ภาคผนวก ก

งานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลจากต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและการคำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมีส่วนประกอบและหลักการในการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

ก 1 ส่วนประกอบของระบบ

ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1) ระบบเตาผลิตแก๊สชีวมวล 2) ระบบทำความสะอาดแก๊ส 3) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า โดยส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโดยมีการจัดวางระบบ แสดงไว้ใน รูปที่ ก 1 และอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า ดังแสดงไว้ใน รูปที่ ก 2

ก 1.1 ระบบเตาผลิตแก๊สชีวมวล

1) เตาผลิตแก๊สชีวมวล

เตาผลิตแก๊สชีวมวล เป็นชนิด Open- Top Downdraft Gasifier ภายนอกทำจากวัสดุโลหะม้วนกลม ภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนทำจากวัสดุทนความร้อน ทำหน้าที่เก็บรักษาอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้และลดการสูญเสียความร้อน ด้านบนของเตาประกอบด้วย Hopper Feeder รับเชื้อเพลิงชีวมวล และฝาปิดที่ Sealed ด้วยน้ำ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศเข้าเตาขณะ Shut down ระบบ ด้านข้างของเตาจะมีทางเข้าของอากาศหลายส่วนเพื่อป้อนอากาศและควบคุมอากาศเข้าสู่เตาสำหรับใช้ในการเผาไหม้ ด้านล่างของเตามีระบบลำเลียงขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ออกจากเตาสามารถควบคุมระยะเวลาการลำเลียงขี้เถ้าออกได้ แสดงไว้ใน รูปที่ ก 4(ก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก 1.2 ระบบทำความสะอาดแก๊ส

1.2.1 Cyclone Collector เป็นอุปกรณ์แยกฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊ส ใช้หลักการดักฝุ่นด้วยแรงหนีศูนย์ถ่วงทำให้เกิดแก๊สหมุนวน (Vortex) จากนั้นฝุ่นหรืออนุภาคจะตกลงสู่ด้านล่างของ Cyclone Collector ส่วนแก๊สจะหมุนวนอยู่ด้านบนแล้วไหลตามท่อไปสู่ระบบ Water Scrubber และ Chiller Scrubber ซึ่งเป็นส่วนประกอบลำดับถัดไป แสดงไว้ในรูปที่ ก 4(ข)**Water Scrubber and Chiller Scrubber** เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊ส โดยใช้ละอองน้ำ ส่วนChiller Scrubber เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นและยางเหนียว (Tar) โดยใช้น้ำเย็นซึ่งไอระเหยของยางเหนียวจะ Condense ลงมาพร้อมกับน้ำลงไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ลักษณะของ Water Scrubber และ Chiller Scrubber แสดงไว้ในรูปที่ ก 4(ค)

1.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย (Close System) เป็นระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Treatment) โดยใช้หลักการโคแอกูเลชั่น (Coagulation) ซึ่งใช้สารเร่งการรวมตัวตะกอน (Coagulant) คือ PAC (Polymer Aluminum Chloride) ร่วมกับสารเคมีที่ช่วยในกระบวนการเพื่อให้อนุภาคของตะกอนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสีย (Close System) ส่วนประกอบคือ

- *Flocculation Tank* ทำหน้าที่เป็นถังบำบัดน้ำที่ผ่าน Water Scrubber และ Chiller Scrubber เนื่องจากน้ำที่นำไปใช้จะทำหน้าที่ดักฝุ่นหรือยางเหนียวออกจากแก๊ส ฝุ่นหรือยางเหนียวเหล่านั้นก็จะจับมากับน้ำ แล้วไหลลงสู่ถัง จากนั้นน้ำจะถูกส่งไปยัง Flocculation Tank เพื่อเติมสารเคมี (Chemical Treatment) ทำให้ฝุ่นหรืออนุภาคจับตัวกันเป็นก้อนเรียกว่า ตะกอน ซึ่งตะกอนที่ได้สามารถนำไปตากแห้งแล้วนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกครั้ง สำหรับน้ำส่วนใสจะนำกลับไปใช้หมุนเวียนในระบบต่อไป แสดงไว้ใน รูปที่ ก 4(ง)
- *Buffer Tank* เป็นถังเก็บ พัก และบำบัดน้ำ โดยน้ำเสียที่มาจาก Water Scrubber และ Chiller Scrubber จะถูกดึงกลับมาที่ถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank A) และจะถูกดึงไปบำบัด ใน Flocculation Tank จะผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 ด้วยการกรองด้วยถ่านคาร์บอน (Active Carbon) ก่อนจะรวบรวมกลับมายัง (Water Tank B) เพื่อนำกลับไปใช้กับระบบทำความสะอาดแก๊สต่อไป สำหรับน้ำเสียส่วนที่ตกตะกอน จะบำบัดโดยผ่านระบบกรอง (Filter) ส่วนที่เป็นน้ำที่ผ่านการกรองจะรวบรวมไปเก็บไว้ในถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank C) เพื่อนำกลับไปบำบัดอีกครั้งแสดงไว้ในรูปที่ ก 4(จ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- Bag Filter Unit ทำหน้าที่ดักฝุ่นหรืออนุภาค และความชื้นครั้งสุดท้ายหลังจากผ่านกระบวนการต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยฝุ่นหรืออนุภาคที่ผ่านเข้ามาจะถูกจับไว้รวมกันเป็นแผ่นของฝุ่นหรืออนุภาคที่ผิวหน้าของถุงกรองซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากถึง 0.1 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้แก๊สที่สะอาดสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ แสดงไว้ใน รูปที่ ก 4(ช)

ก 1.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

1) Start Up Flare

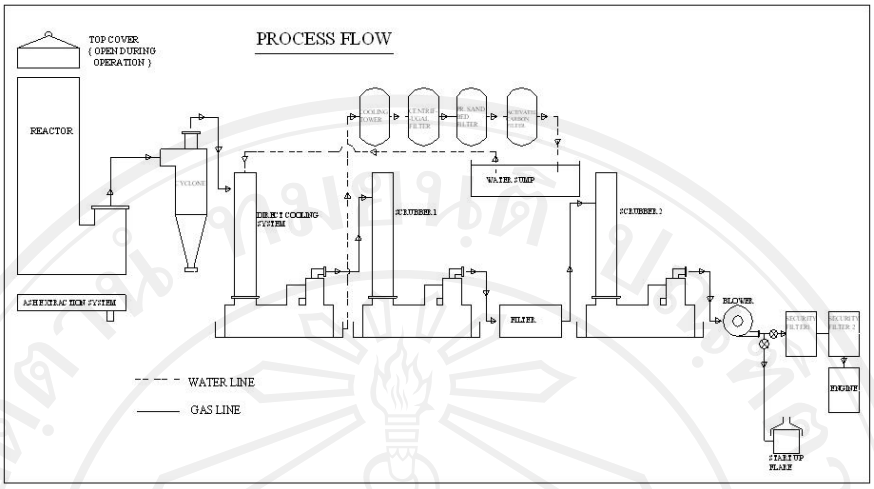
ทำหน้าที่ทดสอบการลุกไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ (Producer Gas) และระบายแก๊สออกจากระบบกรณีฉุกเฉิน Start Up Flare จะติดตั้งไว้ในระบบก่อนทางเข้าเครื่องยนต์ของแก๊ส แสดงไว้ในรูปที่ ก 5(ก)

2) Engine-Generator Set

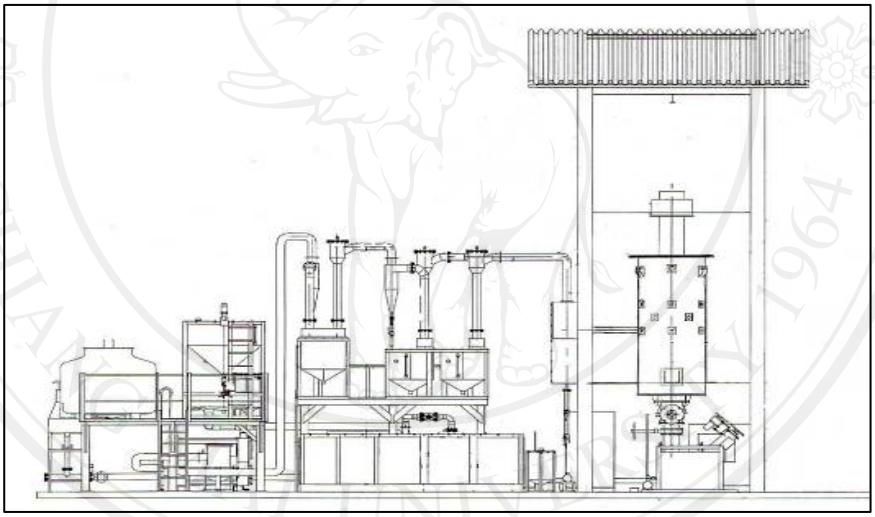
เป็นชุดเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงแก๊สที่ได้มาจากการเผาไหม้ภายในเตาผลิตแก๊สชีวมวล แล้วผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการเป็นเชื้อเพลิง แล้วนำกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ไปขับ Generator เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา ทั้งนี้แก๊สที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่จุดระเบิดด้วยการอัด (Diesel Engine) และระบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียนโดยใช้เชื้อเพลิงควบดีเซล และแก๊สชีวมวล และใช้แก๊สชีวมวล 100% สำหรับต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กนี้ ติดตั้งชุดเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ คือ

- Diesel – Engine Generator Set (KOMUTSU : 6 สูบ , 125 KVA)
- Gas – Engine Generator Set (CUMMINS : 6 สูบ , 115 KVA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก)



(ข)

รูปที่ ก1 (ก),(ข) แผนผังส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก. เตาผลิตแก๊สชีวมวล

ข. Cyclone Collector

ค. Water Scrubber and Chiller Scrubber

ง. Flocculation Tank

จ. ระบบบำบัดน้ำเสีย (Close System)

ฉ. Bag Filter Unit

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช. Start Up Flare

ซ. Engine-Generator Set

รูปที่ ก2 อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก 2 หลักการทำงาน

ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีหลักการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การเริ่มต้นการทำงานของเตาผลิตก๊าซชีวมวล (Gasifier Start-Up) 2) การเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (Start Engine-Generator Set) และ 3) การหยุดการทำงานของเตาผลิตก๊าซชีวมวล (Gasifier Shut Down)

1) การเริ่มต้นการทำงานของเตาผลิตก๊าซชีวมวล (Gasifier start-up)

 รูปที่ ก 3 (ก) Hopper Feeder รับเชื้อเพลิงชีวมวล	1. ทำการเปิดฝาของเตาผลิตก๊าซชีวมวล และทำการปล่อยน้ำที่อยู่ด้านบนของเตาซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการไหลออกของก๊าซชีวมวลในช่วงที่ดับเตาผลิตก๊าซชีวมวล สุดท้ายทำการเติมวัตถุดิบให้อยู่ในระดับที่กำหนด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<table>
<tr>
<td>
รูปที่ ก 3(ข) ทางเข้าของอากาศ</td>
<td>2. ทำการเปิดช่องทางเข้าของอากาศรอบตัวเตาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อให้อากาศไหลเข้าสู่ภายในของตัวเตา และทำการเปิด Flare Valve เพื่อปล่อยก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้ออกทาง Flare เพื่อทดสอบการลุกไหม้ของก๊าซชีวมวล</td>
</tr>
<tr>
<td>
รูปที่ ก 3 (ค) สวิตซ์ควบคุมระบบ</td>
<td>3. กดสวิตซ์เปิดเพื่อเริ่มการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งประกอบด้วยชุดสวิตซ์ต่างๆ ดังนี้
1) Cooling Tower Pump 2) Scrubber Pump
3) Chilled Scrubber Pump 4) Reactor Pump
5) Cooling Tower Fan</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">2. การเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า(Start Engine-Generator Set)
2.1 Dual-fuel Engine</td>
</tr>
<tr>
<td>
รูปที่ ก 3 (ง) Diesel – Engine Generator Set</td>
<td>- สตาร์ทเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดในช่วงเริ่มต้น
- ทำการปิด Flare Valve และเปิด Engine Valve เพื่อให้ก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้เข้าไปแทนที่ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
- ควบคุมปริมาณการแทนที่ของก๊าซชีวมวลให้อยู่ในช่วง 70-80 %</td>
</tr>
</table>

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 Gas Engine

รูปที่ ก 3 (จ) Gas – Engine Generator Set

- ทำการเปิด Flare Valve ที่ 25 องศาและเปิด Engine Valve ที่ 75 องศา สตาร์ทเครื่องยนต์
- ทำการปิด Flare Valve และเปิด Engine Valve ที่ 90 องศา เพื่อให้ก๊าซชีวมวลไหลเข้าสู่เครื่องยนต์
- ควบคุมความดันบริเวณทางเข้าของก๊าซชีวมวลให้อยู่ในช่วง 1.5-2 kPa

รูปที่ ก 3 (ช) ทางเข้าของอากาศรอบตัวเตา

ทำการปิดช่องทางเข้าของอากาศรอบตัวเตาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อไม่ให้อากาศไหลเข้าสู่ภายในของตัวเตาผลิตก๊าซชีวมวล

รูปที่ ก 3 (ซ) สวิตซ์ควบคุมระบบ

กดสวิตซ์ปิดเพื่อหยุดการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลซึ่งประกอบด้วยชุดสวิตซ์ต่างๆ ดังนี้

1)Cooling Tower Pump 2)Scrubber Pump

3)Chilled Scrubber Pump 4)Reacter Pump

5)Cooling Tower Fan

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

 รูปที่ ก 3 (ฌ) ฝาปิดเตา Sealed ด้วยน้ำ	ทำการใส่ Wood Chips ลงในส่วนบนของตัวเตาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อป้องกันความชื้นในช่วงดับเตาและทำการปิดฝาของเตาผลิตก๊าซชีวมวล สุดท้ายทำการเติมน้ำใส่ด้านบนของเตาซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการไหลออกของก๊าซชีวมวลในช่วงที่ดับเตาผลิตก๊าซชีวมวล

รูปที่ ก 3 การทำงานของเตาผลิตก๊าซชีวมวล (Gasifier start-up)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Assessment: LCA) และค่าพลังงานของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว

ในบทที่ 2 ได้กล่าวรายละเอียดของวิธีการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมไว้แล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของบัญชีรายการทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้เพื่อนำไปสู่การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อไป ในงานวิจัยนี้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็วซึ่งมี 4 ขั้นตอนคือ 1.ขั้นตอนการเพาะปลูก 2.ขั้นตอนการขนส่ง 3.ขั้นตอนการแปรรูป 4.ขั้นตอนการผลิตะแสไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดของบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมดังนี้

ตาราง ข1 แสดงข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว(10 ปี)

ลำดับ	Input/Output	ปริมาณ	หน่วย
1. ขั้นตอนการเพาะปลูกต้นกล้าตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้า 10 ปี			
1	น้ำมันดีเซล*	536	กิโลกรัม
2	ดิน*	19.76	ตัน
3	น้ำ*	1,084,389	ลิตร
4	ถุงพลาสติก*	2.05	ตัน
5	พลังงานไฟฟ้า*		
	• พลังงานทดแทน	22.15	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ถ่านหินนำเข้า	128.50	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• น้ำมันดีเซล	0.44	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• น้ำมันเตา	33.97	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ลิกไนต์	181.68	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• พลังงานน้ำ	122.59	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	• ก๊าซธรรมชาติ	988.16	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
6	ปุ๋ยเคมี*		
	• ไนโตรเจน (N)	6.86	ตัน
	• ฟอสฟอรัส (P)	6.86	ตัน
	• โพแทสเซียม (K)	6.86	ตัน
	• ดิน	3.29	ตัน
7	ปุ๋ยคอก*	32.86	ตัน
8	น้ำมันเบนซิน*	4,167	ลิตร
2. ขั้นตอนการขนส่งตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้า 10 ปี			
9	น้ำมันดีเซล*	2,617	ลิตร
3. ขั้นตอนการแปรรูปตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้า 10 ปี			
10	พลังงานไฟฟ้า*		
	• พลังงานทดแทน	2,930.12	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ถ่านหินนำเข้า	16,994.70	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• น้ำมันดีเซล	58.60	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• น้ำมันเตา	4,492.85	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ลิกไนต์	24,027	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• พลังงานน้ำ	16,213.34	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ก๊าซธรรมชาติ	130,683.40	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
4. ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้า 10 ปี			
12	น้ำมันหล่อลื่น** (Automotive Lubricant)	350.4	ลิตร
13	ถุงกรองฝุ่น ** (Polyester Needle felt)	7.01	ตัน
14	สารเร่งตะกอน** (Poly Aluminum Chloride:PAC)	2,920	ลิตร
15	พลังงานไฟฟ้า**		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	• พลังงานทดแทน	11917.02	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ถ่านหินนำเข้า	69118.77	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• น้ำมันดีเซล	238.34	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• น้ำมันเตา	18272.77	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ลิกไนต์	97719.64	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• พลังงานน้ำ	65940.89	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	• ก๊าซธรรมชาติ	531499.53	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
16	มลพิษที่ปล่อยสู่อากาศ**		
	• คาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2)	55.59	กิโลกรัม
	• คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)	8,140.30	กิโลกรัม
	• ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	16.66	กิโลกรัม
	• ไนตริกออกไซด์ (NO)	870.72	กิโลกรัม
	• ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)	887.46	กิโลกรัม
	• ทาร์ (Tar)	55.83	กิโลกรัม
	• ฝุ่น (Particulate)	55.83	กิโลกรัม
17	คุณภาพน้ำเสีย**		
	• Cyan meter	6.35	กิโลกรัม
	• Phenol Compound	110.22	กิโลกรัม
	• Lead Compound (Pb)	1.38	กิโลกรัม
	• Sulphide	7.01	กิโลกรัม

* ข้อมูลได้จากการคำนวณ **วีรชัย และคณะ(2551)

ซึ่งเมื่อนำผลจากการจัดทำบัญชีรายการจากรางที่ ข 1 มาการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCIA) ตามวิธีการ EDIP/UMIP 97 ประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนที่กล่าวถึงรายละเอียดแล้วในบทที่ 2 ในที่นี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนทั้งสามในบางส่วนเพื่อทบทวนความเข้าใจก่อนที่จะแสดงหลักการคำนวณผลกระทบซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับการคำนวณผลกระทบของซอร์ฟแวร์ที่เลือกใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **การจำแนกประเภทและการกำหนดบทบาท (Classification and characterization)**

คือขั้นตอนการจำแนกกลุ่มของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม กำหนดบทบาท และแปลงข้อมูลที่ถูกจำแนกประเภทว่าก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมว่าเป็นทางด้านใด ให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าว กับสารอ้างอิงพื้นฐานหรือที่เรียกว่า Equivalent or Characterization factors: EF โดยสามารถหาได้จากสมการที่ 2.9 ดังนี้

$$EP_j = \sum\left(Q_i \times EF_{ij}\right)$$

เมื่อ EP_j = Environmental impact potential (kg substance equivalent)

Q_i = Quantity of substance (kg substance j)

EF_{ij} = Equivalency factor (kg substance equivalent/ kg substance j)

- **การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization)**

คือขั้นตอนการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ศึกษา กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือกับผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการอ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.10)

$$NP_j(\text{product}) = EP_j \times \frac{1}{T \times ER_j}$$

เมื่อ $NP_{j(product)}$ = Normalized environment impact potential (person)

T = Lifetime of product (year)

ER_j = Normalization reference (kg substance equivalent/person/year)

ในที่นี้ได้กำหนดให้ค่า ER หรือค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปีมีค่าแสดงดังตารางที่ ก2

- **การให้น้ำหนัก (Weighting)**

คือขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไป ขึ้นกับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ)Weighting Factor: WF) ว่าเป็นเท่าใด ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ 2.11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$WP_j = WF_j \times NP_j$$

เมื่อ WP_j = Weighted environmental impact potential (Person for target year: Pt.)

WF_j = Weighting factor

สำหรับโปรแกรมที่เลือกใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนี้ได้กำหนดค่ามาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามแนวทางของ Henrik and Michale, 1997 ดังแสดงค่าในตาราง ข2

ตาราง ข2 กำหนดค่ามาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์มลภาวะ (Weighting Factor: WF) ตามวิธี EDIP/UMIP 97 normalization and weighting factor

Impact categories	**Unit (ER_j)**	$(\frac{1}{T \times ER_j})$	**Weighting factor** (WF_j)
Global warming (GWP 100)	ton CO_2-eq./capita/year	1.15E-07	1.3
Ozone depletion	kg CFC-11-eq./capita/year	4.95E-03	23
Acidification	kg C_2H_4-eq./capita/year	8.06E-06	1.3
Eutrophication	kg SO_2-eq./capita/year	3.36E-06	1.2
Photochemical smog	kg NO_3-eq./capita/year	5.00E-05	1.2
Ecotoxicity water chronic	m^3air/capita/year	2.13E-06	2.3
Ecotoxicity water acute	m^3water/capita/year	2.08E-05	2.3
Ecotoxicity soil chronic	m^3soil/capita/year	3.33E-05	2.3
Human toxicity air	m^3water/capita/year	1.09E-10	2.8
Human toxicity water	m^3water/capita/year	1.69E-05	2.5
Human toxicity soil	m^3soil/capita/year	3.23E-03	2.5
Bulk waste	kg SO_2-eq./capita/year	7.41E-04	1.1
Hazardous waste	kg NO_3-eq./capita/year	4.83E-02	1.1
Radioactive waste	m^3air/capita/year	2.86E+01	1.1
Slags/ashes	m^3water/capita/year	2.86E-03	1.1

ที่มา: EDIP/UMIP method, SimaPro software 2007

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> จากตารางที่ ข1 ผลกระทบทางตรงของ CO ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม้โตเร็ว จำนวน 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงเท่ากับ 1.85×10^{-3} กิโลกรัม สามารถหาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้ดังนี้

1. Classification and characterization สำหรับขั้นตอนนี้ได้จำแนกประเภทและบทบาทของผลกระทบของ Henrik and Michale EDIP 97 classification and characterization index พบว่า Carbon monoxide ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 3 ประเภท โดยมีค่าเทียบเท่าผลกระทบดังนี้

GW	1 g CO	=	2 g Carbon dioxide
PS	1 g CO	=	0.03 g Ethane
HTA	1 g CO	=	8.30E2 m^3 Air

จากสมการที่ 2.9สามารถคำนวณหา EP_{GW} ในการเกิดผลกระทบประเภท GW ได้ดังนี้

$$EP_{GW} = \sum\left(Q_{CO} \times EF_{GW}\right)$$
$$EP_{GW} = (1.85 \times 10^{-3} \times 2)$$
$$EP_{GW} = 3.7 \times 10^{-3} \text{ g } CO_2$$

หรือกล่าวได้ว่า CO 26.2 g จากกระบวนการที่เราศึกษามีค่าเทียบเท่า CO_2 3.7×10^{-3}g ในการก่อให้เกิดผลกระทบประเภท GW

2. Normalization สำหรับตัวอย่างการคำนวณผลกระทบของ CO ในขั้นตอนนี้จะอาศัยค่าจากตัวอย่างในขั้นตอนก่อนหน้ามาใช้ คือ EP_{CO} เท่ากับ 3.7×10^{-3}g kg CO_2 เมื่ออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์เป็น 1 ปี และค่า $\frac{1}{T \times ER_{CO}}$ ของประเภทผลกระทบ GW เป็นดังตารางที่ ข2 ดังนั้นจากสมการที่ 2.10 จะได้ว่า

$$NP_{GW} = EP_{CO} \times \frac{1}{T \times ER_{CO/GW}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$NP_{GW} = 3.7 \times 10^{-3} \times 1.15 \times 10^{-7}$$

$$NP_{GW} = 4.26 \times 10^{-10} \text{ person}$$

หรือกล่าวได้ว่าค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมประเภท GW ของ CO ที่เกิดขึ้นจากระบบ มีค่าเท่ากับ 4.26×10^{-10} person

3. **Weighting** ในขั้นตอนนี้จะใช้สมการที่ 2.11 โดยทราบค่า NP_{GW} จากขั้นตอนก่อนหน้า และ ใช้ **Weighting factor** (WF_{CO}) ในการเกิดผลกระทบในประเภท GW เท่ากับ 1.3 ดังตาราง ข2

$$WP_{GW} = WF_{GW} \times NP_{GW}$$

$$WP_{GW} = 1.3 \times 4.26 \times 10^{-10}$$

$$WP_{GW} = 5.53 \times 10^{-10} \text{ (Person for target year: Pt.)}$$

กล่าวได้ว่า CO จากระบบที่เราพิจารณานั้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็น 5.53×10^{-10} Person for target year (Pt) นั่นเอง

ในส่วนของผลกระทบประเภท PS และ HTA ที่เกิดจาก CO นั้นก็มีวิธีการคำนวณโดยใช้หลักการเดียวกันกับผลกระทบประเภท GW ดังที่ได้แสดงไว้ เมื่อหาค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกระบวนการในระบบที่ศึกษาจนครบทุกมลพิษตามประเภทผลกระทบที่ได้พิจารณาแล้ว ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตนั้นก็หาได้จากการรวมผลกระทบย่อยที่มีหน่วยเป็น Pt ในทุกกระบวนการและทุกประเภทผลกระทบรวมเข้าด้วยกันนั่นเอง

เนื่องพลังงานที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง ซึ่งกระแสไฟฟ้าจากสายส่งมีแหล่งที่มาที่แตกต่างกันซึ่งแสดงดังตารางที่ ข3 ซึ่งจะต้องทำการปันส่วนประเภทเชื้อเพลิงของการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เพื่อให้สอดคล้องกับค่าผลกระทบของการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ข3 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ปี 2550 จำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงพลังงาน

สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศ ระหว่างเดือน มค.-กย. 2550			
ชนิดของเชื้อเพลิง	GWh	สัดส่วน	1 kWh
พลังงานทดแทน	2028.29	1.5	0.0150
ถ่านหินนำเข้า	11764.09	8.7	0.0870
น้ำมันดีเซล	40.57	0.03	0.0003
น้ำมันเตา	3110.05	2.3	0.0230
ลิกไนต์	16631.99	12.3	0.1230
พลังงานน้ำ	9194.92	6.8	0.0680
ก๊าซธรรมชาติ	88568.73	65.5	0.6548
นำเข้า-ลาว	2028.29	1.5	0.0150
นำเข้า-มาเลเซีย	1893.07	1.4	0.0140
รวม	135,260	100	1

เมื่อนำผลจากตารางที่ ข3 มาคำนวณด้วยวิธีการ characterization จะได้ค่าผลกระทบของแต่ละประเภทดังตารางที่ ข4 และเมื่อวิเคราะห์ค่าผลกระทบให้อยู่ในหน่วยของ Point: Pt ด้วยสมการที่ 2.9 และ 2.10 ได้ค่าผลกระทบดังตารางที่ ข5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ข4 ผลกระทบเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากสายในรูป ของ kg substance equivalent

ประเภทผลกระทบ	Unit	Total	พลังงานทดแทน	ถ่านหิน	น้ำมันดีเซล	น้ำมันเตา	ลิกไนต์	พลังงานน้ำ	ก๊าซธรรมชาติ
Global warming	g CO_2	3.20E+02	3.51E-01	3.47E+01	2.21E-01	7.43E+00	1.36E+02	2.56E+00	1.39E+02
Ozone depletion	g CFC11	2.32E-06	3.47E-08	1.08E-07	3.26E-08	9.10E-07	7.92E-07	2.03E-08	4.20E-07
Acidification	g SO_2	5.04E-01	7.22E-03	7.41E-02	5.38E-04	3.37E-02	1.49E-01	1.28E-03	2.38E-01
Eutrophication	g NO_3	6.61E-01	1.60E-02	4.55E-02	4.61E-04	2.57E-02	1.24E-01	1.74E-03	4.48E-01
Photochemical smog	g ethene	1.60E-02	5.07E-04	2.17E-03	1.15E-04	1.34E-03	3.24E-03	7.35E-04	7.90E-03
Ecotoxicity water chronic	m^3	3.36E+01	7.51E-01	2.22E+00	2.15E-01	8.71E+00	1.62E+01	2.03E-01	5.30E+00
Ecotoxicity water acute	m^3	3.45E+00	1.19E-01	2.42E-01	2.17E-02	8.92E-01	1.61E+00	2.34E-02	5.49E-01
Ecotoxicity soil chronic	m^3	4.44E-01	1.03E-02	3.22E-02	7.28E-04	2.69E-01	4.05E-02	1.34E-02	7.74E-02
Human toxicity air	m^3	9.27E+03	1.13E+03	1.66E+03	1.36E+01	9.85E+02	2.19E+03	5.36E+01	3.24E+03
Human toxicity water	m^3	6.29E-01	9.60E-03	8.00E-02	3.44E-04	3.37E-02	3.59E-01	6.58E-03	1.39E-01
Human toxicity soil	m^3	4.45E-03	1.26E-03	1.56E-03	1.52E-05	6.29E-04	6.68E-04	3.63E-05	2.77E-04
Bulk waste	kg	2.56E-03	5.51E-05	1.56E-04	1.46E-06	3.39E-05	0.00E+00	2.23E-03	8.54E-05
Hazardous waste	kg	4.30E-06	8.78E-09	1.55E-06	1.06E-09	4.13E-08	0.00E+00	8.04E-09	2.69E-06
Radioactive waste	kg	1.61E-07	1.07E-08	7.83E-08	7.63E-10	2.36E-08	0.00E+00	1.01E-08	3.72E-08
Slags/ashes	kg	8.29E-06	7.72E-06	8.91E-08	5.30E-09	3.36E-07	0.00E+00	4.16E-08	9.50E-08
Resources (all)	kg	5.24E-06	7.32E-08	3.33E-07	6.52E-09	1.44E-07	1.03E-06	2.94E-07	3.35E-06

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ข5 ผลกระทบเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากสายในรูป ของ Point: Pt

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	พลังงานทดแทน	ถ่านหิน	น้ำมันดีเซล	น้ำมันเตา	ลิกไนต์	พลังงานน้ำ	ก๊าซธรรมชาติ
รวม	Pt	4.94E-04	2.18E-05	5.03E-05	2.36E-06	1.15E-04	2.03E-04	6.31E-06	9.43E-05
Global warming	Pt	4.79E-05	5.25E-08	5.18E-06	3.31E-08	1.11E-06	2.03E-05	3.83E-07	2.08E-05
Ozone depletion	Pt	2.64E-07	3.96E-09	1.23E-08	3.71E-09	1.04E-07	9.02E-08	2.31E-09	4.78E-08
Acidification	Pt	5.28E-06	7.57E-08	7.77E-07	5.63E-09	3.53E-07	1.56E-06	1.34E-08	2.50E-06
Eutrophication	Pt	2.67E-06	6.44E-08	1.83E-07	1.86E-09	1.04E-07	5.00E-07	7.00E-09	1.81E-06
Photochemical smog	Pt	9.61E-07	3.04E-08	1.30E-07	6.87E-09	8.04E-08	1.95E-07	4.41E-08	4.74E-07
Ecotoxicity water chronic	Pt	1.65E-04	3.68E-06	1.09E-05	1.06E-06	4.27E-05	7.93E-05	9.96E-07	2.60E-05
Ecotoxicity water acute	Pt	1.65E-04	5.72E-06	1.16E-05	1.04E-06	4.27E-05	7.69E-05	1.12E-06	2.62E-05
Ecotoxicity soil chronic	Pt	3.40E-05	7.86E-07	2.46E-06	5.57E-08	2.06E-05	3.10E-06	1.02E-06	5.93E-06
Human toxicity air	Pt	2.83E-06	3.44E-07	5.08E-07	4.15E-09	3.01E-07	6.68E-07	1.63E-08	9.89E-07
Human toxicity water	Pt	2.66E-05	4.05E-07	3.38E-06	1.45E-08	1.43E-06	1.52E-05	2.78E-07	5.89E-06
Human toxicity soil	Pt	3.59E-05	1.02E-05	1.26E-05	1.23E-07	5.08E-06	5.39E-06	2.93E-07	2.23E-06
Bulk waste	Pt	2.09E-06	4.49E-08	1.27E-07	1.19E-09	2.76E-08	0.00E+00	1.82E-06	6.96E-08
Hazardous waste	Pt	2.28E-07	4.67E-10	8.24E-08	5.61E-11	2.19E-09	0.00E+00	4.27E-10	1.43E-07
Radioactive waste	Pt	5.05E-06	3.36E-07	2.46E-06	2.40E-08	7.42E-07	0.00E+00	3.18E-07	1.17E-06
Slags/ashes	Pt	2.61E-08	2.43E-08	2.80E-10	1.67E-11	1.06E-09	0.00E+00	1.31E-10	2.99E-10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCC)

ในการการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็วมีวิธีการในการวิเคราะห์ดังนี้

$$\text{LCC} = C_C + C_O + C_M + C_F + C_R - S$$

เมื่อ C_C = ต้นทุนคงที่ (บาท)

C_O = ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)

C_M = ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)

C_F = ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)

C_R = ต้นทุนในการเปลี่ยนอุปกรณ์ (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเงินลงทุนระบบ (C) ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมาการที่ 2.13

$$C = P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right]$$

เมื่อ P = จำนวนเงินปัจจุบัน หรือ มูลค่าเริ่มต้น (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ย (%) ต่อปี

n = อายุการใช้งานของระบบ (ปี)

2. เมื่อปรับมูลค่าของเงินในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน สามารถคำนวณได้โดยสมการที่ 2.14

$$PW = F_n \times \frac{(1+e)^n}{(1+i)^n}$$

เมื่อ

F_n = จำนวนเงินอนาคต หรือ มูลค่าสุดท้าย (บาท)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

e = escalation rate (อัตราส่วนลด) ของค่าใช้จ่ายนั้นๆ

การคำนวณต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็วคำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานดังนี้

1. เงินลงทุนเบื้องต้น (Capital cost) มาจากต้นทุนของขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการแปรรูปและขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า
2. กำหนดให้พื้นที่เพาะปลูกกระถินยักษ์เท่ากับ 178.6 ไร่ผลผลิต 14,000 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสามปี เพียงพอในการผลิตกระแสไฟฟ้า 441,504 kWh/ปี
3. กำหนดให้ในแต่ละปีระบบทำงานได้ 365 วัน การทำงานวันละ 24 ชั่วโมง โดยมี Plant Factor เท่ากับ 0.8 หรือ 7008 ชั่วโมง/ปี
4. อายุของโครงการเป็น 10 ปี(เท่ากับอายุของเครื่องจักร) โดยอายุของแปลงปลูกกระถินยักษ์เป็น 10 ปี
5. อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ ของธนาคารพาณิชย์ ประจำวันที่ 1 สิงหาคม 2551 7.5% ต่อปี (ที่มา: ธนาคารแห่งประเทศไทย http://www.bot.or.th/Thai/Pages/BOTDefault.aspx)
6. ราคาไฟฟ้า (รวม vat) ปี 2551 ราคา 3.17 บาท/kWh (ราคาจำหน่ายไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย
7. อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้าเท่ากับ(Escalation rate) 3.13% ต่อปี (ที่มา : ค่าเฉลี่ยอัตราไฟฟ้าที่เพิ่มในช่วงปี พ.ศ. 2543 -2548)
8. อัตราการเพิ่มขึ้นของเชื้อเพลิงเท่ากับ (Escalation rate) 5% ต่อปี (ที่มา : ค่าเฉลี่ยอัตราน้ำมันดีเซลที่เพิ่มในช่วงปี พ.ศ. 2547 -2549)
9. อัตราการเพิ่มขึ้น (Escalation rate) ของค่าบำรุงรักษาเท่ากับ 3% ต่อปี (จาก Asian Development Outlook 2006 http://www.adb.org/Documents/Books/ADO/2006/tha.asp)
10. อัตราการเพิ่มขึ้น(Escalation rate) ของค่าใช้จ่ายเท่ากับ 3% ต่อปี (จาก Asian Development Outlook 2006 http://www.adb.org/Documents/Books/ADO/2006/tha.asp)
11. กำหนดให้มูลค่าซากของเครื่องจักรเท่ากับ 10% ของเงินลงทุนเริ่มต้น

รายละเอียดในการวิเคราะห์และการคำนวณต้นทุนแต่ละประเภทเมื่อกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องจักรในกระบวนการดังตารางที่ ค1 ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค1 รายการและอายุการใช้งานของอาคารและเครื่องจักร

ลำดับ	รายการ	อายุการใช้งาน
1	โรงเรือนและลานตากเชื้อเพลิง	10
2	เครื่องสูบน้ำ	10
3	เลื่อยยนต์	10
4	เครื่องหั่นไม้	10
	ชุดผลิตแก๊สเชื้อเพลิง	
5	เตาผลิตแก๊สชีวมวล (Open Top Downdraft Gasifier)	10
	ระบบทำความสะอาดแก๊ส	
6	Cyclone Collector	10
7	Water Scrubber และ Chiller Scrubber	10
8	Closed-loop wastewater treatment	10
9	Flocculation Tank	10
10	Buffer Tank	10
11	Biomass Filter Unit	10
	ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า	
12	Start Up Flare	10
13	Gas-engine generator Set	10
14	Control System	10

ค1 ต้นทุนคงที่ (C_c)

ต้นทุนคงที่หรือเงินเริ่มต้นของโครงการ คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นครั้งแรกของการลงทุน โดยจะไม่เกิดขึ้นอีกเมื่อเริ่มดำเนินการและไม่เปลี่ยนแปลงตากจำนวนหน่วยที่ให้บริการหรือที่ผลิตได้ สำหรับต้นทุนคงที่ของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็วมีรายละเอียดดังนี้

(1) โรงเรือนสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าและลากเชื้อเพลิง

มูลค่า	1,000,000	บาท		
รวมมูลค่าเงินลงทุนจากโรงเรือน			=	1,000,000 บาท

(2) ค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน ไถ 2 ครั้ง พรวน 1 ครั้ง

จำนวน	178.6	ไร่
ค่าใช้จ่ายสำหรับเตรียมดิน	1,200	บาท/ไร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รวมค่าการเตรียมดิน = 178.6 × 1,200 บาท

= 214,320 บาท

(3) ค่าใช้จ่ายสำหรับพันธ์กล้ากระถินยักษ์ (รวมอัตราการรอดชีวิตของต้นกล้า 85%)

จำนวน 328,603 ต้น

ค่าต้นกล้า 1.93 บาท/ต้น

รวมค่าต้นกล้า = 328,603 × 1.93 บาท

= 634,204 บาท

(4) เครื่องสูบน้ำ

จำนวน 4 เครื่อง ราคาเครื่องละ 8,500 บาท

รวมมูลค่าเงินลงทุน = 4 × 8,5000 บาท

= 34,000 บาท

(5) เลื่อยยนต์

จำนวน 2 เครื่อง ราคาเครื่องละ 12,000 บาท

รวมมูลค่าเงินลงทุน = 2 × 12,000 บาท

= 24,000 บาท

(6) เครื่องหั่นไม้ขนาด 5.5 แรงม้า

จำนวน 2 เครื่อง ราคาเครื่องละ 16,000 บาท

รวมมูลค่าเงินลงทุน = 2 ×16,000 บาท

= 32,000 บาท

(7) เครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงและระบบทำความสะอาดแก๊สประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- เตาผลิตแก๊สชีวมวล (Open Top Downdraft Gasifier) จำนวน 1 เครื่อง
- Cyclone Collector จำนวน 1 เครื่อง
- Water Scrubber และ Chiller Scrubber จำนวน 1 เครื่อง
- Closed-loop wastewater treatment จำนวน 1 เครื่อง
- Flocculation Tank จำนวน 1 เครื่อง
- Buffer Tank จำนวน 1 เครื่อง
- Biomass Filter Unit จำนวน 1 เครื่อง

รวมมูลค่าเงินลงทุน = 6,500,000 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(8) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์เชื่อมต่อ

- Start Up Flare จำนวน 1 เครื่อง
- Gas-engine generator Set จำนวน 1 เครื่อง
- Control System จำนวน 1 เครื่อง

รวมมูลค่าเงินลงทุน = 700,000 บาท

(9) ค่าน้ำมันดีเซลสำหรับรถไถ (รถไถอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง 4.9 km/lit)

จำนวน 513 ลิตร

ราคาน้ำมันดีเซล 37.44 บาท/ลิตร

รวมค่าน้ำมันดีเซล = 513 × 37.44 บาท

= 19,202 บาท

(10) ค่าใช้จ่ายสำหรับปุ๋ยคอก ใส่ครั้งละ 0.1 กิโลกรัม/ต้น (การใส่ปุ๋ยคอกจะใส่ 2 ครั้ง รองถุงเพาะต้นกล้าและรองก้นหลุมสำหรับการลงแปลงปลูก)

จำนวน 32.86 ตัน

ค่าปุ๋ยคอก 3000 บาท/ตัน

รวมมูลค่าเงินลงทุนค่าปุ๋ยคอก = 32.86× 3000 บาท

= 98,580 บาท

(11) ค่าใช้จ่ายสำหรับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ใส่ 0.1 กิโลกรัม/ต้น

จำนวน 32.86 ตัน

ค่าปุ๋ยเคมี 19,000 บาท/ตัน

รวมค่าปุ๋ยเคมี = 32.86 × 19,000 บาท

= 624,340 บาท

(12) ค่าไฟฟ้าสำหรับอนุบาลต้นกล้า 3 เดือน วันละ 2 ชั่วโมง (เครื่องสูบน้ำขนาด 5.5 HP)

จำนวน 5,908.32 kWh

ค่าไฟฟ้า 3.17 บาท/kWh

รวมค่าไฟฟ้า = 5,908.32 × 3.17 บาท

= 18,729 บาท

(13) ค่าใช้จ่ายแรงงานในการปลูกต้นกล้า

จำนวน 178.6 ไร่

ค่าจ้างปลูก 560 บาท/ไร่

รวมค่าแรงงาน = 178.6 × 560 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

		=	100,016	บาท
รวมมูลค่าต้นทุนคงที่ (มูลค่าปัจจุบัน)		=	9,999,391	บาท

*** สำหรับข้อ (9) (10) (11) (12) จำคิดรวมกับต้นทุนคงที่ เนื่องจากเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียวตอนเริ่มโครงการ

ค2 ต้นทุนในการดำเนินการ (C_o)

ต้นทุนในการดำเนินการ คือ ค่าใช้จ่ายที่สำหรับดำเนินการกับทรัพย์สินที่ลงทุนไป เพื่อให้สามารถเกิดผลผลิต และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มดำเนินการผลิต สามารถแจกแจงต้นทุนการดำเนินการได้ดังนี้

(1) ค่าจ้างเหมาตัดไม้

จำนวน	178.6	ไร่		
ค่าจ้างเหมาตัด	680	บาท/ไร่		
รวมค่าจ้างเหมาตัด		=	178.6 × 680	บาท
		=	121,448	บาท

(2) ค่าจ้างรถบรรทุกในการขนส่งไม้ (รถบรรทุก 10 ล้อ สามารถบรรทุกไม้ได้ประมาณ 13 ตัน/เที่ยว และกำหนดให้ 1 วันสามารถขนไม้ได้ 4 เที่ยว/วัน)

จำนวน	16	เที่ยว/ปี		
ค่าเช่ารถบรรทุก	7,000	บาท/วัน		
รวมค่าเช่ารถบรรทุก		=	16 × 7000	บาท
		=	112,000	บาท

(3) ค่าถุงกรองฝุ่นชนิด Polyester Needlefelt

จำนวน	281	ใบ/ปี		
ราคา	200	บาท/ใบ		
รวมค่าถุงกรองฝุ่น		=	281 × 200	บาท
		=	56,064	บาท

(4) ค่าสารเคมีชนิด Poly Aluminum Chloride: PAC

จำนวน	292	ลิตร/ปี		
ราคา	40	บาท/ลิตร		
รวมค่าสารเคมี		=	292 × 40	บาท
		=	11,680	บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) ค่าน้ำมันหล่อลื่น (Automotive Lubricant)

จำนวน	350.4	ลิตร/ปี		
ราคา	100	บาท/ลิตร		
รวมค่าน้ำมันหล่อลื่น		=	350.4 ×100	บาท
		=	35,040	
รวมมูลค่าต้นทุนการดำเนินการ (มูลค่าปัจจุบัน)		=	336,184	บาท

จากข้อมูล C_O สามารถหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการดำเนินการได้ดังสมการที่

เมื่อ n = 10, i = 7.5% , e = 3%

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

$$P = \sum_{i=1}^{n} Fn \times \frac{(1+e)^n}{SCA} \quad \text{บาท}$$

$$= \sum_{i=1}^{10} 336{,}184 \times \frac{(1+0.03)^n}{(1+0.075)^n} \quad \text{บาท}$$

$$= 2{,}677{,}737.68 \quad \text{บาท}$$

เมื่อปรับต้นทุนให้เป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน

$$C_o = \sum_{i=1}^{n} P \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$= \sum_{i=1}^{10} 2{,}677{,}737.68 \times \frac{0.075(1+0.075)^n}{(1+0.075)^n - 1} \quad \text{บาท}$$

$$= 4{,}139{,}176.40 \quad \text{บาท}$$

รวมต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินการ 4,139,176.40 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค 3 ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (C_M)

ต้นทุนในการซ่อมบำรุง คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการบำรุงรักษาเครื่องจักรหรือเครื่องมือที่เกิดขึ้นในแต่ละปีเมื่ออัตราการเพิ่มขึ้น (Escalation rate) ของค่าบำรุงรักษาเท่ากับ 3% ต่อปี สามารถจำแนกใช้จ่ายรายปีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

---

(1) ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต้นกล้า (ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต้นกล้า 5% ของเงินลงทุน)

มูลค่าต้นกล้า 1,539,355.48 บาท

อัตราการดูแลรักษาต้นกล้า 5% ของมูลค่าเริ่มต้น

รวมค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต้นกล้า

= 0.05 × 634,203.47 บาท

= 31,710.17 บาท

(2) เครื่องสูบน้ำ

มูลค่าเริ่มต้น 34,000 บาท

อัตราการดูแลรักษา 5% ของมูลค่าเริ่มต้น

รวมค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเครื่องสูบน้ำ

= 0.05 × 34,000 บาท

= 1700 บาท

(3) เครื่องเลื่อย

มูลค่าเริ่มต้น 24,000 บาท

อัตราการดูแลรักษา 5% ของมูลค่าเริ่มต้น

รวมค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเครื่องเลื่อย

= 0.05 × 24,000 บาท

= 1,200 บาท

(4) เครื่องหั่นไม้

มูลค่าเริ่มต้น 32,000 บาท

อัตราการดูแลรักษา 5% ของมูลค่าเริ่มต้น

รวมค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเครื่องหั่นไม้

= 0.05 × 32,000 บาท

= 1,600 บาท

(5) เครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงและระบบทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง

มูลค่าเริ่มต้น 6,500,000 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการดูแลรักษา 5% ของมูลค่าเริ่มต้น

รวมค่าใช้จ่ายดูแลรักษาเครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงและระบบทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง

= 0.05 × 6,500,000 บาท

= 325,000 บาท

(6) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

มูลค่าเริ่มต้น 700,000 บาท

อัตราการดูแลรักษา 5% ของมูลค่าเริ่มต้น

รวมค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

= 0.05 × 700,000 บาท

= 35,000 บาท

(7) โรงเรือนและลานตากไม้เชื้อเพลิง

มูลค่าเริ่มต้น 1,000,000 บาท

อัตราการดูแลรักษา 5% ของมูลค่าเริ่มต้น

รวมค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

= 0.05 × 1,000,000 บาท

= 50,000 บาท

รวมมูลค่าต้นทุนในการบำรุงรักษา(ซ่อมบำรุง) (มูลค่าปัจจุบัน) = 446,210.17 บาท

จากข้อมูล C_m สามารถหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการบำรุงรักษาได้ดังนี้

เมื่อ n = 10, i = 7.5% , e = 3%

$$P = \sum_{i=1}^{n} Fn \times \frac{(1+e)^n}{SCA}$$

$$= \sum_{i=1}^{10} 446{,}210.17 \times \frac{(1+0.03)^n}{(1+0.075)^n} \quad \text{บาท}$$

= 3,553,599.26 บาท

เมื่อปรับต้นทุนให้เป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน

$$C_m = \sum_{i=1}^{10} P \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$= \sum_{i=1}^{10} 3,553,599.26 \times \frac{0.075(1+0.075)^{10}}{(1+0.075)^{10}-1} \quad \text{บาท}$$

$$= 5,493,060.20 \quad \text{บาท}$$

รวมต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินบำรุงรักษา 5,493,060.20 บาท

ค4. ต้นทุนพลังงาน (C_F)

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็วจะประกอบด้วยต้นทุนพลังงาน คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถหาได้เมื่อทราบ ต้นกำลังของเครื่องจักร เวลาในการทำงาน(ชั่วโมง) จำนวนวันทำงานใน 1 ปี ในการผลิตกระแสไฟฟ้ากำหนดให้มีชั่วโมงในการทำงานเท่ากับ 7,008 ชั่วโมง/ปี สำหรับความต้องการใช้น้ำมันเชื้อสามารถหาได้เมื่อทราบอัตราการบริโภคน้ำมันของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร และจำนวนระยะทางหรือชั่วโมงในการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

---

(1) เลื่อยยนต์

อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง	0.5	ลิตร/ตัน
ปริมาณไม้ที่จะต้องแปรรูป	833.41	ตัน/ปี
ปริมาณน้ำมันเบนซิน	416.71	ลิตร/ปี
ราคาน้ำมันเบนซิน	37.99	บาท/ลิตร

รวมต้นทุนน้ำมันเบนซิน

$= 416.71 \times 37.99$ บาท

$= 15,830.81$ บาท

(2) รถบรรทุก 10 ล้อ (สมมติให้ระยะทางในการบรรทุกไม้เชื้อเพลิงมีระยะทางไป-กลับ จากแปลงปลูกไม้เชื้อเพลิงไปยังโรงไฟฟ้าเท่ากับ 20 กิโลเมตร)

อัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง	4.9	กิโลเมตร/ลิตร	
ปริมาณไม้ที่จะต้องขนส่ง	833.41	ตัน/ปี	
ความสามารถในการบรรทุก	13	ตัน/เที่ยว	
ระยะในการบรรทุก	=	$(833.41 \div 13) \times 20$	กิโลเมตร
	=	1,282.17	กิโลเมตร
ปริมาณน้ำมันดีเซล	=	$1,282.17 \times 4.9$	ลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	=	261.67		ลิตร
ราคาน้ำมันดีเซล	35.84	บาท/ลิตร		
รวมราคาต้นทุนน้ำมันดีเซล				
		=	261.67 × 35.84	บาท
		=	9,378.25	บาท

(3) เครื่องหั่นไม้ (ใช้ในการแปรรูปไม้ท่อน ให้มีขนาด 5 เซนติเมตร)

กำลังของเครื่องหั่นไม้(จำนวน 2 เครื่อง)	11	hp		
ความสามารถในการแปรรูป	700	กิโลกรัม/ชั่วโมง		
ปริมาณไม้ที่ต้องแปรรูป	833,413	กิโลกรัม/ปี		
ชั่วโมงการทำงาน	=	(833,412.98 ÷ 700)		ชั่วโมง
	=	1190.60		ชั่วโมง
ปริมาณไฟฟ้า	=	11 × 0.746 × 1190.60		กิโลวัตต์ชั่วโมง
	=	9770.00		กิโลวัตต์ชั่วโมง
ราคาไฟฟ้า	3.17	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		
รวมต้นทุนพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องหั่นไม้				
		=	9770× 3.17	บาท
		=	30,970.84	บาท

(4) ชุดเครื่องกำเนิดแก๊สเชื้อเพลิงและระบบผลิตไฟฟ้า (ชุดเครื่องกำเนิดแก๊สเชื้อเพลิงระบบทำความสะอาดแก๊ส)

ปริมาณไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้	441,504	กิโลวัตต์ชั่วโมง		
ความต้องการใช้ไฟฟ้า	18%	ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้		
ปริมาณไฟฟ้า	=	18% × 441,504		กิโลวัตต์ชั่วโมง
	=	79,470.72		กิโลวัตต์ชั่วโมง
ราคาไฟฟ้า	3.17	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง		
ราคาต้นทุนพลังงานไฟฟ้าจากชุดกำเนิดแก๊สเชื้อเพลิงและระบบผลิตไฟฟา				
		=	79,470.72 × 3.17	บาท
		=	251,922.18	บาท
รวมมูลค่าต้นทุนพลังงาน			= 308,172	บาท

จากข้อมูล C_F สามารถหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ n = 10, i = 7.5% , e = 5%

$$= \sum_{i=1}^{n} Fn \times \frac{(1+e)^n}{SCA}$$

$$= \sum_{i=1}^{10} 25{,}209 \times \frac{(1+0.05)^{10}}{(1+0.075)^{10}} \quad \text{บาท}$$

$$= 222{,}580.47 \quad \text{บาท}$$

เมื่อปรับต้นทุนให้เป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน

$$C_F = \sum_{i=1}^{n} P \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$= \sum_{i=1}^{10} 222{,}580.47 \times \frac{0.075(1+0.075)^{10}}{(1+0.075)^{10} - 1} \quad \text{บาท}$$

$$= 324{,}268.42 \quad \text{บาท}$$

รวมต้นทุนพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง 324,268.42 บาท

สำหรับต้นพลังงานไฟฟ้าสามารถหาได้ดังนี้ จากข้อมูล C_F สามารถหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนพลังงานไฟฟ้าเมื่อ n = 10, i = 7.5% , e = 3%

$$= P = Fn \times \frac{(1+e)^n}{SCA}$$

$$= 282{,}893.02 \times \frac{(1+0.03)^{10}}{(1+0.075)^{10}} \quad \text{บาท}$$

$$= 2{,}267{,}632.52 \quad \text{บาท}$$

เมื่อปรับต้นทุนให้เป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน

$$C_F = \sum_{i=1}^{n} P \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$= \sum_{i=1}^{10} 2,279,140.63 \times \frac{0.075(1+0.075)^{10}}{(1+0.075)^{10}-1} \text{ บาท}$$

= 3,505,250 บาท

รวมต้นทุนพลังงานไฟฟ้า 3,505,250 บาท

รวมต้นค่าใช้จ่ายพลังงานเชื้อเพลิง (ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง + ต้นทุนพลังงานไฟฟ้า) ตลอดระยะเวลาโครงการ 10 ปี

= 324,268.42+ 3,505,250 บาท

= 3,644,655.58 บาท

ค5. มูลค่าซากของเครื่องจักร (*S*)

มูลค่าซาก (Salvage value) คือมูลค่าของทรัพย์สินที่เกิดขึ้นภายหลังการใช้งานของระบบหรือเมื่อสิ้นสุดระยะของโครงการ ซึ่งถือได้ว่าเป็นเงินที่ได้รับคืนมาจากการใช้งานของระบบซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 10 ของเงินลงทุนเริ่มต้น

(1) เลื่อยยนต์

มูลค่าเริ่มต้น 12,000 × 2 บาท

= 24,000 บาท

มูลค่าซาก 10% ของเงินลงทุนเริ่มต้น

= 24,000 × 0.1 บาท

= 2,400 บาท

(2) เครื่องหั่นไม้

มูลค่าเริ่มต้น 16000 × 2 บาท

= 32,000 บาท

มูลค่าซาก 10% ของเงินลงทุนเริ่มต้น

= 32,000 × 0.1 บาท

= 3,200 บาท

(3) โรงเรือน

มูลค่าเริ่มต้น 1,000,000 บาท

มูลค่าซาก 10% ของเงินลงทุนเริ่มต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

= 1,000,000 × 0.1 บาท

= 100,000 บาท

(4) เครื่องผลิตแก๊สแก๊สเชื้อเพลิงและชุดระบบทำความสะอาดแก๊ส

มูลค่าเริ่มต้น 6,500,000 บาท

มูลค่าซาก 10% ของเงินลงทุนเริ่มต้น

= 6,500,000 × 0.1 บาท

= 650,000 บาท

(5) ระบบสายส่งและอุปกรณ์เชื่อมต่อ

มูลค่าเริ่มต้น 700,000 บาท

มูลค่าซาก 10% ของเงินลงทุนเริ่มต้น

= 700,000 × 0.1 บาท

= 70,000 บาท

รวมมูลค่าซากของระบบ	=	825,600	บาท

มูลค่าปัจจุบันของมูลค่าซากที่เกิดขึ้นในปีที่ 10 ของการดำเนินการสามารถคำนวณได้ดังนี้

เมื่อ i= 0.075 และ n=10

$$S = S_n \times \frac{1}{SCA}$$

$$= 825{,}600 \times \frac{1}{(1+0.75)^{10}} \text{ บาท}$$

= 400,576.11 บาท

เมื่อปรับต้นทุนให้เป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน

$$C_s = \sum_{i=1}^{n} P \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$= \sum_{i=1}^{10} 400{,}576.11 \times \frac{0.075(1+0.075)^{10}}{(1+0.075)^{10} - 1} \quad \text{บาท}$$

รวมมูลค่าซากของระบบ 619,200.00 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาสรุปเป็นตารางดังแสดงได้ในตารางที่ ค2

ตารางที่ ค2 แสดงรายละเอียดและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว (ไม่รวมต้นทุนสิ่งแวดล้อม)

ต้นทุน	เงื่อนไขในการพิจารณา	มูลค่าปัจจุบัน(บาท)
C_c	อายุโครงการ (n) 10 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 %	9,999,391.00
C_O	อายุโครงการ (n) 10 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 %	4,139,176.40
PC_M	อายุโครงการ (n) 10 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 % Escalation rate (e) 3.0 %	5,493,060.20
PC_F	อายุโครงการ (n) 10 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 % Escalation rate (e) พลังงานไฟฟ้า 3.13% Escalation rate (e) เชื้อเพลิง 5 % Escalation rate (e) การใช้จ่าย 3%	3,829,518.42
PS	อายุโครงการ (n) 10 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 %	619,200.00
ต้นทุนรวม		2,284,1945.42

ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้า = $\frac{2,284,1945.42}{4,415,040}$ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

= 5.17 บาท/ตันไม้เชื้อเพลิง

ค6 ต้นทุนสิ่งแวดล้อม (C_E)

สำหรับมูลค่าต้นทุนสิ่งแวดล้อมคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของมลพิษใดๆ = ต้นทุนสิ่งแวดล้อมต่อหน่วย (VED) × ปริมาณมลพิษที่ปล่อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่า VED นั้น เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลอ้างอิงอย่างเป็นทางการในประเทศไทย จึงใช้ข้อมูลอ้างอิง New Jersey Board of Public Utilities, Office of Clean Energy, December 8, 2004 ซึ่งเป็นต้นทุนสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จาก Massachusetts Externality Adder, 2003 และ New York Externality Adders, 2003 โดยต้นทุนสิ่งแวดล้อมต่อหน่วย (VED) สามารถหาได้จากค่าใช้จ่ายในการกำจัดมลพิษ เป็นดังนี้

เนื่องจากต้นทุนผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่อ้างอิงมานั้นเป็นข้อมูลจากสหรัฐอเมริกาปี 2003 แต่เมื่อนำมาปรับใช้กับประเทศไทย จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาความสามารถในการจ่ายค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (Willingness to Pay: WTP) ของประเทศไทย โดยจะแปลงให้เป็นต้นทุนในปี 2006 ดังนี้ (NEPO/DANCED, 1998)

$$\mathbf{WTP}_{\text{Thailand}} = \mathbf{WTP}_{\mathbf{US}} \times \frac{\mathbf{PERCAP-GDP(PPP)}_{\mathbf{Thailand}}}{\mathbf{PERCAP-GDP(PPP)}_{\mathbf{US}}} \quad (1)$$

กำหนดให้ PERCAP-GDP (PPP) = มูลค่าผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product Per Capita at Purchasing Power Parities)

WTP (Willingness to Pay) = ค่าความสามารถในการจ่ายค่าเสียหาย

โดยในปี 2008 ค่า GDP-PPP per capita ของสหรัฐอเมริกาเท่ากับ 46541.18USD/Person ส่วนค่า GDP-PPP per capita ของไทยเท่ากับ 8401.44 USD/Person (IMF World Economic Outlook and EconStats, 2008) ยกตัวอย่างการหาต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม VED_{CO2} ของ ประเทศไทย ดังนี้

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ CO_2 (VED_{co2})

จากตาราง ข2 WTP_{US} CO_2 = 293.50 USD

$PERCAP\text{-}GDP\ (PPP)_{Thailand}$ = 9,166.35 USD

$PERCAP\text{-}GDP\ (PPP)_{US}$ = 43,538.23 USD

แทนค่าในสมการ (11)

$$WTP_{Thailand} = WTP_{US} \times \frac{PERCAP-GDP(PPP)_{Thailand}}{PERCAP-GDP(PPP)_{US}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$= \quad 293.50 \times \frac{8401.44}{46541.18}$$

$$= \quad 293.50 \times 0.18$$

$$= \quad 52.83 \quad \text{USD}$$

$$= \quad 1840 \quad \text{THB} \quad (1\ \text{USD} = 34.83\ \text{THB})$$

ดังนั้นต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม VED_{CO2} ของประเทศไทยเป็น 1840 บาท/ตัน CO_2

จากตัวอย่างจะเห็นว่า $WTP_{Thailand}/WTP_{US} = 0.18$ โดยสัดส่วนที่ได้นี้เรียกว่า Income elasticity of Willingness to Pay เป็นค่าคงที่ ซึ่งจะถูกนำไปคูณกับต้นทุนสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา เพื่อเทียบสัดส่วนเป็นต้นทุนสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยดังนี้

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ NO_x (VED_{NOx}) = 9,083.00×34.83×0.18 \$/ton
= 57,105 บาท / ตันNO_x

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ SO_2 (VED_{SO2}) = 2,005.50×34.83×0.18 \$/ton
= 12,609 บาท / ตันSO_2

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ VOC (VED_{VOC}) = 6,804.00×34.83×0.18 \$/ton
= 42,777 บาท / ตันVOC

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ CO (VED_{CO}) = 1,209.00×34.83×0.18 \$/ton
= 7,601 บาท / ตันCO

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ CO_2 (VED_{CO2}) = 293.50 ×34.83×0.18 \$/ton
= 1,845 บาท / ตันCO_2

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ CH_4 (VED_{CH4}) = 326.00×34.83×0.18 \$/ton
= 2,050 บาท / ตันCH_4

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ N_2O (VED_{N2O}) = 5,861.00×34.83×0.18 \$/ton
= 36,848 บาท / ตัน N_2O

ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของ WW (VED_{ww}) = 1.48×34.83×0.18 \$/ton
= 9.30 บาท / ตัน WW

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค3 แสดงต้นทุนสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกาปี 2003

มลพิษ	Massachusetts Externality Adder (2003 $ per ton)	New York Externality Adders (2003 $ per ton)	ค่าเฉลี่ย (2003 $ per ton) WTPus
NO_x	9,620.00	8,546.00	9,083.00
SO_2	2,220.00	1,791.00	2,005.50
VOC	7,844.00	5,764.00	6,804.00
CO	1,288.00	1,130.00	1,209.00
CO_2	33.00	554.00	293.50
CH_4	326.00	N/A	326.00
N_2O	5,861.00	N/A	5,861.00
WW*	-	1.48	9.30
Waste	-	-	1,052**
GDP PPP USA 2007		$46541.18	
GDP PPP Thailand 2007		$8401.44	
1 USD = 34.83 บาท (ธนาคารแห่งประเทศไทย 1 กันยายน 2551)			

* WW: Waste Water ** เทศบาลเมืองเกาะสมุย(2551)

ที่มา: New Jersey Board of Public Utilities, Office of Clean Energy, December 8, 2004

IMF World Economic Outlook and EconStats, 2007

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ชนาภา วรรณศรี

วัน เดือน ปี เกิด 24 ธันวาคม 2525

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมต้น จากโรงเรียนวิเชียรมาตุ
อ.เมือง จ.ตรัง ปีการศึกษา 2536
สำเร็จการศึกษามัธยมปลาย จากโรงเรียนวิเชียรมาตุ
อ.เมือง จ.ตรัง ปีการศึกษา 2539
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยทักษิณ อ.เมือง จ.สงขลา ปีการศึกษา 2543

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved