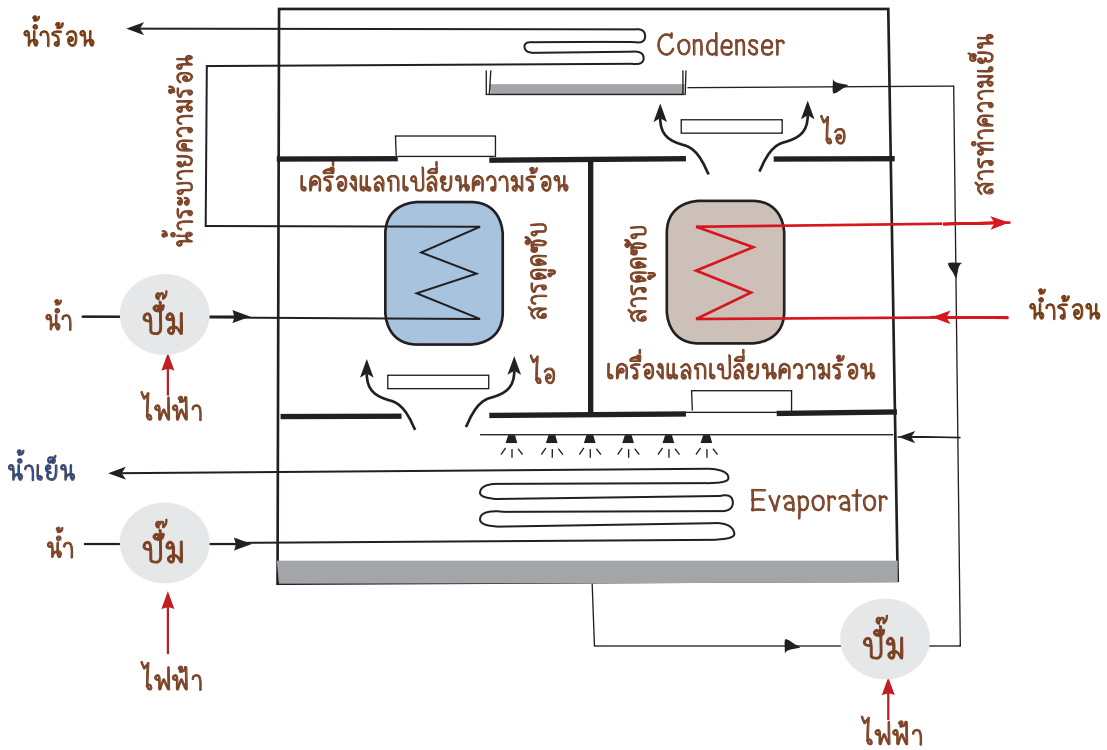
อุณหภูมิตามที่ต้องการ หลังจากนั้นไอระเหยจากน้ำจะถูกป้อนเข้าสู่ Absorber ซึ่งสารละลายลิเธียมโบรไมด์เข้มข้นจะดูดซึมไอน้ำทำให้เจือจางลงและคายความร้อนออกมา ซึ่งความร้อนในส่วนนี้จะถูกนำออกจาก Absorber โดยใช้น้ำ จากนั้นสารละลายลิเธียมโบรไมด์ที่เจือจางจาก Absorber จะถูกปั๊มเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและถูกทำให้ร้อนขึ้นโดยนำไปถ่ายเทความร้อนกับสารละลายลิเธียมโบรไมด์เข้มข้นที่อุณหภูมิสูงก่อนป้อนเข้าสู่ Generator ที่ Generator สารละลายลิเธียมโบรไมด์จะถูกทำให้กลายเป็นไอแยกออกจากน้ำ ส่วนน้ำซึ่งเป็นสารทำความเย็นในสภาวะไอระเหยที่ความดันสูงจะถูกนำไปเปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลวที่เครื่องควบแน่นโดยใช้น้ำที่ออกจาก Absorber มารับความร้อนที่เกิดจากการควบแน่น สุดท้ายน้ำซึ่งเป็นสารทำความเย็นจะถูกนำกลับไปใช้ดึงความร้อนออกจากน้ำที่เครื่องระเหยในรอบถัดไป ในขณะที่สารละลายลิเธียมโบรไมด์ซึ่งได้จากการแยกออกจากน้ำที่ออกจาก Generator จะมีความเข้มข้นมากขึ้นและถูกนำไปลดอุณหภูมิที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนที่จะนำไปใช้ใหม่ที่ Absorber

เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับเป็นระบบทำความเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบใช้ความร้อนทำหน้าที่ลดอุณหภูมิน้ำจนถึงระดับของการใช้งาน ซึ่งออกแบบให้ใช้ก๊าซร้อนหรือน้ำร้อนเป็นแหล่งความร้อนเช่นเดียวกับเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม แต่เปลี่ยนเป็นการใช้สารดูดซับ (ของแข็ง) นอกจากนี้ถึงเครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ใช้น้ำเป็นสารทำความเย็นแทนที่สารสังเคราะห์ประเภท HFC หรือ HCFC เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีความร้อนเหลือทิ้ง เช่น ชุดกังหันก๊าซ หม้อไอน้ำ ฯลฯ หรือน้ำร้อนที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตน้ำเย็นทดแทนการใช้เครื่องทำน้ำเย็นประเภทไอทำความเย็นแบบเชิงกล

แผนภาพการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ ซึ่งใช้ซิลิก้าเจลเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารทำความเย็น แสดงดังรูปที่ 2.3.7 ขั้นตอนการทำความเย็นเริ่มต้นจากสารทำความเย็น (น้ำ) จะถูกนำไปดึงความร้อนออกจากน้ำที่ต้องการทำให้เย็นเพื่อทำให้

เกิดการระเหยกลายเป็นไอน้ำที่ส่วนระเหย (Evaporator) ในขณะที่น้ำที่ถูกดึงความร้อนออกจะมีอุณหภูมิลดลงจนถึงระดับที่สามารถนำไปใช้งานได้ จากนั้นไอน้ำ (สารทำความเย็นในสถานะไอ) จะดูดซับด้วยซิลิก้าเจล กระบวนการดูดซับของซิลิก้าเจลนี้จะมีการคายความร้อนออก ซึ่งจะถูกระบายความร้อนออกโดยใช้น้ำ เมื่อซิลิก้าเจลดูดซับไอน้ำได้น้อยลง ซิลิก้าเจลจะถูกนำไปปรับคืนสภาพ (Regeneration) โดยอาศัยความร้อนจากน้ำร้อน ในกระบวนการปรับคืนสภาพ ซิลิก้าเจลจะคายไอน้ำที่ดูดซับไว้ออก จากนั้นไอน้ำดังกล่าวจะลอยขึ้นและเข้าสู่ส่วนควบแน่น (Condenser) เพื่อทำให้ไอน้ำควบแน่นกลับเป็นน้ำ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการควบแน่นของไอน้ำจะถูกระบายออกโดยใช้น้ำที่ต่อเนื่องจากการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นกระบวนการดูดซับ จากนั้นน้ำที่ได้จากการควบแน่น (สารทำความเย็น) จะถูกนำกลับไปใช้ในการดึงความร้อนในรอบถัดไป



รูปที่ 2.3.7 แผนภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ

ที่มา : http://dede-at4.bright-ce.com/Vol3/Download/AdsorptionChiller.pdf

เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมและเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ ซึ่งมีการใช้ความร้อนสำหรับไอระเหยของสารทำความเย็นแทนการใช้ไฟฟ้ามีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อลดการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมที่มีความร้อนทิ้งอย่างต่อเนื่องและมีความต้องการใช้ความเย็น นอกจากนี้เครื่องทำน้ำเย็นทั้งสองแบบมีการเปลี่ยนสารทำความเย็นจากสารเคมีประเภท HFC และ HPFC เป็นน้ำ ซึ่งมีส่วนช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้อีกทางหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตามเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมและเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับมีลักษณะและเงื่อนไขการใช้งานที่แตกต่างกันในตารางที่ 2.3.2

ตารางที่ 2.3.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมและเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ

หัวข้อ	เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม	เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ
สารทำความเย็น	น้ำประปา	น้ำกลั่น
สารดูดไอสารทำความเย็น	สารละลายลิเธียมโบรไมด์	ซิลิก้าเจล
ความร้อนที่ต้องการ (กรณีที่ใช้น้ำร้อน)	อุณหภูมิ 70 - 96 °C	อุณหภูมิ 82 - 100 °C
อุณหภูมิน้ำเย็นที่สามารถทำได้	ระหว่าง 4 - 12 °C	8 °C หรือมากกว่า
การเปลี่ยนสารดูดไอสารทำความเย็น	ไม่ต้องเปลี่ยน	เปลี่ยนทุกๆ 4-5 ปี

ที่มา : https://www.eco-maxchillers.com

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบทำความเย็น

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการระบบทำความเย็นสามารถวิเคราะห์ตามลักษณะของมาตรการการปรับปรุง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1) การติดตั้งระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อทดแทนระบบเดิมสำหรับเครื่องปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำเย็น

2) การเปลี่ยนรูปแบบของระบบผลิตความร้อน ได้แก่ การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยไฟฟ้าหรือการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส

3) การเปลี่ยนระบบทำความเย็นแบบใช้ความร้อนที่มีการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อน (เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมหรือเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับ) แทนที่เครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ)

รายละเอียดของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทั้ง 3 มาตรการ สรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.3.3 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากมาตรการปรับปรุงต่างๆ สำหรับระบบทำความเย็น

หัวข้อ	เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม
การติดตั้งระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อทดแทนระบบเดิม (เครื่องปรับอากาศ)	ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส
การติดตั้งระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อทดแทนระบบเดิม (เครื่องทำน้ำเย็น)	ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส
การเปลี่ยนรูปแบบของระบบผลิตความร้อน (การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยไฟฟ้า)	ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส
การเปลี่ยนรูปแบบของระบบผลิตความร้อน (การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส)	• ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิสสำหรับการผลิตความร้อนและการผลิตความเย็น • ลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส
การเปลี่ยนระบบทำความเย็นแบบใช้ความร้อนที่มีการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (เครื่องทำน้ำเย็นดูดซึม)	ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส
การเปลี่ยนระบบทำความเย็นแบบใช้ความร้อนที่มีการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (เครื่องทำน้ำเย็นดูดซับ)	ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากมาตรการปรับปรุงต่าง ๆ สำหรับระบบทำความเย็น มีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อทดแทนระบบเดิม (เครื่องปรับอากาศ)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศเดิมโดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องปรับอากาศในการดำเนินโครงการ

$$BE_y = EER_{BL} \times Q_{C,PJ} \times h_{P1} \times 10^{-3} \times EF_{elec} \quad \text{..... สมการที่ 2-11}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

EER_{BL} = ค่าประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความเย็นของเครื่องปรับอากาศเดิม (-)

$$EER_{BL} = \frac{P_{BL}}{0.948X\ m_{a,BL}\ X\ (H_{O,BL} - H_{i,BL})} \quad \text{..... สมการที่ 2-12}$$

โดยที่

$m_{a,BL}$ = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องปรับอากาศหรือปั๊มความร้อนในส่วนของชุดคอยล์เย็นในกรณีฐาน (kg/s)

$H_{o,BL}$ = เอนทาลปี ณ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศขาออกเครื่องปรับอากาศหรือปั๊มความร้อนในส่วนของชุดคอยล์เย็นในกรณีฐาน (kJ/kg)

$H_{i,BL}$ = เอนทาลปี ณ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศขาเข้าเครื่องปรับอากาศหรือปั๊มความร้อนในส่วนของชุดคอยล์เย็นในกรณีฐาน (kJ/kg)

$Q_{C,PJ}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (kJ หรือ BTU)

-

$Q_{C,PJ} = 0.948 \times m_{a,BL} \times (H_{O,PJ} - H_{i,PJ})$ ..... สมการที่ 2-13

โดยที่

$m_{a,PJ}$ = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องปรับอากาศหรือปั๊มความร้อนในส่วนของชุดคอยล์เย็นในการดำเนินโครงการ (kg/s)

$H_{o,PJ}$ = เอนทาลปี ณ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศขาออกเครื่องปรับอากาศหรือปั๊มความร้อนในส่วนของชุดคอยล์เย็นในการดำเนินโครงการ (kJ/kg)

$H_{i,PJ}$ = เอนทาลปี ณ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศขาเข้าเครื่องปรับอากาศหรือปั๊มความร้อนในส่วนของชุดคอยล์เย็นในการดำเนินโครงการ (kJ/kg)

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ/ปั๊มความร้อน/เครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศเดิมโดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องปรับอากาศในการดำเนินโครงการ

คำนวณโดยใช้สมการที่ 1-5 หรือใช้สมการ ดังนี้

$PE = P_{PJ} \times h_{PJ} \times 10^{-3} \times EF_{elec}$ ..... สมการที่ 2-14

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y ($tCO_2/year$)

P_{PJ} = กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในการดำเนินโครงการ (kW)

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อทดแทนระบบเดิม (เครื่องปรับอากาศ)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็นเดิม โดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ

$$BE_y = ChP_{BL} \times Q_{C,PJ} \times h_{PJ} \times 10^{-3} \times EF_{elec} \quad \text{..... สมการที่ 2-15}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO2/year)

ChP_{BL} = ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นในกรณีฐาน (-)

$$ChP_{BL} = \frac{3.517 \times P_{BL}}{m_{w,BL} \times C_p \times (T_{O,BL} - T_{i,BL})} \quad \text{..... สมการที่ 2-16}$$

โดยที่

$m_{w,BL}$ = อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็นในกรณีฐาน (kg/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg-°C)

$T_{o,BL}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นในกรณีฐาน (°C)

$T_{i,BL}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นในกรณีฐาน (°C)

$Q_{C,PJ}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (kJ หรือ BTU)

$$Q_{C,PJ} = \frac{1}{3.517} \times m_{w,PJ} \times C_p \times (T_{O,PJ} - T_{i,PJ}) \quad \text{..... สมการที่ 2-17}$$

โดยที่

$m_{W,PJ}$ = อัตราการไหลของน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (kg/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg-°C)

$T_{o,PJ}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (°C)

$T_{i,PJ}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (°C)

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของ เครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อทดแทนระบบเดิม (เครื่องปรับอากาศ)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ

คำนวณโดยใช้สมการที่ 1-5 หรือใช้สมการ ดังนี้

$PE = P_{PJ} \times h_{PJ} \times 10^{-3} \times EF_{elec}$ ..... สมการที่ 2-18

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

P_{PJ} = กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหรือเครื่องทำน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (kW)

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยไฟฟ้า
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความร้อนเดิมโดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณความร้อนที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นเดิมโดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยไฟฟ้า

$$BE = \left(\frac{EC_{H,BL}}{Q_{H,BL}} \times Q_{H,PJ} + \frac{EC_{C,BL}}{Q_{C,BL}} \times Q_{C,PJ} \right) \times EF_{elec} \quad \text{..... สมการที่ 2-19}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO2/year)

$EC_{H,BL}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้าในกรณีฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

$EC_{C,BL}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบทำความเย็นในกรณีฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

$Q_{H,BL}$ = ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ในกรณีฐาน (kJ)

$Q_{C,BL}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากระบบทำความเย็นในกรณีฐาน (BTU)

$$Q_{C,BL} = m_{a,BL} \times (H_{O,BL} - H_{i,BL}) \quad \text{..... สมการที่ 2-20}$$

โดยที่

$m_{a,BL}$ = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าระบบทำความเย็นในกรณีฐาน (kg/s)

$H_{o,BL}$ = เอนทาลปีของอากาศขาเข้าสู่ระบบทำความเย็นในกรณีฐาน (kJ/kg)

$H_{i,BL}$ = เอนทาลปีของอากาศขาออกจากระบบทำความเย็นในกรณีฐาน (kJ/kg)

$Q_{H,PJ}$ = ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (kJ)

$$Q_{H,PJ} = m_{w,PJ} \times C_p \times (T_{O,PJ} - T_{i,PJ}) \quad \text{..... สมการที่ 2-21}$$

โดยที่

$m_{w,PJ}$ = อัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (kg/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg-^{O}C)

$T_{o,PJ}$ = อุณหภูมิน้ำขาออกจากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (^{O}C)

$T_{i,PJ}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (^{O}C)

$Q_{C,PJ}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (BTU)

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยไฟฟ้า

$Q_{C,PJ} = m_{a,PJ} X (H_{O,PJ} - H_{i,PJ})$ ..... สมการที่ 2-22

โดยที่

$m_{a,PJ}$ = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลในปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (kg/s)
$H_{o,PJ}$ = เอนทาลปีของอากาศขาเข้าสู่ปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (kJ/kg)
$H_{i,PJ}$ = เอนทาลปีของอากาศขาออกจากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (kJ/kg)
EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO^2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสของระบบทำความร้อนเดิมโดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณความร้อนที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นเดิมโดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งปั๊มความร้อนเพื่อแทนที่การผลิตความร้อนด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส

$$BE = \frac{FC_{BL}}{Q_{H,BL}} \times Q_{H,PJ} \times NCV_{FC} \times EF_{FC} + \frac{EC_{C,BL}}{Q_{C,BL}} \times Q_{C,PJ} \times EF_{elec} \quad \text{..... สมการที่ 2-24}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

FC_{BL} = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสสำหรับระบบทำความร้อนในกรณีฐาน (หน่วยเชื้อเพลิง)

$EC_{C,BL}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับระบบทำความเย็นในกรณีฐาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

$Q_{H,BL}$ = ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ในกรณีฐาน (kJ)

$Q_{C,BL}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากระบบทำความเย็นในกรณีฐาน (BTU) โดยใช้สมการที่ 2-20

$Q_{H,PJ}$ = ปริมาณความร้อนที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (kJ) โดยใช้สมการที่ 2-21

$Q_{C,PJ}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากปั๊มความร้อนในการดำเนินโครงการ (BTU) โดยใช้สมการที่ 2-22

NCV_{FC} = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิส (MJ/หน่วยเชื้อเพลิง)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

EF_{FC} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส (tCO_2/MJ)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ)-เครื่องน้ำเย็นแบบดูดซึม
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ) คำนวณจากข้อมูลปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในการดำเนินโครงการ

$$BE = SEC_{BL} \times Q_{C,PJ} \times h_{PJ} \times 10^{-3} \times EF_{EL} \quad \text{..... สมการที่ 2-25}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

SEC_{BL} = ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเครื่องทำน้ำเย็นในกรณีฐาน (kW/TR)

$$SEC_{BL} = \frac{3.517 \times (P_{CH,BL} + P_{CHP,BL} + P_{CDP,BL})}{m_{w,BL} \times C_p \times (T_{O,BL} - T_{i,BL})} \quad \text{..... สมการที่ 2-26}$$

โดยที่

$P_{CH,BL}$ = กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกลในกรณีฐาน (kW)

$P_{CHP,BL}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำเย็นในกรณีฐาน (kW)

$P_{CDP,BL}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำระบายความร้อน (กรณีที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ) ในกรณีฐาน (kW)

$m_{w,BL}$ = อัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกลในกรณีฐาน (kg/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg-^{O}C)

$T_{o,BL}$ = อุณหภูมิน้ำขาออกจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกลในกรณีฐาน (^{O}C)

$T_{i,BL}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกลในกรณีฐาน (^{O}C)

$Q_{C,PJ}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในการดำเนินโครงการ (kJ) โดยใช้สมการที่ 2-17

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

EF_{EL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตความร้อนป้อนให้แก่เครื่องน้ำเย็นแบบดูดซึม (กรณีที่ไม่มีแหล่งความร้อนหลักป้อนให้แก่เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในบางครั้ง) ในการดำเนินโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ)-เครื่องน้ำเย็นแบบดูดซึม

$$PE = (P_{SP,PJ} + P_{RE,PJ} + P_{CHP,PJ} + P_{CDP,PJ}) \times h_{PJ} \times 10^{-3} \times EF_{EL} + FC_{PJ} \times NCV_{FC} \times EF_{FC}$$

..... สมการที่ 2-27

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$P_{SP,PJ}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบสารละลายในเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในการดำเนินโครงการ (kW)

$P_{RE,PJ}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสารทำความเย็นในเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในการดำเนินโครงการ (kW)

$P_{CHP,PJ}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (kW)

$P_{CDP,PJ}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำระบายความร้อนในการดำเนินโครงการ (kW)

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

FC_{PJ} = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสเพื่อผลิตความร้อนป้อนให้แก่เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมในการดำเนินโครงการ (หน่วยเชื้อเพลิง)

NCV_{FC} = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิส (MJ/หน่วยเชื้อเพลิง)

EF_{EL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

EF_{FC} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส (tCO_2/MJ)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ)-เครื่องน้ำเย็นแบบดูดซับ
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ) คำนวณจากข้อมูลปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับในการดำเนินโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ)-เครื่องน้ำเย็นแบบดูดซับ

$BE = SEC_{BL} \times Q_{C,PJ} \times h_{PJ} \times 10^{-3} \times EF_{EL}$ ..... สมการที่ 2-28

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

SEC_{BL} = ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเครื่องทำน้ำเย็นในกรณีฐาน (kW/TR) โดยใช้สมการที่ 2-26

$Q_{C,PJ}$ = ปริมาณความเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับในการดำเนินโครงการ (kJ) โดยใช้สมการที่ 2-17

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

EF_{EL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสในการผลิตความร้อนป้อนให้แก่เครื่องน้ำเย็นแบบดูดซับ (กรณีที่ไม่มีแหล่งความร้อนหลักป้อนให้แก่เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับในบางครั้ง) ในการดำเนินโครงการ

$PE = (P_{SP,PJ} + P_{CHP,PJ} + P_{CDP,PJ}) \times h_{PJ} \times 10^{-3} \times EF_{EL} + FC_{PJ} \times NCV_{FC} \times EF_{FC}$
..... สมการที่ 2-29

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2/year)

$PS_{P,PJ}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบสารละลายในเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับในการดำเนินโครงการ (kW)

$P_{CHP,PJ}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำเย็นในการดำเนินโครงการ (kW)

$P_{CDP,PJ}$ = กำลังไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำระบายความร้อนในการดำเนินโครงการ (kW)

h_{PJ} = จำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับในการดำเนินโครงการ (ชั่วโมง)

กิจกรรมโครงการ	การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ)-เครื่องน้ำเย็นแบบดูดซับ
FC_{PJ} = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสเพื่อผลิตความร้อนป้อนให้แก่เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซับในการดำเนินโครงการ (หน่วยเชื้อเพลิง) NCV_{FC} = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงฟอสซิส (MJ/หน่วยเชื้อเพลิง) EFEL = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh) EFFC = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิส (tCO_2/MJ)	
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

เทคโนโลยีใหม่

เทคโนโลยีใหม่สำหรับระบบทำความเย็นจะเป็นพัฒนาเครื่องทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (อัดไอ) ให้มีค่าสมรรถนะการทำความเย็นดีขึ้น (กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็นที่ผลิตได้ลดลง) ซึ่งแบ่งเป็นเทคโนโลยีแบริ่งแม่เหล็กในคอมเพรสเซอร์และเทคโนโลยีการควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์

เทคโนโลยีแบริ่งแม่เหล็ก (Magnetic Bearing) ในคอมเพรสเซอร์เป็นการใช้สนามแม่เหล็กในการพยุงชิ้นส่วนที่หมุนภายในคอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Chillers) แทนที่การใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นลงได้และไม่มีของเสียอันตรายจากน้ำมันหล่อลื่นที่เสื่อมสภาพอีกด้วย

เทคโนโลยีการควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์เป็นการใช้อินเวอร์เตอร์ในการปรับความเร็วรอบการหมุนของคอมเพรสเซอร์ให้สัมพันธ์ตามโหลดการใช้งานแทนที่การควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกแบบเปิด-ปิด (On-Off control) ซึ่งจะช่วยลดการพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นลงได้

เอกสารอ้างอิง

1. Dossat J. R. Principle of Refrigeration, 3rd edition, New Jersey: Prentice Hall, 1991.
2. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร "ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญ (อาคาร)". คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2553 ตอนที่ 3 บทที่ 5 ระบบทำความเย็น (Refrigeration system) http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Fac/Build_15.pdf (1 มีนาคม 2561)
3. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร "ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญ (อาคาร)". คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2553 ตอนที่ 3 บทที่ 4 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning system) http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Fac/Build_14.pdf (1 มีนาคม 2561)
4. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ), กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็มแอนด์เอ็มเลเซอร์พริ้นต์, 2555.
5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ตัวอย่างเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3 http://dede-at4.bright-ce.com/Vol3/Download/AdsorptionChiller.pdf (1 มีนาคม 2561)
6. เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม (Vapour Absorption Chiller) http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy%20saving%20technogy12.htm (1 มีนาคม 2561)
7. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน (M&V) หัวข้อ 4.2 มาตราการเปลี่ยนหรือปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน บทที่ 4 ตัวอย่างแนวทางและกรณีศึกษาการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน http://thaiesco.org/2016/file/download/40/M&V_Guideline_2557.pdf (2 กุมภาพันธ์ 2561)
8. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน (M&V) บทที่ 2 แนวทางทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน: มาตรการผลิตน้ำร้อนโดยใช้ปั๊มความร้อน http://thaiesco.org/2016/file/download/43/M&V_Guideline_2559.pdf (2 กุมภาพันธ์ 2561)
9. T-VER-METH-EE-08: ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง (Replacement of Existing Chiller with High Efficiency Chiller) version 02
10. T-VER-METH-EE-13: ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการติดตั้งระบบทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนระบบทำน้ำเย็นแบบเชิงกล (Installation of Thermal Chiller System to Substitute Mechanical Chiller System) version 01

2.4 เครื่องสำรองไฟฟ้า (Uninterruptible Power Supply: UPS)

เครื่องสำรองไฟฟ้าเป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน หรือเมื่อพลังงานไฟฟ้าหลักไม่สามารถจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักรที่รับพลังงานไฟฟ้าได้ ตัวอย่างของเครื่องสำรองไฟฟ้าแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2.4.1 ในขณะเกิดเหตุฉุกเฉินเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังสำรองจะไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักรได้อย่างทันทีทันใด เครื่องสำรองไฟฟ้าจะทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แทนได้ทันทีทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรได้รับพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการออกแบบเครื่องสำรองไฟฟ้าจะต้องออกแบบระยะเวลาที่แบตเตอรีสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เพียงพอจนกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถเดินเครื่องและจ่ายพลังงานไฟฟ้ากลับเข้ามาในระบบได้

รูปที่ 2.4.1 ตัวอย่างเครื่องสำรองไฟฟ้า (Uninterruptible Power Supply: UPS)

ที่มา : https://www.alibaba.com/product-detail/online-UPS-three-phase-DSP-double_60539550466.html?spm=a2700.supplier-normal.35.7.793d5d1e4hxYcs

โดยปกติแล้วเครื่องสำรองไฟฟ้าจะใช้รองรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ขนาดใหญ่เช่น คอมพิวเตอร์ ศูนย์ข้อมูล (Data Center) อุปกรณ์ทางโทรคมนาคม หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ รวมทั้งเครื่องจักรที่ต้องการความต่อเนื่องทางไฟฟ้า ซึ่งเหตุการณ์ฉุกเฉินจากการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าอย่างฉับพลันอาจก่อให้เกิดการเสียหายกับอุปกรณ์และข้อมูลหรือทำให้เสียหายทางธุรกิจ ขนาดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟฟ้ามีตั้งแต่ขนาดเล็กที่ออกแบบมาให้ปกป้องคอมพิวเตอร์ตัวเดียว ไปจนถึงการให้พลังงานไฟฟ้ากับศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่หรือตึกทั้งตึก

หน้าที่หลักของเครื่องสำรองไฟฟ้าคือการให้พลังงานไฟฟ้าในระยะสั้นๆ ในช่วงขณะที่แหล่งพลังงานไฟฟ้าหลักไม่สามารถใช้การได้ แต่เครื่องสำรองไฟฟ้ายังสามารถแก้ปัญหาทางพลังงานไฟฟ้าที่พบได้บ่อย ได้แก่

1) การเกิดไฟกระชาก หรือ การเกิดภาวะแรงดันเกินเป็นเวลานาน
2) การลดลงของแรงดันไฟฟ้าเข้าทั้งระยะเวลาหนึ่ง และเป็นเวลานาน
3) การรบกวนทางไฟฟ้าที่ถูกให้ความหมายว่า ทรานเซียนท์ความถี่สูง หรือ การสั่นทางไฟฟ้า ซึ่งปกติแล้วจะเข้าสู่สายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ที่อยู่ใกล้ๆ
4) ความไม่เสถียรของความถี่ทางไฟฟ้า
5) ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิก หรือ การแปลกไปจากคลื่นรูปซายน์

เครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงสามารถที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศได้ เนื่องจากเครื่องสำรองไฟฟ้าจะมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบ(ระหว่างด้าน Input และOutput) ซึ่งถ้าเป็นเครื่องสำรองไฟฟ้ารุ่นเก่าจะมีประสิทธิภาพที่ต่ำ หรือมีการสูญเสียที่มากกว่าเครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงที่มีการสูญเสียน้อยกว่า และเครื่องสำรองไฟฟ้าส่วนใหญ่มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง และมีขนาดของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจำนวนมาก จึงทำให้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปมีจำนวนมาก

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการใช้เครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การใช้เครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) เครื่องสำรองไฟฟ้าจะใช้รองรับการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ขนาดใหญ่ เช่น ศูนย์ข้อมูล (Data Center) หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ รวมทั้งเครื่องจักรที่ต้องการความต่อเนื่องทางไฟฟ้า โดยการปรับเปลี่ยนเครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น 2) ในขอบเขตการดำเนินโครงการจะต้องเป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าที่มีการปรับเปลี่ยนใหม่เท่านั้น ถ้ามีการนำเครื่องสำรองไฟฟ้าจากที่อื่นมาใช้งานจะไม่ถูกนำมาพิจารณาในระเบียบวิธีการนี้ 3) มีการใช้เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) สำหรับกรณีปกติ (Normal Case) ในลักษณะ True Online UPS คือ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านเครื่องสำรองไฟฟ้าตลอดเวลา และสามารถตรวจวัดเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ในกรณีฐาน (ก่อนการดำเนินโครงการ) หรือมีข้อมูลค่าสมรรถนะในเอกสารคุณลักษณะของเครื่อง (Specification) 4) • กรณีในระบบเครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแหล่งอื่นเพิ่มเติมจากเดิม จะต้องมีข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิทั้งในกรณีฐานและในการดำเนินโครงการที่ได้จากการตรวจวัด • กรณีในระบบเครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) มีการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Electrical Generator) จะต้องมีข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิ และปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้งในกรณีฐานและในการดำเนินโครงการที่ได้จากการตรวจวัด
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟฟ้าหลังการดำเนินโครงการเมื่อเทียบกับการสูญเสียในระบบของเครื่องสำรองไฟฟ้าก่อนดำเนินโครงการและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองหลังการดำเนินโครงการเมื่อเทียบกับก่อนดำเนินโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การใช้เครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

$BE_Y = BE_{EL,y} + BE_{EG,y}$ ..... สมการที่ 2-30

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ของเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าสำรอง ในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EL,y} = \sum((EC_{PJ,Out,y} / Eff_{BL,UPS,y}) - (EG_{PJ,In,y} \times Eff_{PJ,UPS,y} / Eff_{BL,UPS,y})) \times EF_{Elec} \times 10^{-3}$ ...สมการที่ 2-31

โดยที่

$EC_{PJ,Out,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Output UPS จากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$Eff_{BL,UPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพของเครื่องสำรองไฟฟ้าสำหรับกรณีฐาน ในปี y สามารถคำนวณได้จาก 2 ทางเลือก ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 คำนวณจากค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของด้าน Input UPS และ Output UPS

$Eff_{BL,UPS,y} = EC_{BL,Out,y} / EC_{BL,In,y}$ ..... สมการที่ 2-32

โดยที่

$EC_{BL,Out,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Output UPS ก่อนดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$EC_{BL,In,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Input UPS ก่อนดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

กิจกรรมโครงการ	การใช้เครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ทางเลือกที่ 2 คำนวณจากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $Eff_{BL,UPS,y}$ และค่าอัตราการใช้ไฟฟ้า (% Load) โดยใช้ข้อมูลในอดีต (Historical Data) ของระบบ และพิจารณาที่อัตราการใช้ไฟฟ้าที่ระดับเดียวกันกับกรณีที่มีการดำเนินโครงการ

$EG_{PJ,In,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Input UPS จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$Eff_{PJ,UPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพของเครื่องสำรองไฟฟ้าสำหรับกรณีดำเนินโครงการ ในปี y สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Eff_{PJ,UPS,y} = EC_{PJ,Out,y} / EC_{PJ,In,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-33}$$

โดยที่

$EC_{PJ,Out,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Output UPS จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$EC_{PJ,In,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Input UPS จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$$BE_{EG,y} = (EG_{PJ,In,y} \times Eff_{PJ,UPS,y} / Eff_{BL,UPS,y}) \times \sum(SFC_{BL,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$$

..... สมการที่ 2-34

โดยที่

$EG_{PJ,In,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Input UPS จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$Eff_{PJ,UPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพของเครื่องสำรองไฟฟ้าสำหรับกรณีดำเนินโครงการ ในปี y

$Eff_{BL,UPS,y}$ = ค่าประสิทธิภาพของเครื่องสำรองไฟฟ้าสำหรับกรณีฐาน ในปี y

$SFC_{BL,i,y}$ = ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/kWh) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-5 หรือใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.1

กิจกรรมโครงการ	การใช้เครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทi ($kgCO_2/TJ$)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟฟ้าของโครงการ โดยการตรวจวัดหรือคำนวณจากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิด้าน Input UPS และการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองจากการดำเนินโครงการ

$PE_y = PE_{EL,y} + PE_{EG,y}$ ..... สมการที่ 2-35

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ($tCO_2e/year$)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ในการดำเนินโครงการ ($tCO_2/year$)

$PE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองจากการดำเนินโครงการ ในปี y ($tCO_2/year$)

$PE_{EL,y} = (EC_{PJ,In,y} - EG_{PJ,In,y}) \times 10^{-3} \times EF_{Elec}$ ..... สมการที่ 2-36

h

โดยที่

$EC_{PJ,In,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ใช้ที่จ่ายเข้าด้าน Input UPS จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

$EG_{PJ,In,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Input UPS จากการดำเนินโครงการในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

กิจกรรมโครงการ	การใช้เครื่องสำรองไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

$PE_{EG,y} = EG_{PJ,In,y} \times \sum(SFC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$ ..... สมการที่ 2-37

โดยที่

$EG_{PJ,In,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิที่จ่ายเข้าด้าน Input UPS จากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$SFC_{PJ,i,y}$ = ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในการดำเนินโครงการในปี y (unit/kWh) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-6 หรือใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.1

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2/TJ$)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

ตัวอย่างโครงการ

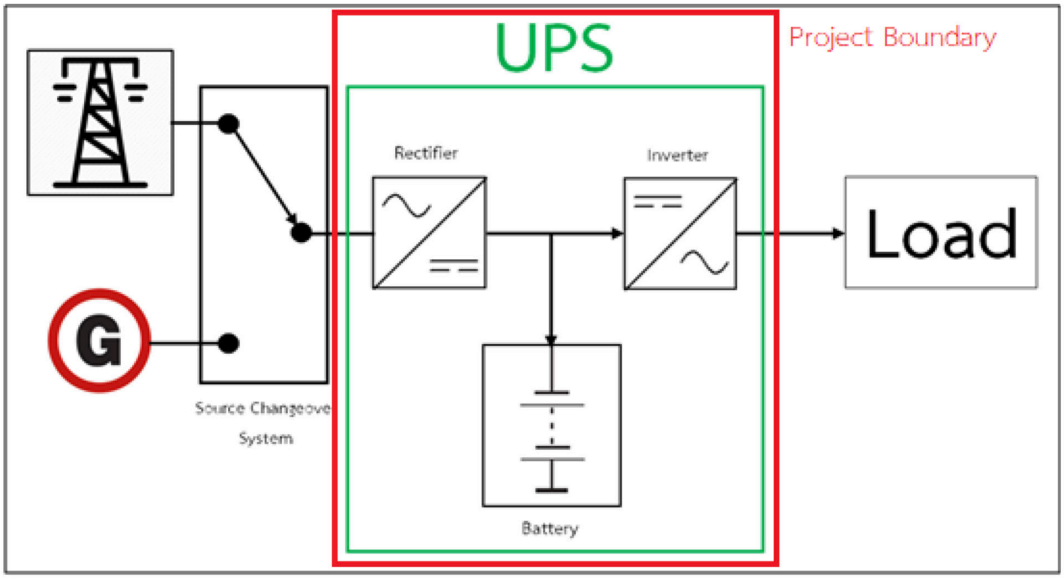
กิจกรรมโครงการ

โครงการเปลี่ยนเครื่องสำรองไฟฟ้า หรือ Uninterruptible Power Supply (UPS) ขนาด 800 kVA ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญของบริษัท ซึ่ง UPS มีอัตราส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 50% ของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด เมื่อมีการเพิ่มประสิทธิภาพจาก 89% เป็น 95% จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 152,000 kWh/y

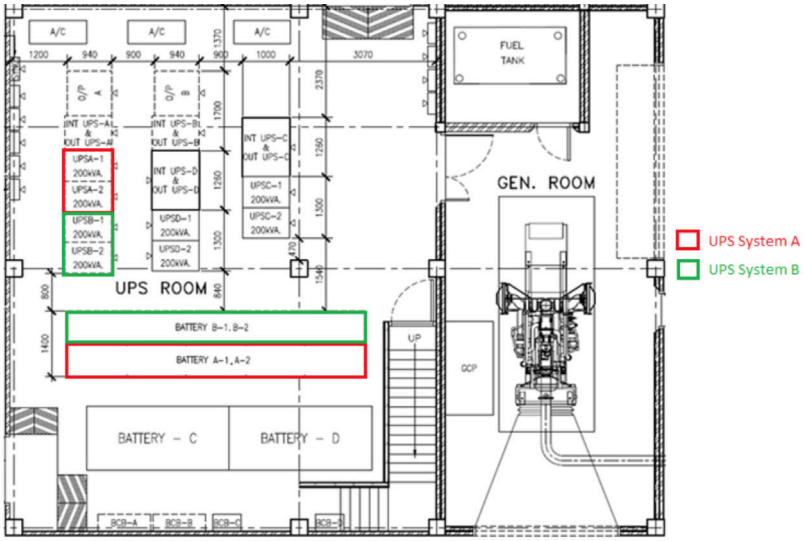
ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-EE-15 Version 01 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปรับเปลี่ยนเครื่องสำรองไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Improvement for Uninterruptible Power Supply: UPS Replacement)

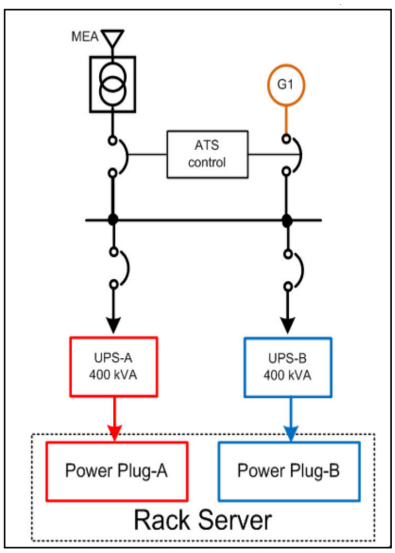
ขอบเขตโครงการ



ภาพอุปกรณ์หลักของโครงการ



ภาพประกอบตำแหน่งของเครื่อง UPS System



เครื่องสำรองไฟฟ้า

แบตเตอรี่

ภาพแสดงการใช้งานของ UPS ที่สามารถรับแหล่งไฟฟ้าได้ทั้งจากการไฟฟ้า หรือ Generator

เอกสารอ้างอิง

1. ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปรับเปลี่ยนเครื่องสำรองไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Improvement for Uninterruptible Power Supply: UPS Replacement) T-VER-METH-EE-15 Version 01
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Uninterruptible_power_supply

2.5 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)

ระบบแสงสว่างเป็นระบบหนึ่งที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก โดยเฉพาะในอาคารขนาดใหญ่ เช่น อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม หรือระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนน เป็นต้น ระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยทั่วไป ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ชนิด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ได้แก่

1 หลอดไฟฟ้า (Lamp) คือ อุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดแสงสว่าง

- หลอดไฟฟ้าประเภทหลอดไส้ (Incandescent Lamp)
- หลอดไฟฟ้าประเภทปล่อยประจุ (Discharge Lamp) เช่น หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ หลอด Mercury และหลอด Metal Halide

2 บัลลาสต์ (Ballast) คือ อุปกรณ์ที่ช่วยให้หลอดไฟสามารถจุดติดได้ พบในหลอดประเภทปล่อยประจุ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

3 โคมไฟฟ้า (Luminaire) คือ อุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมหรือกระจายแสงของหลอดไฟฟ้าให้เป็นไปในทิศทางที่ต้องการ

อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่นิยมใช้กันในอดีต เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งในส่วนของหลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์ หลอด Mercury และหลอด Metal Halide ก็มีกำลังไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างทำได้โดยการเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง อาทิ เช่น การปรับเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซ็นต์เดิมเป็นหลอด LED หรือหลอด T5 ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า แต่ให้ค่าการส่องสว่างมากกว่าหรือเท่ากับหลอดเดิม นอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าอีกด้วย การใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูงจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล จำพวกถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ หรือน้ำมัน จะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง คำนวณได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างเดิมเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างใหม่ที่เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยพิจารณาภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน คือ ที่ชั่วโมงการทำงานเท่าๆ กัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูง
ขอบเขตโครงการ	การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเดิมเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างใหม่ที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สูงขึ้น เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยค่าความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณพื้นที่ใช้งาน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด หรือมาตรฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. กรณีที่นำอุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่ที่อื่นมาใช้งานในขอบเขตการดำเนินโครงการ จะไม่ถูกนำมาพิจารณา 2. ค่าความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณพื้นที่ใช้งาน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด หรือมาตรฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

กิจกรรมโครงการ	การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูง
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างเดิม โดยคิดชั่วโมงการทำงานเท่ากับระบบแสงสว่างใหม่

$$BE_{EL,y} = (\sum(N_{BL,i} \times P_{BL,i} \times H_{PJ,i,y}) \times 10^{-6}) \times EF_{Elec} \quad \text{..... สมการที่ 2-38}$$

โดยที่

$BE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2/year)
EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)
$N_{BL,i,y}$ = จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในกรณีฐาน ในกลุ่ม i (set)
$P_{BL,i,y}$ = ค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในกรณีฐาน ในกลุ่ม i (W/set)
$H_{PJ,i,y}$ = จำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในการดำเนินโครงการในกลุ่ม i ในปี y (hour/year)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างใหม่

$$PE_{EL,y} = (\sum (N_{PJ,i,y} \times P_{PJ,i,y} \times H_{PJ,i,y}) \times 10^{-6}) \times EF_{Elec} \quad \text{..... สมการที่ 2-39}$$

โดยที่

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ (tCO_2/year)
EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)
$N_{PJ,i,y}$ = จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในการดำเนินโครงการ ในกลุ่ม i ในปี y (set)
$P_{PJ,i,y}$ = ค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในการดำเนินโครงการ ในกลุ่ม i ในปี y (W/set)
$H_{PJ,i,y}$ = จำนวนชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในการดำเนินโครงการในกลุ่ม i ในปี y (hour/year)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	ไม่มี

ตัวอย่างโครงการ LED installation project for PEA's office

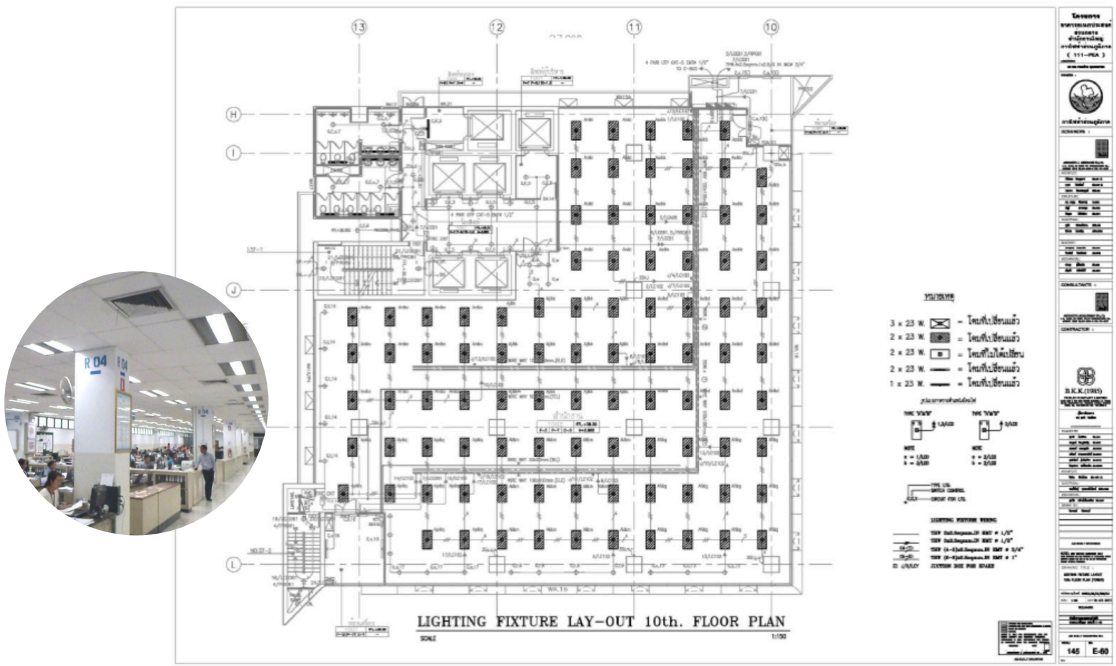
กิจกรรมโครงการ

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ดำเนินการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงาน โดยดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประเภทฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประหยัดพลังงาน LED ขนาด 23 วัตต์ บริเวณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำนักงานใหญ่ สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่ภาคเหนือ สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่ภาคกลาง และสำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่ภาคใต้ รวม 217,500 หลอด

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER- METH-EE-01 Version 01 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Improvement from Lightings)



ตัวอย่างแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างของโครงการ

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

ตัวอย่างโครงการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเป็นชนิด LED โดยเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

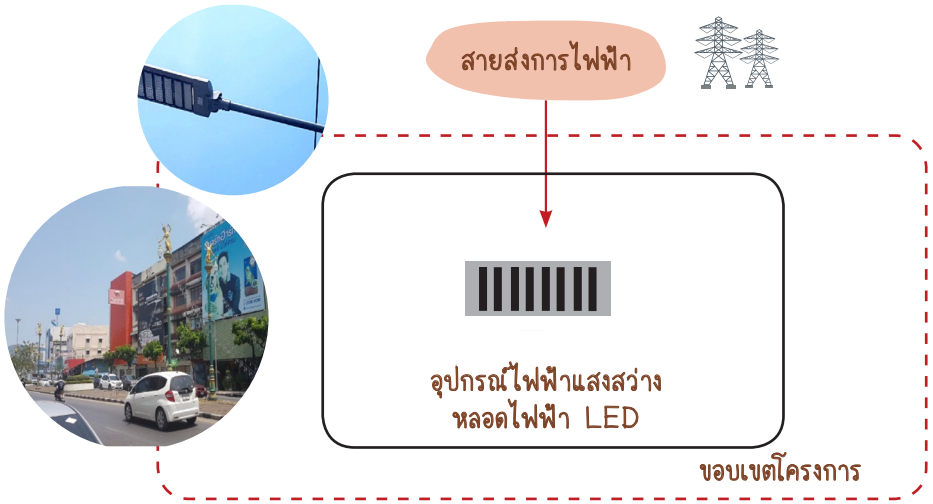
กิจกรรมโครงการ

โครงการมีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณถนนและภายในอาคาร จากหลอด Fluorescent ขนาด 36W พร้อมบัลลาสต์ ขนาด 8.5W จำนวน 98 ชุดหลอด High Pressure 250W พร้อมบัลลาสต์ ขนาด 22W จำนวน 867 ชุด และชุดหลอด Metal Halide 400 W พร้อมบัลลาสต์ ขนาด 30 W จำนวน 217 ชุดเป็นหลอดชนิด Light Emitting Diode (LED) ขนาด 18W 40W 120W และ 180W โดยแบ่งเป็นบริเวณระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ และถนนสายต่างๆ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ รวมทั้งสิ้น 15 จุด

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER- METH-EE-01 Version 03 การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Improvement from Lightings)



ที่มา : เทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

เอกสารอ้างอิง

1. CDM Methodology AMS-II.N.: Demand-side energy efficiency activities for installation of energy efficient lighting and/or control in building
2. ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Improvement for Lightings) T-VER-METH-EE-01 Version 03

2.6 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor System)

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในลักษณะที่เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยมีหลักการเบื้องต้น คือ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงขึ้นที่ขดลวดตัวนำ และทำให้ขดลวดตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ จึงมีการใช้มอเตอร์ในอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่ ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น พัดลม ใบพัด ปั๊ม สายพาน เป็นต้น มอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามกระแสไฟฟ้าที่ใช้ คือ

1 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

คือ มอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน จึงต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทหรือยานพาหนะนิยมใช้มอเตอร์ประเภทนี้ เช่น โรงงานถลุงเหล็กหรือโลหะ โรงงานทอผ้า หรือรถไฟฟ้า เป็นต้น เพราะมีคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงความเร็วสูงสุด

2 มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor)

คือ มอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน นิยมใช้มากในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เนื่องจากราคาไม่สูงมากนัก การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก ทำงานที่ความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ และสามารถต่อใช้งานกับระบบไฟฟ้าของประเทศไทยซึ่งเป็นกระแสสลับได้โดยตรง

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในมอเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์ ซึ่งมีตั้งแต่ขนาดเล็กในหลักสิบวัตต์จนถึงขนาดใหญ่เป็นเมกะวัตต์ โดยขนาดของมอเตอร์ก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบใช้งานหรือกำลังงานทางกลที่มอเตอร์นั้นต้องทำงาน การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบมอเตอร์ มุ่งเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานหรือการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ โดยสามารถดำเนินการได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การปรับเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor) คือ มอเตอร์ที่มีการออกแบบและประกอบตัวโครงสร้างของมอเตอร์เป็นพิเศษ โดยมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงขนาดไม่เกิน 5.5 กิโลวัตต์ จะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 4-7% ซึ่งการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงมีข้อดี คือ สามารถประหยัดไฟฟ้าได้จากการลดความสูญเสียในแกนเหล็กและขดลวดทองแดง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ การเครื่องเดินเงียบกว่าและมีอุณหภูมิต่ำมอเตอร์ธรรมดา ต้องการการบำรุงรักษาไม่มากนัก และมีอายุการใช้งานนานกว่า (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561)

2) การปรับปรุงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เช่น ปั๊ม พัดลม คอมเพรสเซอร์ ฯลฯ ซึ่งทำให้ระบบมอเตอร์มีการใช้ไฟฟ้าลดลง ตัวอย่างการดำเนินกิจกรรม ได้แก่ การปรับเปลี่ยนใบพัดที่มีการใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา ทำให้มอเตอร์มีการกำลังไฟฟ้าลดลง เป็นต้น

3) การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Variable Speed Drives: VSD) อุปกรณ์ปรับความถี่ของมอเตอร์ (Variable Frequency Drives: VFD) เป็นต้น

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของระบบมอเตอร์ คำนวณได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบมอเตอร์เดิมก่อนการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบมอเตอร์ใหม่ที่เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า
ขอบเขตโครงการ	การปรับเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง หรือการปรับปรุงอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า หรือมีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

กิจกรรมโครงการ	การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) มีการปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงระบบมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor Systems) ให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบลดลง 2) สภาวะการทำงานหรือการใช้งานมอเตอร์ในกรณีฐาน (ก่อนการดำเนินโครงการ) และหลังดำเนินโครงการ ต้องเป็นสภาวะเดียวกัน 3) ไม่เป็นกิจกรรมการบำรุงรักษาที่ดำเนินการเป็นปกติ (Regular Maintenance)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบมอเตอร์เดิม

กรณีที่ 1 การปรับเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor) ให้พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีฐาน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-4

กรณีที่ 2 การปรับปรุงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เช่น ปั๊ม พัดลม คอมเพรสเซอร์ ฯลฯ

$$BE_{EL,y} = EC_{i,BL,y} \times 10^{-3} \times EF_{Elec} \quad \text{.....สมการที่ 2-40}$$

โดยที่

$BE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกรณีฐาน (tCO_2/year)

$EC_{i,BL,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ i ของกรณีฐานในปี y

กิจกรรมโครงการ	การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

$$EC_{i,\,BL,y} = \sum_i n_i \times EC_{BL,i,y} \quad \text{.....สมการที่ 2-41}$$

โดยที่

n_i = จำนวนชนิดของอุปกรณ์ i

$EC_{BL,i,y}$ = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกรณีฐานของอุปกรณ์ i ในปี y (kWh/year)

i = ชนิดของระบบมอเตอร์

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

กรณีที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า เช่น VSD หรือ VFD ให้พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีฐาน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-4 ซึ่งการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกรณีฐาน ($EC_{BL,y}$) สามารถทำได้ 3 ทางเลือก ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 การตรวจวัดสมรรถนะ (Performance Measurement) ของระบบ

ทางเลือกที่ 2 คำนวณได้จากค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC)

ทางเลือกที่ 3 การตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง สำหรับกรณีที่มีเฉพาะการติดตั้ง VSD หรือ VFD กับระบบมอเตอร์ไฟฟ้าเดิมเท่านั้น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกรณีฐาน ($EC_{BL,y}$) สามารถตรวจวัดได้โดยตรงด้วยการปิด VSD หรือ VFD

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	ไม่มี

ตัวอย่างโครงการ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนใบพัดระบบหล่อเย็น

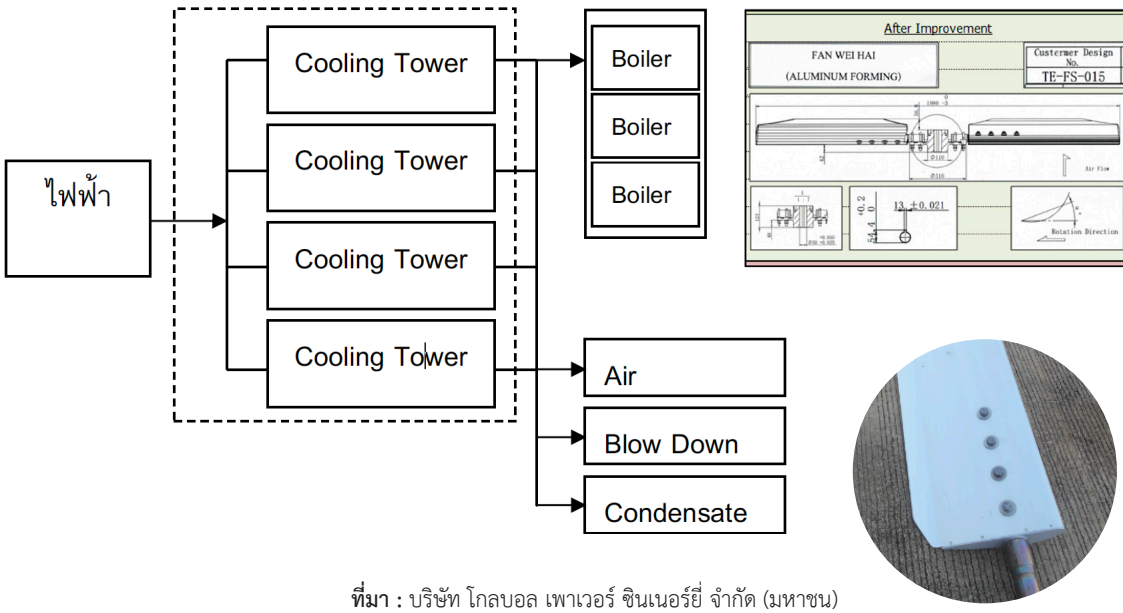
กิจกรรมโครงการ

โครงการได้ดำเนินการเปลี่ยนชนิดของใบพัดของหอหล่อเย็น (Cooling Tower) จำนวน 4 ชุด จากเดิมระบบหล่อเย็นใช้ใบพัดของหอหล่อเย็น (Cooling Tower) รุ่น FAN LIANG CHI โดยวัสดุที่ใช้คือ Aluminium Casting ซึ่งมีน้ำหนักมาก ส่งผลให้มอเตอร์ต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงขณะทำงาน ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ผู้พัฒนาโครงการจึงเปลี่ยนเป็นใบพัดรุ่น FAN WEI HAI วัสดุที่ใช้คือ ALUMINUM FORMING ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบเดิม และช่วยลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลงได้ 13,253.29 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER- METH-EE-10 Version 02 การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems)



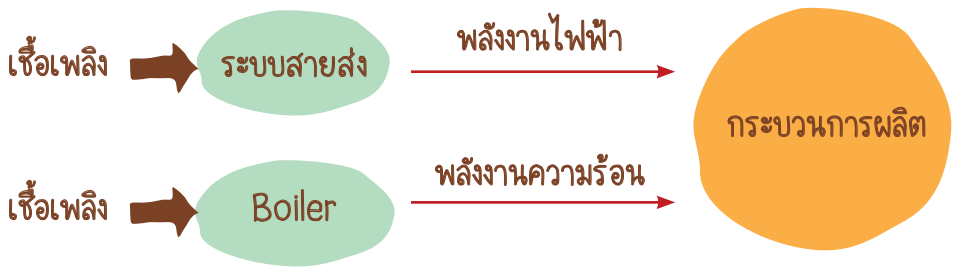
ที่มา : บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

1. CDM Methodology AMS-II.S Version 01.0 Small – scale Methodology: Energy efficiency in motor systems
2. ระเบียบวิธีการลดกcาซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอรJ (Energy Efficiency Improvement in Motor Systems) T-VER-METH-EE-10 Version 02

2.7 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration System)

ระบบผลิตพลังงานร่วม หรือที่นิยมเรียกว่าระบบโคเจนเนอเรชั่น คือ ระบบที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนได้ด้วยระบบเดียวกัน โดยมีการใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งเดียวกัน ซึ่งมีข้อดี คือ สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงหรือลดการใช้พลังงานได้ โดยระบบผลิตพลังงานร่วมจะมีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานประมาณ 50-90% สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 10-30% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าและระบบผลิตพลังงานความร้อนแบบแยกส่วน ซึ่งโดยทั่วไประบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจะมีประสิทธิภาพไม่เกิน 40% และระบบผลิตพลังงานความร้อนจะมีประสิทธิภาพประมาณ 75% ปัจจุบัน โรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบผลิตพลังงานความร้อนจะมีการใช้อุปกรณ์จำพวกหม้อน้ำ (Boiler) เป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งจัดเป็นระบบแบบแยกส่วน ดังรูป



รูปที่ 2.7.1 ระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วน

การนำระบบผลิตพลังงานร่วมมาใช้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ เนื่องจากระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบแบบแยกส่วน และยังมีการใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งเดียวกัน แต่สามารถผลิตได้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ดังรูป นอกจากนี้ ระบบผลิตพลังงานร่วมส่วนใหญ่จะมีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลจำพวกน้ำมันหรือถ่านหิน ดังนั้น จึงสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 2 ส่วน คือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบสายส่ง และก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของระบบผลิตพลังงานความร้อน เช่น การใช้น้ำมันเตาในหม้อน้ำ เป็นต้น

รูปที่ 2.7.2 ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration)

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากระบบผลิตพลังงานร่วม คำนวณได้จากผลต่างของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบแบบแยกส่วนเดิม กับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบผลิตพลังงานร่วม การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วนเดิมจะเกิดขึ้นจาก 2 ส่วนหลักๆ คือ ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าและระบบผลิตพลังงานความร้อน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	ระบบผลิตพลังงานร่วม
ขอบเขตโครงการ	เป็นโครงการที่มีกิจกรรมการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานร่วมเพื่อทดแทนการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วนที่มีอยู่เดิม (Separate System) ทั้งหมดหรือบางส่วน
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. ต้องมีระบบผลิตพลังงานความร้อน/ไฟฟ้าแบบแยกส่วนที่ใช้อยู่เดิม 2. ระบบผลิตพลังงานความร้อน/ไฟฟ้าแบบแยกส่วนที่มีอยู่เดิม ต้องไม่เป็นระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration System) 3. มีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วม ทดแทนระบบผลิตพลังงานความร้อน/ไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม ทั้งหมดหรือบางส่วน โดยเป็นการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายหรือใช้เอง 4. เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับระบบผลิตพลังงานร่วมและระบบผลิตพลังงานความร้อน/ไฟฟ้าแบบแยกส่วนที่มีอยู่เดิม ต้องเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลและเป็นชนิดเดียวกัน

กิจกรรมโครงการ	ระบบผลิตพลังงานร่วม
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิตพลังงานความร้อนและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานร่วม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = BE_{HG,y} + BE_{EG,y} \quad \text{.....สมการที่ 2-42}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2e/year)

$BE_{HG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานความร้อนในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2/year)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานความร้อน

$$BE_{HG,y} = HG_{PJ,y} \times \sum(SFC_{BL,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{.....สมการที่ 2-43}$$

โดยที่

$BE_{HG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานความร้อนในปี y (tCO_2/year)

$HG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการในปี y (MJ/year)

$SFC_{BL,i,y}$ = ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption : SFC) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/MJ)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

กิจกรรมโครงการ	ระบบผลิตพลังงานร่วม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า

กรณีที่โครงการไม่มีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_{EG,y} = (EG_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec} \quad \text{.....สมการที่ 2-44}$$

โดยที่

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

กรณีที่โครงการมีระบบผลิตไฟฟ้า จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

$$BE_{EG,y} = EG_{PJ,y} \times \sum(SFC_{BL,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{.....สมการที่ 2-45}$$

โดยที่

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$SFC_{BL,i,y}$ = ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท iสำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/MJ)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

กิจกรรมโครงการ	ระบบผลิตพลังงานร่วม
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในกรณีที่ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration System) มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และมีการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการคำนวณจะพิจารณาเฉพาะปริมาณเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบผลิตพลังงานร่วมที่ติดตั้งทดแทนเท่านั้น หากมีการใช้ระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วนที่มีอยู่เดิมร่วมด้วย ปริมาณเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าของระบบเดิมจะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากตัดส่วนของพลังงานความร้อนและไฟฟ้าออกจากการคำนวณกรณีฐานแล้ว

$$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-46}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการในปี y(tCO_2/year) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y(tCO_2/year) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-5

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	ไม่มี

ตัวอย่างโครงการ Cogeneration Plant at TCCC

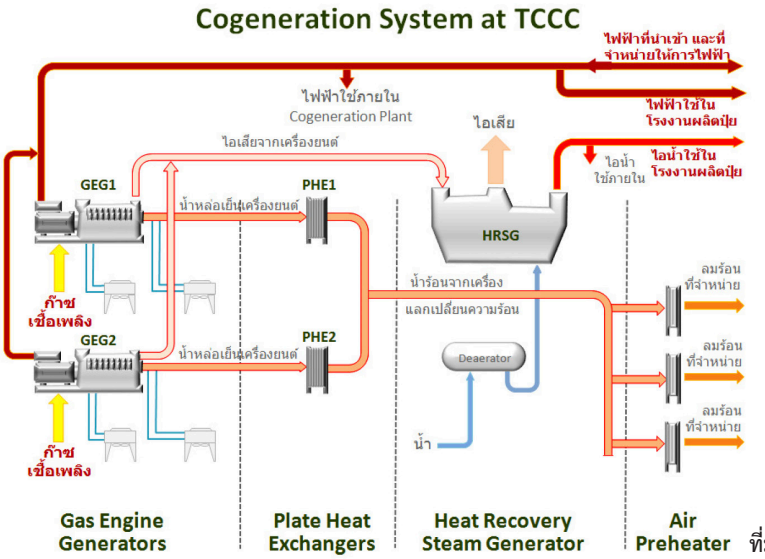
กิจกรรมโครงการ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ทดแทนการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งและบางส่วนยังสามารถจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้านครหลวง และผลิตไอน้ำทดแทนการใช้หม้อไอน้ำ (Boilers) ที่มีอยู่เดิม เพื่อใช้ในโรงงานผลิตปุ๋ยเคมี ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration System) มีกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า 3.9 เมกะวัตต์ และมีกำลังการผลิตไอน้ำ 2.98 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง มีการเดินเครื่อง 7,128 ชั่วโมงต่อปี อุปกรณ์หลักของระบบประกอบด้วย ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า Gas Engine Generator (GEG) เป็นระบบเครื่องยนต์แบบสันดาปภายใน (Internal Combustion) ส่วนระบบผลิตพลังงานความร้อนประกอบด้วย Heat Recovery Steam Generator (HRSG) ที่มีการนำก๊าซไอเสียจาก GEG ของระบบผลิตไฟฟ้ามาผลิตไอน้ำเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยเคมีต่อไป

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-EE-03 VERSION 01
การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเพื่อทดแทนระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วน (Installation of Cogeneration System to Replace the Separated System)



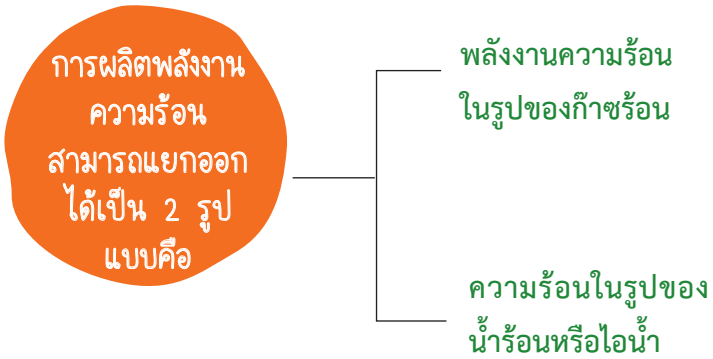
ที่มา : บริษัท ไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

1. ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเพื่อทดแทนระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วน (Installation of Cogeneration System to Replace the Separated System): T-VER-METH-EE-03 Version 02

2.8 การผลิตพลังงานความร้อน (Thermal Generation)

พลังงานความร้อน เป็นรูปแบบชนิดหนึ่งของพลังงาน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เองจากธรรมชาติ เช่น พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น หรือพลังงานความร้อนที่มนุษย์สร้างหรือผลิตขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์



ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตพลังงานความร้อนในที่นี้จะกล่าวถึงพลังงานความร้อนตามรูปแบบของการนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.8.1 การผลิตพลังงานความร้อนในรูปของก๊าซร้อน

การผลิตพลังงานความร้อนในรูปของก๊าซร้อนจะเป็นการใช้ประโยชน์จากความร้อนของก๊าซร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยส่วนใหญ่การผลิตพลังงานความร้อนจะอยู่ในภาคอุตสาหกรรม เช่น การผลิตพลังงานความร้อนจากการใช้หัวเผา (Burner) เพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง เช่น เตาอุตสาหกรรม เครื่องอบแห้ง เป็นต้น

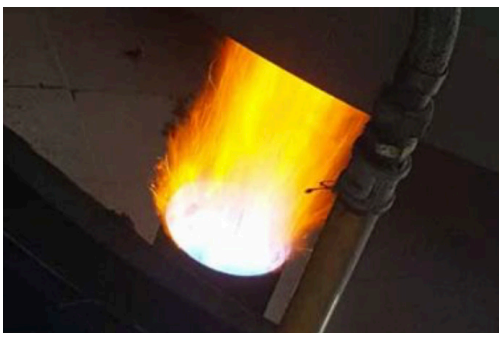
1) เตาอุตสาหกรรม (Industrial Furnace)

เตาอุตสาหกรรม คือ เตาที่มีการผลิตพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานผลิตแก้ว โรงงานเซรามิก โรงงานปูนซีเมนต์ โรงงานเคมี โรงกำจัดขยะ เป็นต้น ซึ่งในอดีตเตาอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลลักษณะนี้มีใช้กันเป็นจำนวนมาก ซึ่งประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อนไม่สูงมาก ทำให้เกิดความสูญเสียพลังงานความร้อนเป็นจำนวน

มาก และในปัจจุบันได้มีการปรับเปลี่ยนมาใช้เตาที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือเปลี่ยนไปใช้เตาอุตสาหกรรมที่ใช้ไฟฟ้าแทน ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพเตาอุตสาหกรรมนั้นมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกสูงมาก เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณมาก

รูปที่ 2.8.1 ตัวอย่างเตาถลุงทรงสูง (Blast Furnace)

ที่มา : globalblog.posco.com/tag/blast-furnace-technology/



รูปที่ 2.8.2 ตัวอย่างเตาเผาแบบ ROTARY KILN

ที่มา : http://www.italian-thaiceramics.com/

รูปที่ 2.8.3 เตาเผาเซรามิก

ที่มา : www.แก้วเซรามิก.net/

2) เครื่องอบแห้ง (Dryer)

เครื่องอบแห้งเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการอบผลไม้ พืชผลทางการเกษตร หรือสมุนไพร โดยใช้ลมร้อนหรือก๊าซร้อนในการไล่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเครื่องอบแห้งนั้นสามารถสร้างลมร้อนหรือก๊าซร้อนได้หลายรูปแบบ เช่น สร้างเป็นห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงและดึงลมร้อนหรือก๊าซร้อนไปใช้อบแห้ง หรือใช้หัวเผา (Burner) ในการสร้างก๊าซร้อนและนำไปใช้โดยตรงหรือผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เป็นต้นโดยในอดีตเครื่องอบแห้งส่วนใหญ่จะใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจุบันเครื่องอบแห้งหรือเตาอบแห้งได้มีการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้นเนื่องจากราคาถูกกว่า หรือประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบแห้งแทนการใช้เชื้อเพลิง สำหรับเครื่องอบแห้งที่ยังจำเป็นต้องใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงนั้น หากเป็นเครื่องอบแห้งหรือเตาอบแห้งที่มีอายุการใช้งานสูง สามารถลดการใช้พลังงานได้โดยการปรับเปลี่ยนไปใช้เครื่องใหม่หรือเปลี่ยนไปใช้หัวเผาที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้เพื่อเป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย

รูปที่ 2.8.4 ตัวอย่างเครื่องอบแห้ง

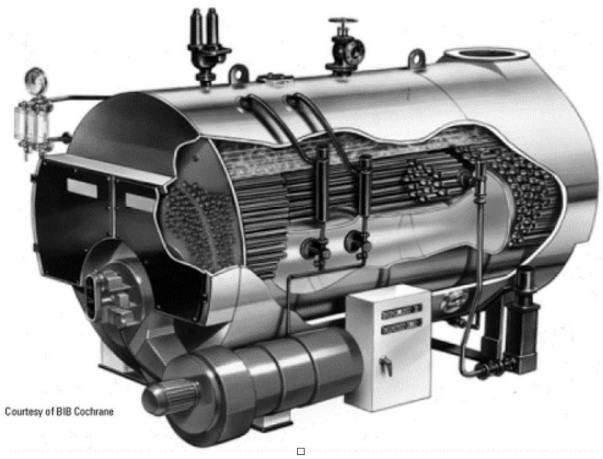
ที่มา : KOMEG Technology Ind Co., Limited

2.8.2 การผลิตพลังงานความร้อนในรูปของน้ำร้อนหรือไอน้ำ

การผลิตพลังงานความร้อนในรูปของน้ำร้อนหรือไอน้ำส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตพลังงานความร้อนโดยใช้หม้อไอน้ำ (Boilers)ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยการใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้ให้เกิดความร้อน และต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ ส่งตามท่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ความร้อน โดยอุปกรณ์ใช้ไอน้ำมี 2 แบบ คือ แบบใช้โดยตรง (Direct Heating) และแบบผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Indirect Heating) แบบใช้โดยตรง ไอน้ำจะถูกพ่นผสมกับสารที่มารับความร้อนโดยตรง ขณะที่แบบผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ไอน้ำจะไม่สัมผัสกับสารที่มารับความร้อน ดังนั้นหลังจากถ่ายเทความร้อนให้แล้วไอน้ำจะควบแน่นเป็นน้ำที่เรียกว่า คอนเดนเสท จากนั้นกับดักไอน้ำจะทำหน้าที่แยกคอนเดนเสทออกมา และส่งกลับไปผลิตเป็นไอน้ำอีกครั้งที่หม้อไอน้ำ ซึ่งหม้อไอน้ำที่มีวัตถุประสงค์ในการผลิตพลังงานความร้อนนั้นมีใช้กันโดยทั่วไป เช่น ผลิตน้ำร้อนในอาคาร ผลิตไอน้ำใช้ในอุตสาหกรรม รวมถึงผลิตไอน้ำสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงมีการออกแบบหม้อไอน้ำหลายชนิดเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีหม้อไอน้ำก้าวหน้าขึ้นมาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำสูงขึ้นมากกว่า 85% ถ้าหากเปลี่ยนมาใช้หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงจะช่วยให้ลดการใช้เชื้อเพลิงได้มากและยังช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย โดยหม้อไอน้ำที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมแบ่งตามลักษณะการแลกเปลี่ยนความร้อนเป็น 2 ประเภท ได้แก่ หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ และหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

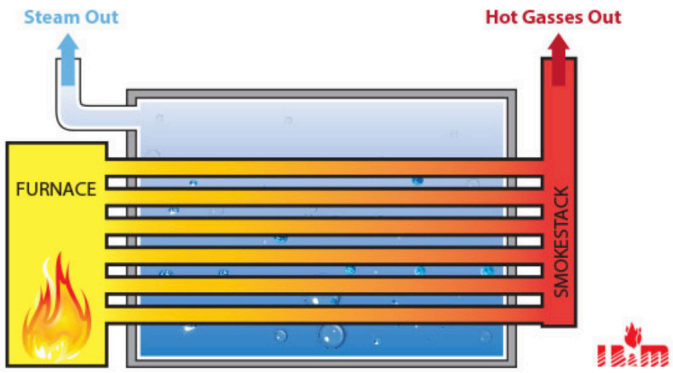
1) หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟเป็นหม้อน้ำที่มีไฟวิ่งในท่อ และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ล้อมรอบท่อไฟเพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเดือดกลายเป็นไอน้ำ และนำไอน้ำไปใช้ประโยชน์หม้อไอน้ำแบบท่อไฟประเภทที่เป็นแพกเกจบอยเลอร์เป็นที่นิยมอย่างสูง มีส่วนสำคัญคือ เปลือกรูปทรงกระบอกที่ภายในมีท่อไฟใหญ่และกลุ่มท่อไฟเล็ก ท่อไฟใหญ่ทำหน้าที่เป็นห้องเผาไหม้ และก๊าซจะไหลไปท่อไฟเล็กซึ่งอาจมีได้หลายชุดโดยรอบๆ ท่อไฟใหญ่และท่อไฟเล็กจะล้อมรอบด้วยน้ำที่จะรับความร้อนเพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นไอน้ำ โดยทั่วๆ ไป หม้อไอน้ำชนิดนี้จะมีขนาดไม่เกิน 12 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง และความดันใช้งานประมาณ10 bar นิยมใช้ในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก



รูปที่ 2.8.5 ตัวอย่างของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

ที่มา : http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_1_1.html



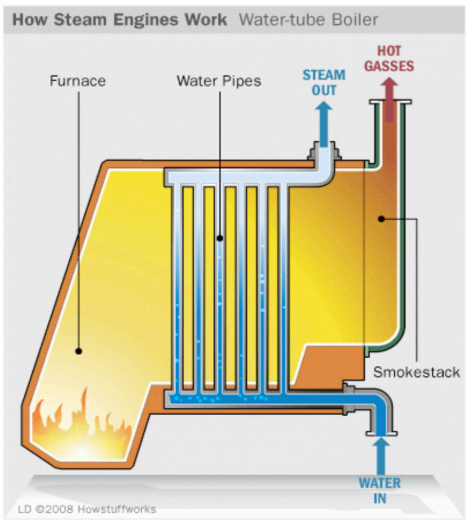
รูปที่ 2.8.6 โครงสร้างของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

ที่มา : http://www.industrialboiler.com/Boilers/Firetube-Boilers

2) หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำเป็นหม้อไอน้ำที่ประกอบด้วยท่อน้ำขนาดเล็กจำนวนมาก ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะอยู่ภายนอกท่อและถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำในท่อเพื่อเปลี่ยนเป็นไอน้ำ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนท่อหรือพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนจึงมีความสำคัญกับขนาดของหม้อไอน้ำด้วย ซึ่งหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำสามารถออกแบบให้มีขนาดใหญ่ได้ เหมาะกับการผลิตไอน้ำความดันสูง โดยสามารถออกแบบรูปร่างของห้องเผาไหม้และหม้อไอน้ำได้หลายแบบ

สำหรับหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำนี้จะต้องใช้น้ำที่มีคุณภาพสูงและต้องมีระบบบำบัดน้ำที่ดี ความดันและอุณหภูมิของไอน้ำจะเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ถ้าภาระการใช้ไอน้ำเปลี่ยนแปลง และมีโครงสร้างซับซ้อน ต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้งานสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ ที่มีการใช้ไอน้ำมากถึงหลายสิบตันไอน้ำ/ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้ไอน้ำที่มีความดันไอน้ำสูง มักจะใช้หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำเมื่อต้องการใช้งานไอน้ำความดันตั้งแต่ 30 bar ขึ้นไป และปัจจุบันหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำสามารถเพิ่มกำลังการผลิตไอน้ำได้มากกว่า 100 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง



รูปที่ 2.8.6 โครงสร้างของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

ที่มา : https://ienergyguru.com/2015/10/boilers-หม้อไอน้ำ/

2.8.3 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตพลังงานความร้อน

การลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตพลังงานความร้อนสามารถทำได้โดยการติดตั้งระบบผลิตพลังงานความร้อนใหม่เพื่อทดแทนระบบเดิม (Replacement) หรือปรับเปลี่ยนปรับปรุง (Rehabilitation) ระบบผลิตพลังงานความร้อนเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีในการผลิตพลังงานความร้อนพัฒนาขึ้นมาก ทำให้ระบบผลิตพลังงานความร้อนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตได้มากและส่งผลให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบได้ในปริมาณมาก รวมถึงการปรับเปลี่ยนปรับปรุงระบบผลิตพลังงานความร้อนโดยเฉพาะหม้อไอน้ำ สามารถดำเนินการได้หลายวิธีที่จะช่วยให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงขึ้น เช่น ปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ ปรับปรุงหัวเผา (Burner)ลดการสูญเสียความร้อนทางปล่องไอเสีย ลดการสูญเสียความร้อนจากน้ำระบาย การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ และลดการสูญเสียความร้อนผ่านพื้นผิว เป็นต้นสำหรับการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานความร้อนจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตพลังงานความร้อนโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพหรือการติดตั้งระบบผลิตพลังงานความร้อนใหม่ทั้งระบบ สามารถประเมินได้ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตพลังงานความร้อนรูปแบบต่างๆ เช่น น้ำร้อน ไอน้ำ ลมร้อน เป็นต้นโดยเป็นการติดตั้งระบบใหม่เพื่อทดแทนระบบเดิม (Replacement) หรือปรับเปลี่ยนปรับปรุงระบบผลิตพลังงานความร้อนเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
ขอบเขตโครงการ	ระบบผลิตพลังงานความร้อนที่ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก เช่น หม้อน้ำหรือหม้อไอน้ำ (Boiler) เตาอุตสาหกรรม (Industrial Furnace) เครื่องอบแห้ง (Dryer) หรือระบบการผลิตความร้อนอื่นๆ ของโครงการ

เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) ระบบผลิตพลังงานความร้อนต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน และต้องใช้เชื้อเพลิงประเภทเดียวกันทั้งก่อนและหลังดำเนินโครงการ 2) มีการติดตั้งระบบใหม่เพื่อทดแทนหรือปรับปรุงระบบผลิตพลังงานความร้อนเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน 3) วิธีการคำนวณนี้ไม่ครอบคลุมการเปลี่ยนประเภทเชื้อเพลิง (Fuel Switching)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	คำนวณจากดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน หรือ Energy Efficiency Indicator (EEI) ได้แก่ ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ของระบบผลิตพลังงานความร้อนเดิม โดยพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากระบบผลิตพลังงานความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$BE_y = BE_{HG,FC,y} + BE_{HG,EC,y} \quad \text{.....สมการที่ 2-47}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO2/year)

$BE_{HG,FC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานความร้อนด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y (tCO_2/year)

$BE_{HG,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานความร้อนด้วยพลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2/year)

$$BE_{HG,FC,y} = HG_{PJ,y} \times \sum(SFC_{BL,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{.....สมการที่ 2-48}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO2/year)

$BE_{HG,FC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานความร้อนด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลในปี y (tCO_2/year)

$BE_{HG,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานความร้อนด้วยพลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2/year)

$$BE_{HG,EC,\,y} = HG_{PJ,y} \times (SEC_{BL,y} \times 10^{-3}) \times EF_{Elec} \quad \text{.....สมการที่ 2-49}$$

โดยที่

$HG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (MJ/year)

SEC_{BLy} = ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Electricity Consumption: SEC) ของกรณีฐาน ในปี y (kWh/MJ) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-3

$EF_{Elec,}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

ตัวอย่างโครงการ

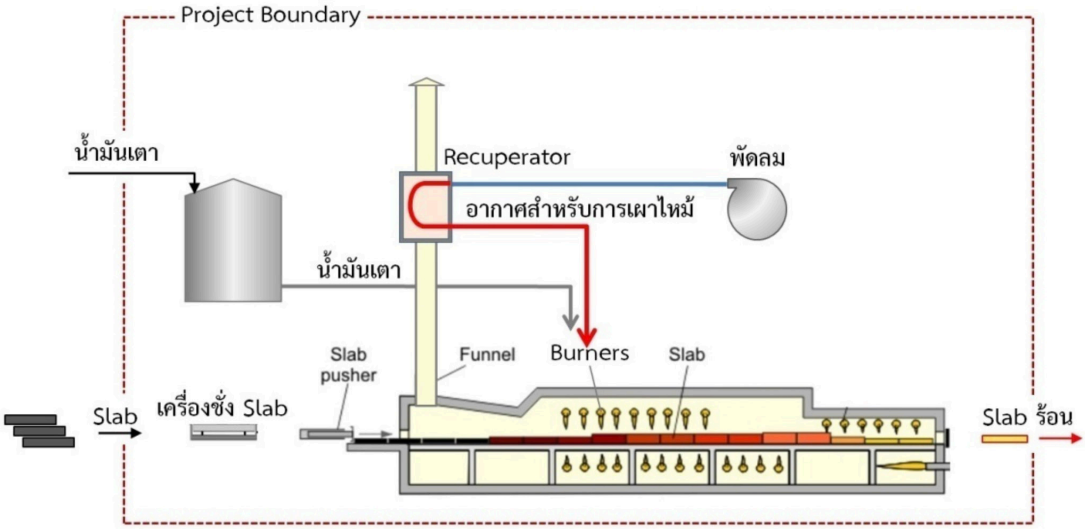
กิจกรรมโครงการ

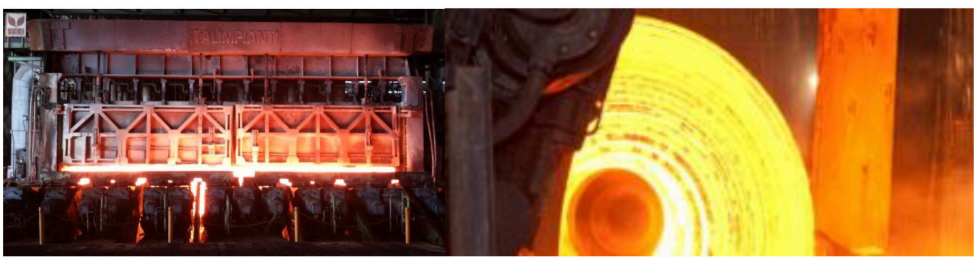
การเปลี่ยน Recuperator จากแบบ Bent Tube เป็นแบบ Straight Tube ทำให้ระบบผลิตพลังงานความร้อนของเตา Reheating Furnace มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ช่วยลดปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนเพื่อนำไปใช้ในการเผาเหล็กวัตถุดิบ (Slab) ก่อนที่จะนำไปรีดในกระบวนการถัดไป

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-EE-05 Version1 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน (Energy Efficiency Improvement for Thermal Generation)



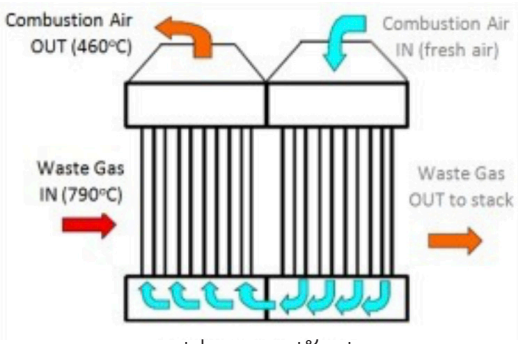


เตาเผาเหล็ก Reheating Furnace

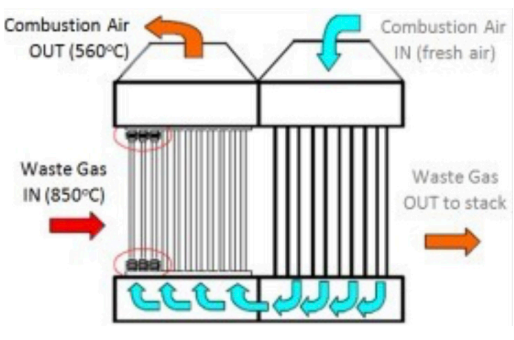
เตาเผาเหล็ก Reheating Furnace

รายละเอียดเพิ่มเติม

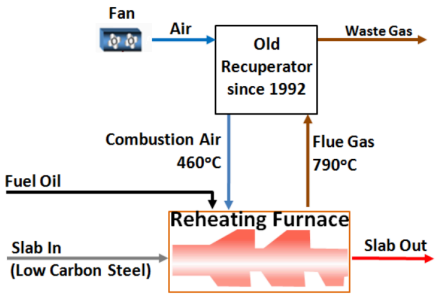
การเปลี่ยนมาใช้ Recuperatorประสิทธิภาพสูง เป็นการใช้ก๊าซร้อนที่ปล่อยออกจาก Reheating Furnace มาแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศสำหรับการเผาไหม้ (Combustion Air) เพิ่มอุณหภูมิอากาศสำหรับการเผาไหม้ให้สูงขึ้น จากเดิมก่อนปรับปรุง 460 องศาเซลเซียส ขึ้นมาเป็น 560 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิในการเผาไหม้สูงขึ้น เป็นการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์และเพิ่มประสิทธิภาพของเตาไปพร้อมๆกัน



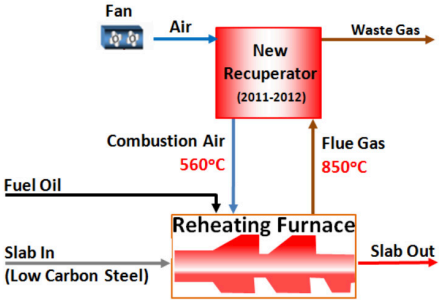
รูปก่อนการปรับปรุง



รูปหลังการปรับปรุง



กระบวนการก่อนการปรับปรุง



กระบวนการหลังการปรับปรุง

ที่มา : บริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

1. ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน (Energy Efficiency Improvement for Thermal Generation): T-VER-METH-EE-05 Version 1

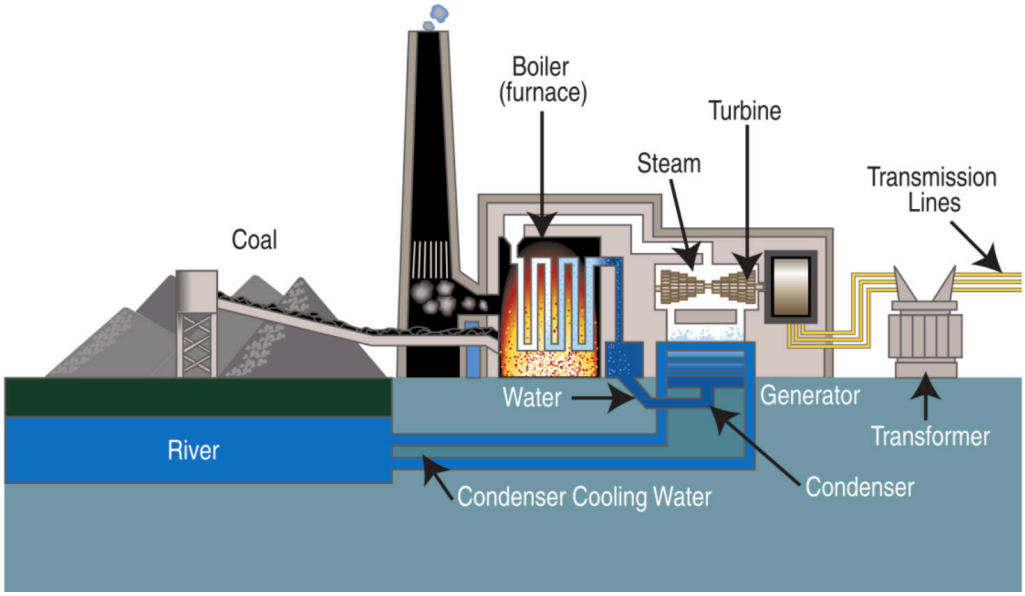
2.9 การผลิตพลังงานไฟฟ้า (Electricity Generation)

การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าในที่นี้จะกล่าวถึงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel Fired Power Plants) และเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (On-grid)ซึ่งในประเทศไทยโรงไฟฟ้าที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้คือ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำ(Steam Turbine Thermal Power Plant) โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel Power Plant) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant) ไม่รวมถึงโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Co-generation Power Plant)โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.9.1 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Thermal Power Plant)

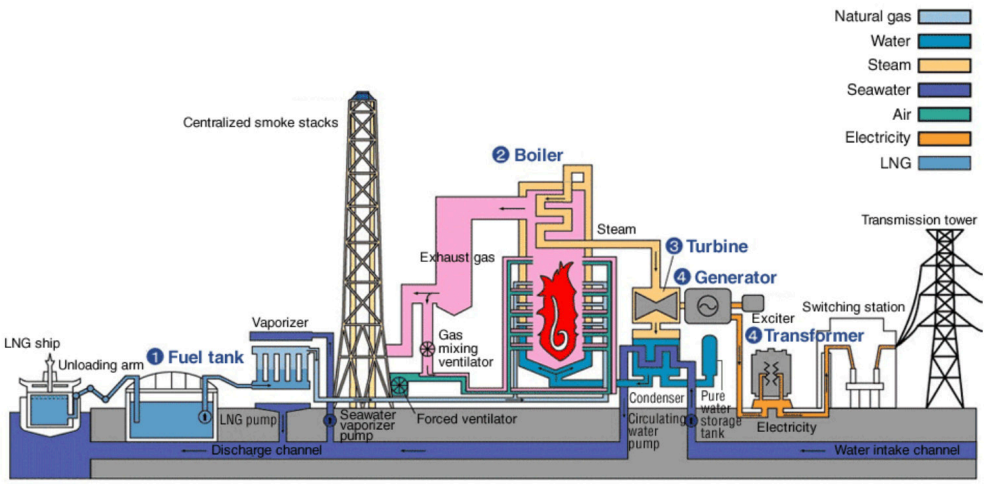
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำเป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดการสันดาปได้ความร้อน และนำความร้อนไปทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งจะได้ไอน้ำแรงดันสูงเพื่อใช้ในการหมุนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) และแกนของกังหันไอน้ำจะต่อกับแกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เกิดการเหนี่ยวนำทำให้ได้กระแสไฟฟ้า ซึ่งในประเทศไทยเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ในโรงไฟฟ้าประเภทนี้ ได้แก่ ถ่านหิน ลิกไนต์ น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติปัจจุบันได้มีการนำเข้าถ่านหินคุณภาพดีคือ บิทูมินัสมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในต่างประเทศใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์โดยโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ หม้อไอน้ำ (Boiler) กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator)

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนกังหันไอน้ำอยู่หลายแห่ง โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าถ่านหิน ซึ่งทั่วประเทศไทยมีอย่างน้อย10 แห่ง โดย 9 แห่งเป็นของเอกชนตั้งอยู่ใน 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดระยอง จำนวน 6 โรง จังหวัดปราจีนบุรี 2 โรง จังหวัดอยุธยา 1 โรง และมีเพียง 1 โรงที่เป็นของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) คือโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง นอกจากนี้ยังมีโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนอื่นๆ อีก เช่น โรงไฟฟ้าบางปะกง โรงไฟฟ้ากระบี่ โรงไฟฟ้าพระนครใต้ โรงไฟฟ้าขนอม โรงไฟฟ้าจะนะ เป็นต้น



รูปที่ 2.9.1 ตัวอย่างโครงสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ที่มา : http://www.21stcentech.com/technology-steam-turbine-power-plants-increases-efficiency-reducing-co2-emissions/



รูปที่ 2.9.2 ตัวอย่างโครงสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

ที่มา : https://engineeringinsider.org/thermal-power-plant/

2.9.2 โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel Power Plant)

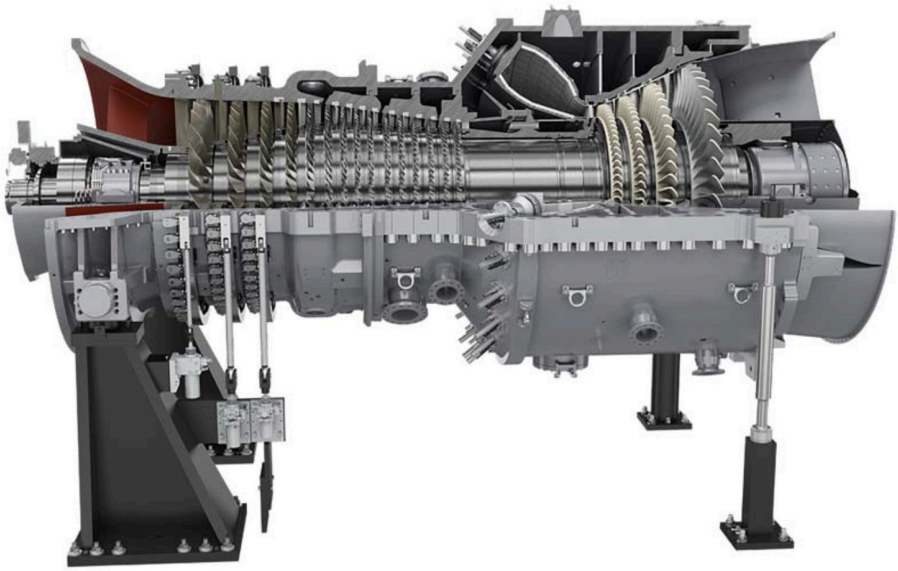
โรงไฟฟ้าดีเซลเป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง หลักการทำงานคล้ายกับเครื่องยนต์ดีเซลในรถทั่วไป โดยอาศัยการสันดาปของน้ำมันดีเซลที่ถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบ ของเครื่องยนต์ที่ถูกอัดอากาศจนมีอุณหภูมิสูงที่เรียกว่าจังหวะอัดในขณะเดียวกันน้ำมันดีเซลที่ถูกฉีดเข้าไปจะทำการสันดาปกับอากาศที่มีความร้อนสูง เกิดการระเบิด ดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงไปส่งผลให้เพลาข้อเหวี่ยงซึ่งต่อกับเพลาของเครื่องยนต์และต่อกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะหมุนตัดผ่านสนามแม่เหล็กจึงเกิดการเหนี่ยวนำและได้กระแสไฟฟ้าออกมาในที่สุด เครื่องยนต์ส่วนมากมักจะใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เหมาะสำหรับผู้ใช้ไฟที่ต้องการแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำหรับกรณีฉุกเฉิน หรือใช้ช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าในช่วงระยะเวลาอันสั้นๆ ขนาดของเครื่องยนต์มีตั้งแต่จนถึงมากกว่าหนึ่งหมื่นแรงม้า ในปัจจุบันเครื่องยนต์ดีเซลนับว่าเป็นเครื่องต้นกำลังที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในโรงงานไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม รถไฟ รถบรรทุก เรือ ฯลฯ

รูปที่ 2.9.3 โรงไฟฟ้าดีเซล

ที่มา : https://powerplant2.wordpress.com/โรงไฟฟ้าพลังงานดีเซล/

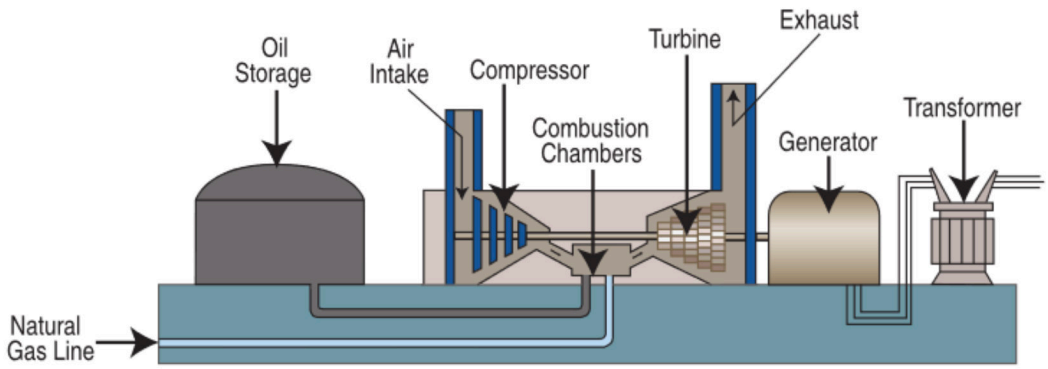
2.9.3 โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant)

โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้กังหันก๊าซเป็นเครื่องต้นกำลัง ซึ่งได้พลังงานจากการเผาไหม้ของส่วนผสมระหว่างก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดีเซลกับอากาศความดันสูง (Compressed Air) จากเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ในห้องเผาไหม้เกิดเป็นไอร้อนที่ความดันและอุณหภูมิสูงไปขับดันใบกังหันเพลากังหันไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเครื่องกังหันก๊าซแบ่งเป็น 2 แบบ คือ Open Type และ Closed Type แต่ที่ใช้กันส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นแบบ Open Type ซึ่งสามารถแยกตามการออกแบบเป็น Jet Type และ Heavy Duty Type โดยที่ชนิด Jet Type จะได้รับการออกแบบให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และมีความเร็วรอบสูง เหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องต้นกำลังของเครื่องบิน แต่สำหรับโรงไฟฟ้านั้นส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Heavy Duty Type โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซสามารถเดินเครื่องได้อย่างรวดเร็วเหมาะที่จะใช้เป็นโรงไฟฟ้าสำรองเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load Period) และกรณีฉุกเฉิน โดยที่มีอายุการใช้งานประมาณ 15 ปี



รูปที่ 2.9.4 เครื่องยนต์กังหันก๊าซ (Gas Turbine)Heavy Duty Type

ที่มา : https://www.siemens.com/global/en/home/products/energy/power-generation/gas-turbines/sgt5-4000f.html#!/



รูปที่ 2.9.5 โครงสร้างโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ

ที่มา : https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Combustion_turbine_diagram.svg

2.9.4 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า

การลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการปรับปรุงระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเดิมของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยมุ่งเน้นที่การปรับเปลี่ยนปรับปรุง (Rehabilitation) หรือการใช้มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของระบบหรืออุปกรณ์ เพื่อเพิ่มสมรรถนะให้สูงขึ้น (Upgrade Performance) เช่น การเปลี่ยนเครื่องจักรในระบบ การใช้ใบพัดกังหันที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง (Advanced Technology Blades) หรือการติดตั้งระบบควบคุมต่างๆ เป็นต้น ที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าวิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า สามารถประเมินได้ดังนี้

กิจกรรมโครงการประเภทที่ 1	การปรับปรุงระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเดิมของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยมุ่งเน้นที่การปรับเปลี่ยน ปรับปรุง หรือการใช้มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของระบบหรืออุปกรณ์เพื่อเพิ่มสมรรถนะให้สูงขึ้นที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจก
ขอบเขตโครงการ	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าของโครงการ โดยกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโครงการ
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel Fired Power Plants) 2) เป็นโรงไฟฟ้าที่มีการเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (On-grid) 3) กิจกรรมของโครงการเป็นการปรับปรุงระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ดำเนินการอยู่ (Existing Power Plant) พิจารณาเฉพาะกิจกรรมการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานที่ต้องมีการลงทุน (ไม่พิจารณากิจกรรมการบำรุงรักษาหรือมาตรการจัดการดูแลทั่วไปที่เป็นการดำเนินงานปกติหรือดำเนินการเป็นประจำ)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	คำนวณจากค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน หรือ Energy Efficiency Indicator (EEI) ได้แก่ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ของระบบเดิมโดยพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในกรณีที่ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้ามีการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเสริม (Auxiliary System)

$BE_y = BE_{EG,FC,y} + BE_{EG,EC,y}$ .....สมการที่ 2-50

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EG,FC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล ในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EG,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/year)

$BE_{EG,FC,y} = E_{GPJ,y} \times \sum(SFC_{BL,i,y} \times (NC_{Vi,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$ .....สมการที่ 2-51

โดยที่

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$SFC_{BL,i,y}$ = ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ(Specific Fuel Consumption: SFC) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/kWh)สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-5 หรือคำนวณจากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

$BE_{EG,EC,y} = EG_{PJ,y} \times SEC_{BL,aux,y} \times 10^{-3} \times EF_{Elec}$ .....สมการที่ 2-52

โดยที่

$BE_{EG,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$SEC_{BL,aux,y}$ = ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของกรณีฐาน ในปี yสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-7

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

นอกจากนี้ การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุง ดัดแปลง หรือฟื้นฟูสภาพ (Retrofit) กังหันของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น โดยไม่เป็นกิจกรรมการบำรุงรักษาที่ดำเนินการปกติ (Regular Maintenance) นั้น จะสามารถประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินการ ได้ดังนี้

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ

ปรับปรุงประสิทธิภาพระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนไส้กรองอากาศเป็น Hepa filter ในระบบกรองอากาศ และการเปลี่ยนใบพัดใหม่ในระบบระบายอากาศของหอหล่อเย็น ซึ่งการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบจะช่วยทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงในหน่วยผลิตไฟฟ้าได้ และทำให้ประสิทธิภาพระบบสูงขึ้น

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-EE-06 VERSION 02 การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้า (Energy Efficiency Improvement in Existing Power Plants)

แผ่นกรองอากาศ

ระบบระบายอากาศของหอหล่อเย็น

ที่มา : บริษัท กัลฟ์เพาเวอร์เจเนอเรชั่น จำกัด

กิจกรรมโครงการประเภทที่ 2	การปรับปรุง ดัดแปลง หรือฟื้นฟูสภาพ (Retrofit) กังหันของโรงไฟฟ้าให้มีสมรรถนะให้สูงขึ้น (Upgrade Performance) เช่น การใช้ใบพัดที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง (Advanced Technology Blades) เป็นต้น ที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจก
ขอบเขตโครงการ	ครอบคลุมพื้นที่ของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนี้ 1) กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ครอบคลุมกังหันที่มีการปรับปรุงและเชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Electric Generator)หม้อน้ำ (Boiler) และคอนเดนเซอร์ (Condenser) 2) กังหันก๊าซ (Gas Turbine) ครอบคลุมกังหันที่มีการปรับปรุงและเชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์ (Compressor) และเครื่องเผาไหม้ (Combustor)
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel Fired Power Plants) 2) มีการปรับปรุง ดัดแปลง หรือฟื้นฟูสภาพ (Retrofit) กังหันของโรงไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น โดยไม่เป็นกิจกรรมการบำรุงรักษาที่ดำเนินการปกติ (Regular Maintenance) 3) วิธีการคำนวณนี้ ไม่ครอบคลุม - การปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (Fuel Switch) - โรงไฟฟ้าพลังงานร่วม (Cogeneration Power Plants)

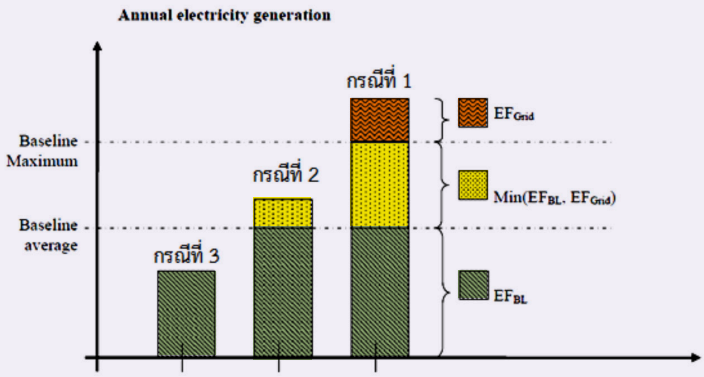
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน

พิจารณาจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ แบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กรณีที่ 1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) มากกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,Max}$)

กรณีที่ 2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) มากกว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,Avg}$) แต่น้อยกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ (EGBL, Max)

กรณีที่ 3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) น้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,Avg}$)



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยคิดจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) ที่สามารถแทนที่การผลิตพลังงานไฟฟ้าก่อนที่จะมีการดำเนินโครงการ

กรณีที่ 1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ (EGPJ,y) มากกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ (EGBL, Max)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = (EG_{PJ,y} \times EF_{BL,y}) + ((EG_{BL,Max} - EG_{BL,Avg}) \times \min(EF_{BL,y} ; EF_{Grid,y})) + ((EG_{PJ,y} - EG_{BL,Max}) \times EF_{Grid}) \quad \text{.....สมการที่ 2-53}$$

กรณีที่ 2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) มากกว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,Avg}$) แต่น้อยกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,Max}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = (EG_{BL,Avg} \times EF_{BL,y}) + ((EG_{PJ,y} - EG_{BL,Avg}) \times \min(EF_{BL,y}; EF_{Grid})) \quad \text{....สมการที่ 2-54}$$

กรณีที่ 3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ ($EG_{PJ,y}$) น้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ ($EG_{BL,Avg}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_y = EG_{PJ,y} \times EF_{BL,y} \quad \text{.....สมการที่ 2-55}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการ ในปี y (MWh/year)

$EG_{BL,Avg}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$EG_{BL,Max}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$EF_{BL,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโรงไฟฟ้าในปี y (tCO_2/MWh)

EF_{Grid} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ตามที่ อบก. กำหนด (tCO_2/MWh)

$$EG_{BL,Max} = CAP_{BL,Max} \times TB_{L,Max} \quad \text{.....สมการที่ 2-56}$$

$$T_{BL,Max} = 8{,}760 - \frac{\sum_{X=1}^{3} HMR_X}{3} \quad \text{.....สมการที่ 2-57}$$

โดยที่

$EG_{BL,Max}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$CAP_{BL,Max}$ = กำลังการผลิตสูงสุดของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ (MW)

$T_{BL,Max}$ = จำนวนชั่วโมงดำเนินงานสูงสุดของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ (hours)

HMR_x = จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยต่อปีที่กังหันหยุดดำเนินงาน ในปี x ก่อนการดำเนินโครงการ (hours)

$$EG_{BL,Avg} = \frac{\sum_{X=1}^{3} EG_{Tur,x}}{3} \quad \text{..... สมการที่ 2-58}$$

โดยที่

$EG_{BL,Avg}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ย ก่อนการดำเนินโครงการ (MWh/year)

$EG_{Tur,x}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตจากกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ ในปี x (MWh/year)

การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโรงไฟฟ้า ($EF_{BL,y}$) แบ่งออกเป็น 2 กรณี ตามประเภทของกังหัน ดังนี้

กรณีที่ 1 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

$$EF_{BL,y} = \frac{3.6}{1000} \times \frac{(EF_{CO2,i} \times 10^{-3}) \times FC_{PJ,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6})}{Eff_{BL} \times HI_{PJ,y}} \quad \text{.....สมการที่ 2-59}$$

กรณีที่ 2 กังหันก๊าซ (Gas Turbine)

$$EF_{BL,y} = \frac{3.6}{1000} \times \frac{(EF_{CO2,i} \times 10^{-3})}{Eff_{BL}} \quad \text{.....สมการที่ 2-60}$$

โดยที่

$EF_{BL,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของโรงไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2/TJ$)

$FC_{PJ,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

Eff_{BL} = ประสิทธิภาพทางพลังงานของกังหัน ก่อนการดำเนินโครงการ

$HI_{PJ,y}$ = ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าสู่กังหัน ในปี y (TJ)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (PEFF,y) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

เอกสารอ้างอิง

1. ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน (Energy Efficiency Improvement of a Power Plant through Retrofitting Turbines): T-VER-METH-EE-09 Version 1

2.10 การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง (Fuel Switching)

การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง (Fuel Switching) เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน หรือการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดเดิม เช่น เปลี่ยนเชื้อเพลิงจากถ่านหินเป็นก๊าซธรรมชาติ เปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเป็นก๊าซธรรมชาติ เปลี่ยนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลเป็นชีวมวลหรือก๊าซชีวภาพ เป็นต้นซึ่งการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นด้วย ดังตารางที่ 2.10.1

ตารางที่ 2.10.1 ค่าสัมประสิทธิ์การลดก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

Existing generation technology			Mitigation substitution option			Emission reduction per unit of output
Energy source	Efficiency (%)	Emission coefficient (gCO_2/kWh)	Switching option	Efficiency (%)	Emission coefficient (gCO_2/kWh)	(gCO_2/kWh)
Coal, steam turbine	35	973	Pulverised coal, advanced steam	48	710	-263
Coal, steam turbine	35	973	Natural gas, combined cycle	50	404	-569
Fuel oil, steam turbine	35	796	Natural gas, combined cycle	50	404	-392
Diesel oil, generator set	33	808	Natural gas, combined cycle	50	404	-404
Natural gas, single cycle	32	631	Natural gas, combined cycle	50	404	-227

Source: Danish Energy Authority, 2005.

ที่มา : IPCC. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.

อนึ่ง บทความนี้จะกล่าวถึงการปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน เช่น การนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในระบบผลิตความร้อนทั้งหมดหรือบางส่วน เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่า

ตารางที่ 2.10.2 ศักยภาพการลดการเรือนกระจกและต้นทุนในช่วงปี ค.ศ. 2030 จากการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

	Potential contribution to electricity mix (%)	Additional generation above baseline (TWh/yr)	Net emissions reductions ($GtCO_2$-eq/yr)	Cost ranges (US$/$tCO_2$-eq)	
				Lowest	Highest
OECD	5	307	0.20	-16	63
EIT	5	112	0.07	-16	60
Non-OECD	10	1283	0.95	-14	54
World	7	2415	1.22		

ที่มา : IPCC. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.

2.10.1 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง (Fuel Switching)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่จะกล่าวถึงนี้ เป็นการดำเนินกิจกรรมการปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานหมุนเวียนทั้งหมด หรือเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน หรือใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้สำหรับระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีอยู่เดิม หรือเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานความร้อนให้กับระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีอยู่เดิม

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากจากการปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงสามารถประเมินได้ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานหมุนเวียน หรือจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง (Low Carbon Energy Sources) เพื่อจำหน่ายหรือใช้เอง
ขอบเขตโครงการ	ระบบผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานหมุนเวียนของโครงการ รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดจากการผลิตพลังงานความร้อนของโครงการ
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) เป็นการปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานหมุนเวียนทั้งหมด หรือเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน หรือใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้สำหรับระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีอยู่เดิม หรือเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานความร้อนให้กับระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีอยู่เดิม 2) อุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนมีกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) เกินกว่า 45 MW thermal หรือเทียบเท่า และระยะทางการขนส่งเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียนอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตรต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโครงการจากการขนส่งเชื้อเพลิงหมุนเวียน
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	คำนวณจากดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน หรือ Energy Efficiency Indicator (EEI) ได้แก่ ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) และค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ของระบบผลิตพลังงานความร้อนเดิม โดยพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากระบบผลิตพลังงานความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยใช้สมการคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 2.8.3

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	พิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกรณีที่อุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนมีกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) เกินกว่า 45 MW thermal หรือเทียบเท่าและระยะทางการขนส่งเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียนอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตรเท่านั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตการดำเนินโครงการ สามารถประเมินได้ ดังนี้

$$LE_y = LE_{FF,y} \quad \text{..... สมการที่ 2-61}$$

โดยที่

LE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO2/year)

$LE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2/year)

$$LE_{FF,y} = \sum(FC_{TR,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3} \quad \text{.....สมการที่ 2-62}$$

โดยที่

$LE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2/year)

$FC_{TR,i,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับการขนส่งเชื้อเพลิงนอกขอบเขตโครงการในปี y (unit/year)

$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2$/TJ)

ตัวอย่างโครงการ

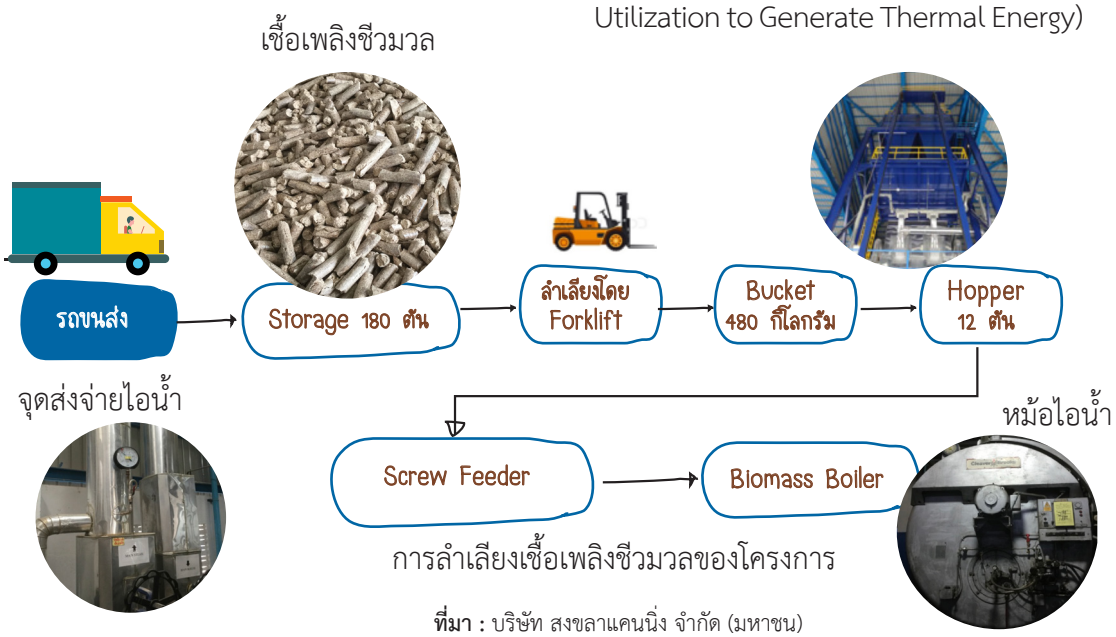
กิจกรรมโครงการ

การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ (Boiler) ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 15 ตันไอน้ำ/ชั่วโมง ในกระบวนการผลิตของบริษัทฯ จากเดิมใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล(น้ำมันเตา) เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ เศษไม้อัดยางพารา ขี้เลื่อย โดยมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเฉลี่ย 35 ตันต่อวัน และสามารถลดการใช้น้ำมันเตาได้ประมาณ 14,000 ลิตรต่อวัน

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE-03 VERSION 01 การปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน(Switching of Fossil Fuel or Increasing of Renewable Energy Utilization to Generate Thermal Energy)



การลำเลียงเชื้อเพลิงชีวมวลของโครงการ

ที่มา : บริษัท สงขลาแคนนิ่ง จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

MDBoiler. [ออนไลน์]. 2560. แหล่งที่มา: http://www.mdboilers.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538607328&Ntype=6 [28 กุมภาพันธ์ 2561]

Power Plant. [ออนไลน์]. 2560. แหล่งที่มา: https://powerplant2.wordpress.com/โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ/ [28 กุมภาพันธ์ 2561]

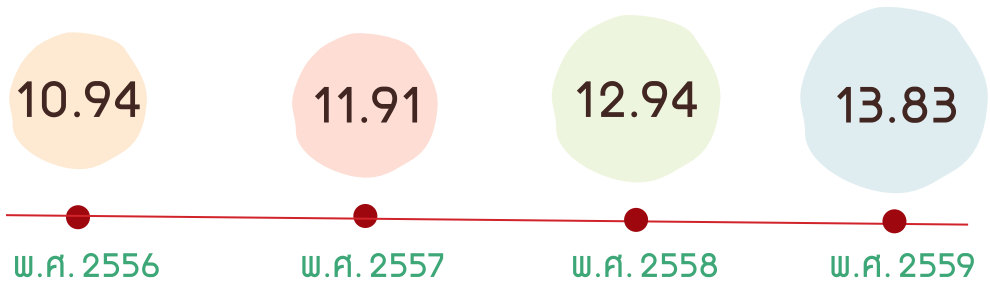
IPCC. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Chapter 4: Energy Supply. page 295-296. 2013

บทที่ 3

การลดก๊าซเรือนกระจก
จากการใช้พลังงานทดแทน

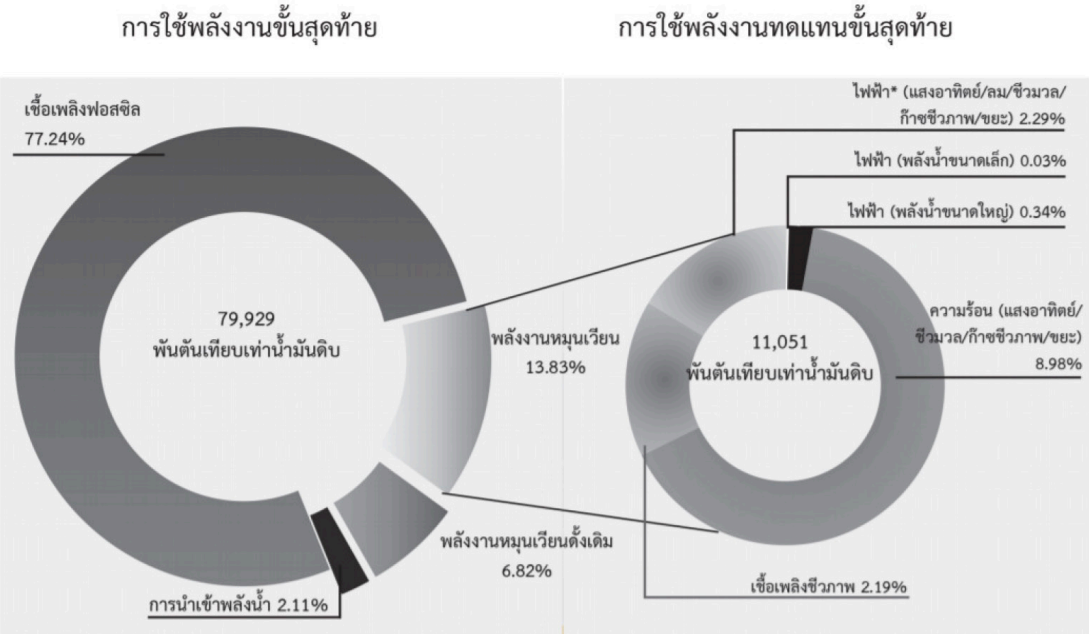
3.1 หลักการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทดแทน

พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่ใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิล ประกอบด้วย แสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล และไบโอดีเซล) สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยปีพ.ศ. 2559 มีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายรวม 79,929 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เป็นการใช้พลังงานทดแทน 11,051 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นร้อยละ 13.83 ของพลังงานทั้งหมด โดยประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 3.1.1 ซึ่งการใช้พลังงานทดแทนอยู่ในรูปของไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ



รูปที่ 3.1.1 ข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนต่อพลังงานทั้งหมดของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556- 2559

ที่มา : รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย พ.ศ. 2559



รูปที่ 3.1.2 ข้อมูลการใช้พลังงานทดแทนขั้นสุดท้าย

ที่มา : รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย พ.ศ. 2559

การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 59.1 ถ่านหิน ร้อยละ 17.7 น้ำมันเตาและน้ำมันดีเซลร้อยละ 0.2 ส่วนที่เหลือเป็นพลังงานหมุนเวียนและอื่นๆ รวมเป็นร้อยละ 23 ซึ่งประเทศไทยมีนโยบายเพิ่มสัดส่วนการพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นโดยกำหนดเป้าหมายสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนขั้นสุดท้าย ณ ปี พ.ศ. 2579 คิดเป็นร้อยละ 30 หรือเท่ากับ 131,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579) ดังนั้นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน นอกจากช่วยลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลจากต่างประเทศ ยังเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมของประเทศ การลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานทดแทนมีหลายรูปแบบ ได้แก่

1) การใช้พลังงานทดแทนผลิตพลังงานไฟฟ้าแทนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ
2) การใช้พลังงานทดแทนผลิตพลังงานความร้อนแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ
3) การใช้พลังงานทดแทนเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น เอทานอล ไบโอเซล ก๊าซไบโอมีเทนอัด

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากใช้พลังงานทดแทน มีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อทดแทนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล 2. สำหรับกรณีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล หรือขยะมูลฝอยที่มีกำลังการผลิตติดตั้งรวม (Total Installed Capacity) แต่ละประเภทเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนเกิน 15 MW และระยะทางการขนส่งเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียนอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร ต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโครงการ 3. สำหรับกรณีที่เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนระดับชุมชน ต้องมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม ไม่เกิน 100 kW และเป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้เองในชุมชน
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทน แทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล $BE_y = BE_{EG,y}$ ..... สมการที่ 3-1 โดยที่ BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2e/year) $BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ในปี y (tCO_2e/year)

กิจกรรมโครงการ	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

กรณีที่ 1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของระบบสายส่ง สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_{EG,y} = (EG_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times EFF_{Elec} \quad \text{..... สมการที่ 3-2}$$

โดยที่

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการพลังงานหมุนเวียน ในปี y (kWh/year)

EF_{Elec} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า (tCO_2/MWh)

กรณีที่ 2 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$BE_{EG,y} = EG_{PJ,y} \times \sum(SFC_{BL,i,y} \times (NCV_{i,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$$

..... สมการที่ 3-3

โดยที่

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในปี y (tCO_2/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิจากการดำเนินโครงการพลังงานหมุนเวียน ในปี y (kWh/year)

$SFC_{BL,i,y}$ = ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: SFC) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/kWh)

กิจกรรมโครงการ	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน
	$NCV_{i,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ในปี y (MJ/unit) $EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2/TJ$) ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption: $SFC_{BL,i,y}$) **$SFC_{BL,i,y} = FC_{BL,i,y} / EG_{BL,y}$ ..... สมการที่ 3-4** โดยที่ $FC_{BLi,,y}$ = ปริมาณการใชเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i สำหรับกรณีฐาน ในปี y (unit/year) $EG_{BL,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สุทธิในช่วงกรณีฐานในปี y (kWh/year)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y)}$ ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	พิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการขนส่งเชื้อเพลิง ในกรณีที่การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลหรือขยะมูลฝอย ที่มีกำลังการผลิตติดตั้งรวม (Total Installed Capacity) แต่ละประเภทเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนเกิน 15 MW และระยะทางการขนส่งเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียนอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-58

กิจกรรมโครงการ	การผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทน
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. เป็นการปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานหมุนเวียนทั้งหมด หรือเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน หรือใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้สำหรับระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีอยู่เดิม หรือเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานความร้อนให้กับระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีอยู่เดิม 2. อุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนมีกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) เกินกว่า 45 MW thermal หรือเทียบเท่า และระยะทางการขนส่งเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียนอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตรต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโครงการจากการขนส่งเชื้อเพลิงหมุนเวียน
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือพลังงานไฟฟ้าสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน เพื่อจำหน่ายหรือใช้เอง ของระบบผลิตพลังงานความร้อนที่มีอยู่เดิม โดยคิดจากปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-44
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	พิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกรณีที่อุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนมีกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) เกินกว่า 45 MW thermal หรือเทียบเท่าและระยะทางการขนส่งเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียนอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-58

กิจกรรมโครงการ	การผลิตก๊าซไบโอมีเทนอัด (Compressed Biomethane Gas: CBG) เพื่อนำไปใช้ทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติในยานพาหนะ หรือเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ ในอุตสาหกรรม
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. มีกระบวนการนำก๊าซชีวภาพ (Biogas) มาผ่านกระบวนการเพื่อให้ได้ก๊าซไบโอมีเทนอัดที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะ หรือเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในอุตสาหกรรม 2. มีการนำก๊าซไบโอมีเทนอัดที่ผลิตได้ไปใช้ในยานพาหนะเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติ หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในยานพาหนะ หรือเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม
	กรณีที่ 1 มีการนำ CBG ไปทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในยานพาหนะ หรือ CNG/NGVการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ ดังนี้ $BE_y = \sum(FG_{CBG,y} \times (NCV_{CBG,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,CNG/NGV}) \times 10^{-3}$ ..... สมการที่ 3-5 โดยที่ BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO_2/year) $FG_{CBG,y}$ = ปริมาณก๊าซไบโอมีเทนอัดที่ผลิตจากการดำเนินโครงการที่มีการนำไปใช้ ในปี y (unit/year) $NCV_{CBG,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของก๊าซไบโอมีเทนอัด ในปี y (MJ/unit) $EF_{CO2,CNG/NGV}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในยานพาหนะ ที่ถูกทดแทนด้วยก๊าซไบโอมีเทนอัด ($kgCO_2$/TJ)

กิจกรรมโครงการ	การผลิตก๊าซไบโอมีเทนอัด (Compressed Biomethane Gas: CBG) เพื่อนำไปใช้ทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติในยานพาหนะ หรือเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ ในอุตสาหกรรม
	กรณีที่ 2 มีการนำ CBG ไปทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน สามารถคำนวณได้ ดังนี้ $BE_y = \sum(FG_{CBG,y} \times (NCV_{CBG,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,i}) \times 10^{-3}$ ..... สมการที่ 3-6 โดยที่ $EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i ($kgCO_2/TJ$)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5

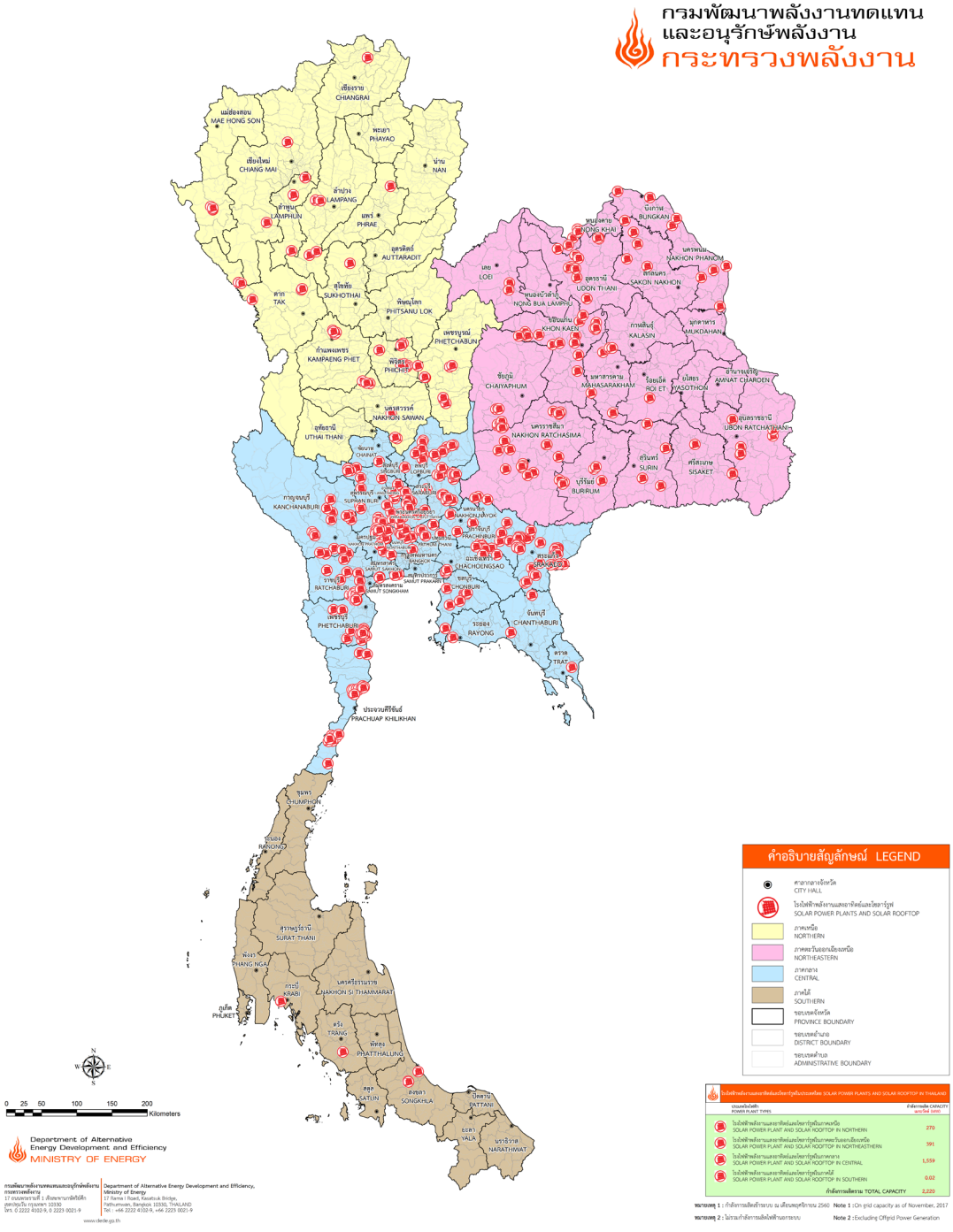
กิจกรรมโครงการ	การผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะหรือเครื่องจักรกลการเกษตร
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. ต้องเป็นการผลิตไบโอดีเซลเพื่อนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลของยานพาหนะหรือเครื่องจักรกล 2. ต้องเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลภายในเครื่องยนต์ของยานพาหนะหรือเครื่องจักรกล 3. ระบบผลิตไบโอดีเซลที่มีกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) เกินกว่า 45 MW thermal หรือเทียบเท่า และระยะทางการขนส่งวัตถุดิบในการผลิตอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร ต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโครงการจากการขนส่งเชื้อเพลิง
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากการผลิตไบโอดีเซล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะหรือเครื่องจักรกลการเกษตร ให้ใช้ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากโครงการเป็นข้อมูลกรณีฐาน
	$BE_y = \sum(FG_{BD,y} \times (NCV_{BD,y} \times 10^{-6}) \times EF_{CO2,Diesel}) \times 10^{-3}$ ..... สมการที่ 3-7 โดยที่ BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2/year) $FG_{BD,y}$ = ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลจากการดำเนินโครงการในปี y (unit/year) $NCV_{BD,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของไบโอดีเซลในปี y (MJ/unit) $EF_{CO2,Diesel}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลที่ถูกทดแทนด้วยไบโอดีเซล ($kgCO_2$/TJ)

กิจกรรมโครงการ	การผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะหรือเครื่องจักรกลการเกษตร
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	พิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกรณีที่อุปกรณ์ผลิตพลังงานความร้อนมีกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) เกินกว่า 45 MW thermal หรือเทียบเท่า และระยะทางการขนส่งเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียนอยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-58

3.2 พลังงานแสงอาทิตย์

ด้วยตำแหน่งและที่ตั้งของประเทศไทยใกล้เส้นศูนย์สูตร โดยมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 18 $MJ/m^2/day$ หรือ 5 $kWh/m^2/day$ ทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดจะอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร และอุบลราชธานีเนื่องจากมีพื้นที่เป็นบริเวณที่ราบสูงค่อนข้างแห้งแล้ง และมีการก่อตัวของเมฆน้อย รวมถึงพื้นที่บริเวณภาคกลางบางส่วน ดังรูปที่ 3.2.1

แผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟในประเทศไทย
MAP OF SOLAR POWER PLANTS AND SOLAR ROOFTOP IN THAILAND



รูปที่ 3.2.1 แผนที่พลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ที่มา : https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/Thailand

การใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ 2 รูปแบบ

1) การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตพลังงานความร้อน เช่น ใช้ในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร ใช้ในการผลิตน้ำร้อนสำหรับโรงพยาบาล เป็นต้น

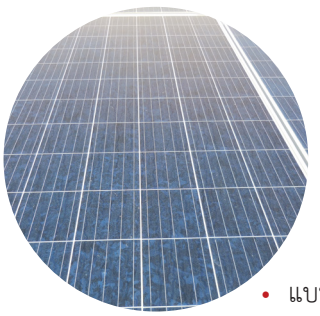
• ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อบต. ท่ามะนาว จังหวัดลพบุรี

• ระบบทำน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ โรงพยาบาลรามาธิบดี

รูปที่ 3.2.2 การใช้พลังงานความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบต่าง ๆ

2) การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีหลักการทำงานดังนี้แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำเช่น ซิลิกอนจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำ โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current: DC) หรืออีกวิธีหนึ่งคือใช้ความร้อนของพลังงานแสงอาทิตย์ไปต้มน้ำ แล้วนำไอน้ำที่เกิดขึ้นนำไปหมุนกังหันใบพัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกต่อหนึ่งเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้น ซึ่งวิธีนี้ต้องใช้เทคโนโลยีและเงินลงทุนสูงกว่าวิธีแรก

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ เซลล์โฟโตโวลทาอิก (Photovoltaic cell) ที่นิยม มี 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบผลึกซิลิกอน (Monocrystalline silicon, Polycrystalline silicon) และแบบฟิล์มบาง (Thin film) ดังรูปที่ 3.2.3



• แบบผลึกซิลิกอน

• แบบฟิล์มบาง

รูปที่ 3.2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic cell)

ตารางที่ 3.2.1 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่าง ๆ

ชนิด	ประเภทวัสดุ	ประสิทธิภาพ(%)
Thin film	Amorphous Silicon (a-Si)	4-9
	Cadmiumtelluride (CdTe)	6-9
	Copper indium gallium selenide (Cis or CIGS)	9-10.5
	Organic cells	3-4
Mono-crystalline silicon	Sc-Si	10-16
Polycrystalline silicon/ Multi-crystalline	mc-Si	10-14.5

ที่มา : คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นอันดับสองรองจากพลังงานน้ำ ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2560 พบว่าประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) มีกำลังการผลิตรวมทั้งหมด 2,220 เมกะวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 5.4 ของปริมาณไฟฟ้าทั้งประเทศและมีแนวโน้มการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาถูกลง

• โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

• พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

รูปที่ 3.2.4 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

ตัวอย่างโครงการ

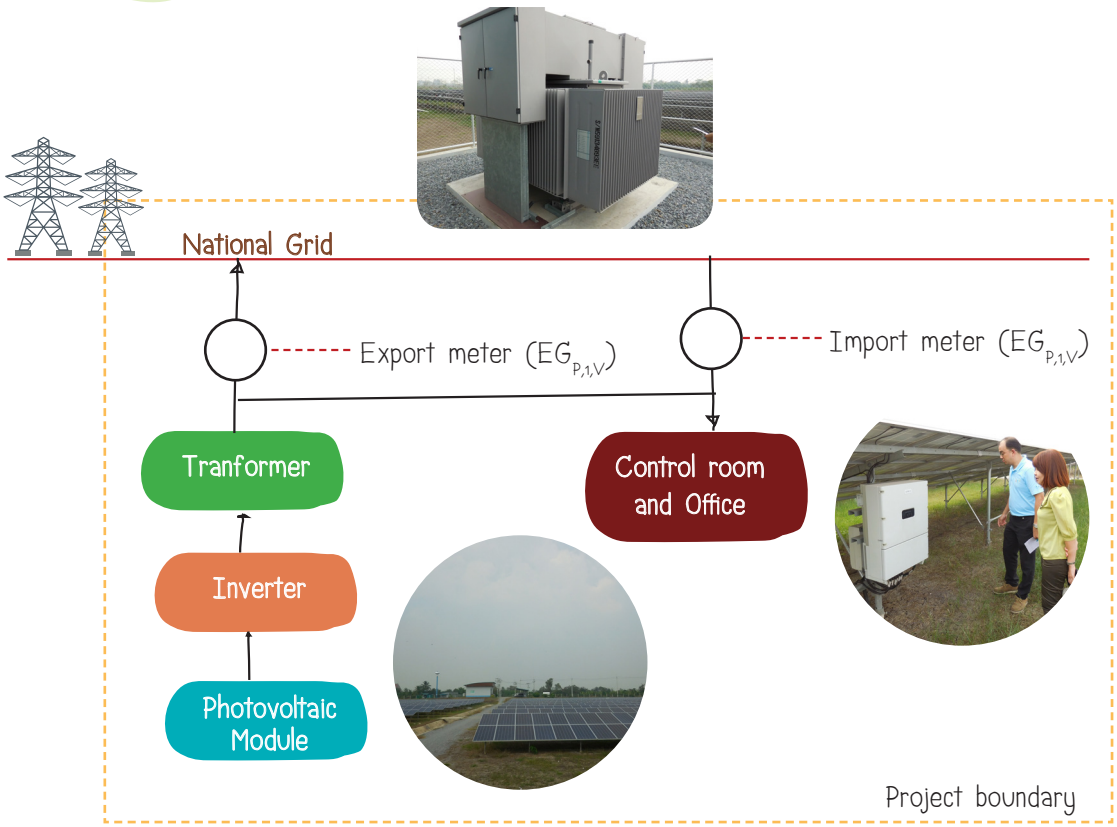
กิจกรรมโครงการ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และส่งกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE-01 Version 02 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy)

ขอบเขตโครงการ



ที่มา : โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สแกน อินเตอร์ บางภาษี จังหวัดนครปฐม

ตัวอย่างโครงการ

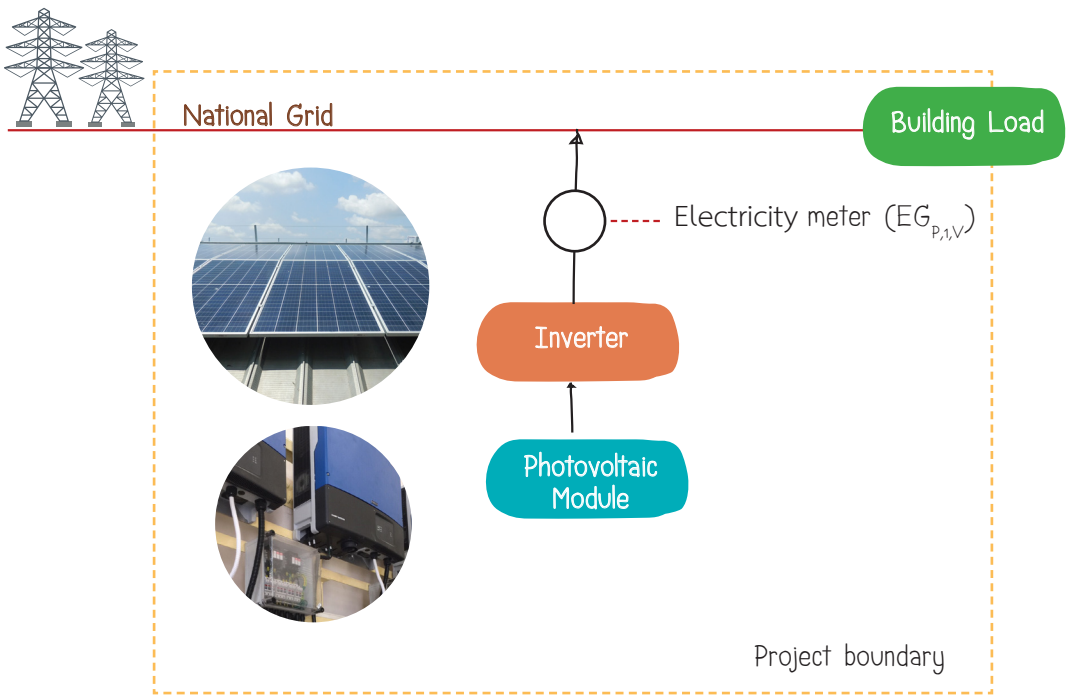
กิจกรรมโครงการ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร และส่งกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) และส่งกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของอาคาร

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE-01 Version 01 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy)

ขอบเขตโครงการ



ที่มา : โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 304.750 kW บริษัท เคนมินฟู้ดส์ (ไทยแลนด์) จำกัด จังหวัดชลบุรี

3.3 พลังงานลม

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมมีหลักการทำงานดังนี้ กระแสลมพัดผ่านใบกังหัน ทำให้กังหันหมุนรอบแกนที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเชื่อมอยู่ โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม สำหรับประเทศไทยมีความเร็วลมอยู่ในระดับปานกลาง - ต่ำ คือ มีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า 4 เมตร/วินาที ซึ่งความเร็วลมที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้นั้น ควรมีความเร็วลมที่สม่ำเสมอไม่น้อยกว่าระดับ 3 (Class3) คือ 6.4-7.0 เมตร/วินาที หรือ 300-400 กิโลวัตต์/ตารางเมตร ที่ความสูง 50 เมตร จากการสำรวจประเทศไทยพบพื้นที่บริเวณแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยจะมีความเร็วลมที่ 6.4-7.5 เมตร/วินาที (โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพลมของประเทศไทย, 2549) และบริเวณที่มีลมต่อเนื่องได้แก่ยอดเขา ช่องเขา เทือกเขาต่างๆ

เทคโนโลยีกังหันลมสามารถจำแนกตามลักษณะแนวแกนหมุนของกังหันจะได้ 2 แบบ คือกังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม และกังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง(http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/wind_technology.htm) ดังรูปที่ 3.3.1

- กังหันลมแนวแกนนอน

- กังหันลมแนวแกนตั้ง

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_axis_wind_turbine

รูปที่ 3.3.1 กังหันลม

สำหรับประเทศไทยโครงการกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าและจำหน่ายเข้าสู่ระบบสายส่งนั้น ส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีกังหันลมแนวแกนนอนโดยมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 596 เมกะวัตต์

ตารางที่ 3.3.1 รายชื่อโรงไฟฟ้าพลังงานลมของประเทศไทยที่มีกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า 5 MW

ลำดับ	บริษัท	ที่ตั้ง	กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	ปริมาณขายตามสัญญา (MW)	วันที่เริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้า(COD)
1	บริษัท เฟิร์ส โคราชวินด์ จำกัด	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	103.5	90	14/11/2555
2	บริษัท เค.อาร์.ทู.จำกัด	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	103.5	90	08/02/2556
3	บริษัท ชัยภูมิวินด์ฟาร์ม จำกัด (โครงการชัยภูมิ วินด์ฟาร์ม)	อ.กิ่งอำเภอซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ	80	80	16/12/2559
4	บริษัทเขาค้อ วินด์ พาวเวอร์ จำกัด	อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์	60	60	05/08/2559
5	บริษัท วะตะแบก วินด์จำกัด	อ.เทพสถิต จ.ชัยภูมิ	60	60	24/12/2559
6	บริษัท พัฒนาพลังงานลมจำกัด (โครงการวายุวินด์ฟาร์ม)	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	50	50	29/12/2559
7	บริษัท อีเอ วินด์หาดกังหัน 3 จำกัด (โครงการ 2)	อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	45	45	10/06/2560
8	บริษัท อีเอ วินด์หาดกังหัน 3 จำกัด (โครงการ 3)	อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	45	45	23/06/2560
9	บริษัท อีเอ วินด์หาดกังหัน 3 จำกัด (โครงการ 1)	อ.ระโนด จ.สงขลา	36	36	03/03/2560
10	บจก. พัฒนาพลังงานลม (ซับพลูวินด์ฟาร์ม 1)	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	10	8	17/03/2559
11	บจก. อินเตอร์ฟารอีสท์ วินด์ อินเตอร์เนชั่นแนล	อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	10	10	06/11/2558
12	บจก. เทพพนาวินด์ฟาร์ม (วะตะแบก2)	อ.เทพสถิต จ.ชัยภูมิ	6.9	6.9	18/07/2556

ที่มา : คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2561

ตัวอย่างโครงการ

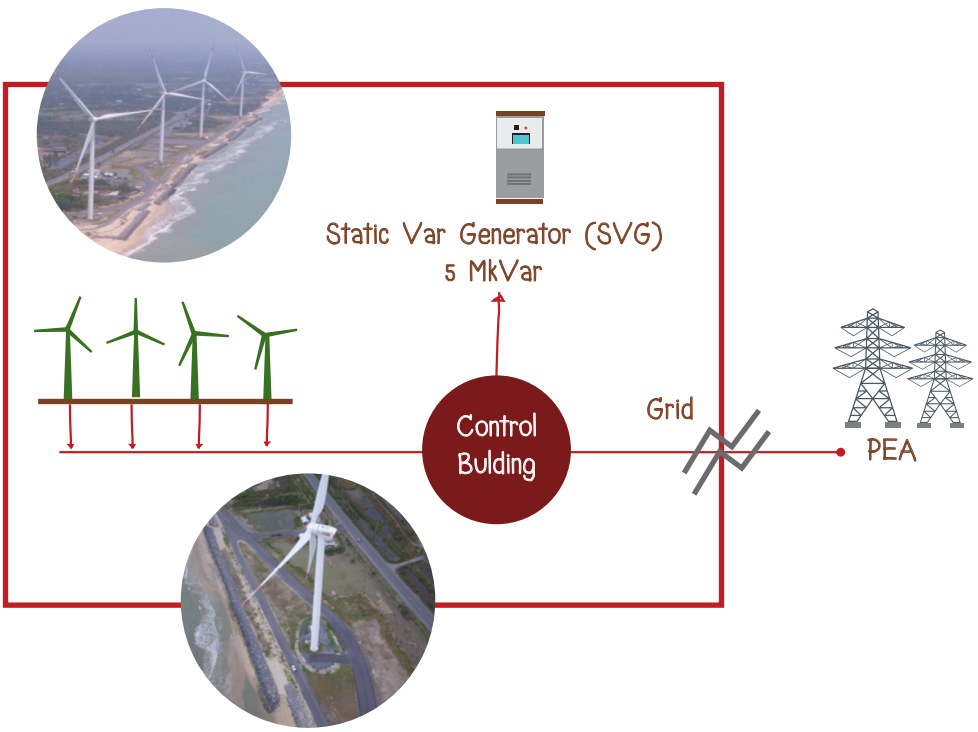
กิจกรรมโครงการ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมแบบแกนนอน โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE-01 Version 03 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy)

ขอบเขตโครงการ



ที่มา : โครงการสวนกังหันลมเลียบชายฝั่งปากพนัง 10 เมกะวัตต์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.4 พลังงานน้ำ

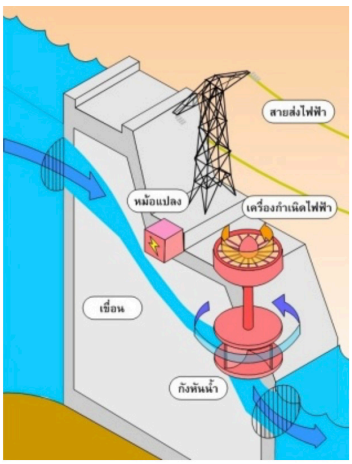
การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ โดยใช้พลังงานจลน์ของน้ำซึ่งเกิดจากการปล่อยน้ำจากที่สูงหรือการไหลของน้ำ หรือการขึ้น-ลงของคลื่น ไปหมุนกังหันน้ำซึ่งต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ความแตกต่างของระดับน้ำ และประสิทธิภาพของกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รูปแบบของการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำที่นิยมใช้กันแพร่หลาย มี 3 รูปแบบ คือ

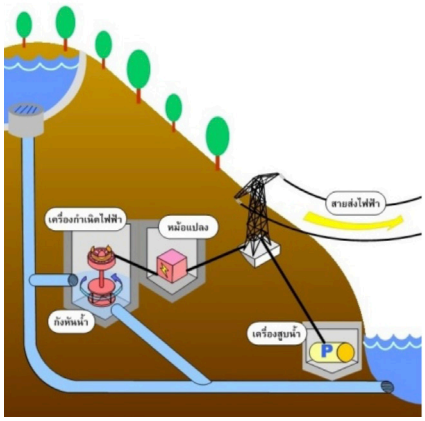
1. โรงไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำจะผันแปรตามปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำและความแตกต่างระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำที่ปล่อย (ด้านท้ายน้ำ) สำหรับประเทศไทยโครงการไฟฟ้าพลังน้ำส่วนใหญ่จะเป็นในรูปแบบของไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำ เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี

2. โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ เป็นรูปแบบการผลิตไฟฟ้าที่ตอบสนองช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าน้อยจะมีการสูบน้ำไปเก็บไว้ยังอ่างเก็บน้ำที่อยู่สูงกว่า เมื่อช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงน้ำจะถูกปล่อยกลับลงมายังอ่างเก็บน้ำที่อยู่ต่ำกว่าเพื่อผลิตไฟฟ้า ตัวอย่างโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับในประเทศไทย คือ โรงไฟฟ้าเขื่อนลำตะคองชลภา-วัฒนา โดยใช้เขื่อนลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่เดิมและบริหารจัดการน้ำโดยกรมชลประทาน เป็นอ่างเก็บน้ำตัวล่าง และก่อสร้างอ่างเก็บน้ำตัวบนเพิ่มเติมบนเขายายเที่ยง

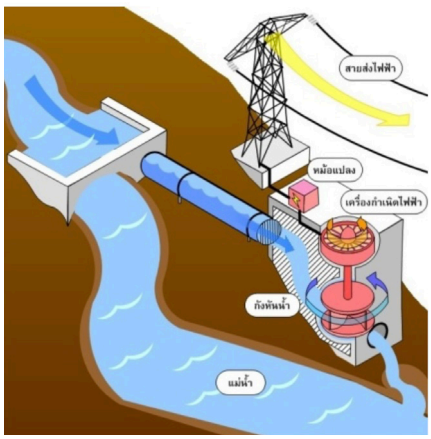
3. โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-river เป็นรูปแบบที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำเป็นองค์ประกอบ โดยอาศัยปริมาณน้ำที่ไหลในแม่น้ำ และมักก่อสร้างในบริเวณที่มีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก เช่น โรงไฟฟ้าเขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี



- โรงไฟฟ้าพลังน้ำจากอ่างเก็บน้ำ



- โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ



- โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-river

รูปที่ 3.4.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ

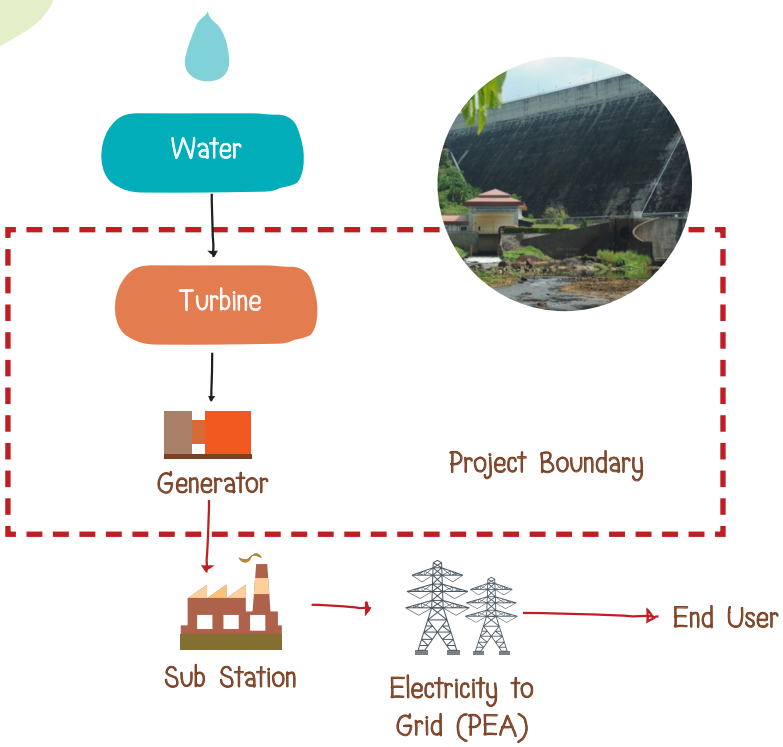
ที่มา : http://www.reca.or.th/library-hydro-power.aspx

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก T-VER-METH-AE-01 Version 02 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy)

ขอบเขตโครงการ



ที่มา : โครงการพลังงานงานน้ำเขื่อนขุนด่านปราการชล จังหวัดนครนายก

รูปที่ 3.5.1 ตัวอย่างเชื้อเพลิงชีวมวล

3.5 ชีวมวล

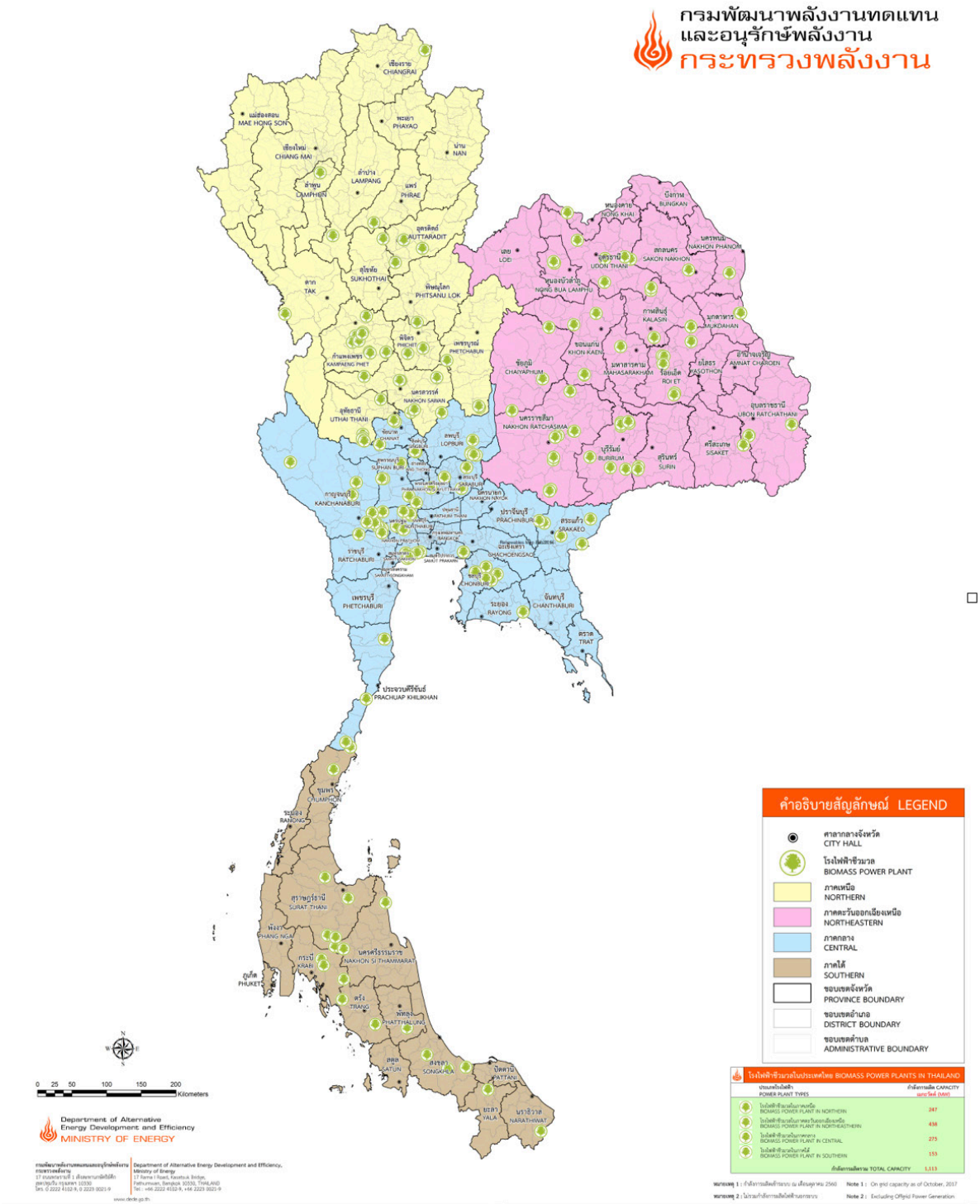
ในแต่ละปีประเทศไทยจะมีผลพลอยได้จากผลผลิตทางการเกษตร หรือวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรกรรม เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย ทะลายปาล์ม เป็นต้น ปริมาณของชีวมวลที่เหลือทิ้งในแต่ละปีขึ้นกับผลผลิตการเกษตร คุณสมบัติค่าความร้อนของชีวมวลดังตารางที่ 3.5.1 ดังนั้นจึงมีการนำชีวมวลเหล่านี้มาใช้เป็นพลังงานทั้งในรูปแบบของการนำมาผลิตพลังงานความร้อน หรือพลังงานไฟฟ้า

ปัจจุบันได้มีการปลูกพืชเพื่อมาผลิตเป็นพลังงานเฉพาะ เช่น ยูคาลิปตัส กระถินเทพา แล้วนำมาแปรรูปเป็นชิ้นไม้สับ (Wood chip) เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด (Wood pellet) เพื่อสะดวกต่อการขนส่ง การจัดเก็บ และประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงขึ้น รวมถึงมีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่น เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น

ตารางที่ 3.5.1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล

ชนิดชีวมวล	ค่าความชื้น(%)	ค่าความร้อน(MJ/kg)
แกลบ	12	13.52
ชานอ้อย	50.73	7.37
ซังข้าวโพด	40	9.62
ทะลายปาล์มเปล่า	58.6	7.24
กะลาปาล์ม	12	16.9
ขี้เลื่อย เศษไม้ยางพารา	55	6.57
กระถินยักษ์	42	19.47
ยูคาลิปตัส	54	19.27
กระถินเทพา	40	20.09
กระถินเทพณรงค์	38	19.82

ที่มา : http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html และศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน



รูปที่ 3.5.1 แผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทย (กำลังการผลิตติดตั้งรวม 1,121 เมกะวัตต์)

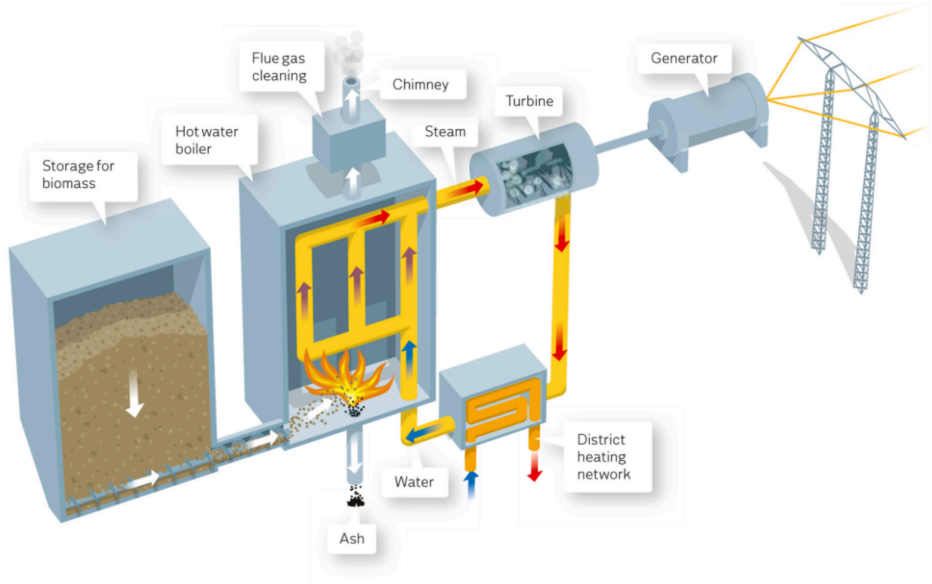
ที่มา : http://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=186

กระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ

1. การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผาจะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล ซึ่งรูปแบบการเผาไหม้ทั่วไป จำแนกได้ 3 รูปแบบ

1) ระบบเผาไหม้แบบเบดนิ่ง (Fixed bed combustion) เชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกเผาไหม้อยู่กับที่บนตะกรับ เช่น stationary grate, travelling grate เป็นต้น
2) ระบบเผาไหม้แบบเบดเคลื่อนที่หรือเบดลอย (Transportation bed หรือ moving bed combustion) เหมาะกับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีลักษณะเป็นผง อนุภาคเคลื่อนที่ขณะลุกไหม้ เช่น pulverised combustion
3) ระบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed combustion) เชื้อเพลิงชีวมวลจะกระจายลอยตัวขณะเผาไหม้ (สภาพคล้ายน้ำเดือด)

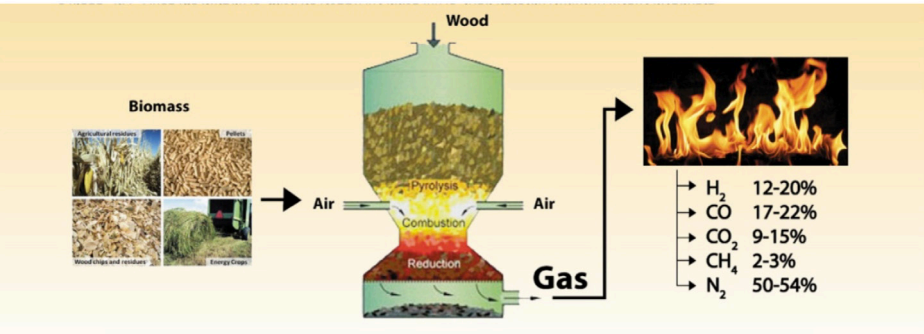
ตัวอย่าง การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดในหม้อน้ำ (Boiler) ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้าชีวมวลโดยความร้อนที่ได้จากการเผานำมาผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ดังรูปที่ 3.5.2



รูปที่ 3.5.2 แสดงไดอะแกรมการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล

ที่มา : https://corporate.vattenfall.com/about-energy/renewable-energy-sources/biomass/how-it-works/

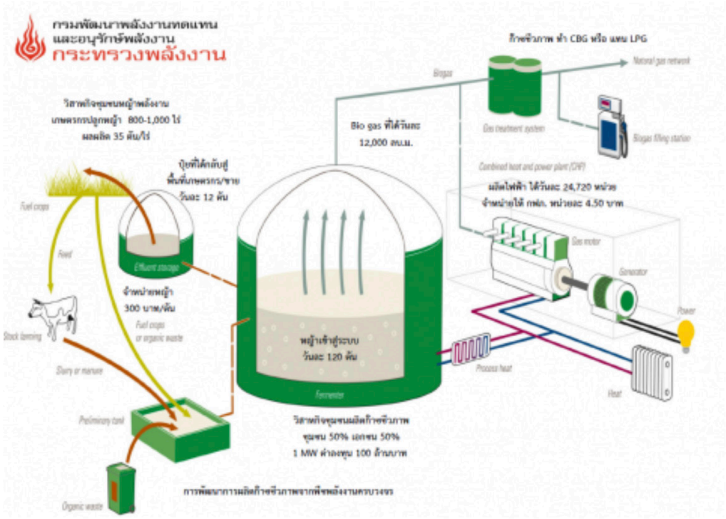
2. การผลิตก๊าซ (Biomass Gasification) เป็นกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลโดยจำกัดอากาศเข้าทำปฏิกิริยา (เผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์) ได้ผลผลิตเป็นก๊าซที่สามารถติดไฟได้ ได้แก่ มีเทน ไฮโดรเจน และ คาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ขับกังหันแก๊ส (gas turbine) เพื่อผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 3.5.3 กระบวนการผลิตก๊าซ (Biomass Gasification)

ที่มา : https://www.ete.eng.cmu.ac.th

3. การหมัก (Fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ (biogas) เช่น การหมักหญ้าเนเปียร์



รูปที่ 3.5.3 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน

ที่มา : http://webkc.dede.go.th/testmax/node/152

4. การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช เช่น ไบโอดีเซล เอทานอล รายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.7 เชื้อเพลิงชีวภาพ

ตัวอย่างโครงการ

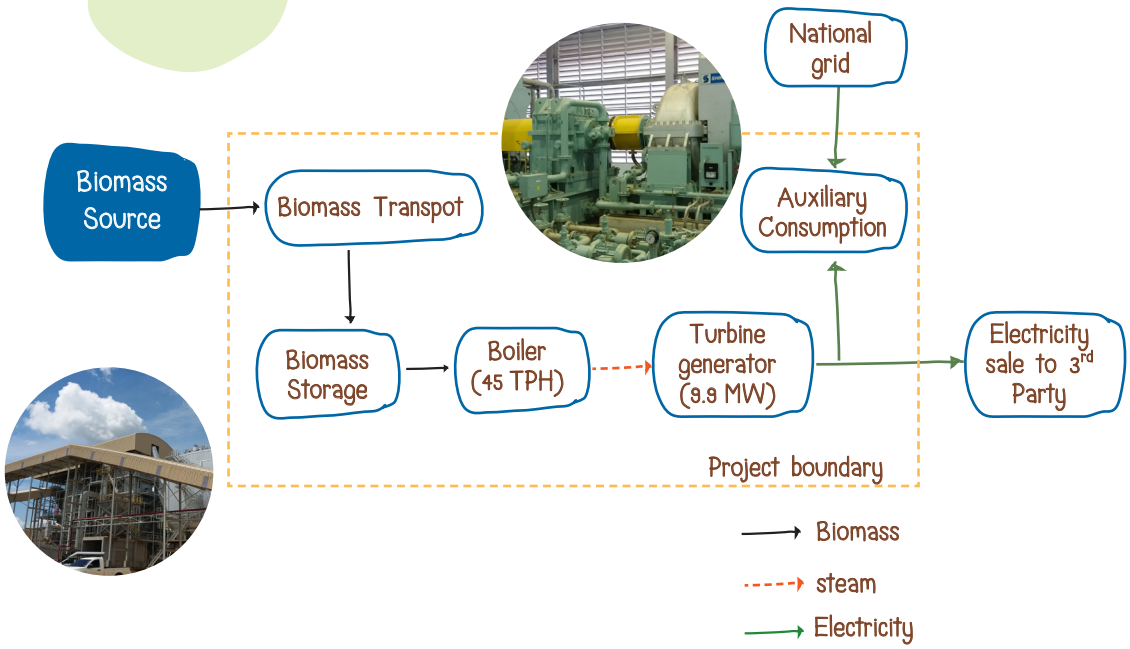
กิจกรรมโครงการ

กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล โดยมีการดำเนินการดังนี้ ชิ้นไม้สับจะถูกลำเลียงด้วยสายพานไปยังห้องเผาไหม้ (Boiler) ที่ถูกออกแบบมาให้เป็นระบบ Step Grate Stoker มีการควบคุมการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 900-1,000oC เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์มีประสิทธิภาพสูง ความร้อนที่ได้นำมาผลิตไอน้ำที่มีแรงดันสูงและถูกนำมาใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Generator) ที่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เพื่อนำไปใช้หรือส่งจำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่อไป

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE-01 Version 01 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่ง (On Grid Renewable Electricity Generation)

ขอบเขตโครงการ



ที่มา : โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวล พาเนล พลัส ไบโอ-เพาเวอร์ จังหวัดสงขลา

ตัวอย่างโครงการ

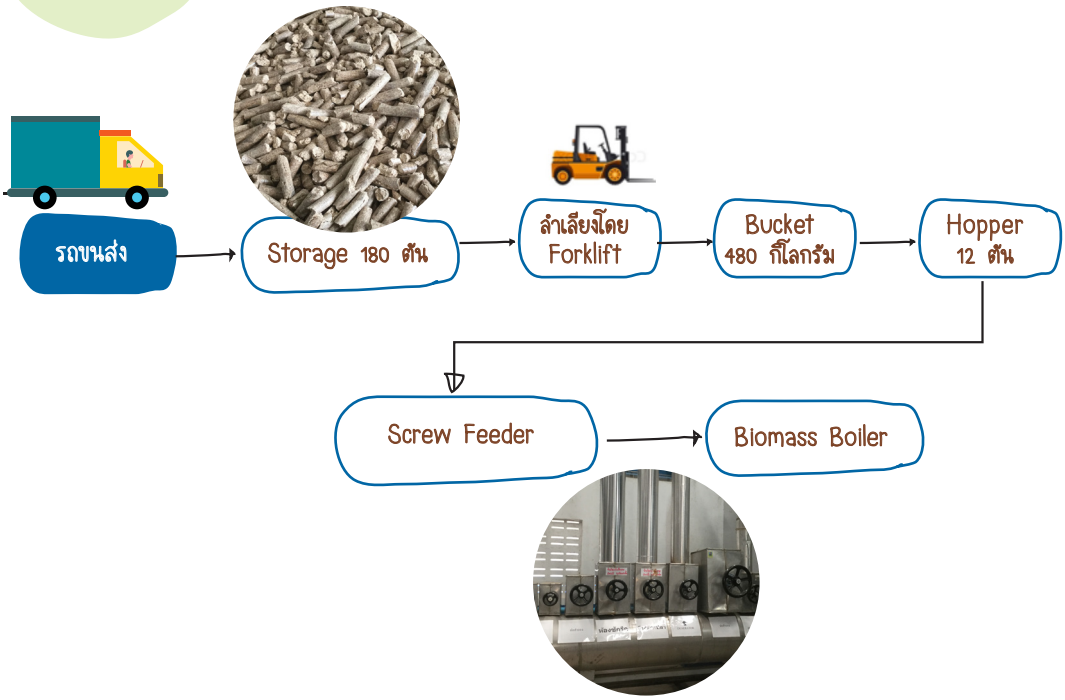
กิจกรรมโครงการ

มีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล (wood pellet) ในหม้อไอน้ำแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมันเตา) เพื่อผลิตไอน้ำ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE 03 version 01 การปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน (Switching of Fossil Fuel or Increasing of Renewable Energy Utilization to Generate Thermal Energy)

ขอบเขตโครงการ



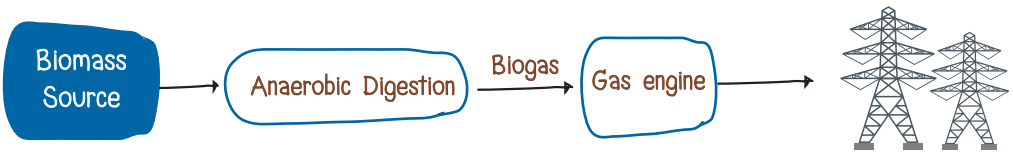
ที่มา : โครงการบอยเลอร์ชีวมวล บมจ.สงขลาแคนนิ่ง จังหวัดสงขลา

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ

การนำหญ้าเนเปียร์มาผลิตไฟฟ้า โดยใช้พื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ประมาณ 2,000 ไร่ สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 15,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน/1 โรง เพียงพอสำหรับนำไปผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาด 3.12 เมกกะวัตต์ โดยในระบบนี้จะใช้หญ้าเนเปียร์สด (พืชพลังงาน) อายุประมาณ 60 วัน เมื่อทำการเก็บเกี่ยว และผ่านกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion และ Gas Engine) ได้ผลผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ โดยหญ้าเนเปียร์สด 1 ตันสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 90 ลูกบาศก์เมตร เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณ 170 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน การทำงานของระบบเริ่มจากการนำหญ้าเนเปียร์ที่ทำการย่อยขนาดแล้วส่งเข้าบ่อหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งภายในถังจะมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม เมื่อผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว สิ่งที่เหลือจากการผลิต จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของแข็ง ซึ่งสามารถนำไปทำเป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ และส่วนของเหลวอาจถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ทำเป็นวัสดุปรับปรุงดิน 2) ใช้ไหลเวียนไปเก็บในถังเพื่อใช้สำหรับการหมักหญ้าเนเปียร์ในรอบต่อไป

ขอบเขตโครงการ



ที่มา : โครงการโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน
ดำเนินงานโดย บริษัท ยูเอซี แอนด์ ทีพีที เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด อ.ภูผาม่าน จ.ขอนแก่น
http://www.energynewscenter.com/index.php/news/detail/877

3.6 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในของเสียในสภาวะไร้อากาศด้วยจุลินทรีย์ แหล่งของเสียที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่มักพบในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร เช่น น้ำเสียและกากจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง น้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม หรือจากการผลิตเอทานอลของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ ขยะมูลฝอยชุมชน บทที่ 4 ของคู่มือฉบับนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพและระบบหมักแบบต่างๆ

ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักน้ำเสียประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณร้อยละ 60 – 70 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณร้อยละ 30 – 40 ที่เหลือจะเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ส่วนก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักขยะมูลฝอยชุมชนอาจมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่ำกว่าก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักน้ำเสีย คุณสมบัติของก๊าซมีเทนติดไฟได้จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1) **การผลิตความร้อน** ทั้งการใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำโดยตรง แรงดันจากระบบจะดันก๊าซชีวภาพไปเข้าหัวเผา (burner) หรือการเผาให้ความร้อนในกระบวนการผลิต เช่น การต้มน้ำร้อน ซึ่งการนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำเป็นวิธีการที่เหมาะสม สำหรับอุตสาหกรรมทั่วไปเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำ ซึ่งก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถใช้แทนน้ำมันเตาได้ประมาณ 0.6 ลิตร

2) **การผลิตกระแสไฟฟ้า** เป็นการนำก๊าซชีวภาพมาเผาเพื่อต้มน้ำในหม้อน้ำโดยตรงให้กลายเป็นไอน้ำ จากนั้นใช้ไอน้ำไปหมุนกังหันไอน้ำที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยทั่วไปเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า มีประสิทธิภาพรวมประมาณ 1.6 – 1.9 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตรของก๊าซชีวภาพ

3) การใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม หมุนพัดลมโรงเรือนฟาร์มสุกร เป็นต้น

- ใช้หุงต้มทดแทน LPG
- หมุนพัดลมโรงเรือนฟาร์มสุกร
- ผลิตกระแสไฟฟ้า
- ผลิตความร้อน

รูปที่ 3.6.1 การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ

ดังนั้นการจัดการของเสียที่มีค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์สูงๆ ควรมีระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมาใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า หรือกรณีที่จำเป็นอาจเผาทำลายก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเพื่อเปลี่ยนก๊าซมีเทนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในก๊าซชีวภาพให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนต่ำกว่า 25 เท่า ซึ่งวิธีนี้นอกจากจะเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศแล้วยังทำให้เกิดการใช้ประโยชน์ของเสียที่เกิดขึ้นอย่างคุ้มค่าอีกทางหนึ่งด้วย

ตัวอย่างโครงการ

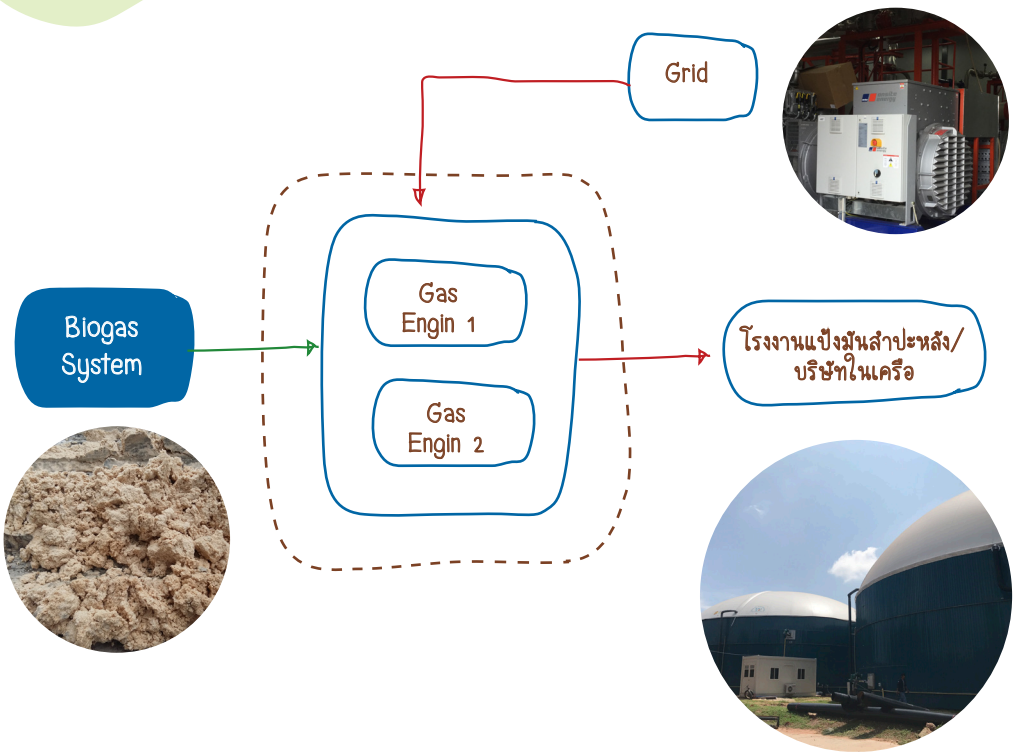
กิจกรรมโครงการ

การนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากกากมันสำปะหลังที่เหลือจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงานแป้งมันสำปะหลังและบริษัทในเครือ ทดแทนการใช้กระแสไฟฟ้าจากสายส่ง

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE-01 Version 01 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่ง

ขอบเขตโครงการ



ที่มา : โครงการผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง ของบริษัท ซีพีพี เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด จังหวัดนครราชสีมา

3.7 เชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) คือ เชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวลซึ่งเป็นสารประกอบไฮโครคาร์บอนที่จัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิดของเชื้อเพลิงชีวภาพจะแบ่งตามโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากการแปรรูปชีวมวลเชื้อเพลิงชีวภาพส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของของเหลวเพื่อความสะดวกในการขนส่ง ชนิดของเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ เอทานอล ไบโอดีเซล น้ำมันจากขยะ ก๊าซไบโอมีเทนอัด โดยสามารถจำแนกตามกระบวนการที่ใช้ผลิต ดังนี้

1) **กระบวนการทางชีวภาพ** คือ การย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ให้เป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์เบนซิน

2) **กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี** คือ การนำน้ำมันจากพืชน้ำมัน เช่น ปาล์ม สบู่ดำ หรือน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว ไปผ่านกระบวนการ transesterification เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซล การนำก๊าซชีวภาพมาปรับปรุงคุณภาพ

3) **กระบวนการใช้ความร้อนสูง** เช่น กระบวนการไพโรไลซิส เป็นวิธีการทำให้ชีวมวลสลายตัวด้วยความร้อนในสภาพไร้ออกซิเจน ได้ผลผลิตเป็นก๊าซผสมไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ และไฮโดรเจน ได้ของเหลวคล้ายน้ำมัน กรดอะซิติก อะซิโตน เมทานอล และได้ของแข็งเป็นถ่านชาร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

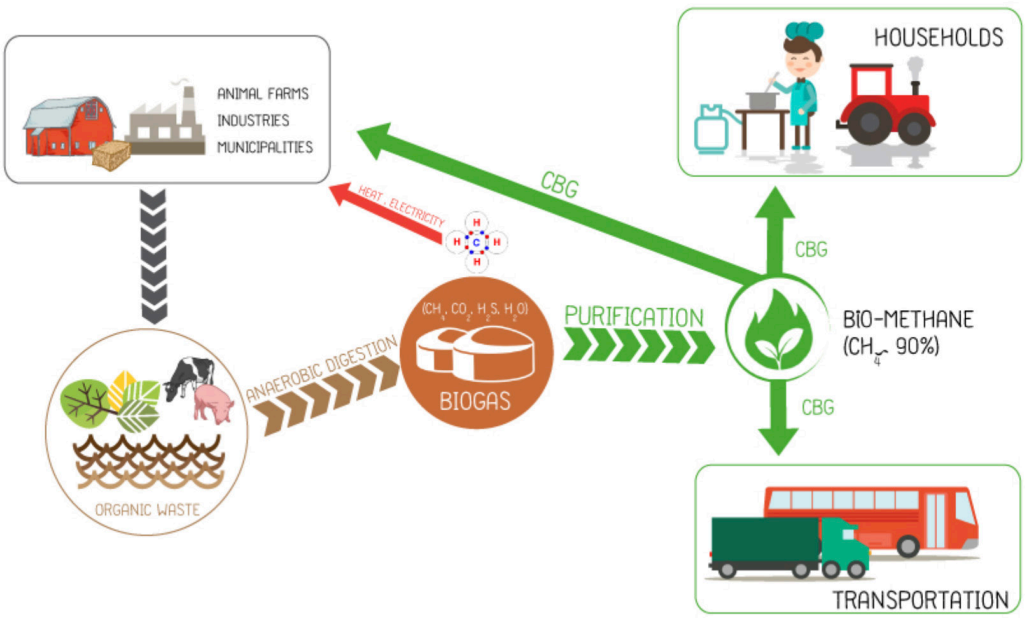
ตารางที่ 3.7.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพ	ที่มา	คุณสมบัติ
เอทานอล (ทดแทน Gasoline/Ethane)	มันสำปะหลัง อ้อย (กากน้ำตาล) โดยยีสต์ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นเอทานอล	มีสถานะเป็นของเหลวระเหยง่าย Ethanol มีค่าความร้อนต่อน้ำหนักเป็นครึ่งหนึ่งของ Gasoline ฉะนั้นต้องใช้เชื้อเพลิง Ethanol จำนวน 2 กิโลกรัม เพื่อให้ได้ความร้อนเท่ากับน้ำมันเบนซิน (Gasoline) 1 กิโลกรัม Ethanolมีการเผาไหม้ที่สะอาดกว่า Gasoline
ไบโอดีเซล (ทดแทน ดีเซล)	น้ำมันพืช ไขสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว ผ่านกระบวนการทางเคมีเกิดเป็นสารที่เรียกว่าเมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester) หรือเอทิลเอสเทอร์ (Ethyl Ester)	Biodiesel มีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับ Diesel แต่มีการเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ซึ่งปล่อยฝุ่นละอองและสารประกอบกำมะถัน (sulfur) น้อยกว่า
ก๊าซไบโอมีเทนอัด CBG : Compressed Biomethane Gas(ทดแทน NGV ก๊าซหุงต้ม)	การนำก๊าซชีวภาพมาปรับปรุงคุณภาพ และนำมาอัดลงถังที่แรงดัน 200 – 250 บาร์เกจ	• นำมาทดแทนก๊าซ NGV ในการเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ได้ • นำมาทดแทนก๊าซ LPG ในภาคครัวเรือน

ตารางที่ 3.7.2 คุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างๆ

น้ำมัน	ซีเทน	ความหนาแน่น ($g.cm^3$)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	จุดวาบไฟ (°C)
ปาล์ม	59.1	0.92	34	182
สบู่ดำ	48.9	0.92	60	135
ละหุ่ง	48.3	0.96	40	260
สาหร่าย	-	0.86	41	115
น้ำมันดีเซล	51	0.85	42	68

ที่มา : ปกรณ์ วินะยานุวัติคุณ. เทคโนโลยีการเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการผลิตไบโอดีเซล. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2 เทคโนโลยีการเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการผลิตไบโอดีเซล



รูปที่ 3.7.1 ตัวอย่างกระบวนการผลิตก๊าซไบโอมีเทนอัด และการนำไปใช้ประโยชน์

ที่มา : http://thaicbg.com/

ตัวอย่างโครงการ

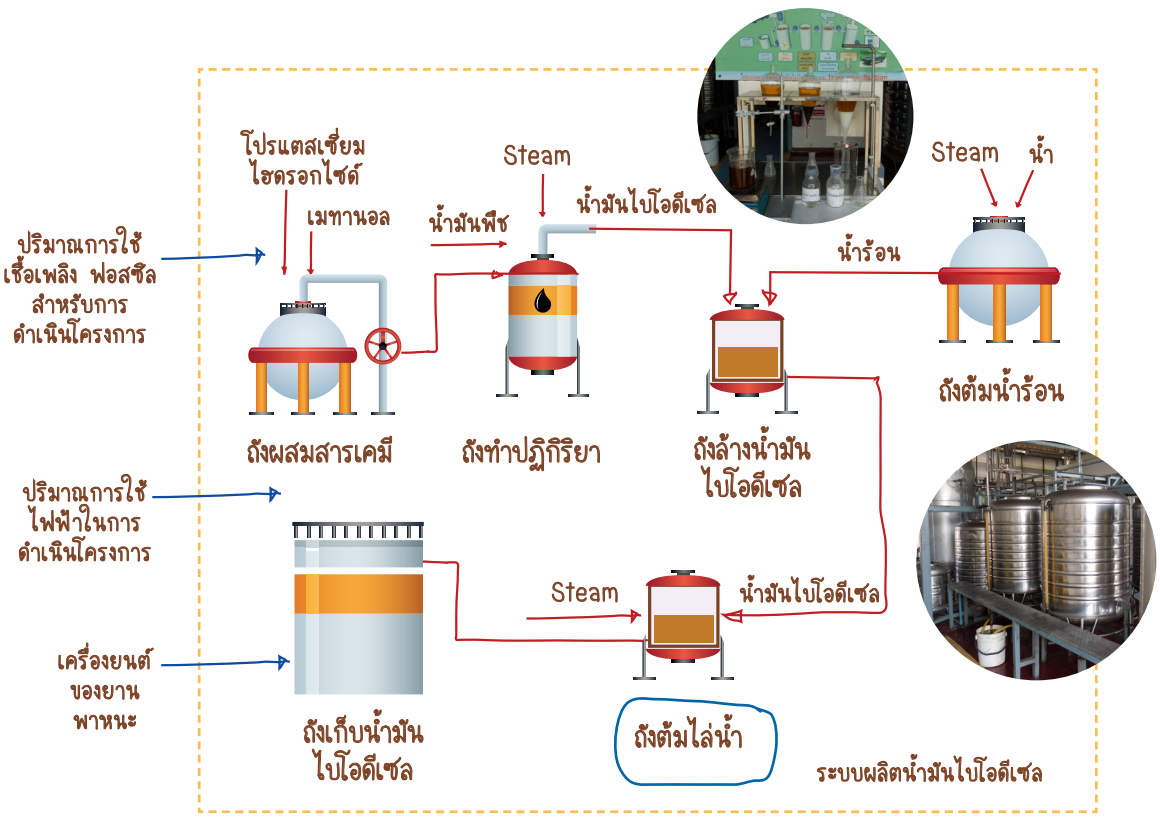
กิจกรรมโครงการ

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจากการผลิตสินค้าของโรงงานอาหารแปรรูป โดยในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและพลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมันเตาและก๊าซธรรมชาติ) ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ส่วนหนึ่งจะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถบรรทุก รถโฟล์คลิฟท์ และรถกระบะ ของบริษัทฯ อีกส่วนหนึ่งจะส่งให้แก่บริษัทภายนอกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-AE-05 Version 01 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะหรือเครื่องจักรกล (Biodiesel Production for Use as Fuel of Vehicle or Machinery)



ที่มา : Biodiesel Production for Use as Fuel of Vehicle by CPF โดย บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี 2559. ปีที่ 15 ฉบับที่ 15 เดือนมกราคม –ธันวาคม 2559.

2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579, กันยายน 2558.

3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์, (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://goo.gl/qWw3gL [22 สิงหาคม 2561].

4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพลมของประเทศไทย,พ.ศ. 2549, จัดทำโดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ม สิงหาคม 2549 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://goo.gl/gtF2c3 [22 สิงหาคม 2561].

5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ศักยภาพรังสีรวม 2552, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project.html [22 สิงหาคม 2561].

6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. โครงการส่งเสริมการผลิตไบโอมีเทนอัดในสถานประกอบการ, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://thaicbg.com/ [22 สิงหาคม 2561].

7. คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. ฐานข้อมูล SPP/VSPP, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.erc.or.th/ERCSPP/default.aspx?x=0&muid=23&prid=41 [22 สิงหาคม 2561].

8. ปกรณ์ วินะยานุวัติคุณ. เทคโนโลยีการเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการผลิตไบโอดีเซล. วารสารวิจัยพลังงาน. ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2554):61-75.

9. พลังงานชีวมว.ล [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://53011711152.blogspot.com/2012/06/blog-post_19.html [22 สิงหาคม 2561].

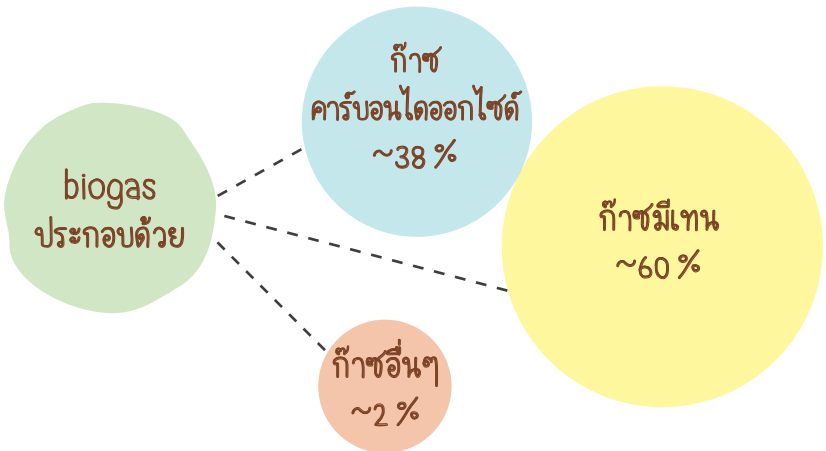
10. สมาคมพลังงานทดแทนชุมชนแห่งประเทศไทย. พลังงานน้ำ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.reca.or.th/library-hydro-power.aspx [22 สิงหาคม 2561].
11. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. 2561 ที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-method/tver-methodology.html
12. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). โครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/ tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project.html [22 สิงหาคม 2561].
13. iEnergyGuru. เชื้อเพลิงชีวภาพ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://goo.gl/2ECkw5 [22 สิงหาคม 2561].

บทที่ 4

การลดก๊าซเรือนกระจก
จากการจัดการของเสีย

4.1 หลักการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสีย

แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลักจากการจัดการของเสีย ได้แก่ การบำบัดน้ำเสีย การฝังกลบ การเผาขยะมูลฝอย และการจัดการของเสียจากภาคปศุสัตว์ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคของเสียเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเสีย ขยะมูลฝอย และของเสียจากภาคปศุสัตว์ แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลัก ได้แก่ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานไฟฟ้าในการดำเนินงาน การปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ เนื่องจากการจัดการของเสียจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรกลในการดำเนินงาน เช่น การใช้เครื่องสูบน้ำ รถบรรทุก รถตัก รถบดอัด เครื่องบดย่อย ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือการใช้พลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้การเผาไหม้ขยะมูลฝอยจะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้องค์ประกอบประเภทพลาสติกในขยะมูลฝอยซึ่งจัดเป็นคาร์บอนฟอสซิล ส่วนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ขยะมูลฝอย หรือมูลสัตว์แบบไร้อากาศจะทำให้องค์ประกอบประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมันถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายกลายเป็นกรดอะมิโน น้ำตาลและกรดไขมันและถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไฮโดรเจน แอมโมเนีย และกรดระเหยง่ายและกลายเป็นก๊าซชีวภาพ (biogas) ในท้ายที่สุด ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 60 ที่เหลือเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดเจนซัลไฟล์ ไนโตรเจน และไอน้ำ



การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย การฝังกลบ การเผาขยะมูลฝอย และการจัดการของเสียจากภาคปศุสัตว์ที่สำคัญ ได้แก่

1. การลดการเกิดก๊าซมีเทนโดยการลดปริมาณของเสียและการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการของเสีย

1.1 การลดปริมาณของเสีย เช่น การลดปริมาณน้ำเสียและขยะมูลฝอย การนำมูลสัตว์ไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำไปตากแห้งและนำไปทำปุ๋ย

1.2 การเปลี่ยนวิธีการบำบัดของเสียจากเดิมที่เป็นแบบไร้อากาศให้เป็นแบบใช้อากาศ เช่น เปลี่ยนไปใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ การนำขยะมูลฝอยมาหมักทำปุ๋ย หรือฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ

2. การรวบรวมก๊าซมีเทนกลับไปใช้ประโยชน์จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดปัญหาโลกร้อนได้มากเนื่องจากก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีค่าศักยภาพที่ทำให้โลกร้อน (GWP) มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า เช่น การรวบรวมก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศไปใช้ประโยชน์ เช่น ผลิตพลังงานความร้อนหรือผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งน้ำเสียต้องมีค่า COD loading ปริมาณมากพอที่จะทำให้เกิดความคุ้มค่าในการดำเนินการ โดยมากจึงดำเนินการกับระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมหรือน้ำเสียจากฟาร์มสุกร เช่น น้ำล้างโรงเรือนสุกร ซึ่งจะมีมูลสุกรเจือปนอยู่มาก นอกจากนี้ยังมีการรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

4.2 การจัดการน้ำเสีย

จากข้อมูลรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559

มาจากน้ำเสียอุตสาหกรรม 17.8 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน | น้ำเสียจากชุมชน 9.9 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน | น้ำเสียจากเกษตรกรรม 3.9 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน

การจัดการน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น โดยทั่วไปน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่จะมีสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง (เช่น ก๋วยเตี๋ยว เศษข้าว น้ำแกง เป็นต้น) การปนเปื้อนฟอสเฟตจากการซักล้าง ทำความสะอาด รวมถึงแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มจากน้ำที่ผ่านบ่อเกรอะ ลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.2.1

ตารางที่ 4.2.1 ลักษณะน้ำเสียชุมชนของประเทศไทย

ประเภทของระบบรวบรวมน้ำเสีย	ลักษณะน้ำเสีย (มก./ล.)			
	บีโอดี	ของแข็งแขวนลอย	ทีเคเอ็น-ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส
ท่อระบายรวม	65-110 (80)	65-110 (80)	10-40 (30)	1-60 (4)
ท่อระบายแยก	(160)	(160)	10-40 (30)	1-60 (4)

หมายเหตุ : ( ) เป็นค่าแนะนำ

ที่มา : ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง เกณฑ์การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ประกาศ ณ วันที่ 5 มีนาคม 2553

ประเทศไทยมีปริมาณน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นและถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย 1.4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 14 ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีอยู่จำนวน 101 แห่ง จากคุณลักษณะน้ำเสียชุมชนที่มีค่าความสกปรกในรูปบีโอดีค่อนข้างต่ำ ดังนั้นแนวทางการจัดการน้ำเสียชุมชนจึงนิยมใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ มีหลักการทำงานดังนี้ จุลินทรีย์แบบใช้อากาศจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แล้วให้ผล ผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแอมโมเนีย (NH_3)

สำหรับประเทศไทยรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสีย

ส่วนใหญ่ เป็นระบบบ่อปรับเสถียร คิดเป็นร้อยละ 45

รองลงมาเป็นระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ร้อยละ 36

ระบบ**สระเติมอากาศ** ระบบ**บึงประดิษฐ์** และระบบ**แผ่นหมุนชีวภาพ** รวมร้อยละ 19

แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 4.2.2

ตารางที่ 4.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	ลักษณะ
ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)	เป็นบ่อดินธรรมดา ไม่มีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ 1) บ่อแอนแอโรบิก/บ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Pond) 2) บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Pond) 3) บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond)

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	ลักษณะ
ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge: AS)	ระบบประกอบไปด้วยถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน โดยในถังเติมอากาศจะมีจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก ที่นิยมใช้มี 2 รูปแบบ 1) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD) ลักษณะของถังเติมอากาศเป็นคูหรือคลองที่สร้างให้เป็นรูปวงรีทำให้น้ำสามารถหมุนเวียนไปมาได้โดยรอบ 2) ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor; SBR) เป็นระบบที่ใช้ถังเติมอากาศ ทำหน้าที่ทั้งการเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วหลังจากนั้นจะหยุดเติมอากาศเพื่อทิ้งให้ตกตะกอนแล้วปล่อยน้ำเสียส่วนใสออก แล้วเริ่มต้นรับน้ำเสียเข้ามาบำบัดใหม่
ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ที่มา: http://www.aqua-aerobic.com/	เป็นบ่อที่มีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศแบบผิวน้ำ โดยทั่วไปมักก่อสร้างเป็นบ่อดินแล้วดาดคอนกรีต เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกน้อยๆ
ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) ที่มา: http://www.chaipat.or.th	จะใช้พืชกำจัดธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำเสีย เหมาะสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว

รูปที่ 4.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	ลักษณะ
ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor: RBC)	มีหลักการในการบำบัดน้ำเสียแบบจุลินทรีย์เกาะผิวของตัวกลาง (แผ่นทรงกลมซ้อนกันหลายๆ แผ่น) ระบบจะหมุนทำให้จุลินทรีย์สัมผัสน้ำเสียและเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียสลับกับการรับออกซิเจน (อากาศ)

การจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม

คุณลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรมจะขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรมการผลิตนั้นๆ ดังนั้นแนวทางการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมส่วนใหญ่แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

1) บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี เช่น โรงฟอกย้อม โรงงานกระดาษ
2) บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โรงงานผลิตน้ำตาล

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นภายในบ่อ ดักจับสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย หรือทำให้ตกตะกอน โดยใช้ปฏิกิริยาเคมี เช่น การรวมตะกอน การตกตะกอน การแลกเปลี่ยนประจุ เป็นต้น

ตารางที่ 4.2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

กระบวนการ	หลักการทำงาน
การรวมตะกอน (Chemical Coagulation)	เป็นการใช้สารเคมีเพื่อทำปฏิกิริยาให้ตะกอนรวมตัวและมีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อตกตะกอนได้ง่ายขึ้น เช่น สารส้ม (Aium) ปูนขาว (Lime) เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) เป็นต้น

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	ลักษณะ
การทำให้เป็นกลางหรือการปรับพีเอช (Neutralization)	น้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ หรือเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาว โซดาไฟ หรือโซดาแอช ส่วนน้ำเสียที่มีค่าพีเอชสูงหรือเป็นด่างสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรด เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ
การฆ่าเชื้อ (Disinfection)	เช่น การเติมโอโซน (Ozonation) การใช้คลอรีน (Chlorine)
การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange)	การแลกเปลี่ยนประจุ มักใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย และใช้ในการกำจัดความกระด้าง (Hardness) โดยสารแลกเปลี่ยนไอออนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ซีโอไลด์ (Zeolite) และเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin)
ออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (Oxidation-Reduction)	เป็นการเติมสารเคมีเพื่อเปลี่ยนสารมลพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ สารออกซิไดซ์ เช่น โอโซน ออกซิเจน คลอรีน ในรูปต่างๆ สารรีดิวซ์ เช่น เกลือซัลไฟด์ เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

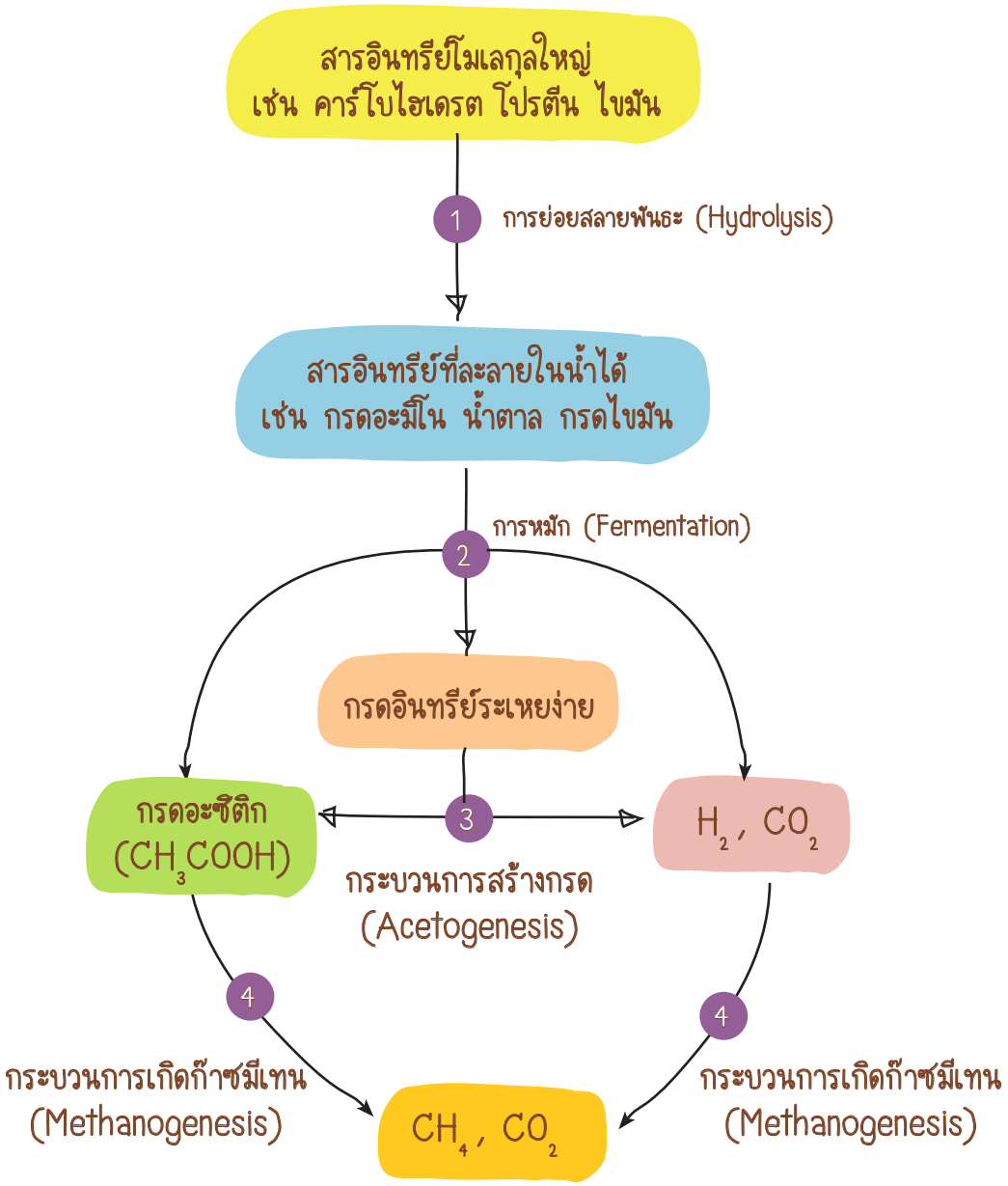
การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพ

น้ำเสียจากกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โรงงานน้ำตาล โรงงานสุรา เป็นต้น มาจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น มันสำปะหลัง ปาล์ม อ้อย กากน้ำตาล ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีค่าสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง (ค่าความสกปรกในรูปซีโอดี 10,000-100,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) จึงนิยมใช้ระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพแบบไร้อากาศ (Anaerobic Biological Treatment Process)

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไร้อากาศเป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารและสารตั้งต้นเพื่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ และได้ผลผลิตเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมที่หัวข้อพลังงานทดแทน

ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศมีรายละเอียดดังนี้ (ดังรูปที่ 4.2.2)

1) กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน
2) กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis) แบคทีเรียพวกสร้างกรดจะทำหน้าที่เปลี่ยนผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ไปเป็นกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid: VFA)
3) กระบวนการสร้างกรดอะซิติก (Acetogenesis) โดยแบคทีเรียกลุ่มอะซีโตจีนิก (Acetogenic Bacteria) จะเปลี่ยนกรดไขมันระเหยให้เป็นกรดอะซิติก กรดฟอร์มิก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน
4) กระบวนการสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenesis) โดยแบคทีเรียกลุ่มสร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ชนิดแรก คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน (hydrogenotrophic bacteria) โดยได้คาร์บอนมาจากคาร์บอนไดออกไซด์และได้พลังงานจากไฮโดรเจน ชนิดที่สอง คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจากกรดอะเซติก (acetotrophic bacteria) ซึ่งใช้อะเซเตดเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน



รูปที่ 4.2.2 ขั้นตอนและปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพ

ที่มา : http://www.greenenergynet.net/th/biogas-system/

ตารางที่ 4.2.4 ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไร้อากาศ

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไร้อากาศ	ลักษณะ
บ่อหมักไร้อากาศ (Covered Lagoon)	เป็นบ่อดิน หรือบ่อดาดคอนกรีต ที่มีการคลุมด้วยแผ่นวัสดุเพื่อให้เกิดสภาพไร้อากาศและเป็นที่เก็บรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นด้วย เช่น แผ่นพลาสติก HDPE หรือ PVC เป็นต้น
บ่อคลุมแบบดัดแปลง (Modified Covered Lagoon : MCL)	ลักษณะคล้ายกับบ่อ Covered Lagoon โดยมีการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของตะกอน แบคทีเรียกับน้ำเสียให้มากขึ้น และพัฒนาระบบการดึงกากตะกอนภายในออกจากบ่อ
ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket : UASB)	เป็นระบบที่น้ำเสียไหลเข้าจากด้านล่างของบ่อ เพื่อให้น้ำเสียไหลผ่านชั้นตะกอน (Sludge Blanket) และมีระบบแยกก๊าซชีวภาพกับตะกอนออกจากกัน

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไร้อากาศ	ลักษณะ
ระบบ CSTR (Completely Stirred-Tank Reactor) ที่มา: http://www.greenenergynet.net/th/biogas-technologies/	เป็นระบบที่มีการกวนผสมภายในถังปฏิกรณ์อย่างทั่วถึง โดยอาศัยการกวนผสม เทคโนโลยีดังกล่าวเป็นกระบวนการย่อยสลายที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากการกวนผสมจะเป็นการปรับปรุงการสัมผัสมวลสารระหว่างสารอาหารกับจุลินทรีย์ภายในถังปฏิกรณ์ และป้องกันการเกิดเศษตะกอนลอยที่ระดับน้ำ (Scum) รวมทั้งป้องกันการตกตะกอน (Sediment) ด้านล่างของถังปฏิกรณ์ นอกจากนี้แล้วยังช่วยลดความเข้มข้นของสารอาหารให้มีค่าลดลงจนไม่ก่อปัญหาเป็นพิษต่อระบบ

รูปที่ 4.2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไร้อากาศ

ตารางที่ 4.2.5 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร			
	ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม.)[1]	ทดแทนน้ำมันเตาเกรดเอ (ลิตร) [2]	ทดแทนก๊าซหุงต้ม (กิโลกรัม) [2]	ทดแทนก๊าซหุงต้ม (กิโลกรัม) [2]
ผลิตแป้งมันสำปะหลัง	7.83	14.24	17.02	6.53
สกัดน้ำมันปาล์ม	26.92	48.95	58.52	22.43
ผลิตเอทานอล	29.63	53.87	64.41	24.69
แปรรูปอาหาร	1.82	3.31	3.96	1.52
ผลิตน้ำยางข้น	2.67	4.85	5.80	2.23

หมายเหตุ : [1]โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม, 2555

[2] ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนน้ำมันเตาเกรดเอ 0.55 ลิตร หรือก๊าซหุงต้ม 0.46 กิโลกรัม หรือพลังงานไฟฟ้า 1.2 กิโลวัตต์ชั่วโมง

วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้

บ่อบำบัดน้ำเสียที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ บ่อบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพแบบไร้อากาศซึ่งจะผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีค่าศักยภาพทำให้โลกร้อน (Global warming potential: GWP) มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า ดังนั้นรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น คือ มีการกักเก็บและรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น แล้วนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลายทิ้ง

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพของระบบบำบัด ประเภทของระบบบำบัด

ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย (กก. CH_4/กก.COD)
บ่อที่มีความลึกน้อยกว่า 2 เมตร	0.05
บ่อที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตร	0.2
บ่อหมักแบบไร้อากาศ เช่น UASB MCL	0.2

ที่มา : โดยที่ ค่า B_O = 0.25 kg CH_4/kg CoD และ MCF ตามตารางที่ 6.8 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

สำหรับการประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมโครงการ ตัวอย่างดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) มีการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดแบบไร้อากาศ 2) มีการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ หรือเผาทำลาย สำหรับการนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์ เช่น ผลิตความร้อน ผลิตไฟฟ้า สามารถดูรายละเอียดเพิ่มได้ที่บทที่ 3.2
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	คิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ โดยคิดจากปริมาณสารอินทรีย์ (COD Loading) ที่ถูกย่อยไปเป็นก๊าซมีเทน

$BE_y = BE_{ww,treatment,y}$ ..... สมการที่ 4-1

โดยที่

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปีที่ y (tCO_2e/year)

$BE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (tCO_2e/year)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

$$BE_{ww,treatment,y} = Q_{ww,PJ,y} \times (COD_{inf,PJ,y} - COD_{eff,PJ,y}) \times MCF_{BL} \times UF_{BL} \times B_o \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$$

.....สมการที่ 4-2

โดยที่

$BE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (tCO_2e/year)

$Q_{ww,PJ,y}$ = ปริมาณน้ำเสียของโครงการที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (m^3/year)

$COD_{inf,PJ,y}$ = ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (mg/l)

$COD_{eff,PJ,y}$ = ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (mg/L)

MCF_{BL} = ค่า Methane Correction Factor ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน

UF_{BL} = ค่า Model correction factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน (0.89)

B_o = อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ($kgCH_4/kgCOD_{removal}$)

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการรั่วไหลจากระบบผลิต/กักเก็บและจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3และสมการที่ 1-5

$PE_y = PE_{leak,y} + PE_{flare,y} + PE_{FF,y} + PE_{EL,y}$ .....สมการที่ 4-3

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{leak,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลจากระบบเก็บรวมรวม/กักเก็บในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{flare,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

$PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลจากระบบเก็บรวมรวม/กักเก็บ

$PE_{leak,y} = Q_{ww,PJ,y} \times (COD_{inf,PJ,y} - COD_{eff,PJ,y}) \times MCF_{PJ} \times (1-CFE) \times UF_{PJ} \times B_o \times GWP_{CH4,y} \times 10^{-6}$ .....สมการที่ 4-4

โดยที่

$PE_{leak,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลจากระบบเก็บรวมรวม/กักเก็บในปี y (tCO_2e/year)

$Q_{ww,PJ,y}$ = ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด ในปีที่ y (m_3/year)

$COD_{inf,PJ,y}$ = ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (mg/l)

$COD_{eff,PJ,y}$ = ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในปี y (mg/l)

MCF_{PJ} = ค่า Methane Correction Factor สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ

CFE = ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บก๊าซมีเทนสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ

UF_{PJ} = ค่า Model correction factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ (1.12)

B_o = อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ($kgCH_4$/kgCOD removal)

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพ

$PE_{flare,y} = V_{CH4,biogas,y} \times (1 - FE) \times GWP_{CH4}$ .....สมการที่ 4-5

โดยที่

$PE_{flare,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทำลายก๊าซชีวภาพในปี y (tCO_2e/year)

$V_{CH4,biogas,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่เข้าสู่ระบบเผาทำลาย ในปี y (tCH_4/year)

FE = ค่าประสิทธิภาพในการเผาทำลายก๊าซมีเทนของระบบเผาทำลาย

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ

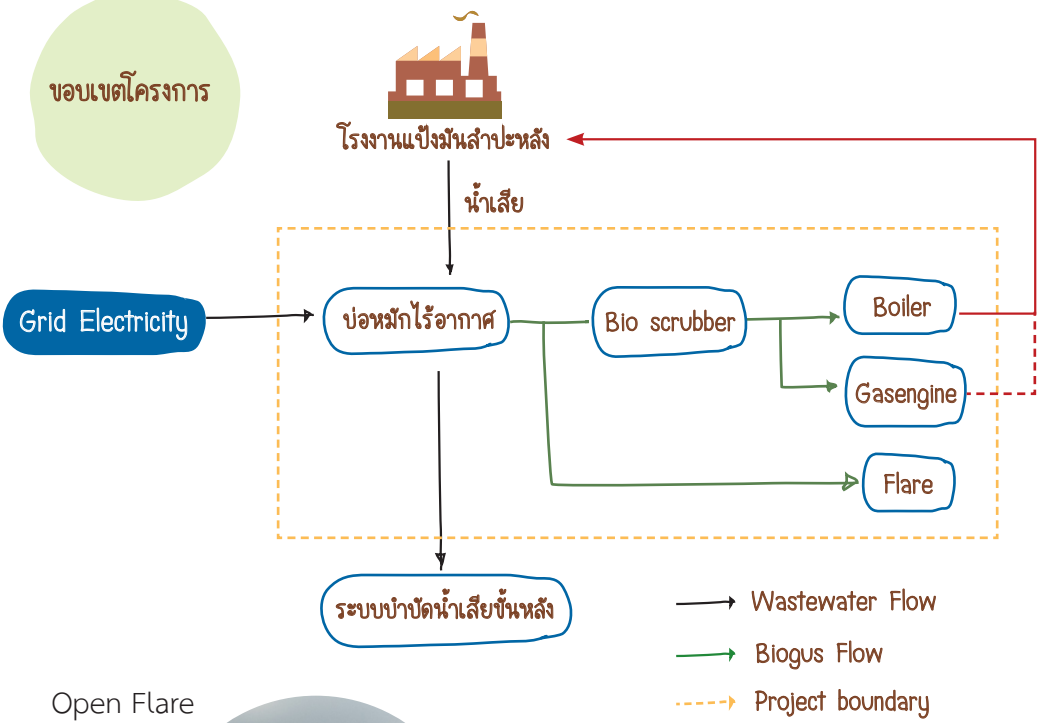
นำน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ Modified Covered Lagoon แทนระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิด เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) ซึ่งผลิตพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการอบแป้งมันสำปะหลังทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ผลิตพลังงานไฟฟ้า (Gas Engine)

ก๊าซชีวภาพที่เหลือจากการใช้งานจะถูกนำไปเผาทำลายที่ Open Flare ทำให้สามารถบริหารจัดการน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-WM-01 Version 03 การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย

ขอบเขตโครงการ



Open Flare

บ่อหมักไร้อากาศ

โครงการกักเก็บและใช้ประโยชน์จากก๊าซมีเทน โดย บริษัท อีทีซี ไบโอพาวเวอร์ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ. ศ. 2559. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=pcdreport-59final [22 สิงหาคม 2561].
2. กรมควบคุมมลพิษ. ระบบบำบัดน้ำเสีย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html [22 สิงหาคม 2561].
3. สำนักงานโยบายและแผนพลังงาน. โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ปี 2555 (ปีที่ 5) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/thaibiogas/index2.php [22 สิงหาคม 2561].
4. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. 2561 ที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-method/tver-methodology.html
5. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). โครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project.html [22 สิงหาคม 2561].

4.3 การลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

ข้อมูลจากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560 แสดงให้เห็นถึงอัตราการเกิดขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มจาก 1.03 กิโลกรัม/คน/วัน ในปี พ.ศ. 2551 เป็น 1.13 กิโลกรัม/คน/วัน ในปี พ.ศ. 2560 วิธีการจัดการหลักที่ใช้ในการจัดการขยะมูลฝอย ได้แก่ การฝังกลบ การหมักทำปุ๋ย การเผาในเตาเผา

หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลักเนื่องจากเมื่อขยะอินทรีย์ ได้แก่ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้ เกิดการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (anaerobic decomposition) จะทำให้เกิดก๊าซมีเทน หากขยะมูลฝอยมีองค์ประกอบของขยะอินทรีย์มาก ค่าความชื้นของขยะมูลฝอยสูง และหลุมฝังกลบมีสภาวะไร้อากาศมาก สภาวะไร้อากาศในหลุมขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นขยะมูลฝอย การกลบด้วยดิน/การบดอัดจะทำให้มีสภาวะไร้อากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนยังขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของหลุมฝังกลบอีกด้วย การลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การลดการฝังกลบ เนื่องจากการฝังกลบขยะมูลฝอยทำให้สูญเสียพื้นที่ที่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นและก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น มลภาวะกลิ่น การปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ความเสี่ยงจากการเกิดไฟไหม้จากการลุกติดไฟของก๊าซมีเทนที่สะสมอยู่ในหลุมฝังกลบ ปัญหาการต่อต้านจากชุมชน จึงทำให้ยากต่อการจัดหาพื้นที่ใหม่ที่จะพัฒนาเป็นหลุมฝังกลบเพิ่มเติม

วิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกที่ควรดำเนินการ ได้แก่ การลดปริมาณขยะมูลฝอย และการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีผสมผสาน มาตรการภายใต้แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559–2564) ได้กำหนดให้ลดอัตราการเกิดขยะมูลฝอย (waste prevention and minimization) โดยใช้หลักการ 3Rs การจัดให้มีศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (cluster) และการกำจัดขยะมูลฝอยแบบผสมผสานและแปรรูปผลิตเป็นพลังงาน หรือการคัดแยกเพื่อผลิตเชื้อเพลิง

ขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) โดยเสนอให้พื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ใช้เตาเผาซึ่งสามารถรองรับปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า 300 ตัน/วัน สำหรับหลุมฝังกลบขนาดใหญ่ซึ่งมีขยะมูลฝอยมาฝังกลบอย่างต่อเนื่อง สามารถวางท่อเพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ส่วนกลุ่มพื้นที่ชุมชนขนาดกลางให้ใช้ระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน อาทิ การทำปุ๋ยอินทรีย์ การนำขยะอินทรีย์มาผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิง (RDF) และนำขยะมูลฝอยส่วนที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ไปกำจัดโดยฝังกลบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ส่วนกลุ่มพื้นที่ชุมชนขนาดเล็กซึ่งรองรับปริมาณขยะมูลฝอยน้อยกว่า 50 ตัน/วัน ให้ใช้ระบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน อาทิ การทำปุ๋ยอินทรีย์อย่างง่าย การผลิตเชื้อเพลิง (RDF) ปัจจัยหลักในการเลือกวิธีการจัดการที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย ระยะทางขนส่งระหว่างจุดที่จัดเก็บขยะมูลฝอยกับสถานที่กำจัด รายละเอียดของวิธีจัดการขยะมูลฝอยที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสรุปได้ ดังนี้

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการจัดการขยะมูลฝอย มีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ (Landfill gas recovery) มาผลิตพลังงานไฟฟ้า
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. มีระบบรวบรวมก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) ที่สามารถรวบรวมก๊าซมีเทนมาใช้ประโยชน์ได้ หรือมีระบบหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศ 2. มีการนำก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้ไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานหรือเผาทำลาย
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศที่ถูกรวบรวมและนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานความร้อน หรือนำมาเผาทำลาย โดยใช้สมการคำนวณ ดังนี้ $BE_y = BE_{CH4,EG,y} + BE_{CH4,HG,y} + BE_{CH4,flare,y}$ ..... สมการที่ 4-6 โดยที่ BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year) $BE_{CH4,EG,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศและนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2e/year) $BE_{CH4,HG,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศและนำมาใช้ผลิตพลังงานความร้อนในปี y (tCO_2e/year) $BE_{CH4,flare,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศและนำมาเผาทำลายในปี y (tCO_2e/year)

กิจกรรมโครงการ	การรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ (Landfill gas recovery) มาผลิตพลังงานไฟฟ้า

$BE_{CH4,EG,y}$ = $(1\text{-}OX) \times ((EG_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times 3{,}600 \times D_{CH4} / (NCV_{CH4} \times EFF_{EG})) \times GWP_{CH4}$ ..... สมการที่ 4-7

โดยที่

$BE_{CH4,EG,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศและนำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี y (tCO_2e/year)

OX = ค่า Oxidation Factor (สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศ ในปี y (kWh/year)

3,600 = แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วย (1 MWh = 3,600 MJ)

D_{CH4} = ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทน(tCH_4/Nm^3CH_4)

NCV_{CH4} = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value)ของก๊าซมีเทน (MJ/Nm^3)

EFF_{EG} = ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)

$BE_{CH4,HG,y}$ = $(1\text{-}OX) \times ((HG_{PJ,yx} D_{CH4} / (NCV_{CH4} \times EFF_{HG,y})) \times GWP_{CH4,y}$ ..... สมการที่ 4-8

โดยที่

$BE_{CH4,HG,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศและนำมาใช้ผลิตพลังงานความร้อนในปี y (tCO_2e/year)

OX = ค่า Oxidation Factor (สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ)

$HG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศ ในปี y (MJ/year)

กิจกรรมโครงการ	การรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ (Landfill gas recovery) มาผลิตพลังงานไฟฟ้า
	NCV_{CH4} = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของก๊าซมีเทน (MJ/Nm^3) EFF_{HG} = ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของระบบผลิตความร้อน GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4) $BE_{CH4,flare,y} = (1\text{-}OX) \times V_{CH4,biogas,y} \times FE \times GWP_{CH4}$ ..... สมการที่ 4-9 โดยที่ $BE_{CH4,flare,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนหรือการหมักขยะมูลฝอยชุมชนแบบไร้อากาศและนำมาเผาทำลายในปี y (tCO_2e/year) OX = ค่า Oxidation Factor (สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ) $V_{CH4,biogas,y}$ = ปริมาณก๊าซมีเทนที่เขาสู่ระบบเผาทำลายในปี y (tCH_4/year) FE = ค่าประสิทธิภาพในการเผาทำลายก๊าซมีเทนของระบบเผาทำลาย GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การหมักทำปุ๋ย/สารปรับปรุงสภาพดิน (Composting)
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. มีการคัดแยกและรวบรวมขยะอินทรีย์ 2. มีระบบหมักทำสารปรับปรุงสภาพดิน 3. หากระยะทางการขนส่งขยะอินทรีย์อยู่นอกรัศมีมากกว่า 200 กิโลเมตร ต้องประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายนอกขอบเขตโครงการจากการขนส่งขยะอินทรีย์
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ ขยะอินทรีย์ที่นำมาทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงดินหมัก อาทิ อาหาร (เศษผัก ผลไม้) กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน $BE_{CH4,SWDS,y} = W_y \times (P_{ไม้,y} \times 4.02 + P_{กระดาษ,y} \times 3.72 + P_{อาหาร,y} \times 1.00 + P_{สิ่งทอ,y} \times 2.23 + P_{กิ่งไม้และใบไม้,y} \times 1.68) \times CF \times 0.1$ ..... สมการที่ 4-10 โดยที่ $BE_{CH4,SWDS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน(CH4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e) W_y = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y (t น้ำหนักเปียก) $p_{ไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทไม้ในปี y $p_{กระดาษ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกระดาษในปี y $p_{อาหาร,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทอาหารในปี y $P_{สิ่งทอ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทสิ่งทอในปี y $P_{กิ่งไม้และใบไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในปี y

CF = แฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีค่าต่างกันตามค่า MCF ดังนี้

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า MCF	CF
มีระบบจัดการ การกลบทับและระบบกันซึม	1	6.38
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8	5.10
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)	0.5	3.19
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4	2.55

โดยให้เลือกใช้ค่า MCF ตามวิธีการฝังกลบที่ใช้อยู่เดิมก่อนการดำเนินโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การหมักทำปุ๋ย/สารปรับปรุงสภาพดิน (Composting)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	$P_{Ey} = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{COMP,y} + PE_{ww,treatment,y}$ ..... สมการที่ 4-11 โดยที่ PE_{y} = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{COMP,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักขยะอินทรีย์ในปี y (tCO_2e/year) $PE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5 $PE_{COMP,y} = W_y \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O})$ ..... สมการที่ 4-12 โดยที่ $PE_{COMP,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการหมักขยะอินทรีย์ในปี y (tCO_2e/year) W_y = ปริมาณขยะอินทรีย์ในปี y (t น้ำหนักเปียก) EF_{CH_4} = ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์ (tCH_4/t น้ำหนักเปียก) (0.002 tCH_4/t น้ำหนักเปียก) GWP_{CH_4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4) EF_{N_2O} = ค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการหมักขยะอินทรีย์ (tN_2O/t น้ำหนักเปียก) (0.0002 tN_2O/t น้ำหนักเปียก) GWP_{N_2O} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซไนตรัสออกไซด์ (tCO_2e/tN_2O)

กิจกรรมโครงการ	การหมักทำปุ๋ย/สารปรับปรุงสภาพดิน (Composting)
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจะพิจารณาเฉพาะกรณีที่ความลึกของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมากกว่า 2 เมตร $PE_{ww,treatment,y} = Q_{ww,PJ,y} \times (COD_{inf,PJ,y} - COD_{eff,PJ,y}) \times MCF_{PJ} \times UF_{PJ} \times B_o \times GWP_{CH4} \times 10^{-6}$ ..... สมการที่ 4-13 โดยที่ $PE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year) $Q_{ww,PJ,y}$ = ปริมาณน้ำเสียของโครงการที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (m^3/year) $COD_{inf,PJ,y}$ = ค่าเฉลี่ยCOD ของน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (mg/l) $COD_{eff,PJ,y}$ = ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (mg/l) MCF_{PJ} = ค่า Methane Correction Factor ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ UF_{PJ} = ค่า Model Correction Factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโครงการ (1.12) B_o = อัตราการสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ($kgCH_4$/kgCOD removal) GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	พิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกรณีที่ระยะทางการขนส่งขยะอินทรีย์อยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-58

กิจกรรมโครงการ	การหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการรวบรวมก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1. มีการบำบัดขยะอินทรีย์ด้วยระบบบำบัดแบบไร้อากาศ 2. ระบบหมักสามารถรองรับขยะอินทรีย์ได้ไม่เกิน 10 ตันต่อวัน 3. มีการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 4-10 ขยะอินทรีย์ที่นำมาทำหมักแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ อาทิ อาหาร (เศษผัก ผลไม้) กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{CH_4,y}$ ..... สมการที่ 4-14 โดยที่ PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year) $PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year) $PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year) $PE_{CH_4,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year)

กิจกรรมโครงการ	การหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) และการรวบรวมก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์
	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5 $PE_{CH4,y} = W_y \times EF_{CH4} \times GWP_{CH4}$ ..... สมการที่ 4-15 โดยที่ PE_{CH4} = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศในปี y (tCO_2e/year) W_y = ปริมาณขยะอินทรีย์ในปี y (t น้ำหนักเปียก) EF_{CH4} = ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ (tCH_4/t น้ำหนักเปียก) (0.001 tCH_4/t น้ำหนักเปียก) GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทนในปี y (tCO_2e/tCH_4)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

กิจกรรมโครงการ	การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF)
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	นำขยะมูลฝอยชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 4-10 ขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาผลิต RDF อาจมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบอาทิ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{ww,treatment,y}$ ..... สมการที่ 4-16 โดยที่ PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3และสมการที่ 1-5 ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจะพิจารณาเฉพาะกรณีที่ความลึกของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมากกว่า 2 เมตร ($PE_{ww,treatment,y}$) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 4-13
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	พิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกรณีที่ระยะทางการขนส่งขยะอินทรีย์อยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-58

กิจกรรมโครงการ	เตาเผาขยะมูลฝอย (incinerator)
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	มีเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนที่มีระบบบำบัดที่ทำให้อากาศที่ผ่านปล่องออกสู่บรรยากาศมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้น จะคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ ขยะอินทรีย์ที่ถูกนำไปเผาในเตาเผา อาทิ ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,}y + PE_{COM,INC,y} + PE_{ww,treatment,y}$ ..... สมการที่ 4-17 โดยที่ PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{COM,INC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้คาร์บอนจากฟอสซิลในขยะมูลฝอยชุมชน ในปี y (tCO_2e/year) $PE_{ww,treatment,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ในปี y (tCO_2e/year)

กิจกรรมโครงการ	เตาเผาขยะมูลฝอย (incinerator)
	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,}y$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5 $PE_{COM,INC,y} = EF_F \times 44/12 \times \sum_j W_y \times p_{j,y} \times dm_{j,y} \times FCC_{j,y} \times FF_{Cj,y}$ ..... สมการที่ 4-18 โดยที่ $PE_{COM,INC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้คาร์บอนจากฟอสซิลในขยะมูลฝอยชุมชน ในปี y (tCO_2e/year) EF_F = ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผา (Default 1.0) 44/12 = ปรับค่าคาร์บอนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ j = ประเภทขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน W_y = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (t น้ำหนักเปียก) $p_{j,y}$ = สัดสวนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j ในปี y $d_{mj,y}$ = สัดสวนของมวลแหงในขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j ในปี y $FCC_{j,y}$ = สัดส่วนของคาร์บอนทั้งหมดในขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j ในปี y $FFC_{j,y}$ = สัดส่วนของคาร์บอนจากฟอสซิลเมื่อเทียบกับคาร์บอนทั้งหมดในขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j ในปี y การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศจะพิจารณาเฉพาะกรณีที่ความลึกของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมากกวา 2 เมตร สามารถคำนวณได้โดยใชสมการที่ 4-13
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	พิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกรณีที่ระยะทางการขนส่งขยะอินทรีย์อยู่นอกรัศมี 200 กิโลเมตร สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2-58

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ

การนำก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบมาผลิตพลังงานไฟฟ้า

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-WM-07 Version 02 การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย

ขอบเขตโครงการ

- บ่อเก็บก๊าซชีวภาพที่รวบรวมได้จากหลุมฝังกลบ

- ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซภาพ

ที่มา : โครงการรวบรวมก๊าซจากหลุมฝังกลบมาผลิตพลังงานไฟฟ้า ท่าเชียงทอง

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ

การนำเศษกิ่งไม้ใบไม้จากการปรับปรุงตกแต่งต้นไม้ บริเวณสวนสาธารณะ หรือเกาะกลางถนนจากเขตพื้นที่ต่าง ๆ ในความรับผิดชอบของกรุงเทพมหานคร มาหมักร่วมกับกากตะกอนที่ได้จากกระบวนการกำจัดสิ่งปฏิกูล เป็นระยะเวลา 45-60 วัน จากนั้นนำไปอบเพื่อฆ่าเชื้อโรค คัดแยก และลดขนาดปุ๋ย ก่อนบรรจุถุงเพื่อใช้ในกิจการสวนสาธารณะของกรุงเทพมหานคร

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก T-VER-METH-WM-03 Version 02 การผลิตปุ๋ยจากขยะอินทรีย์

ที่มา : โครงการปุ๋ยอินทรีย์จากเศษกิ่งไม้ และใบไม้ กรุงเทพมหานคร

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ

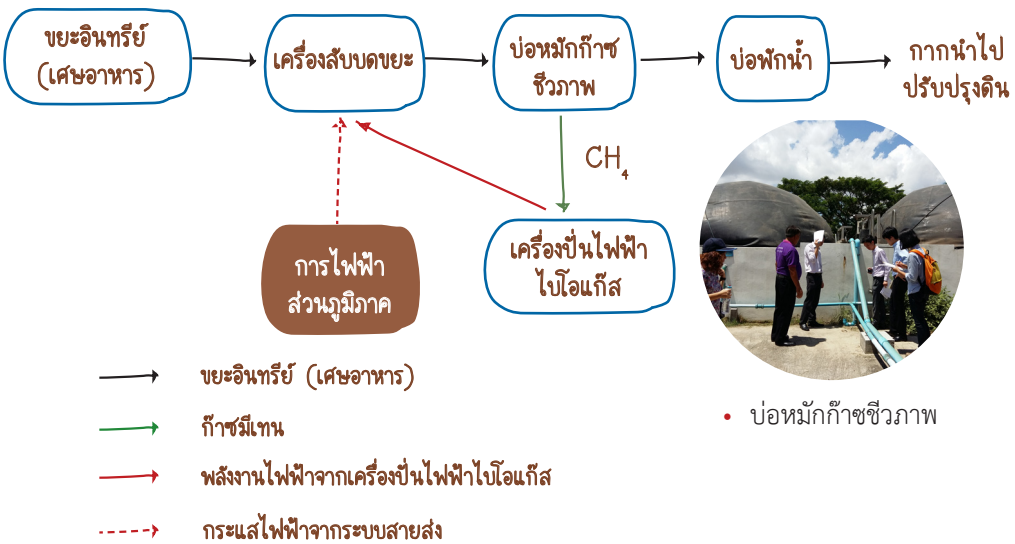
เทศบาลตำบลโคกกรวด อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ได้รวบรวมเศษอาหารจากถังที่ใช้จัดเก็บเศษอาหารโดยเฉพาะที่ตั้งไว้ที่ร้านค้าและบ้านเรือนมาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้กับเครื่องบดย่อยเศษอาหาร

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-WM-06 Version 02 การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศขนาดเล็ก

ขอบเขตโครงการ

- การบดเศษอาหารจากครัวเรือนของเทศบาลตำบลโคกกรวดเพื่อนำไปหมักแบบไร้อากาศ



- บ่อหมักก๊าซชีวภาพ

หมายเหตุ : โครงการฯ จะใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง กรณีเครื่องปั่นไฟฟ้าไบโอแก๊สไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ เท่านั้น

ที่มา : โครงการการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ชุมชนภายในเขตเทศบาลตำบลโคกกรวดตำบลโคกกรวด

ตัวอย่างโครงการ

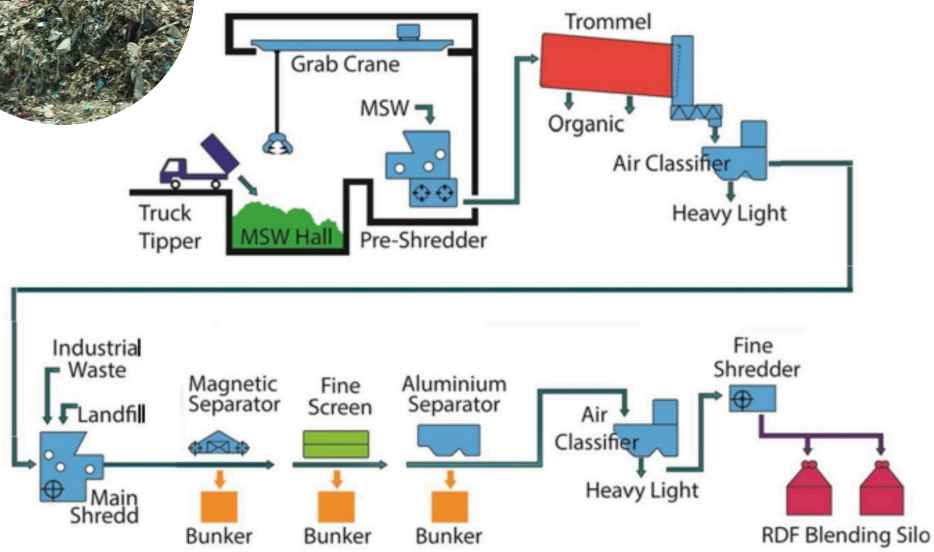
กิจกรรมโครงการ

การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยที่ได้จากกระบวนการคัดแยกและลดขนาด ซึ่งประกอบด้วย การคัดแยกโดยใช้เครื่องร่อน (trommel) เครื่องแยกด้วยลม และลดขนาดด้วยเครื่องสับหยาบ แยกเศษเหล็กออกโดยใช้แม่เหล็ก ก่อนผ่านตะแกรงละเอียดเข้าสู่เครื่องแยกอลูมิเนียมและเครื่องแยกด้วยลม และเข้าสู่เครื่องสับละเอียดซึ่งขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการจะมีค่าความร้อนที่เหมาะสมที่จะใช้ผลิตเชื้อเพลิงขยะ

ขอบเขตโครงการ

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-WM-04 Version 02 การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน



- ระบบผลิตเชื้อเพลิงขยะ

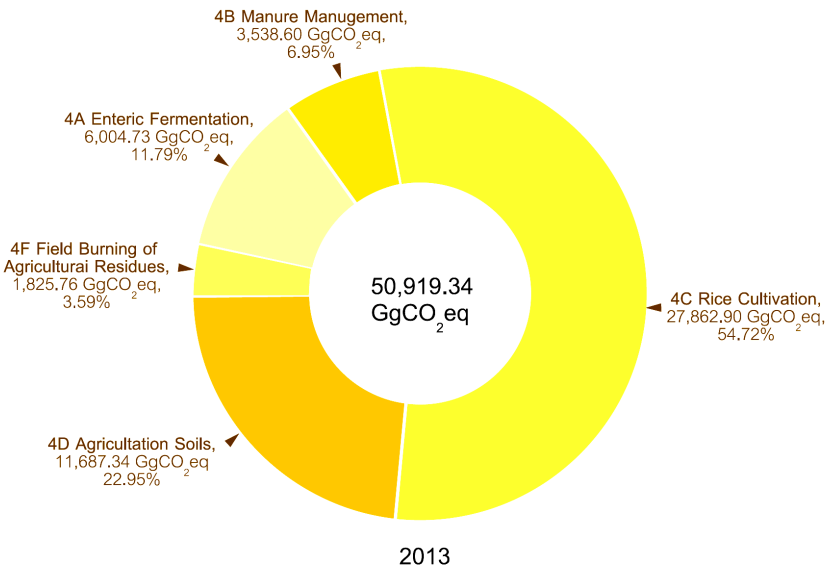
ที่มา : โครงการการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน ของบริษัท ทีพีไอ โพลีน เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ. ศ. 2560. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=pcdreport2560 [22 สิงหาคม 2561].
2. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. 2561 ที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-method/tver-methodology.html
3. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). โครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project.html [22 สิงหาคม 2561].

4.4 การจัดการของเสียจากปศุสัตว์

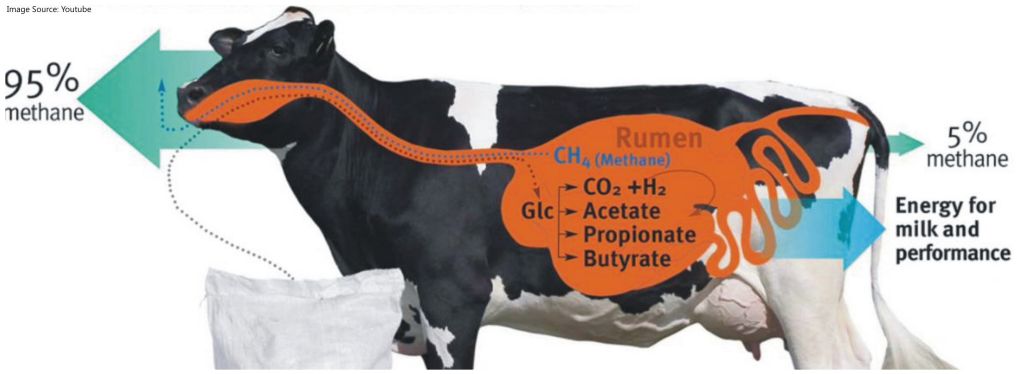
ปศุสัตว์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยมีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักมาจาก 2 แหล่งด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักในกระเพาะของสัตว์ และจากมูลและปัสสาวะของสัตว์ ซึ่งข้อมูลรายงานความก้าวหน้ารายสองปี (Biennial Update Report: BUR) ฉบับที่สอง ปี พ.ศ. 2556 พบว่าปศุสัตว์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 9.54 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$) หรือคิดเป็นร้อยละ 3 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ โดยเป็นการปล่อยจากระบบหมักย่อยในสัตว์ 6.00 และจากมูลสัตว์ 3.54 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซ5ด์เทียบเท่า ตามลำดับ



รูปที่ 4.4.1 ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2556

ที่มา : รายงานความก้าวหน้ารายสองปี ฉบับที่ 2 ปี พ.ศ. 2556

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบหมักย่อยในสัตว์ โดยเฉพาะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ แกะ เป็นต้น เมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องหล่านี้รับอาหารเข้าไป ในกระเพาะอาหารจะเกิดการหมักย่อยสารอาหาร โดยมีจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฮโดรเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยไปเป็นก๊าซมีเทน แล้วปล่อยก๊าซมีเทนนี้สู่บรรยากาศผ่านทางการหายใจออก และการเรอ



ที่มา : http://benisonmedia.com/plant-oil-supplementation-can-reduce-ghg-emission-in-ruminants/

2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมูลสัตว์ ประกอบด้วยกากอาหารและอาหารที่ไม่ถูกย่อย ซึ่งร่างกายของสัตว์ไม่สามารถดูดซึมไปใช้ รวมทั้งเซลล์จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารที่หลุดปะปนออกมา ซึ่งปริมาณและลักษณะของมูลสัตว์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิด ขนาดและอายุของสัตว์ อาหารที่สัตว์กิน เป็นต้น โดยในมูลสัตว์จะประกอบไปด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 13.8-33.3 กิโลกรัม/ปี/น้ำหนักสัตว์ 100 กิโลกรัม ดังนั้นเมื่อมูลสัตว์ถูกปล่อยทิ้งไว้ โดยปกติจะค่อยๆสลายตัวตามธรรมชาติ แต่หากมีปริมาณมากและทิ้งทับถมที่เดิม การสลายตัวย่อมเกิดขึ้นช้าทำให้มูลสัตว์อยู่ในสภาพหมักหมม เกิดก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) และก๊าซไนตรัสออกไซด์สู่บรรยากาศ ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นอยู่กับลักษณะชนิดของมูลสัตว์ อุณหภูมิ (สภาพภูมิอากาศ)ของที่ตั้งฟาร์ม รูปแบบการจัดการมูลสัตว์ เช่น กองตากแห้ง บ่อหมักไร้อากาศ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

ตารางที่ 4.4.1 ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ รายภาค ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ภาค	โคเนื้อ (ตัว)	โคนม (ตัว)	กระบือ (ตัว)	สุกร (ตัว)	ไก่ (ตัว)	เป็ด (ตัว)	แพะ (ตัว)	แกะ (ตัว)
เหนือ	861,735	84,306	193,323	2,185,640	56,125,540	3,112,431	49,424	6,886
ตะวันออกเฉียงเหนือ	2,284,682	177,278	739,892	1,998,644	94,747,779	5,942,301	46,478	2,231
กลาง	990,913	318,575	71,123	5,007,371	247,253,838	13,822,776	233,431	21,631
ใต้	738,898	4,168	25,586	1,000,129	31,852,301	3,409,586	323,631	22,480
รวม	4,876,228	584,327	1,029,924	10,191,784	429,979,458	26,287,094	652,964	53,228

ที่มา : กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์

ตารางที่ 4.4.2 ปริมาณมูลสัตว์ที่ขับถ่าย

ชนิด	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	ปริมาณสิ่งขับถ่าย			
		มูล (%ของน้ำหนักตัว)	ปัสสาวะ (%ของน้ำหนักตัว)	TS (%)	VS (%)
โค	135-800	5	4-5	16	13
สุกร	12-170	2	3	16	12
ไก่/สัตว์ปีก	1.5-2	4.5	-	25	17
แพะ-แกะ	30-100	3	1-1.5	30	20

ที่มา : สุริยะ สะวานนท์ (2540) คุณสมบัติของน้ำล้างคอกและมูลจากการเลี้ยงสัตว์

ตารางที่ 4.4.3 แสดงอัตราการเกิดน้ำเสีย และค่าความสกปรกของน้ำเสียจำแนกตามประเภทสุกร

ประเภทสุกร	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/ตัว/วัน)	ค่าความสกปรกของน้ำเสีย (มิลลิกรัม/ลิตร)			
			ค่าบีโอดี	ค่าซีโอดี	ของแข็งแขวนลอย	ทีเคเอ็น
สุกรพ่อพันธุ์-แม่พันธุ์	92	64	800	1,700	900	50
สุกรขุน	48	24	3,500	7,400	4,700	700
สุกรอนุบาล	32	20	2,500	5,400	3,000	350

ที่มา : คู่มือการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากเลี้ยงสุกร, 2553

ดังนั้นแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์สามารถทำได้หลายแนวทาง เช่น

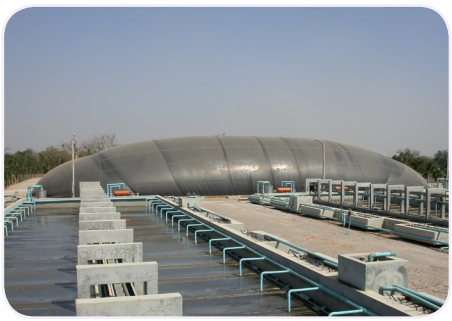
- การใช้พืชอาหารสัตว์จากแปลงพืชถาวร เนื่องจากแปลงพืชถาวรเป็นแหล่งผลิตอาหารสัตว์คุณภาพดีแล้ว ยังมีส่วนช่วยกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปสะสมอยู่ในชั้นดิน และทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น
- การใช้วัตถุดิบอาหารหรือให้อาหารเสริมแก่สัตว์ เพื่อช่วยให้เกิดก๊าซมีเทนในกระบวนการหมักย่อยต่ำ
- การปรับปรุงพันธุ์สัตว์ การจัดการฟาร์มเพื่อให้ได้สัตว์ที่ผลผลิตสูงขึ้นและใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นลง เป็นต้น เพื่อลดปริมาณมูลและปัสสาวะของสัตว์
- การจัดการมูลสัตว์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การรวบรวมน้ำเสียจากฟาร์มสุกรมาหมักแบบไร้อากาศ

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่สามารถดำเนินการได้ง่าย คือการจัดการมูลสัตว์ ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรมีการรวบรวมมูลสัตว์ที่เกิดขึ้น และนำไปใช้ประโยชน์หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น การนำมาทำปุ๋ยหมัก การนำมาหมักในบ่อหมักไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ การตากแห้งเพื่อลดความชื้น เป็นต้น ช่วยให้เกษตรกรลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจากการนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ ลดปัญหาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น กลิ่นเน่าเหม็น แมลงวัน น้ำเสีย และยังมีรายได้จากการขายปุ๋ยชีวภาพที่เป็นผลผลิตจากการนำกากตะกอนส่วนที่เหลือจากการหมักก๊าซชีวภาพ และน้ำที่ผ่านการหมักมาทำเป็นปุ๋ยอีกด้วย

• การนำมูลมาตากแห้ง

• ถุงหมักก๊าซชีวภาพพีวีซี
ที่มา : https://www.thairath.co.th/content/979825

• ระบบบ่อหมักโดมคงที่ (Fixed dome)



• บ่อหมักไร้อากาศแบบราง (Channel Digester)

รูปที่ 4.4.2 รูปแบบการจัดการมูลสัตว์

วิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้

พบว่าแนวทางการจัดการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยทั่วไปสำหรับการจัดการมูลสัตว์ จะรวมถึง ปัสสาวะ และน้ำล้างทำความสะอาดโรงเรือนด้วย เช่น ฟาร์มสุกร ฟาร์มโคนม เป็นต้น คือ การเปลี่ยนวิธีการจัดการจากแบบบ่อเปิดมาเป็นบ่อหมักแบบไร้อากาศแทน และมีการรวบรวมก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากผลต่างของปริมาณก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลสัตว์แบบบ่อเปิดมาเป็นระบบหมักแบบไร้อากาศ ที่มีการรวบรวมก๊าซมีเทนมาใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย จากสมการดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียปศุสัตว์
เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ	1) มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพ และมีการกักเก็บก๊าซมีเทนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย 2) สำหรับการนำก๊าซมีเทนไปใช้ประโยชน์ เช่น ผลิตความร้อน ผลิตไฟฟ้า สามารถดูรายละเอียดเพิ่มได้ที่บทที่ 3.2
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน	พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการย่อยสลายของของแข็งระเหย (Volatile solid) จากน้ำเสียโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ทั้งนี้สามารถประเมินได้ 2 วิธี 1) จากการย่อยสลายของของแข็งระเหย (Volatile solid) ในมูลสัตว์ โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศโดยตรง 2) คำนวณกลับจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสีย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมโครงการ	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียปศุสัตว์

ทางเลือกที่ 1 คำนวณจากการย่อยสลายของของแข็งระเหย (Volatile solid) จากน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

$$BE_y = GWP_{CH4} \times D_{CH4,20C} \times UF_{BL} \times MCF_{BL} \times B_0 \times MS_{BL} \times \sum (N_{i,y} \times V_{Si,y}) \quad \text{.....สมการที่ 4-19}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (25 $tCO_2e/tCH4$)

$D_{CH4,20C}$ = ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (0.00067 tCH_4/m^3CH_4)

UF_{BL} = ค่า Model Correction Factor สำหรับความไม่แน่นอนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน (0.94)

i = ประเภทของปศุสัตว์ เช่น วัว สุกร ไก่

MCF_{BL} = ค่า Methane Conversion Factor สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศในกรณีฐาน

B_0 = อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากของแข็งระเหย (Volatile solid) (m^3 CH_4/kg VS) ดังตารางที่ 4.4.4

MS_{BL} = สัดส่วนของมูลสัตว์ที่ถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดแบบไร้อากาศในกรณีฐาน

$N_{i,y}$ = จำนวนเฉลี่ยของประเภท i ในปี y (ตัว)

$VS_{i,y}$ = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของประเภท i ในปี y (kg/ตัว) ดังตารางที่ 4.4.4

$$N_{i,y} = N_{da,i,y} \times (N_{p,i,y} / 365) \quad \text{.....สมการที่ 4-20}$$

โดยที่

$N_{i,y}$ = จำนวนเฉลี่ยของประเภท i ในปี y (ตัว)

$N_{da,i,y}$ = จำนวนวันของประเภท i ที่ยืนคอก ในปี y (วัน)

กิจกรรมโครงการ	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียปศุสัตว์

$N_{p,i,y}$ = จำนวนของประเภท i ในปี y (ตัว)

365 = แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วย (1 ปี = 365 วัน)

$$VS_{i,y} = (W_i / W_{default}) \times VS_{default} \times nd_y \quad \text{.....สมการที่ 4-21}$$

โดยที่

$VS_{i,y}$ = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของประเภท i ในปี y (kg/ตัว)

W_i = น้ำหนักเฉลี่ยของประเภท i (kg)

$W_{default}$ = น้ำหนักเฉลี่ยของประเภท i ตามที่ IPCC กำหนด (kg)

$VS_{default}$ = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของประเภท i ตามที่ IPCC กำหนด (kg/ตัว/วัน)

nd_y = จำนวนวันที่เดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ในปี y (วัน)

ทางเลือกที่ 2 คำนวณจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้น้ำเสียจากปศุสัตว์

$$BE_y = ((EG_{PJ,y} \times 10^{-3}) \times 3{,}600 \times D_{CH4,0C} / (NCV_{CH4} \times EFF_{EG,y})) \times GWP_{CH4} \quad \text{.....สมการที่ 4-22}$$

โดยที่

BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

$EG_{PJ,y}$ = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซมีเทนที่รวบรวมได้จากระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้น้ำเสียจากปศุสัตว์ในปี y (kWh/year)

3,600 = แฟคเตอร์เปลี่ยนหน่วย (1 MWh = 3,600 MJ)

$D_{CH4,0C}$ = ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (0.0007168 tCH_4/Nm^3CH_4)

กิจกรรมโครงการ	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียปศุสัตว์
	NCV_{CH4} = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของก๊าซมีเทน (35.9 MJ/ Nm^3CH_4) $EFF_{EG,y}$ = ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในปี y (0.4) GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (25 tCO_2e/tCH_4)
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ	พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในโครงการ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง และการรั่วไหลของก๊าซมีเทน (CH_4) จากระบบกักเก็บ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{FF,y}$) และการใช้พลังงานไฟฟ้า ($PE_{EL,y}$) ในการดำเนินโครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1-3 และสมการที่ 1-5
	$PE_y = PE_{FF,y} + PE_{EL,y} + PE_{leak,y}$ .....สมการที่ 4-23 โดยที่ PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year) $PE_{FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year) $PE_{EL,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO_2e/year) $PE_{leak,y}$ = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากก๊าซชีวภาพที่รั่วไหลจากระบบกักเก็บในปี y (tCO_2e/year)

กิจกรรมโครงการ	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียปศุสัตว์
	การรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบกักเก็บ $PE_{leak,y} = 0.10 \times GWP_{CH4} \times D_{CH4,20C} \times B_0 \times MS_{PJ,y} \times \sum (N_{i,y} \times V_{Si,y})$ .....สมการที่ 4-24 โดยที่ $PE_{leak,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของก๊าซมีเทนจากระบบกักเก็บ ในปี y (tCO_2e/year) GWP_{CH4} = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (25 tCO_2e/tCH_4) $D_{CH4,20C}$ = ค่าความหนาแน่นของก๊าซมีเทน (0.00067 tCH_4/m^3CH_4) i = ประเภทของปศุสัตว์ เช่น วัว สุกร ไก่ B_0 = อัตราการผลิตก๊าซมีเทนจากของแข็งระเหย (Volatile solid) (m^3CH_4/kg VS) ดังตารางที่ 4.4.4 $MS_{PJ,y}$ = สัดส่วนของมูลสัตว์ที่ถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ในปี y $N_{i,y}$ = จำนวนเฉลี่ยของประเภท i ในปี y (ตัว) $VS_{i,y}$ = ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solid) ที่เกิดขึ้นของประเภท i ในปี y (kg/ตัว) ดังตารางที่ 4.4.4
การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ	กำหนดให้ไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ

ตารางที่ 4.4.4 ค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทน ของแข็งระเหยในมูลสัตว์ และค่าการปล่อยก๊าซมีเทน

ชนิด	อัตราการเกิดก๊าซมีเทน (ลบ.ม. CH_4/กก.VS)	ของแข็งระเหยในมูลสัตว์ (กก./ตัว/วัน)	ค่าการปล่อยก๊าซมีเทน (กก.CH_4/ตัว/ปี)
โค	0.24[1]	4.5-5.4	31
สุกร	0.47[1]	0.3-0.5	7
ไก่/สัตว์ปีก	0.39	0.02	0.02
แพะ-แกะ	0.13	0.32-0.35	0.20-0.22

[1]อ้างอิงค่าสายพันธุ์ต่างประเทศ

ที่มา: ตาราง 10A-4 ถึง 10A-9 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

ตารางที่ 4.4.5 ค่า Methane Conversion Factor (MCF) จำแนกตามวิธีการจัดการมูลสัตว์ก๊าซมีเทน

การจัดการมูลสัตว์	MCF
การตากแห้ง	0.02
บ่อหมักแบบเปิด	0.8
บ่อหมักไร้อากาศ (มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย)	0.10
อื่นๆ	0.01

ที่มา: ตาราง 10A-4 ถึง 10A-9 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

ยกตัวอย่างเช่น ฟาร์มสุกรมีการรวบรวมน้ำเสียจากการทำความสะอาดโรงเรือนทั้งหมดเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศแทนที่ระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่เป็นบ่อเปิด โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นถูกนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย สามารถประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินกิจกรรมดังกล่าว ดังนี้

ตารางที่ 4.4.6 แสดงปริมาณลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลสุกรด้วยบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

ชนิดสุกร	จำนวนสุกร (ตัว)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้ (tCO_2e/y)*
สุกรแม่พันธุ์	100	7
สุกรพ่อพันธุ์	10	1
สุกรขุน	500	28

***หมายเหตุ** ประเมินโดยใช้ระเบียบวิธีการ T-VER-METH-WM-08 และอ้างอิงน้ำหนักสุกรจากกรมปศุสัตว์

ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรมโครงการ

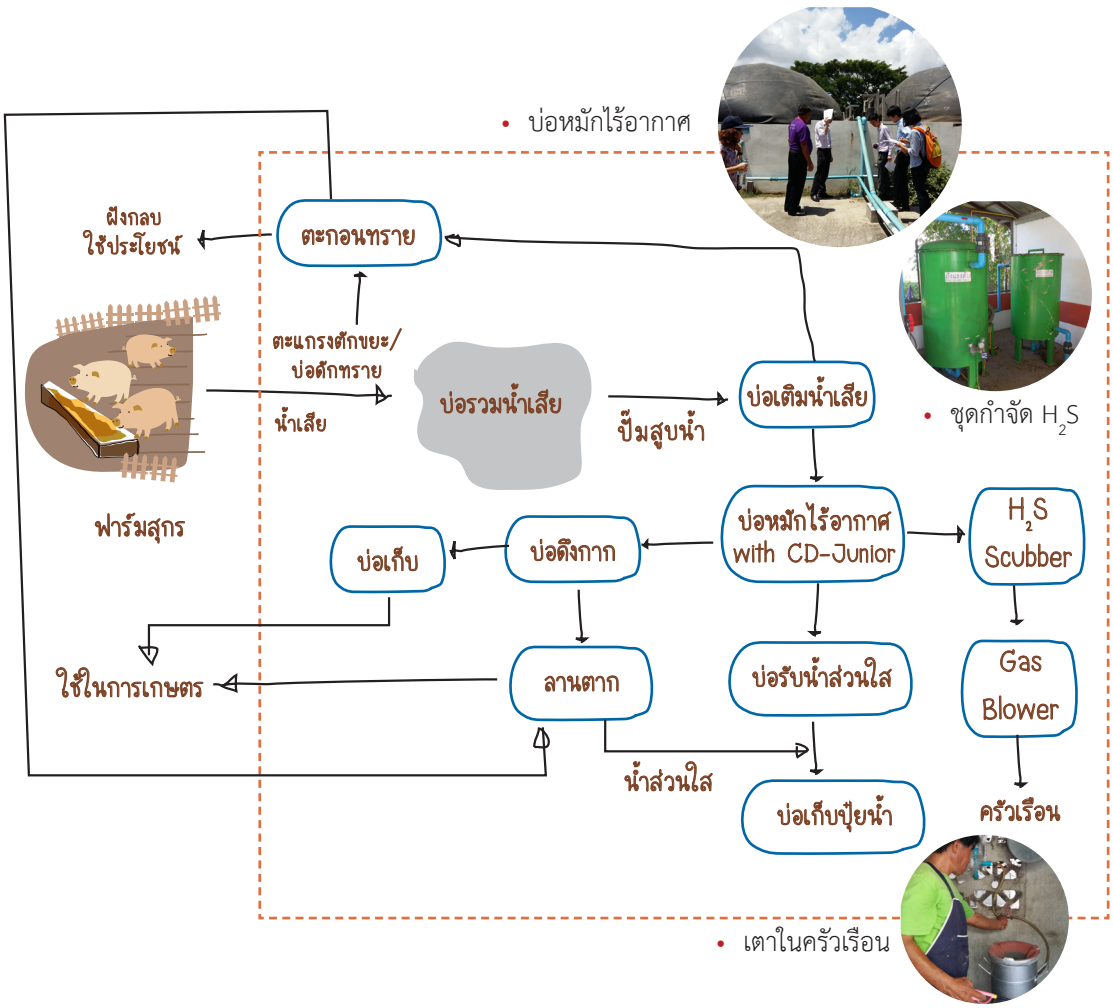
มีการดำเนินการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรจากเดิมที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดพัฒนามาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Channel Digester-Junior) โดยมีการรวบรวมและส่งจ่ายก๊าซชีวภาพให้ชุมชนใช้เป็นก๊าซหุงต้มทดแทน LPG

ขอบเขตโครงการ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เพื่อกักเก็บก๊าซชีวภาพสำหรับนำไปใช้ประโยชน์

ระเบียบวิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

T-VER-METH-WM-08 Version 02 การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร (Methane Recovery in Swine Wastewater Treatment)

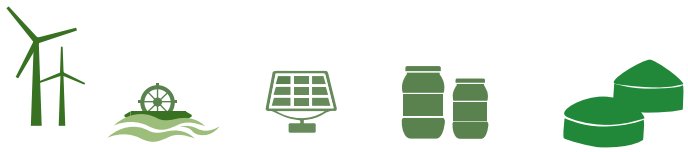


ที่มา : โครงการก๊าซชีวภาพระดับชุมชนจากฟาร์มสุกร ต.ท่ามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี

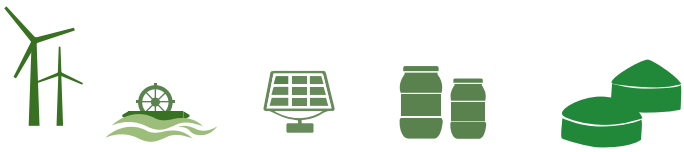
เอกสารอ้างอิง

1. กรมปศุสัตว์. กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/ [22 สิงหาคม 2561].
2. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานความก้าวหน้ารายสองปี ฉบับที่ 2 (Second Biennial Update Report) ปีพ.ศ. 2556. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.onep.go.th [22 สิงหาคม 2561].
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 5 พลังงานก๊าซชีวภาพ, (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://goo.gl/qWw3gL [22 สิงหาคม 2561].
4. สุริยะ สะวานนท์. 2540. คุณสมบัติของน้ำล้างคอกและมูลจากการเลี้ยงสุกร. สุกรสาส์น, 23 (91): 61-67.
5. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการประเมินปริมาณน้ำเสียและปริมาณมลพิษจากการเลี้ยงสุกร. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_water.cfm?task=assesspol [22 สิงหาคม 2561].
6. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. 2561 แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-method/tver-methodology.html
7. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). โครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project.html [22 สิงหาคม 2561].

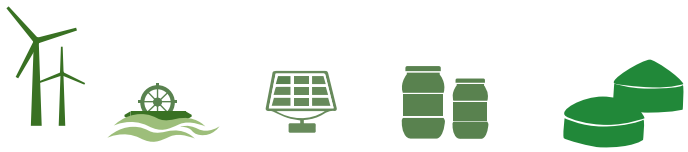
บันทึก



บันทึก



บันทึก



บันทึก