รายการอ้างอิง

กรมพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน . (2549). *รายงานฉบับสมบูรณ์ การนำของเสียจากการผลิตเอทานอล มาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า*. กรุงเทพ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ฝ่ายสิ่งแวดล้อม. (2552). *ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โรงไฟฟ้าของ กฟผ.ประจำปี 2551*. เอกสารไม่ตีพิมพ์.

นุชนาถ ลอยจิ๋ว. (2551). *การวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบผลิตเอทานอลสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ในประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน.

มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย. (2550). *รายงานการศึกษาฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตการผลิต และการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย*. เอกสารไม่ตีพิมพ์.

เสกสรร พาป้อง และ ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา. (2551). การประเมินความคุ้มค่าเชิงพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต. ใน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, คณะวิศวกรรมศาสตร์ (น.301-305), *การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน*. กรุงเทพ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก . (2552). *รายงานสรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ประจำปี 2552*. เอกสารไม่ตีพิมพ์.

Bengt Steen. (1999a).*CPM report 1999:4: A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS) Version 2000 – General system characteristics*. Unpublished manuscript, Chalmers University of Technology, Technical Environmental Planning.

Bengt Steen. (1999b).*CPM report 1999:5: A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS) Version 2000 – Models and data of the default method*. Unpublished manuscript, Chalmers University of Technology, Technical Environmental Planning.

Daniel, G., J. Amrebn. 2549. ET4Thai, Environmental Technologies for Thai Industries. Jan-Feb 05, pp. 13-19.

Dario R. Gómez, John D. Watterson. (2006). Chapter 2: Stationary Combustion, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, pp.2.1-2.47.

Eastern Research Group, Inc. PA Consulting Group. (2009). *Resource Assessment Report for Livestock and Agro Industrial Wastes –Thailand.* Unpublished manuscript.

Kelsall D.R., T.P. Lyons. (1999). *Management of fermentations in the production of alcohol.* The Alcohol Textbook. 3rd. Nottingham University Press. Nottingham.

Murphy J.D., McCarthy. (2005). Ethanol Production from Energy Crops and Waste for Use as a transport fuel in Ireland, *Applied Energy 82*, pp. 148-166.

Thu Lan T. Nguyen, Shabbir H. Gheewala. (2008). Fossil energy, environmental and cost performance of ethanol in Thailand, *Journal of Cleaner Production 16*, pp.1814-1821.

Tim Simmons. (2006). CO_2 emission from stationary combustion of fossil fuels, *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, pp.15-40.

CPM database, Impact assessment data EPS 2000, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2554, จาก http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/IAM/index.asp?IAM=EPS+default&IAMVer=2000

David Ludington, President DLtech, Inc. Ithaca NY, Calculating the Heating Value of Biogas, สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2554, จาก http://www.dairyfarmenergy.com/DLtech_Publications/Heating_Value_of_Biogas.pdf

The US Central Intelligence Agency, CIA. The world fact book, สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2554, จาก https://www.cia.gov/library /publications/the-world-factbook/print/th.html; 2010.

ภาคผนวก ก

การคำนวณปริมาณรายการสิ่งแวดล้อม (Environmental Flows)

ก-1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในหน่วยกิโลกรัมต่อลิตรเอทานอล

ส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้า: ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโครงการ CDM ประเภททั่วไป มีค่าเท่ากับ 0.5812 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเมกะวัตต์-ชั่วโมง จากรายงานสรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ประจำปี 2552 โดยใช้วิธีคำนวณตาม Annex 14 Methodological Tools (Version 02) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system"

ส่วนของการเผาไหม้น้ำมันเตา และก๊าซชีวภาพ ในการผลิตไอน้ำ: ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้น้ำมันเตา และก๊าซชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 3.111 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม และ 1.174 กิโลกรัมต่อลบ.ม (ข้อมูล IPCC: 2006) และคำนวณปริมาณการใช้น้ำมันเตา และก๊าซชีวภาพที่เผาไหม้ในหม้อไอน้ำ โดยอ้างอิงการใช้ไอน้ำอิ่มตัวที่ 6.5 บาร์เกจ, อุณหภูมิน้ำป้อน 90 องศาเซลเซียส, ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงน้ำมันและก๊าซเฉลี่ยที่ 76% และ 72.5% ตามลำดับ (Robert Bessette, 2002) จากสมการ (ก.1)

$$m_{oil}(q) = m_w(h_g - h_f)/Eff_{Boiler} \qquad \text{(ก.1)}$$

เมื่อ

m_{oil} = ปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ, กิโลกรัมต่อลิตรเอทานอล

q = ค่าความร้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิง (หรือก๊าซชีวภาพ), กิโลจูลต่อกิโลกรัม (หรือกิโลจูลต่อลบ.ม)

m_w = ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้, กิโลกรัมต่อลิตรเอทานอล

h_g = ค่าพลังงานของไอน้ำอิ่มตัว, กิโลจูลต่อกิโลกรัม (ไอน้ำอิ่มตัวที่ 6.5 บาร์เกจ, h_g = 2,766.4 กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

h_f = ค่าพลังงานของน้ำป้อน, กิโลจูลต่อกิโลกรัม (น้ำป้อนที่ 90 องศาเซลเซียส, h_f = 376.9 กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

Eff_{Boiler} = ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

ส่วนของกระบวนการหมักเอทานอล: อ้างอิงข้อมูลจากการคำนวณ มีค่าประมาณ 100-120 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกำลังการผลิต 150,000 ลิตรเอทานอล (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549)

ส่วนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ UASB และระบบ Anaerobic lagoon: อ้างอิงอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ที่ 0.4 ลบ.ม.ต่อกิโลกรัม COD (ช่วง 0.4 – 0.5 ลบ.ม.ต่อกิโลกรัม COD) จากรายงานฉบับสมบูรณ์ การนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2549 และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ UASB และระบบ Anaerobic lagoon (Less than 2 meters deep) คิดที่ 80% (Range 80% - 100%) และ 20% (Range 0% - 30%) จากรายงาน Resource Assessment Report for Livestock and Agro-Industrial Wastes – Thailand โดย Eastern Research Group, Inc. PA Consulting Group, 2009

โดยคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ 38% โดยปริมาตรของก๊าซชีวภาพ และสามารถคำนวณปริมาตรต่อกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ 27°C (300K), 1 atm เท่ากับ 0.559 ลบ.ม.ต่อกิโลกรัม ได้จากสมการ (ก.2)

$$V = nRT / P \qquad \text{(ก.2)}$$

เมื่อ

V = ปริมาตรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ลิตร)

n = mol 1 kg.CO_2

= (1,000 g) x (1 mol / 44 g) = 22.7 mol CO_2

R = ค่าคงที่ของก๊าซ = 0.0821 L atm mol-1 K-1

T = อุณหภูมิ (K) ที่ 300K

P = ความดัน (atm) ที่ 1 atm

ก-2 ก๊าซมีเทน (CH_4) ในหน่วยกิโลกรัมต่อลิตรเอทานอล

ส่วนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ UASB และระบบ Anaerobic lagoon: อ้างอิงอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ที่ 0.4 ลบ.ม.ต่อกิโลกรัม COD (ช่วง 0.4 – 0.5 ลบ.ม.ต่อกิโลกรัม COD) จากรายงานฉบับสมบูรณ์ การนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2549 และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ UASB และระบบ Anaerobic lagoon (Less than 2 meters deep) คิดที่ 80% (Range 80% - 100%) และ 20% (Range 0% - 30%) จากรายงาน Resource Assessment Report for Livestock and Agro-Industrial Wastes – Thailand โดย Eastern Research Group, Inc. PA Consulting Group, 2009

โดยคำนวณปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ที่ 60% โดยปริมาตรของก๊าซชีวภาพ และสามารถคำนวณปริมาตรต่อกิโลกรัมก๊าซมีเทน (CH_4) ที่ 27°C (300K), 1 atm เท่ากับ 1.539 ลบ.ม.ต่อกิโลกรัม ได้จากสมการ (ก.2) เมื่อ mol 1 kg.CH_4 มีค่าเท่ากับ (1,000 g) x (1 mol / 16 g) = 62.5 mol CH_4

ก-3 ปริมาณ COD, BOD ในน้ำเสียจากน้ำกากส่า ในหน่วยกิโลกรัมต่อลิตรเอทานอล

ส่วนของกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ UASB และระบบ Anaerobic lagoon: ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ UASB และระบบ Anaerobic lagoon (Less than 2 meters deep) คิดที่ 80% (Range 80% - 100%) และ 20% (Range 0% - 30%) จากรายงาน Resource Assessment Report for Livestock and Agro-Industrial Wastes – Thailand โดย Eastern Research Group, Inc. PA Consulting Group, 2009

โดยคำนวณปริมาณ COD, BOD ในน้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียจากน้ำกากส่าด้วยระบบ UASB (ขั้นตอนที่ 1) ที่ 20% ของปริมาณ COD, BOD ในน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย และคำนวณปริมาณ COD, BOD ในน้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ Anaerobic lagoon (ขั้นตอนที่ 2) ที่ 80% ของปริมาณ COD, BOD ในน้ำเสียภายหลังผ่านระบบ UASB ตามลำดับ

ภาคผนวก ข

การคำนวณมูลค่าต้นทุนภายนอกผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ ข .1

การคำนวณมูลค่าต้นทุนภายนอกผลกระทบสิ่งแวดล้อม จากการผลิตเอทานอล 99.5% (กรณีที่ไม่พิจารณานำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์)

								Exchange Rate	42.07	Baht/ ELU
Environmental Issues	Inventory Data		Damage Category	Impact Indicator	EF	WTP	Unit	Impact Elasticity		
	Quantity (A)	Unit (B)			(C)	(D)	(E = C x D)		(F)	(G = A x E x F)	(G = A x E x F x 42.07)
1. CO2	1.5811	1.5843	Human health impact indicators	Life expectancy	7.93E-07	85,000	0.067405	ELU/kg	0.223	1.0002	1.0022
				Severe morbidity	3.53E-07	100,000	0.035300	ELU/kg		0.5238	0.5249
				Morbidity	6.55E-07	10,000	0.006550	ELU/kg		0.0972	0.0974
			Production capacity of ecosystems	Crop production capacity	7.56E-04	0.15	0.000113	ELU/kg		0.0017	0.0017
				Wood production capacity	-0.0405	0.04	-0.001620	ELU/kg		-0.0240	-0.0241
			Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	1.26E-14	1.10E+11	0.001386	ELU/kg		0.0206	0.0206
			All							1.0194	1.0227
2. CH4	0.0341	0.1356	Human health impact indicators	Life expectancy	1.67E-05	85,000	1.419500	ELU/kg	0.223	0.4537	1.8062
				Severe morbidity	7.42E-06	100,000	0.742000	ELU/kg		0.2372	0.9441
				Morbidity	1.38E-05	10,000	0.137800	ELU/kg		0.0440	0.1751
			Production capacity of ecosystems	Crop production capacity	0.0499	0.15	0.007485	ELU/kg		0.0024	0.0095
				Wood production capacity	-0.1080	0.04	-0.004320	ELU/kg		-0.0014	-0.0055
			Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	2.65E-13	1.10E+11	0.029150	ELU/kg		0.0093	0.0371
			All							0.7452	2.9665
3. COD	0.0416	0.1656	Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	9.18E-15	1.10E+11	0.0010098	ELU/kg	0.223	0.0004	0.0016
			All							0.0004	0.0016
4. BOD	0.0277	0.0675	Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	1.83E-14	1.10E+11	0.0020130	ELU/kg	0.223	0.0005	0.0013
			All							0.0005	0.0013
										2.3655	4.5920

ตารางที่ ข.2

การคำนวณมูลค่าต้นทุนภายนอกผลกระทบสิ่งแวดล้อม จากการผลิตเอทานอล 99.5% (กรณีที่พิจารณานำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์)

									Exchange Rate	42.07	Bath/ELU
Environmentally Flows	Quantity (A)	Quantity (B)	Group Effect	Impact Category	Factor (C)	WTP_{factor} (D)	Weight Value EPS 2000 (E) = (C)x(D)	Unit	Income Elasticity coefficient (F)	EPS 2000 External Cost (Baht/kg) Quantity (G) = (A)x(B)x(E)	EPS 2000 External Cost (Baht/kg) Quantity (G) = (A)x(B)x(E)
1. CO2	0.7505	0.5009	Human health impact indicators	Life expectancy	7.93E-07	85,000	0.067405	ELU/kg	0.223	0.4747	0.3169
				Severe morbidity	3.53E-07	100,000	0.035300	ELU/kg		0.2488	0.1659
				Morbidity	6.55E-07	10,000	0.006550	ELU/kg		0.0461	0.0308
			Production capacity of ecosystems	Crop production capacity	7.56E-04	0.15	0.000113	ELU/kg		0.0008	0.0005
				Wood production capacity	-0.0405	0.04	-0.001620	ELU/kg		-0.0114	-0.0076
			Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	1.26E-14	1.10E+11	0.001386	ELU/kg		0.0098	0.0065
			All							0.7888	0.5130
2. CH4	0.0016	0.0065	Human health impact indicators	Life expectancy	1.67E-05	85,000	1.419500	ELU/kg	0.223	0.0216	0.0860
				Severe morbidity	7.42E-06	100,000	0.742000	ELU/kg		0.0113	0.0450
				Morbidity	1.38E-05	10,000	0.137600	ELU/kg		0.0021	0.0083
			Production capacity of ecosystems	Crop production capacity	0.0499	0.15	0.007485	ELU/kg		0.0001	0.0005
				Wood production capacity	-0.1080	0.04	-0.004320	ELU/kg		-0.0001	-0.0003
			Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	2.65E-13	1.10E+11	0.029150	ELU/kg		0.0004	0.0018
			All							0.0855	0.1413
3. COD	0.0416	0.1656	Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	9.18E-15	1.10E+11	0.0010098	ELU/kg	0.223	0.0004	0.0016
			All							0.0004	0.0016
4. BOD	0.0277	0.0675	Bio-diversity impact indicators	Extinction of species	1.83E-14	1.10E+11	0.0020130	ELU/kg	0.223	0.0005	0.0013
			All							0.0005	0.0013
										0.8850	0.6571

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นางสาวพรนภา สามงามยา
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2522
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2544
ตำแหน่ง	(พ.ศ.2545 – พ.ศ.2549) วิศวกรส่วนวิศวกรรมฉีดขึ้นรูปโลหะ (พ.ศ.2549 – ปัจจุบัน) วิศวกรส่วนซ่อมบำรุงเครื่องกล
ทุนการศึกษา	ทุนส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2553, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	พรนภา สามงามยา และวันวิสาข์ สกลภาพ, "การประเมินต้นทุนภายนอก จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเอทา-นอล จากวัตถุดิบมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล ในประเทศไทย", การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่3. (CESEM 3), วันที่ 14-15 มีนาคม พ.ศ.2554
ประสบการณ์ทำงาน	(พ.ศ.2545 – พ.ศ.2549) บริษัท ผลิตภัณฑ์วิศวไทย จำกัด (พ.ศ.2549 – ปัจจุบัน) บริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน)