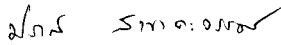
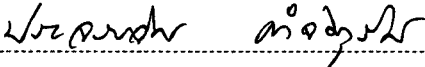


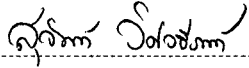
หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์
เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ชื่อและนามสกุล ว่าที่ ร.ต.สุชาติ คุ้มสุทธิ
แขนงวิชา หลักสูตรและการสอน
สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี สังขะตะววรรณ

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ
ฉบับนี้แล้ว


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี สังขะตะววรรณ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจตุรัส)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ อนุมัติให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาหลักสูตรการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิสวธีรานนท์)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์
วันที่ 28 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีพิทยาศาสตร์
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ผู้ศึกษา ว่าที่ร้อยตรี สุชาติ คุ้มสุทธิ ปริญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรการสอน)
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี สังขะตะววรรณ ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชา
วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีพิทยาศาสตร์
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ลักษณะของหนังสือที่สร้างขึ้น เป็นหนังสือที่ใช้อ่านเพิ่มเติมประกอบการเรียน โดยมี
กระบวนการสร้างเอกสาร เริ่มจากการวิเคราะห์เนื้อหาสาระที่มีความรู้เกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียน กำหนด
ขอบเขตของเนื้อหา แล้วกำหนดโครงสร้างของเนื้อหาออกเป็น 6 บท คือ บทที่ 1 พลังงานน้ำ
บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์ บทที่ 3 พลังงานลม บทที่ 4 พลังงานแก๊สชีวภาพ บทที่ 5 พลังงาน
ไบโอดีเซล และบทที่ 6 พลังงานถ่านหิน การประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้าน
เนื้อหา ด้านการใช้ภาษา ด้านการจัดรูปเล่ม และด้านการวัดและประเมินผล โดยใช้แบบประเมินหนังสือ
อ่านเพิ่มเติม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ฐานนิยม

ผลการประเมินคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน พบว่า ด้าน
เนื้อหาทั้ง 6 บท มีคุณภาพระดับดีมาก ด้านการใช้ภาษาและการจัดรูปเล่มทั้ง 6 บท คุณภาพอยู่ในระดับดี
มาก ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นทั่วไปว่าหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้
ประกอบการเรียนการสอนได้

คำสำคัญ หนังสืออ่านเพิ่มเติม พลังงานหมุนเวียน มัธยมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากรองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี สังขะตะวรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ และรองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจตุรัส กรรมการการศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่ทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำ และติดตามการดำเนินงานการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้อย่างใกล้ชิด ทำให้งานประสบความสำเร็จ จึงใคร่ ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

งานศึกษาค้นคว้าอิสระเล่มนี้สามารถดูล่วงได้ด้วยดีเพราะความกรุณาของผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้ง 3 ท่าน ขอกล่าวนามดังนี้ คือ อาจารย์ชาติชาย ฅขประภา อาจารย์พรชัย ผดุงสุข และอาจารย์เกรียงไกร ศรีสุวรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือในการชี้แนะ และให้คำแนะนำในการทำงานศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้จึงใคร่ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ด้วยความซาบซึ้งในความกรุณาครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร โรงเรียนแสงทวีปวิทยา และคณะครูทุกท่านที่ให้การสนับสนุน เวลา โอกาส และความสะดวกในการดำเนินงานศึกษาค้นคว้าอิสระจนมีผลสำเร็จเกิดขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ที่เป็นเจ้าของเอกสารค้นคว้าทุกฉบับที่ใช้ในการอ้างอิงค้นคว้าของการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ สำหรับประโยชน์อันที่จะเกิดสูงสุดจากการศึกษางานค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้ศึกษาขอมอบให้ผู้สนใจการศึกษาทุกท่านต่อไป

สุชาติ กุ่มสุทธิ

เมษายน 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การดำเนินงานการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	4
แหล่งที่มาของข้อมูล	4
วิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูล	6
ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	7
หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน	13
การตรวจสอบคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม	13
บทที่ 3 สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมข้อเสนอแนะ	21
สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	21
ข้อเสนอแนะ	24
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก	28
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	30
ข หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงที่ปวิทยา	31
ค แบบประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยผู้ทรงคุณวุฒิ	83
ประวัติผู้ศึกษา	92

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขอบข่ายเนื้อหาแต่ละบท วัตถุประสงค์ เอกสารที่เกี่ยวข้อง และเวลาที่ใช้โดยประมาณ	8
ตารางที่ 2.2 แสดงผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดย ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา	14
ตารางที่ 2.3 แสดงผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดย ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการใช้ภาษา และการจัดรูปแบบ	17
ตารางที่ 2.4 แสดงความคิดเห็นทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติม	20

๗

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	12

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ในภาวะของโลกปัจจุบันที่มีแต่การแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจอย่างรุนแรงของนานาประเทศ ทำให้ต้องมีการพัฒนาระบบการจัดการทางด้านการผลิตสินค้าเพื่อส่งออก ในการขับเคลื่อนประเทศไปสู่การที่ได้ชื่อว่าเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว หากเราจะมองดูว่าการจะเป็นประเทศที่พัฒนาแล้วนั้น อะไรบ้างที่ต้องพัฒนา ก็คงจะได้คำตอบว่า อุตสาหกรรมการส่งออกต่าง ๆ ต้องพัฒนา เทคโนโลยี ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนา ให้ทัดเทียม กับประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่มนุษย์มุ่งที่จะพัฒนาทางด้านวัตถุ มากเกินไป จนลืมไปว่าขณะที่กำลังพัฒนาประเทศชาติอยู่นั้น กำลังทำลายทรัพยากรพลังงานธรรมชาติให้หมดไป ไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ ป่าไม้ อากาศ และน้ำมัน ซึ่งเป็นพลังงานธรรมชาติ ได้เปลือกโลกของเรา จากการแข่งขันที่มีมากขึ้น จึงส่งผลให้มนุษย์ต้องใช้พลังงานมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานน้ำมันดิบ ที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการพัฒนาอุตสาหกรรมต่าง ๆ ของทุกประเทศในขณะนี้

มนุษย์ยุคแรกใช้พลังงานกล้ามเนื้อ เผ่าพันธุ์โครูปรางำยาใหญ่โตแข็งแรง เผ่าพันธุ์นั้นก็เป็มหาอำนาจเป็นที่น่าเกรงขาม มีกำลังมาก อำนาจของโลกจึงตกไปอยู่กับกรุงโรมที่เป็นมหาอำนาจโลกเวลาต่อมามนุษย์รู้จักใช้พลังงานธรรมชาติประเภทลมมาแล่นเรือ มหาอำนาจของโลกก็เปลี่ยนมาเป็นสเปน ประเทศแห่งเจ้าทะเลมหาสมุทร เมื่อเจมส์ วัตต์ แห่งอังกฤษ ประดิษฐ์เครื่องจักรไอน้ำ พลังงานไอน้ำทำให้อังกฤษเป็นผู้นำในการปฏิวัติอุตสาหกรรม อังกฤษก็ก้าวขึ้นมาเป็นชาติมหาอำนาจ เมื่อไม่นานต่อมาก็มีการค้นพบน้ำมันเป็นครั้งแรกที่มลรัฐเพนซิลเวเนีย สหรัฐอเมริกา จากเวลานั้นมา โลกก็เข้าสู่ยุคสันดาปภายใน ไม่ต้องใช้เครื่องจักรไอน้ำที่คิด โดยเจมส์ วัตต์อีกต่อไป โลกจึงเปลี่ยนโฉมพลิกทุกอย่างของเครื่องจักรบนโลกมนุษย์ให้ใช้พลังงานน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนใหญ่

ในปัจจุบันการแก่งแย่งเพื่อชิงทรัพยากรธรรมชาติน้ำมันจึงเพิ่มมากขึ้นอย่างปฏิเสธไม่ได้เมื่อความต้องการน้ำมันมากขึ้น แต่ปริมาณน้ำมันมีอย่างจำกัด ไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์บนโลก จึงทำให้เกิดภาวะราคาน้ำมันแพงมากขึ้นเป็นทวีคูณ สถาบันทรัพยากรโลกประเมินว่าน้ำมันจะหมดไปจากโลกนี้ในอนาคตในไม่ช้า การอยู่ในภาวะขาดแคลนน้ำมันจะก่อให้เกิด

ความปั่นป่วนไปทั่วโลก การจะแก้ไขได้ก็คือ การใช้พลังงานทดแทน พลังงานทดแทนนั้นมีมากมายหลายอย่าง เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานมหาสมุทร พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฮโดรเจน ฯลฯ เพื่อเป็นการหยุด หรือใช้น้ำมันเชื้อเพลิงให้น้อยที่สุด

จากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่ทรงมีความห่วงใยแก่ประชาชนชาวไทย ในความเป็นอยู่ ที่ให้ทุกคนดำเนินชีวิตแบบพอเพียงตามแนวพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง จึงทำให้ทุกคนบนโลกหันกลับมาสนใจในพลังงานทดแทนดังกล่าว และเนื่องจากในปีมหามงคลที่พระองค์ทรงครองราชสมบัติครบ 60 ปี ในปี พ.ศ. 2549 และมีพระชนมพรรษาครบ 80 พรรษา ในปี พ.ศ. 2550 นี้ เป็นโอกาสอันดีที่พวกเราชาวไทยจะทำความดีนี้ถวายแด่องค์พ่อหลวงผู้ซึ่งเป็นศูนย์รวมจิตใจของพสกนิกรชาวไทยทุกหมู่เหล่า ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมในเรื่องพลังงานทดแทน เพราะในปัจจุบันพลังงานทดแทนเรื่องต่าง ๆ นั้นยังกระจุกกระจายไม่เป็นเอกสารเพียงฉบับเดียวกัน ทำให้ผู้เรียน หรือผู้สนใจไม่เกิดความสนใจ และมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานอย่างแท้จริง สำหรับโรงเรียนแสงทวีปวิทยาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงได้บรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับพลังงานดังกล่าว ไว้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมให้สอดคล้องดังกล่าว จึงได้จัดทำหนังสืออ่านเพิ่มเติม เรื่องพลังงานหมุนเวียนขึ้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานหมุนเวียน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

3. ขอบเขตของเนื้อหาสาระ

หนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นใช้ประกอบการเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ โดยใช้เวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งเนื้อหาในแต่ละบทมีดังนี้

- บทที่ 1 ประกอบด้วยเนื้อหาของพลังงานน้ำ
- บทที่ 2 ประกอบด้วยเนื้อหาของพลังงานแสงอาทิตย์
- บทที่ 3 ประกอบด้วยเนื้อหาพลังงานลม
- บทที่ 4 ประกอบด้วยเนื้อหาพลังงานแก๊สชีวภาพ

- บทที่ 5 ประกอบด้วยเนื้อหาพลังงานไบโอดีเซล
 - บทที่ 6 ประกอบด้วยเนื้อหาพลังงานถ่านหิน
- ซึ่งในแต่ละบทจะกล่าวถึง ความเป็นมา หลักการ และประโยชน์ของพลังงานทดแทนต่าง ๆ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 ได้หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- 4.2 เป็นแนวทางการสร้างเอกสาร ตำรา หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอื่น ๆ ต่อไป
- 4.3 ช่วยสร้างแรงจูงใจ ให้นักเรียนมีความสนใจใคร่รู้ และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม
- 4.4 ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุผลตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

บทที่ 2

การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ในการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมประกอบการเรียนการสอน ผู้ศึกษาได้ศึกษาแหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนของการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน ผลการตรวจสอบคุณภาพเอกสารประกอบการเรียน ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

1. แหล่งที่มาของข้อมูล

การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีแหล่งที่มาของข้อมูลในการดำเนินการสร้างหนังสือ ดังนี้

1.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนแสงทวีปวิทยา การจัดการศึกษาตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนแสงทวีปวิทยา ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 – ม.3) สำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้จัดการศึกษาโดยคำนึงถึงวิสัยทัศน์ เป้าหมาย คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้เรื่องพลังงานหมุนเวียน ดังนี้

1.1.1 วิสัยทัศน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กระบวนการจัดการเรียนการสอนต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง มีผู้สอนคอยเป็นผู้แนะนำและให้สถานศึกษามีหน้าที่จัดทำสาระเพิ่มเติมตามความเหมาะสมของหลักสูตรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาในชุมชน สังคม และประเทศชาติ โรงเรียนจึงได้กำหนดวิสัยทัศน์ในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ คือ ส่งเสริมผู้เรียนให้รู้จักวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รู้จักคิด มีความสามารถนำความรู้มาแก้ไขปัญหาในชุมชน และรู้จักใช้แหล่งทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า ประหยัดในการใช้พลังงานรู้จักการนำพลังงานทดแทนมาใช้ และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (โรงเรียนแสงทวีปวิทยา 2544 : 3)

1.1.2 เป้าหมาย วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวที่ทุกคนเลี่ยงไม่ได้ในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะปฏิบัติกิจกรรมใดก็ตาม และเป็นการศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับธรรมชาติ เช่น ดิน น้ำ อากาศ สิ่งมีชีวิต พืช สัตว์ สิ่งแวดล้อม ทรัพยากรและพลังงาน โดยการใช้กระบวนการสังเกต หลักการ แนวคิด

ทฤษฎี และมุ่งเน้นให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง เป้าหมายหลักคือ ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ในธรรมชาติ เกิดทักษะกระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์ และสุดท้ายวางแผน ในทรัพยากร พลังงาน และดำรงชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียง

1.1.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ การจัดการเรียนการสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ได้กำหนดคุณลักษณะของผู้เรียนคือ มีความรู้ มีคุณธรรม และมีความสุขในการเรียน การสอน ผู้เรียนเป็นผู้ที่ใฝ่เรียนรู้ตลอดเวลาทุกโอกาส มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุมีผล และ มีการจัดระบบความคิดแบบวิทยาศาสตร์ มีความเป็นประชาธิปไตย ยอมรับฟังความคิดเห็น ของผู้อื่น เพราะในสังคมจะมีความสุขได้ต้องอยู่ภายใต้ระบอบการปกครองแบบประชาธิปไตย ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข ไม่เป็นคนเห็นแก่ตัว รู้จักเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ และเป็นนักอนุรักษ์ ธรรมชาติให้สืบทอดยั่งยืนต่อไปในอนาคต (โรงเรียนแสงทวีวิทยา 2544 : 5)

1.1.4 มาตรฐานการเรียนรู้ สำหรับมาตรฐานการเรียนรู้ในเรื่องพลังงานหมุนเวียน โรงเรียนแสงทวีวิทยาได้กำหนดไว้ในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมี มาตรฐานการเรียนรู้ที่ 2.2 ว่าให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ พลังงาน เชื้อเพลิง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก การอนุรักษ์ทรัพยากรพลังงาน และสิ่งแวดล้อม การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการจัดการพลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ซึ่งหลักสูตรนี้จะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจ ในการอนุรักษ์ และมุ่งมั่นที่จะพัฒนาตนเองและประเทศชาติ ตลอดจนเป็นผู้รัก และห่วงหา พยายามทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมเพื่อส่วนรวม (โรงเรียนแสงทวีวิทยา 2544 : 95)

1.2 เอกสาร/หนังสือ/การฝึกอบรม/แหล่งวิทยาการ เกี่ยวกับเรื่องพลังงานหมุนเวียน ผู้ศึกษา ได้ศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

1.2.1 เอกสารและหนังสือ

ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียนจากเอกสารและหนังสือ จำนวน 17 เล่ม ได้แก่

- 1) พลังงานทดแทน
- 2) แหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคต
- 3) วิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบถังหมักชีวภาพ
- 4) พลังงานลม
- 5) กังหันลม
- 6) ถ่านหินลิกไนต์
- 7) ศักยภาพการใช้ถ่านหินเป็นพลังงานในประเทศไทย
- 8) กิจการ กฟผ.

- 9) กฟผ. แม่เมาะ
- 10) ไบโอดีเซล พลังงานทางเลือก
- 11) พลังงานหมุนเวียน
- 12) พลังงาน
- 13) Solar energy thermal process
- 14) Availability of wind energy in Thailand
- 15) Energy resources development series
- 16) Paper on biomass energy
- 17) Technology assessment of wind energy conversion system

1.2.2 การฝึกอบรม

ผู้ศึกษาได้เข้าร่วมรับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานกับบริษัทการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจำกัด มหาชน และศึกษาดูงานเกี่ยวกับน้ำ พลังงานทดแทนที่เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก

1.2.3 การศึกษาจากแหล่งวิทยาการ

ผู้ศึกษาได้ศึกษาความรู้เกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิง จากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญทางด้านอนุรักษ์พลังงานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

2. วิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน มีวิธีการศึกษา และรวบรวมข้อมูล ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนแสงทวีปวิทยา

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และหน่วยการเรียนรู้จากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ทราบขอบเขตของเนื้อหา สำหรับเป็นแนวทางในการกำหนดบทเรียน และเนื้อหาของหนังสืออ่านเพิ่มเติม

2.2 ศึกษาเอกสาร/หนังสือ/ข้อมูลจากการฝึกอบรม/ข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

การศึกษาจากแหล่งวิทยาการ วิเคราะห์เนื้อหา เอกสาร ตำรา และหนังสือที่เกี่ยวข้อง เรื่องพลังงานหมุนเวียน

2.3 ศึกษาวิธีการสร้างเอกสาร ตำรา หนังสืออ่านเพิ่มเติม

โดยการศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบของหนังสือ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำรูปเล่มของหนังสือที่สร้างขึ้น

3. ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

จากการศึกษาแนวทางในการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมข้างต้น ผู้ศึกษาได้ดำเนินการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์หลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนแสงทวีวิทยา

โดยการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ และเนื้อหาสาระการเรียนรู้ให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของมาตรฐานการเรียนรู้

3.2 การกำหนดโครงสร้าง

โดยนำเนื้อหาที่รวบรวมได้มาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ตามขอบเขตที่ระบุไว้ มาจัดแบ่งเป็นบทเรียน ตามลำดับลักษณะของเนื้อหาที่ต้องเรียนรู้ทำความเข้าใจก่อนและหลัง เนื้อหาของแต่ละบทเรียนจะมีความสัมพันธ์กันในลักษณะของพลังงานทดแทนหรือ พลังงานหมุนเวียน มีการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล แสดงขอบข่ายของเนื้อหาแต่ละบท และเวลาที่ใช้ในการศึกษาโดยประมาณ สามารถยึดหยุ่นได้ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขอบข่ายเนื้อหาแต่ละบท วัตถุประสงค์ เอกสารที่เกี่ยวข้อง และเวลาที่ใช้โดยประมาณ

บทที่	หัวเรื่อง	สาระสำคัญ	วัตถุประสงค์	เอกสารอ้างอิง	เวลา	
1	พลังงานน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 ความเป็นมา 1.2 ประเภทของน้ำ 1.3 การพัฒนาพลังงานน้ำ 1.4 ประโยชน์ของพลังงานน้ำ 1.5 การอนุรักษ์น้ำ 	<ul style="list-style-type: none"> - นำบ่อนดินน้ำใต้ดิน - การไหลของน้ำ - พลังงานน้ำตกและน้ำเขื่อน น้ำลง - ไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ - การทำงานของเครื่องจักรพลังงานน้ำ - แหล่งท่องเที่ยว - อนุรักษ์น้ำ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อศึกษาความเป็นมา ประเภทของน้ำตลอดจน เข้าใจถึงความเป็นมาของการพัฒนาพลังงานน้ำ 2. ศึกษาประโยชน์และวิธีการอนุรักษ์น้ำ 	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานหมุนเวียน (อนุตรา) - กิจการ กฟผ. - พลังงาน (ธนรัช) 	2 ชั่วโมง
2	พลังงานแสงอาทิตย์	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 ความเป็นมา 2.2 คุณสมบัติการแผ่รังสี 2.3 การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ 2.4 ประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์ 	<ul style="list-style-type: none"> - พัฒนาการของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ - เซลล์แสงอาทิตย์ - การทำความร้อนหรือของเหลวร้อน - การอบแห้ง - การประกอบอาหาร 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อศึกษาหลักการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ 2. เข้าใจประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์ 	<ul style="list-style-type: none"> - Solar energy thermal process - แหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคต - พลังงานทดแทน (นรภัทร) 	2 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

บทที่	หัวเรื่อง	สาระสำคัญ	วัตถุประสงค์	เอกสารอ้างอิง	เวลา
3	พลังงานลม 3.1 ความเป็นมา 3.2 การเกิดลม และประเภทของลม 3.3 การพัฒนาพลังงานลม 3.4 การใช้พลังงานลมในประเทศไทย	<ul style="list-style-type: none"> - กระบวนการเกิดลม - ห่อมความกดอากาศต่ำและห่อมความกดอากาศค่าสูง - ลมบก ลมทะเล - การใช้พลังงานลมในประเทศไทย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อศึกษากระบวนการเกิดลม 2. เพื่อศึกษาประเภทของลม ตลอดจนการใช้พลังงานลมของประเทศไทย 	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานลม(ดร.กมล) - วิทยานิพนธ์ - กังหันลม (เอกชัย) - Availability of wind energy in Thailand - echnology assessment of wind energy conversion system 	2 ชั่วโมง
4	พลังงานแก๊ส ชีวภาพ 4.1 ความเป็นมา 4.2 ประเภทของแก๊สชีวภาพ 4.3 การพัฒนาพลังงานแก๊สชีวภาพ 4.4 กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ 4.5 ประโยชน์ของพลังงานแก๊สชีวภาพ	<ul style="list-style-type: none"> - ชนิดของเชื้อเพลิงชีวภาพ - ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงแก๊สชีวภาพ - ประโยชน์ของพลังงานแก๊สชีวภาพ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อศึกษาประเภทของแก๊สชีวภาพ 2. เพื่อศึกษาการพัฒนาและกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ 3. เข้าใจประโยชน์ของพลังงานแก๊สชีวภาพ 	<ul style="list-style-type: none"> - กฟผ. แม่เมาะ - วิทยานิพนธ์ การออกแบบถังหมักชีวภาพ - Energy resources development series 	2 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

บทที่	หัวข้อ	สาระสำคัญ	วัตถุประสงค์	เอกสารอ้างอิง	เวลา
5 พลังงานไบโอดีเซล	5.1 ความเป็นมา	- โครงการในพระราชดำริ	1. เพื่อศึกษาโครงการไบโอดีเซลในพระราชดำริ	- กิจการ กฟผ.	2 ชั่วโมง
	5.2 ไบโอดีเซล หนึ่งในพระราชดำริ	- วิธีการผลิตพลังงานไบโอดีเซล	2. เข้าใจวิธีการผลิตและขั้นตอนการผลิตพลังงานไบโอดีเซล	- กฟผ. แม่เมาะ	
	5.3 การผลิตพลังงานไบโอดีเซล	- ขั้นตอนการผลิตพลังงานไบโอดีเซล	3. เพื่อศึกษาประโยชน์ของไบโอดีเซล	- Paper on biomass energy	
	5.4 ศักยภาพไบโอดีเซลในประเทศไทย	- วัตถุประสงค์ในการผลิตและประโยชน์ไบโอดีเซล		- ไบโอดีเซล พลังงานทางเลือก	
	5.5 ประโยชน์ของพลังงานไบโอดีเซล				
	5.6 ความเป็นมา				
6 พลังงานถ่านหิน	6.1 ความเป็นมา	- ลำดับและกระบวนการเกิด ถ่านหิน	1. เพื่อศึกษาลำดับและกระบวนการเกิด ถ่านหิน	- แหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคต	2 ชั่วโมง
	6.2 กำเนิดของถ่านหิน	- ประเภทของถ่านหิน	2. เพื่อศึกษาการการผลิตถ่านหิน	- ศักยภาพในการใช้ถ่านหินเป็นพลังงานในประเทศไทย	
	6.3 ประเภทของถ่านหิน	- การผลิตถ่านหินและการใช้ประโยชน์	2. รู้จักประเภทของและการใช้ประโยชน์ของถ่านหิน	- พลังงานหมุนเวียน (อนุครา)	
	6.4 การผลิตถ่านหิน				
	6.5 การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน				
	6.6 เทคโนโลยีถ่านหิน หลังการเผาไหม้หรือเทคโนโลยีการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม				

3.3 การร่างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ผู้ศึกษาได้กำหนดรูปแบบการเขียนและส่วนประกอบ ดังนี้

3.2.1 รูปแบบการเขียน

ผู้ศึกษาได้จัดเรียงเนื้อหาของหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยการแบ่งเนื้อหาออกเป็นบทเรียน มีการอ้างอิงถึงแหล่งข้อมูลที่มา จะยึดถือหลักความถูกต้องของการเขียนเอกสารทางวิชาการเป็นสำคัญ

3.2.2 ส่วนประกอบของหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ผู้ศึกษาได้กำหนดส่วนประกอบของหนังสืออ่านเพิ่มเติมไว้ ดังนี้

- 1) ส่วนนำเรื่อง ได้แก่ ปกนอก ปกใน คำนำ สารบัญ
- 2) ส่วนเนื้อเรื่อง ได้แก่ บทเรียนแต่ละบทเรียนมีทั้งสิ้น 6 บทเรียน
- 3) ส่วนท้ายเรื่อง ได้แก่ บรรณานุกรม

3.2.3 การใช้ภาษา

ภาษาที่ใช้ในการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม เป็นสิ่งที่สำคัญมากผู้สร้างหนังสือจำเป็นต้องคำนึงถึงรูปแบบของภาพที่เข้าใจง่าย สื่อสารได้ตรงกับความหมาย ความรู้ที่จะถ่ายทอดสู่ผู้อ่าน เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติที่ถูกต้อง ดังนั้น ผู้จัดทำต้องคำนึงถึงหลักการใช้ภาษาไทย ให้เกิดความเข้าใจกับผู้อ่านได้ง่ายไม่สับสน ใช้ข้อความที่ไม่ซับซ้อนวกไปวนมา และไม่ใช่คำฟุ่มเฟือย ในการเชื่อมคำ หรือเชื่อมประโยค กระต๊อครัดเข้าใจง่าย

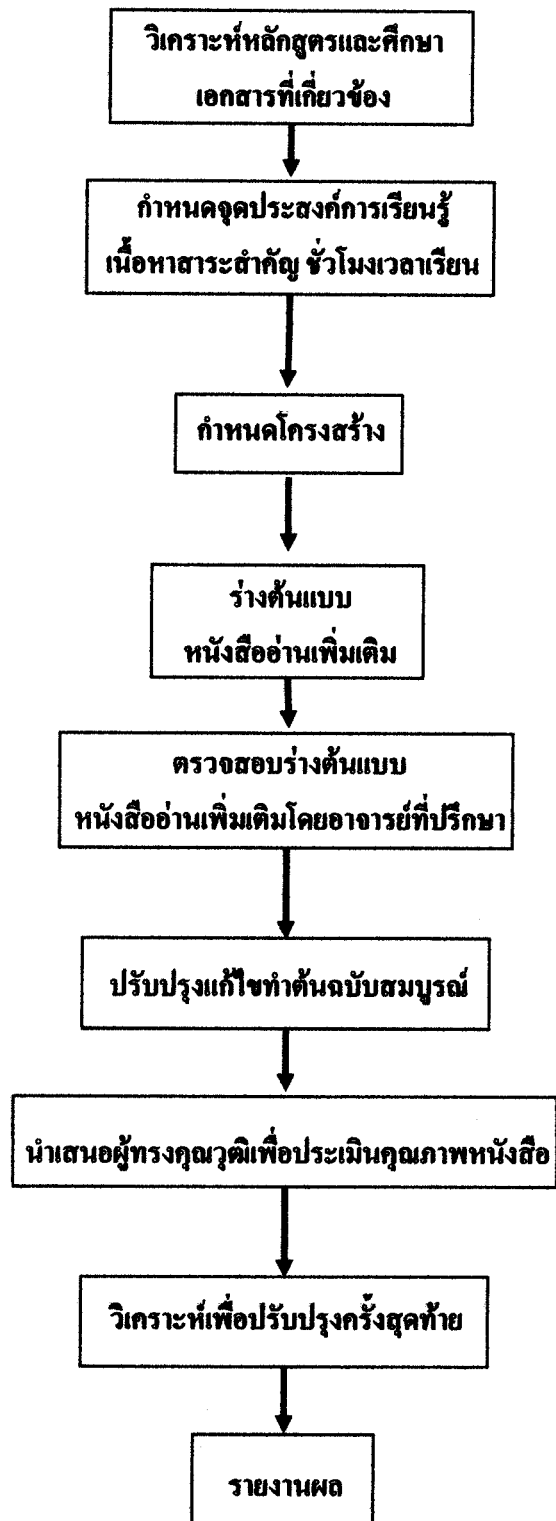
3.4 การตรวจสอบร่างต้นแบบหนังสือ

ผู้ศึกษาได้นำร่างต้นแบบหนังสือเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบแล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จึงนำร่างต้นแบบหนังสือที่แก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจพิจารณา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.5 การตรวจสอบคุณภาพของหนังสือ

ผู้ศึกษาได้นำหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ผู้ศึกษาได้ปรับปรุงมาจากแบบประเมินเอกสารประกอบการเรียนของอาจารย์พุดสุข ฉัญฐการณิก (ภาคผนวก ค)

จากที่กล่าวมา สามารถสรุปขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน ดังแผนภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

4. หนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานหมุนเวียน

หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสวงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประกอบการเรียนการสอน มีเนื้อหาทั้งสิ้น จำนวน 6 บท โดยแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

4.1 บทที่ 1 พลังงานน้ำ

ประกอบด้วยเนื้อหา ความเป็นมา ประเภทของน้ำ การพัฒนาพลังงานน้ำ ประโยชน์ของพลังงานน้ำ และการอนุรักษ์น้ำ

4.2 บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์

ประกอบด้วยเนื้อหาความเป็นมา คุณสมบัติการแผ่รังสี การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ และประโยชน์ของพลังงานแสงอาทิตย์

4.3 บทที่ 3 พลังงานลม

ประกอบด้วยเนื้อหาความเป็นมา การเกิดลม และประเภทของลม การพัฒนาพลังงานลม และการใช้พลังงานลมในประเทศไทย

4.4 บทที่ 4 พลังงานแก๊สชีวภาพ

ประกอบด้วยเนื้อหาความเป็นมา ประเภทของแก๊สชีวภาพ กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ และประโยชน์ของพลังงานแก๊สชีวภาพ

4.5 บทที่ 5 พลังงานไบโอดีเซล

ประกอบด้วยเนื้อหาความเป็นมาไบโอดีเซลหนึ่งในโครงการพระราชดำริ การผลิตไบโอดีเซล ศักยภาพไบโอดีเซลในประเทศไทย และประโยชน์ของพลังงานไบโอดีเซล

4.6 บทที่ 6 พลังงานถ่านหิน

ประกอบด้วยเนื้อหาความเป็นมา กำเนิดของถ่านหิน ประเภทของถ่านหิน การผลิตถ่านหิน การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ หรือเทคโนโลยีการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5. การตรวจสอบคุณภาพหนังสือ

5.1 การประเมินคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา ด้านภาษา ที่ใช้ การจัดรูปแบบจำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน ที่ผู้ศึกษาได้ปรับปรุงประยุกต์มาจากแบบประเมินคุณภาพเอกสารประกอบการเรียนของพลสุข ฉัตรการนิกร และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ฐานนิยม

5.2 ผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม ปรากฏผลดังตารางที่ 1.2 , 1.3 และ 1.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านด้านเนื้อหา

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
บทที่ 1 พลังงานน้ำ					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง	2	1		
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื้อกันเป็นลำดับ	3			
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก	3			
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	2	1		
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย	3			
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน	3			
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน	3			
8.	เนื้อหาที่มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต	3			
บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง	3			
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื้อกันเป็นลำดับ	3			
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก	3			
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	2	1		
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย	2	1		
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน	3			
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน	3			
8.	เนื้อหาที่มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต	3			

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
บทที่ 3 พลังงานลม					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง	3			
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ	3			
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก	2	1		
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	1	2		
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย	3			
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน	3			
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน	3			
8.	เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต	3			
บทที่ 4 พลังงานแก๊สชีวภาพ					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง	2	1		
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ	3			
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก	3			
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	2	1		
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย	3			
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน	3			
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน	3			
8.	เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต	3			

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
บทที่ 5 พลังงานไบโอดีเซล					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง	3			
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ	3			
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก	3			
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	3			
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย	3			
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน	3			
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน	3			
8.	เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต	3			
บทที่ 6 พลังงานถ่านหิน					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง	3			
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ	3			
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก	3			
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	2	1		
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย	3			
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน	3			
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน	3			
8.	เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต	2	1		

จากตาราง 2.2 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียนด้านเนื้อหา พบว่า บทที่ 5 เรื่องพลังงานไบโอดีเซล มีระดับความคิดเห็นส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ด้านการใช้ภาษา
และ การจัดรูปเล่ม

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
บทที่ 1 พลังงานน้ำ					
1.	การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักภาษา	3			
2.	ภาษามีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย	2	1		
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ	2	1		
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง	3			
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา	3			
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย	1	2		
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	2	1		
8.	รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ	3			
บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์					
1.	การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักภาษา	2	1		
2.	ภาษามีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย	3			
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ	1	2		
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง	3			
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา	1	2		
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย		2	1	
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	2	1		
8.	รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ	1	1	1	

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
บทที่ 3 พลังงานลม					
1.	การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักภาษา	2	1		
2.	ภาษาที่มีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย	3			
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ	2	1		
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง	3			
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา	2	1		
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย		2	1	
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	2	1		
8.	รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ	2	1		
บทที่ 4 พลังงานแก๊สชีวภาพ					
1.	การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักภาษา	3			
2.	ภาษาที่มีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย	2	1		
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ	2	1		
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง	2	1		
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา	2	1		
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย		1	2	
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	3			
8.	รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ	3			

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
บทที่ 5 พลังงานไบโอดีเซล					
1.	การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักภาษา	3			
2.	ภาษามีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย	2	1		
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ	2	1		
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง	3			
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา		1	2	
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย		2	1	
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	3			
8.	รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ	3			
บทที่ 6 พลังงานถ่านหิน					
1.	การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักภาษา	3			
2.	ภาษามีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย	3			
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ	2	1		
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง	3			
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา		1	2	
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย		1	2	
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม	3			
8.	รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ	3			

จากตาราง 2.3 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน ด้านการใช้ภาษา และการจัดรูปเล่ม พบว่า บทที่ 5 เรื่องพลังงาน ไบโอดีเซล มีระดับความคิดเห็นส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 2.4 ความคิดเห็นทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ความคิดเห็นทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับหนังสืออ่านเพิ่มเติม	จำนวน
1. หนังสืออ่านเพิ่มเติม มีความเหมาะสมในการใช้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	
เหมาะสมมาก	3
เหมาะสมน้อย	
ไม่เหมาะสม	
2. หนังสืออ่านเพิ่มเติมมีเนื้อหาที่ให้ความรู้เพิ่มเติม และความเข้าใจในเรื่องของพลังงานหมุนเวียนแก่ผู้อ่าน	
ได้มาก	3
ได้น้อย	
ไม่ได้เลย	
3. เมื่อท่านอ่านหนังสืออ่านเพิ่มเติมเล่มนี้แล้ว ท่านคิดว่าหนังสือเล่มนี้สามารถใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และประกอบการเรียนเรื่องพลังงานหมุนเวียนได้อย่างไร	
ได้มาก	3
ได้น้อย	
ไม่ได้เลย	

จากตาราง 2.4 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน พบว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นนี้เป็นสื่อการเรียนที่มีเนื้อหามีความเหมาะสมในการสอนสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้เป็นอย่างดีต่อไป

สำหรับความคิดเห็นด้านอื่น ๆ ที่ได้รับจากผู้ทรงคุณวุฒิ คือ หนังสืออ่านเพิ่มเติมนี้เป็นสิ่งที่จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ และมีความต้องการที่จะศึกษาอย่างแท้จริงในเรื่องของพลังงานหมุนเวียน และหันมาช่วยกันอนุรักษ์พลังงาน เพื่อช่วยกันประหยัดพลังงานต่าง ๆ ในกิจวัตรประจำวัน อีกทั้งยังเป็นตัวอย่างให้กับสถานศึกษาอื่น ๆ ภายในชุมชน ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวอีกด้วย

บทที่ 3

สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะ

หนังสืออ่านเพิ่มเติมที่จัดทำขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียน เข้าใจในหลักการ และการนำพลังงานหมุนเวียนนั้นมาใช้ประโยชน์ให้เกิดสูงสุดเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานน้ำมัน เชื้อเพลิงที่กำลังขาดแคลนและลดน้อยลงไปทุกวินาที ซึ่งการเรียบเรียงเนื้อหานั้นมีลักษณะทาง วิชาการ และได้ยกตัวอย่างการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ แทนน้ำมันเชื้อเพลิง และยังสามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด ความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง มีความสุข สอดคล้องกับความสนใจของตนเอง ซึ่งในการสร้าง หนังสืออ่านเพิ่มเติมนี้สามารถสรุปผลการสร้างหนังสือและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

1. สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ขั้นตอนการสร้าง และผล การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมดังนี้

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

1.2 วิธีการศึกษา

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนแสงทวีปวิทยา เอกสารความรู้ เกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียน ข้อมูลจากการอบรมเชิงปฏิบัติการ และการศึกษาจากแหล่งวิชาการ จากเอกสาร/งานวิจัย วารสาร หนังสือพิมพ์ บทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการกำหนดรูปแบบเนื้อหาของหนังสืออ่านเพิ่มเติม

1.3 ขั้นตอนการสร้างหนังสือ

1.3.1 นำข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและแหล่งวิทยาการต่าง ๆ จากข้อมูลข่าวสาร จากการอบรมเชิงปฏิบัติการ มาวิเคราะห์แล้วจึงกำหนดเนื้อหาขอบข่ายของสาระสำคัญ โครงสร้างของหนังสืออ่านเพิ่มเติม แล้วจัดทำร่างต้นแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติม

1.3.2 นำร่างต้นแบบที่ได้จากการออกแบบให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขตามที่ได้รับการเสนอแนะ

1.3.3 นำร่างต้นแบบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วตามข้อเสนอนแนะเบื้องต้นของอาจารย์ที่ปรึกษา นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ด้านภาษา การจัดรูปเล่ม ด้านวัดผลและการประเมิน ได้ให้ข้อเสนอแนะดังนี้

- 1) ด้านเนื้อหา มีความเหมาะสมในเชิงหลักการแต่ยังไม่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เนื้อหายากเกินไปในบางเรื่องควรปรับให้เข้ากับวัยของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3
- 2) ด้านภาษา สำหรับภาษาที่ใช้มีความเหมาะสมเป็นทางการ แต่ในบางครั้งที่มีการใช้ภาษาต่างประเทศ ควรมีการเขียนภาษาไทยประกอบอยู่ด้วย
- 3) ด้านการจัดภาพ ควรขยายภาพให้ชัดเจน และหากมีภาพที่มีสีสันก็ควรใส่สีในการพิมพ์เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน
- 4) ด้านการจัดรูปเล่มหนังสือ หัวข้อควรมีการเล่นอักษรให้มีความสนใจ และเน้นข้อความสำคัญด้วยการพิมพ์ตัวหนาหรือ ชีคเส้น ได้ข้อความนั้น

1.3.4 นำเอกสารมาปรับปรุงตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะแล้วจัดทำหนังสืออ่านเพิ่มเติมให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินคุณภาพ

1.4 ผลการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ผลการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1.4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา พบว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียนทั้ง 6 บท มีคุณภาพส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก

1.4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้ภาษา และการจัดรูปเล่ม พบว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียนทั้ง 6 บท ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก

1.4.3 ความคิดเห็นทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน พบว่า หนังสือที่สร้างขึ้นเป็นหนังสือที่เหมาะสมกับการใช้ศึกษาค้นคว้า ประกอบการเรียนการสอนแก่ผู้เรียน และผู้สอนในเรื่องของพลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงได้ จึงเหมาะสมที่จะใช้อ่าน

เพิ่มเติมในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน แสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยาได้เป็นอย่างดี

1.4.4 ข้อคิดเห็นอื่น ๆ พบว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นนี้ สามารถช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้ตระหนักถึงความสำคัญของการขาดแคลนน้ำมันในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงด้านต่าง ๆ นักเรียนสามารถเลือกใช้พลังงานหมุนเวียนได้อย่างเหมาะสมในอนาคต และมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติ เป็นหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่ควรสนับสนุนให้นำไปขยายผลในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนอื่น ๆ ของอำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อเป็นมาตรฐานของหนังสืออ่านเพิ่มเติมเล่มนี้อีกด้วย

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม จะเป็นประโยชน์ทั้งต่อผู้เรียนและครูผู้สอน ดังนี้

1.5.1 ได้มีหนังสืออ่านเพิ่มเติมในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

1.5.2 เป็นแนวทางในการเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติม ที่จะใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ในเรื่องอื่น ๆ และระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

1.5.3 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังได้

1.5.4 ช่วยสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนตระหนัก และมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของพลังงาน หมุนเวียนอย่างถ่องแท้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน แบบเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อชีวิตที่เพียงพอ

1.5.5 ช่วยให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาค้นคว้าไปใช้

2.1.1 ในการนำหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน ไปใช้ เนื่องจากเนื้อหาในแต่ละบทนั้นมีไม่เท่ากัน จึงควรปรับเพิ่ม หรือลดเวลาในการจัดการเรียน การสอน เพื่อให้เหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผล ในการใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติมนี้

2.1.1 ในการนำหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน ไปใช้ ควรมีการปรับปรุงหรือนำรูปที่หลากหลายมาเป็นสื่อประกอบให้มากขึ้นเพื่อความเข้าใจของ ผู้เรียน และควรเป็นภาพที่ขยายใหญ่ ก็จะดีกว่าภาพในหนังสือที่จำกัดด้วยเนื้อที่ของกระดาษ

2.1.2 การนำหนังสืออ่านเพิ่มเติมฉบับนี้ไปใช้ทดลองในการประกอบการเรียนการสอน ควรมีการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนด้วยวิธีประเมินที่หลากหลาย มากกว่าทำข้อสอบ เพียงอย่างเดียว

2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.2.1 ควรมีการสร้างหนังสือที่มีเนื้อหาเหมาะสมกับหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ และในรายวิชา อื่น ๆ แบบบูรณาการในฉบับเดียว เพื่อไม่ให้เป็นการซ้ำของผู้เรียนที่จะต้องอ่านหนังสือหลายเล่มขึ้น อาจจะทำให้เกิดผลเสียคือผู้เรียนเบื่อหน่าย และไม่สนใจหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้น

2.2.2 ควรมีกิจกรรมทำขบถเรียนให้ผู้เรียนได้ทบทวน หรือมีแบบฝึกหัดไว้ทบทวนความ เข้าใจ หรือภาระงานที่จะก่อให้เกิดทักษะในการอ่านหนังสือเพิ่มเติม แต่ควรระวัง อย่าให้มีมาก เกินไป อาจจะทำให้ผู้เรียนไม่สนใจ

2.2.3 ในการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมครั้งต่อไป ควรเป็นเรื่องที่กำลังอยู่ในความสนใจ และมีเนื้อหาที่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกในปัจจุบัน เพื่อเพิ่มความสนใจของหนังสือที่ สร้างขึ้น เช่น ภาวะโลกร้อน ภัยธรรมชาติ อากาศ ฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป โรคระบาดใหม่ ๆ ฯลฯ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมล ธรรมบุตร (2528) *พลังงานลม กรุงเทพมหานคร คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
- ธนัช อุคมพันธ์ (2549) *พลังงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
- นรภัทร จนเทพินทร์ (2549) *ไบโอดีเซล พลังงานพลังงานทางเลือก กรุงเทพมหานคร มิตราภาพการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*
- บุญชัย เงินสวัสดิ์ (2524) “การวิเคราะห์สภาพลมของประเทศไทย และการออกแบบกังหันลมให้เหมาะกับท้องถิ่น” *ปริญาโท วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ (2548) “แหล่งผลิตไฟฟ้าในอนาคต” *นันทบุรี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ (2548) “กิจการ กฟผ.” *นันทบุรี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ (2548) “กฟผ. แม่เมาะ” *นันทบุรี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ประเสริฐ ชุมชุม (2547) *ถ่านหินลิกไนต์ กรุงเทพมหานคร ฝ่ายเหมืองลิกไนต์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ศิวะวงษ์ เพ็ชรสงค์ (2549) *พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร สกายนุกส์พรีนดีงส์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง*
- อนุตร จำลองกุล (2545) *พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล*
- อนุตร จำลองกุล (2529) *ศักยภาพการใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นพลังงานในประเทศไทย กรุงเทพมหานคร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
- อมรา เต็กเริงสินธุ์ (2529) *หลักสูตรและแบบเรียนมัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์จงเจริญการพิมพ์*
- อรสา ปราชญ์นคร (2546) *หลักสูตรและแบบเรียนมัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร ออ ไทยวัฒนาพานิช องค์การบริหารส่วนจังหวัดนครศรีธรรมราช หลักสูตรท้องถิ่น นครศรีธรรมราช บลูอิมเมจจัดพิมพ์*
- เอกชัย สนิรัตน์ภักดี (2529) *กังหันลม กรุงเทพมหานคร เอกสารประกอบการบรรยายนักศึกษาปริญญาโท คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
- Duffie J.A. and Beckman. W.A. (1994) *Solar energy thermal process.* J.Wiley & Sons.
- Exell, R. H. B. et. (1991) *Availability of wind energy in Thailand.* AIT. Bangkok. Thailand.
- Guide book on biogas development. (1999) *Energy resources development series.* No. 21 U.N.

Hall, D.O. (1990) *Paper on biomass energy*. New York. Prepared for technical panel on biomass energy. First session.

Meier, R. W. & Merson, T.J. (1991) *Technology assessment of wind energy system*. U.S. DOB. Washington D.C.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ด้านการใช้ภาษา และการจัดรูปเล่ม และการวัดผลประเมินผล

1. อาจารย์ชาติชาย คชประภา ตำแหน่งครู โรงเรียนแสงทวีปวิทยา
สถานที่ทำงาน โรงเรียนแสงทวีปวิทยา อ.ท่าเรือ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1
วุฒิการศึกษา วท.ม. วิศวกรรมเคมี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2. อาจารย์พรชัย ผดุงสุข ตำแหน่งครูเทศบาลอำเภอหนองแค อันดับ ค.ศ. 3
สถานที่ทำงาน โรงเรียนเทศบาลหนองแค อ.หนองแค
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดสระบุรี เขต 1
วุฒิการศึกษา ค.ม. ภาษาไทย
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
3. อาจารย์เกรียงไกร ศรีสุวรรณ ตำแหน่งครู โรงเรียนแสงทวีปวิทยา
สถานที่ทำงาน โรงเรียนแสงทวีปวิทยา อ.ท่าเรือ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพระนครศรีอยุธยา เขต 1
วุฒิการศึกษา ค.ม. วัดผลและประเมินผลการศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี

ภาคผนวก ข

**หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**

คำนำ

พลังงาน เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตทั้งหลาย ปัจจุบันพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติ ด้านต่าง ๆ เริ่มประสบภาวะขาดแคลน และเป็นปัญหาในการดำรงชีวิต ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ในสังคม การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ พลังงานต่าง ๆ อย่างฟุ่มเฟือยขาดความเอาใจใส่ ในการอนุรักษ์ทำให้ต้องมีการทบทวนในเรื่องของพลังงานหมุนเวียน ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ให้ยั่งยืน เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของพลังงานธรรมชาติ ช่วยกันอนุรักษ์พลังงาน และทรัพยากร จึงได้จัดทำหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน สำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาขึ้น เพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอน

หนังสืออ่านเพิ่มเติมเล่มนี้ ใช้ประกอบการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพระนครศรีอยุธยาเขต 1 โดยมีเนื้อหาสาระ ตามมาตรฐานที่ ว.2.2 ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียน

ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมนี้ จักเป็นประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียนในเรื่องพลังงานหมุนเวียน ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการอนุรักษ์ และใช้พลังงานหมุนเวียนทดแทน มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

ว่าที่ ร.ต.สุชาติ คุ้มสุทธิ

เมษายน 2550

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญตาราง	35
สารบัญภาพ	36
บทที่ 1 พลังงานน้ำ	37
1.1 ความเป็นมา	37
1.2 ประเภทของน้ำ	38
1.3 การพัฒนาพลังงานน้ำ	38
1.4 ประโยชน์ของพลังงานน้ำ	42
1.5 การอนุรักษ์น้ำ	43
บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์	44
2.1 ความเป็นมา	44
2.2 คุณสมบัติการแผ่รังสี	46
2.3 การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์	46
2.4 ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์	48
บทที่ 3 พลังงานลม	53
3.1 ความเป็นมา	53
3.2 การเกิดลม และประเภทของลม	55
3.3 การพัฒนาพลังงานลม	58
3.4 การใช้พลังงานลมในประเทศไทย	59
บทที่ 4 พลังงานแก๊สชีวภาพ	61
4.1 ความเป็นมา	61
4.2 ประเภทของแก๊สชีวภาพ	62
4.3 กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ	64
4.4 ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ	65

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 พลังงานไบโอดีเซล.....	66
5.1 ความเป็นมา	66
5.2 ไบโอดีเซลหนึ่งในพระราชดำริ	67
5.3 การผลิตไบโอดีเซล	68
5.4 ศักยภาพไบโอดีเซลในประเทศไทย	71
5.5 ประโยชน์ของพลังงานไบโอดีเซล	73
บทที่ 6 พลังงานถ่านหิน.....	74
6.1 ความเป็นมา	74
6.2 การกำเนิดถ่านหิน	75
6.3 ประเภทของถ่านหิน	77
6.4 การผลิตถ่านหิน	78
6.5 การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน.....	78
6.6 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ หรือเทคโนโลยีการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	79
บรรณานุกรม	81

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของแก๊สชีวภาพ	62
ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลการผลิตน้ำมันพืชในประเทศไทย	72

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 การไหลของน้ำ	39
ภาพที่ 1.2 ระบบการไหลของน้ำ	40
ภาพที่ 1.3 แสดงการใช้พลังงานน้ำ	41
ภาพที่ 1.4 แสดงการทำงานของหลุก	41
ภาพที่ 1.5 คราดำข้าวพลังงานน้ำตก	42
ภาพที่ 2.1 แสดงพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มายังโลก	45
ภาพที่ 2.2 แสดงพลังงานแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุ	46
ภาพที่ 2.3 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในธรรมชาติ	47
ภาพที่ 2.4 การรวมพลังงานแสงอาทิตย์	48
ภาพที่ 2.5 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	49
ภาพที่ 2.6 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	50
ภาพที่ 2.7 การจ่ายกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	51
ภาพที่ 2.8 เตาพลังงานแสงอาทิตย์ต่าง ๆ	53
ภาพที่ 3.1 แสดงการหมุนของลมห่อ้มความกดอากาศต่ำ	55
ภาพที่ 3.2 แสดงการหมุนของลมห่อ้มความกดอากาศสูง	56
ภาพที่ 3.3 แสดงทิศทางการพัดของกระแสลม	56
ภาพที่ 3.4 ลมทะเล	57
ภาพที่ 3.5 ลมบก	57
ภาพที่ 5.1 ปฏิกิริยาเคมีการเกิดน้ำมันไบโอดีเซล	68
ภาพที่ 5.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	69-70
ภาพที่ 5.3 แสดงตัวอย่างไบโอดีเซลและวัตถุดิบ	72
ภาพที่ 6.1 ลำดับการเกิดหิน	76-77

บทที่ 1

พลังงานน้ำ

1.1 ความเป็นมา

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในการประกอบกิจกรรมเกี่ยวกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ ความมั่นคงของประเทศ การขยายตัวด้านเศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของประชากรในประเทศ มีผลทำให้ความต้องการพลังงานมาความต้องการสูงขึ้นเช่นกัน

พลังงาน หมายถึง ความสามารถในการทำงาน หรือแรงที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรือธรรมชาติ

พลังงานหมุนเวียน หรือพลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่ใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง เราอาจจำแนกตามแหล่งที่ได้เป็น 2 ประเภท คือ

- พลังงานหมุนเวียนจากแหล่งที่สิ้นเปลือง อาทิ แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน เป็นต้น
- พลังงานหมุนเวียนจากแหล่งที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้โดยไม่สิ้นเปลือง อาทิ พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวภาพ ฯลฯ

หากจะพูดถึงโลกของเรานั้นสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นทวีปและส่วนที่เป็นมหาสมุทร หรือส่วนที่เป็นพื้นดินกับพื้นน้ำนั่นเอง เราจะพบว่าพื้นผิวโลกมีประมาณ 515 ล้านตารางกิโลเมตร ส่วนที่เป็นพื้นทวีปหรือพื้นดิน มีพื้นที่ประมาณ 154 ล้านตารางกิโลเมตรหรือประมาณร้อยละ 29 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนที่เหลือคือพื้นมหาสมุทร หรือพื้นน้ำมีเนื้อที่ประมาณ 361 ล้านตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 71 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่าโลกของเรามีน้ำเป็นส่วนประกอบที่มากที่สุด ดังนั้นการนำน้ำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนจึงเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยชดเชยพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดี

พื้นโลกเรานี้เป็นน้ำสามส่วนเป็นพื้นดินหนึ่งส่วน ดังนั้นพื้นน้ำจึงเป็นสามในสี่ส่วนของพื้นที่ทั้งหมด แต่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ นำไปใช้ประโยชน์เพียง 1% เท่านั้น

ถ้าปริมาณน้ำทั้งหมดเป็น 100%

- น้ำในทะเลและมหาสมุทรจะมีปริมาณ 97%
- ธารน้ำแข็งและภูเขาน้ำแข็ง ประมาณ 2%
- น้ำที่ใช้ประโยชน์ ประมาณ 1%

1.2 ประเภทของน้ำ

แหล่งน้ำในธรรมชาติมีดังนี้คือ

1.2.1 น้ำฟ้า ได้แก่ น้ำฝน น้ำค้าง ลูกเห็บ หิมะ และไอน้ำในบรรยากาศ

1.2.2 น้ำท่าหรือน้ำบนดิน เป็นน้ำที่อยู่บนผิวดิน ได้แก่ น้ำบ่อ น้ำในแม่น้ำลำธาร ห้วย หนอง คลอง บึง น้ำตก ทะเล และมหาสมุทร น้ำบนดินเป็นแหล่งน้ำที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ทั้งในการอุปโภคและบริโภค นอกจากนี้ แหล่งน้ำบนดินยังเป็นแหล่งกำเนิดสิ่งมีชีวิต และพลังงานทดแทน ที่หมุนเวียนได้ไม่สิ้นเปลือง

1.2.3 น้ำใต้ดิน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

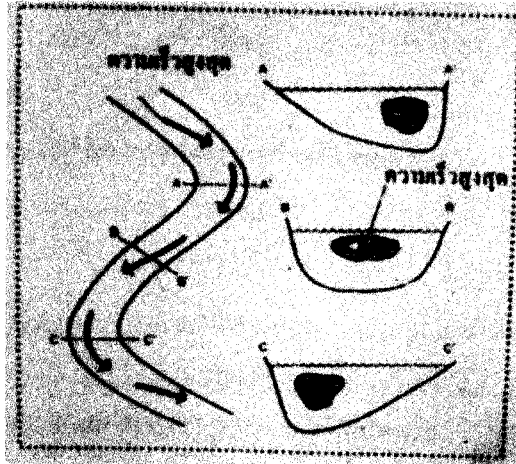
- 1) น้ำในดิน คือน้ำที่อยู่ในระดับชั้นบนของพื้นดิน เป็นเขตที่น้ำแทรกปนอยู่กับดิน ทำให้ดินมีความชุ่มชื้น พืชส่วนมากได้รับน้ำใต้ดินในระดับนี้
- 2) น้ำบาดาล หมายถึงน้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างในชั้นหิน หรือในเนื้อหิน เราเรียกน้ำบริเวณนั้นว่า น้ำบาดาล น้ำบาดาลนี้อาจจะเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน รอยแตก หรือถ้าใต้ดิน น้ำที่มากักเก็บอยู่นี้ได้มาจากน้ำฝนหรือน้ำในแม่น้ำลำคลองที่ไหลซึมผ่านลงมาใต้ดินแล้วขังอยู่ในช่องว่างของเนื้อหินหรือชั้นหิน เมื่อถูกความกดดันของโลกมาก ๆ ก็อาจจะทะลักขึ้นมาสู่ผิวโลก กลายเป็นน้ำตก น้ำแร่ หรือน้ำพุร้อนก่อให้เกิดเป็นพลังงานนำไปใช้ประโยชน์ได้

1.3 การพัฒนาพลังงานน้ำ

พลังงานน้ำจะเกิดขึ้นได้สองลักษณะคือ เกิดจากการไหลของน้ำ และเกิดจากแรงดันน้ำเมื่อได้รับความร้อนที่เราเรียกว่าแรงดันไอน้ำนั่นเอง

การไหลของน้ำนั้นมี 2 ชนิด คือ การไหลของน้ำที่เป็นแนวตรงขนานกับฝั่ง (Laminar flow) และการไหลของน้ำที่ไหลเชี่ยวมีการเกิดแรงหมุน (Turbulent flow) อัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำขึ้นอยู่กับมวลของน้ำ ความชันของท้องน้ำ และแนวเส้นทางที่น้ำไหลผ่าน แม่น้ำที่ไหลคดเคี้ยวไปมานั้น ความเร็วของน้ำไม่เท่ากัน ด้านที่มีความเร็วมากจะมีพลังงานมากคือด้านนอกของวงโค้ง

ส่วนด้านในของวงโค้งน้ำจะมีไหลช้าทำให้เกิดพลังงานน้อย เพราะน้ำตื้น และมีความฝืดมากกว่า (ดังรูปภาพ (1.1) จะยกตัวอย่างของการนำพลังงานจากการไหลของน้ำไปใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง ก็คือการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ



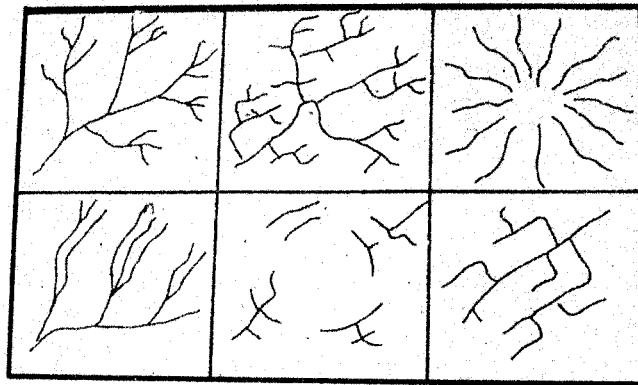
รูปที่ 1.1 การไหลของน้ำ

ที่มา: ธนรัช อุคคพันธ์ (2549) ผลงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 180

ระบบการไหลของน้ำ (Drainage pattern) แต่ละแห่งไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ ความแข็งของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา ความลาดชัน สูงต่ำ และประวัติความเป็นมาของพื้นที่นั้น ๆ

ระบบการไหลของน้ำอาจแบ่งออกเป็น 6 แบบดังนี้

- 1) แบบกิ่งไม้ (Dendritic patterns) มีลักษณะคล้ายกิ่งไม้ พบมากในหินที่มีเนื้อแน่น
- 2) แบบเทรลิส หรือลายลูกไม้ (Trellis patterns) ทั้งทางน้ำสายหลักและสายรองขนานกันแล้วจึงวกมารวมกัน พบในหินที่มีรอยเลื่อนขนานหรือหินที่มีการโค้งงอขนานกัน
- 3) แบบรัศมี (Radial patterns) ทางน้ำอาจจะไหลออกหรือเข้าสู่จุดศูนย์กลาง มักพบตามปล่องภูเขา
- 4) แบบขนาน (Parallel patterns) ทั้งสายหลักและสายรองจะขนานกัน
- 5) แบบวงแหวน (Annular patterns) พบในหินที่มีโครงสร้างเป็นโดม และความแข็งต่างกัน
- 6) แบบมุมฉาก (Rectangular patterns) ทั้งสายหลักและสายรอง จะไหลรวมกันเป็นมุมฉาก

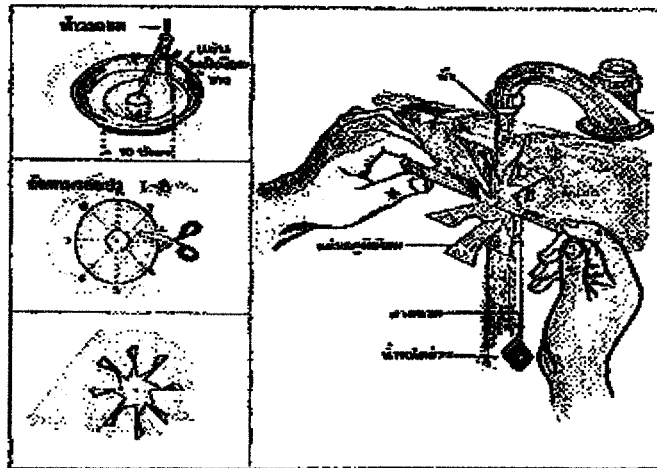


รูปที่ 1.2 ระบบการไหลของน้ำ

ที่มา: ธนรัช อุคมพันธ์ (2549) ผลงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 191

พลังงานน้ำตก การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำนี้ทำได้โดยอาศัยพลังงานของน้ำตก จากน้ำตามธรรมชาติ หรือน้ำตกที่เกิดจากการตัดแปลงสภาพธรรมชาติ เช่น น้ำตกที่เกิดจากการสร้างเขื่อนกั้นน้ำ น้ำตกจากทะเลสาบบนเทือกเขาสูงหุบเขา กระแสน้ำในแม่น้ำไหลตกหน้าผา เป็นต้น การสร้างเขื่อนกั้นน้ำและให้น้ำตกไหลผ่านกังหันน้ำซึ่งติดอยู่บนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังงานน้ำที่ได้จะขึ้นอยู่กับความสูงของน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ปล่อยลงมา ดังนั้นการผลิตพลังงานจากพลังงานนี้จำเป็นต้องมีบริเวณที่เหมาะสมและการสร้างเขื่อนนั้นจะต้องลงทุนอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามจากการสำรวจคาดว่าทั่วโลกสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจากกำลังน้ำมากกว่าพลังงานทดแทนประเภทอื่น

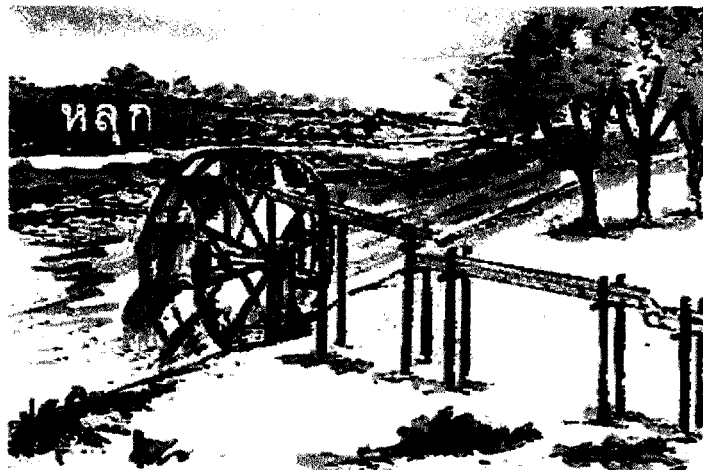
พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง มีพื้นฐานมาจากพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของระบบที่ประกอบด้วยดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์ จึงจัดเป็นแหล่งพลังงานประเภทใช้แล้วไม่หมดไป สำหรับในการเปลี่ยนพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า คือ เลือกแม่น้ำหรืออ่าวที่มีพื้นที่เก็บน้ำได้มากและพิสัยของน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าสูงแล้วสร้างเขื่อนที่ปากแม่น้ำหรือปากอ่าว เพื่อให้เกิดเป็นอ่างเก็บน้ำขึ้นมา เมื่อน้ำขึ้นจะไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ และเมื่อน้ำลงน้ำจะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำ การไหลเข้าออกจากอ่างของน้ำต้องควบคุมให้ไหลผ่านกังหันน้ำที่ต่อเชื่อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อกังหันน้ำหมุนก็จะได้ไฟฟ้าออกมา ใช้งานหลักการผลิตไฟฟ้าจากน้ำขึ้นน้ำลงมีหลักการเช่นเดียวกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำตก แต่กำลังที่ได้จากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงจะไม่ค่อยสม่ำเสมอเปลี่ยนแปลงไปมากในช่วงขึ้นลงของน้ำ แต่อาจจัดให้มีพื้นที่กักน้ำเป็นสองบริเวณหรือบริเวณพื้นที่เดียว โดยการจัดระบบการไหลของน้ำระหว่างบริเวณบ่อสูงและบ่อต่ำ และกักบริเวณภายนอกในช่วงที่มีการขึ้นลงของน้ำอย่างเหมาะสม จะทำให้กำลังงานพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงสม่ำเสมอดีขึ้น



รูปที่ 1.3 แสดงการใช้พลังงานน้ำ

ที่มา: เอกชัย สิริรัตนภักดี (2529) *กังหันลม* กรุงเทพมหานคร เอกสารประกอบการบรรยายนักศึกษาปริญญาโท คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 78

เมื่อน้ำเคลื่อนที่ น้ำจะมีกำลัง น้ำยิ่งเคลื่อนที่จากที่ต่างระดับมากเท่าใด ยิ่งมีกำลัง มากเท่านั้นเราสังเกตกำลังของน้ำที่ไหลเร็วจะพัดพาตะกอน หรือเมื่อเกิดอุทกภัยจะพัดพา บ้าน สัตว์ สิ่งของหายไปกับกระแสน้ำ



รูปที่ 1.4 แสดงการทำงานของหูลูก

ที่มา: อนุตร จำลองกุล (2545) *พลังงานทดแทน* กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล หน้า 102

การนำน้ำมาใช้งาน เราใช้น้ำหมุนกังหัน เช่น หลุก หลุกจะตักน้ำ จากคลองเข้าสู่ทางระบายน้ำเล็ก ๆ ซึ่งตัดเข้าสู่เรือสวนไร่นา เราใช้กระแสน้ำหมุนมอเตอร์ให้มอเตอร์ปั่นกระแสไฟฟ้าให้เรามีโรงงานไฟฟ้าเล็ก ๆ ที่ใช้พลังงานน้ำตก เชื่อนภูมิพลหรือเขื่อนยันฮีเก็บกักน้ำไว้ในอ่างขนาดใหญ่ หลังเขื่อน จากนั้นจึงปล่อยกระแสน้ำให้หมุนมอเตอร์ และปั่นกระแสไฟฟ้าให้เรา

1.4 ประโยชน์ของพลังงานน้ำ

1.4.1 ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำ

ตัวอย่างการใช้พลังงานน้ำ เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแทนน้ำมัน โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใช้น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นพลังงานเดินเครื่อง โดยวิธีสร้างเขื่อนปิดกั้นแม่น้ำไว้ จึงเกิดเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่มีระดับน้ำสูงจนมีปริมาณน้ำและแรงดันเพียงพอที่จะนำมาหมุนเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เรียกว่า ไคนาโม ที่อยู่ในโรงไฟฟ้าทำน้ำที่มีระดับต่ำกว่า โดยอาศัยหลักการน้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำด้วยแรงดึงดูดของโลก ซึ่งเป็นการลดการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง โดยสิ้นเชิง

1.4.2 ใช้ในการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ

น้ำ เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำ จากกระบวนการระเหยกลายเป็นไอน้ำเอง ทำให้เกิดแรงดันที่เรียกว่า แรงดันไอน้ำ เราจึงสามารถนำแรงดันไอน้ำมาใช้ในการทำงานของเครื่องจักร เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้าพลังไอน้ำ รถไฟที่ใช้หัวจักรแบบไอน้ำ เป็นต้น



รูปที่ 1.5 ครกตำข้าวพลังงานน้ำตก

1.4.3 เกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยว แหล่งศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

น้ำเมื่อไหลก็จะเกิดแรงกัดเซาะทำให้เกิดน้ำตกลงหล่นกันมาเป็นชั้น ๆ หรือภายในถ้ำก็จะเกิดหินงอก หินย้อย หรือเกิดบ่อน้ำพุร้อน ต่าง ๆ เป็นแหล่งท่องเที่ยวและหาความรู้จากการเกิดจากพลังงานของน้ำที่สะสมมาเป็นเวลาหลายร้อยปี

1.5 การอนุรักษ์น้ำ

น้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้น้ำอย่างระมัดระวัง ใช้น้ำให้คุ้มค่าและให้เกิดประโยชน์สูงสุด ปัจจุบันแหล่งน้ำเกิดเสื่อมสภาพ บางแห่งเกิดมลพิษขึ้น แล้วอันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลกระทบมาจากสาเหตุใหญ่ ๆ 3 ประการ คือ

- 1) การเพิ่มจำนวนประชากร
- 2) การขยายตัวเมือง
- 3) การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ย่อมทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ และจะส่งผลต่อการนำน้ำมาใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนเช่นกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อให้เป็นแหล่งทรัพยากรที่จะเป็นพลังงานหมุนเวียนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงต้องมีการอนุรักษ์ควบคู่กันไป ในขณะเดียวกัน ซึ่งการอนุรักษ์น้ำทำได้ดังนี้

- 1) พัฒนาแหล่งน้ำให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เช่น สร้างเขื่อน ทำฝายทดน้ำ ขุดคลองส่งน้ำ
- 2) ไม่ตัดไม้ทำลายป่า
- 3) ไม่ระบายน้ำเสียจากโรงงาน อาคาร บ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ
- 4) ออกกฎหมายคุ้มครอง ควบคุม การใช้แหล่งน้ำ

เมื่อมีการอนุรักษ์แหล่งน้ำใด รัฐควรจะต้องมีมาตรการและเป้าหมายกำหนดให้ชัดเจน เพื่อเร่งรัดดำเนินการ ให้ชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมมีระบบกำจัดน้ำเสียโดยเร็วและประสานงานกัน นอกจากนี้หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องก็ต้องหมั่นตรวจสอบสำรวจคุณภาพแหล่งน้ำนั้น ๆ พร้อมทั้งติดตามผลอย่างใกล้ชิดเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามนโยบายของรัฐที่ได้จัดไว้ ถ้าปฏิบัติได้ดังนี้ก็จะเป็นการอนุรักษ์แหล่งน้ำอันเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการที่จะเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดีในอนาคตต่อไป

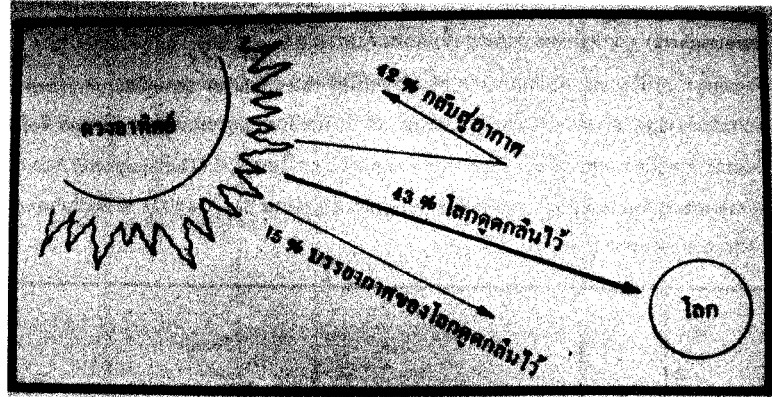
บทที่ 2

พลังงานแสงอาทิตย์

2.1 ความเป็นมา

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญที่สุดต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลกนี้ ดวงอาทิตย์จะมีลักษณะเป็นกลุ่มแก๊สทรงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.39×10^6 กิโลเมตร อยู่ห่างจากโลกคิดเป็นระยะทางเฉลี่ย 1.496×10^8 กิโลเมตร และดวงอาทิตย์หมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบใช้เวลา 28 วัน พลังงานที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์เป็นผลที่เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน (Thermonuclear Fusion) และทำให้มวลของดวงอาทิตย์ลดลง 4×10^6 กิโลกรัม/วินาที ในขณะที่เดียวกันก็จะปลดปล่อยพลังงานออกมาในอัตรา 3.85×10^{23} กิโลวัตต์ และจากปริมาณดังกล่าวจะมีพลังงานตกกระทบลงสู่โลกในอัตรา 1.79×10^{14} กิโลวัตต์ เทียบเป็นพลังงานที่ได้รับใน 1 ปี คือ 1.51×10^{18} กิโลวัตต์/ชั่วโมง

การปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ จะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอในช่วง 500 ปีที่ผ่านมา และคาดว่าจะยังเป็นไปในอัตราดังกล่าวไม่น้อยอีก 50 ล้านปีต่อมา การเปลี่ยนแปลงอัตราการปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ จะต่างกันไม่เกินหนึ่งเท่าตลอดชั่วอายุของดวงอาทิตย์ โลกได้รับพลังงานส่วนใหญ่จากแสงอาทิตย์ ซึ่งหากคิดตามภาคตัดขวางในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก พลังงานแสงอาทิตย์จะตกกระทบโดยเฉลี่ยประมาณ 178,000 ล้านล้านวัตต์ และจะสะท้อนกลับไปสู่อวกาศประมาณ 42 % ดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มายังโลก

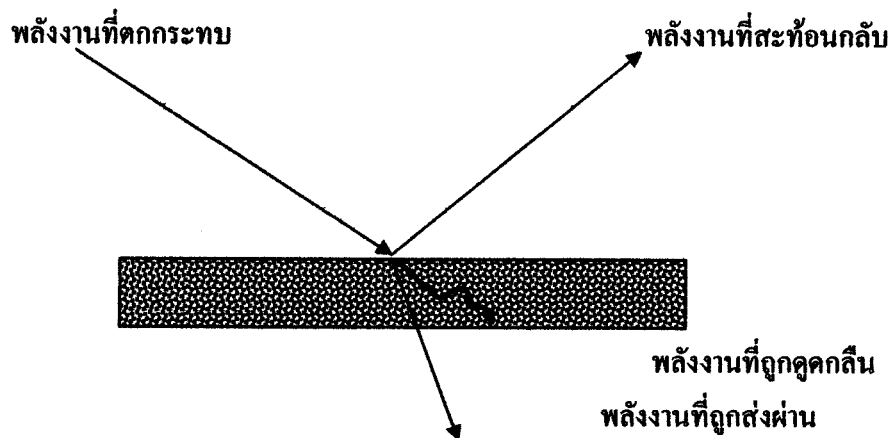
ที่มา: ธนรัช อุคมพันธ์ (2549) พลังงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 292

เนื่องจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง และมลภาวะที่เกิดขึ้นในปัจจุบันทำให้ทุกประเทศทั่วโลกได้ตระหนักถึงความสำคัญของพลังงาน โดยได้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุด นอกจากนี้ยังแสวงหาพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว ฉะนั้น พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานที่มหาศาลและได้มาเปล่า ๆ มีอยู่ทั่วไปนั้น จึงได้มีการพัฒนามาใช้เป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งในปัจจุบัน

ดวงอาทิตย์ให้พลังงานแสงสว่างแก่โลก โดยการแผ่รังสี เมื่อวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและกระจายความร้อนออกมา ซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรด เราจึงรู้สึกร้อน ขณะที่แสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเรา ส่วนหนึ่งของแสงอาทิตย์จะเดินทางผ่านบรรยากาศที่หุ้มห่อโลกและมาสู่ดิน ทั้งอากาศ และน้ำ จะเป็นกับดักพลังงานความร้อน ต่อมา ดินและน้ำจะคายความร้อนให้อากาศ เราจึงรู้สึกร้อน อากาศจึงเป็นที่ดักความร้อนครั้งสุดท้ายของโลก

2.2 คุณสมบัติการแผ่รังสี

เป็นสมบัติที่จะบอกให้เราทราบว่า พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีจะมีผลอย่างไรต่อผิวของวัตถุ อาทิ ทำให้เราทราบว่าผิวของวัตถุจะสามารถแผ่ หรือสะท้อนรังสีได้มากน้อยเพียงไร การแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่น



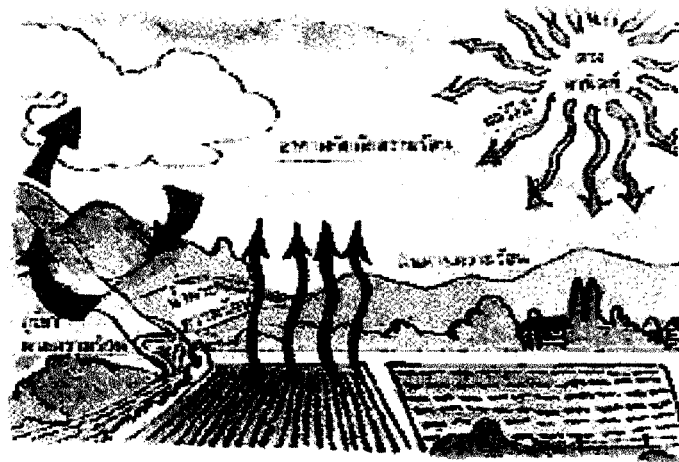
รูปที่ 2.2 แสดงพลังงานแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุ

จากรูปที่ 4 พลังงานความร้อนที่ตกกระทบลงบนวัตถุก็คือ พลังงานความร้อนรวมทั้งหมดที่ได้จากการแผ่รังสีที่ส่งมาจากทุกทิศทางจากแหล่งกำเนิดความร้อน เมื่อพลังงานความร้อนทั้งหมดจากการแผ่รังสีตกกระทบลงบนวัตถุจะมีพลังงานส่วนหนึ่งสะท้อนกลับออกไป (Reflectivity) พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับโดยวัตถุ (Absorptivity) และพลังงานส่วนที่เหลือจะถูกส่งผ่านออกไปจากวัตถุนั้น ดังที่กล่าวมา

2.3 การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อม พลังงานที่ดวงอาทิตย์ให้กับโลกทางตรงคือ แสงสว่าง ซึ่งมีผลทำให้เกิดความร้อน สร้างความอบอุ่นให้กับโลก พลังงานทางอ้อมคือ ดวงอาทิตย์ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีพอยู่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชเจริญเติบโตโดยอาศัยการสังเคราะห์แสงจากแสงอาทิตย์ และมนุษย์ได้อาศัยพลังงานจากต้นไม้ที่สำคัญ ๆ คือ ฟืน ถ่าน และ

เมื่อพืชและสัตว์ตายทับถมกันเป็นเวลานาน ๆ จะกลายเป็นถ่านหิน ปีโตรเลียม รวมทั้งการนำหลักการย่อยสลายของพีชมาทำเป็นก๊าซชีวภาพสำหรับตอนนี้จะกล่าวถึงเฉพาะพลังงานในทางตรงคือ ความร้อนและแสงสว่างที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ ดวงอาทิตย์ให้พลังงานแสงสว่างแก่โลก โดยการแผ่รังสี ดังที่กล่าวมา เมื่อวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและกระจายความร้อนออกมา ซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรด เราจึงรู้สึกร้อน ขณะที่แสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเรา ส่วนหนึ่งของแสงอาทิตย์จะเดินทางผ่านบรรยากาศที่หุ้มห่อโลกและมาสู่ดิน ทั้งอากาศและน้ำ จะเป็นกับดักพลังงานความร้อน ต่อมา ดินและน้ำจะคายความร้อนให้อากาศ เราจึงรู้สึกร้อน อากาศจึงเป็นที่ดักความร้อนครั้งสุดท้ายของโลก

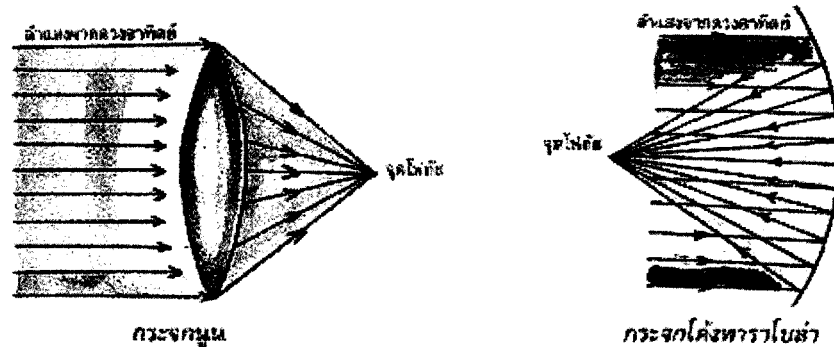


รูปที่ 2.3 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในธรรมชาติ

ที่มา: ศิวะวงษ์ เพ็ชรสงค์ (2549) พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร สกายบุคส์พริ้นติ้ง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง หน้า 93

วัตถุต่าง ๆ บนผิวโลกจะมีคุณสมบัติในการรับความร้อนและคายความร้อนไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับระยะใกล้ ไกลจากดวงอาทิตย์ คือที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ได้แก่เขตหนาว เขตร้อน เขตอบอุ่น ระยะเวลา คือ เวลากลางวัน กลางคืน เนื้อของวัตถุ เช่น ดิน หิน น้ำ ฯลฯ จะรับความร้อนและคายความร้อนไม่เท่ากันทำให้เกิดลมบก ลมทะเล เป็นต้น นอกจากนั้น สีของวัตถุจะมีคุณสมบัติในการรับและคายความร้อนต่างกันอีกด้วย

มนุษย์สามารถประดิษฐ์อุปกรณ์ที่สามารถรวมพลังงานและให้มีความร้อน แสงจากดวงอาทิตย์จะเดินทางเป็นเส้นตรง เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางบางชนิดจะรวมมากขึ้น และเรายังสามารถนำพลังมาใช้ประโยชน์ได้



รูปที่ 2.4 การรวมพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: ศิวะวงษ์ เพ็ชรสงค์ (2549) พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร สกายบุคส์พริ้นติ้งส์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง หน้า 97

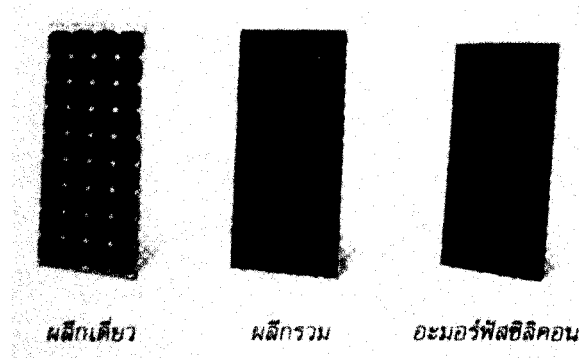
2.4 ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังผิวโลก ก็จำเป็นต้องมีวัสดุหรือสิ่งที่จะเปลี่ยนพลังงานแสงดังกล่าวมาใช้งาน วัสดุอุปกรณ์นั้นเราเรียกว่า เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์แสงอาทิตย์

2.4.1 เซลล์แสงอาทิตย์

คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon) แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide) แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวก และลบ เพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานใช้งานอุปกรณ์นั้น ๆ ได้

1) ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ทำการแบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ



รูปที่ 2.5 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

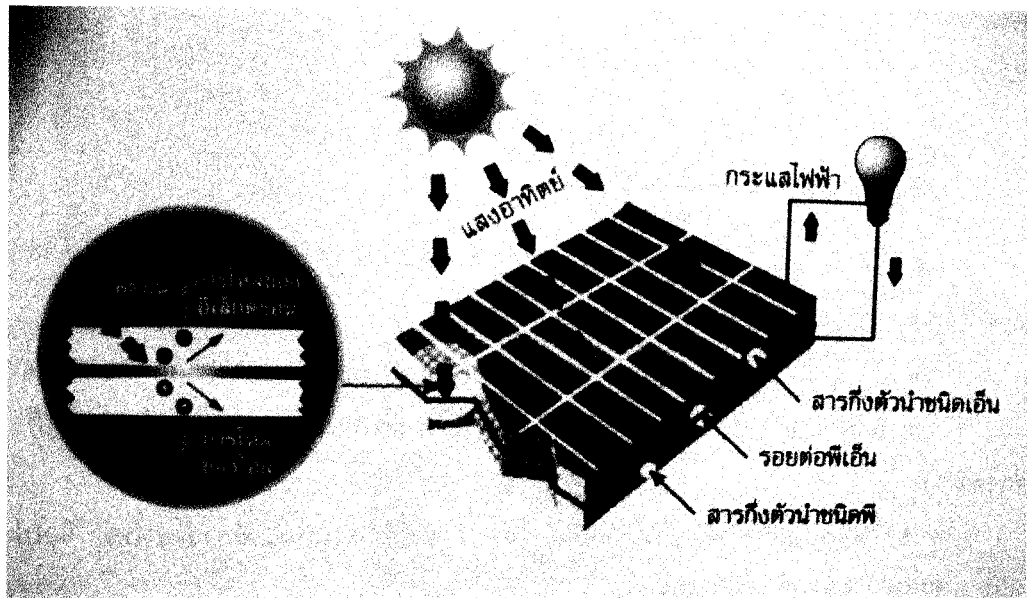
ที่มา: ศิวะวงษ์ เพ็ชรสงค์ (2549) *พลังงานทดแทน* กรุงเทพมหานคร สกยบุคส์พริ้นติ้งส์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง หน้า 198

ก. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก มีประสิทธิภาพปานกลาง 12 – 15%

ข. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มิลลิเมตร) นานักเบามาก และมีประสิทธิภาพน้อยเพียง 5 – 10%

ค. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่น ๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์ แคลเมียม เทลเลอร์ไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไคเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20 – 25%

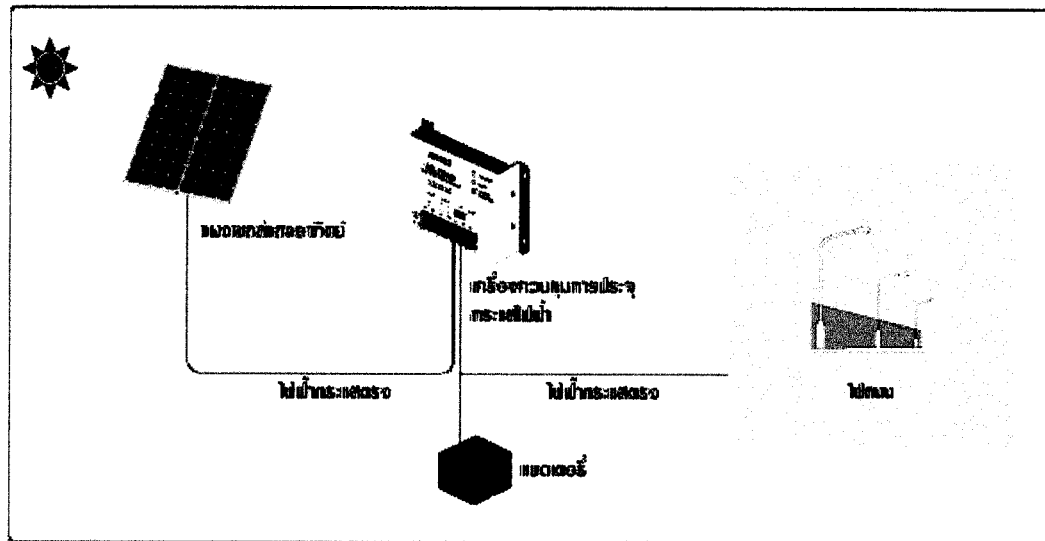
2) หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.6 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: ศิวะวงษ์ เพ็ชรสงค์ (2549) *พลังงานทดแทน* กรุงเทพมหานคร สกายนุกส์พริ้นติ้งส์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง หน้า 199

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุบวกและลบขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลเข้าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2 – 3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้นั้นไม่มากนัก ดังนั้น เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามักเพียงพอสำหรับการใช้งาน จึงมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกัน เรียกว่า “แผงเซลล์แสงอาทิตย์” (Solar Modules) โดยการต่อเซลล์จะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนานจะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น และการต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมจะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น



รูปที่ 2.7 การจ่ายกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: อนุตร จำลองกุล (2545) *พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล* หน้า 84

2.4.2 การทำความร้อนหรือของเหลวร้อน

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ตามอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม บางประเภทที่ใช้น้ำร้อนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือด ปัจจุบันมีความก้าวหน้า กู้มค่าทางด้าน เศรษฐกิจในหลายประเทศ และรวมทั้งประเทศไทยด้วย

ในประเทศที่กำลังพัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตขึ้น ส่วนมากจะมีแผ่นดูดแสงเป็น ท่อทองแดงที่มีคิบบทองแดงหรืออะลูมิเนียมเคลือบผิว ทำให้คุณภาพของเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ ที่ผลิตในประเทศที่กำลังพัฒนามักขาดความแน่นอนเพราะยังไม่มีมาตรฐานอุตสาหกรรมควบคุม และส่วนใหญ่จะมุ่งพัฒนาที่จะผลิตให้ได้ความร้อนสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ให้มีประสิทธิภาพสูง เพื่อจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การผลิตอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรม สตี พลาสติก เป็นต้น

2.4.3 การอบแห้ง

การอบแห้งกลางแจ้งด้วยแสงอาทิตย์ได้ใช้กันมานานนับพันปี เช่น ตากเสื้อผ้า อาหาร เครื่องใช้ที่โดนน้ำ แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้งซึ่งทำให้คุณภาพของการผลิตสูงขึ้น และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นด้วย อาจแบ่งเป็นเครื่องอบแห้งได้ตามลักษณะของการ

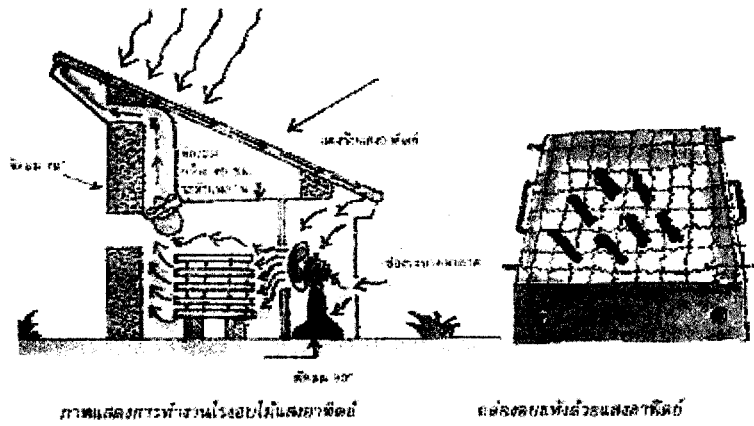
หมุนเวียนของอากาศ คือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ และการพาแบบบังคับ เช่น การอบแห้ง พืชทางเศรษฐกิจ อบแห้งปลา อบแห้งเมล็ดพันธุ์พืช และ ไม้

เครื่องอบแห้งสำหรับพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ และปลาที่พัฒนามาแล้วนั้นมี 3 ประเภท คือ ประเภท กล่อง ประเภทเต็นท์ และประเภทตู้รับแสงแยกส่วน ในสองประเภทแรกจะมีต้นทุนต่ำ และ ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ประเภทหลังจะบรรลุมวลที่อบแห้ง ได้มากกว่าและมีประสิทธิภาพสูง แต่ต้นทุนสูงกว่าสองแบบแรก เครื่องอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืชขนาดเล็กแบบให้อากาศไหลผ่านเครื่อง ทั้งโดยวิธีธรรมชาติ และวิธีบังคับนั้น ได้รับการพัฒนามาแล้วในหลายประเทศ บางประเทศพัฒนา ฉางอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืชด้วยแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ในปัจจุบันนี้มี ศักยภาพสูง โดยเฉพาะประเทศเกษตรกรรมได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวางขึ้น เพราะแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่หาได้ง่ายกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นเราจะเห็นชาวเกษตรกรที่ปลูกข้าวมักนำเมล็ด พันธุ์ข้าวออกมาตากแดดอยู่ทั่วไป

2.4.4 การประกอบอาหาร

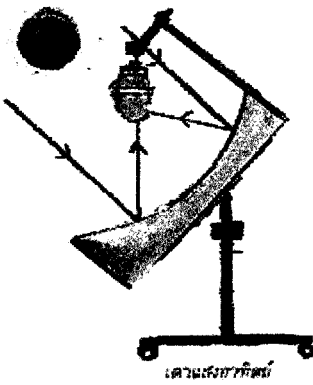
เตาประกอบอาหารด้วยแสงอาทิตย์อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ประเภทแรกจะมีตัวรับแสงแผ่น ราบเป็นกระจกสองชั้น เพื่อผลิต ไอ้ร้อนหรือของเหลวร้อน โดยจะให้อุณหภูมิสูงพอที่จะต้มและนึ่ง อาหารได้ เตาประเภทนี้ไม่ต้องมีอุปกรณ์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์จึงไม่ต้องดูแลตลอดเวลา และอาจ นำความร้อนมาใช้ในการหุงต้มได้ด้วย เตาประเภทที่สอง จะมีแผ่นกระจกราบสะท้อนแสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มอัตราส่วนการรวมแสง จึงให้อุณหภูมิสูงกว่าประเภทแรก สามารถใช้ในการต้ม นึ่ง หรืออบ อาหารแห้งได้ โดยจะต้องปรับตำแหน่งของกระจกเป็นครั้งคราวระหว่างการใช้งาน เตาประเภท สุดท้าย จะมีการรวมแสงเป็นจุด โดยใช้ผิวสะท้อนแสงรูปทรงโค้งแบบพาราโบลา จึงสามารถให้ อุณหภูมิสูงกว่า 300 องศาเซลเซียส ซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลาเช่นกัน

ข้อดีของเตาประกอบอาหารทั้งสาม คือ ไม่สามารถประกอบอาหารในช่วงเวลาที่มี แสงอาทิตย์อ่อน ๆ ได้ อาทิ ตอนเช้าและตอนเย็น จึงต้องมีการพัฒนาระบบสะสมความร้อนที่มี ประสิทธิภาพ และเหมาะสมนำไปใช้ได้ต่อไปในครัวเรือน เพื่อประหยัดพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง และไฟฟ้า



ภาพแสดงการทำงานของโรงอบไม้ในสมัยอดีต

ผลิตจลยผลิตด้วยแสงอาทิตย์



รูปที่ 2.8 เตาพลังงานแสงอาทิตย์ต่าง ๆ

ที่มา: ศิวะวงษ์ เพ็ชรสงค์ (2549) พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร สภาอนุรักษ์พรีนติ้ง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง หน้า 102

บทที่ 3

พลังงานลม

3.1 ความเป็นมา

มนุษย์ได้รู้จักการนำเอาพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์มาเป็นเวลานานนับพันปี อาทิ การใช้พลังงานลมในการขับเคลื่อนเรือเดินทะเล การสร้างกังหันลมเพื่อเปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การสูบน้ำ การกะเทาะเมล็ดพืช เป็นต้น จากวิฤตติการณ์ที่ผ่านมาด้านพลังงานการขาดแคลนน้ำมันจึงมีการศึกษาค้นคว้าหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อนำมาหมุนเวียน เพราะน้ำมันในภาวะปัจจุบันค่อนข้างราคาแพงและน้อยลงไปทุกที พลังงานลมจึงเป็นอีกพลังงานหนึ่งที่จะถูกพัฒนารูปแบบและกลไกของการใช้งานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สภาพลมฟ้าอากาศจะมีผลกระทบต่อโลกของเรา ได้การเกิดพายุต่าง ๆ มรสุมต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ เมฆ ฝน และลม

ลม (Wind) คือ อากาศที่เคลื่อนที่ตามแนวราบ (Horizontal motion) ส่วนอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง เรียกว่า กระแสอากาศ (Current) ในปัจจุบันประเทศไทย ได้มีการศึกษาพัฒนารูปแบบและวิธีการเปลี่ยนแปลงพลังงานลม ให้เป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ ด้วยการสร้างและการพัฒนากังหันลมที่มีใช้กันตั้งแต่เดิม อาทิ กังหันลมแบบเสื่อรำแพน ซึ่งติดตั้งบริเวณชายฝั่งทะเลเพื่อใช้ในการทำนาเกลือ กังหันลมแบบใบพัด ทำด้วยไม้เพื่อการสูบน้ำในนาข้าว กังหันลมแบบใบพัดทำด้วยโลหะเพื่อใช้ในการสูบน้ำขึ้นที่สูง ๆ ปัจจุบันก็มีการสร้างกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในระดับเมกะวัตต์ การพัฒนากังหันลมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นยังคงดำเนินต่อไป เนื่องจากพลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานอื่นที่ใช้ต้นทุนต่ำ เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

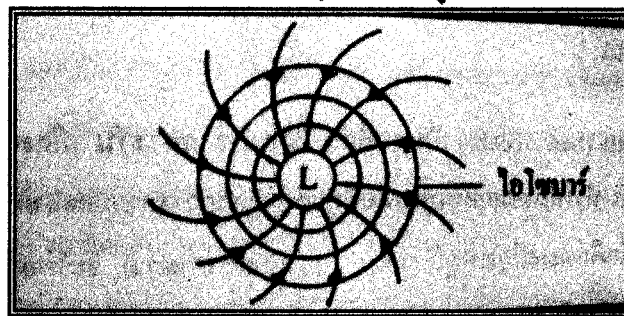
3.2 การเกิดลม และประเภทของลม

3.2.1 การเกิดลม

การเกิดลม จะเกิดขึ้นได้เมื่ออากาศแต่ละพื้นที่มีสมบัติต่างกัน กล่าวคือ สภาพอากาศเหนือพื้นดิน และพื้นน้ำมีความแตกต่างกันทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน เนื่องจากพื้นดินและพื้นน้ำรับ ความร้อนและคายความร้อน ได้ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลให้มีอุณหภูมิและความกดอากาศต่างกัน โดย บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ความกดอากาศจะต่ำ บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ จะมีความกดอากาศสูง จึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดย อากาศจะเคลื่อนที่จากอุณหภูมิต่ำ ความกดอากาศสูง ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ความกดอากาศต่ำ เราเรียกอากาศที่เคลื่อนที่นี้ว่า ลม

3.2.2 ประเภทของลม

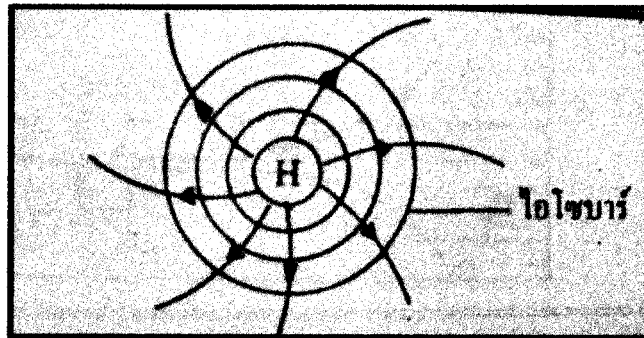
1) **หย่อมความกดอากาศต่ำ (L : Low pressure area)** หมายถึง บริเวณที่มีความกดอากาศ ต่ำกว่าบริเวณข้างเคียง โดยลมจะพัดเวียนเข้าหาบริเวณจุดศูนย์กลางในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ซีกโลกเหนือ) เราเรียกลมชนิดนี้ว่า **ไซโคลน (Cyclone)** ดังรูป



รูปที่ 3.1 แสดงการหมุนของลมหย่อมความกดอากาศต่ำ

ที่มา: ชนรัช อุคมพันธ์ (2549) *พลังงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย* หน้า 316

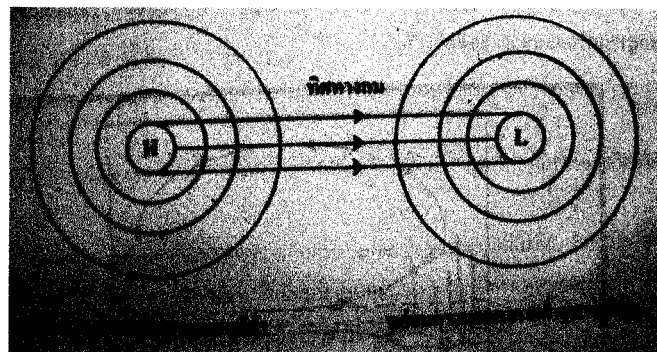
2) **หย่อมความกดอากาศสูง (H : High pressure area)** หมายถึง บริเวณที่มีความกดอากาศ สูงกว่าบริเวณข้างเคียง โดยลมจะพัดเวียนออกจากบริเวณจุดศูนย์กลาง ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ซีกโลกเหนือ) เราเรียกลมชนิดนี้ว่า **แอนติไซโคลน (Anticyclone)** ดังรูป



รูปที่ 3.2 แสดงการหมุนของลมห่อ้มความกดอากาศสูง

ที่มา: ธนรัช อุคมพันธ์ (2549) ผลงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย หน้า 316

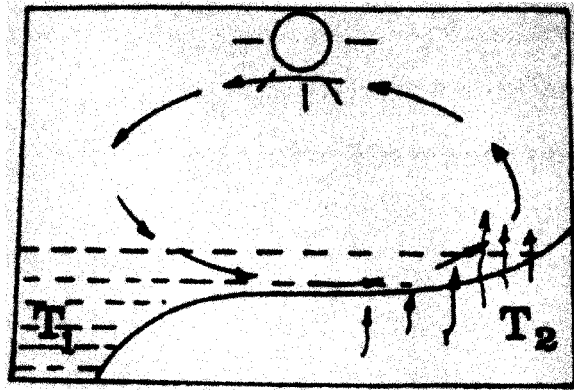
ลมเกิดขึ้นจากความแตกต่างของความกดอากาศ โดยลมจะพัดจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูง
เข้าสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำดังรูป



รูปที่ 3.3 แสดงทิศทางการพัดของกระแสลม

ที่มา: ธนรัช อุคมพันธ์ (2549) ผลงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย หน้า 316

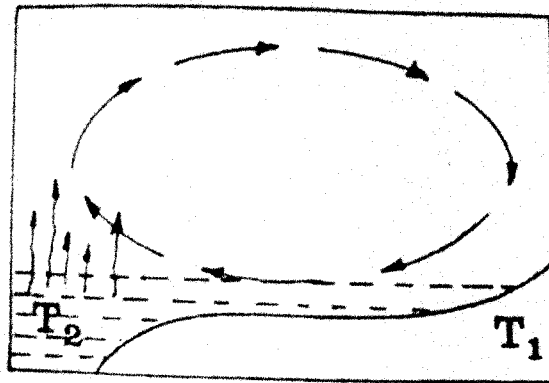
3) *ลมทะเล (Sea breeze)* เป็นลมที่เกิดขึ้นในเวลากลางวัน เนื่องจากพื้นดินรับและคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้อากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่า (ความกดอากาศต่ำ) จึงเบาและยกตัวลอยขึ้น ส่วนอากาศเหนือพื้นทะเลมีอุณหภูมิต่ำกว่า (ความกดอากาศสูง) จะไหลลงมาแทนที่ จึงเกิดลมพัดจากทะเลเข้ามาสู่บก (ฝั่ง) ในตอนสายของแต่ละวัน



รูปที่ 3.4 ลมทะเล

ที่มา: ธนรัช อุคมพันธ์ (2549) ผลงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 317

4) ลมบก (Land breeze) เป็นลมที่เกิดในเวลากลางคืน เนื่องจากพื้นน้ำรับและคายความร้อนได้ช้ากว่าพื้นดิน ทำให้อากาศเหนือพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่า (ความกดอากาศต่ำ) จึงเบาและยกตัวลอยขึ้น ส่วนอากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่า (ความกดอากาศสูง) จะไหลไปแทนที่ จึงเกิดลมพัดจาก(ฝั่ง) ออกสู่ทะเลในตอนหัวค่ำของแต่ละวัน



รูปที่ 3.5 ลมบก

ที่มา: ธนรัช อุคมพันธ์ (2549) ผลงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 317

3.3 การพัฒนาพลังงานลม

พลังงานลม จัดเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้ไม่มีวันหมด และปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าก็ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ หลายประเทศทั่วโลกให้ความสนใจในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม โดยเฉพาะในทวีปยุโรป ซึ่งจะขอเสนอในประเทศเดนมาร์ก ซึ่งมีการส่งเสริม และสนับสนุนการใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้าอย่างจริงจัง และต่อเนื่อง

ทั้งนี้ ประเทศเดนมาร์ก มีการส่งออกเทคโนโลยีกังหันลมและสนับสนุนพลังงานลมมากที่สุดในโลก (คิดเป็นร้อยละ 50 ของการค้ากังหันลมของโลก) โดยมีบริษัท BONUS Energy (Denmark) เป็นผู้ผลิตกังหันลมรายใหญ่ของประเทศ เนื่องจากมีศักยภาพพลังงานลมสูง ปัจจุบันประเทศเดนมาร์กมีกำลังการผลิตจากพลังงานลมสูงถึง 2,500 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็นร้อยละ 14 ของกำลังการผลิตติดตั้งของประเทศ และตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมเป็น 5,000 เมกะวัตต์ ภายในปี ค.ศ. 2010

สำหรับการส่งเสริม และสร้างการมีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม เกษตรกรหรือสมาชิกสหกรณ์ สามารถติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ทางการเกษตรของตนเอง และขายไฟเข้าระบบของการไฟฟ้าได้ โดยการไฟฟ้าจะเป็นผู้รับภาระในการเชื่อมโยงระบบ ไฟฟ้าจากกังหันลมเข้ากับสายจำหน่ายของการไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ภาระการลงทุนของผู้ติดตั้งกังหันลมลดลง

นอกจากนี้ เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจะมีต้นทุนที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล รัฐบาลจึงมีนโยบายในการให้เงินสนับสนุนเพื่อรับประกันราคารับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตฯ สำหรับในช่วง 5 ปีแรก ที่ระดับ 0.6 โครนต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (ประมาณ 3.90 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง) และ 5 ปีต่อไป ที่ระดับ 0.43 โครนต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (ประมาณ 2.80 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง) ทั้งนี้ สำหรับเงินสนับสนุนในช่วง 5 ปีหลังนี้ จะสะท้อนถึงอัตราภาษีที่เรียกเก็บจากผู้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในอัตรา 0.10 โครนต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และอัตราภาษีที่เรียกเก็บจากถ่านหินและน้ำมันในอัตรา 0.33 โครนต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ทั้งนี้ ตามพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ที่กำหนดให้ประเทศที่พัฒนาแล้ว ต้องลดการปล่อยก๊าซ CO₂ หรือก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นการส่งเสริมการใช้พลังงานลม จึงเป็นแนวทางหนึ่งของประเทศเดนมาร์กในการลดการปล่อยก๊าซ CO₂ โดยมีเป้าหมายที่จะลดการปล่อย ก๊าซดังกล่าวให้ได้จำนวน 21% ภายในปี 2008 - 2012 เมื่อเทียบกับปี 1990

เกาะแซมโซ (Samsoe) เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในการสนับสนุนการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้าของประเทศเดนมาร์ก และปัจจุบันเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง โดยเป็นเกาะที่ใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้ามากที่สุด จำนวน 11 ตัว กำลังผลิตตัวละประมาณ 2.3 เมกะวัตต์ หรือสามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยเฉลี่ยรวมเท่ากับ 28,000 เมกะวัตต์ชั่วโมงต่อปี ขณะเดียวกันสิ่งที่น่าสนใจ เจ้าของกังหันลมโดย

ส่วนใหญ่ จะเป็นเกษตรกรหรือกลุ่มสหกรณ์ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการผลิตพลังงานกับ ชุมชนที่สามารถอยู่ร่วมกันได้

ประเทศไทย แม้ว่าขณะนี้การใช้พลังงานลมจะยังมีไม่มากเท่าที่ควร แต่จากการศึกษาแผนที่ศักยภาพพลังงานลม ซึ่งจัดทำโดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พบว่า แหล่งพลังงานลมที่ดีที่จะสามารถติดตั้งกังหันลมและพัฒนาได้ในอนาคต โดยมีกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีระดับ 3 (Class 3) หรือมีความเร็วลม 6.4 เมตร/วินาที ขึ้นไป ที่ความสูง 50 เมตร อยู่ที่ภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก เริ่มตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และอุทยานแห่งชาติต่างๆ เช่น ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงบริเวณเทือกเขาด้านทิศตะวันตกตั้งแต่ภาคใต้ตอนบนจรดภาคเหนือตอนล่าง เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม แม้เป็นพลังงานสะอาด แต่ปัจจุบันพบว่ายังมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่สูงอยู่ และจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ อย่างไรก็ตามในอนาคตคาดว่าเทคโนโลยีดังกล่าวจะมีการพัฒนาให้ก้าวหน้ามากขึ้น และต้นทุนการผลิตที่ลดต่ำลง ซึ่งจะส่งผลให้มีการใช้กังหันลมในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น และเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซ CO₂ ของโลก

3.4 การใช้พลังงานลมในประเทศไทย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ทำการศึกษาและพัฒนากังหันลมแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2518 จนถึงปัจจุบัน โดยได้มีการศึกษาเพื่อการพัฒนากังหันลมแบบต่าง ๆ และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ขนาด 1 กิโลวัตต์ โดยเน้นถึงการศึกษาถึงขนาด รูปร่างของใบพัดของกังหันลมที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้เคยให้ความร่วมมือและสนับสนุนเพื่อการวิจัยเกี่ยวกับพลังงานลมกับสถาบันการศึกษาต่าง ๆ อาทิเช่น มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และในส่วนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้กำลังดำเนินการอยู่คือ ที่ควนพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ได้ติดตั้งกังหันรวม 4 ชุด เพื่อสาธิตการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นกังหันลมขนาด 830 วัตต์ 1 กิโลวัตต์ 2 กิโลวัตต์ และ 18.5 กิโลวัตต์ และเมื่อเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2533 ได้มีการนำไฟฟ้าที่ผลิตไปใช้ในหมู่บ้าน จากนั้นได้ทำการเพิ่มเติมกังหันลมอีก 2 ชุด ขนาดกำลังชุดละ 10 กิโลวัตต์ และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบเมื่อเดือนตุลาคม 2536 จนถึงปัจจุบัน การไฟฟ้าได้ทำการติดตั้งกังหันลมขนาด 150 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นกังหันลมที่ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงสุดอีก 1 ชุด สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า

เข้าสู่ระบบได้เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2539 รวมกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าในส่วนของโรงไฟฟ้าฝ้ายผลิตที่ผลิตได้ทั้งหมดคือ 192 กิโลวัตต์ โดยไม่สูญเสียพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงในการผลิตแต่อย่างใดเลย

กักันลมนเพื่อการสูบน้ำในประเทศไทย สามารถใช้กักันลมนได้ในเชิงการเกษตรกรรม จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานลมในประเทศไทยพบว่าจะมีจำนวนสถานีตรวจความเร็วลมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านนี้นั้นยังมีค่าความเร็วที่ไม่เหมาะสม คือยังมีความเร็วลมที่ค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ได้เท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตาม บริเวณชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยรวมทั้งบริเวณที่ราบใกล้ปากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งพอมีสักยภาพที่พอจะใช้พลังงานลมได้

บทที่ 4

พลังงานแก๊สชีวภาพ

4.1 ความเป็นมา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประกอบอาชีพส่วนใหญ่คือเกษตรกรรม เพราะมีสภาพภูมิอากาศ และภูมิประเทศเหมาะสมต่อการประกอบอาชีพทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูก หรือ การเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นจึงก่อให้เกิดของเสียทางการเกษตร และการเพาะปลูกมากมายตามมาหลัง เก็บเกี่ยวผลผลิตและการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งของเสียต่าง ๆ ดังกล่าว ได้แก่ มูลสัตว์ และเศษพืชต่าง ๆ ตลอดจนวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม โดยที่ของเสียต่าง ๆ เหล่านี้ได้ถูกกำจัด โดยการนำไปทิ้ง หรือฝังกลบลงในดินเป็นจำนวนมาก โดยไม่ได้มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ แต่อย่างใด แต่มาในภายหลังเกิดวิกฤติการณ์พลังงานของโลกในปัจจุบัน จึงทำให้มีการนำของเสีย จากภาคเกษตร และภาคอุตสาหกรรมมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ในรูปของพลังงานทดแทน หรือ พลังงานหมุนเวียน และรูปแบบของพลังงานที่น่าสนใจก็คือการนำเอาของเสียจากภาคเกษตรและ อุตสาหกรรมดังกล่าวมาใช้ผลิตแก๊สชีวภาพ และนำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปเป็นพลังงานเชื้อเพลิง ทดแทนพลังงานน้ำมัน ได้เป็นอย่างดี เช่น นำไปใช้ในการหุงต้ม แสงสว่าง และผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

แก๊สชีวภาพเป็นแก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ ในสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน โดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพซึ่งมีส่วนประกอบ ต่าง ๆ ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของแก๊สชีวภาพ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
มีเทน(CH ₄)	55 – 65
คาร์บอนไดออกไซด์(CO ₂)	35 – 45
ไฮโดรเจน(H ₂)	0 – 1
ไนโตรเจน(N ₂)	0 – 1
ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H ₂ S)	0 – 1
ออกซิเจน(O ₂)	0 – 1

ที่มา: อนุตร จำลองกุล (2545) พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมและ
เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล หน้า 72

4.2 ประเภทของแก๊สชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพ หรือ Biofuel คือ เชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล (Biomass) หรือ สารที่ได้จากพืช และสัตว์โดยมีพื้นฐานจากการสังเคราะห์แสง แล้วเก็บรวบรวมพลังงานจากดวงอาทิตย์เอาไว้ในรูปของพลังงานเคมี พืชเป็นพลังงานชีวภาพรูปแบบหนึ่งเพราะเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเองโดยกลไกของธรรมชาติที่เรียกว่า “กระบวนการสังเคราะห์แสง” (Photosynthetic Process) ซึ่งพืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเป็นอาหาร ก็จะได้สารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเราเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่าชีวมวล (Biomass) และเมื่อเรานำสารอินทรีย์เหล่านั้นมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมจะสามารถเปลี่ยนชีวมวลเหล่านั้นให้เป็นพลังงานที่เป็นประโยชน์ได้ เชื้อเพลิงชีวภาพแตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหินและปิโตรเลียม) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง ตรงที่เชื้อเพลิงชีวภาพจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถฟื้นฟูหรือสร้างขึ้นใหม่ได้ ทรายโคลที่ดันไม้และพืชไม้ถูกตัดโค่น ในอัตราที่รวดเร็วเกินกว่าที่จะสามารถปลูกทดแทนให้เจริญเติบโตขึ้นมาได้ทัน ข้อดีอีกประการของเชื้อเพลิงชีวภาพคือ สถานะที่หลากหลายของเชื้อเพลิงทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ จึงสะดวกและสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ที่สำคัญคือ การเผาเชื้อเพลิงชีวภาพไม่ก่อให้เกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและยังก่อให้เกิดปริมาณก๊าซพิษน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นเมื่อเทียบกัน ในอัตราต่อหน่วย

การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจึงเท่ากับเป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมได้อย่างมาก ปัจจุบัน โลกใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชีวภาพในปริมาณไม่มาก คือ ประมาณร้อยละ 15 เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการค้นคว้าพยายามใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงชีวภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ในยุโรปมีการนำเชื้อเพลิงชีวภาพไปใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าขนาดเล็กและใช้ในภาคเกษตรกรรม เป็นต้น เชื้อเพลิงแก๊สชีวภาพหลักมี 3 รูปแบบ

4.2.1 เชื้อเพลิงแก๊สชีวภาพที่เป็นของแข็ง

ได้แก่ ไม้ ชี้อ้อย ฟางข้าว ชังข้าวโพด ชานอ้อย มูลสัตว์ ถ่าน เขา เปลือกสัตว์หรือเปลือกพืช อาทิ แกลบข้าว ฟ้าย ถั่วลิสง เป็นต้น ไม้ฟืนเป็นพลังงานชีวภาพชนิดแรกที่มนุษย์นำมาใช้ในการหุงต้มอาหารให้แสงสว่างและสร้างความอบอุ่นให้แก่ครัวเรือนตั้งแต่สมัยยุคค้ำบรรพ์หลายพันปีมาแล้ว เนื้อไม้ประกอบด้วยสารประกอบต่างๆ มากมาย โดยมีเซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารประกอบหลักประมาณร้อยละ 50 สารประกอบแต่ละชนิดจะให้ความร้อนแตกต่างกันไป ไม้ที่มีความชื้นต่ำจะให้ค่าความร้อนมากกว่าไม้ที่มีความชื้นสูง ดังจะเห็นได้ว่าถ่านไม้สดไปใช้เป็นฟืนโดยตรงจะให้ความร้อนน้อย คือมีค่าความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันทรัพยากรไม้มีปริมาณลดน้อยลงมาก การตัดไม้ทั่วโลกเพื่อใช้ทำฟืนจึงมีปริมาณลด

4.2.2 เชื้อเพลิงแก๊สชีวภาพที่เป็นของเหลว

พลังงานจากเชื้อเพลิงชีวภาพที่อยู่ในรูปของเหลวอาจจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

1) แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ มีสถานะเป็นของเหลวระเหยง่าย แอลกอฮอล์ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมี 2 ชนิดคือ เอทานอล (แอลกอฮอล์ที่รับประทานได้) และเมทานอล (แอลกอฮอล์ที่ไม่สามารถรับประทานได้)

2) น้ำมันจากพืชและสัตว์ ได้แก่ น้ำมันพืชบริสุทธิ์ น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (Waste Vegetable Oil) ไขมันสัตว์ และไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยผ่านกรรมวิธีทางเคมี

3) น้ำมันจากขยะ น้ำมันซึ่งมีคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพคล้ายคลึงกับปิโตรเลียม สามารถสกัดจากขยะชีวมวลมาใช้งานได้

4.2.3 เชื้อเพลิงแก๊สชีวภาพก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ส่วนใหญ่ คือ ก๊าซมีเทนที่ได้จากการหมักมูลสัตว์หรือของเสียจากโรงเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกร โค กระบือ โครวบรวมของเสียเหล่านี้ใส่ในถังหมักที่มีเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่ไม่มีอากาศ จุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ในของเสียและเกิดก๊าซมีเทนขึ้น ก๊าซมีเทนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการปรุงอาหารและกระบวนการอื่นๆ ที่ต้องการใช้ความร้อน ส่วนของเหลือจากถังหมักเมื่อสะสมมากๆ ยังนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้อีกด้วย ปัจจุบันครอบครัวตามชนบทสามารถผลิต

เชื้อเพลิงแบบนี้ใช้ได้เอง โดยก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรมีค่าความร้อน 21.5 MJ หรือเท่ากับค่าความร้อนของก๊าซหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gas : LPG) 0.46 กก. หรือ ไฟฟ้า 1.2 kWh และถ่าน 1.6 กก. นอกจากก๊าซมีเทนแล้ว ยังมีก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งสามารถผลิตได้จากกระบวนการผลิตต่างๆ ทั้งจากกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่มีขนาดเล็กลง (Cracking) และกระบวนการแยกไฮโดรเจนจากน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis) ประเทศไทยสามารถผลิตพลังงานใช้เองภายในประเทศได้เพียงบางส่วน ซึ่งไม่พอกับความต้องการใช้ที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่องควบคู่ไปกับการเติบโตทางเศรษฐกิจ ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาพลังงานหมุนเวียนจึงมีความจำเป็นและต้องเร่งดำเนินการ ปัจจุบันเชื้อเพลิงชีวภาพที่ดำเนินการผลิตเชิงพาณิชย์และจำหน่ายอยู่ในประเทศไทยนั้น ได้แก่ เอทานอล น้ำมันแก๊ส โซลล์ น้ำมันดีเซล ปาล์ม (บริสุทธิ์) และไบโอดีเซล ซึ่งจะได้อีกกล่าวในรายละเอียดต่อไป

4.3 กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

ขั้นตอนที่ 1

สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น ไขมัน เซลลูโลส และ โปรตีน จะถูกย่อยสลายให้มีโมเลกุลขนาดเล็กเสียก่อน เนื่องจากแบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายได้ทันที ในการย่อยสลายนี้ในแบคทีเรียจะส่งน้ำย่อยออกมาภายนอกเซลล์ ทำให้โมเลกุลใหญ่ถูกทำลายให้แตกตัวเป็น โมเลกุลเล็ก

ขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนนี้ยากแก่การแยกออกจากขั้นตอนแรก เพราะว่า โมเลกุลของสารอินทรีย์บางชนิดจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียได้โดยตรง โดยไม่ต้องทำให้เกิดการแตกตัวก่อน แบคทีเรียซึ่งทำหน้าที่ในขั้นตอนนี้จะทำการย่อยโมเลกุลที่แตกตัวจาก โมเลกุลที่แตกตัวจาก โมเลกุลใหญ่ที่มาจากขั้นตอนแรก จะให้กรดอินทรีย์ (Organic Acids) ซึ่งได้แก่ กรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนซึ่งมีจำนวนอะตอมน้อยกว่า 6 อะตอม

ขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนนี้จะมีแบคทีเรียอีกพวกหนึ่งจะ ไปย่อยกรดอินทรีย์ที่ได้จากขั้นตอนที่สอง ทำให้เกิดแก๊สมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่น ๆ อีกเพียงเล็กน้อย แบคทีเรียพวกนี้จะต้องอยู่ในภาวะไร้ออกซิเจนจริง ๆ และมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในค่า pH ที่ต่ำกว่า 6.5 การผลิตแก๊สมีเทนจากแบคทีเรียซึ่งย่อยสลายกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะมี 2 ช่วง ระหว่าง 30 – 40 °C และระหว่าง 50 – 60 °C มีระยะเวลาในการหมักทั้งสิ้นประมาณ 60 – 80 วัน

4.4 ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ

- 4.4.1 นำไปใช้ในการหุงต้ม ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าเชื้อเพลิง และค่ากระแสไฟฟ้า
- 4.4.2 ของเสียจากบ่อหมักสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยให้กับดิน ในการเพาะปลูกเพื่อเป็นการลดต้นทุน เพื่อเพิ่มผลกำไรก่อให้เกิดรายได้
- 4.4.3 เป็นการลดมลภาวะที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากของเสียทางการเกษตร รักษาสภาพแวดล้อม อาทิ ลดปัญหาน้ำเสีย อากาศเป็นพิษเนื่องมาจากการเผาเศษพืชหลังเก็บเกี่ยว
- 4.4.4 เป็นการนำเอาพลังงานที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์มาใช้ให้เกิดประโยชน์
- 4.4.5ปลอดภัย และลดค่าใช้จ่ายกว่าการใช้แก๊สบรรจุก๊าซ

บทที่ 5

พลังงานไบโอดีเซล

5.1 ความเป็นมา

ภาวะโลกร้อนขึ้น พลังงานจากฟอสซิลเริ่มหมดไป แนวโน้มของการใช้ยานพาหนะต้องคำนึงถึงการใช้พลังงานเชื้อเพลิงให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการสูญเสียด้านพลังงานน้อยที่สุด การออกแบบและโมเดลของรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ นั้น จะมีขนาดเล็กลง น้ำหนักเบาขึ้น เครื่องยนต์ก็หันมาใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนที่สามารถผลิตได้ในเวลาอันสั้น เช่น ไบโอดีเซล เห็นได้จากทิศทางของการออกแบบรถยนต์ค่ายต่าง ๆ เน้นการออกแบบให้มีขนาดเล็ก และสามารถรองรับพลังงานเชื้อเพลิงที่สะอาด และใช้กับพลังงานทดแทนหรือหมุนเวียนได้ เช่น น้ำมันไบโอดีเซล

จากสายพระเนตรที่ยาวไกลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวของปวงชนชาวไทย ได้ทรงศึกษาเรื่องพลังงานทดแทน โดยเป็นโครงการในพระราชดำริเป็นเวลากว่า 40 ปีมาแล้ว และทรงได้รับรางวัลอันนับเป็นผลงานระดับโลก ทั้งได้จดสิทธิบัตรให้เป็นของปวงชนชาวไทย แม้ว่าในปัจจุบันราคาของไบโอดีเซล หรือพลังงานทดแทนอื่น ๆ จะใกล้เคียงกัน แทบจะไม่แตกต่างกันมาก แต่แนวโน้มในอนาคตอันใกล้นี้เชื้อเพลิงจากฐานของพลังงานฟอสซิลนับวันจะหมดไปจากโลกนี้ และราคาจะถีงสูงเชื้อเพลิงที่มาจากฐานการผลิตของภาคเกษตรกรรม

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานที่มาจากฐานการผลิตของภาคเกษตรกรรม เราสามารถปลูก หรือหามาทดแทนได้ในเวลาอันสั้น ๆ ประเทศของเราเป็นประเทศเกษตรกรรม ทุกคนไม่สามารถปฏิเสธความจริงข้อนี้ได้ แม้ว่าราคาจะไม่แตกต่างกัน หรือใกล้เคียงกัน ขอให้เราได้ภาคภูมิใจที่ได้มีส่วนช่วยให้เกษตรกรมีชีวิตที่ดีขึ้นจากการขายผลผลิตเกษตรกรรม หากเราสามารถควบคุมปริมาณการผลิตให้พอเหมาะกับความต้องการ เกษตรกรก็จะเป็นผู้กำหนดราคาขายของผลผลิตนั้น อันสอดคล้องกับแนวพระราชดำริของพระองค์ท่าน ที่ประสงค์ให้พสกนิกรชาวไทยของพระองค์ดำรงชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียง เน้นการพึ่งพาตนเอง

5.2 ไบโอดีเซลหนึ่งในพระราชดำริ

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงห่วงใยในความเดือดร้อน ทุกข์ยากของประชาชนชาวไทย ทรงคิดพิจารณาหาหนทางบำบัดทุกข์บำรุงสุขอยู่ตลอดเวลา ด้วยสายพระเนตรอันยาวไกล ทรงเล็งเห็นถึงความสำคัญของแหล่งพลังงานหมุนเวียนและทดแทน ที่จะสามารถนำมาใช้งานภายในประเทศหากเกิดวิกฤตการณ์ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นในอนาคต

โครงการทดลองไบโอดีเซลของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนราธิวาส พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชทานพระราชดำริกับคณะทำงาน โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2531 ให้ดำเนินการจัดสร้างโรงงานสกัดและแปรรูปน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก ขึ้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ จังหวัดนราธิวาส เพื่อนำผลผลิตปาล์มน้ำมันจากแปลงทดลองของศูนย์ มาสกัด ตลอดจนแปรรูปน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพื่อการบริโภค และแปรรูปในเชิงการศึกษาอย่างครบวงจรเพื่อให้เกษตรกรในจังหวัดนราธิวาสและจังหวัดใกล้เคียงได้รู้ถึง การใช้ประโยชน์ของปาล์มน้ำมันในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยเริ่มจากการสกัดน้ำมันปาล์มในระดับครัวเรือนก่อน

ปี พ.ศ. 2544 ทางสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ร่วมกับศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ เริ่มผลิตน้ำมันไบโอดีเซล แล้วนำมาทดลองใช้กับรถหกล้อ รถแทรกเตอร์ลากพ่วง และรถไถเดินตาม

ปี พ.ศ. 2546 มีการจัดสร้างโรงงานต้นแบบผลิตเมทิลเอสเทอร์ขึ้น เพื่อใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลจากน้ำมันปาล์ม

ปี พ.ศ. 2547 ทำการจัดสร้างเครื่องแยกกลีเซอรินเหลว ขนาด 140 ลิตร เพื่อแยกเอากลีเซอรินออกจากกรดไขมัน

ปี พ.ศ. 2548 ติดตั้งปั๊มและหัวจ่ายน้ำมันไบโอดีเซล ที่โรงผลิตเมทิลเอสเทอร์ ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ มีกำลังผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิต 1 ครั้ง จะได้น้ำมัน 300 – 350 ลิตร ทั้งนี้ต้นทุนการผลิต ขึ้นอยู่กับราคาของวัตถุดิบและสารเคมี อาจขึ้นลงไม่แน่นอน ในการแปรรูปปาล์มน้ำมันเป็นไบโอดีเซล จะต้องใช้ปาล์มน้ำมันดิบจำนวน 100 กิโลกรัม ต่อปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล 20 ลิตร

ต่อมาสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มีพระราชดำริให้กลุ่มชาวประมงพื้นบ้านของจังหวัดนราธิวาส นำน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งผลิตจากศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ มาทดลองใช้กับเรือประมงพื้นบ้าน ปรากฏว่ามีชาวประมงพื้นบ้านสนใจเข้าร่วมโครงการใช้น้ำมันไบโอดีเซลแทนน้ำมันดีเซลตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2549 เป็นต้นมา

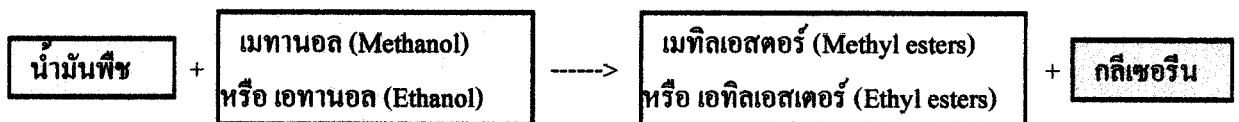
ผลการทดลองกับเครื่องจักรกลการเกษตรพบว่าสารที่เครื่องคิดง่าย ควันจากท่อไอเสียมี ปริมาณน้อย กลิ่นไม่เหม็น การเร่งเครื่องเป็นปกติ สามารถใช้กับเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ได้ไม่ต้อง ปรับแต่ง ลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก ช่วยลดมลพิษในอากาศ ลดการสึกหรอน้อยกว่า ส่วนทางด้านจุดอ่อนพบว่า เป็นของแข็งที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันดีเซล ที่ทำให้เป็นของแข็งได้ที่ อุณหภูมิสูงกว่า คือ นำไปใช้ในอากาศที่หนาวไม่ได้นั่นเอง

จากแนวพระราชดำริ ตลอดจนผลการทดสอบ ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ ได้สนองแนวพระราชดำริ จึงถึงเวลาแล้วที่ทุกคนต้องตื่นตัวมาปฏิบัติตามแนวทางดังกล่าว

5.3 การผลิตไบโอดีเซล

น้ำมันไบโอดีเซล เป็นสารพวกเอสเตอร์ (คล้ายน้ำมันสลาซ) ผลิตจากน้ำมันหรือไขมันของพืช หรือสัตว์ หรือน้ำมันที่เหลือใช้จากการทอดอาหารประเภทจานด่วน (Fast food) นำมาผ่าน กรรมวิธีที่เรียกว่า “การเปลี่ยนให้เป็นเอสเตอร์” (Tranesterification) โดย กรองให้สะอาดแล้ว นำมาผสมกับแอลกอฮอล์(Ehanol หรือ Methanol) เพื่อให้ทำปฏิกิริยาโดยมีสารพวกด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวเร่งเพื่อให้แปรรูปเป็นเอทิล หรือเมทิลเอสเตอร์ (ขึ้นอยู่กับ ด้ษนี้ของแอลกอฮอล์ที่ใช้) และผลิตภัณฑ์พลอยได้อีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ กลีเซอริน ซึ่งเป็นสารเคมี ที่ใช้ทำยาและเครื่องสำอาง

5.3.1 ปฏิกิริยาเคมี



รูปที่ 5.1 ปฏิกิริยาเคมีการเกิดน้ำมันไบโอดีเซล

ที่มา: Guide book on biogas development. (1999) *Energy resources development series*. No. 21

U.N. Page 09.

5.3.2 วิธีการผลิตไบโอดีเซล (Bio diesel) จากน้ำมันพืช

สารตั้งต้น

- 1) น้ำมันพืช (จากปาล์ม)
- 2) โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 %(g/ml)
- 3) เมทานอล (Methanol) หรือ เอทานอล (Ethanol) 25%

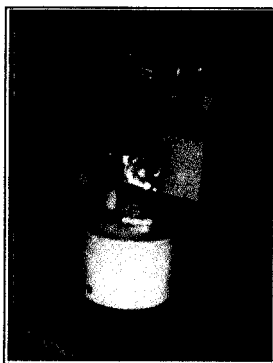
ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล



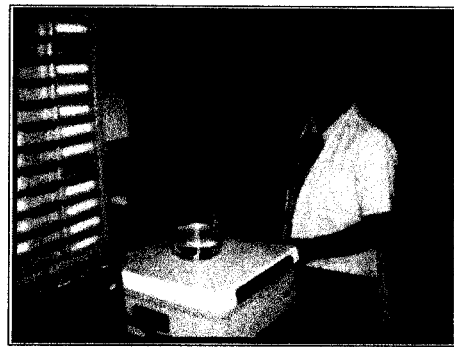
1. นำน้ำมันพืชที่ทำจากปาล์มมาจำนวนหนึ่ง



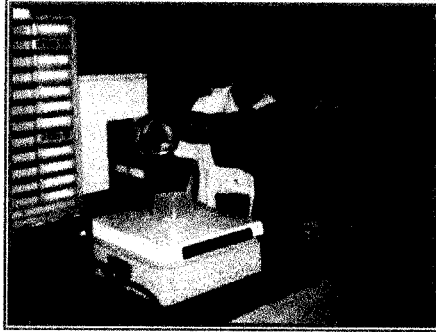
2. ชั่งสารโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำมันพืช (g/ml)



3. ตวงเมทานอลจำนวน 25 % ของน้ำมันพืชแล้วผสมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้คนให้เข้ากัน



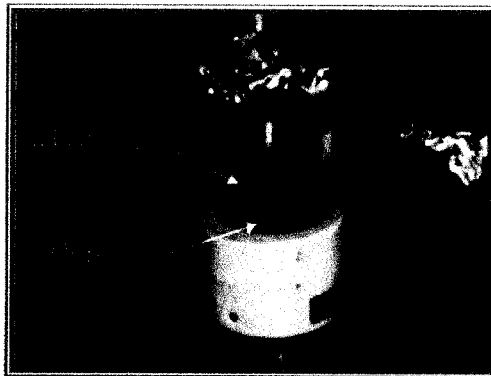
4. อุ่นน้ำมันพืชที่เตรียมไว้ให้ได้อุณหภูมิ 45 - 50 °C



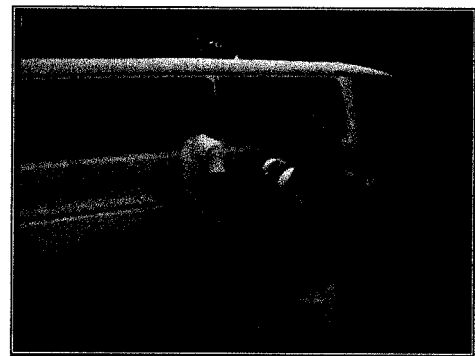
5. เทสารละลายไปเตสเชื่อมไฮดรอกไซด์
กับเมทานอลลงในน้ำมันพืชที่อุ่น คนเข้ากัน



6. ขกส่วนผสมลงจากเตาตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยก
ชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์ กับ กลีเซอริน



7. แยกน้ำมันไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์)
ส่วนบนออกจากกลีเซอรินด้านล่าง แล้วผ่าน
กระบวนการ Wash เพื่อกำจัดแอลกอฮอล์และไป
เตสเชื่อมไฮดรอกไซด์ที่ตกค้าง



8. นำไปเติมแทนน้ำมันดีเซลหรือใช้ร่วมกับ
ธรรมชาติได้เป็นอย่างดี

รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

ที่มา: นรภัทร จนเทพินทร์ (2549) *ไบโอดีเซล* ผลงานงานสิ่งงานทางเลือก กรุงเทพมหานคร มิตรภาพการ
พิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ หน้า 06

5.4 ศักยภาพไบโอดีเซลในประเทศไทย

วัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย ได้แก่ น้ำมันพืชแล้ว ยังได้จาก น้ำมันพืชสกัดใหม่อีก 8 ชนิด คือ

1. น้ำมันปาล์ม
2. น้ำมันมะพร้าว
3. น้ำมันถั่วเหลือง
4. น้ำมันถั่วลิสง
5. น้ำมันละหุ่ง
6. น้ำมันงา
7. น้ำมันเมล็ดทานตะวัน
8. น้ำมันสนุ่นดำ

ตามยุทธศาสตร์การพัฒนาและส่งเสริมไบโอดีเซล (18 มกราคม 2548) วัตถุดิบหลักของไบโอดีเซล ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ทั้งด้านการผลิตและการตลาด มีต้นทุนการผลิตต่ำและราคาต่ำกว่าน้ำมันชนิดอื่น นอกจากนี้ปาล์มยังสามารถทำประโยชน์ได้หลากหลายทั้งในสินค้าอุปโภคและบริโภค

ในปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตไบโอดีเซล 500,000 ลิตร/วัน จากน้ำมันปาล์มที่เหลือจากการบริโภคในประเทศ และโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบสามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของผลปาล์มดิบได้เกือบสองเท่า เนื่องจากกำลังการผลิตรวมของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้งสิ้น 10.81 ล้านตันผลปาล์มสดต่อปี เมื่อเทียบกับวัตถุดิบ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะมีกำลังผลิตส่วนเกินร้อยละ 50 ในปี 2555 ในอนาคต สามารถผลิตไบโอดีเซลได้มากพอ เนื่องจาก ในปี 2550 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันสามารถขยายได้อีกถึง 10 ล้านไร่



ไบโอดีเซล บรรจุขวด



ต้นปาล์มที่ใช้ใน ไบโอดีเซล

รูปที่ 5.3 แสดงตัวอย่างไบโอดีเซลและวัตถุดิบ

ที่มา: นรภัทร จนเทพินทร์ (2549) *ไบโอดีเซล พลังงานพลังงานทางเลือก กรุงเทพมหานคร มิตรภาพการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ* หน้า 12

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลการผลิตน้ำมันพืชในประเทศไทย(พันตัน)

ปี พ.ศ.	ปาล์มน้ำมัน	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	มะพร้าว	ละหุ่ง	งา
2538	2,255	386	147	1,413	6	34
2539	2,688	359	147	1,419	6	34
2540	2,681	338	126	1,386	6	35
2541	2,465	321	135	1,372	7	36
2542	3,512	319	138	1,381	7	37
2543	3,256	324	135	1,400	9	39

ที่มา : นรภัทร จนเทพินทร์ (2549) *ไบโอดีเซล พลังงานพลังงานทางเลือก กรุงเทพมหานคร มิตรภาพการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ* หน้า 65

5.5 ประโยชน์ของพลังงานไบโอดีเซล

ข้อมูลข้างอิงที่ได้มาจากงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศได้รายงานข้อดีของการใช้น้ำมันไบโอดีเซลดังนี้

- 5.5.1 ไบโอดีเซลเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถสลายตัวได้ง่ายจึงไม่มีผลกระทบต่อผิวน้ำ ผิวดิน และอากาศ
- 5.5.2 ไม่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของพืชเพื่อผลิตการเติบโต และเป็นน้ำมันพืช จำเป็นต้องใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญอย่างหนึ่ง ดังนั้นการที่เราใช้น้ำมัน ไบโอดีเซลมากขึ้นจึงช่วยลดปริมาณการเผาไหม้ของน้ำมันปิโตรเลียมลงจึงช่วยให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดน้อยลงด้วย
- 5.5.3 การใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่มีความหนืดมากกว่าน้ำมันปิโตรเลียมทำให้เครื่องยนต์หล่อลื่น สำหรับการเคลื่อนไหวของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี เช่น ลูกสูบ ตัวปั้มน้ำมัน จึงลดการสึกหรอได้เป็นอย่างดี
- 5.5.4 การใช้ไบโอดีเซล สามารถสลับกับการใช้น้ำมันดีเซลได้ทันทีไม่ต้องปรับเครื่องยนต์แต่อย่างใด เป็นการประหยัด สะดวก ไม่ยุ่งยาก

บทที่ 6

พลังงานถ่านหิน

6.1 ความเป็นมา

ในอดีตที่ผ่านการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากเชื้อเพลิงชนิดอื่น เช่น น้ำมัน ยังมีราคาถูก และไม้ฟืนยังหาได้ง่ายมีมาก ประกอบกับถ่านหินเมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงจะมีกลิ่นเหม็นและค่อนข้างจะติดไฟยาก แต่ภายหลังจากวิกฤตการณ์ทางด้านน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพงขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการพยายามที่จะนำพลังงานชนิดอื่นมาใช้หมุนเวียนเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหินจึงเป็นเชื้อเพลิงอีกชนิดหนึ่งที่ได้มีการหยิบยกขึ้นมาพิจารณาเพื่อใช้แทนน้ำมัน และยังรวมไปถึงการใช้ทดแทนฟืนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันการใช้ถ่านหินภายในประเทศไทย แบ่งเป็นการใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยแหล่งที่มาของถ่านหิน ที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และอำเภอคลองท่อน จังหวัดกระบี่ มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ ค่าขนส่งแพงจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ทำงานอย่างอื่น ส่วนถ่านหินที่อำเภอถ้ำ จังหวัดลำพูน จะมีคุณภาพดี จึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แทนการใช้ไม้ฟืน อุตสาหกรรมบ่มยาสูบทางภาคเหนือ ปัจจุบันมีการผลิตถ่านหินภายในประเทศประมาณปีละ 1.6 ล้านตัน (รวมการผลิตกระแสไฟฟ้า) ปริมาณสำรองเกือบปีละ 700 ล้านตัน

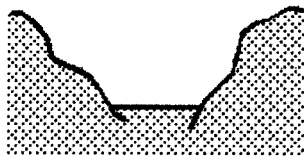
นอกจากแหล่งถ่านหินที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังมีแหล่งถ่านหินอีกหลายแห่งอยู่กระจัดกระจายทั่วไป ในภาคเหนือ ซึ่งคาดว่าจะได้ทำการสำรวจหาต่อไป ถึงแม้ว่าปริมาณการใช้ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานภายในประเทศร้อยละ 7 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดก็ตาม แต่จากปริมาณความต้องการพลังงานน้ำมันที่เพิ่มมากขึ้น กำสรวรแหล่งถ่านหินใหม่ ๆ ภายในประเทศตลอดจนการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง คาดว่าน่าจะเป็นที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นจนเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดอีกแหล่งหนึ่งของประเทศไทย

6.2 การกำเนิดถ้ำหิน

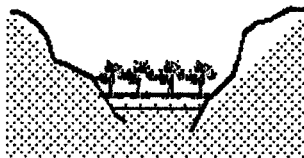
ในธรรมชาติซากพืชที่ทับถมกันจำนวนมากหรือน้อยก็ตาม จะถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาเคมี แต่บางครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติทำให้กระบวนการย่อยสลายหยุดชะงักลง ซากพืชทับถมกันมากขึ้นและเมื่อใดที่มีการทรุดตัวของแผ่นดินหรือ ระดับน้ำในบริเวณนั้นๆ สูงขึ้น ทำให้ซากพืชจมลงใต้ระดับน้ำ แล้วถูกปิดทับโดยตะกอนหินดินทรายที่ถูกพัดพามากับน้ำ และเมื่อตะกอนที่ปิดทับมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ ซากพืชเหล่านั้นจะถูกบีบอัดโดยน้ำหนักของตะกอนที่ปิดทับอยู่ ได้รับอิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จนซากพืชเหล่านั้นกลายเป็นถ้ำหินในที่สุด

6.2.1 ลำดับการเกิดถ้ำหิน

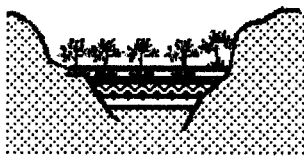
ตามทฤษฎีที่กล่าวว่า การสะสมตัวของซากพืชว่าเกิดขึ้นอยู่กับที่ไม่ได้พัดพามาจากที่อื่น



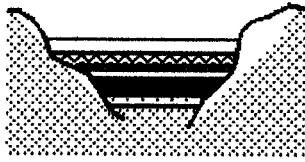
ลำดับที่ 1 ถ้ำหินจะเกิดบริเวณที่เป็นหนอง บึง แอ่งน้ำ หรือที่ชื้นแฉะ ริมแม่น้ำ ริมทะเล มีระดับต่ำกว่าบริเวณรอบข้าง ซึ่งเกิดขึ้นโดยการยุบตัวลง หรือบริเวณรอบๆ ยกตัวสูงขึ้น เนื่องจากผิวโลก ส่วนต่างๆ ปรับตัวเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล



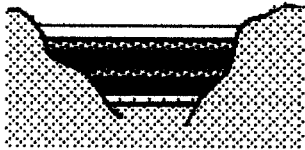
ลำดับที่ 2 บริเวณนี้มีสภาพแวดล้อมที่อำนวยให้พืชเกิดขึ้น และอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น มีวงจรชีวิตหลายครั้ง มีทั้งเกิดขึ้นล้มตายลง เกิดขึ้นอีกแล้วตายติดต่อกันหรือเป็นช่วงๆ ซากต่างๆ จะสะสมทับถมกันเป็นจำนวนมาก



ลำดับที่ 3 ต่อมาบริเวณนี้มีการผุพังเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก ทำให้มีตะกอนดินมาทับถมซากพืชและซากสิ่งมีชีวิตอื่น รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น ภาวะแห้งแล้ง น้ำท่วม การผุพังทำลาย การเคลื่อนไหวของผิวโลก การแตกแยกของแผ่นดิน ฯลฯ จะทำให้ซากต่างๆ ที่สะสมอยู่ได้รับแรงกดดัน และได้รับความร้อนจากภายในโลก ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ในบริเวณดังกล่าวซากเหล่านี้จึงแปรสภาพไปเป็นถ้ำหิน



ลำดับที่ 4 อธิธิพลจากทั้งแรงกดดันและความร้อนภายในโลกเป็นเวลานาน ทำให้ถ่านพีตถูกอัดตัวกลายเป็นถ่านหิน ซึ่งมีคุณลักษณะแตกต่างในแต่ละแห่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของพืชพันธุ์ไม้ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อไม้รวมทั้งการทับถมในระยะแรกเริ่ม ไปจนถึงการแปรเปลี่ยนจากอิทธิพลในอดีตจนกระทั่งมาเป็นเนื้อถ่านหินในระยะต่อมา



ลำดับที่ 5 ต่อมาเมื่อชั้นดิน หินมาทับถมคลุมชั้นถ่านหินจนอยู่ในสภาพปัจจุบัน นอกจากในบางชั้นถ่านหินแข็งตัวทะเล ขึ้นมาใกล้ผิวดิน หรือเกิดจากการยุบตัว น้อยกว่าก็จะโผล่ให้เห็น เนื่องจากการกัดกร่อนตามธรรมชาติในภายหลัง กระบวนการทั้งหมดดังกล่าว หากเกิดขึ้นหลายครั้งจะทำให้มีถ่านหินหลายชั้นบริเวณเดียวกัน

รูปที่ 6.1 ลำดับการเกิดหิน

ที่มา: อนุตร จำลองกุล (2529) ศักยภาพการใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นพลังงานในประเทศไทย กรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 34

สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการสะสมตัวของพีต ซึ่งจะพัฒนาเป็นถ่านหินต่อไป ถ้าแอ่งมีการจมตัวเร็วเกินไป แอ่งสะสมพีตจะจมอยู่ใต้น้ำ ทำให้เกิดการสะสมตัวของตะกอนดินหินทราย แทนที่การสะสมของพีต แต่ถ้าการจมตัวลงช้าเกินไป ซากพืชที่สะสมเป็นชั้นพีตจะเน่าเปื่อยผุพังเสียก่อนที่จะสะสมเป็นชั้นพีต ดังนั้นในส่วนของโครงสร้างแอ่ง ปัจจุบันได้มีการนำทฤษฎีมาใช้ในการอธิบายถึงกำเนิดโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการเกิดแอ่งสะสมตัวของถ่านหินว่า แอ่งที่เหมาะสมต้องมีการจมตัวลงอยู่เรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับอัตราการทรุดตัวมากหรือน้อย ถ่านหินที่เกิดการสะสมตัวบนบก มักสะสมตัวบริเวณที่เป็นกรaben และหรือกึ่งกรaben ซึ่งมักเป็นแอ่งระหว่างภูเขา แหล่งถ่านหินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีลักษณะการเกิดเช่นนี้

6.2.2 กระบวนการเกิดถ่านหิน

การที่ซากพืชที่สะสมตัวในแอ่ง จะกลายเป็นพีตและถ่านหิน ต้องเกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการคือ

1) กระบวนการแปรเปลี่ยนทางชีวภาพ (Biochemical reaction) หรือ การก่อตัวใหม่ (Diagenesis) เป็นกระบวนการที่ทำให้ซากพืชที่ตกตะกอนสะสมกันกลายเป็นพีต ซึ่งจะมีจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมีเกี่ยวข้อง ทำให้ซากพืชสลายกลายเป็นสารเนื้อเดียวกันซึ่งอยู่ในรูปของ C และ H

เป็นส่วนใหญ่ สิ่งที่สำคัญที่สุดในกระบวนการนี้คือ สภาพแวดล้อมของแอ่งสะสมตะกอน ถ้าซากพืชจมอยู่ใต้น้ำลึกเกินไป พวกจุลินทรีย์ก็ไม่สามารถทำการย่อยสลายได้ หรือถ้าดินเกินไปออกซิเจนในอากาศจะทำให้ซากพืชเน่าเปื่อย

2) กระบวนการแปรเปลี่ยนเนื่องจากความร้อน (*Thermal alteration*) หรือ *metamorphism* เมื่อกระบวนการก่อตัวใหม่สิ้นสุดลง หากชั้นพีตถูกยกตัวขึ้นมา ก็จะหลุดถูกทำลาย แต่ถ้ามีการสะสมตัวภายในแอ่งอย่างต่อเนื่องอยู่ ชั้นพีตจะถูกปิดทับโดยตะกอนอื่นๆ และจมลึกลงไปเรื่อยๆ เมื่อถึงขั้นตอนนี้ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะเป็นตัวหุ้กปฏิบัติกริยา *Diagenesis* และเกิด *Metamorphism* แทน ทำให้พีตมีการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นถ่านหินแทน เรียกว่ากระบวนการแปรสภาพเป็นถ่านหิน (*Coalification*) อุณหภูมิจะเป็นตัวสำคัญในกระบวนการนี้ และ *Geothermal gradient* จะเพิ่มขึ้น 10-30 °C ต่อความลึก 1,000 เมตร และความร้อนที่เกิดจากแมกมาจะเป็นต้นกำเนิดความร้อนเร่งให้มีการแปรสภาพเป็นถ่านหินได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

6.3 ประเภทของถ่านหิน

เราสามารถแยกประเภทตามลำดับชั้นของถ่านหินได้เป็น 5 ประเภท คือ

6.3.1 **พีต (*Peat*)** เป็นชั้นแรกในกระบวนการเกิดถ่านหิน ในระดับต่ำสุด ประกอบด้วยซากพืชซึ่งบางส่วนได้สลายตัวไปแล้วสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง

6.3.2 **ลิกไนต์ (*Lignite*)** มีซากพืชหลงเหลืออยู่เล็กน้อย มีความชื้นมาก เป็นถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

6.3.3 **ซับบิทูมินัส (*Subbituminous*)** มีสีดำ เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพเหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้า

6.3.4 **บิทูมินัส (*Bituminous*)** เป็นถ่านหินเนื้อแน่น แข็งและมักจะประกอบด้วยชั้นถ่านหินสีดำนสนิท เป็นมันวาว ใช้เป็นถ่านหินเพื่อการถลุงโลหะได้

6.3.5 **แอนทราไซต์ (*Anthracite*)** ถ่านหินที่มีลักษณะดำเป็นเงามันวาวมาก มีรอยแตกเว้าแบบ ก้นหอย ติดไฟยาก

6.4 การผลิตถ่านหิน

การผลิตถ่านหินหรือการนำถ่านหินที่สำรวจพบขึ้นมาใช้ประโยชน์ ก็คือ การทำเหมืองนั่นเอง การทำเหมืองถ่านหิน โดยทั่วไปจะมี 2 ประเภท คือ

6.4.1 การทำเหมืองเปิด (Open Pit Mine) เป็นการทำเหมืองโดยการเปิดหน้าดินที่ปิดทับชั้นถ่านหินอยู่ออกไป แล้วตัดถ่านหินขึ้นมาใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดและต้นทุนต่ำที่สุดของการทำเหมืองแร่ มักใช้กับแหล่งถ่านหินตื้นๆหรือลึกไม่มากนัก ความลึกของบ่อเหมืองขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และความคุ้มค่าต่อการลงทุน เหมืองประเภทนี้มีตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงระดับลึก 500 เมตร จากผิวดินเป็นต้น

6.4.2 การทำเหมืองใต้ดิน (Underground Coal Mine) ในบริเวณที่ชั้นถ่านหินอยู่ในระดับลึกมาก ไม่สามารถทำเป็นเหมืองเปิดได้ อาจต้องทำเป็นเหมืองใต้ดิน โดยการขุดอุโมงค์ลงไปใต้ดินเพื่อใช้เครื่องมือชนิดพิเศษขุดตัดและลำเลียงถ่านหินขึ้นมาโดยสายพาน การทำเหมืองถ่านหินใต้ดินเป็นการทำเหมืองที่ต้องลงทุนสูงและต้องมีการวางแผนการทำเหมืองอย่างรัดกุมที่สุดเพื่อป้องกันอันตรายจากการระเบิดในเหมืองเนื่องจากการสะสมตัวของก๊าซในชั้นถ่านหินเองและการถล่มของชั้นหินเป็นต้น จึงต้องมีการศึกษาธรณีวิทยาและธรณีวิศวกรรมของพื้นที่นั้นๆอย่างละเอียดนอกจากการทำเหมืองถ่านหินแล้ว ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยในด้านต่างๆมากมายเพื่อลดผลกระทบจากการพัฒนาใช้ประโยชน์ถ่านหิน เช่นการแปรสภาพถ่านหินเป็นก๊าซ (Coal Gasification) การทำถ่านหินผสมสน้ำมัน (Coal Liquid Mixture) เพื่อลดมลภาวะและเพิ่มความสะอาดต่อการขนส่ง และการนำก๊าซมีเทนที่มีอยู่ในชั้นถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

6.5 การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน

การใช้ประโยชน์ถ่านหินก่อนข้างแพร่หลายตั้งแต่อดีตหลายร้อยปีจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากมีแหล่งกระจายอยู่ทั่วโลกและมีปริมาณค่อนข้างมาก การขุดค้นผลิตขึ้นมาใช้ประโยชน์ไม่ยุ่งยากซับซ้อนนัก และนำมาเผาให้พลังงานที่มีราคาไม่แพง ถ่านหินจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนใหญ่ เช่นเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า การถลุงโลหะ การผลิตปูนซีเมนต์ บ่มใบยาสูบ อุตสาหกรรมผลิตอาหาร และอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้หม้อน้ำร้อนในกระบวนการ นอกจากนี้ประโยชน์ด้านเชื้อเพลิงแล้ว ยังสามารถใช้ประโยชน์ถ่านหินในด้านอื่นๆได้อีกมาก เช่นการทำถ่านสังเคราะห์ (Activated Carbon) ซึ่งเป็นสารดูดกลืนใช้ในเครื่องกรองน้ำและเครื่องใช้ต่างๆที่ต้องการประโยชน์

ด้านการดูดซับกลิ่น การทำคาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่มีน้ำหนักเบา เช่นการทำเครื่องร้อนการทำอุปกรณ์กีฬา เช่นค้ำไม้กอล์ฟ ไม้แบดมินตัน ไม้เทนนิส เป็นต้น

การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง นอกจากการเผาไหม้โดยตรงแล้ว ยังสามารถแปรสภาพถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเหลว (Coal liquefaction) หรือ เป็นแปรสภาพก๊าซ (Coal Gasification) ซึ่งเป็นการใช้ถ่านหินแบบเชื้อเพลิงเชื้อเพลิงสะอาดเพื่อช่วยลดมลภาวะจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงได้อีกทางหนึ่ง ภายใต้กระบวนการแปรสภาพถ่านหินจะสามารถแยกเอาก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเป็นพิษและสารพลอยได้ต่างๆที่มีอยู่ในถ่านหินนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้อีก เช่น กำมะถันใช้ทำกรดกำมะถัน และแรบิซึม แอมโมเนียใช้ทำปุ๋ยเพื่อเกษตรกรรม ถ่านหินใช้ทำวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น

6.6 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ หรือเทคโนโลยีการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีเหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากถ่านหินเผาไหม้แล้ว นำมาใช้เพื่อมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้เทคโนโลยีกลุ่มนี้ ได้แก่

6.6.1 เทคโนโลยีการดักจับฝุ่นได้แก่ แบบ *Electrostatic Precipitator*

ใช้หลักการไฟฟ้าสถิตในการดักจับเถ้าลอย โดยให้ฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าขั้วหนึ่งและดึงเก็บฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง ระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงในการดักจับฝุ่น หรือใช้ไซโคลน (cyclone) ในการแยกฝุ่น โดยใช้หลักของแรงเหวี่ยงเพื่อให้ก๊าซเกิดการหมุนตัว ฝุ่นจะถูกแยกออกมา สามารถใช้ร่วมกับหม้อไอน้ำแบบฟลูอิดไคซ์เบด หรือกับหม้อไอน้ำแบบ pulverized coal นอกจากนี้อาจใช้อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter)

6.6.2 ระบบการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (*Flue Gas Desulfurization.*)

เป็นกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ออกมาพร้อมก๊าซทิ้ง สามารถแบ่งได้เป็นสามแบบ คือ แบบเปียก แบบแห้ง และกึ่งแห้ง แต่กระบวนการแบบเปียกจะเป็นที่นิยมมาก ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นแบบ limestone-gypsum คือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในก๊าซทิ้งจะทำปฏิกิริยากับของผสมระหว่างน้ำกับหินปูน ที่ฉีดเข้าไปในระบบก๊าซทิ้ง เกิดเป็นยิบซัม ซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่นได้

6.6.3 เทคโนโลยีการลดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในก๊าซทิ้ง

กระบวนการที่ใช้กันแพร่หลายและมีประสิทธิภาพสูง คือ Selective catalytic reduction (SCR) ในระบบนี้ใช้แอมโมเนีย ทำปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ เกิดเป็นไนโตรเจนและน้ำ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมล ธรรมบุตร (2528) *พลังงานลม กรุงเทพมหานคร คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
- ธนรัช อุคมพันธ์ (2549) *พลังงาน กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
- นรภัทร จนเทพินทร์ (2549) *ไบโอดีเซล พลังงานพลังงานทางเลือก กรุงเทพมหานคร มิตรภาพ การพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*
- บุญชัย เงินสวัสดิ์ (2524) “การวิเคราะห์สภาพลมของประเทศไทย และการออกแบบกังหันลมให้เหมาะกับท้องถิ่น” *ปริญาโท วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ (2548) “แหล่งผลิตไฟฟ้าในอนาคด” *นันทบุรี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ (2548) “กิจการ กฟผ.” *นันทบุรี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ (2548) “กฟผ. แม่เมาะ” *นันทบุรี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ประเสริฐ ชูมรุม (2547) *ถ่านหินลิกไนต์ กรุงเทพมหานคร ฝ่ายเหมืองลิกไนต์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*
- ศิวะวงษ์ เพ็ชรสงค์ (2549) *พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร สกายบุคส์พรีนติ้ง มหาวิทยาลัยรามคำแหง*
- อนุตร จำลองกุล (2545) *พลังงานทดแทน กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล*
- อนุตร จำลองกุล (2529) *ศักยภาพการใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นพลังงานในประเทศไทย กรุงเทพมหานคร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
- อมรา เล็กเริงสินธุ์ (2529) *หลักสูตรและแบบเรียนมัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์จงเจริญ การพิมพ์*
- อรสา ปราชญ์นคร (2546) *หลักสูตรและแบบเรียนมัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร ออ ไทยวัฒนาพานิช องค์การบริหารส่วนจังหวัดนครศรีธรรมราช หลักสูตรท้องถิ่น นครศรีธรรมราช บลูอิมเมจจัดพิมพ์*
- เอกชัย สิ้นรัตนกักดี (2529) *กังหันลม กรุงเทพมหานคร เอกสารประกอบการบรรยายนักศึกษา ปริญาโท คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*
- Duffie J.A. and Beckman. W.A. (1994) *Solar energy thermal process. J.Wiley & Sons.*
- Exell, R. H. B. et. (1991) *Availability of wind energy in Thailand. AIT. Bangkok. Thailand.*
- Guide book on biogas development. (1999) *Energy resources development series. No. 21 U.N.*

Hall, D.O. (1990) *Paper on biomass energy*. New York. Prepared for technical panel on biomass energy. First session.

Meier, R. W. & Merson, T.J. (1991) *Technology assessment of wind energy system*. U.S. DOB. Washington D.C.

ภาคผนวก ก

**แบบประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียน
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**

แบบประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติม
รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานหมุนเวียนสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
โรงเรียนแสงทวีปวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจงแบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติม แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับหนังสืออ่านเพิ่มเติม

เขียนเครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดในตอนที่ 2
 และให้ระบุข้อความลงในช่องที่เว้นว่างในตอนที่ 1 และ 3

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ - สกุล	
วุฒิการศึกษา	
ตำแหน่งปัจจุบัน	
สถานที่ทำงาน	

ตอนที่ 2 รายการประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติม

2.1 บทที่ 1 พลังงานน้ำ

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
ด้านเนื้อหา					
1.	เนื้อหามีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง				
2.	เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ				
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก				
4.	ความยาวเนื้อหาเหมาะสม				
5.	เนื้อหามีความถูกต้องและทันสมัย				
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน				
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน				
8.	เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต				
ด้านการใช้ภาษาและการจัดรูปแบบ					
1.	การใช้ภาษา มีความถูกต้องตามหลักภาษา				
2.	ภาษา มีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย				
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ				
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง				
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา				
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย				
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม				
8.	รูปแบบภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ				

2.2 บทที่ 2 ผลงานแสงอาทิตย์

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
ด้านเนื้อหา					
1.	เนื้อหามีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง				
2.	เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ				
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก				
4.	ความยาวเนื้อหาเหมาะสม				
5.	เนื้อหามีความถูกต้องและทันสมัย				
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน				
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน				
8.	เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต				
ด้านการใช้ภาษาและการจัดรูปแบบ					
1.	การใช้ภาษา มีความถูกต้องตามหลักภาษา				
2.	ภาษา มีความชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย				
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ				
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความ ได้ถูกต้อง				
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมาย ได้สัมพันธ์กับเนื้อหา				
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย				
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม				
8.	รูปแบบภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ				

2.3 บทที่ 3 พลังงานลม

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
ด้านเนื้อหา					
1.	เนื้อหามีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง				
2.	เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ				
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก				
4.	ความยาวเนื้อหาเหมาะสม				
5.	เนื้อหามีความถูกต้องและทันสมัย				
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน				
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน				
8.	เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต				
ด้านการใช้ภาษาและการจัดรูปแบบ					
1.	การใช้ภาษา มีความถูกต้องตามหลักภาษา				
2.	ภาษา มีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย				
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ				
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง				
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา				
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย				
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม				
8.	รูปแบบภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ				

2.4 บทที่ 4 พลังงานแก๊สชีวภาพ

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
ด้านเนื้อหา					
1.	เนื้อหามีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง				
2.	เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ				
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก				
4.	ความยาวเนื้อหาเหมาะสม				
5.	เนื้อหามีความถูกต้องและทันสมัย				
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน				
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน				
8.	เนื้อหาไม่ประ โยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต				
ด้านการใช้ภาษาและการจัดรูปเล่ม					
1.	การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักภาษา				
2.	ภาษาที่มีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย				
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ				
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความ ได้ถูกต้อง				
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมาย ได้สัมพันธ์กับเนื้อหา				
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย				
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม				
8.	รูปเล่มภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ				

2.5 บทที่ 5 ผลงานใบโอคิเชล

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
ด้านเนื้อหา					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง				
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ				
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก				
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม				
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย				
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน				
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน				
8.	เนื้อหาที่มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต				
ด้านการใช้ภาษาและการจัดรูปแบบ					
1.	การใช้ภาษาที่มีความถูกต้องตามหลักภาษา				
2.	ภาษาที่มีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย				
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ				
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง				
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา				
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย				
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม				
8.	รูปแบบภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ				

2.6 บทที่ 6 พลังงานถ่านหิน

ข้อ	ข้อความในการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (จำนวนคน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
ด้านเนื้อหา					
1.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง				
2.	เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ				
3.	การนำเสนอเนื้อหาจากง่ายไปหายาก				
4.	ความยาวเนื้อหาที่มีความเหมาะสม				
5.	เนื้อหาที่มีความถูกต้องและทันสมัย				
6.	เนื้อหาสามารถสร้างเสริมความรู้แก่ผู้เรียน				
7.	เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน				
8.	เนื้อหาที่มีประโยชน์ต่อผู้เรียนทั้งในปัจจุบันและอนาคต				
ด้านการใช้ภาษาและการจัดรูปแบบ					
1.	การใช้ภาษาที่มีความถูกต้องตามหลักภาษา				
2.	ภาษาที่มีความชัดเจนอ่านเข้าใจง่าย				
3.	ใช้ภาษาสื่อสารเนื้อหาสาระ ความรู้ ง่ายต่อความเข้าใจ				
4.	ใช้ภาษาในการลำดับความได้ถูกต้อง				
5.	ภาพต่าง ๆ สามารถสื่อความหมายได้สัมพันธ์กับเนื้อหา				
6.	ภาพประกอบดูง่าย เข้าใจง่าย				
7.	การจัดวางหน้าหนังสือ และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม				
8.	รูปแบบภายนอกสวยงามดึงดูดความสนใจ				

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	ว่าที่ร้อยตรี สุชาติ กุ่มสุทธิ
วัน เดือน ปี	10 กุมภาพันธ์ 2519
สถานที่เกิด	อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา พ.ศ. 2542 ประกาศนียบัตรบัณฑิต วิชาชีพครู มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี พ.ศ. 2545
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนแสงทวีวิทยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ตำแหน่ง	หัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์