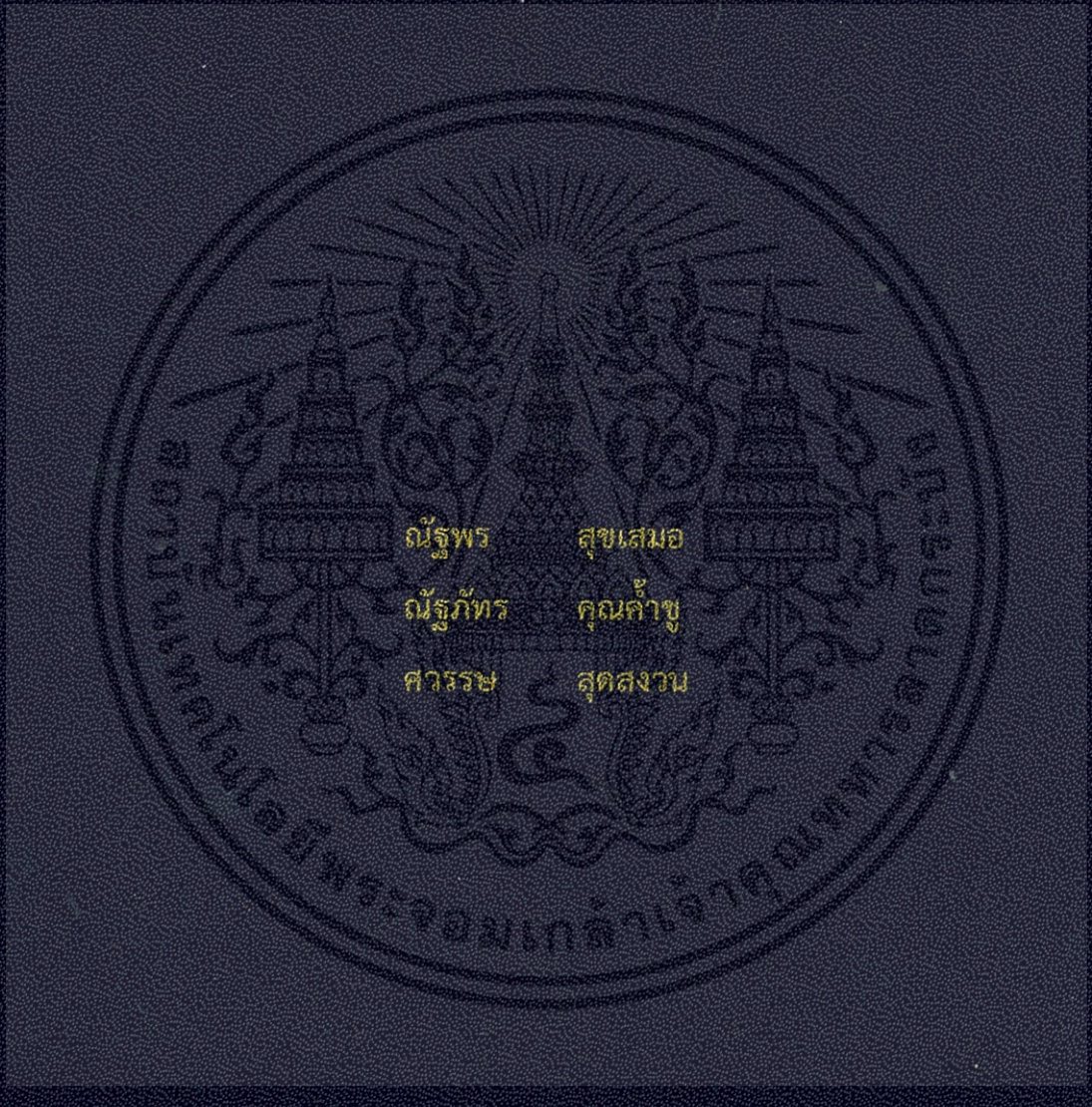
การศึกษาผลกระทบจากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสถาพทางอุทกวิทยา
(กรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง)
A STUDY OF THE IMPACT OF BIOFUEL PRODUCTION ON HYDROLOGY
(A CASE STUDY OF KHLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)



ณัฐพร สุขเสมอ

ณัฐภัทร คุณค้ำชู

ศาวรรษ สุดสงวน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การศึกษาผลกระทบจากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา
(กรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง)
A STUDY OF THE IMPACT OF BIOFUEL PRODUCTION ON HYDROLOGY
(A CASE STUDY OF KHLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)

ณัฐพร สุขเสมอ
ณัฐภัทร คุณค้ำชู
ศวรรษ สุดสงวน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF THE IMPACT OF BIOFUEL PRODUCTION ON HYDROLOGY
(A CASE STUDY OF KHLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)

Nutthaporn Suksamer
Nutthapat Khuncumchoo
Sawat Soodsa-nguan

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาผลกระทบจากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา (กรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง)

A STUDY OF THE IMPACT OF BIOFUEL PRODUCTION ON HYDROLOGY (A CASE STUDY OF KHLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวณัฐพร สุขเสมอ รหัสนักศึกษา 53010486

นายณัฐภัทร คุณค้ำชู รหัสนักศึกษา 53010500

นายศวรรษ สุดสงวน รหัสนักศึกษา 53011544

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาผลกระทบจากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา (กรณีศึกษาลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง) A STUDY OF THE IMPACT OF BIOFUEL PRODUCTION ON HYDROLOGY (A CASE STUDY OF KHOLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวณัฐพร สุขเสมอ	รหัสนักศึกษา	53010486
	นายณัฐภัทร คุณค้ำชู	รหัสนักศึกษา	53010500
	นายศวรรษ สุดสงวน	รหัสนักศึกษา	53011544
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์		
ปีการศึกษา	2556		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงผลกระทบจากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา โดยเลือกลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง เป็นพื้นที่การศึกษา โดยทำการศึกษาช่วงปี พ.ศ. 2548 – พ.ศ. 2552 ทำการศึกษาพืชที่สามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ 3 ชนิดคือ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน โดยที่มันสำปะหลังและอ้อยนำมาใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอเอทานอล และปาล์มน้ำมันนำมาใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ผลการศึกษาวิเคราะห์พบว่าสภาพอากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ปริมาณน้ำท่ามีปริมาณลดลง โดยที่มีการตกตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น ทำการคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) เพื่อประเมินการใช้น้ำของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพของพืชทั้ง 3 ชนิด พบว่ามันสำปะหลังมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิผลมากที่สุดโดยที่พิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นผลิตพืช ผลิตน้ำมันชีวภาพ จนกระทั่งให้ค่าพลังงาน ดังนั้นจึงเห็นว่าควรส่งเสริมให้มีการผลิตมันสำปะหลังเพื่อใช้ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพมากกว่าพืชชนิดอื่น เนื่องมีผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A STUDY OF THE IMPACT OF BIOFUEL PRODUCTION ON HYDROLOGY (A CASE STUDY OF KHLONG PHLO RIVER BASIN, RAYONG PROVINCE)	
Authors	Nutthaporn Suksamer	53010486
	Nutthapat Khuncumchoo	53010500
	Sawat Soodsa-nguan	53011544
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Songvoot Sangchan	
Year	2013	

Abstract

This project was to study on the impact of biofuel production on hydrological condition from 2005 to 2009. Along the Khlong Phlo watershed in Rayong, the research aims to study three kinds of biofuel crops: cassavas and sugarcanes generating bio-ethanol and oil palms generating biodiesel. The result is that the weather is almost steady. The runoff becomes lower because there appears to be more sediment load along the watershed. Based on the Water Footprint principle, we are to examine on the water consumption of the crop production, including the biofuel production is in order to search for the crops with the most effective water consumption. After the examination, we discovered that the cassavas are the most appropriate crops for the biofuel production due to the water consuming effectiveness and the least effect on the hydrological environment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่าย ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงขอขอบคุณ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาแก่คณะผู้จัดทำ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ ให้ความรู้คำชี้แนะแนวทางตลอดจนช่วยปรับปรุงแก้ไขปัญหาจนโครงงานสำเร็จ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ อาจารย์และบุคคาลากรของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่มีส่วนช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

และสุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นางสาวณัฐพร สุขเสมอ
นายณัฐภัทร คุณค้ำชู
นายศวรรษ สุดสงวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญภาพ VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 วิธีการดำเนินงาน 3
บทที่ 2 การทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 อุทกวิทยา 4
2.1.1 ความหมายของคำว่าอุทกวิทยา (hydrology) 4
2.1.2 ทรัพยากรน้ำ (Water Resources) 4
2.1.3 วัฏจักรของอุทกวิทยา (Hydrological Cycle) 4
2.1.4 น้ำเสียและมลพิษทางน้ำ (wastewater) 5
2.1.5 มลพิษน้ำ (water pollution) 6
2.2 ลุ่มน้ำ 6
2.2.1 ความหมายของลุ่มน้ำ 6
2.2.2 พื้นที่ลุ่มน้ำ 7
2.3 เชื้อเพลิงชีวภาพ 7
2.3.1 ไบโอดีเซล (Biodiesel) 8
2.3.2 ไบโอเอทานอล (Bioethanol) 9
2.4 พืชพลังงาน 10
2.4.1 พืชพลังงานที่ผลิตไบโอเอทานอล 10
2.4.2 พืชพลังงานที่ผลิตไบโอดีเซล 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

2.5 วอเตอร์ฟุตปริ้น 13
2.5.1 กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น (Green Water footprint) 13
2.5.2 บลูวอเตอร์ฟุตปริ้น (Blue Water footprint) 14
2.5.3 เกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น (Grey Water footprint) 14
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
บทที่ 3 วิธีการศึกษา และขั้นตอนการศึกษา 15
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล 16
3.1.1 สำรวจข้อมูลและเก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษา 16
3.1.2 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา 16
3.1.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลพืชพลังงาน 17
3.2 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น 18
3.2.1 คำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืช (Water footprint of crop) 19
3.2.2 คำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel) 21
3.2.3 คำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel energy) 21
บทที่ 4 ผลการศึกษา 22
4.1 ผลการศึกษาทางด้านอุตุนิยมวิทยา 22
4.1.1 ปริมาณน้ำฝน 22
4.1.2 อุณหภูมิ 23
4.2 การใช้พื้นที่ 24
4.3 อัตราการไหลของน้ำในลุ่มน้ำ 25
4.4 การตกตะกอน 26
4.5 วอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) 27
4.5.1 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน (Water footprint of crop) 27
4.5.2 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of crop) 28
4.5.3 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel energy) 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก ก.	34
ภาคผนวก ข.	40
ภาคผนวก ค.	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1.1	ตารางแผนการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 2.1	การเปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลและไบโอเอทานอล	10
ตารางที่ 3.1	การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา	16
ตารางที่ 3.2	ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช	17
ตารางที่ 3.3	การใช้พื้นที่การการเกษตรของลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง	17
ตารางที่ 3.4	ผลผลิตของพืชน้ำมันและอัตราการแปลงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ	17
ตารางที่ 3.5	ค่าความร้อนสูงสุดและค่าความหนาแน่นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ	18
ตารางที่ 4.1	ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ ปริมาณน้ำฝน ,อุณหภูมิ, ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ, ค่าความเร็วลม, ค่าแสงอาทิตย์และค่ารังสีแสงอาทิตย์	22
ตารางที่ 4.2	เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำคลองโพล้ ใน ปีพ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552	24
ตารางที่ 4.3	อัตราการไหลของน้ำในลุ่มน้ำคลองโพล้เฉลี่ยรายเดือน	25
ตารางที่ 4.4	ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชน้ำมัน (Water footprint of crop)	27
ตารางที่ 4.5	ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel)	28
ตารางที่ 4.6	ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel energy)	30
ตาราง ก.1	ข้อมูลการใช้ปุ๋ยในพื้นที่ศึกษา	35
ตาราง ก.2	ข้อมูลปริมาณฝนใช้การ ภาคตะวันออก ประเทศไทย	35
ตาราง ก.3	ข้อมูลปริมาณน้ำของพืชอ้างอิง (mm./day) โดยวิธีของ Penman monteinth ภาคตะวันออก ประเทศไทย	36
ตาราง ก.4	ข้อมูลสภาพอากาศปี พ.ศ.2548 – พ.ศ.2552 กรมอุตุนิยมวิทยา	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 วัฏจักรอุทกวิทยา 5
รูปที่ 2.2 มันสำปะหลัง 11
รูปที่ 2.3 อ้อย 12
รูปที่ 2.4 ปาล์มน้ำมัน 12
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของวอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) 13
รูปที่ 3.1 แผนการศึกษาปริญญานิพนธ์ 15
รูปที่ 3.2 แสดงแผนที่ประเทศไทยและลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง 16
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการคำนวณค่า วอเตอร์ฟุตปริ้นของพืช 19
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ 19
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ 19
รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง 23
รูปที่ 4.2 ปริมาณอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง 23
รูปที่ 4.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง 24
รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552 25
รูปที่ 4.5 สถิติอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยของลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2548 - 2552 26
รูปที่ 4.6 สถานีวัดน้ำ (Z18) ของกรมชลประทาน ในลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง 26
รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยรายเดือน ค่าที่มากสุด และน้อยสุดของปริมาณตะกอนสะสมของลุ่มน้ำ ปีพ.ศ. 2548 - 2552 27
รูปที่ 4.8 ผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน 28
รูปที่ 4.9 ผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ 29
รูปที่ 4.10 ผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ 30
รูปที่ ค.1 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 1 45
รูปที่ ค.2 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 2 45
รูปที่ ค.3 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 3 46
รูปที่ ค.4 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 4 46
รูปที่ ค.5 รูปมันสำปะหลังพื้นที่ศึกษา 1 47
รูปที่ ค.6 รูปมันสำปะหลังพื้นที่ศึกษา 2 47
รูปที่ ค.7 รูปอ้อยพื้นที่ศึกษา 1 48
รูปที่ ค.8 รูปอ้อยพื้นที่ศึกษา 2 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ ค.9 รูปปาล์มน้ำมันพื้นที่ศึกษา 1 49

รูปที่ ค.10 รูปปาล์มน้ำมันพื้นที่ศึกษา 2 49

รูปที่ ค.11 สำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง 50

รูปที่ ค.12 ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 โครงการชลประทานจังหวัดระยอง 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทยมาช้านาน เนื่องจากแหล่งผลิตในประเทศมีไม่เพียงพอกับความต้องการที่สูงขึ้นตามความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าเป็นหลัก ประเทศไทยสูญเสียเงินตราต่างประเทศ เพื่อนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงกว่าแสนล้านบาท นอกจากนี้ราคาน้ำมันมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ การคิดค้นแหล่งพลังงานทดแทนใหม่ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญ

ในช่วงปีที่ผ่านมารัฐบาลได้มีนโยบายเรื่องการส่งเสริมให้ประชาชนที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมหันมาปลูกพืชพลังงานทดแทน ที่สามารถจะนำมาผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ และสามารถเป็นพืชเศรษฐกิจในอนาคต ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน ฯลฯ พืชพลังงานเหล่านี้ล้วนเป็นแหล่งพลังงานชีวมวลที่พร้อมจะแปรเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ แต่การปลูกพืชเพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ ล้วนแต่ใช้น้ำในการปลูกเป็นปริมาณที่ค่อนข้างมาก ซึ่งเมื่อใช้น้ำในการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้ดินแห้งไม่มีการระเหย อีกทั้งการปลูกพืชพลังงานทดแทน จะมีธาตุอาหาร แร่ธาตุ รวมทั้งปุ๋ยที่ใส่เพื่อการเจริญเติบโตของพืช และเมื่อมีการชะล้างของน้ำต่อพืช สารอาหารแร่ธาตุก็จะไหลลงสู่ลุ่มน้ำ ส่งผลให้เกิดตะกอนและผลกระทบอื่นๆ ที่มีผลต่อสภาพอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ประเทศไทยสามารถแบ่งเขตลุ่มน้ำใหญ่ๆได้ 25 ลุ่มน้ำ ในพื้นที่ทั้งหมด 320 ล้านไร่ แต่ละลุ่มน้ำจะแตกต่างกันเพราะมีสภาพภูมิประเทศและสภาพทางอุทกวิทยาที่แตกต่างกัน ทำให้ความสมบูรณ์และปริมาณของน้ำท่าแต่ละลุ่มน้ำแตกต่างกันด้วย ปัจจุบันพื้นที่ของป่าไม้บางส่วนถูกเปลี่ยนแปลงเป็นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ที่ได้เลือกทำการศึกษาคือโดยที่ลุ่มน้ำคลองโพล้เป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำประแสร์ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง ในภาคตะวันออกของประเทศไทย

โครงงานวิจัยได้ทำการศึกษาพืชน้ำมัน 3 ชนิดได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อยและปาล์มน้ำมัน ที่ปลูกในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากพืชทั้ง 3 ชนิดยังเป็นพืชพลังงานที่สามารถนำมาผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพได้ โดยที่ มันสำปะหลังและอ้อยสามารถนำมาผลิตไบโอเอทานอล ส่วนปาล์มน้ำมันสามารถนำมาผลิตไบโอดีเซล

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษา ผลกระทบจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพอุทกวิทยา โดยเฉพาะการใช้น้ำที่มีความสำคัญในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้เลือกพื้นที่ลุ่มน้ำในการศึกษาย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2552 เพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบของสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของพืชพลังงานที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

1.2.2 เพื่อประเมินค่า วอเตอร์ฟุตปริ้นท์ (water footprint) ของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยที่จะใช้ค่าเป็นแนวทางในการเลือกปลูกพืชพลังงานในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีการใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.2.3 เพื่อประเมินผลกระทบของการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีต่อทรัพยากรน้ำและสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษารวบรวมข้อมูลสภาพภูมิประเทศ สภาพอากาศ สภาพทางอุทกวิทยา และพืชที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพในพื้นที่ศึกษาคือมันสำปะหลัง อ้อยและปาล์มน้ำมัน โดยจะศึกษาสภาพอุทกวิทยาของพื้นที่ในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2552 พื้นที่กรณีศึกษาคือลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบถึงลักษณะ คุณสมบัติ ปริมาณการใช้น้ำของพืชพลังงานในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

1.4.2 ทราบถึงสาเหตุและผลกระทบของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีผลต่อสภาพอุทกวิทยา

1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกปลูกพืชพลังงานที่สามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิผลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี / เดือน								
	พ.ศ.2556						พ.ศ.2557		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←	→							
2.ออกภาคสนามเก็บข้อมูล		←	→						
3.คำนวณค่า Water footprint ของพืชพลังงาน, การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ และค่าพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ				←	→				
4.ประเมินการใช้น้ำในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากพืชพลังงาน					←	→			
5.วิเคราะห์ผลกระทบทางสภาพอุทกวิทยา						←	→		
6.สรุปโครงการ และเขียนรายงาน								←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุทกวิทยา (hydrology)

2.1.1 ความหมายของคำว่าอุทกวิทยา (hydrology) เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ หมุนเวียนการกระจายของน้ำบนผิวดิน ตลอดจนความเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของน้ำ ทางฟิสิกส์ เคมีและปฏิกริยาของน้ำกับสิ่งแวดล้อม และยังรวมถึงความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตทั้งหลายอันเป็นองค์ประกอบรวมกันเป็นระบบนิเวศน์วิทยารวมถึงวงจรอุทกวิทยา ทรัพยากรน้ำ และการดูแลน้ำอย่างยั่งยืน

น้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืช มนุษย์เราใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและการผลิตพลังงานไฟฟ้า แหล่งน้ำโดยทั่วไปได้จากน้ำธรรมชาติ 3 แหล่งใหญ่ คือ น้ำฝน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน การเกิดของแหล่งน้ำเหล่านี้ศึกษาได้จากวัฏจักรของอุทกวิทยา

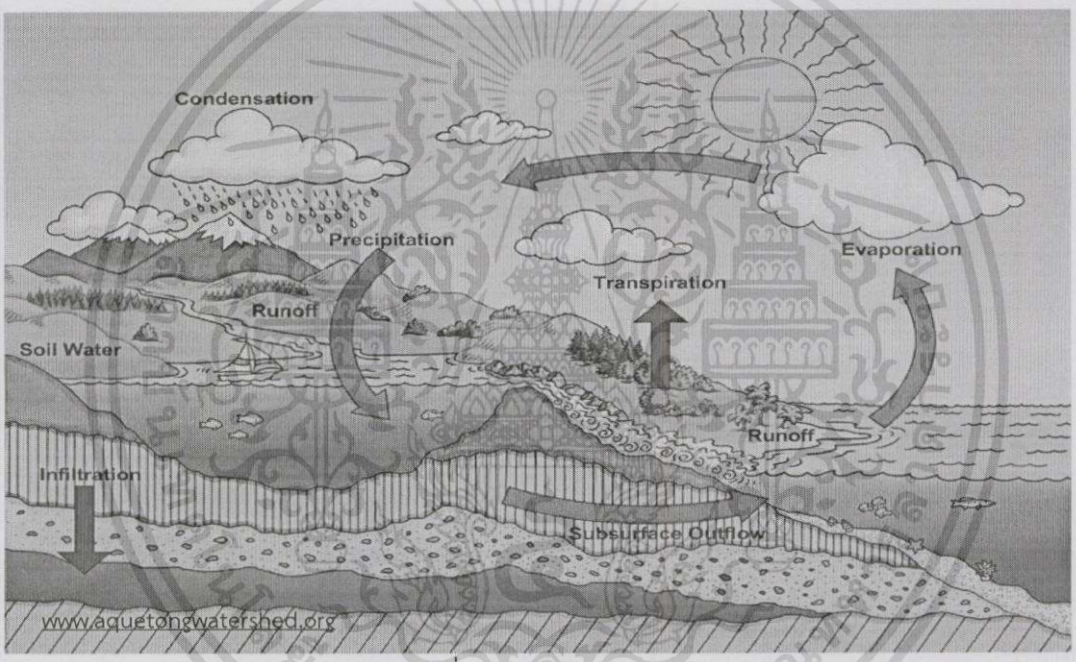
2.1.2 ทรัพยากรน้ำ (Water Resources) หมายถึง แหล่งต้นตอของน้ำที่เป็นประโยชน์หรือมีศักยภาพที่จะก่อให้เกิดประโยชน์แก่มนุษย์ น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญส่วนหนึ่งของระบบนิเวศน์ ที่อำนวยประโยชน์ต่อมนุษย์นานับประการ ทั้งเพื่อการดำรงชีวิต และใช้ในกิจกรรมผลิตสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต น้ำจึงถูกนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค และน้ำเมื่อใช้แล้วก็จะถูกปล่อยทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งระบบหมุนเวียนดังกล่าวได้ก่อให้เกิดปัญหาขึ้น ซึ่งไม่หยุดนิ่งจากพื้นที่ต้นน้ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่สูง เช่นภูเขา ไปจนกระทั่งถึงปากแม่น้ำ ขณะที่น้ำมีการไหลผ่านพื้นที่ต่างๆ ก็จะมีการใช้น้ำเพื่อตอบสนองต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ผู้ที่ตั้งถิ่นฐานอยู่สองฝั่งของลำน้ำรวมถึงผู้ที่มีถิ่นฐานรอบแหล่งน้ำที่ไกลออกไปด้วย

2.1.3 วัฏจักรของอุทกวิทยา (Hydrological Cycle) หรือที่เรารู้จักกันว่า วัฏจักรของน้ำ (Water Cycle) คือกระบวนการต่างๆ ประกอบด้วย การเกิดน้ำจากฟ้า (Precipitation) การซึมของน้ำในดิน (Infiltration) การคายระเหย (Evapotranspiration) และน้ำท่า (run off) ซึ่งแต่ละกระบวนการมีหลักการการเกิดดังนี้

- การเกิดน้ำจากฟ้า (Precipitation) เป็นการตกลงมาของน้ำในบรรยากาศสู่พื้นผิวโลก
- การซึมของน้ำในดิน (Infiltration) จากน้ำบนพื้นผิวลงสู่ดินเป็นน้ำใต้ดิน
- การคายระเหย (Evapotranspiration) เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสภาวะของน้ำจากของเหลวให้กลายเป็นไอ
- น้ำท่า (Run off) คือการไหลของน้ำบนผิวดินไปสู่มหาสมุทร ซึ่งอาจจะถูกกักชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัฏจักรของอุทกวิทยาไม่มีจุดเริ่มต้น ไม่มีจุดสิ้นสุด เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย อาจกำหนดให้วัฏจักรของอุทกวิทยาเริ่มต้นที่การระเหยของน้ำจากทะเล และแหล่งอื่น ๆ บนพื้นโลก ไอน้ำเหล่านี้เมื่อลอยสู่เบื้องบนจะเย็นตัวลง และภายใต้สภาวะที่เหมาะสมก็จะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำที่เห็นเป็นเมฆ ละอองน้ำนี้จะรวมตัวจนมีขนาดใหญ่ขึ้น แล้วตกลงมาเป็นน้ำจากฟ้า ซึ่งอาจมีรูปแบบแตกต่างกันไปตามสภาพทางอุตุนิยมวิทยา เมื่อฝนตกลงสู่พื้นดินน้ำบางส่วนจะค้างอยู่ตามใบและลำต้นของพืชบางส่วนจะขังอยู่ตามแอ่งน้ำหรือที่ลุ่ม น้ำเหล่านี้อาจกลับคืนสู่บรรยากาศโดยการระเหยจากแหล่งน้ำหรือการคายน้ำของพืช นอกจากนี้ น้ำบางส่วนอาจซึมลึกลงไปในดิน ไปรวมกันเป็นแหล่งน้ำใต้ดิน ส่วนที่เหลือจะไหลอยู่บนผิวดินในรูปของน้ำท่า (surface run off) กลายเป็นแหล่งน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำลำคลอง ในที่สุดทั้งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินก็จะไหลลงสู่ทะเลและมหาสมุทร แล้วระเหยกลับขึ้นไปสู่บรรยากาศอีกครบวงจรตามวัฏจักร



รูปที่ 2.1 วัฏจักรอุทกวิทยา

2.1.4 น้ำเสียและมลพิษทางน้ำ (wastewater) เป็นน้ำที่เกิดการปนเปื้อนมีคุณลักษณะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นสภาวะที่น้ำมีสารที่อาจก่ออันตรายหรือวัสดุที่น่ารังเกียจเจือปนอยู่ในน้ำในปริมาณที่ทำให้คุณภาพน้ำถูกทำลายไป และส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพื่อเป็นการป้องกันมิให้เกิดปัญหาภาวะน้ำเน่าเสีย กรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้อาศัยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ใช้ควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยการวัดความสกปรกของน้ำเสียที่นิยมวัดพารามิเตอร์ต่างๆที่สำคัญโดยได้นิยามความหมายของน้ำทิ้ง ว่าเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมและให้ความหมายรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำที่ปนเปื้อนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อโรคและน้ำที่ปนเปื้อนด้วยโลหะหนักหรือสารพิษ ซึ่งไม่สามารถสังเกตถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้ ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่า"น้ำเสีย" น้ำเสียมีลักษณะทางกายภาพจะประกอบด้วยความขุ่นของแข็ง กลิ่น สีและ อุณหภูมิ ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และลักษณะทางกายภาพยังสามารถใช้บ่งบอกคุณภาพของน้ำเสียได้อย่างหยาบๆ ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์มาแล้ว เช่น การใช้อาบ ใช้ซักล้าง ใช้สำหรับขับเคลื่อนสิ่งปฏิกูลหรือใช้ล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้ล้างพื้นโรงงาน ตลอดจนใช้สำหรับระบายความร้อน ฯลฯ น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้วจะมีคุณลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิมคือ มีสิ่งสกปรกต่างๆ เจือปนอยู่ ได้แก่ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษจุลินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งความร้อนการแบ่งประเภทน้ำเสียอาจแบ่งตามลักษณะน้ำเสียที่มาจากแหล่งต่างๆ ที่มีสารที่อยู่ในน้ำเสียต่างกันสารเหล่านั้นจะเป็นสารประเภทใดขึ้นอยู่กับแหล่งและกรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆ

2.1.5 มลพิษน้ำ (water pollution) หมายถึง การที่น้ำตามธรรมชาติถูกทำให้มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำนั้นได้ หรือเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์จากน้ำในแหล่งน้ำ มลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้น และปรากฏให้เห็น ได้แก่ น้ำในแหล่งน้ำเดิมซึ่งมีลักษณะเป็นธรรมชาติเกิดเปลี่ยนแปลง มีกลิ่นเหม็น มีสีดำ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า “น้ำเน่า” แต่ในบางครั้งการเกิดมลพิษทางน้ำจะไม่ปรากฏลักษณะของการเน่าเสียให้เห็นดังที่กล่าวมาแล้ว

สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษน้ำ หรือสาเหตุของน้ำเสียมลพิษน้ำ เป็นน้ำที่มีสารหรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้จะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมัน ผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง สารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็นและเชื้อโรคต่าง ๆ สำหรับแหล่งที่มาของมลพิษน้ำส่วนใหญ่มาจากน้ำเสียของแหล่งชุมชน จากกิจกรรมสำหรับการดำรงชีวิตของคนเรา เช่น อาคารบ้านเรือน หมู่บ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม โรงแรม ตลาดสด โรงพยาบาล เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าความเน่าเสียของคูคลองเกิดจากน้ำเสียประเภทนี้ ถึงประมาณ 75% และน้ำเสียจากกิจกรรมอุตสาหกรรม ได้แก่น้ำเสียจากขบวนผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งน้ำหล่อเย็นที่มี ความร้อนสูงและน้ำเสียจากห้องน้ำห้องส้วมของคนงานด้วยความเน่าเสียของคุคลองเกิดจากน้ำเสียประเภทนี้ประมาณ 25% แม้จะมีปริมาณไม่มากนัก แต่สิ่งสกปรกในน้ำเสียจะเป็นพวกสารเคมีที่เป็นพิษและพวกโลหะหนักต่าง ๆ รวมทั้งพวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีความเข้มข้นสูงด้วย

2.2 ลุ่มน้ำ (Watershed)

2.2.1 ความหมายของลุ่มน้ำ (Watershed) คือ หน่วยพื้นที่หนึ่งที่ประกอบด้วยทรัพยากรกายภาพ ทรัพยากรชีวภาพ ทรัพยากรที่มนุษย์สร้างขึ้น และทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ระบบลุ่มน้ำประกอบด้วยทรัพยากรเหล่านี้อยู่รวมกันคละกันอย่างกลมกลืนจนมีเอกลักษณ์และพฤติกรรมร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลุ่มน้ำที่มีลักษณะและแสดงบทบาทเฉพาะ จึงมักเรียกลุ่มน้ำเป็นทรัพยากรลุ่มน้ำ หรือระบบทรัพยากร

2.2.2 พื้นที่ลุ่มน้ำ หมายถึง หน่วยของพื้นที่ซึ่งล้อมรอบด้วยสันปันน้ำ (boundary) เป็นพื้นที่รับน้ำฝนของแม่น้ำสายหลักในลุ่มน้ำนั้น ๆ เมื่อฝนตกลงมาในพื้นที่ลุ่มน้ำจะไหลออกสู่ลำธารสายย่อย ๆ (sub-order) แล้วรวมกันออกสู่ลำธารสายใหญ่ (order) และรวมกันออกสู่แม่น้ำสายหลัก (mainstream) จนไหลออกปากน้ำ (outlet) ในที่สุด โดยสามารถแบ่งลุ่มน้ำออกเป็น 4 ชนิด คือ

(1) ลุ่มน้ำรูปขนนก (Featherlike Basin) พื้นที่ลุ่มน้ำจะมีขนาดเล็ก และยาวเรียวมีลำน้ำสาขาไหลลงสู่ตัวลำน้ำสายใหญ่ทั้งสองฝั่ง ปริมาณน้ำท่วมจากลุ่มน้ำชนิดนี้จะมีอัตราค่อนข้างต่ำ เพราะว่าระยะเวลาที่ปริมาณน้ำท่วมของลำน้ำสาขาต่างๆ ไหลมาถึงจุดที่พิจารณา หรือบริเวณน้ำท่วมจะไม่เท่ากันหรือไม่ตรงกัน แต่จะเกิดน้ำท่วมอยู่เป็นเวลานาน

(2) ลุ่มน้ำรูปวงกลม (Radial Basin) มีพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีสันปันน้ำเป็นรูปคล้ายพัด หรือรูปวงกลม และมีลำน้ำสาขาไหลลงสู่ลำน้ำสายใหญ่ ที่จุดใดจุดหนึ่งดุจเป็นรัศมีของวงกลมในลุ่มน้ำที่มีลักษณะ เช่นนี้ ปริมาณน้ำท่วมจะมารวมกันที่จุดเดียว ทำให้เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่ใกล้กับจุดบรรจบหรือลุ่มลำ น้ำ

(3) ลุ่มน้ำรูปขนาน (Parallel Basin) พื้นที่ลุ่มน้ำแยกเป็น 2 ส่วน และมาบรรจบกันในตอนล่างหรือด้านท้ายน้ำ และจะเกิดน้ำท่วมบริเวณตอนใต้ของสบแม่น้ำ

(4) ลุ่มน้ำรูปผสม (Complexed Basin) หมายถึงลุ่มน้ำที่คุณลักษณะหลายชนิดรวมอยู่ ด้วยกัน

2.3 เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel)

เชื้อเพลิงชีวภาพ หรือ Biofuel คือ เชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล (Biomass) หรือ สสารที่ได้จากพืชและสัตว์โดยมีพื้นฐานจากการสังเคราะห์แสง แล้วเก็บรวบรวมพลังงานจากดวงอาทิตย์เอาไว้ในรูปของพลังงานเคมี ซึ่งแตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหินและปิโตรเลียม) ที่เป็นเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง ตรงที่เชื้อเพลิงชีวภาพจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถฟื้นฟูหรือสร้างขึ้นใหม่ได้ ตราบใดที่ต้นไม้และพืชไม่ถูกตัดโค่นในอัตราที่รวดเร็วเกินกว่าที่จะสามารถปลูกทดแทนให้เจริญเติบโตขึ้นมาได้ทัน

พืชเป็นพลังงานชีวภาพรูปแบบหนึ่งเพราะเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเองโดยกลไกของธรรมชาติที่เรียกว่า กระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Process) ซึ่งพืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเป็นอาหาร ก็จะได้สารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเราเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่าชีวมวล (Biomass) และเมื่อเรานำสารอินทรีย์เหล่านั้นมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมจะสามารถเปลี่ยนชีวมวลเหล่านั้นให้เป็นพลังงานที่เป็นประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงชีวภาพแตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหินและปิโตรเลียม) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง ตรงที่เชื้อเพลิงชีวภาพจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถฟื้นฟูหรือสร้างขึ้นใหม่ได้ ตราบใดที่ต้นไม้และพืชไม่ถูกตัดโค่นในอัตราที่รวดเร็วเกินกว่าที่จะสามารถปลูกทดแทนให้เจริญเติบโตขึ้นมาได้ทัน

ข้อดีอีกประการของเชื้อเพลิงชีวภาพคือ สถานะที่หลากหลายของเชื้อเพลิงทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ จึงสะดวกและสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ที่สำคัญคือ การเผาเชื้อเพลิงชีวภาพไม่ก่อให้เกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและยังก่อให้เกิดปริมาณก๊าซพิษน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นเมื่อเทียบกันในอัตราต่อหน่วย การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจึงเท่ากับเป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมได้อย่างมาก

ปัจจุบันโลกใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชีวภาพในปริมาณไม่มาก คือ ประมาณร้อยละ 15 เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการค้นคว้าพยายามใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชีวภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่นในยุโรปมีการนำเชื้อเพลิงชีวภาพไปใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าขนาดเล็กและใช้ในภาคเกษตรกรรม เป็นต้น

แม้พืชพลังงานจะยังไม่เป็นที่สนใจของนักลงทุนในประเทศไทยนัก แต่ในระดับชุมชนก็ไม่ควรจะมองข้ามเพราะที่ดินเหลือใช้สามารถสร้างรายได้และเป็นแหล่งพลังงานได้ในขณะเดียวกัน

ประเทศไทยสามารถผลิตพลังงานใช้เองภายในประเทศได้เพียงบางส่วน ซึ่งไม่พอกับความต้องการใช้ที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่องควบคู่ไปกับการเติบโตทางเศรษฐกิจ ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาพลังงานหมุนเวียนจึงมีความจำเป็นและต้องเร่งดำเนินการ ปัจจุบันเชื้อเพลิงชีวภาพที่ดำเนินการผลิตเชิงพาณิชย์และจำหน่ายอยู่ในประเทศไทยนั้น ได้แก่ เอทานอล น้ำมันแก๊สโซฮอล์ น้ำมันดีเซล ปาล์ม (บริสุทธิ์) และไบโอดีเซล แต่เราจะพูดถึงแค่ ไบโอดีเซล และไบโอเอทานอล

2.3.1 ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงดีเซลที่ผลิตจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน เช่น น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือสาหร่าย ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก นอกเหนือจากดีเซลที่ผลิตจากปิโตรเลียม โดยมีคุณสมบัติการเผาไหม้ เหมือนกับดีเซลจากปิโตรเลียมมาก และสามารถใช้ทดแทนกันได้ ซึ่งได้รับการกำจัดยางเหนียวและสิ่งสกปรกออก และนำไปผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Transesterification โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้สภาวะการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนไขมันหรือเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจาก Triglycerides ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเตอร์ (Mono Alkyl Ester) ได้แก่ เมทิลเอสเตอร์ (Methyl Ester) หรือเอทิลเอสเตอร์ (Ethyl Ester) และกลีเซอรีน (Glycerine) หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นกระบวนการแยกกลีเซอรีนออกจากน้ำมันนั่นเอง โมโนอัลคิลเอสเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะคล้ายน้ำมันดีเซล เราเรียกเอสเตอร์ดังกล่าวว่า ไบโอดีเซล หรือ B100 ส่วนกลีเซอรีนที่ได้จากการผลิต ถือเป็นผลพลอยได้ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ คุณสมบัติสำคัญของไบโอดีเซลคือ สามารถย่อยสลายได้เอง ตามกระบวนการชีวภาพในธรรมชาติ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ (Neat Biodiesel) มีค่าซีเทนสูงกว่าน้ำมันดีเซล ข้อแตกต่างของไบโอดีเซลที่สำคัญคือ เป็นสารไม่ไวไฟและไม่ระเบิด มีจุดวาบไฟสูงถึง 120 องศาเซลเซียส ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีจุดวาบไฟที่ 64 องศาเซลเซียส เป็นเชื้อเพลิงสะอาด ช่วยให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีขึ้น ทำให้การจุดระเบิดทำได้ดี การสันดาปสมบูรณ์ นอกจากใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำแล้ว ยังนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงได้ โดยไม่มีปัญหาในการใช้งานทั้งระยะสั้นและระยะยาว

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลแล้ว ไบโอดีเซลจะช่วยลดมลพิษทางอากาศได้มาก โดยปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนรวม และฝุ่นละอองลดลงร้อยละ 20-40 นอกจากนั้น ยังลดควันดำได้ถึงร้อยละ 60

ในการใช้ ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ (B100 หรือ Neat Biodiesel) ในรถยนต์ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์เสียก่อน แต่หากผสมในปริมาณไม่เกินร้อยละ 5 (B5) สำหรับการใช้งานทั่วไปและในปริมาณไม่เกินร้อยละ 20 (B20) สำหรับกลุ่มรถยนต์ที่ควบคุมสภาวะการใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์แต่อย่างใด ซึ่งได้รับการยอมรับจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์

ไบโอดีเซลมีใช้อย่างแพร่หลายทั้งในยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น แคนาดา ฯลฯ อันเนื่องมาจากข้อกังวลด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันเยอรมันเป็นประเทศที่ใช้ไบโอดีเซลมากที่สุดในโลก โดยนำไปใช้ผสมกับน้ำมันดีเซล ราคาของไบโอดีเซลนั้นหลากหลายแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับราคาวัตถุดิบ และปริมาณการผลิตรวมทั้งภาษีของแต่ละประเทศ ทั้งนี้หากผลิตในปริมาณน้อยราคาย่อมจะสูงมากกว่าผลิตในปริมาณมาก

สูตรของไบโอดีเซลในแต่ละประเทศจะมีส่วนปสมในปริมาณต่างๆ กันไป เช่น ไบโอดีเซล (B100) มีจำหน่ายในยุโรป อาทิ เยอรมันและออสเตรีย น้ำมันไบโอดีเซล B20 (ไบโอดีเซลร้อยละ 20 : ดีเซลร้อยละ 80) มีจำหน่ายในรัฐไอโอวา สหรัฐอเมริกา น้ำมันไบโอดีเซล B5 มีจำหน่ายในฝรั่งเศส และน้ำมันไบโอดีเซล B2 มีจำหน่ายในรัฐมินนิโซตา สหรัฐอเมริกา เป็นต้น

ไบโอดีเซลที่ผลิตและจำหน่าย ณ สถานีบริการต้องผ่านมาตรฐานสากล ปัจจุบันสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐาน ASTM D 6751 สหภาพยุโรปได้กำหนดมาตรฐาน EN 14214 เยอรมันได้กำหนดมาตรฐาน DIN 51606 ส่วนในประเทศไทยจะต้องมีคุณภาพเป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

2.3.2 ไบโอเอทานอล (Bioethanol) เป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่สะอาดและยั่งยืน เหมาะสำหรับนำมาทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม (fossil fuel) ที่เกิดจากซากฟอสซิลทับถมกันมาเป็นเวลานานและกำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้ อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำตาลกลูโคสจากพืชผล เช่น อ้อย (Sugar cane) หรือพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าวโพด (corn) หรือมันสำปะหลัง (cassava) เพื่อการผลิตแอลกอฮอล์นั้น อาจมีผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรง เนื่องจากพืชผลเหล่านั้นล้วนแล้วแต่เป็นอาหารของมนุษย์ด้วยนั่นเอง ดังนั้นการนำพืชผลเหล่านี้มาใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์จึงมีผลโดยตรงต่อปริมาณและราคาของอาหาร ซึ่งไบโอเอทานอลเป็นพลังงานทางเลือกที่เราจำเป็นจะต้องจับตามองเป็นอย่างมาก เพราะเกิดจากการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ยกตัวอย่างเช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผ่านกระบวนการต่างๆ ทางเคมี และทำให้เกิดปฏิกริยาเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งก็คือพลังงานนั่นเอง คนทั่วไปอาจจะไม่รู้ว่า เราสามารถผลิตแอลกอฮอล์ จากไบโอเอทานอลได้บริสุทธิ์ถึง 99.5% เลยทีเดียว

สาเหตุที่ ไบโอเอทานอล เป็นพลังงานที่น่าสนใจ ก็เพราะว่า พลังงานที่มาจากใต้ดินหรือที่เราเรียกว่าปิโตรเลียม นับวันมีแต่จะหมดไปจากโลก ถึงแม้ว่าเราจะไม่สามารถระบุได้ว่าพลังงานเหล่านั้นจะมีอยู่อีกนานแค่ไหน แต่ของที่หายากขึ้นเรื่อยๆ ราคาก็แพงขึ้นเรื่อยๆ ตามกลไลตลาด ซึ่งเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การแสวงหาพลังงานทางเลือกใหม่ ย่อมเป็นวิธีคิดที่ชาญฉลาด เพราะนอกจากเราจะขาดแคลนพลังงานแล้ว แต่ปริมาณการใช้พลังงานเหล่านั้น กลับไม่ได้ลดลงเลย มีแต่จะเพิ่มขึ้นทุกวันๆ อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ พลังงานจากไบโอเอทานอล น่าสนใจก็เพราะมันสามารถผลิดได้เอง จากวัตถุดิบธรรมชาตินั่นเอง เพราะนั้นเท่ากับว่าเราจะมีพลังงานไว้ใช้ ไม่มีวันหมด และทำให้เศรษฐกิจของพืชเหล่านั้นดีขึ้นอีกด้วย เป็นการช่วยเหลือเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลและไบโอเอทานอล

	ความหมาย	พืชที่ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ	ผลผลิตจากเชื้อเพลิงชีวภาพ
Bioethanol	เป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากการนำน้ำตาลจากพืชมาผ่านกระบวนการหมักและการกลั่น จนกลายเป็นแอลกอฮอล์	อ้อย,มันสำปะหลัง, ข้าวฟ่างหวาน,ข้าวโพด เป็นต้น	แก๊สโซฮอล์
Biodiesel	เป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ ซึ่งเป็นทรัพยากรหมุนเวียนที่สามารถย่อยสลายเองได้ตามกระบวนการทางธรรมชาติ	ปาล์มน้ำมัน,ถั่วเหลือง, ถั่วลิสง,สบู่ดำ เป็นต้น	น้ำมันดีเซล

2.4 พืชพลังงาน

เราจำแนกพืชพลังงานออกเป็น 2 จำพวก ดังนี้

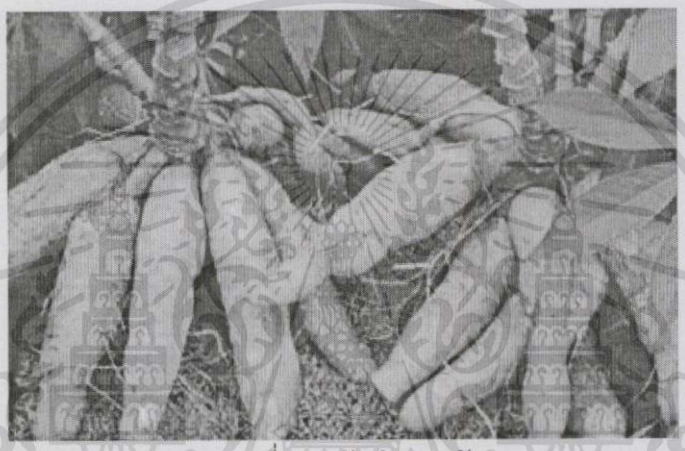
2.4.1 พืชพลังงานที่ผลิตไบโอเอทานอล ได้แก่ มันสำปะหลังและอ้อย

(1) มันสำปะหลัง เป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง มันสำปะหลังนำมาปลูกเชิงเกษตรกรรมให้ผลผลิตเฉลี่ย 4 – 5 ตันแต่เมื่อดูแลอย่างดีอาจได้ถึง 12 ต่อไร่ ซึ่งผลผลิตจะถูกนำมาแปรรูป ในรูปแบบแป้งมันสำปะหลัง และ มันสำปะหลังเส้น เพื่อเป็นวัตถุดิบส่งโรงงานต่อไป ซึ่งพันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความเหมาะสมเฉพาะพื้นที่ การใช้พันธุ์ที่เหมาะสมสามารถยกระดับผลผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีปริมาณการผลิตโดยประมาณ 16 ถึง 18 ล้านตันหัวมันสำปะหลังต่อปี ในหัวมันสำปะหลังจะมีแป้งเป็น องค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูง (ประมาณร้อยละ 70 - 85 โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้น มันสำปะหลังจึงเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่สามารถ นำมาใช้ในการผลิตเอทานอลได้

การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง หัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่ประกอบด้วยแป้ง ซึ่งแป้งสามารถเปลี่ยนเป็น แอลกอฮอล์ที่เรียกว่า เอทานอล (ethanol) แอลกอฮอล์ที่ได้นี้เมื่อนำไปผสมน้ำมันเบนซินในอัตรา 10-20 : 90-80 ส่วน สามารถใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ที่เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (gasohol) การใช้มันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นแอลกอฮอล์ เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 2.2 มันสำปะหลัง

(2) อ้อย เป็นไม้ล้มลุก สูง 2-5 เมตร ซึ่งในปัจจุบัน อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของไทย ยังใช้ประโยชน์จากอ้อยไม่คุ้มค่า โดยใช้อ้อยเป็นแค่วัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลเท่านั้น ดังนั้น การส่งเสริมให้โรงงานน้ำตาลเอทานอลเป็นแนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพอีกทางหนึ่ง จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับอ้อยได้ นอกจากนี้ ยังช่วยลดการนำเข้าพลังงาน ละทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการผลิตน้ำตาลอีกด้วย

ในการผลิตเอทานอลจากอ้อยนั้น ทำได้ 2 วิธีการคือใช้น้ำอ้อยจากอ้อยสด หรือจากกากน้ำตาล เอทานอลที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องมีความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ตั้งแต่ 95-99.5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งจะเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูง เพราะมีออกซิเจนสูงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ดังนั้นหากผสมเอทานอลในน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้ได้น้ำมันเชื้อเพลิงที่สะอาดและเผาไหม้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดการเกิดมลพิษในอากาศ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 อ้อย

2.4.2 พืชพลังงานที่ผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน

(1) ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ปัจจุบันนี้เราพบปาล์มได้ในหลากหลายพื้นทั่วโลก ส่วนที่ผลิตน้ำมันปาล์มนั้น ได้จาก 2 ส่วน คือ ส่วนเปลือกนอกประมาณ 16 - 25 % ของน้ำหนักทะลายและส่วนเนื้อในประมาณ 3 - 5 % ของน้ำหนักทะลายลักษณะผลเป็นทะลายผลจะเกาะติดกันแน่นจนไม่สามารถสอดนิ้วมือเข้าไปที่ก้านผลได้ เวลาเก็บผลปาล์มจึงต้องใช้มีดงอเกี่ยวที่โคนทะลายแล้วดึงให้ขาด ก่อนที่จะตัดทะลายปาล์มต้องตัดทางปาล์มก่อนเพราะผลปาล์มจะตั้งอยู่บนทางปาล์ม กระบวนการตัดทาง (ใบ) ปาล์มและตัดเอาทะลายปาล์มลงเรียกรวม ๆว่า แทงปาล์ม ปาล์มน้ำมันจัดเป็น พืชเศรษฐกิจ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟฟริกา เป็นพืชที่ให้ผลผลิต น้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด

กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มประกอบด้วย 2 กระบวนการผลิต คือ กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม (Miill Processing) มี 2 แบบคือ แบบมาตรฐาน (หีบน้ำมันแยก) น้ำมันที่ได้จัดเป็นน้ำมันเกรดเอ และแบบหีบน้ำมันผสม น้ำมันที่ได้เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม และอีกกระบวนการคือ กระบวนการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์ม (Refine Processing) เป็นกระบวนการทำให้น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ พร้อมสำหรับการอุปโภคและบริโภค

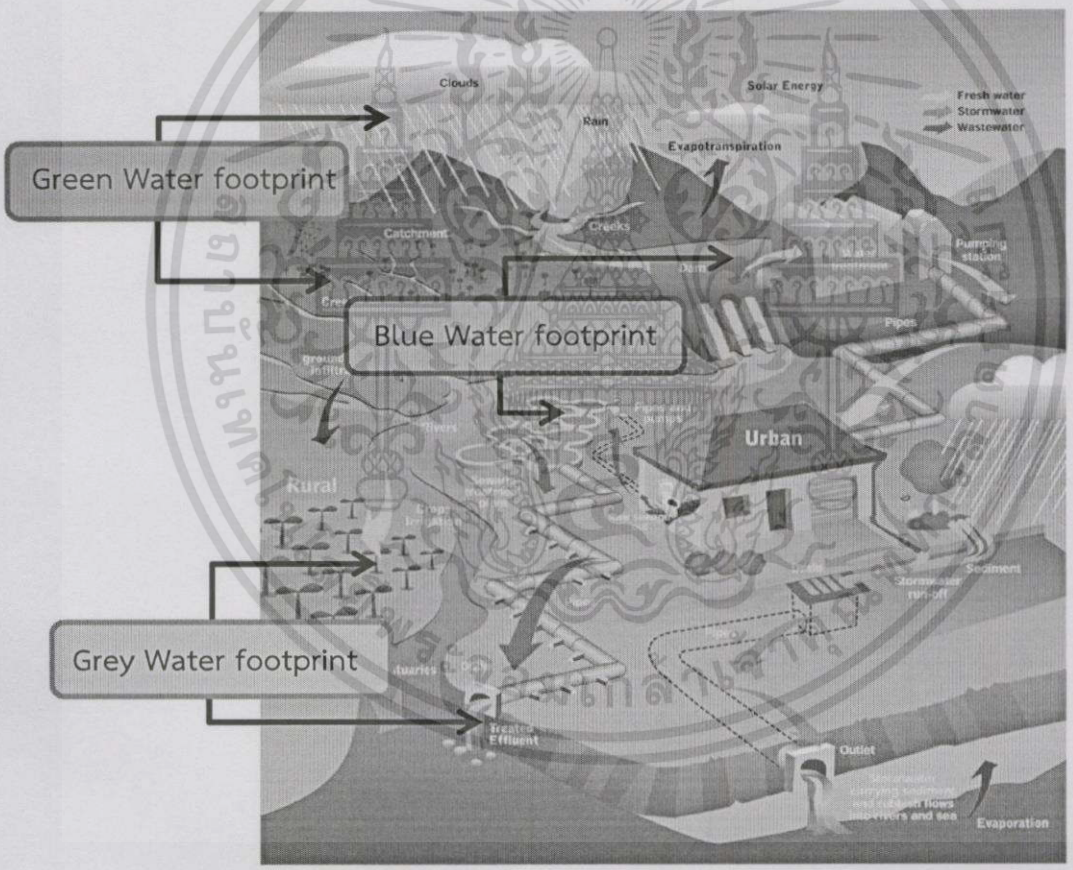
รูปที่ 2.4 ปาล์มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วอเตอร์ฟุตปริ้น (Waterfootprint)

วอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่เริ่มตั้งแต่การปลูกจนกระทั่งผลิตเสร็จเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจนให้ค่าพลังงานดังนั้น วอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) ของผลิตภัณฑ์ จึงเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิต ปริมาณน้ำที่ใช้สามารถวัดได้จากปริมาณน้ำที่ใช้ไปหรือปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา ทำให้ วอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) เป็นเครื่องชี้วัดที่ชัดเจน

วอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) ทั้งหมดสามารถแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ blue water footprint, green water footprint และ gray water footprint โดยแต่ละส่วนมีที่มาแตกต่างกันออกไป ดังนี้



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของวอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint)

2.5.1 กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น (Green Water footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกใช้ไปในการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพืชผลทางการเกษตร การทำไม้ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 บลูวอเตอร์ฟุตปริ้น (Blue Water footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งแหล่งน้ำผิวดินเช่นน้ำในแม่น้ำทะเลสาบรวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำต่างๆ และแหล่งน้ำใต้ดินอันได้แก่น้ำบาดาล ที่ใช้ในการผลิต

2.5.3 เกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น (Gray Water footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(1) ได้ทำการศึกษางานวิจัยของคุณ ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ เรื่อง วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย (Water Footprint of Bioethanol Production from Cassava in Thailand) เป็นการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทยตามแผนการพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปีของกระทรวงพลังงานโดยการหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์และทำการเปรียบเทียบกับการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไนจีเรีย จากการศึกษาประเทศไทยมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เขียวมากกว่าประเทศไนจีเรีย แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำฝนเพื่อปลูกมันสำปะหลังมากกว่ากว่าประเทศไนจีเรีย

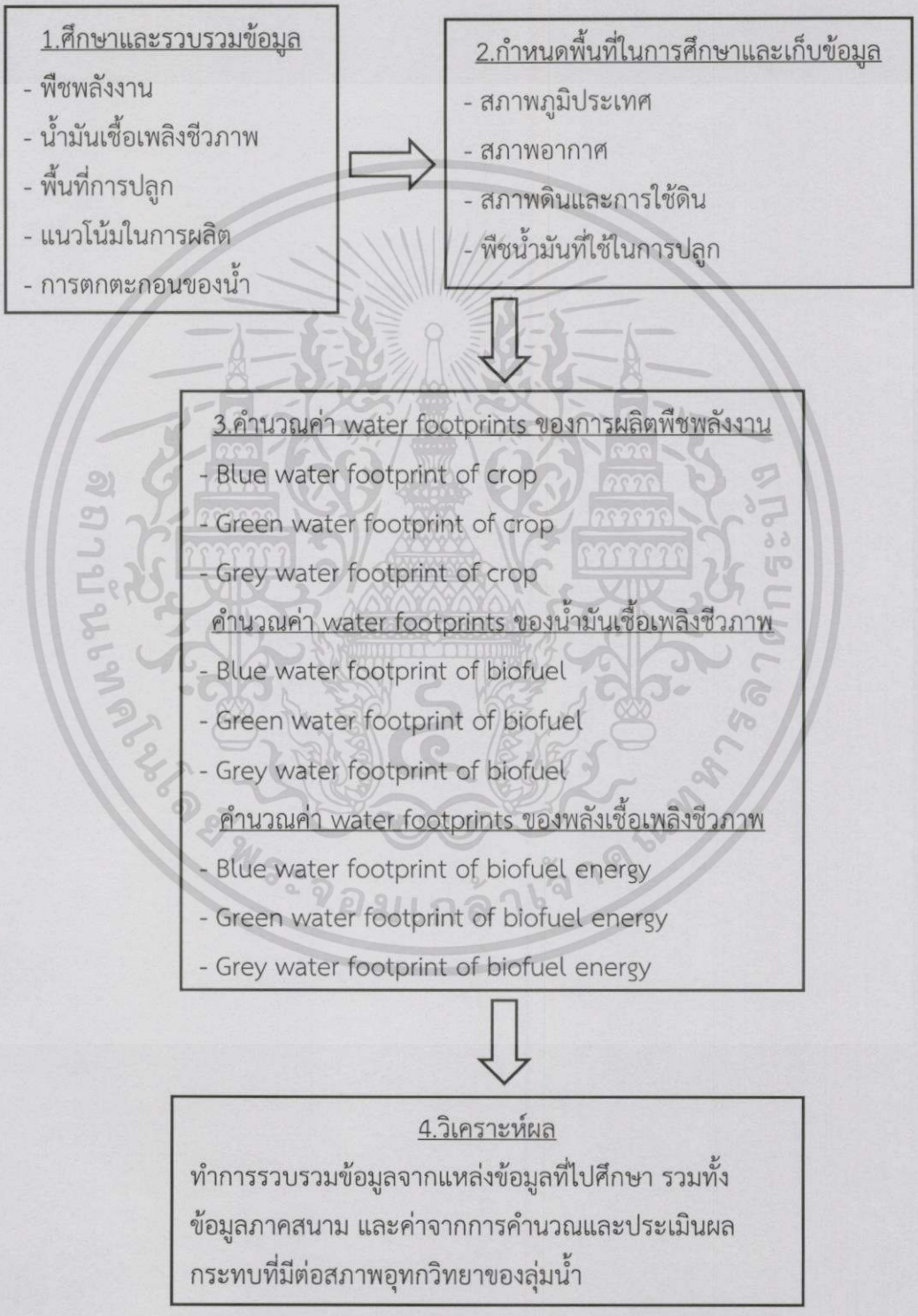
(2) ได้ทำการศึกษางานวิจัยของคุณลักขณา เจริญสุข ,รัตชยุดา กองบุญ และคุณเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล เรื่อง การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตปริ้นของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย (Water Footprint Analysis of Oil Palm for Biodiesel Production in Thailand) เป็นการศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันของประเทศไทย โดยใช้หลักการวอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) จากการศึกษาพบว่าในประเทศไทย เขตพื้นที่ภาคเหนือจะมีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่าภาคใต้ โดยจังหวัดที่มีการใช้ปริมาณน้ำมากที่สุดคือจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดที่ปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุดคือจังหวัด สุราษฎร์ธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการศึกษา และขั้นตอนการศึกษา

วิธีการศึกษาปริญญานิพนธ์นี้เป็นไปตามแผนการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนการศึกษาปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

3.1.1 สำรวจข้อมูลและเก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษา ดังมีรายละเอียดพอสังเขปดังต่อไปนี้คือ

ทำการเลือกลุ่มน้ำคลองโพล้เป็นพื้นที่ศึกษา โดยที่ลุ่มน้ำคลองโพล้เป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำประแสร์ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง ในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยมีเขตลุ่มน้ำตั้งอยู่ที่ประเทศไทย (รูปที่ 3.1) โดยมีขอบเขตลุ่มน้ำตั้งอยู่ที่ 12°57' - 13°10' N และ 101°35' - 101°45' E ครอบคลุมพื้นเหนือสถานีวัด (Z18) ของกรมชลประทาน โดยมีสภาพมีภูมิประเทศเป็นที่ราบสลับที่ดอนเป็นลูกคลื่น มีสภาพภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมเขตร้อน ในฤดูฝน มีฝนตกชุกระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคมของทุกปี มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ประมาณ 1500 มิลลิเมตร/ปี มีสภาพดินเป็นแบบ ดินเลนปนทราย ระบายน้ำได้ดี แต่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ

รูปที่ 3.2 แสดงแผนที่ประเทศไทยและลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

3.1.2 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา

เก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาดังที่แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา

S.N	Data	Type	Source
1	Rainfall	Daily	RID/TMD
2	Temperature	Daily	TMD
3	Wind speed	Daily	TMD
4	Relative Humidity	Daily	TMD
5	Sunshine duration	Daily	TMD
6	Discharge	Daily	RID
7	Sediment load	Daily	RID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลพืชพลังงาน

ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพืชพลังงาน 3 ชนิดได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อยและปาล์มน้ำมัน ที่ปลูกในพื้นที่ศึกษา ศึกษาหาระยะเวลาในการเจริญเติบโต และค้นคว้าข้อมูลผลผลิตของพืชพลังงาน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพของพืชพลังงานแต่ละชนิด อีกทั้งศึกษาความร้อนและความหนาแน่นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากพืชพลังงานจากเอกสารอ้างอิงของกรมพลังงาน การเก็บรวบรวมข้อมูล ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2, 3.3, 3.4 และตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

	length of growing period in days (lgp)	Crop Coefficient (Kc)
Cassava	365 days	0.30
Sugarcane	365 days	0.75
Oil Palm	365 days	1.00

*องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ[9]

ตารางที่ 3.3 การใช้พื้นที่การการเกษตรของลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

Landuse	Area (rai)	Percent
Orchard	17475	21.05
Cassava*	6175	7.44
Sugarcane*	1318.75	1.59
Oil Palm*	700	0.84
Others	4162.50	5.01
Total	83031.25	100.00

* crops used for biofuel production (area = 13.1 km^2, roughly 10% of agricultural land)
Source : Office of Agricultural Economics and department of alternative energy

ตารางที่ 3.4 ผลผลิตของพืชพลังงานและอัตราการแปลงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ

Crop	Average yield t/rai	Biofuel produced	Conversion rate L/t
Cassava	3.7744	Bio-ethanol	180[a]
Sugarcane	9.9376		70[a]
Oil Palm	1.9808	Biodiesel	221[b]

Source: a Department of Alternative Energy Developmemt and Efficiency, 2006 as cited Martchamadol, 2007 , b Gonsalves, 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ค่าความร้อนสูงสุดและค่าความหนาแน่นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ

Biofuel	Higher Heating Value (HHV) kJ/g	Density kg/L
Bio-ethanol	29.70	0.789
Biodiesel	37.70	0.840

Source : Office of Agricultural Economics and department of alternative energy

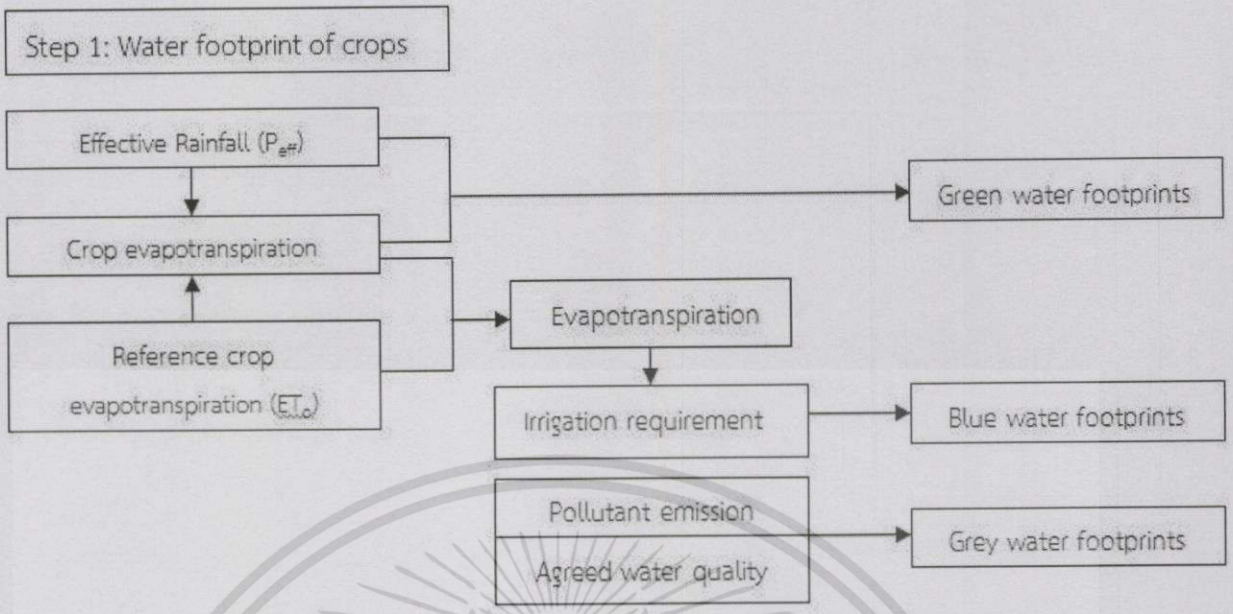
3.2 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น

วอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่เริ่มตั้งแต่การปลูกจนกระทั่งผลิตเสร็จเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจนให้ค่าพลังงาน การคำนวณจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์และเวลาที่ทำการศึกษา จะทำให้ค่าการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน วิธีการคำนวณจะคำนวณจากผลรวมปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ซึ่งประกอบด้วย กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น (Green Water footprint) , บลูวอเตอร์ฟุตปริ้น (Blue Water footprint) และเกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น (Grey Water footprint) ดังสมการที่ (1)

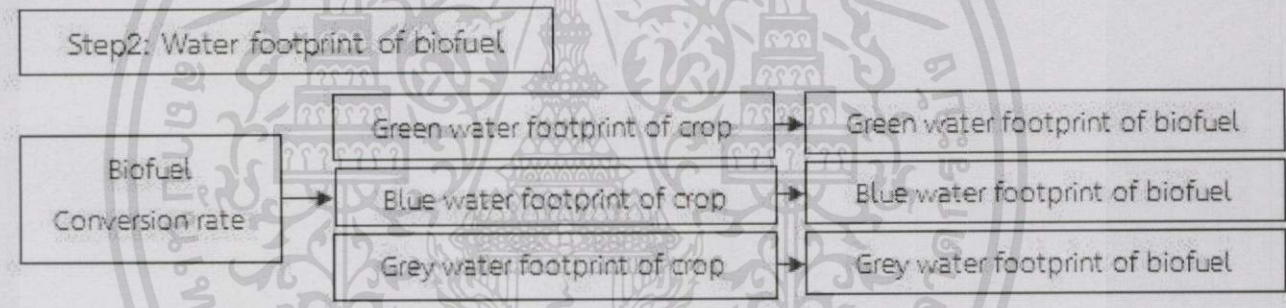
$$WFproduct=WFgreen+WFblue+WFgrey \quad (1)$$

โดยที่ค่า กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น (Green Water footprint) คือปริมาณการใช้น้ำจากน้ำฝนและความชื้นในดิน บลูวอเตอร์ฟุตปริ้น (Blue Water footprint) คือปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน และค่า เกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น (Grey Water footprint) คือปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ที่เกิดจากการผลิตให้เป็นน้ำดีตามมาตรฐาน และค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) ที่หาได้จะแสดงในหน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (m^3/ton) การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืช (water footprint of crop) ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลงชีวภาพ (water footprint of biofeul) และค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (water footprint of biofuel energy) โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังภาพที่ 3.2, 3.3 และ 3.4 ดังนี้

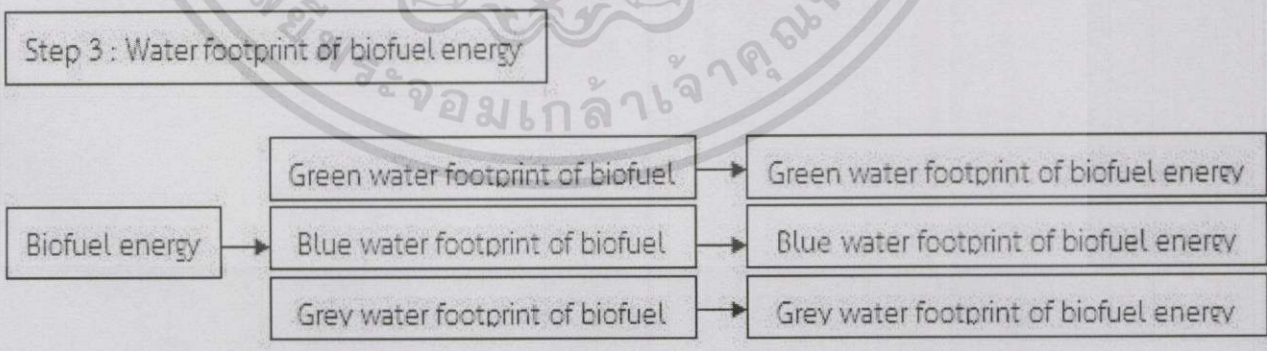
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการคำนวณค่า วอเตอร์ฟุตปริ้นของพืช



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการหาค่า วอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 คำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืช (Water footprint of crop)

(1) ค่า Green water footprint สามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (2)$$

CWU_{green} = น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก (ลบ.ม./ไร่) หาได้จากสมการที่(3)

$$= \text{Effective rainfall} \times Kc \quad (3)$$

$P_{effective}$ = ปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการผลิต

Kc = ค่าสัมประสิทธิ์พืช

Y = ผลผลิตที่ได้ (ตัน/ไร่)

(2) ค่า Blue water footprint สามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (4)$$

CWU_{blue} = น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก (ลบ.ม./ไร่) หาได้จากสมการที่(5)

$$= CWU = 1.6 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET \quad (5)$$

lgp = จำนวนวันที่ใช้ในการเพาะปลูก

ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือ การคายระเหยน้ำของพืช

โดย ET = $Kc \times ET_o$

Kc = ค่าสัมประสิทธิ์พืช

ET_o = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

Y = ผลผลิตที่ได้ (ตัน/ไร่)

(3) ค่า Grey water footprint สามารถหาได้จากสมการที่ (6)

$$WF_{grey} = \frac{(\alpha \times AR)/(C_{max} - C_{natural})}{Y} \quad (6)$$

α = เศษส่วนของสารเคมีหรือแร่ธาตุที่ถูกชะล้างจากผิวดิน

AR = สารเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูก (กก./ไร่)

C_{max} = ความเข้มข้นของสารพิษมากสุดที่ยอมรับได้ (กก/ลบ.ม.)

$C_{natural}$ = ความเข้มข้นของสารพิษตามธรรมชาติ (กก/ลบ.ม.)

Y = ผลผลิตที่ได้ (ตัน/ไร่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการหาค่า เกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น (Grey water footprint) กำหนดให้ สัดส่วนการชะล้าง (α) ที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำเท่ากับ 10% ของอัตราการใช้ปุ๋ย และในการวิจัยจะศึกษาผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาที่เกิดจากปุ๋ยไนโตรเจนเท่านั้น

3.2.2 คำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel) สามารถหาได้จากสมการที่ (7)

$$WF_{biofuel} = \frac{WF_{crop} \times 1000}{\text{conversion rate}(L/t)} \quad (7)$$

โดยที่ conversion rate จะสามารถนำมาคำนวณได้จากตารางที่ 3.4

3.2.3 คำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel energy) สามารถหาได้จากสมการที่ (8)

$$WF_{biofuelenergy} = \frac{WF_{biofuel} \times 1000}{Energy/L} \quad (8)$$

โดยที่ Energy / L จะสามารถหาได้จากสมการที่ (9)

$$\frac{Energy}{L} = \frac{HHV \times Density}{1000} \quad (9)$$

โดยค่า Higher Heating Value (HHV) และค่า density สามารถหาได้จากตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาทางด้านอุตุนิยมวิทยา

จากการศึกษาข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาในลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดระยองตั้งอยู่ที่ 12.63 °N และ 101.35°E และอยู่เหนือระกับน้ำทะเล 2 เมตร ได้ทำการเก็บข้อมูลดังตาราง (ตารางที่ 4.1)

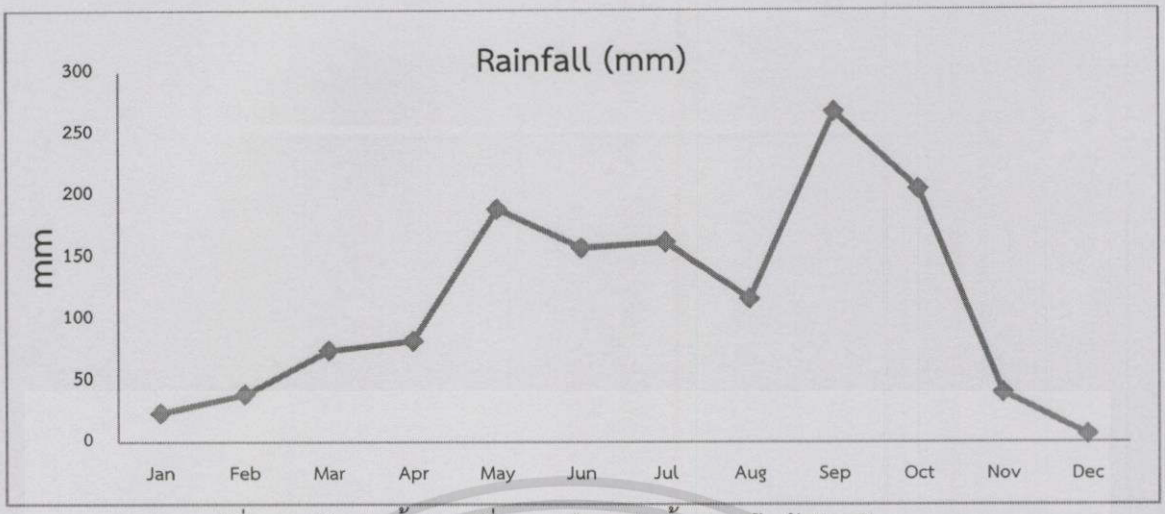
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ ปริมาณน้ำฝน ,อุณหภูมิ, ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ, ค่าความเร็วลม, ค่าแสงอาทิตย์และค่ารังสีแสงอาทิตย์

Month	Rainfall	Temperature		Relative humidity	Wind speed	Sunshine	Solar radiation
		Minimum	Maximum				
	mm	°C	°C	Percent	km/day	hours	MJ/m^2/day
January	23.71	21.7	32.2	75	70	7.9	18.4
February	38.59	24.3	32.8	76	98	8.0	19.9
March	74.00	26.1	33.4	77	111	7.8	21.0
April	81.83	27.1	34.5	76	102	8.0	21.9
May	188.30	26.8	33.8	79	125	5.9	18.4
June	156.91	26.8	33.0	78	175	4.7	16.4
July	161.42	26.4	32.6	79	170	4.8	16.6
August	115.85	26.4	32.2	80	184	4.5	16.3
September	266.83	25.4	32.2	83	100	4.5	16.0
October	204.07	24.4	32.6	82	61	5.7	16.9
November	40.02	23.3	33.0	74	73	7.5	18.1
December	6.13	21.2	32.4	69	79	7.7	17.6

4.1.1 ปริมาณน้ำฝน

จากข้อมูลวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ว่าจากการเก็บข้อมูลสภาพอากาศไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปมากนัก จากกราฟปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (รูปที่ 4.1) จะเห็นว่าแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนในพื้นที่ (พฤษภาคม – ตุลาคม) มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันไม่ต่างกันมากนัก ละจะลดน้อยลงในช่วงเดือนพฤศจิกายนช่วงที่เข้าสู่ฤดูหนาว ละปริมาณน้ำฝนจะมีน้อยไปเรื่อยๆจนถึงเดือนเมษายน และเมื่อถึงเดือนพฤษภาคมที่เป็นฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนก็จะมากขึ้นอีกครั้ง จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนมีค่าสูงสุดอยู่ที่เดือนกันยายน และต่ำสุดที่เดือนธันวาคม

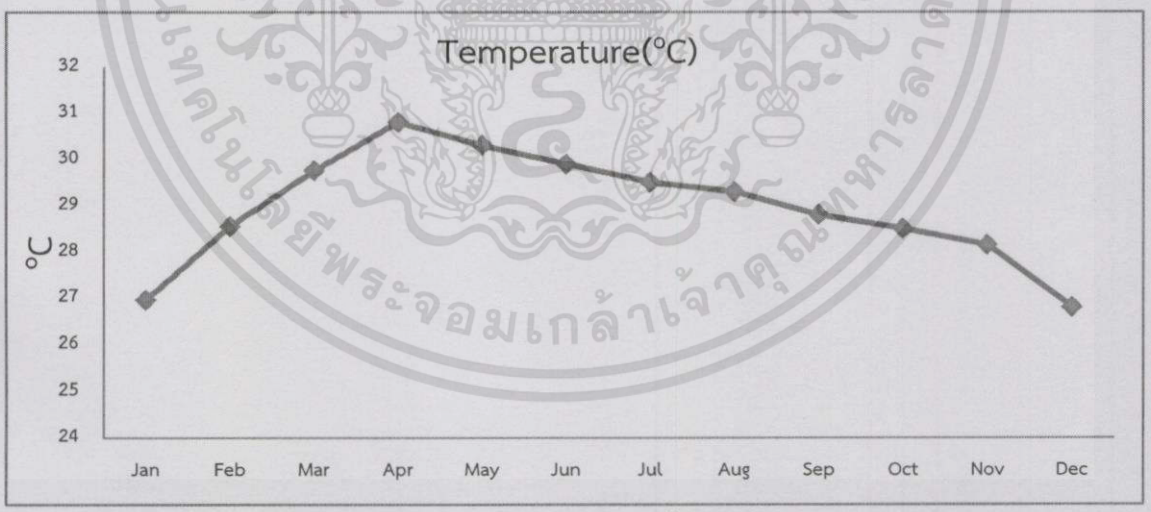
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

4.1.2 อุณหภูมิ

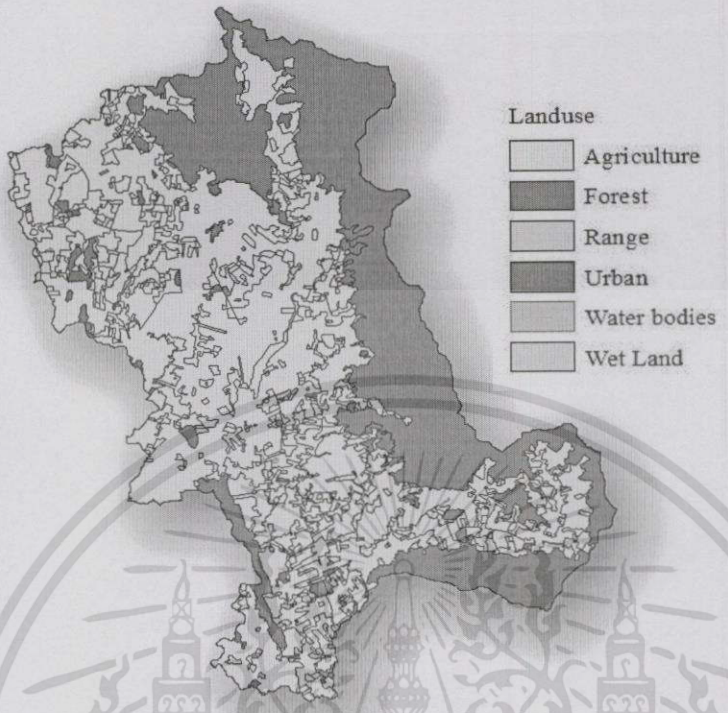
เมื่อวิเคราะห์ส่วนข้อมูลอุณหภูมิในพื้นที่พบว่า ในช่วงเดือนเมษาที่เป็นช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำจะมีอุณหภูมิที่สูงสุดที่ 34.5°C หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงเรื่อยๆ จนต่ำสุดจะอยู่ที่เดือนธันวาคมคือ 21.2°C จากข้อมูลพบว่าแนวโน้มของอุณหภูมิในพื้นที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือสูงสุดที่เดือนเมษายน แล้วค่อยๆลดลงจนกระทั่งเดือนกุมภาพันธ์อุณหภูมิจะค่อยๆสูงขึ้นอีกครั้ง ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ปริมาณอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การใช้พื้นที่



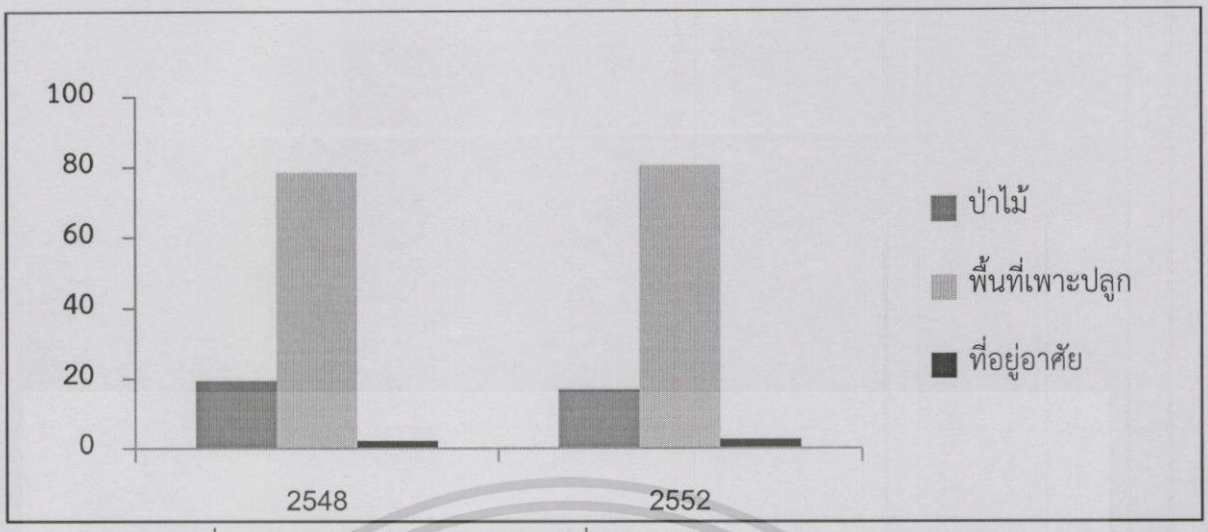
รูปที่ 4.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

จากการศึกษาการใช้พื้นที่ในลุ่มน้ำคลองโพล้ ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนของพื้นที่ในด้านของเกษตรกรรม ป่าไม้ และพื้นที่อยู่อาศัย ในปี พ.ศ. 2548 และปี พ.ศ. 2552 จากข้อมูล (ตารางที่ 4.2) พบว่าพื้นที่ในปี พ.ศ. 2548 พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากกว่าพื้นที่ทำการเกษตรกรรม แต่ปี พ.ศ. 2552 พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงแต่พื้นที่ทำการเกษตรกรรมมีพื้นที่มากขึ้น ส่วนพื้นที่อยู่อาศัยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซนต์การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำคลองโพล้ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552

ตารางแสดงการใช้ที่ดิน	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2552
ป่าไม้	19.46	16.94
พื้นที่เพาะปลูก	78.34	80.45
ที่อยู่อาศัย	2.2	2.61
รวม	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552

4.3 อัตราการไหลของน้ำในลุ่มน้ำ

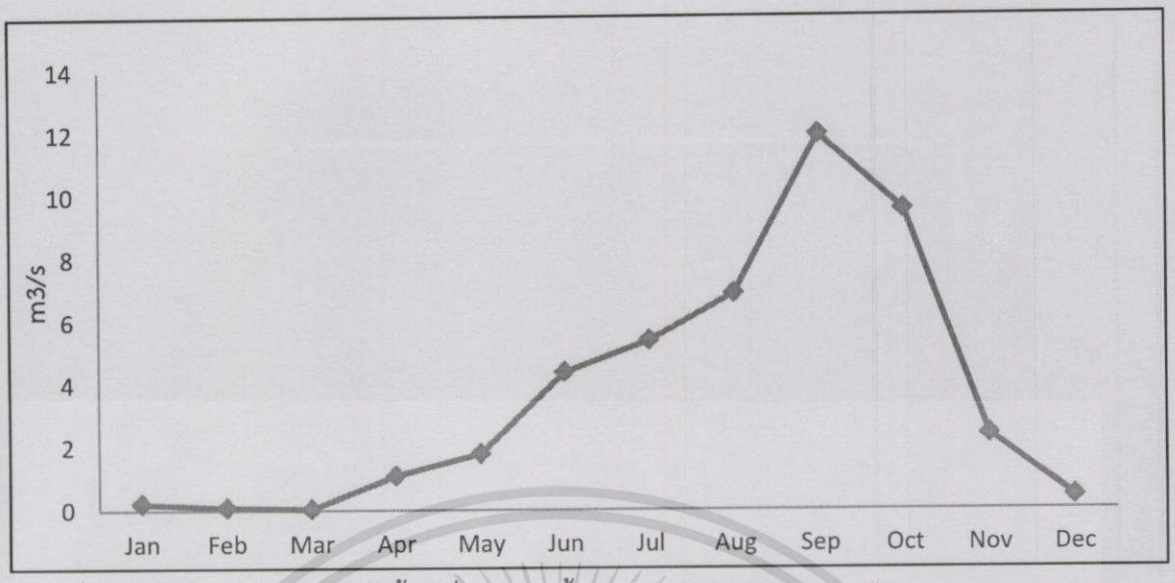
จากการศึกษาข้อมูลอัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำคลองโพล้ (ตารางที่ 4.3) พบว่าอัตราการไหลของลุ่มน้ำจะมีค่ามากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งอยู่ในช่วงของฤดูฝน และค่าอัตราการไหลของลุ่มน้ำจะค่อยๆลดลงเรื่อยในเดือนพฤศจิกายน และเพิ่มขึ้นอีกทีในช่วงเดือนเมษายน จากผลการศึกษาอัตราการไหลของลุ่ม จากกราฟ (รูปที่ 4.5) ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำมีแนวโน้มที่จะลดลงแต่ก็ลดลงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.3 อัตราการไหลของน้ำในลุ่มน้ำคลองโพล้เฉลี่ยรายเดือน

Months	Average (m^3/s)	Max (m^3/s)	Min(m^3/s)
Jan	0.21	4.91	0.00
Feb	0.08	0.68	0.00
Mar	0.03	0.54	0.00
Apr	1.08	27.30	0.00
May	1.78	25.60	0.00
Jun	4.37	39.24	0.00
Jul	5.38	51.40	0.00
Aug	6.88	56.60	0.00
Sep	11.94	81.20	0.20
Oct	9.54	105.91	0.00
Nov	2.37	33.60	0.00
Dem	0.41	3.49	0.00

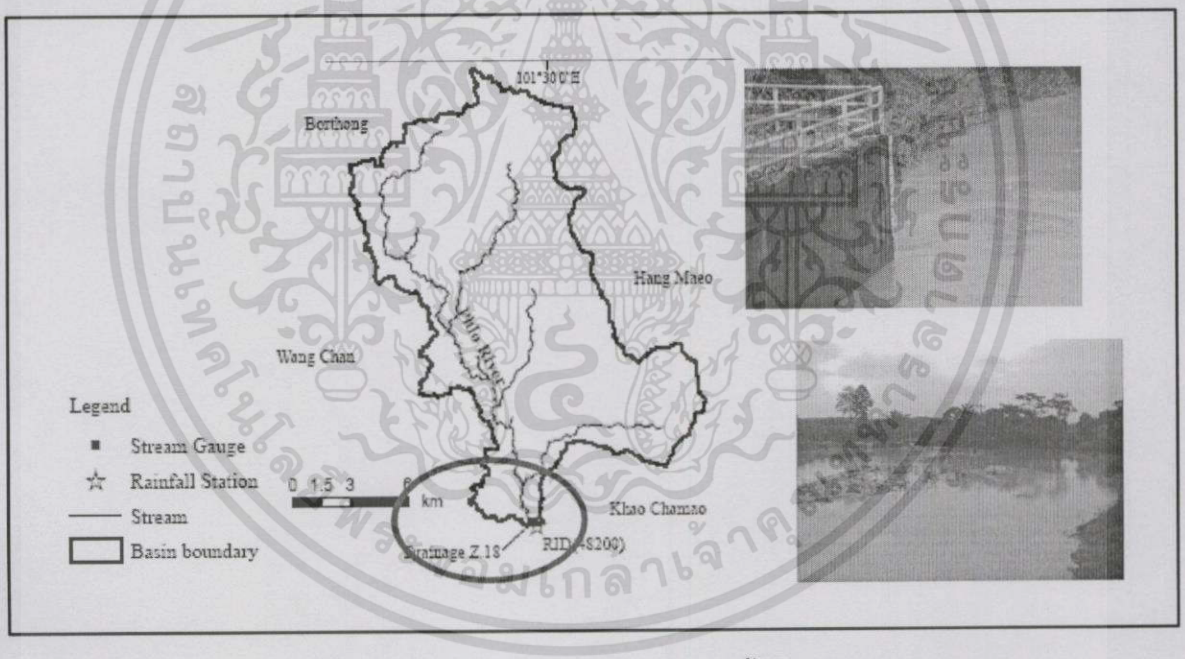
*กรมชลประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 สถิติอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยของลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง ปี พ.ศ. 2548 - 2552

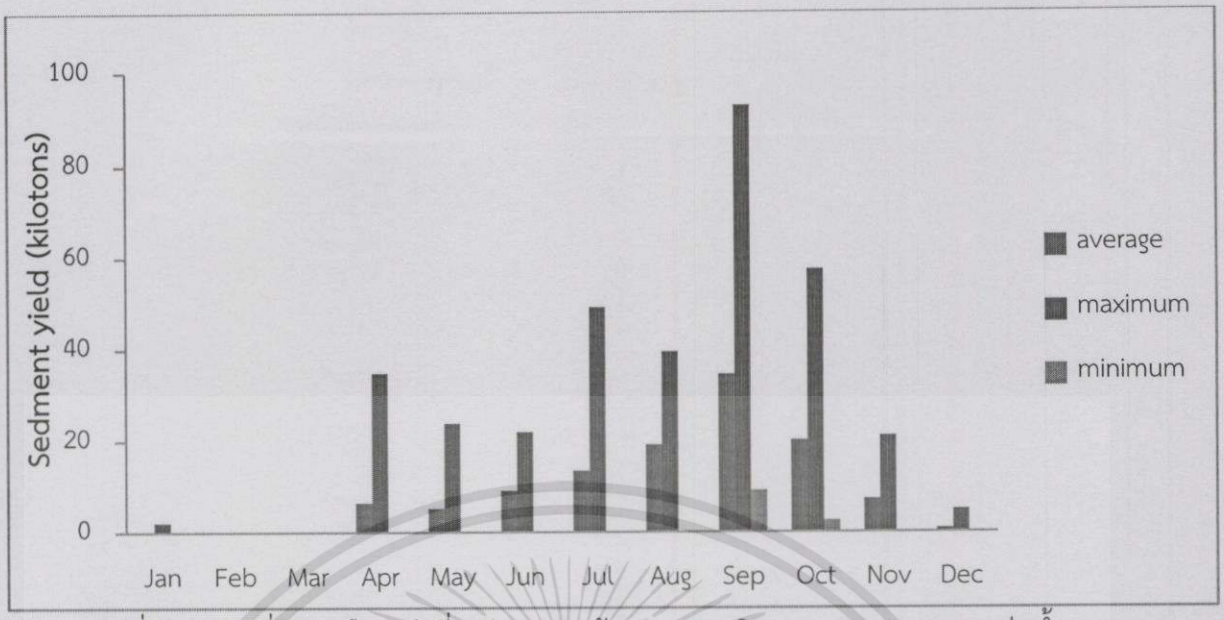
4.4 การตกตะกอน



รูปที่ 4.6 สถานีวัดน้ำ (Z18) ของกรมชลประทาน ในลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

จากการศึกษาการตกตะกอนของลุ่มน้ำ จากสถานีวัดน้ำ Z18 ของกรมชลประทาน จากการสังเกตปริมาณตะกอนในแต่ละวันในช่วงปี 2548-2552 ที่ได้มาจากกรมชลประทาน พบว่า ปริมาณตะกอนเฉลี่ยของลุ่มน้ำมีค่าอยู่ที่ 11488 ตัน, ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกอนในแต่ละปี มีค่าอยู่ที่ประมาณ 126 mg/L และค่าปริมาณตะกอนสะสมของลุ่มน้ำที่มากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม จากการวิเคราะห์การตกตะกอนของลุ่มน้ำ วิเคราะห์ได้ว่าการตกตะกอนมีแนวโน้มที่จะมีการตกตะกอนมากขึ้นเนื่องจากการสะสมของตะกอนในลุ่มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยรายเดือน ค่าที่มากสุด และน้อยสุดของปริมาณตะกอนสะสมของลุ่มน้ำ พ.ศ. 2548 - 2552

4.5 วอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint)

จากการศึกษาได้ทำการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำ โดยใช้หลักการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำโดยหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint) โดยการคำนวณแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ วอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน (Water footprint of crop), วอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันนเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel) และวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel energy)

4.5.1 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน (Water footprint of crop)

จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน (water footprint of crop) ทั้ง 3 ชนิดคือ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน มีผลการคำนวณดังนี้ (ตาราง 4.4)

ตารางที่ 4.4 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน (water footprint of crop)

Crop	Green Water footprint m^3/ton	Blue Water footprint m^3/ton	Grey Water footprint m^3/ton	Total m^3/ton
Cassava	5.2363	188.2248	1.3565	194.8176
Sugarcane	4.9720	178.7213	0.2898	183.9831
Oil Palm	33.2592	1195.5371	2.8497	1231.646

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของพืชพลังงาน โดยใช้วิธีการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน (water footprint of crop) ผลจากการคำนวณคือมันสำปะหลังมีปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูก 194.8176 m^3/ton อ้อยมีปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูก 183.9831 m^3/ton และปาล์มน้ำมันมีปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูก 1231.646 m^3/ton จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูกของมันสำปะหลังและอ้อย มีปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูกเป็นใกล้เคียงกันมาก แต่ปาล์มน้ำมันมีปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูกมากที่สุดเมื่อเทียบกับมันสำปะหลังและอ้อย จากรูปที่ 4.8 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณการใช้น้ำของพืชพลังงานทั้ง 3 ชนิด

รูปที่ 4.8 ผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน

4.5.2 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of crop)

จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (water footprint of biofuel) จากพืชทั้ง 3 ชนิดคือ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน มีผลการคำนวณดังนี้ (ตาราง 4.5)

ตารางที่ 4.5 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (water footprint of biofuel)

Crop	Biofeul	Green Water footprint L of H_2O/ L of Biofuel	Blue Water footprint L of H_2O/ L of Biofuel	Grey Water footprint L of H_2O/ L of Biofuel	Total L of H_2O/ L of Biofuel
Cassava	Bio-	29.0906	1045.6933	7.5361	1082.32
Sugarcane	ethanol	71.0286	2553.1614	0.414	2624.604
Oil Palm	Biodiesel	150.4941	5409.6701	1.2895	5561.4537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยใช้วิธีการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ (water footprint of biofuel) ผลจากการคำนวณพบว่ามันสำปะหลังใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอเอทานอลจำนวน 1082.32 L of H_2O/L of Biofuel อ้อยใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอเอทานอลจำนวน 2624.604 L of H_2O/L of Biofuel และปาล์มน้ำมันใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอดีเซลจำนวน 5561.4537 L of H_2O/L of Biofuel จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้น้ำของมันสำปะหลังในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอเอทานอลมีปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุด และปริมาณการใช้น้ำของอ้อยในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอเอทานอลมีปริมาณการใช้น้ำรองลงมา แต่ปาล์มน้ำมันมีปริมาณการใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอดีเซลเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับพืชทั้ง 3 ชนิด จากรูปที่ 4.9 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณการใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพของพืชพลังงานทั้ง 3 ชนิด

รูปที่ 4.9 ผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ

4.5.3 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel energy)

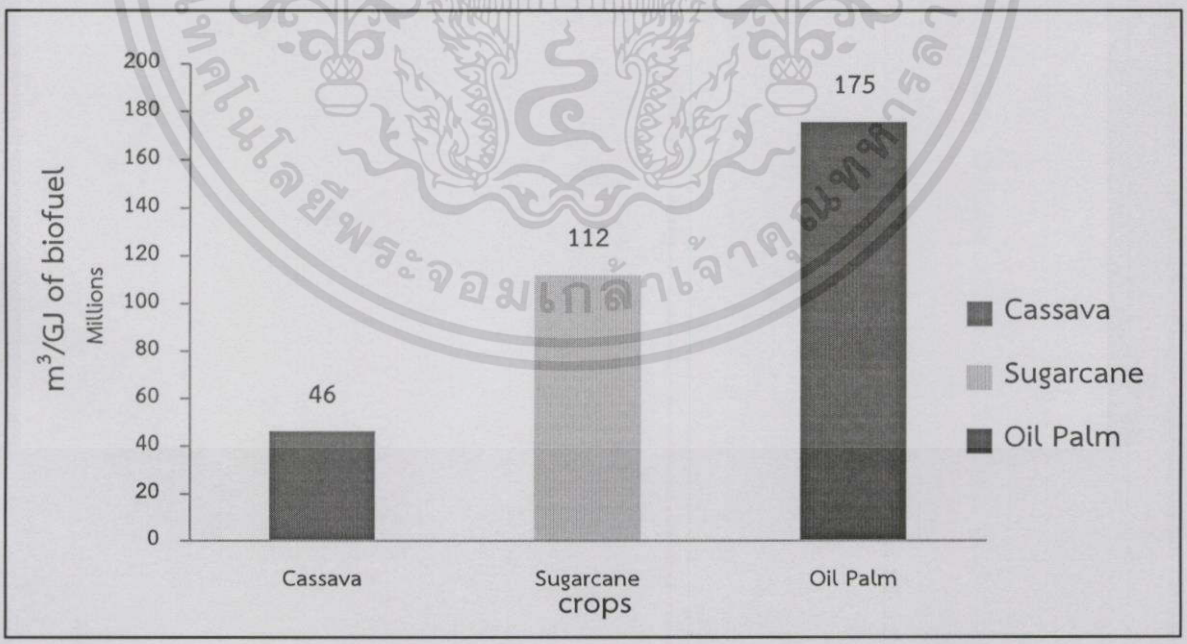
จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (water footprint of biofuel energy) จากพืชทั้ง 3 ชนิดคือ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน มีผลการคำนวณดังนี้ (ตาราง 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (water footprint of biofuel energy)

Crop	Biofeul	Green Water footprint m^3/GJ of biofuel	Blue Water footprint m^3/GJ of biofuel	Grey Water footprint m^3/GJ of biofuel	Total m^3/GJ of biofuel
Cassava	Bio-	1,241,421.3960	44,624,244.1312	321,597.8970	46,187,261.4242
Sugarcane	ethanol	3,031,096.7725	108,954,411.0305	17,677.1660	112,003,174.969
Oil Palm	Biodiesel	4,752,245.1686	170,824,494.7581	40,719.3381	175,617,459.2648

จากผลการศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของพลังงานชื้อเพลิงชีวภาพ โดยใช้วิธีการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (water footprint of biofuel energy) ผลจากการคำนวณพบว่ามันสำปะหลังใช้น้ำในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพจำนวน 46,187,261.4242 m^3/GJ of biofuel อ้อยใช้น้ำในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพจำนวน 112,003,174.969 m^3/GJ of biofuel และปาล์มน้ำมันใช้น้ำในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพจำนวน 175,617,459.2648 m^3/GJ of biofuel จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้น้ำของมันสำปะหลังในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพมีปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุด ปริมาณการใช้น้ำของอ้อยในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพมีปริมาณการใช้น้ำรองลงมา แต่ปาล์มน้ำมันมีปริมาณการใช้น้ำในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับพืชทั้ง 3 ชนิด จากรูปที่ 4.10 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณการใช้น้ำในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพของพืชพลังงานทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ 4.10 ผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลกระทบจากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพต่อสภาพทางอุทกวิทยา กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง ในช่วงปี 2548 – 2552 จากการปลูกพืชน้ำมัน 3 ชนิดคือ มันสำปะหลัง อ้อย และปาล์มน้ำมัน โดยใช้หลักการของวอเตอร์ฟุตปริ้น (water footprint) ในการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้น้ำ เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำ เป็นสาเหตุของผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยา เพราะการใช้น้ำเป็นปริมาณมากในการปลูก จะส่งผลให้เกิดความแห้งแล้ง ถ้าระยะยาวอาจส่งผลถึงการคลาดแคลนน้ำ อีกทั้งพืชน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการสารอาหารในการปลูกเป็นจำนวนมาก ทำให้ดินที่ใช้ในปลูกสูญเสียแร่ธาตุเนื่องจากใช้น้ำในการปลูกมาก จึงส่งผลให้ดินแห้งถ้าระยะยาวก็จะเกิดการแตกระแหงของดินและอาจใช้ปลูกพืชชนิดอื่นไม่ได้เพราะผืนดินขาดสารอาหาร รวมถึงผลกระทบที่พ่วงมากับดินและน้ำส่งผลถึงสภาพอากาศคือ ฝนอาจไม่ตกตามฤดูกาล และหลังจากที่น้ำได้ชะล้างแร่ธาตุที่พืชดูดซับแล้ว แร่ธาตุเหล่านั้นได้ไหลสู่แหล่งน้ำหรือลุ่มน้ำ ทำให้เกิดผลกระทบคือเกิดตะกอนทับถมกัน ระยะยาวอาจส่งผลให้ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงจากตะกอนปริมาณมาก แล้วยังไปทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของกระแสน้ำ ผลการศึกษาวิเคราะห์พบว่าสภาพอากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ปริมาณน้ำท่ามีปริมาณลดลง โดยที่มีการตกตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาโดยการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น (water footprint) พบว่าการปลูกพืชน้ำมันทั้ง 3 ชนิด ปาล์มน้ำมัน มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด มันสำปะหลังมีปริมาณการใช้น้ำรองลงมา และอ้อยมีปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุด เมื่อมาคิดคำนวณปริมาณการใช้น้ำของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ 1 ลิตร ตามหลักการวอเตอร์ฟุตปริ้น (water footprint) จะพบว่าปาล์มน้ำมันมีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด อ้อยมีปริมาณการใช้น้ำรองลงมา และมันสำปะหลังมีปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุด เมื่อมาคิดค่าปริมาณการใช้น้ำของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพตามหลักวอเตอร์ฟุตปริ้น (water footprint) พบว่า ในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ ปาล์มน้ำมันมีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด อ้อยมีปริมาณการใช้น้ำรองลงมา และมันสำปะหลังมีปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุด จากการวิเคราะห์ประเมินปริมาณการใช้น้ำโดยใช้หลักการของวอเตอร์ฟุตปริ้น (water footprint) พบว่า มันสำปะหลัง เป็นพืชที่มีการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิผลและใช้น้ำในปริมาณที่น้อยที่สุด โดยที่พิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นผลิตพืช ผลิตน้ำมันชีวภาพ จนกระทั่งให้ค่าพลังงาน

ดังนั้นจึงเห็นว่าควรส่งเสริมให้เกษตรกรทำการปลูกมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอเอทานอลมากกว่าพืชชนิดอื่น เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ส่งผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำน้อยที่สุด ส่วนในการผลิตเชื้อเพลิงประเภทไบโอดีเซล ก็คงต้องใช้ปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพไบโอดีเซล เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีเพียงปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สามารถเชื้อเพลิงชีวภาพผลิตไบโอดีเซลได้ แต่ก็จะมีปริมาณการใช้น้ำที่ค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการเกษตร. ทำความรู้จัก Water footprint, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา : http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n13/v_4-may/ceaksong.html, (วันที่ค้นข้อมูล : 27 กรกฎาคม 2556)

[2] กรมวิชาการเกษตร. ปาล์มน้ำมัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=12, (วันที่ค้นข้อมูล : 8 กรกฎาคม 2556)

[3] กรมวิชาการเกษตร. มันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=14 (วันที่ค้นข้อมูล : 8 กรกฎาคม 2556)

[4] กรมวิชาการเกษตร. อ้อย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=13 (วันที่ค้นข้อมูล : 8 กรกฎาคม 2556)

[5] ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2554. มกราคม – มีนาคม. วอเตอร์ฟุตพริ้นของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย. วิศวกรรสาร มก. 75(24). 41-52 [3] เชื้อเพลิงชีวภาพ (BIOFUEL) : พลังงานจากธรรมชาติ...เพื่อธรรมชาติ.[ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://vcharkarn.com/varticle/374 (วันที่ค้นข้อมูล : 5 กรกฎาคม 2556)

[6] ภนิดา ผลนิมิต ,บวรทัต คงธนศุภร ,วิภาพร แสนเมืองชิน,2554, ปริญญานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อสภาพทางอุทกวิทยาโดยใช้การสำรวจข้อมูลระยะไกล(กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำคลองโพล้)”,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[7] ลักขณา เจริญสุข ,รัตชยุดา กองบุญ ,เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตปริ้นของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย. การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน. ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 1-11

[8] สถาบันทรัพยากรสารสนเทศน้ำและการเกษตร. ลุ่มน้ำหลักและการจัดการลุ่มน้ำ. [ระบบออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:
http://www.haii.or.th/wiki/index.php/%E0%B8%A5%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2, (วันที่ค้นข้อมูล : 8 กรกฎาคม 2556)

[9] องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ. Single crop coefficient (K_c), [ระบบออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0b.htm, (วันที่ค้นข้อมูล : 8 กรกฎาคม 2556)

[10] Allen, R.F., Pereira L.S., Raca, D.,Smith, 1998. Crop evapotranspiration for commuting crop requirements. United Nations Food and Agriculture organization, Irrigation and Drainage Paper’s Rome Italy. 333p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2009. Water Footprint Manual: State of the Art 2009. Water Footprint Network, Enschede, The Netherlands.

[12] Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2011. The water footprint assessment manual: setting the global standard. Water footprint Network, The Netherlands.

[13] Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q., (2005). Globalization of water resource: international virtual water flows in relation to crop trade. Global Environment Change 15 (1), 45-56.

[14] Mekonnen, M. M. and Hoektra, A. Y., 2011 The green, blue and grey water footprint of crop and derived crop product. Hydrology and Earth system Sciences, 15, 1577-1600.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางข้อมูลการใช้ปุ๋ยของพืชในพื้นที่ศึกษา,
ตารางข้อมูลปริมาณฝนใช้การ ภาคตะวันออก,
ตารางข้อมูลปริมาณน้ำอ้างอิงโดยวิธีของ Penman monteinth ภาคตะวันออก,
ตารางข้อมูลสภาพอากาศปี พ.ศ.2548 – พ.ศ.2552 กรมอุตุนิยมมวิทยา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตาราง ก.1 ข้อมูลการใช้ปุ๋ยในพื้นที่ศึกษา

Crop	Nitrogen (N) kg/rai	Phosphorus (P_2O_5) kg/rai	Potassium (K_2O) kg/rai
Cassava	16	8	16
Sugarcane	12	6	12
Oil Palm	16.8	5.6	27.2
Rubber	4.8	2.4	4
Orchard	17.6	11.2	16

Source : Office of Agricultural Economics and department of alternative energy

ตาราง ก.2 ข้อมูลปริมาณฝนใช้การ ภาคตะวันออก ประเทศไทย

	Effective Rainfall for the crops.(mm.)											
	Jan	Feb	Mar	Apri	Total	avg	July	Aug	Sep	Oct	Total	avg
Chanthaburi	12	32	39	69	151	38	66	119	107	61	354	88
Chachoengsao	7	12	19	47	84	21	73	123	119	68	383	96
Chon Buri	11	13	24	49	96	24	84	113	137	78	412	103
Trat	16	34	55	83	188	47	73	133	119	68	393	98
Nakhon Nayok	6	15	17	48	87	22	68	123	110	63	363	91
Prachin Buri	9	17	40	74	140	35	79	143	128	73	422	106
Rayong	11	31	48	42	132	33	86	89	140	80	395	99

: ค่าปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) เฉลี่ยจังหวัดระยองมีค่าเท่ากับ 65.875 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 ข้อมูลปริมาณน้ำของพืชอ้างอิง (mm./day) โดยวิธีของ Penman monteinth ภาคตะวันออก ประเทศไทย

	JAN	FEB	MAR	API	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEM
Chanthaburi	3.72	3.71	4.08	4.35	3.44	2.85	2.85	2.84	2.69	3.34	3.83	3.95
Chachoengsao	3.85	3.83	4.19	4.31	3.88	3.56	3.46	3.26	3.33	3.47	3.57	3.57
ChonBuri	4.09	4.55	4.83	5.14	4.48	4.13	4.12	3.74	3.43	3.49	4.09	4.16
Trat	3.80	3.83	4.17	4.28	3.39	3.35	3.32	2.87	3.22	3.35	3.68	3.84
PrachinBuri	3.87	4.04	4.50	4.62	3.98	3.50	3.45	3.43	3.27	3.79	4.1	4.07
Rayong	3.75	4.34	4.54	4.83	4.33	4.15	4.08	4.03	3.55	3.51	3.77	3.78

: ค่าปริมาณน้ำของพืชอ้างอิงเฉลี่ยจังหวัดระยอง มีค่าเท่ากับ 4.055 mm./day

ตาราง ก.4 ข้อมูลสภาพอากาศปี พ.ศ.2548 – พ.ศ.2552 กรมอุตุนิยมวิทยา

Year	Month	MEAN max.temp	MEAN min.temp	Total Rain	Rainy day	Mean temp
2005	1	31	21.8	50.6	4	26.4
2005	2	32.6	26.6	0	0	29.6
2005	3	32.4	25.8	65.3	7	29.1
2005	4	33.7	26.8	158.6	10	30.2
2005	5	32.9	28.1	76.1	8	30.5
2005	6	32	27.3	142.4	15	29.7
2005	7	31.2	27	84.9	14	29.1
2005	8	31.3	26.8	104.6	10	29.1
2005	9	31.2	25.7	303.3	22	28.5
2005	10	32.6	24.6	126	19	28.6
2005	11	32.3	24.2	56.1	8	28.2
2005	12	30.6	22	34.7	6	26.3
2006	1	32	22	12	1	27
2006	2	32.7	24.3	142.9	5	28.5
2006	3	33.3	26.3	78.6	5	29.8
2006	4	34.1	26.8	132.1	11	30.4
2006	5	32.9	26.5	265.5	16	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Year	Month	MEAN max.temp	MEAN min.temp	Total Rain	Rainy day	Mean temp
2006	6	31.8	26.2	102.5	18	29.3
2006	7	31.7	27.4	115.3	14	28.9
2006	8	31.1	26.9	116.9	13	28.5
2006	9	31.6	25.5	268.7	20	28.1
2006	10	32.8	25.2	172.3	18	27.9
2006	11	34.2	24	2.3	1	28.3
2006	12	32.9	21.8	11.8	4	26.6
2007	1	32.7	22.4	9.4	2	26.7
2007	2	33	24	0	0	27.5
2007	3	35.4	27	1.6	1	30.1
2007	4	34.9	26.3	85.9	12	29.5
2007	5	32.9	26.6	416.3	16	28.9
2007	6	33.2	26.9	227.8	19	29.4
2007	7	32.3	26.6	192.7	18	28.8
2007	8	32.1	26.8	128	14	29
2007	9	30.9	26.2	212.2	21	28.4
2007	10	31.4	25.4	76.9	13	27.8
2007	11	31.6	23	15.6	1	26.5
2007	12	31.7	22.2	0	0	26.4
2008	1	30.7	22.6	3.7	3	26.4
2008	2	30.8	24	58.5	8	26.9
2008	3	31.3	25.6	44	3	28
2008	4	32.9	26.7	104	10	29.2
2008	5	31.4	27.7	104.9	8	29.1
2008	6	31.1	27.1	144.8	16	28.8
2008	7	30.8	26.5	235.3	15	28.5
2008	8	31.4	26.6	123.8	14	28.7
2008	9	30.9	26	182.3	17	28.1
2008	10	32.1	24.8	166.6	16	27.8
2008	11	31	23.9	33.3	5	26.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Year	Month	MEAN max.temp	MEAN min.temp	Total Rain	Rainy day	Mean temp
2008	12	31.1	21.2	0	0	25.4
2009	1	29.9	20.5	0	0	24.7
2009	2	31.1	24.4	18.2	1	27.5
2009	3	31.7	25.9	60.6	6	28.4
2009	4	32.7	26.5	124.5	10	29.3
2009	5	32	26.3	378.4	16	28.8
2009	6	31.2	27.9	63.6	10	29.3
2009	7	30.9	26.9	283	13	28.5
2009	8	31.6	26.9	89.6	12	28.9
2009	9	30.9	25.9	257.1	23	28.3
2009	10	31.6	24.9	237.9	20	27.2
2009	11	32	23.2	13.2	3	27
2009	12	31.5	22.5	1.5	1	26.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น (Water footprint)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข.1 ตัวอย่างวิธีการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพืชพลังงาน (Water footprint of crop)

- มันสำปะหลัง

(1) Green Water footprint

Sol

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y}$$

$$CWU_{green} = \text{Effective rainfall} \times Kc$$

$$WF_{green} = \frac{65.875 \times 0.3}{3.7744}$$

$$WF_{green} = 5.2363 \ m^3/ton$$ ANS

(2) Blue Water footprint

Sol

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y}$$

$$CWU_{blue} = CWU = 1.6 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET$$

$$ET = ETo \times Kc$$

$$= 4.055 \times 0.3$$

$$CWU_{blue} = 1.6 \times \sum_{1}^{365} (4.055 \times 0.3)$$

$$WF_{blue} = \frac{1.6 \times \sum_{1}^{365} (4.055 \times 0.3)}{3.7744}$$

$$WF_{blue} = 188.2248 \ m^3/ton$$ ANS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) Grey Water footprint

Sol

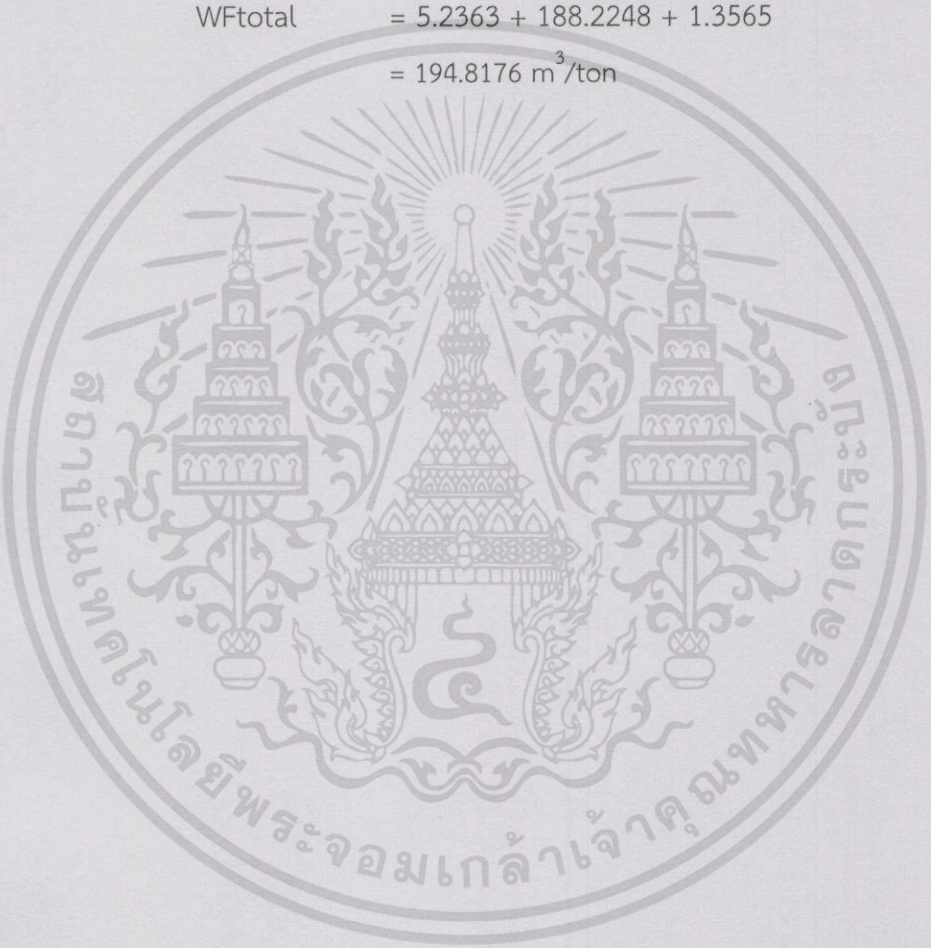
$$WF_{gray} = \frac{(\alpha \times AR)/(C_{max} - C_{natural})}{Y}$$

$$= \frac{(0.10 \times 16)/(5)}{3.7744}$$

$$= 1.3565 \text{ m}^3/\text{ton}$$ ANS

$$WF_{total} = 5.2363 + 188.2248 + 1.3565$$

$$= 194.8176 \text{ m}^3/\text{ton}$$ ANS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ตัวอย่างวิธีการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพ

(Water footprint of biofuel)

$$WF_{biofuel} = \frac{WF_{crop} \times 1000}{\text{conversion rate}}$$

- มันสำปะหลัง

(1) Green Water footprint

Sol

$$WFgreen = \frac{5.2363 \times 1000}{180}$$

$$= 29.0905 \text{ L of } H_2O/\text{L of Biofuel}$$ ANS

(2) Blue Water footprint

Sol

$$WFblue = \frac{188.2248 \times 1000}{180}$$

$$= 1045.6933 \text{ L of } H_2O/\text{L of Biofuel}$$ ANS

(3) Grey Water footprint

Sol

$$WFgray = \frac{1.3565 \times 1000}{180}$$

$$= 7.5361 \text{ L of } H_2O/\text{L of Biofuel}$$ ANS

$$WFtotal = 29.0905 + 1045.6933 + 7.5361$$

$$= 1082.32 \text{ L of } H_2O/\text{L of Biofuel}$$ ANS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 ตัวอย่างวิธีการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ (Water footprint of biofuel energy)

$$WF_{biofuelenergy} = \frac{WF_{biofuel} \times 1000}{Energy/L}$$

$$Energy/L = \frac{HHV \times Density}{1000}$$

- มันสำปะหลัง

(1) Green Water footprint

Sol

$$WFgreen = \frac{29.0905 \times 1000}{(29.70 \times 0.789)/1000}$$

$$= 1{,}241{,}421.3960 \ m^3/GJ \text{ of biofuel} \quad \underline{ANS}$$

(2) Blue Water footprint

Sol

$$WFblue = \frac{1045.6933 \times 1000}{(29.70 \times 0.789)/1000}$$

$$= 44{,}624{,}244.1312 \ m^3/GJ \text{ of biofuel} \quad \underline{ANS}$$

(3) Grey Water footprint

Sol

$$WFgrey = \frac{7.5361 \times 1000}{(29.70 \times 0.789)/1000}$$

$$= 321{,}597.8970 \ m^3/GJ \text{ of biofuel} \quad \underline{ANS}$$

$$WFtotal = 1{,}241{,}421.3960 + 44{,}624{,}244.1312 + 321{,}597.8970$$

$$= 46{,}187{,}261.4242 \ m^3/GJ \text{ of biofuel} \quad \underline{ANS}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

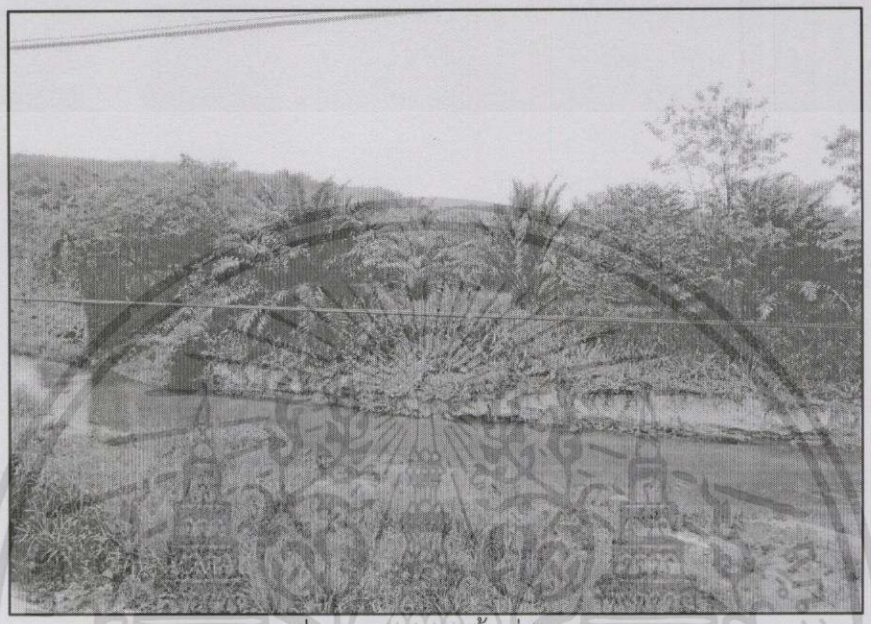
รูปภาพภาคสนามบริเวณลุ่มน้ำคลองโพล้ จังหวัดระยอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

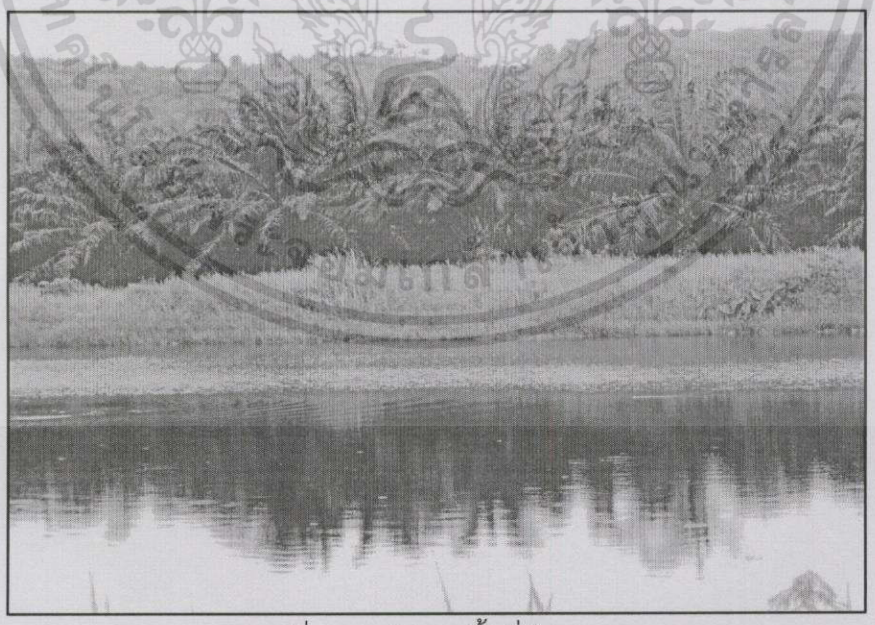
ภาคผนวก ค.

การสำรวจภาคสนาม

ค.1 สภาพพื้นที่การศึกษา

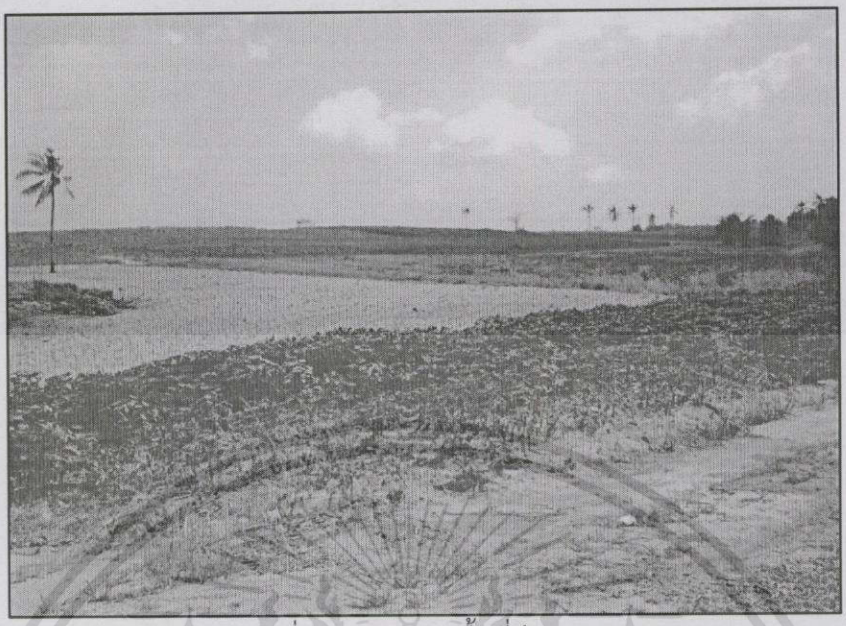


รูปที่ ค.1 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 1



รูปที่ ค.2 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 3

รูปที่ ค.4 รูปสภาพพื้นที่ศึกษา 4

สภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบสลับที่ดอนเป็นลูกคลื่น สภาพภูมิอากาศแบบแบบมรสุมเขตร้อน สภาพดินเป็นแบบดินเลนปนทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 พืชที่ทำการศึกษาในพื้นที่การศึกษา

(1) มันสำปะหลัง

รูปที่ ค.5 รูปมันสำปะหลังพื้นที่ศึกษา 1

รูปที่ ค.6 รูปมันสำปะหลังพื้นที่ศึกษา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) อ้อย

รูปที่ ค.7 รูปอ้อยพื้นที่ศึกษา 1

รูปที่ ค.8 รูปอ้อยพื้นที่ศึกษา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ปาล์มน้ำมัน

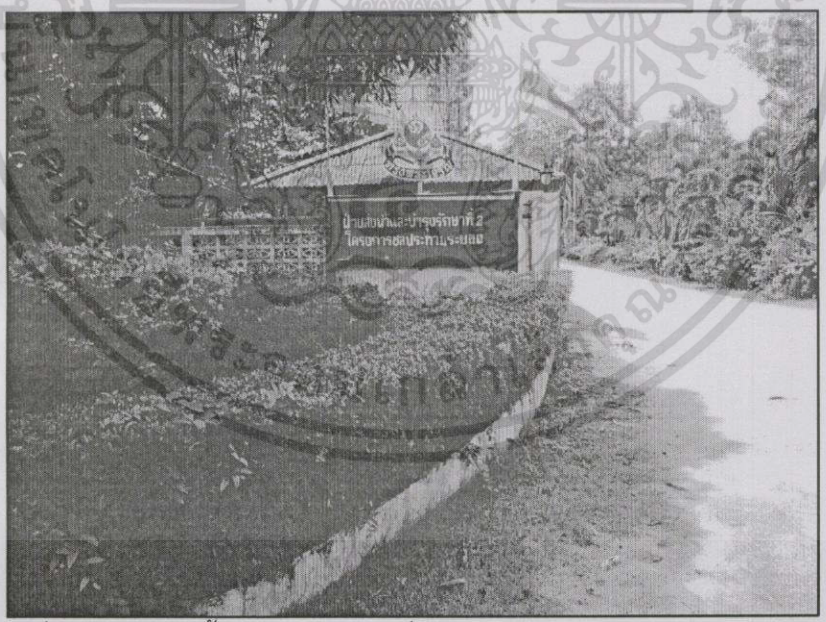
รูปที่ ค.9 รูปปาล์มน้ำมันพื้นที่ศึกษา 1

รูปที่ ค.10 รูปปาล์มน้ำมันพื้นที่ศึกษา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 รูปอื่นๆในพื้นที่ศึกษา

รูปที่ ค.11 สำนักงานเกษตรจังหวัดระยอง



รูปที่ ค.12 ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 โครงการชลประทานจังหวัดระยอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้