



การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน เปรียบเทียบกับ
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล
ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี



สุกัญญา เพ็งมา

วิทยานิพนธ์

จาก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2544

ISBN 974-040-193-7

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

อพ
ส ๗๓๑ กส
๒๕๔๔
ท. ๒

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน เปรียบเทียบกับ ระบบผลิตไฟฟ้า
จากเครื่องยนต์ดีเซล ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี

.....
นางสาวสุกัญญา เฟ็งมา

ผู้วิจัย

.....
อาจารย์ปฐมพงศ์ สงวนวงศ์

M.A.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม กุลประดิษฐ์

วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....
ดร.วีรพล โมนยะกุล

Ph.D.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ล้อมมวงค์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

.....
ดร.ชาติ นาวานุเคราะห์ Ph.D.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี

ที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน เปรียบเทียบกับ ระบบผลิตไฟฟ้า

จากเครื่องยนต์ดีเซล ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2544

.....
นางสาวสุกัญญา เฟ็งมา

ผู้วิจัย

.....
อาจารย์รัชชัย สุวรรณคำ

วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
อาจารย์ปฐมพงศ์ สงวนวงศ์

M.A.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
ด.ร วีรพล โมนยะกุล

Ph.D.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม กุลประดิษฐ์

วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ เลิศล้ำมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....
รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อ.ปฐมพงศ์ สงวนวงศ์ ผศ. เกษม กุลประดิษฐ์ ดร.วีรพล โมทนยะกุล และ อ.ธวัชชัย สุวรรณคำ คณะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ. ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ ขอขอบคุณ คุณอุสาห์ บุญบำรุง ที่ได้ให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลด้านเทคนิค ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่และพี่ ๆ นักวิจัย ของสถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการไปเก็บข้อมูลในพื้นที่ ขอขอบพระคุณหัวหน้าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกให้ในการไปเก็บข้อมูลที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานต่างๆ ที่กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับงานวิจัยทุกท่าน ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้ให้ความร่วมมือในการติดต่อขอข้อมูลและการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณวิมลศิริ ปริดาสวัสดิ์ คุณราตรี สมพงษ์ รวมทั้งพี่ๆ และเพื่อนๆ AT 12 ทุกท่าน โดยเฉพาะคุณอุษณีย์ นิธิกุล คุณธีรพัฒน์ คล้ายมุข และคุณปิยนันท์ สงวนเผ่า ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การช่วยเหลือด้านการเงินและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

นางสาวสุกัญญา เฟ็งมา
ผู้วิจัย

4036798 ENAT/M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร ;

ว.ทม. (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คำสำคัญ : การประเมินเทคโนโลยี / ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน
ระหว่างเครื่องยนต์ดีเซลและ โซลาร์เซลล์

สัณยัญญา เพ็งมา : การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี
(TECHNOLOGY ASSESSMENT FOR THE APPLICATION OF PV/DIESEL
HYBRID SYSTEM AT HUAI KHA KHANG WILDLIFE SANCTUARY)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : ปฐมพงศ์ สงวนวงศ์ M.A. (Economics)

เกษม กุลประดิษฐ์ ว.ท.ม. วีระพล โมนยะกุล M.Eng. Ph.D. 245 หน้า. ISBN 974-040-193-7

การใช้ไฟฟ้าในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แต่เดิมใช้เครื่องยนต์ดีเซลผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีปัญหาด้านการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงในฤดูฝน ราคาน้ำมันสูงขึ้น และเครื่องยนต์ดีเซลยังก่อให้เกิดมลพิษต่าง ๆ ด้วย ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จึงได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ขนาด 10.5 kWp ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

งานวิจัยนี้ศึกษา การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างโซลาร์เซลล์กับเครื่องยนต์ดีเซล ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จ. อุทัยธานี ทางด้านมลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้า (มลพิษทางอากาศ ทางเสียง และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน) ด้านสังคม (ทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ) ด้านเศรษฐศาสตร์ (ค่า NPV IRR และ B/C Ratio) และเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม (ความเต็มใจที่จะจ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้าจากระบบฯ) และการประเมินเทคโนโลยีโดยสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลการศึกษาพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลก่อมลพิษทางด้านอากาศ เสียง และดินมากกว่าระบบโซลาร์เซลล์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ด้านทัศนคติของนักท่องเที่ยวและเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลกับโซลาร์เซลล์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานไม่คุ้มค่าในการลงทุน แต่ถ้ารวมผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป จะคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนในด้านการประเมินเทคโนโลยี ผลปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันในทุกปัจจัย โดยศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่ เป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก

**4036798 ENAT/M : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCES
DEVELOPMENT ;****M.Sc. (APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCES
DEVELOPMENT)****KEY WORDS : TECHNOLOGY ASSESSMENT / PV/DIESEL HYBRID
SYSTEM****SUGUNYA PENGMA : TECHNOLOGY ASSESSMENT FOR THE
APPLICATION OF PV / DIESEL HYBRID SYSTEM AT HUAI KHA KHANG
WILDLIFE SANCTUARY THESIS ADVISORS : PATOMPONG SAGUANWONG,
M.A.(ECONOMICS), KASEM KULPRADIT, M.Sc., VEERAPOL MONYAKOL,
M.Eng., Ph.D., 245p. ISBN 974-040-193-7**

A Diesel generator was used to generate electricity for Huay Kha Khang Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province. During the monsoon season, the transportation of diesel oil is difficult because of local geographic conditions. Furthermore, a price of diesel fuel is increasing and pollution from diesel generators is undesirable. Thus, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) replaced such a system with a 10.5 kWp Photovoltaic system.

The technology assessment was done on the PV/diesel Hybrid electricity generating system installed at Huay Kha Khang Wildlife Sanctuary. The assessment can be categorized into four aspects, namely: pollution (air, noise and soil contamination) social (user's attitude), economic (NPV, IRR, B/C Ratio, willingness to pay) and experts viewpoint on the technology assessment.

The results show that diesel generators produces higher levels of air pollution, noise pollution and soil contamination than that from the photovoltaic system at the 95% confidence level. The pollution level is also higher than the standard. Tourists and officers attitudes toward these two systems are statistically different from the economic point of view. The photovoltaic system is not viable however, it will be economical if the environmental benefit is included. The experts agree on every issue on the importance of technology assessment especially potential local source of energy.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์และความหมายที่ใช้ในการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.8 ตารางแผนการดำเนินการวิจัย	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ระบบย่อยโซลาร์เซลล์	6
2.2 เครื่องยนต์ดีเซลผลิตไฟฟ้า	16
2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	30
2.4 ประวัติความเป็นมาและสถานที่ตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	43
2.5 การประเมินเทคโนโลยี	72
2.6 มลพิษทางเสียง	75
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และทัศนคติ	79
2.8 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การเงินของโครงการ	84

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 ลักษณะงานวิจัย	96
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	96
3.3 กลุ่มตัวอย่างประชากร	96
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	97
3.5 การเลือกตัวแปรเพื่อดำเนินการวิจัย	97
3.6 วิธีการศึกษา	99
3.7 การประเมินเทคโนโลยี	111
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบด้านมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน	114
4.2 ผลการศึกษาการวัดทัศนคติของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล	124
4.3 ผลการศึกษาด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์	149
4.4 ผลการศึกษาด้านการประเมินเทคโนโลยี ด้วยวิธีเดลฟายน์เทคนิคโดยสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ	155
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	162
รายการอ้างอิง	169
ภาคผนวก	171
ประวัติผู้วิจัย	231
Executive Summary	232

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 ตารางแผนการดำเนินการวิจัยในปี 2543 – 2544	5
2-1 สรุปผลดีผลเสียของห้องเผาไหม้แบบต่าง ๆ	24
2-2 สัดส่วนการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ประเภทต่าง ๆ	27
2-3 แสดงภาระทางไฟฟ้าภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	38
4-1 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณ CO CO ₂ NO NO ₂ NO _x และ SO ₂ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	115
4-2 แสดงค่าเฉลี่ยของก๊าซมลพิษที่ปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าและค่ามลพิษที่บรรยากาศทั่วไป เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอากาศที่บรรยากาศทั่วไป	116
4-3 แสดงผลการตรวจวัดระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	120
4-4 แสดงค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ระหว่างระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด	121
4-5 แสดงค่า Grease and Oil ที่วัดได้จากดินบริเวณที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซล	122
4-6 แสดงการเปรียบเทียบค่า Grease and Oil ของคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่ตั้งเครื่องยนต์ดีเซล ระหว่างอุทยานแห่งชาติภูกระดึง อุทยานแห่งชาติตะรุเตา และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	123
4-7 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Grease and Oil ที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล เปรียบเทียบกันทั้ง 3 สถานที่	123
4-8 แสดงร้อยละของข้อมูลด้านประชากร สังคม และเศรษฐกิจนักท่องเที่ยว	126
4-9 แสดงลักษณะทางเศรษฐกิจ และสังคมของเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	129
4-10 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วย พลังงานสะอาด	131
4-11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามอายุ	131

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-12 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า แบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามการศึกษา	132
4-13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า แบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามอาชีพ	132
4-14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า แบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามรายได้	133
4-15 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า แบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามวัตถุประสงค์ที่มาท่องเที่ยว	133
4-16 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า แบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามจำนวนวันที่พัก	134
4-17 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า แบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามสถานที่พัก	134
4-18 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซลจำแนกตามเพศ	135
4-19 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามอายุ	135
4-20 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามการศึกษา	136
4-21 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามอาชีพ	136
4-22 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามรายได้	137
4-23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามวัตถุประสงค์ในการมาท่องเที่ยว	137
4-24 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามจำนวนวันที่พัก	138

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-25 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามสถานที่พัก	138
4-26 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามเพศ	139
4-27 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามอายุ	140
4-28 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามการศึกษา	140
4-29 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามสถานภาพ	141
4-30 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามรายได้	141
4-31 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามปีที่เริ่มทำงาน	142
4-32 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามบ้านพัก	142
4-33 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามเพศ	143
4-34 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามอายุ	143
4-35 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามการศึกษา	144
4-36 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามสถานภาพ	144
4-37 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามรายได้	145

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-38 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามปีที่เริ่มทำงาน	145
4-39 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามบ้านพัก	146
4-40 แสดงค่าลงทุนหรือค่าจัดหา (Investment Cost)	149
4-41 แสดงค่าดำเนินการ (Operating Cost)	150
4-42 แสดงค่าบำรุงและดูแลรักษา (Maintenance Cost)	150
4-43 แสดงค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแลและบำรุงรักษา	151
4-44 การหาค่า NPV IRR และ B/C Ratio ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	153
4-45 การหาค่า NPV IRR และ B/C Ratio ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	154
4-46 แสดงค่ามัธยฐาน ฐานนิยม ผลต่างมัธยฐานกับฐานนิยม และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ในแต่ละปัจจัย	158
4-47 เปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยโซลาร์เซลล์ ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	160

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	3
2-1 โครงสร้างของโซลาร์เซลล์อย่างง่าย	6
2-2 แสดงประเภทของโซลาร์เซลล์	7
2-3 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์แบบ BCSC	8
2-4 แสดงลักษณะของ โซลาร์เซลล์แบบแผ่นบาง (Thin Film Solar Cell)	9
2-5 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์	10
2-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์	11
2-7 แสดงผลของความเข้มรังสีอาทิตย์ต่อแรงดัน และกระแสไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์	12
2-8 แสดงผลของอุณหภูมิต่อแรงดันและกระแสไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์	12
2-9 แสดงผลของจำนวนเซลล์ต่อคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์	13
2-10 แสดงผลของพื้นที่เซลล์ต่อคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์	14
2-11 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์แต่ละประเภท	14
2-12 กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล	17
2-13 ตัวอย่างของเครื่องยนต์ Direct Injection	19
2-14 การหมุนเวียนของอากาศมากขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงถูกฉีดมากระแทกที่ผนังรอยบุ่ม	19
2-15 ตัวอย่างของเครื่องยนต์ Indirect Injection	21
2-16 แสดง P-t curve ของเครื่องยนต์ดีเซล	22
2-17 ตัวอย่างของผลกระทบของห้องเผาไหม้ต่อ NO_x และกำลังอัด	23
2-18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาตรห้องเผาไหม้ช่วยต่อ NO_x ควันท่ำ และอัตราส่วนกำลังอัด	23
2-19 การระเหยของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิและ RVP ต่าง ๆ	25
2-20 การปลดปล่อยของ Blow by gas ออกจากกันอ่าง	26
2-21 การเกิด CO และ NO_x ต่ออัตราการให้อากาศ	28
2-22 การก่อดังของสารมลพิษในลำน้ำมันที่ฉีดเข้าไปในอากาศหมุนวน	29
2-23 แผนผังเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-24 ระบบย่อยโซลล่าเซลล์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	32
2-24 คีเซลล์เจนเนอเรเตอร์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	32
2-25 ระบบย่อยแบตเตอรี่ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	34
2-26 อินเวอร์เตอร์ และชุดประจุแบตเตอรี่จากคิเซลล์เจนเนอเรเตอร์	34
2-27 แสดงระบบควบคุมที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	37
2-28 แสดงบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	38
2-29 แสดงการทำงานของระบบที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	42
2-30 แสดงที่ตั้งของที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	44
4-1 แสดงความเต็มใจที่จะจ่ายของนักท่องเที่ยว	147
4-2 แสดงความเต็มใจที่จะจ่ายของเจ้าหน้าที่	148

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ความต้องการใช้ไฟฟ้ามีเพิ่มมากขึ้น แม้แต่ในสถานที่ที่อยู่ห่างไกลความเจริญที่ยังไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง เช่น ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าต่าง ๆ ก็มีความจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าในการชำระวิทยุสื่อสารสำหรับเจ้าหน้าที่ การใช้ตู้เย็นในการแช่เซรุ่มสำหรับรักษาคคนที่ถูกกัด การใช้คอมพิวเตอร์ในการทำเอกสาร หรือเก็บข้อมูลของงานวิจัยต่างๆ เป็นต้น แต่เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของที่ทำการเขตฯตั้งอยู่ในป่า ซึ่งอยู่ห่างไกลจากสายส่งของการไฟฟ้า จึงไม่สามารถต่อไฟฟ้าเข้ามาถึงได้ ไฟฟ้าที่ใช้จึงต้องอาศัยเครื่องยนต์ดีเซลในการผลิต และต้องใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะมีปัญหาในการขนส่งในฤดูฝน เพราะเส้นทางจะถูกตัดขาดโดยกระแสน้ำตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมาอีกด้วย เช่น มลพิษทางเสียง มลพิษทางอากาศที่มาจากควันของเครื่องยนต์ดีเซลเวลาใช้งาน และยังมีปัญหาการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดินอีกด้วย จากปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมา จึงเกิดโครงการนำร่องในการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ในการผลิตไฟฟ้า โดยจัดเป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างโซล่าเซลล์และเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นให้น้อยลงหรือหมดไป

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ได้รับเลือกให้เป็นพื้นที่ตัวอย่างในการติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างโซล่าเซลล์กับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งทำการติดตั้งโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยการสนับสนุนของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ เนื่องจากพื้นที่ของที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งของการไฟฟ้า อีกทั้งยังมีความจำเป็นในการใช้ไฟฟ้าในกิจกรรมต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล ลดปัญหาด้านการขนส่ง และลดการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ จึงได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ขนาด 10.5 กิโลวัตต์ขึ้น ซึ่งคาดว่าจะสามารถรองรับภาระความต้องการไฟฟ้าของเจ้าหน้าที่และนักท่องเที่ยวได้มากขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยต้องการที่จะประเมินความเหมาะสม ของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่ติดตั้งที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เปรียบเทียบกับระบบเดิมที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โดยจะประเมินในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม (ทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าจากระบบ) และด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินความเหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลกับการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างโซลาร์เซลล์และเครื่องยนต์ดีเซล ในด้านผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางเสียง มลพิษทางอากาศ และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน
2. เพื่อประเมินความเหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลกับการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างโซลาร์เซลล์และเครื่องยนต์ดีเซล ในด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม ทักษณคคิของผู้ใช้ไฟฟ้าจากระบบ

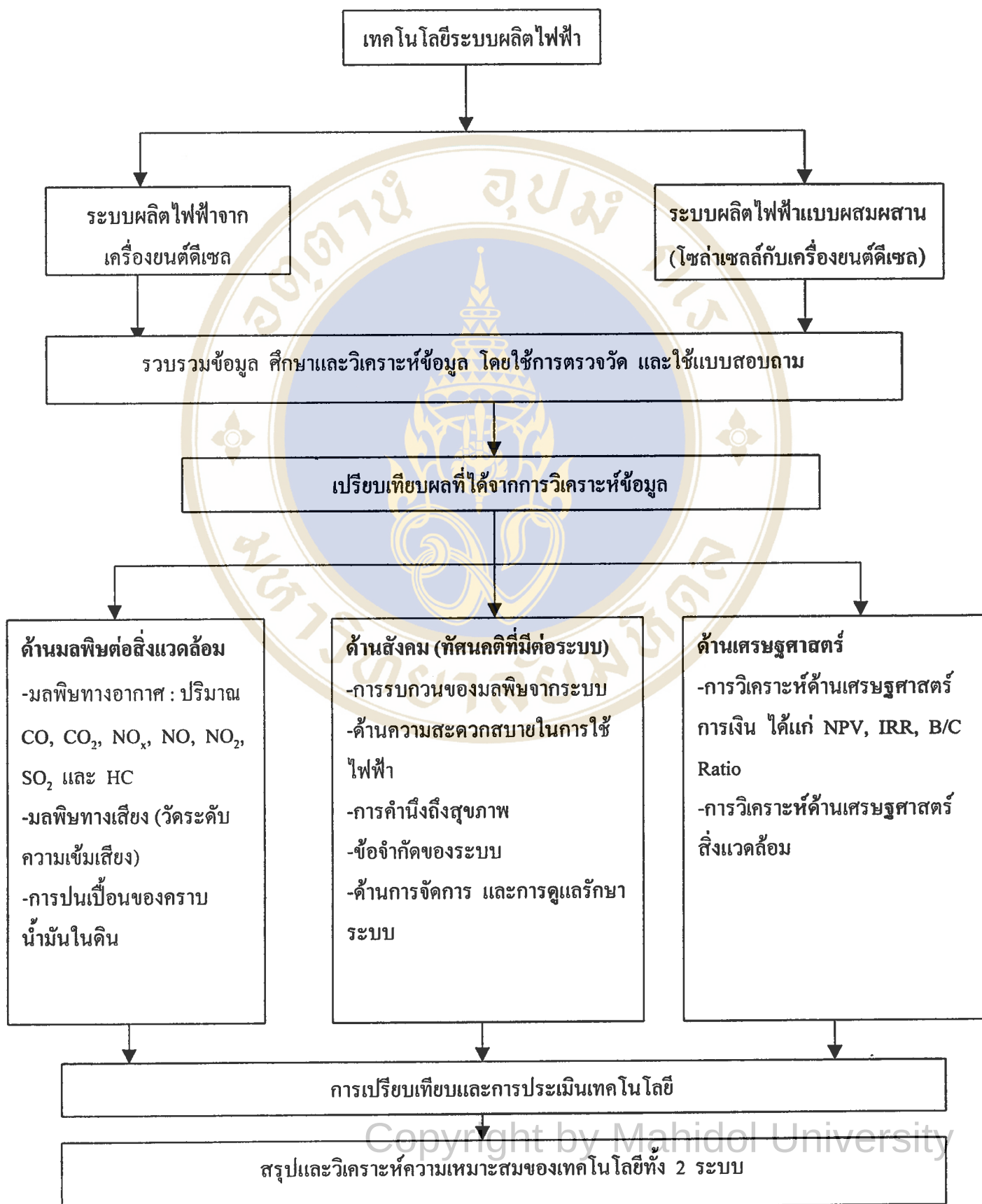
1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลกระทบของสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน ของการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างโซลาร์เซลล์กับเครื่องยนต์ดีเซล แตกต่างกับ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
2. การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล และการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน มีผลการลงทุนและผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ ที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อ. ลานสัก จ. อุทัยธานี โดยจะทำการศึกษา ด้านการประเมินความเหมาะสมด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม และ ทักษณคคิของประชากร (ผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ) เปรียบเทียบกันระหว่าง ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (โซลาร์เซลล์ + เครื่องยนต์ดีเซล) กับ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล
2. ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ด้านการลงทุนและผลตอบแทนทางการเงิน และผลประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ของการผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



1.6 นิยามศัพท์และความหมายที่ใช้ในการวิจัย

1. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด หมายถึง ระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยมีแหล่งกำเนิดพลังงานเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ และสามารถใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น (Renewable Energy)

2. ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ หมายถึง ระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้โซลาร์เซลล์ (Solar cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ทำจากสารกึ่งตัวนำที่จะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นภายใน เมื่อมีปริมาณรังสีอาทิตย์ที่มีพลังงานมากพอมาตกกระทบ โดยที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ของบริษัท SIEMENS รุ่น SP 75 จำนวน 140 แผง ต่อกับหม้อแปลง 10 แผง ขนาด 14 แอมแปร์ เพื่อผลิตแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 217 V กระแสไฟฟ้าลัดวงจรประมาณ 67.2 A ในการประจุแบตเตอรี่ 120 V รวมกำลังไฟฟ้าสูงสุด 10.5 kWp

3. ดีเซลเจเนอเรเตอร์ (Diesel generator) หมายถึง เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ผลิตไฟฟ้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ประกอบด้วย 2 ชุด ชุดแรกทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าเมื่อระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนตัดออกจากระบบ หรือช่วงเวลาที่มีการใช้ภาระทางไฟฟ้าสูง เช่น เตาไรต์ เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เป็นต้น ชุดที่สองสำหรับประจุแบตเตอรี่ ในกรณีที่ไม่มีรังสีอาทิตย์ติดต่อกันหลายวัน

4. มลพิษ หมายถึง ของเสีย วัตถุอันตรายและมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกากตะกอน หรือสิ่งที่ตกค้างที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ หรือสิ่งที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และทำให้หมายรวมถึง รังสี ความร้อน แสง เสียง กลิ่น ความสั่นสะเทือน หรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดมลพิษด้วย

5. มลพิษทางอากาศ หมายถึง สารใด ๆ ก็ตาม ที่ถูกปลดปล่อยออกมาในอากาศ ซึ่งมีผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ ตลอดจนผลเสียต่อสัตว์ และพืช เป็นที่รังเกียจหรือไม่พึงปรารถนาต่อมนุษย์โดยภายในหรือภายนอก ต่อร่างกาย หรือสารซึ่งมีผลเสียต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ โดยทางตรงหรือทางอ้อม

6. มลพิษทางเสียง หมายถึง เสียงที่ไม่พึงปรารถนา โดยจะสัมพันธ์กับมนุษย์ในด้านความรู้สึก ทศนคติ นิสัย และความเคยชินส่วนตัว รวมทั้งเสียงที่ดังเกินไปจนไม่พึงปรารถนา ก่อให้เกิดความรู้สึกรำคาญ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

7. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์การเงิน หมายถึง การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการลงทุนดำเนินการ ลักษณะของแหล่งเงินทุน ตลอดจนรายรับอันเกิดจากการขายทรัพย์สินค่า หรือ

บริการของโครงการ ตัวเลขประมาณค่าเหล่านี้ สามารถคำนวณหาคุณสมบัติทางการเงินของโครงการ เช่น ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ เป็นต้น

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเดียวกันนี้ ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าหรืออุทยานแห่งชาติอื่น ๆ ได้

2. หน่วยงานที่ทำวิจัยด้านการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาเพื่อประเมินความเหมาะสมของเทคโนโลยีนี้ ไปใช้เพื่อเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยต่อไป

1.8 ตารางแผนการดำเนินการวิจัย ในปี 2543 - 2544

กิจกรรม	ม.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1. เก็บรวบรวมข้อมูล	→												
2. เขียน โครงร่าง	→												
3. เสนอและแก้ไขโครงร่าง			↔										
4. เก็บข้อมูลภาคสนาม				↔									
5. รวบรวมผลและวิเคราะห์					↔								
6. สรุปผล								↔					
7. เขียนวิทยานิพนธ์									↔				
8. สอบและแก้ไข												↔	
9. จัดทำรูปเล่มสมบูรณ์													↔

บทที่ 2

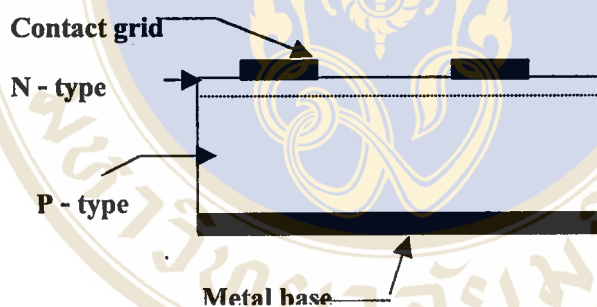
บททวนวรรณกรรม

2.1 ระบบย่อยโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic Array)

โซลาร์เซลล์เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ สามารถเปลี่ยนพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยกระบวนการโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Effect) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นภายในสารกึ่งตัวนำ เมื่อแสงที่มีพลังงานมากพอที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระตกกระทบบนสารกึ่งตัวนำ (1)

1. โครงสร้างของโซลาร์เซลล์

โครงสร้างของโซลาร์เซลล์อย่างง่ายแสดงในรูป 2-1



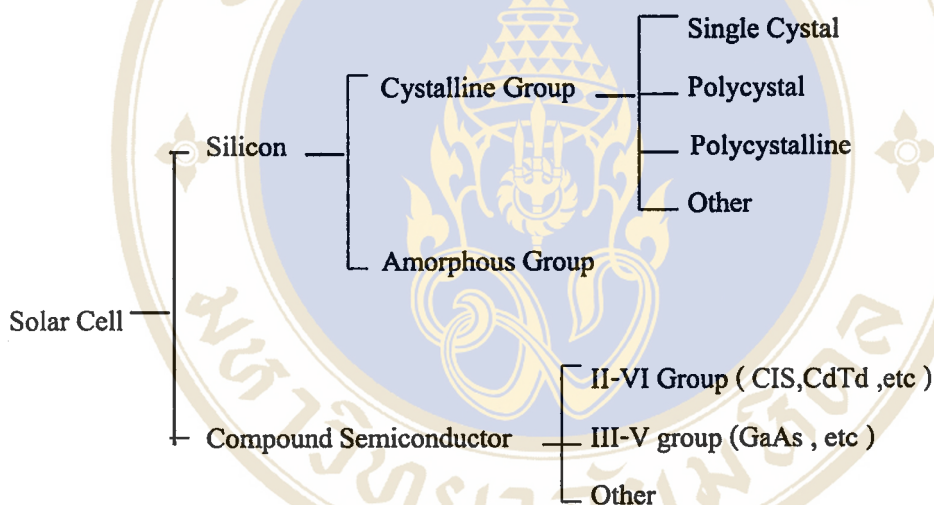
รูป 2-1 โครงสร้างของโซลาร์เซลล์อย่างง่าย

โซลาร์เซลล์ประกอบด้วยแผ่นบาง ๆ ของสารกึ่งตัวนำ โดยส่วนมากจะเป็นซิลิกอนที่ผ่านกระบวนการเติมสารเจือเพื่อแบ่งเนื้อสารออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นซิลิกอนชนิดพีและซิลิกอนชนิดเอ็น ในส่วนของซิลิกอนชนิดเอ็น ใช้สารเจือที่เป็นฟอสฟอรัสเพื่อเพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนส่วนซิลิกอนชนิดพีใช้โบรอนเป็นสารเจือเพื่อให้ขาดอิเล็กตรอน การแบ่งเนื้อของสารกึ่งตัวนำ ออกเป็นสองส่วนทำให้เกิดรอยต่อพีเอ็น (P - N Junction) อยู่ภายในระหว่างซิลิกอน ชนิดพีกับซิลิกอนชนิดเอ็น ผิวด้านบนของสารกึ่งตัวนำสำหรับรับแสงจะมีอิเล็กโตรด ปกคลุมอยู่บางส่วนและมีสารเคลือบกันสะท้อน (Antireflection Coating) ฉาบที่ผิวด้านหน้าของสารกึ่งตัวนำ ส่วนที่ผิวด้านล่างจะ

มีอิเล็กโตรดเคลือบปิดผิวทั้งหมด อิเล็กโตรดทำหน้าที่เป็นตัวรวมอิเล็กตรอนอิสระ ที่เคลื่อนที่ออกจากสารกึ่งตัวนำเข้าสู่วงจรภายนอก

2. ประเภทของโซลาร์เซลล์

วิวัฒนาการของโซลาร์เซลล์ได้มีมาเมื่อหลายทศวรรษที่แล้ว โซลาร์เซลล์ในช่วงแรกผลิตขึ้นจากซิลิเนียม ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานประมาณ 1-2 % จึงทำให้การใช้งานโซลาร์เซลล์ไม่แพร่หลายมากนัก จนถึงในช่วง พ.ศ. 2493 ได้มีการผลิตซิลิกอนขึ้นได้สำเร็จเป็นครั้งแรก โดยกระบวนการ Czochraki ซึ่งเป็นจุดสำคัญต่อวิวัฒนาการของโซลาร์เซลล์ทำให้มีการพัฒนากรรมวิธีการผลิตเรื่อยมาเพื่อลดราคาของโซลาร์เซลล์ให้ถูกลง เพิ่มอายุการใช้งาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานให้สูงขึ้นด้วย ในปัจจุบัน โซลาร์เซลล์มีมากมายหลายประเภท ดังแสดงในรูป 2-2



รูป 2-2 แสดงประเภทของโซลาร์เซลล์ (2)

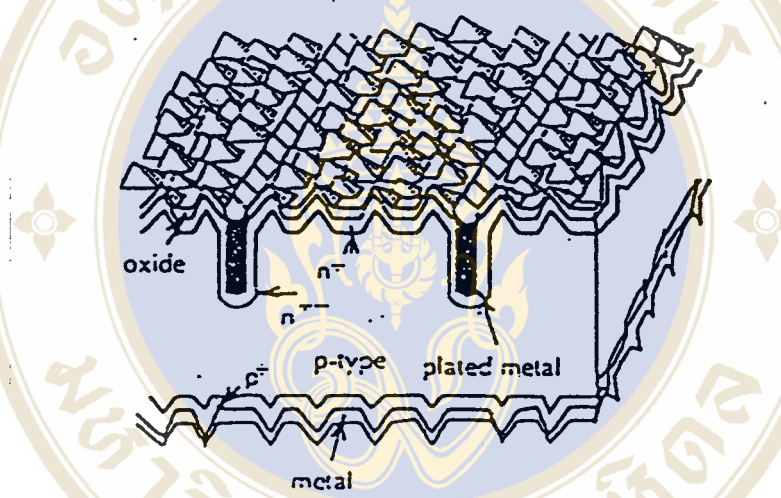
โซลาร์เซลล์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกตามชนิดของสารกึ่งตัวนำได้ 2 ประเภทคือ

2.1.1 โซลาร์เซลล์แบบผลึก (Crystalline Solar cell) (4)

โซลาร์เซลล์แบบผลึกที่ใช้งานในปัจจุบันส่วนมากผลิตจากซิลิกอน เนื่องจากได้มีการพัฒนาทั้งด้านราคา อายุการใช้งาน และประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานเรื่อยมา ในช่วงแรกโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยวจะมีราคาประมาณ 1,000 บาทต่อวัตต์ ในช่วง พ.ศ.2516 ลดลงเป็นประมาณ 125 บาทต่อวัตต์ ในปี 2534 และได้มีการพัฒนาอายุการใช้งานให้เพิ่มขึ้นเกิน 30 ปีในปัจจุบัน(3) ในด้านประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานของโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยว ในปัจจุบันมีค่าประมาณ 23 % ในห้องปฏิบัติการ ส่วนในการใช้งานจริงในภาคสนาม ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานจะลดลง

เหลือประมาณ 15 % เนื่องจาก ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานของโซล่าเซลล์ที่ทำจากซิลิกอน ถูกจำกัดด้วย คุณสมบัติทางไฟฟ้าของซิลิกอน คือ จะมีค่าสูงสุดได้ประมาณ 29 % จากเหตุผล ดังกล่าวจึงได้มีการค้นคิดพัฒนาในการใช้สารกึ่งตัวนำชนิดอื่น มาผลิตโซล่าเซลล์แทนซิลิกอน เช่น แกลเลียมอาเซไนด์ (GaAs) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูงกว่าซิลิกอน คือ จะมีค่า ประมาณ 31 % แต่ยังถูกจำกัดโดยเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากราคายังสูงกว่าซิลิกอนมาก

ด้วยข้อจำกัดของเทคโนโลยีดังกล่าว ได้มีการพัฒนาเทคนิคการผลิตโซล่าเซลล์แบบผลึกที่ ทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยพัฒนาโครงสร้างของเซลล์เรียก THE LASER GROOVED, BURIED CONTACT SOLAR CELL (BCSC) ลักษณะโครงสร้างแสดงดังรูป 2-3



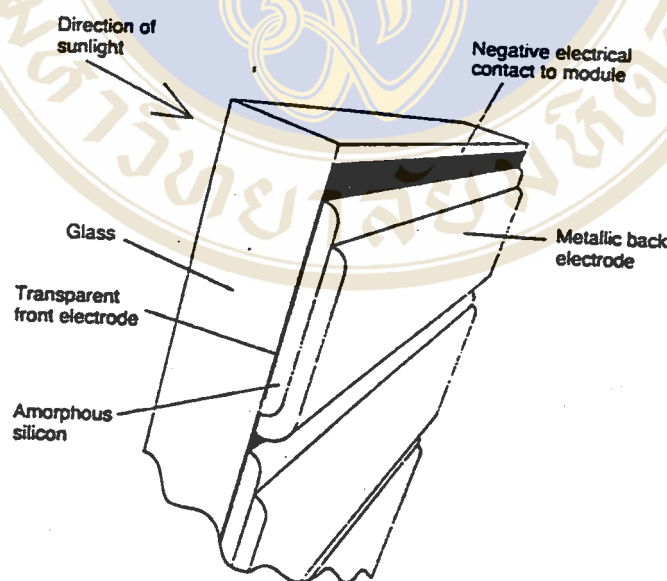
รูป 2-3 ลักษณะ โครงสร้างของเซลล์แบบ BCSC

ลักษณะเด่นของโซล่าเซลล์แบบ BCSC ที่แตกต่างจากเซลล์ที่ทำจากเทคโนโลยีการพิมพ์ เดิมคือ ใช้เลเซอร์ในการเจาะร่องที่จะใส่ขั้วโลหะลึกลงไปในผิวของผลึกสารกึ่งตัวนำ ทำให้มีค่า สภาพนำไฟฟ้าของขั้วโลหะดีกว่า และมีค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสระหว่างขั้วกับสารกึ่งตัวนำ ต่ำกว่าทำให้เซลล์แบบนี้สามารถให้ค่าแรงดันวงจรเปิดได้ประมาณ 700 mV การใช้เลเซอร์เจาะร่อง ของขั้วทางไฟฟ้ามีผลทำให้เส้นขั้วทางไฟฟ้าเล็กแต่มีความหนาลึกลงไปในผิวของสารกึ่งตัวนำ การ ที่มีเส้นเล็ก ทำให้ลดพื้นที่การบังเงาแสง ส่งผลให้ค่ากระแสที่ผลิตได้สูงขึ้น (แบบเทคโนโลยีพิมพ์ สกรีนเส้นขั้วทางไฟฟ้าหนาประมาณ 200 ไมโครเมตร ในขณะที่แบบ BCSC หนาประมาณ 15–40 ไมโครเมตร) ประสิทธิภาพของเซลล์แบบBCSC มีค่าประมาณ 19–20 % ในห้องปฏิบัติการ และเมื่อ ผลิตในเชิงพาณิชย์ประมาณ 17.5–18% สามารถผลิตได้ประสิทธิภาพสูงกว่าแบบพิมพ์สกรีน ประมาณ 25–40% (2)

2.1.2 โซลาร์เซลล์แบบแผ่นบาง (Thin-Film Solarcell)

เป็นโซลาร์เซลล์ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อลดราคาให้ถูกกว่าแบบแรก เนื่องจากในกระบวนการผลิตจะใช้ปริมาณสารกึ่งตัวนำน้อยกว่าแบบแรก โดยปกติใช้อะมอร์ฟิซิลิกอน (a-si) จำนวนเล็กน้อย ฉาบลงบนผิวของวัสดุชนิดอื่น แต่จะมีข้อเสียคือ ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานต่ำกว่าแบบแรก มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานประมาณ 12 % ในห้องปฏิบัติการ และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานในการใช้งานจริง ในภาคสนามประมาณ 8% ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูงสุด ของโซลาร์เซลล์แบบแผ่นบาง ที่ทำจากอะมอร์ฟิซิลิกอนมีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 27 % เนื่องจากถูกจำกัดโดยคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ อะมอร์ฟิซิลิกอน

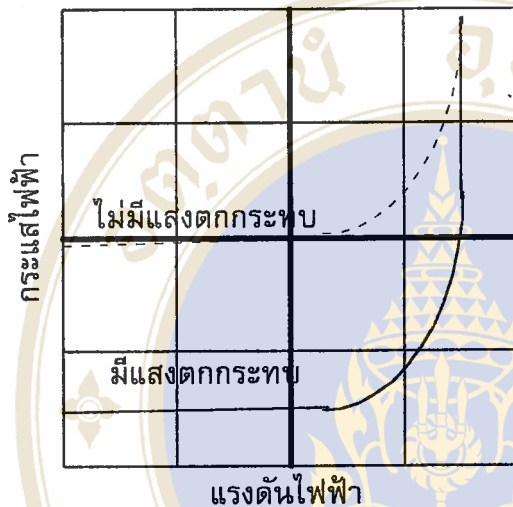
นอกจากนี้ ในปัจจุบันยังมีการนำสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น มาผลิตเป็นโซลาร์เซลล์อีกมากมาย เช่น แคดเมียม-เทลลูไรด์ (CdTe) มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานในห้องปฏิบัติการ 17% มีค่าประมาณ 11% สำหรับการใช้งานจริงในภาคสนาม และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูงสุดประมาณ 27% นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาโซลาร์เซลล์แบบแผ่นบาง โดยการนำซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยวมาเคลือบบนเซรามิกส์ พบว่า ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงถึงประมาณ 15 % ในขณะที่ราคาถูกกว่าโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยวมาก (1)



รูป 2-4 แสดงลักษณะของโซลาร์เซลล์แบบแผ่นบาง (Thin - Film Solar cell)

3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ (2)

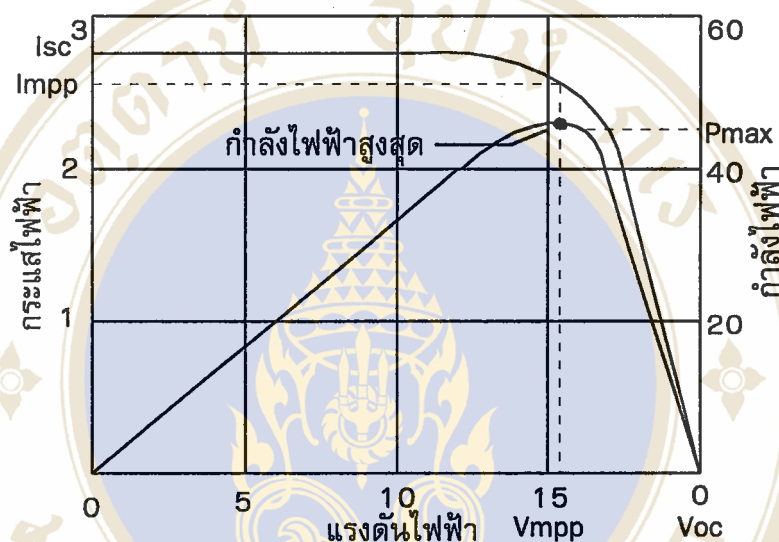
ลักษณะโครงสร้างหลักของโซลาร์เซลล์ จะมีรอยต่อของซิลิกอนชนิดเอ็นกับซิลิกอนชนิดพี (P-N Junction) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับไดโอดโดยทั่วไป ดังนั้นคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ จึงมีลักษณะเหมือนคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดทุกประการ ดังแสดงในรูป 2-5



รูป 2-5 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์

จากรูปข้างบน เส้นประแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ ขณะที่อยู่ในสภาพไม่มีแสงตกกระทบบ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนไดโอดทั่วไป เมื่อมีแสงตกกระทบบที่ผิวด้านบน โซลาร์เซลล์ที่เป็นซิลิกอนชนิดเอ็น จะมีแสงบางส่วนถูกดูดกลืนโดยเนื้อสาร แต่จะมีแสงส่วนใหญ่ผ่านไปยังรอยต่อระหว่างซิลิกอนชนิดเอ็นกับซิลิกอนชนิดพี ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นภายในสารกึ่งตัวนำ เมื่อต่อสายไฟฟ้าเข้ากับขั้วอิเล็กโทรด ไปยังวงจรภายนอก จะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจร ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะขึ้นอยู่กับ ขนาดของความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนโซลาร์เซลล์ และพื้นที่ของโซลาร์เซลล์ที่มีแสงมาตกกระทบบ ส่วนขนาดของแรงดันไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำที่นำมาผลิตโซลาร์เซลล์ โดยปกติโซลาร์เซลล์ที่ผลิตจากซิลิกอน มีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 V /cell

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ สามารถแสดงได้ในรูปของคุณสมบัติทางกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้า (I-V Curve) การกำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ จะต้องกำหนดที่สภาวะมาตรฐานคือ ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ $1,000 \text{ W/m}^2$ ดัชนีมวลอากาศ (Air-mass) 1.5 และที่อุณหภูมิของเซลล์ 25°C ดังแสดงในรูป 2-6

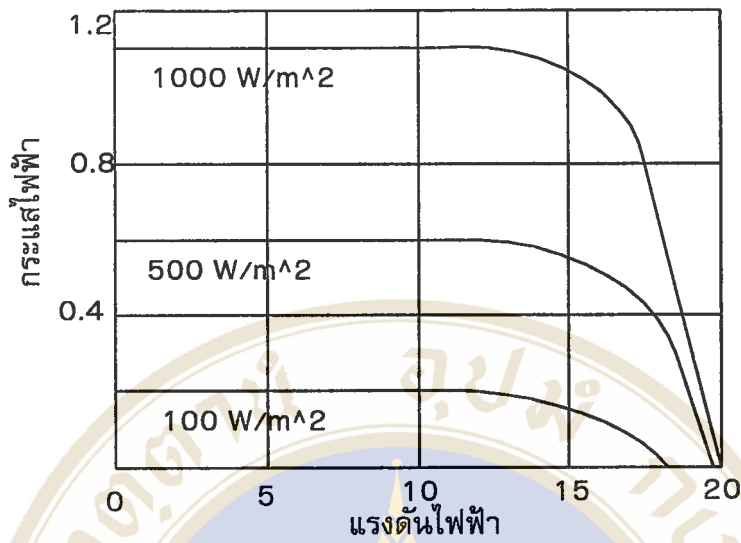


รูป 2-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์

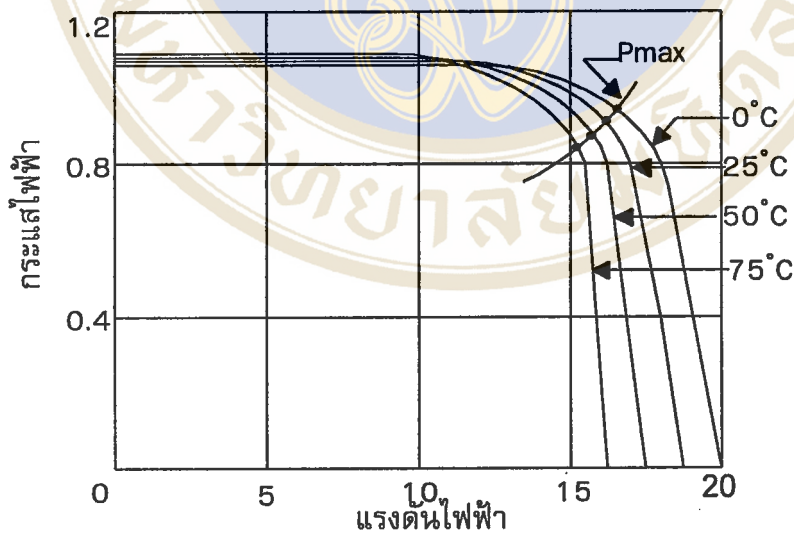
ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ดังนี้

1. ความเข้มรังสีอาทิตย์ เนื่องจากโซลาร์เซลล์ขณะทำงาน ต้องมีแสงมาตกกระทบให้อิเลคตรอนภายในสารกึ่งตัวนำ ได้รับพลังงานสูงพอ ที่จะทำให้เกิดอิเลคตรอนอิสระและโฮลขึ้น ดังนั้น ถ้าหากแสงที่ตกกระทบสารกึ่งตัวนำมีค่าความเข้มสูงมาก หรือปริมาณความหนาแน่นของโฟตอนสูง ก็จะทำให้เกิดคู่พาหะอิเลคตรอนอิสระกับโฮลเป็นจำนวนมาก ผลที่ได้ก็จะทำให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าเนื่องจากแสงตกกระทบมีค่าสูงขึ้นด้วย

2. อุณหภูมิเซลล์ ในการนำโซลาร์เซลล์ไปใช้งานจริงโซลาร์เซลล์จะต้องได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ด้วย ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์เปลี่ยนไปด้วยดังรูป 2-7



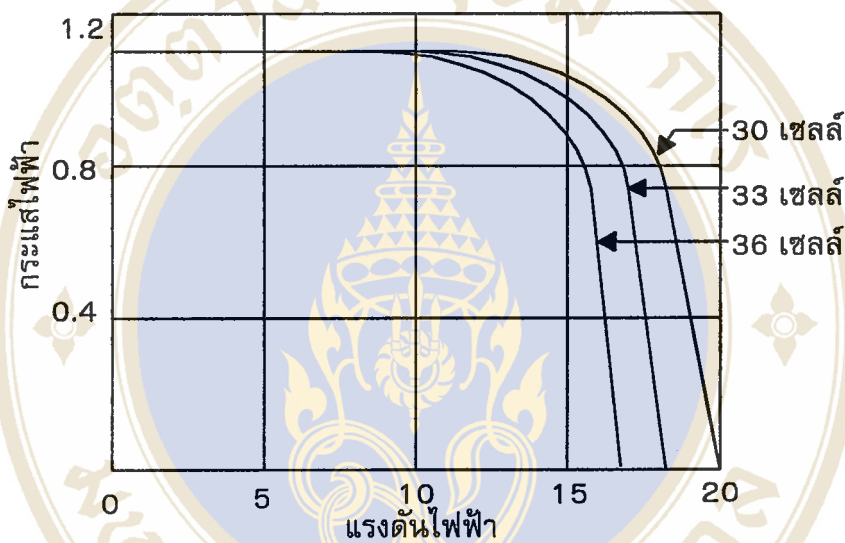
รูป 2-7 แสดงผลของความเข้มรังสีอาทิตย์ต่อแรงดันและกระแสไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์



รูป 2-8 แสดงผลของอุณหภูมิต่อแรงดันและกระแสไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์

ขณะที่อุณหภูมิของเซลล์เพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าลัดวงจรจะมีค่าเพิ่มขึ้น ประมาณ 0.07 % เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลวิน ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด จะมีค่าลดลงประมาณ 0.4 % เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลวิน จากผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะทำให้พลังงานไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้มีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

3. จำนวนเซลล์ โดยปกติโซลาร์เซลล์ที่ผลิตขึ้นจากซิลิกอน จะมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 V/cell ในการนำเซลล์ไปใช้งานจะต้องนำเซลล์มาต่อกันในลักษณะอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดให้สูงขึ้น โดยจะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของเซลล์น้อยมาก ดังแสดงในรูป 2-9



รูป 2-9 แสดงผลของจำนวนเซลล์ต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์

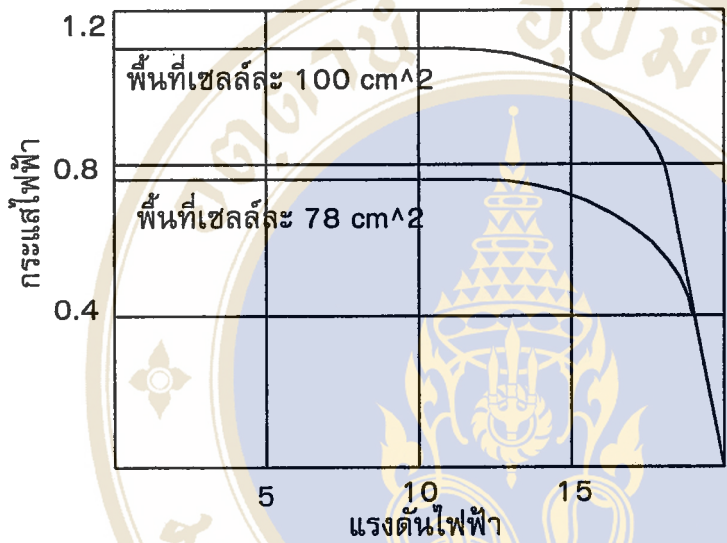
ถ้ามีการต่อภาระทางไฟฟ้าเข้ากับโซลาร์เซลล์ แผงโซลาร์เซลล์ที่มีจำนวนเซลล์มากกว่าจะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้สูงกว่าแผงโซลาร์เซลล์ที่มีจำนวนเซลล์น้อยกว่า

4. พื้นที่เซลล์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์นอกจากขึ้นอยู่กับ ความเข้มรังสีอาทิตย์ แล้ว ยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของเซลล์ที่มีแสงตกกระทบอีกด้วย โซลาร์เซลล์ที่มีพื้นที่ในการรับแสงมากกว่า จะมีกระแสไฟฟ้าลัดวงจรมากกว่าโซลาร์เซลล์ที่มีพื้นที่รับแสงน้อยกว่า ประมาณ 25 %

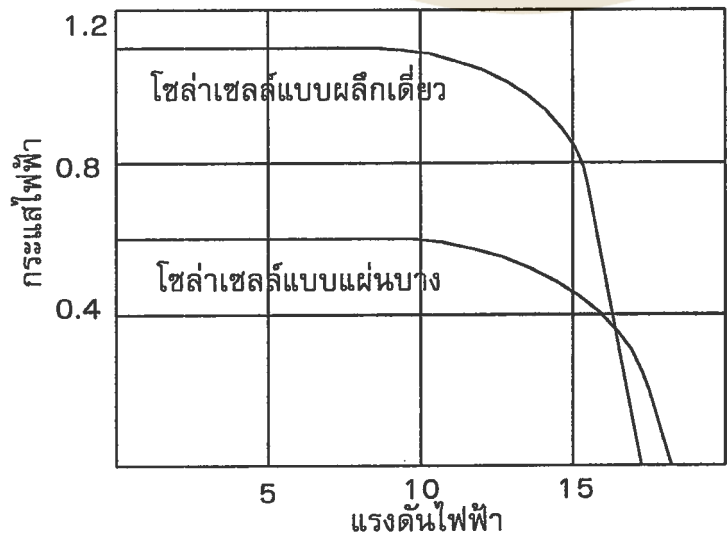
5. ประเภทของโซลาร์เซลล์ โซลาร์เซลล์แต่ละประเภทที่มีใช้งานในปัจจุบัน มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันไป ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิเดียวกัน โซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยวจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าโซลาร์เซลล์แบบแผ่นบาง แต่แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยวจะน้อยกว่าโซลาร์เซลล์แบบแผ่นบาง

นอกจากตัวแปรดังกล่าวแล้ว ยังมีตัวแปรอื่นๆ ที่ใช้ในการแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ดังนี้ (1)

1. แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open Circuit Voltage, Voc) เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ขณะที่โซลาร์เซลล์ถูกเปิดวงจร เมื่อรอยต่อระหว่างซิลิกอนชนิดพี กับซิลิกอนชนิดเอ็นได้รับแสง กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรในขณะนั้นเป็นศูนย์



รูป 2-10 แสดงผลของพื้นที่เซลล์ต่อคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์



รูป 2-11 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์แต่ละประเภท

2. กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit Current, I_{sc}) เป็นกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ ขณะที่โซลาร์เซลล์ถูกลัดวงจร เมื่อโซลาร์เซลล์ได้รับแสง จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลจากโซลาร์เซลล์ผ่านไปยังวงจรภายนอก ในสภาวะนี้กระแสไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุด

3. กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power, P_{max}) เป็นผลคูณของแรงดันไฟฟ้า กับกระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์จ่ายออกมามีค่าสูงสุด สามารถวัดได้ขณะที่ต่อภาระทางไฟฟ้า ที่มีค่าเหมาะสมค่าหนึ่ง สำหรับโซลาร์เซลล์แบบซิลิกอน จะมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่แรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.45 V/cell

4. ค่าฟิลแฟคเตอร์ (fill factor) เป็นค่าที่ใช้กำหนดคุณภาพของโซลาร์เซลล์ เป็นอัตราส่วนระหว่าง ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โซลาร์เซลล์จ่ายได้จริง กับผลคูณของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด สำหรับการทดสอบที่สภาวะมาตรฐาน ค่าฟิลแฟคเตอร์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-0.8

5. ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงาน เป็นอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้ กับพลังงานความเข้มรังสีที่ตกกระทบบนโซลาร์เซลล์

2.2 เครื่องยนต์ดีเซลผลิตไฟฟ้า (Diesel Generator)

เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine)

หลักการของเครื่องยนต์ดีเซลแตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน ในเครื่องยนต์เบนซิน สารผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง จะถูกดูดเข้าไปในจังหวะดูด และสารผสมนี้จะถูกอัดจนลูกสูบเคลื่อนที่จนเกือบถึงจุดศูนย์ตายบนหัวเทียนจะช่วยจุดไฟเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ สารผสมนี้จะต้องไม่ติดไฟเองไม่ว่าก่อนหรือหลังหัวเทียนจุด มิฉะนั้นจะเกิดการน็อกเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้เครื่องเสื่อกำลังประสิทธิภาพตก ส่วนหลักการของ otto cycle ในเครื่องยนต์ดีเซล อากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบไม่มีน้ำมันเชื้อเพลิงผสมอยู่ ในจังหวะอัดอากาศจะมีแต่อากาศอย่างเดียว แล้วอากาศนี้จะถูกอัดจนลูกสูบเกือบถึงจุดศูนย์ตายบนอากาศนี้ จะมีความดันและอุณหภูมิสูง เมื่อน้ำมันถูกฉีดเข้ามา หยดของน้ำมันที่มีขนาดไม่เท่ากัน ก็จะได้รับความร้อน และผิวของหยดน้ำมันนั้นก็จะระเหยออก ไอของน้ำมันก็จะผสมกับอากาศที่ถูกอัดนั้น และเกิดเป็นสารผสมขึ้น สารผสมที่เกิดขึ้นในลูกสูบนี้จะมีอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง ต่างกันไปในแต่ละแห่ง และแต่ละเวลา การเผาไหม้จะเกิดขึ้นเอง เมื่ออุณหภูมิและอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงพอติดกัน ธรรมดาหยดน้ำมันขนาดต่าง ๆ ที่ถูกฉีดเข้ามาจะกระจายไปทั่วกระบอกสูบ และในกระบอกสูบอากาศก็จะหมุนเวียนวนไป ทำให้เกิดการเผาไหม้ขึ้นหลาย ๆ แห่งไม่แน่นอน แต่ทั่วๆ ไปจะติดหลายๆ จุดรอบๆ บริเวณที่ฉีดน้ำมันเข้ามาก่อน ซึ่งน้ำมันดีเซลจะถูกฉีดเข้าสู่กระบอกสูบตอนปลายของจังหวะอัดอากาศ (5)

ในเครื่องยนต์ดีเซล อัตราส่วนแรงอัดอาจสูงถึง 22.5 : 1 และให้ความดันสูงถึง 500 ปอนด์/ตารางนิ้ว (3447 k Pa) ที่ตอนปลายของจังหวะอัดอากาศ ทำให้อากาศร้อนถึง 540 องศาเซลเซียส ซึ่งร้อนพอที่จะจุดระเบิดน้ำมันที่ฉีดเข้าในกระบอกสูบ อัตราเผาไหม้ควบคุมตามอัตราการฉีดน้ำมัน ทำให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ช่วยให้เกิดแรงอัดในกระบอกสูบอย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลานานกว่าเครื่องยนต์เบนซินซึ่งจุดระเบิดและเผาไหม้ทันที ซึ่งวิธีนี้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานน้ำมันสูงกว่า (6)

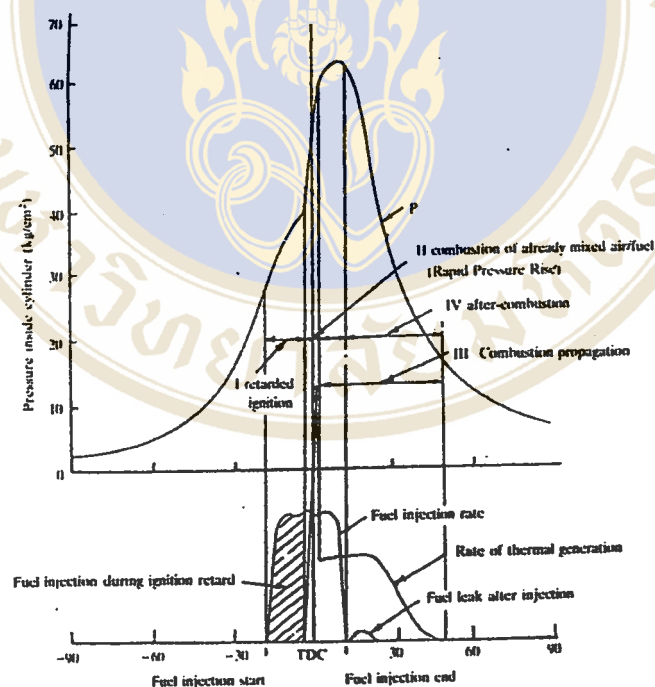
ในเครื่องยนต์ดีเซลวงจร 4 จังหวะ มีการทำงานของลูกสูบ 4 ช่วง เช่นเดียวกับเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งการเผาไหม้ 4 ช่วง ในเครื่องยนต์ดีเซล (7) คือ

1. ช่วงจุดไฟล่า (Delay Period หรือ Ignition Delay) คือช่วงเวลาระหว่างที่เริ่มฉีดน้ำมันจนถึงจุดที่เริ่มติดไฟ ช่วงนี้มีความสำคัญมากต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมทั้งมีผลกระทบอย่างมากต่อเสียงการสั่นสะเทือน และไอเสีย เมื่อช่วงจุดไฟล่าสั้น การเผาไหม้จะนิ่มนวล การสั่นสะเทือนจะน้อย เสียงค้อยและ NO_x จากไอเสียจะน้อย ช่วงจุดไฟล่านี้ขึ้นอยู่กับ Cetane Number ของเชื้อเพลิง อุณหภูมิและความดันของการอัด การตั้งเวลาการฉีด และการหมุนเวียนของก๊าซในกระบอกสูบ ช่วงนี้จะสั้นเมื่อ Cetane Number สูง ความดันและอุณหภูมิสูงตั้งการฉีดน้ำมันช้า(ก่อน TDC)ไม่นาน

Delay Period นี้เป็นผลรวมของ Physical Delay และ Chemical Delay คือในช่วงของ Physical Delay น้ำมันที่ถูกฉีดเข้ามาจะแตกตัวออกเป็นหยด และเมื่อได้รับความร้อนจนระเหย แล้วรวมตัวกับอากาศเป็นสารผสม หลังจากนั้นจะเป็นช่วงของ Chemical Delay ในช่วงนี้ไฮโดรคาร์บอนหนักในสารผสม จะแตกตัวเป็นไฮโดรคาร์บอนเบา แล้วเกิดการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

ธรรมดาแล้ว Physical Delay จะสั้นมาก โดยเฉพาะถ้าเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้วจะเห็นว่าช่วงเวลาที่น้ำมันดีเซลระเหยนี้ ใช้เวลาเพียง 1/3 หรือ 1/2 เท่าของน้ำมันเบนซินเท่านั้น แล้วแต่อุณหภูมิไอดี ดังนั้นจะเห็นว่า Physical Delay มีผลน้อยมากต่อ Delay Period ดังนั้นผลของการเผาไหม้ส่วนใหญ่จึงเป็นผลเนื่องมาจาก Chemical Delay

ได้มีการค้นคว้าและทดลองเกี่ยวกับ Chemical Delay มาเป็นเวลานานหลายสิบปี แต่ยังไม่มีความข้อมูลที่แน่นอนพอที่จะยืนยันถึงการเกิดปฏิกิริยาของไฮโดรเจนกับออกซิเจน อย่างไรก็ตามได้มีการทดลองยืนยันว่าในช่วงจุดไฟล่าช้าเองที่เกิดสารมลพิษ



รูป 2-12 กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล

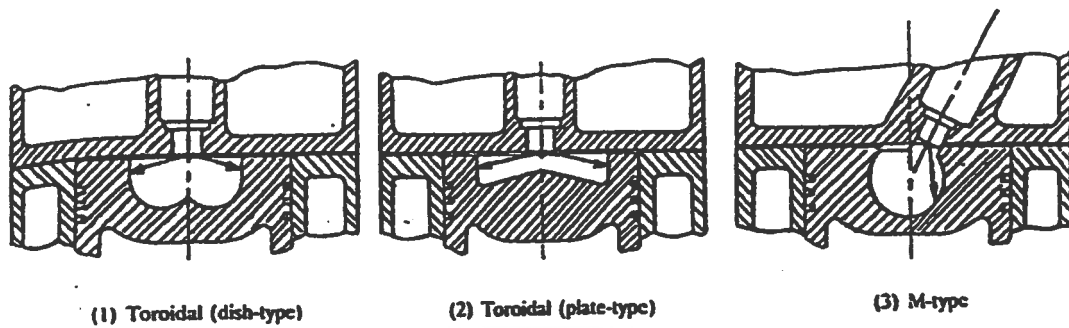
2. **ช่วงความดันขึ้นเร็ว (Rapid Pressure Rise Period)** คือช่วงเวลาที่เริ่มติดไฟจนถึงความดันสูงสุดหรือช่วงที่ความดันเพิ่มอย่างรวดเร็ว ถ้าอัตราการความดัน (dP/dt) ขึ้นเร็วเกินไป จะทำให้เกิดเครื่องน็อกและเกิดการสั่น กำลั้งของเครื่องจะตก จะมีสารมลพิษในไอเสียมาก อัตราความดันจะดีก็ต่อเมื่อ ช่วงจุดไฟล่าสั้นพอเหมาะ ถ้าช่วงยิงยาวอัตราความดันก็จะยิ่งสูง ทั้งนี้เพราะถ้าช่วงจุดไฟล่ายาว ปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้ามาในกระบอกสูบ จะสะสมมากขึ้น เมื่อเกิดการติดไฟ ก็จะติดหลายๆ จุดขึ้นพร้อมๆ กัน ทำให้ความดันเพิ่มสูงอย่างรวดเร็วเกินไป

3. **ช่วงการเผาไหม้ลาม (Combustion Propagation)** ความจริงแล้วการเผาไหม้นั้นเกิดในช่วงที่ 2 มาแล้วเมื่อมีการติดไฟขึ้นแล้ว การเผาไหม้ก็จะลามทันที แต่ในช่วงที่ 2 นั้น การเผาไหม้ลามอย่างรวดเร็วมาก สำหรับในช่วงที่ 3 การลามจะค่อยสม่ำเสมอขึ้นแล้วก็ช้าลง ทั้งนี้เพราะเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามาอยู่เรื่อย จึงจะระเหยและดึงความร้อนจากกระบอกสูบ เชื้อเพลิงที่ระเหยจะกระจายไปทั่วกระบอกสูบ และผสมกับอากาศและติดไฟต่อไป แต่การติดไฟที่สมบูรณ์จะใช้เวลาเพิ่มขึ้น เพราะสารผสมกระจายไปสม่ำเสมอและปริมาณ O_2 ในกระบอกสูบก็ลดลง แก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นก็เพิ่มขึ้นและวนเวียนไปรบกวนการเผาไหม้ ในกรณีเช่นนี้เชื้อเพลิงที่ยังไม่เผาจะมีความร้อนสูง*แต่ขาด O_2 กระบวนการเช่นนี้ทำให้เกิดอนุภาคของแข็ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นธาตุคาร์บอน กระบวนการเช่นนี้เรียกว่า Thermal Decomposition หรือ Polymerization

4. **ช่วงหลังการเผาไหม้ (Blow-down)** ช่วงนี้น้ำมันหยุดฉีดแล้ว แต่การเผาไหม้ยังลามต่อไป เชื้อเพลิงที่กระจายไปรอบ ๆ กระบอกสูบที่ขาด O_2 และสารอนุภาคของแข็งที่เกิดก็จะลามติดไฟอย่างช้า ๆ แม้ว่าลิ้นที่หัวฉีดจะปิดแล้ว แต่ก็เกิดน้ำมันรั่วขึ้นมาอีก เนื่องจากความดันที่ค้างอยู่ในท่อน้ำมัน ส่วนของน้ำมันที่รั่วนี้บางที่เรียก Secondary Injection (การฉีดตกค้าง) จะไม่สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้เกิดควันดำ และ HC ในไอเสียที่ออกมา ในช่วงนี้งานที่ให้น้อยมาก ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ ฉะนั้นในช่วงนี้จึงมีแต่การเพิ่มอุณหภูมิไอเสียเท่านั้น (5)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งเครื่องยนต์ดีเซลออกเป็น 2 แบบ ตามรูปแบบห้องเผาไหม้ คือ

1) **ห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยตรง (Direct Injection Type)** มีลักษณะคือ ช่องว่างบนหัวลูกสูบคือห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดกระจายเข้าหาลูกสูบจากหัวฉีดแบบหลาย ๆ รู ซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของห้องเผาไหม้ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบสูง ๆ จะมีเวลาในช่องการสันดาปสั้นมาก

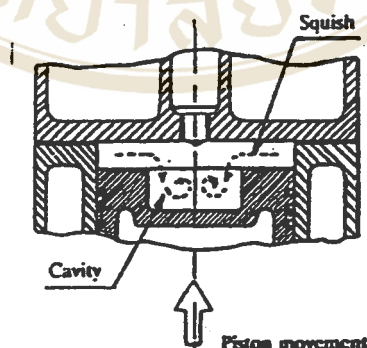


Some Examples of DI Engine

รูป 2-13 ตัวอย่างของเครื่องยนต์ Direct Injection

ในห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยตรง การสันดาปของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นเป็นลำดับดังนี้

1. ท่อไอดีและวาล์วไอดีจะทำหน้าที่หมุนอากาศให้ผสมกับเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามา
2. รอยบ่มตรงกลางของหัวลูกสูบเพื่อเสริมให้เกิดการผสมและเผาไหม้ที่ดีขึ้น
3. รอยบ่มยังทำให้เกิดการไหลอย่างรุนแรงในช่วงของลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายบน โดยแก๊สจะถูกผลักออก และดูดเข้าอย่างรวดเร็ว ทำให้การสันดาปดีขึ้น
4. เมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดมากกระแทกที่ผนังรอยบ่ม จะเกิดการหมุนเวียนของอากาศมากขึ้นทำให้เกิดการผสมดีขึ้น



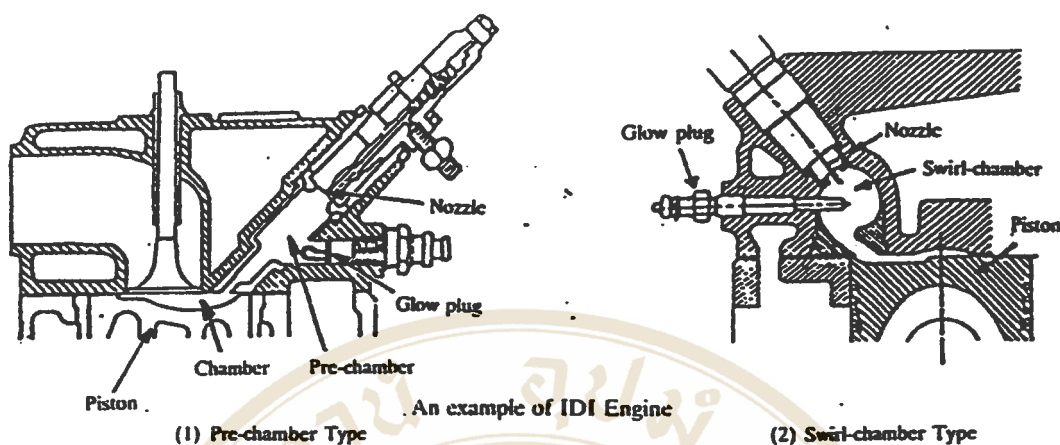
รูป 2-14 การหมุนเวียนของอากาศมากขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงถูกฉีดมากกระแทกที่ผนังรอยบ่ม

สำหรับห้องเผาไหม้ชนิดโดยตรงแบบ Quiescent นั้นเป็นห้องเผาไหม้ที่อากาศเคลื่อนไหว น้อยมาก ดังนั้นหัวฉีดนอกจากจะมีหลายรูแล้วยังต้องออกแบบให้การฉีดน้ำมันกระจายตัวเป็น ละอองให้มากที่สุดด้วย ไม่ให้น้ำมันไปกระทบผิวลูกสูบ หรือผนังกระบอกสูบก่อนการจุดระเบิด หากเกิดกระทบบ่อนการเผาไหม้ จะทำให้ไม่สามารถเผาไหม้ได้เพราะขาดอากาศ ทำให้เกิดเป็นยาง และบางส่วนจะไหลลงก้นอ่าง ห้องเผาไหม้ชนิดโดยตรงแบบ Quiescent จะใช้เฉพาะกับเครื่องยนต์ที่มีรอบต่ำมาก และมีขนาดกระบอกสูบใหญ่กว่า 200 มม.ขึ้นไป

2) แบบฉีดโดยอ้อม (Indirect Injection Type – IDI) แบบฉีดโดยอ้อมจะเพิ่มห้องเผาไหม้ช่วย (Sub-chamber) อีกห้องหนึ่งโดยมีทางเชื่อมต่อกันระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสองห้องเผาไหม้ แบบฉีดโดยอ้อมนี้จะทำให้แก๊สหมุนเวียนได้ดีขึ้นมาก เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ช่วยก่อน และบางส่วนจะถูกเผาโดย glow plug ทำให้อุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้ช่วยสูงมาก เป็นผลให้ผลัดกระแทกส่วนผสมและน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้หลัก (main chamber) อย่างแรงไปตามทางต่อเชื่อม (Tunnel) ทำให้เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ในห้องเผาไหม้หลัก ห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยอ้อมแบบได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (Pre-chamber-PC) ห้องเผาไหม้ช่วยแบบล่วงหน้าจะมีปริมาตรประมาณร้อยละ 30-40 ของปริมาตรอัด และเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 25-35 ของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าจะถูกเผาในห้องเผาไหม้นี้ ส่วนเชื้อเพลิงส่วนที่เหลือที่ฉีดเข้ามานั้นก็จะถูกกระแทกอัดอย่างแรงจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้าผ่านทางต่อเชื่อม (Tunnel) เข้าห้องเผาไหม้หลัก ซึ่งจะเกิดการผสมอย่างดี และเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ต่อไป ทางต่อเชื่อมจะมีพื้นที่หน้าตัดประมาณร้อยละ 0.3-0.7 ของขนาดลูกสูบ หากทางต่อเชื่อมเล็กเกินไป จะทำให้เกิดการสูญเสียทางความร้อนมากขึ้น

2. แบบห้องเผาไหม้หมุนวน (Swirl-chamber-SC) ห้องเผาไหม้ช่วยแบบหมุนวนนี้มีลักษณะเป็นทรงกลมหรือวงกลมหมุนวนต่อเชื่อมกับห้องเผาไหม้หลัก ห้องเผาไหม้หมุนวนจะมีปริมาตรประมาณร้อยละ 50 ของปริมาตรอัด (Compression volume) จะเกิดการหมุนวนอย่างรุนแรงในห้องเผาไหม้ หมุนระหว่างช่องอัดของลูกสูบ และจะเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประมาณครึ่งหนึ่งที่ห้องเผาไหม้หมุนวน (Lyn) ส่วนที่เหลือจึงเผาต่อไปในห้องเผาไหม้หลัก การหมุนเวียนของแก๊สในห้องเผาไหม้หมุนวนจะสูงขึ้นหากความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ดังนั้นห้องเผาไหม้หมุนวนนี้ จึงเหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีความเร็วรอบสูง ทางต่อเชื่อมสำหรับห้องเผาไหม้หมุนวน และห้องเผาไหม้หลัก จะมีพื้นที่หน้าตัดประมาณร้อยละ 1-3 ของขนาดลูกสูบ



รูป 2-15 ตัวอย่างของเครื่องยนต์ Indirect Injection

เปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องยนต์ที่มีห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยอ้อม (IDI) และโดยตรง (ID) (8)

1. เครื่องยนต์ที่มีห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยอ้อมนั้น เชื้อเพลิงบางส่วนจะถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ช่วย และส่วนผสมทั้งหมด จะถูกอัดผ่านทางท่อเชื่อมเข้าห้องเผาไหม้หลัก ซึ่งอากาศในห้องเผาไหม้หลักจะถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การเผาไหม้จะนุ่มนวลกว่า อัตราการเพิ่มความดันจะต่ำกว่าอุณหภูมิและความดันสูงสุดจะต่ำกว่า ปริมาณ NO_x จะน้อยกว่า เสียงจะดังน้อยกว่า เครื่องจะทำให้ลดน้ำหนักได้เพราะไม่ต้องต้านความดันสูง

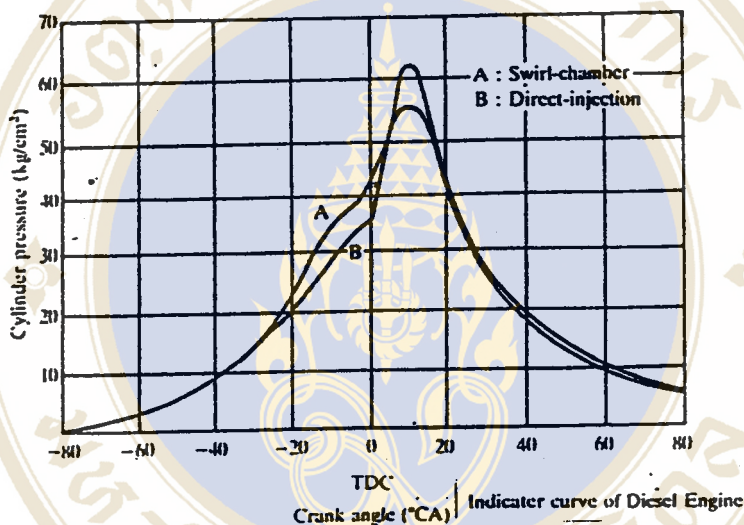
2. ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่เหลือในห้องเผาไหม้ช่วยจะถูกเผาจนหมด เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์เพราะมีอากาศเกินพอในเครื่องยนต์ดีเซล ทำให้ควันดำน้อยลง และปริมาณ HC เกือบจะไม่มีเลย

3. เนื่องจากแก๊สถูกอัดมาจากห้องเผาไหม้ช่วยเข้าห้องเผาไหม้หลัก โดยผ่านทางท่อเชื่อม มีปริมาณมากและมีความเร็วสูงมาก อัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาณห้องเผาไหม้สูง ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังสูงด้วย เป็นผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ ลดลงประมาณร้อยละ 10-20 ซึ่งเป็นผลดีในการลดปริมาณ NO_x

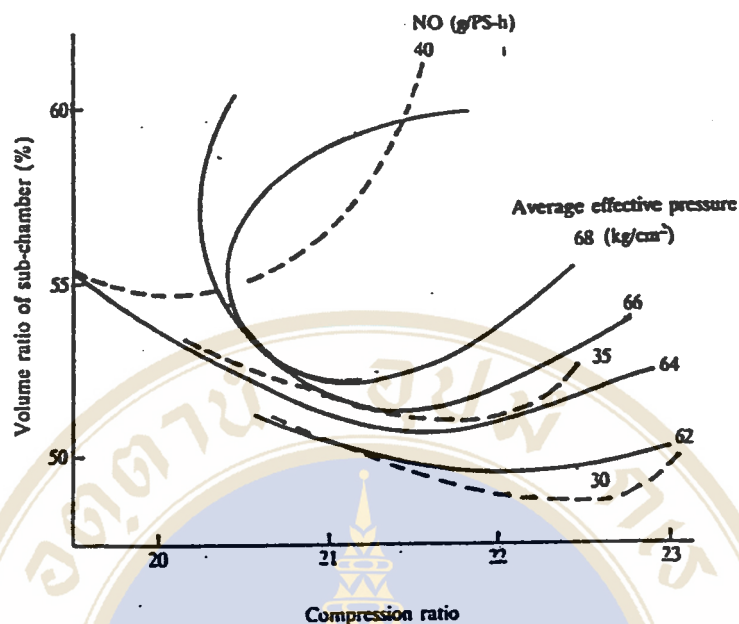
4. แก๊สร้อนที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกอัดจากห้องเผาไหม้ช่วยกระแทกบนหัวลูกสูบ ทำให้เกิดอุณหภูมิสูงเฉพาะที่ โอกาสที่ลูกสูบจะเกิดรอยร้าวมีง่ายขึ้น

5. ขณะอัดอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้ช่วย ทำให้เกิดการเสียดสี ก่อให้เกิดอุณหภูมิห้องเผาไหม้ช่วยเย็นลง เนื่องจากน้ำหล่อเย็นด้วย ทำให้อุณหภูมิในการจุดเชื้อเพลิงต่ำ ซึ่งต้องใช้ glow plug ในการช่วยจุดไฟ

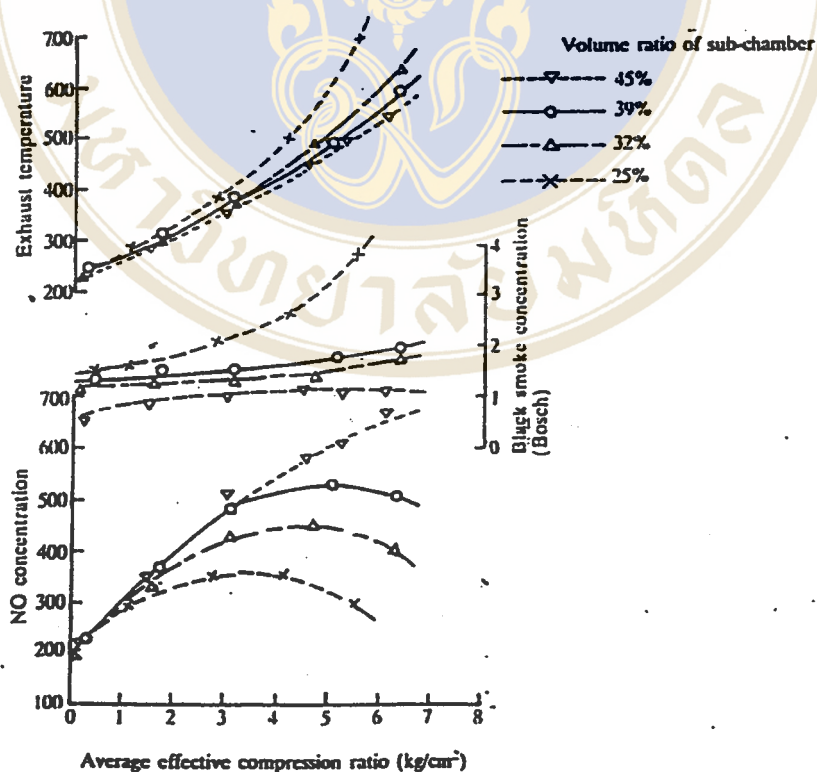
6. อัตราส่วนปริมาตรของห้องเผาไหม้หลักต่อห้องเผาไหม้ช่วย และขนาดของทางต่อเชื่อม มีผลกระทบต่อไอเสียมาก ถ้าอัตราส่วนของห้องเผาไหม้ช่วยน้อย จะทำให้ช่วยลดปริมาณ NO_x แต่ก็ทำให้ความดัน ประสิทธิภาพผลเฉลี่ยต่ำลง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะน้อยลง และจะเพิ่มควันดำ ดังนั้น จึงต้องมีเกณฑ์จำกัดการลดขนาดของห้องเผาไหม้ช่วย



รูป 2-16 แสดง P-t curve ของเครื่องยนต์ดีเซล



รูป 2-17 ตัวอย่างของผลกระทบของห้องเผาไหม้ต่อ NO_x และกำลัง (5)



รูป 2-18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาตรห้องเผาไหม้ช่วยต่อ NO_x ควันดำและอัตราส่วนกำลังอัด (5)

ตาราง 2-1 สรุปผลดีผลเสียของห้องเผาไหม้แบบต่างๆ (โดยทั่วไปอาจไม่เป็นจริงสำหรับเครื่องยนต์บางแบบ) (5)

	แบบฉีดโดยอ้อม (IDI)		แบบฉีดโดยตรง (ID)	
	ห้องเผาไหม้ลว่งหน้า (PC)	ห้องเผาไหม้หมุนวน	อากาศหมุนวน	อากาศนิ่ง
1	เสียความร้อนมาก		เสียความร้อนพอสมควร	เสียความร้อนน้อย
2	ใช้อากาศผสมได้ดี		ผสมดีพอสมควร	ผสมได้พอใช้
3	เริ่มการจุดระเบิดยาก		จุดระเบิดได้ง่าย	
4	แบบการฉีดน้ำมันง่าย		แบบการฉีดยากขึ้น	แบบการฉีดยุ่งยากมาก
5	เครื่องต้องมีความเร็วรอบสูง		ความเร็วรอบปานกลาง	ความเร็วรอบต่ำ
6	มีข้อจำกัดที่วาล์ว	พื้นที่หน้าตัดวาล์วจำกัด	พื้นที่วาล์วไม่มีปัญหา	พื้นที่วาล์วดีมาก
7	เสียงานผ่านทางช่องเชื่อม	เสียงานบางส่วน	ไม่มีการเสียงาน	
8	ความดันในห้องเผาไหม้หลักไม่สูงมาก		ความดันในห้องเผาไหม้หลักสูงมาก	

สิ่งที่จะเป็นปัจจัยในการก่อกมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล นอกจากลักษณะทางกายภาพของตัวเครื่องยนต์แล้ว อีกปัจจัยหนึ่ง คือ น้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ที่มีในประเทศไทยขณะนี้มีอยู่ 4 ประเภท คือ น้ำมันเบนซิน ชนิดพิเศษและธรรมดา น้ำมันดีเซลและ LPG หรือก๊าซเหลว ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ประเภทนี้ได้มาจากปิโตรเลียมทั้งสิ้น สำหรับในประเทศไทยนั้น น้ำมันเบนซินและดีเซล ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบเป็นส่วนใหญ่ ส่วน LPG จะได้จากแก๊สธรรมชาติ ในที่นี้จะกล่าวถึงน้ำมันดีเซลซึ่งมีลักษณะเฉพาะดังนี้

น้ำมันดีเซล เป็นองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอน ที่มีคาร์บอนอะตอม ตั้งแต่ C_{12} จนถึง C_{14} มาจากสายของ Cas oils ผสมกับสาย Karosine มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 180-360 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นประมาณ 0.84 มีความร้อนจำเพาะ (Calorific Value) ประมาณ

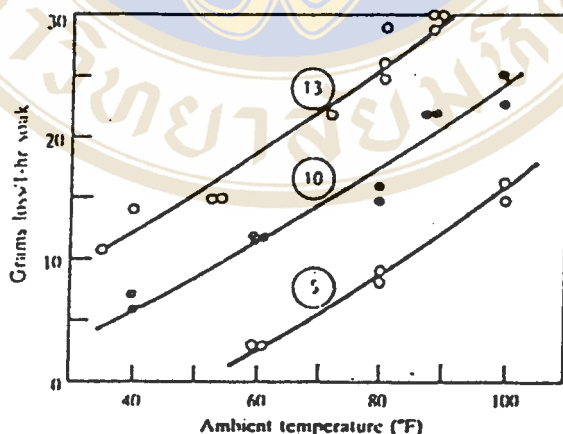
42.5 MJ/kg มีค่า Cetane number ประมาณ 45-47 (ค่า Cetane number หมายถึง ตำแหน่งการระเบิดที่เทียบเท่าน้ำมันที่เป็นอัตราส่วนผสม (%) ของ Cetane ($C_{16}H_{34}$) กับ alpha-methyl-naphthalene ($C_{10}H_{10}$)

แหล่งกำเนิดมลพิษจากเครื่องยนต์

เมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องยนต์และระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะพบว่า มีแหล่งกำเนิดมลพิษจากเครื่องยนต์ 3 แหล่งคือ

1. การระเหย (Fuel evaporation gas)

คือ สารไฮโดรคาร์บอน ที่ระเหยออกมาจากส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เช่น จากถังน้ำมัน และคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งปริมาณและมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของน้ำมัน ซึ่งอาจเทียบเป็น Reid Vapor Pressure (RVP) ได้ ถ้า RVP ยิ่งสูง ก็จะยิ่งระเหยได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2-19 จากสัดส่วนของ HC ที่ปลดปล่อยออกมาทั้งหมดจากเครื่องยนต์ ประมาณได้ว่า จะมี HC ปลดปล่อยออกมา 20% จากระบบนี้ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อพิจารณาจุดเดือดของน้ำมันดีเซลจะพบว่า สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมาก และองค์ประกอบของเครื่องยนต์ ก็ไม่มีคาร์บูเรเตอร์ จึงไม่มีการปลดปล่อยของสารไฮโดรคาร์บอน เนื่องมาจากการระเหย

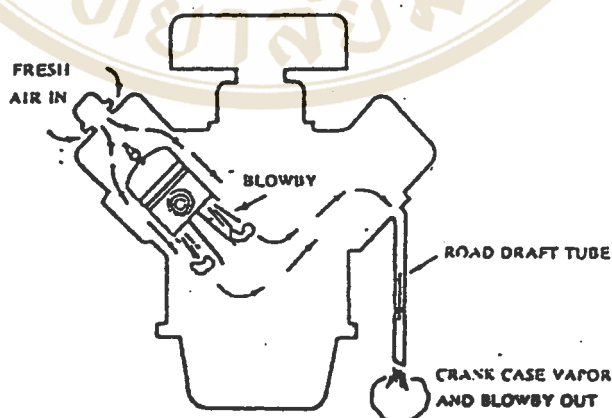


รูป 2-19 การระเหยของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิและ RVP ต่าง ๆ

การเปิดปิดถังน้ำมันบอย จะทำให้น้ำมันระเหยออกมากขึ้น โดยเฉพาะขณะเติมน้ำมันปริมาณที่ระเหยจะเท่ากับปริมาตรของน้ำมันที่เติมเข้าไป สำหรับคาร์บิวเรเตอร์จะมีอุณหภูมิเท่ากับบรรยากาศ แต่เมื่อดับเครื่องยนต์ คาร์บิวเรเตอร์จะดูดความร้อนของเครื่องยนต์ ทำให้ร้อนขึ้น และน้ำมันในคาร์บิวเรเตอร์ก็จะระเหยออกมาทางช่องคาร์บิว ถ้าเครื่องร้อนมากก็จะระเหยมากขึ้น การระเหยของเชื้อเพลิง ทั้งจากถังน้ำมันและคาร์บิวเรเตอร์ ส่วนใหญ่จะเป็น HC ทั้งหมดซึ่งคิดเทียบกับสารมลพิษที่ออกจากเครื่องทั้งหมดเป็นประมาณ 20%

2. การปลดปล่อยจากกันอ่าง (Crank case)

มลพิษจากกันอ่างเกิดขึ้นจากการรั่วซึมในกระบอกสูบและลูกสูบลงมาถึงกันอ่างในจังหวะอัดและจังหวะกำลัง ซึ่งโดยทั่วไปเรียกก๊าซพวกนี้ว่า Blow by gas ซึ่งมักจะเป็น HC ทั้งสิ้น โดยประมาณแล้วจะมาจาก HC กับอากาศประมาณ 85% และจากไอเสีย 15% ก๊าซเหล่านี้จำเป็นต้องปลดปล่อยจากกันอ่าง มิฉะนั้นจะเกิดความเสียหายกับเครื่องยนต์ เพราะก๊าซและน้ำมันในกันอ่างจะผสมกันเป็นตะกอน และทำปฏิกิริยาเกิดเป็นกรด กัดกร่อนโลหะต่างๆ ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย และโดยประมาณสำหรับเครื่องยนต์เบนซินชนิด 4 จังหวะ HC จะปลดปล่อยออกจากระบบนี้ 25% ของ HC ทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากเครื่องยนต์ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลตามที่ได้อธิบายแล้วว่า น้ำมันดีเซลมีการระเหยน้อย แหล่งกำเนิด HC จึงมาจากไอเสีย คือ ประมาณ 1% ของ HC ทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากเครื่องยนต์ดีเซล



รูป 2-20 การปลดปล่อยของ Blow by gas ออกจากกันอ่าง

3. การปลดปล่อยจากระบบไอเสีย (Exhaust)

มลพิษจากระบบนี้ เป็นส่วนที่มีอันตรายและมีปริมาณมากที่สุด ซึ่งมาจากผลการสันดาปของเชื้อเพลิงและสารอื่นๆ เช่น สารไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้ และที่เผาไหม้แล้วบางส่วน CO ที่มาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ NO_x ที่เกิดจากการเผาไหม้ของไนโตรเจน (ซึ่งมีปรากฏอยู่เดิมในอากาศที่เข้าไปสันดาป) กับอากาศที่ที่อุณหภูมิสูง SO_2 SMP Pb ที่ใช้เดิมในน้ำมันเบนซิน และยังมีควันดำ ที่เป็นลักษณะเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลอีกด้วย ซึ่งปริมาณมลพิษต่าง ๆ เหล่านี้ จะมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ อัตราการใช้อากาศ สถานการณ์ และสถานะ โดยเฉพาะช่วงของการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ซึ่งไม่อาจทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ ดังตาราง 2-2 แสดงความแตกต่างของการปลดปล่อยมลพิษ 3 ชนิด คือ CO HC และ NO_x

ตาราง 2-2 สัดส่วนการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ประเภทต่าง ๆ

	รถเบนซิน 4 จังหวะ			ดีเซล		
	CO	HC	NO_x	CO	HC	NO_x
Exhaust gas	100	55	100	100	99	100
Blow-by gas	-	25	-	-	1	-
Fuel evaporation gas	-	20	-	-	-	-

เนื่องจากความแตกต่างของเครื่องยนต์เชื้อเพลิง และเงื่อนไขเฉพาะของแต่ละเครื่องยนต์ ส่งผลให้ปริมาณของมลพิษที่ปลดปล่อยจากเครื่องยนต์แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังมีบางทฤษฎีกล่าวถึงแหล่งกำเนิดมลพิษในรถยนต์ และเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยที่แตกต่างกันออกไปอีก

James P. Tomany อ้างถึงในจิตติวัฒน์ (7) แหล่งกำเนิดมลพิษและเปอร์เซ็นต์ของสารมลพิษจากแต่ละแหล่งกำเนิดได้แก่

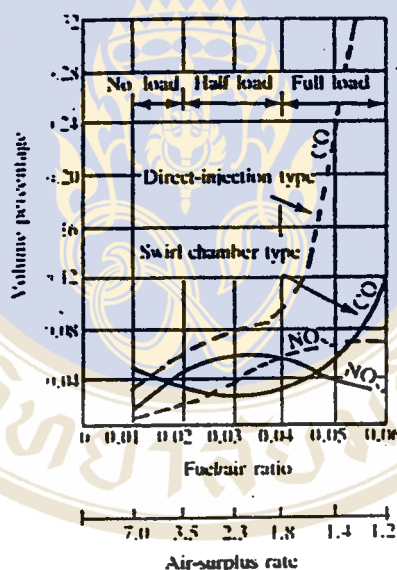
- 1) ก้นอ่าง : HC 25%, particulates 25%
- 2) ถังน้ำมัน และคาร์บูเรเตอร์ : HC 20%
- 3) ไอเสีย : HC 55%, CO 99%, NO_x 99%, SO_x 99%, particulates 75%

(ประเสริฐ อังสุวรรณะ อ้างถึงในจิตติวัฒน์ (7))

มลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล (5)

ในเครื่องยนต์ดีเซล สารมลพิษจากเครื่องยนต์ที่มีปริมาณมากที่สุดจากไอเสียคือ NO_x และอนุภาคของแข็ง (ควันดำ) HC และ CO บ้าง แล้วแต่กรณี นอกจากนี้ภาวะมลพิษที่ถือว่าร้ายแรงอีกคือกลิ่นและเสียง และแอลดีไฮด์ จะเห็นว่า แตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการทำงานการสันดาปภายในกระบอกสูบ และคุณสมบัติของเชื้อเพลิงต่างกัน

1. คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กระบวนการผลิต CO ในเครื่องยนต์ดีเซลมีส่วนคล้ายคลึงกับการเกิด CO ในเครื่องยนต์เบนซิน กล่าวคือ CO จะเกิดมากหากอัตราการให้อากาศเพิ่มและลดอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นกระบวนการของการเกิดควันดำด้วย ธรรมดาทั่วไปจะเดินเครื่องยนต์ดีเซลด้วยอากาศที่มีมากกว่าอยู่แล้ว คืออัตราการให้อากาศจะเป็น 1.2-10 เท่า ดังนั้นปริมาณ CO ที่เกิดจึงน้อยมาก เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์เบนซิน



รูป 2-21 การเกิด CO และ NO_x ต่ออัตราการให้อากาศ

2. ไฮโดรคาร์บอน (HC) เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อย HC ออกมาน้อยมากด้วยเหตุผลเดียวกับการปล่อย CO แต่ปริมาณ HC จะเพิ่มด้วยเหตุผลอื่นอีก คือ

ก. ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่หนาจะสัมผัสผนังเสื้อสูบที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิด HC ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับ O₂ และไม่เกิดการเผาไหม้เลย

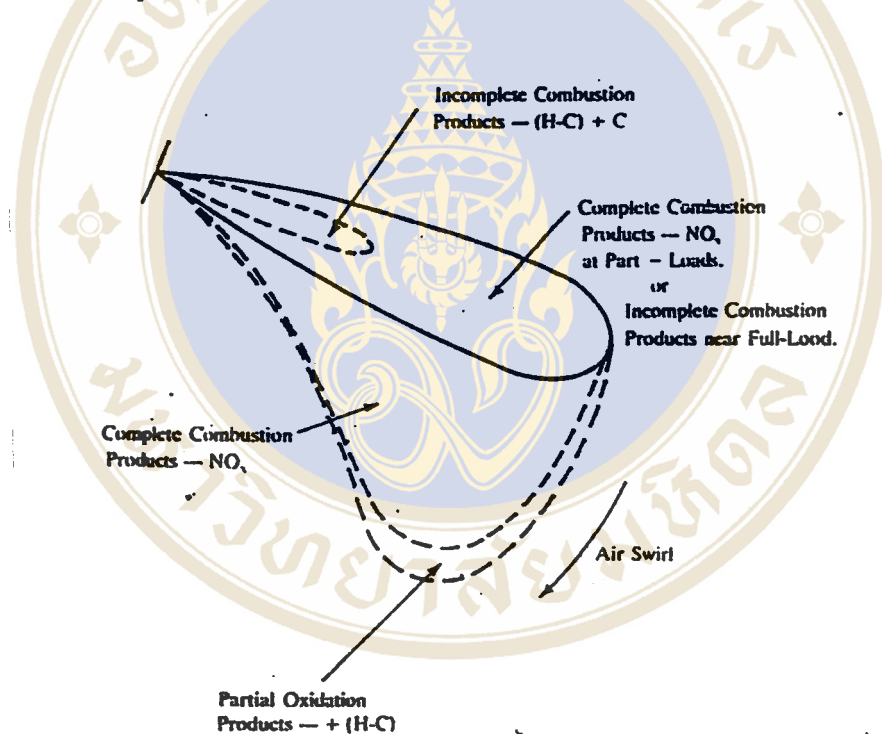
ข. หากส่วนผสมบางมากเกินไป เปลวไฟจะดับ ทำให้เกิด HC มาก

ค. น้ำมันเหลือหลังหัวฉีด ๆ แล้ว ส่วนที่เหลือเป็นหยดนี้ไม่สามารถเผาไหม้ต่อไปได้ ทำให้เกิด HC

ง. เชื้อเพลิงหล่อลื่นในเสื้อสูบและกระบอกสูบเผาไหม้ไม่หมด จะทำให้เกิด HC

3. ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) การเกิด NO_x ก็เกิดทำนองเดียวกับเครื่องยนต์เบนซิน เป็นการยากที่จะบอกว่า NO_x เกิดมากน้อยเท่าไร และเกิดที่ไหนในกระบอกสูบ เนื่องจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงเท่ากับอุณหภูมินั้น เปลี่ยนแปรตามกันอย่างซับซ้อนมาก ระหว่างช่องของการเกิดการสันดาปในกระบอกสูบที่มี O_2 มาก จะเป็นการสันดาปที่ดีการเผาไหม้จะสมบูรณ์และรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิสูงมาก และอุณหภูมิจะสูงอยู่นาน NO_x จะเกิดในช่องนี้มาก

4. ควันดำ แกนกลางของลำน้ำมันที่ฉีดเข้ากระบอกสูบ แยกกระจายออกไปได้ยากและมีความหนาแน่นสูง เมื่อแกนน้ำมันนี้ปะทะอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบและขนาด O_2 ช่วยในการสันดาป เนื่องจาก ถูกใช้ไปหมดแล้ว จะทำให้เกิดละอองคาร์บอนขึ้น เป็นผลให้เกิดควันดำ



รูป 2-22 การก่อตัวของสารมลพิษในลำน้ำมันที่ฉีดเข้าไปในอากาศหมุนวน

ทำนองเดียวกัน เชื้อเพลิงที่ฉีดมาแต่กระบอกสูบ เสื้อสูบ และเชื้อเพลิงหยดหลังการฉีดน้ำมันและทำให้เกิดเป็นควันดำด้วย

2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (1)

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เริ่มดำเนินการติดตั้งระบบเมื่อต้นเมษายน 2540 และเริ่มทดลองใช้งาน เมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม 2541 ในลักษณะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับแหล่งพลังงาน(Switched Hybrid System) มีส่วนประกอบของระบบดังนี้

1. ระบบย่อยโซล่าเซลล์ (Photovoltaic array)

ประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ของบริษัท SIEMENS รุ่น SP 75 จำนวน 140 แผง ต่ออนุกรม 10 แผง ขนาน 14 แถว เพื่อผลิตแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ประมาณ 217 V กระแสไฟฟ้าลัดวงจรประมาณ 67.2 A ในการประจุแบตเตอรี่ 120 V รวมกำลังไฟฟ้าสูงสุด 10.5 kWp

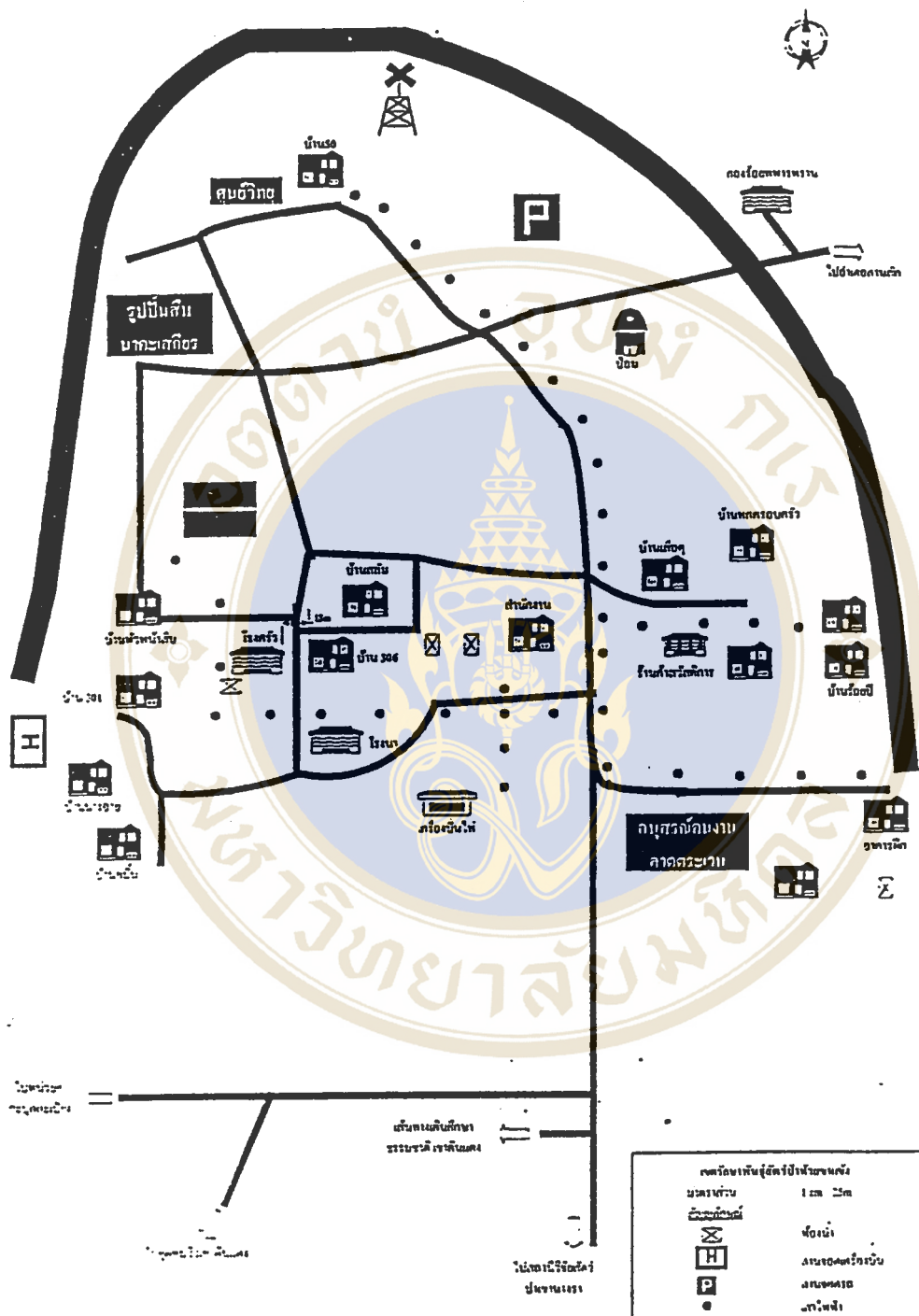
2. ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ (Diesel generator)

เป็นดีเซลเจนเนอเรเตอร์ที่ใช้งานภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเดิม เป็นชุดที่ใช้สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองในกรณีที่ดีเซลเจนเนอเรเตอร์หลักชำรุด หรือใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเสริม ในกรณีที่มีภาระทางไฟฟ้าสูงสุด เกินพิกัดของดีเซลเจนเนอเรเตอร์หลัก เป็นดีเซลเจนเนอเรเตอร์ขนาดเล็กไม่เกิน 10 kW

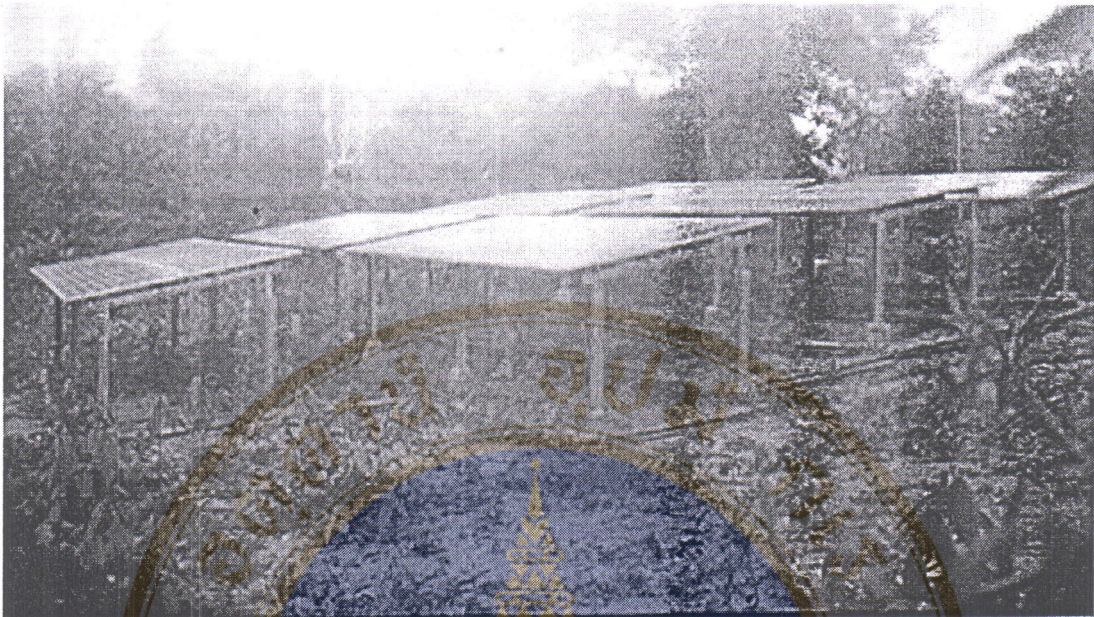
ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ประกอบด้วย 2 ชุด ชุดแรกทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า เมื่อระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนตัดออกจากระบบ หรือช่วงเวลาที่มีการใช้ภาระทางไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูง เช่น เตาไรด เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เป็นต้น ชุดที่สองใช้สำหรับประจุระบบย่อยแบตเตอรี่ ในกรณีที่ไม่มีรังสีอาทิตย์ติดต่อกันหลายวัน ทำให้แรงดันไฟฟ้าของระบบย่อยแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำสุด (Disconnect Voltage) ที่ 113 V

คุณสมบัติของดีเซลเจนเนอเรเตอร์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

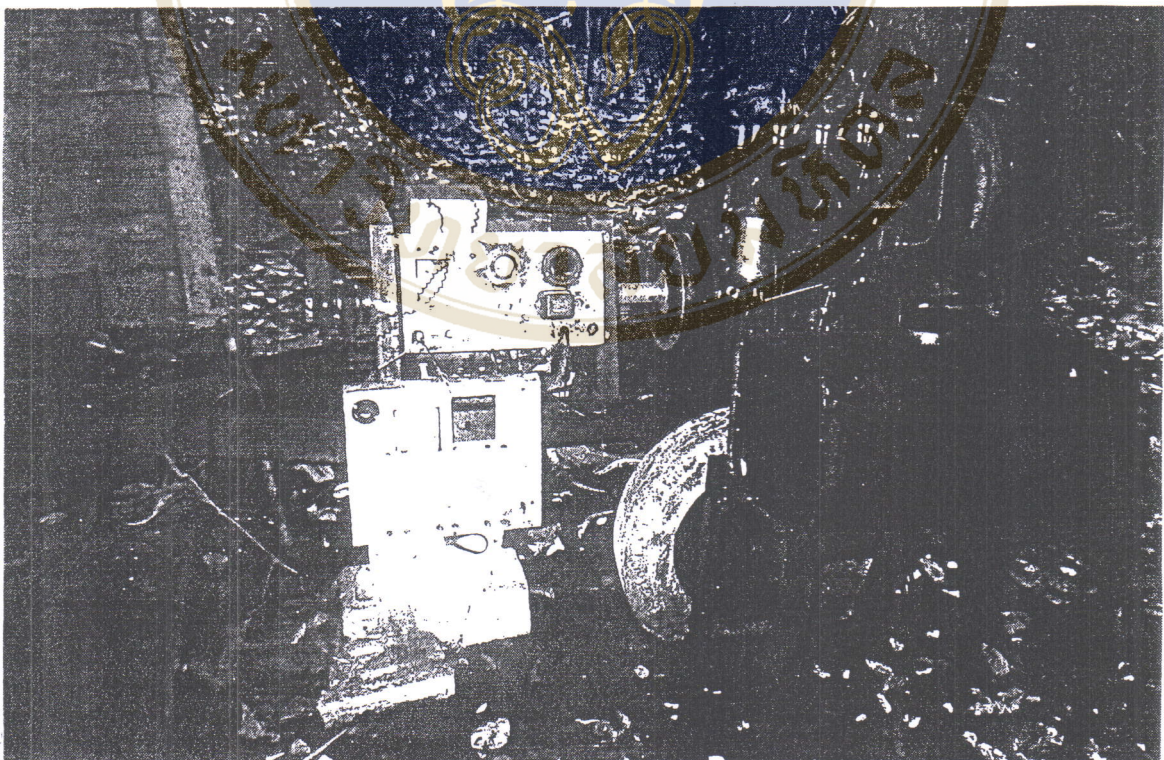
	ชุดแรก	ชุดที่สอง
เครื่องยนต์	JOHNDEER	JOHNDEER
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	STANDARD	STANDARD
พิกัดกำลังไฟฟ้า	42	10 kW
แรงดันไฟฟ้าที่พิกัด	220	380/220 V
กระแสไฟฟ้าที่พิกัด	60	30 A
ความถี่	50	50 Hz
ความเร็วรอบ	1500	150 rpm
เพาเวอร์แฟคเตอร์	0.8	0.8



รูป 2-23 แผนผังเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง



รูป 2-24 ระบบย่อยโซล่าเซลล์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง



รูป 2-25 ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง



3. ระบบย่อยแบตเตอรี่ (Battery bank)

ประกอบด้วยแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบสเตชันนารีชนิดเติมน้ำกลั่น (Vented – Type Stationary Lead – Acid Battery) ยี่ห้อ FULMEN รุ่น SOLAR 650 จำนวน 180 ลูก ต่ออนุกรมกัน 60 ลูก ขนาน 3 แถว เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 120 V ความจุทางไฟฟ้า 1950 Ah พลังงาน ไฟฟ้ารวมของระบบย่อยประมาณ 234 kWh

4. อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เลือกใช้อินเวอร์เตอร์ ที่สร้างรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับแบบไซน์ชวยคอลล (Sine Wave) ของบริษัท ลีโ อีเลคทรอนิกส์ รุ่น LEONICS APOLLO S - 304 ขนาด 5 kW จำนวน 2 เครื่อง รับแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงประมาณ 95 - 165 V จากแบตเตอรี่ และเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้า 220 V ความถี่ 50 Hz

5. ชุดประจุแบตเตอรี่จากดีเซลเจนเนอเรเตอร์ (Charger)

ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เลือกใช้ชุดประจุแบตเตอรี่จากดีเซลเจนเนอเรเตอร์ ของบริษัท ลีโ อีเลคทรอนิกส์ รุ่น C5-120-100 ขนาดพิกัด กำลังไฟฟ้า 50 kW จำนวน 1 เครื่อง รับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านเข้า 220 V เปลี่ยนเป็นไฟฟ้า กระแสตรง 120 V สำหรับประจุแบตเตอรี่

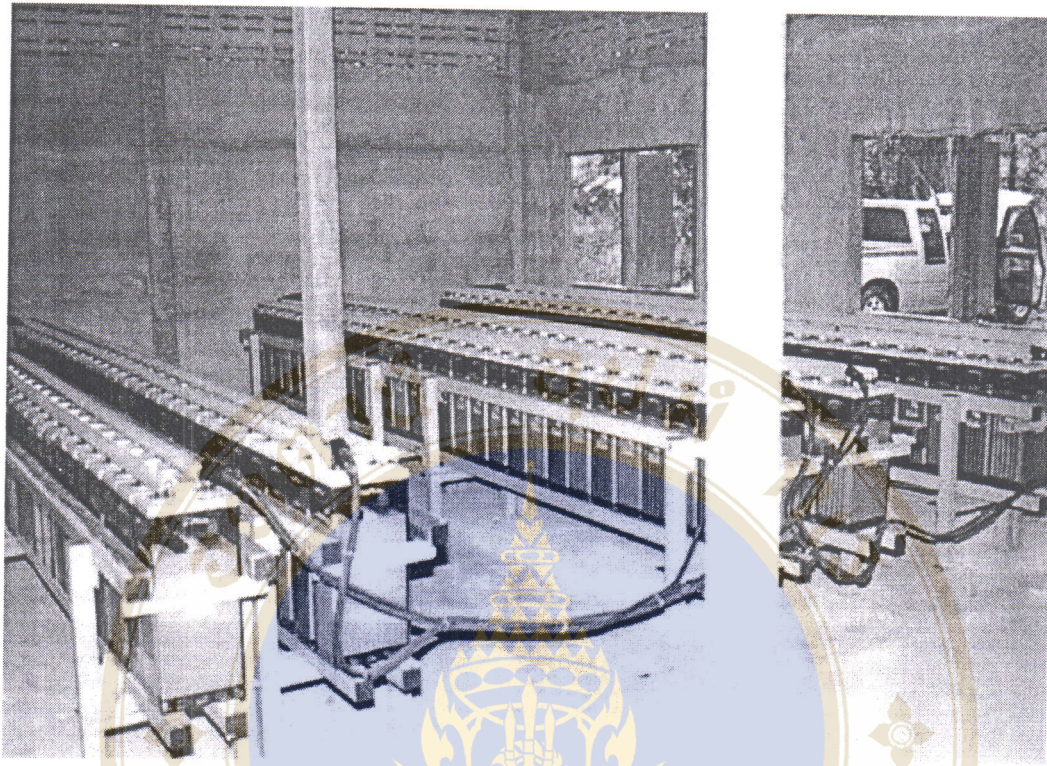
6. ชุดควบคุม (Control Unit)

ชุดควบคุมในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน แบบอิสระ โซลาร์เซลล์ - ดีเซล เจเนอเรเตอร์ ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. อุปกรณ์ป้องกัน (Safety Subsystem) ประกอบด้วยอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ ดังนี้

1.1 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า(Electrical Shock) อุปกรณ์ป้องกันอันตราย จากกระแสไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ห้วยขาแข้ง ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

ก. ระบบกราวด์ (Structure Grounding) ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ เชื่อมต่อระบบกราวด์ของทั้งระบบเข้าด้วยกัน



รูป 2-26 ระบบย่อยแบตเตอรี่ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง



รูป 2-27 อินเวอร์เตอร์และชุดประจุแบตเตอรี่จากดีเซลเจนเนอเรเตอร์

ข. ระบบตัดตอน (Disconnects) ในระบบใช้สวิตช์ปรอท (Mercury Displacement Relay) และเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ติดตั้งในชุดควบคุม PMC 9700 Integrated Photovoltaic Controller ประกอบด้วยอุปกรณ์ ตัดตอนในระบบขนาดต่าง ๆ ดังนี้

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+PV.1)
ขนาด 60 A สำหรับตัดต่อระบบย่อยโซล่าเซลล์แถวที่ 1
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+PV.2)
ขนาด 60 A สำหรับตัดต่อระบบย่อยโซล่าเซลล์แถวที่ 2
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+PV.3)
ขนาด 60 A สำหรับตัดต่อระบบย่อยโซล่าเซลล์แถวที่ 3
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+RECTIFIER)
ขนาด 100 A สำหรับตัดต่อชุดประจุแบตเตอรี่จาก
ดีเซลเจเนอเรเตอร์
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+BATTERY MAIN DISCO)
ขนาด 250 A สำหรับตัดต่อระบบย่อยแบตเตอรี่
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+CONTROLLER DISCONNECT)
ขนาด 175 A สำหรับตัดต่อชุดควบคุมออกจากระบบ
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+INVERTER)
ขนาด 60 A สำหรับตัดต่ออินเวอร์เตอร์
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+LOAD1)
ขนาด 20 A สำหรับตัดต่อภาระทางไฟฟ้าส่วนแรก
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (+LOAD2)
ขนาด 20 A สำหรับตัดต่อภาระทางไฟฟ้าส่วนที่สอง

ค. ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอันตรายจากการลัดวงจรหรือกระแสไฟฟ้าเกิน ประกอบฟิวส์ขนาด 6 A สำหรับป้องกันระบบย่อยโซล่าเซลล์แต่ละแถว โดยติดตั้งอยู่ใน ชุดควบคุมระบบย่อยโซล่าเซลล์ (PV array junction box)

1.2 ระบบย่อยแบตเตอรี่ (Battery Subsystem) อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากการลัดวงจรของระบบย่อยแบตเตอรี่ ใช้ฟิวส์กระบอกขนาด 100 A สำหรับตัดต่อระบบย่อยแบตเตอรี่เพื่อการบำรุงรักษาระบบย่อย หรือตัดระบบย่อยแบตเตอรี่ออกจากระบบในกรณีที่เกิดการลัดวงจรของระบบย่อยแบตเตอรี่

1.3 ระบบย่อยโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic Subsystem) ในการป้องกันใช้บล็อกกิ้งไดโอด (Blocking Diode) ขนาด 50 A 250 V และฟิวส์สวิตช์ขนาด 6 A ต่อกับระบบย่อยโซลาร์เซลล์แต่ละแถว ปิดติดกับแผ่นระบายความร้อน ติดตั้งภายในชุดควบคุมระบบย่อยโซลาร์เซลล์

1.4. ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1.4.1 ระบบล่อฟ้า ติดตั้งที่ด้านหลังของระบบย่อยโซลาร์เซลล์ เพื่อป้องกันฟ้าผ่าลงที่แผงโซลาร์เซลล์หรือระบบควบคุม ระบบล่อฟ้าประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

ก. หลักล่อฟ้า (Air Terminal) แบบสามง่าม ติดตั้งบนยอดเสาสูง

15 m

ข. สายตัวนำลงดิน (Down Conductor) ใช้สายทองแดงขนาดพื้นที่หน้าตัด 25 mm² ต่อระหว่างหลักล่อฟ้ากับหลักสายดิน

ค. หลักสายดิน (Earth Electrode) ต่อเข้าด้วยกัน ด้วยสายตัวนำลงดิน

1.4.2 อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินประเภท Metal Oxide Varistor (MOV) ระหว่างสายบวกของระบบย่อยโซลาร์เซลล์แต่ละแถว และสายลบกับระบบกราวด์

2. ระบบวัดและเก็บข้อมูล

ระบบวัดและเก็บข้อมูลแยกออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะของข้อมูล คือ ข้อมูลรายวันและข้อมูลเฉพาะขณะ

ก. ข้อมูลเฉพาะขณะ ติดตั้งความต้านทานชั้นสำหรับวัดกระแสไฟฟ้าในแต่ละส่วนของระบบสำหรับภาคไฟฟ้ากระแสตรง และติดตั้งหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current transformer) สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าในภาคไฟฟ้ากระแสสลับ พร้อมกับชุดแสดงแรงดันและกระแสไฟฟ้าของระบบในแต่ละส่วน

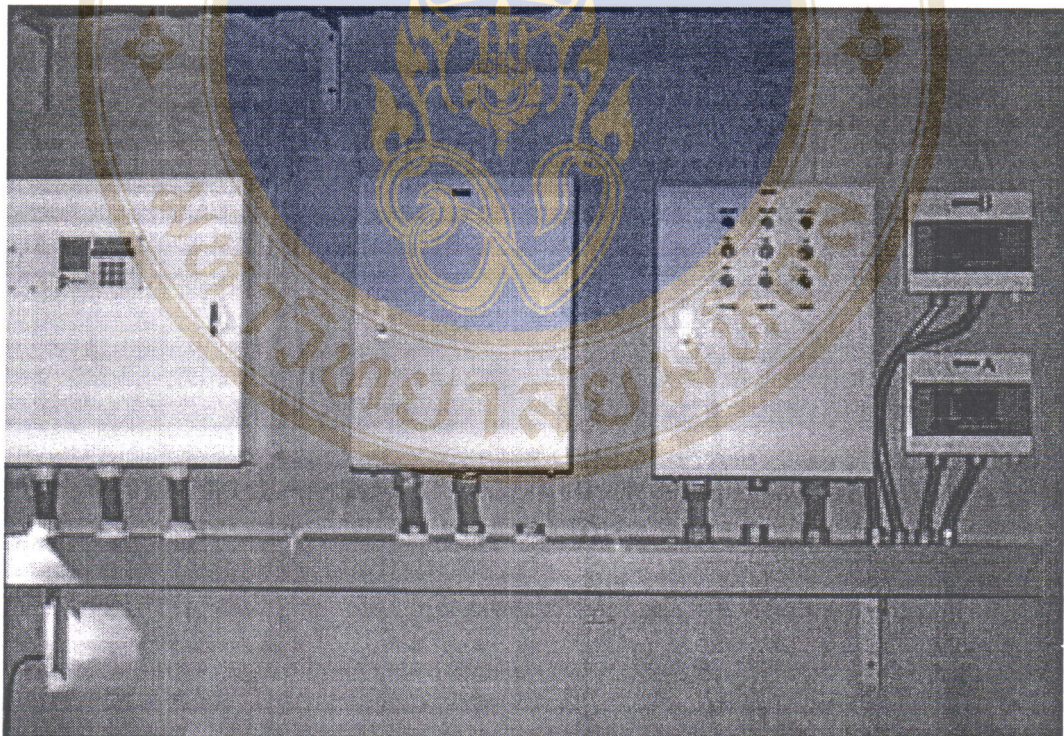
ข. ข้อมูลรายวัน ติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับแบบเฟสเดียว สำหรับวัดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทน ส่วนที่สองเป็นเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า โดยดีเซลเจนเนอเรเตอร์ ติดตั้งในห้องควบคุม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาสมรรถนะของระบบเบื้องต้น

3. ชุดควบคุมการทำงานแบบสลับแหล่งพลังงาน (Interlock Unit)

เป็นชุดควบคุมที่ทำหน้าที่แยกการจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนและดีเซลเจนเนอเรเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้เป็นลักษณะ ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน แบบสลับแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถเลือกการควบคุมได้ทั้งแบบควบคุมด้วยมือ (Manual control) หรือควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic control) ประกอบด้วยสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic contactor) และสวิตช์ตั้งเวลา (Timer) ขนาดต่าง ๆ

4. ชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Consumer Unit)

ประกอบด้วยระบบตัดตอน 2 ส่วน สำหรับควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ภาระทางไฟฟ้าในแต่ละเฟส ชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า 01 รับพลังงานไฟฟ้าจาก อินเวอร์เตอร์ A ควบคุมการจ่ายให้ภาระทางไฟฟ้าเฟส A ชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า 02 รับพลังงานไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ B ควบคุมการจ่ายให้ภาระทางไฟฟ้าเฟส B



รูป 2-28 แสดงระบบควบคุมที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ชุดควบคุม PMC – 9700

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

ชุดควบคุมการทำงานแบบสลับแหล่งพลังงาน

ชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า

7. ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Distribution system)

แนวสายส่งกำลังไฟฟ้า ก่อนเริ่มโครงการวิจัย ภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เป็นแบบเดินสายลอยในอากาศ เพื่อเป็นการปรับภูมิทัศน์ให้มีสภาพใกล้เคียงธรรมชาติ จึงได้ทำการปรับปรุงระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้เป็นการเดินสายในท่อใต้ดินทั้งหมดแทน ในการเดินสายไฟฟ้าในท่อเลือกใช้สายไฟฟ้าแบบ THW-A ซึ่งทนอุณหภูมิได้ประมาณ 75 °C เดินในท่อ E-Flex ขนาดต่าง ๆ

ในส่วนที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์สำหรับประจุระบบย่อยแบตเตอรี่ในแต่ละแถวและจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้ามีค่าประมาณ 24 A ที่ แรงดันไฟฟ้า 120 V ระยะห่างระหว่างระบบย่อยโซลาร์เซลล์กับระบบย่อยแบตเตอรี่ ประมาณ 120 m ดังนั้นจึงเลือกใช้สายไฟฟ้าแบบ THW ขนาด 16 mm² ร้อยในท่อ E-Flex ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm เดินท่อใต้ดิน ต่อระหว่างชุดควบคุมระบบย่อยโซลาร์เซลล์ (PV Array Junction Box) กับชุดควบคุม PMC-9700 ในอาคารควบคุม เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าในสายตกลงไม่เกิน 3 %

ส่วนที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสไฟฟ้าที่ใช้โดยภาระทางไฟฟ้าของระบบประมาณ 20 A ที่แรงดันไฟฟ้า 220 V เพาเวอร์แฟกเตอร์ประมาณ 0.8 (ประมาณจากภาระทางไฟฟ้า) ระยะห่างระหว่างอาคารที่ติดตั้งชุดควบคุมกับอาคารต่าง ๆ ภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งประมาณ 400 m จึงต้องใช้สาย ไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่ต่ำกว่า 50 mm² เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าในสายตกลงไม่เกิน 3 %

เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณของโครงการ จึงใช้สายไฟฟ้าที่เดินสายลอยในอากาศเดิม ของเขตรักษาพันธุ์ฯ แบบ THW-A ขนาด 50 mm² เดินร้อยท่อ E-Flex แทนแนวสายส่งกำลังไฟฟ้าเดิมภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งบางส่วน

8. ภาระทางไฟฟ้า

ภาระทางไฟฟ้าภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แสดงในตารางข้างล่าง แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ภาระทางไฟฟ้าเฟส A และภาระทางไฟฟ้าเฟส B ประกอบด้วยอาคารต่างๆ

ตาราง 2-3 แสดง ภาระทางไฟฟ้าภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ภาระทางไฟฟ้า	อาคาร	เวลาใช้งาน
ภาระทางไฟฟ้า เฟส A	บ้านนางอาย	ตลอดวัน
	บ้านขมิ้น	
	บ้านสลัม	
	บ้าน 306	

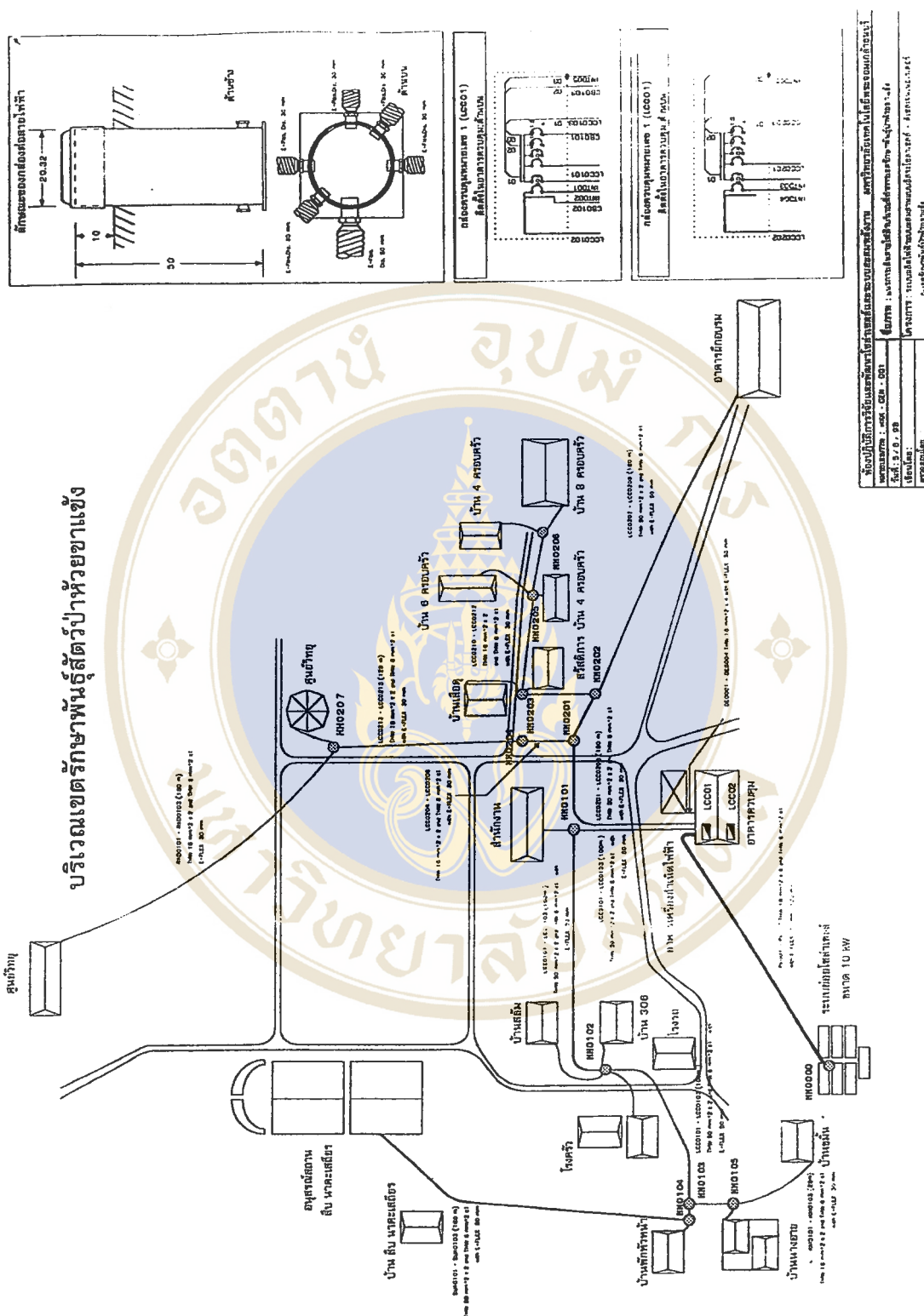
ตาราง 2-3 แสดงภาระทางไฟฟ้าภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (ต่อ)

ภาระทางไฟฟ้า	อาคาร	เวลาใช้งาน
ภาระทางไฟฟ้า เฟส A	สำนักงาน โรงครัว บ้านหัวหน้า อนุสรณ์สถาน ศูนย์วิทยุ อาคารควบคุม	ตลอดวัน
ภาระทางไฟฟ้า เฟส B	อาคารฝึก ป้อมยาม ร้านสวัสดิการ บ้าน 4 ครอบครัว บ้าน 6 ครอบครัว บ้าน 8 ครอบครัว บ้าน 4 ครอบครัว	18.00 – 22.00 น.

9. การทำงานของระบบ

ระบบผลิตไฟฟ้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบ ผสมผสานแบบอิสระโซลาร์เซลล์ ดีเซลเจเนอเรเตอร์ แบบแบบสลับแหล่งพลังงาน (Switched Hybrid System) มีลักษณะการควบคุมการทำงานของระบบดังนี้

- ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แหล่งพลังงานทดแทนจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าต่อเนื่องตลอดเวลา (ผ่านแบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์) สำหรับภาระทางไฟฟ้า เฟส A และระหว่างเวลา 18.00 – 22.00 น. สำหรับภาระทางไฟฟ้าเฟส B ระบบจะหยุดทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าของระบบย่อยแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าใช้งานต่ำสุด (Disconnect Voltage) ที่ 103 V ชุกควบคุม จะตัดระบบย่อยแบตเตอรี่ออกจากภาระทางไฟฟ้า แต่ยังคงต่อระบบย่อยโซลาร์เซลล์กับระบบย่อยแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลาเพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้การประจุแบตเตอรี่



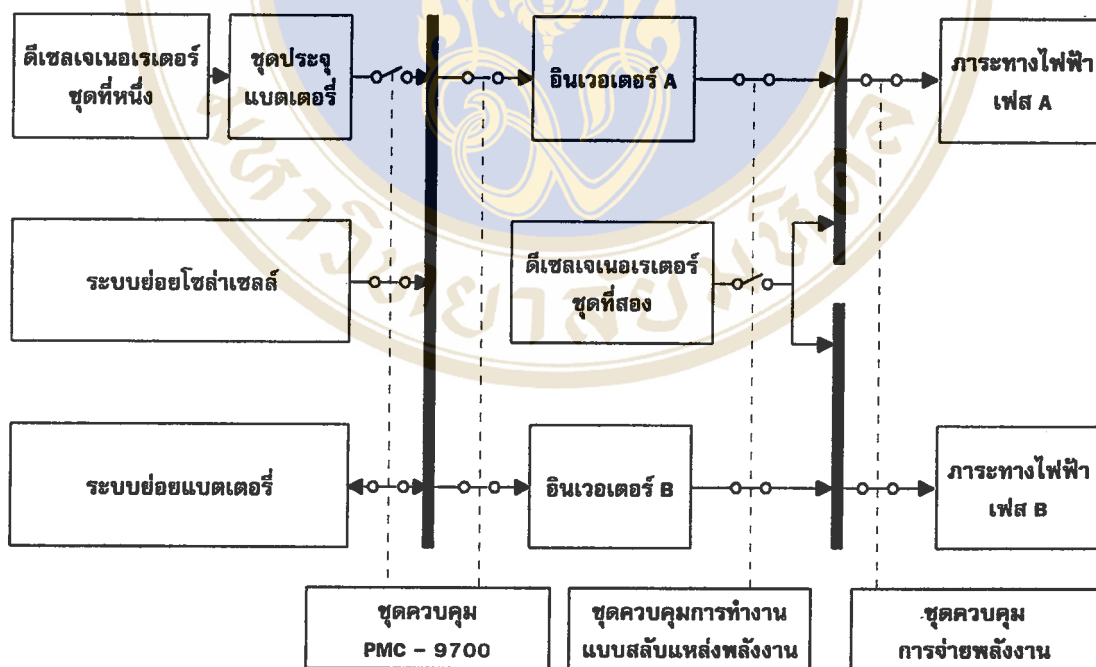
รูป 2-29 แสดงบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (1)

- ในช่วงเวลาดังกล่าวชุดควบคุมจะสั่งให้ดีเซลเจเนอเรเตอร์ชุดที่สองเริ่มเดินเครื่องโดยอัตโนมัติ เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าแทนต่อไป

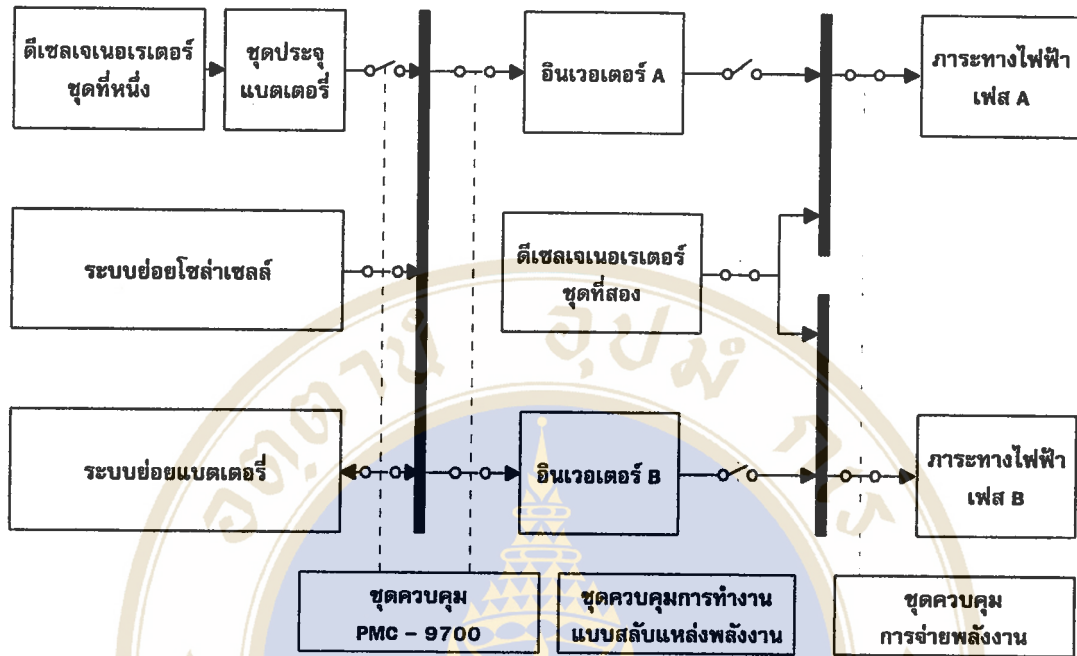
- เมื่อระบบย่อยโซล่าเซลล์ ประจุระบบย่อยแบตเตอรี่จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าของระบบย่อยแบตเตอรี่มีค่าสูงขึ้น ถึงแรงดันไฟฟ้าต่อใช้งาน(Reconnect Voltage) ที่ 120.9 V ชุดควบคุมจะต่อระบบย่อยแบตเตอรี่เข้ากับอินเวอร์เตอร์ และภาระทางไฟฟ้าอีกครั้ง ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า แทนดีเซลเจเนอเรเตอร์ต่อไป

- ในช่วงเวลาที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าติดต่อกันหลายวัน พลังงานไฟฟ้าที่เก็บสะสมภายในแบตเตอรี่จะมีค่าลดลง จำเป็นต้องมีการประจุแบตเตอรี่ด้วยดีเซลเจเนอเรเตอร์ชุดที่หนึ่งโดยผ่านชุดประจุแบตเตอรี่ (Charger) เพื่อประจุแบตเตอรี่ให้มีพลังงานเพิ่มขึ้น และพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่มีค่าเท่ากันทุกลูก เป็นการยืดอายุการใช้งานของระบบย่อยแบตเตอรี่ให้ยาวนานขึ้น

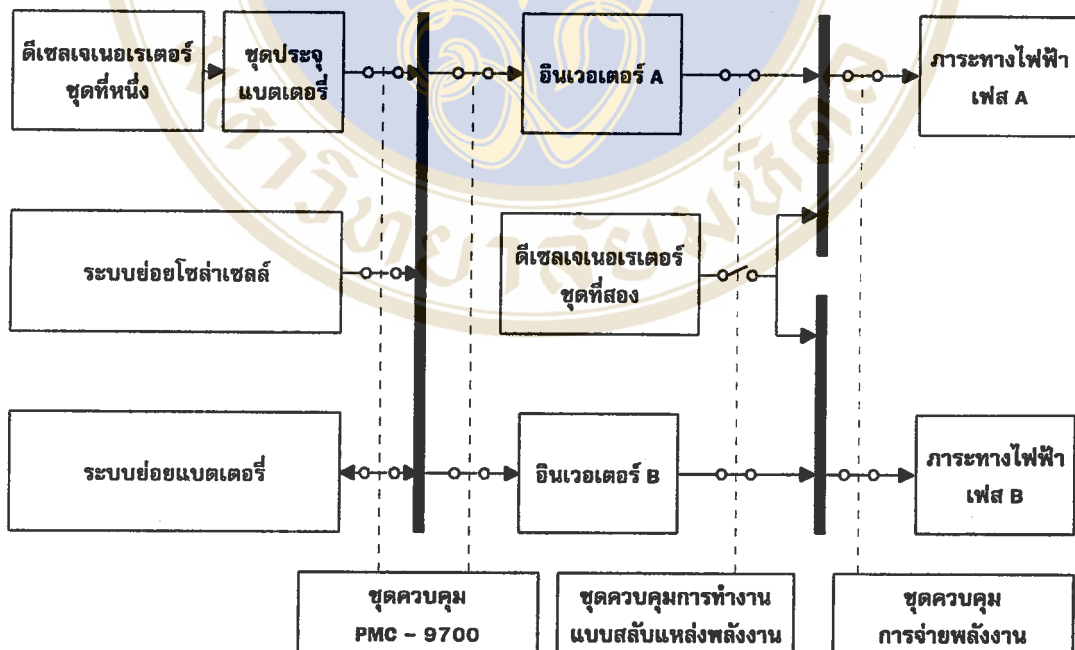
การทำงานของระบบในทุกขั้นตอนสามารถเลือกได้ทั้งแบบควบคุมด้วยมือ (Manual control) หรือแบบอัตโนมัติ (Automatic control)



ก. การทำงานของระบบขณะระบบผลิตไฟฟ้าแหล่งพลังงานทดแทนทำงาน



ข. การทำงานของระบบขณะดีเซลเจนเนอเรเตอร์ทำงาน



ค. การทำงานของระบบขณะดีเซลเจนเนอเรเตอร์ประจระบบย่อยแบตเตอรี่

รูป 2-30 แสดงการทำงานของระบบที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2.4 ประวัติความเป็นมาและสถานที่ตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (9)

ในช่วงปี พ.ศ. 2503 รัฐบาลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลปัจจุบัน โดยมีจอมพลสฤษดิ์ เป็นนายกรัฐมนตรี ได้ตราพระราชบัญญัติ ที่มีคุณค่ายิ่งขึ้นมาฉบับหนึ่ง คือ “พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2503 ” ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 77 ตอน 108 ลงวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2503 ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2504 เป็นต้นมา โดยมีเหตุผลว่า “สัตว์ป่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติอันมีค่ายิ่งของประเทศชนิดหนึ่ง ที่อำนวยประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ วิชาการและรักษาความงาม ตลอดจนคุณค่าตามธรรมชาติไว้ แต่ปรากฏว่าในปัจจุบันนี้ สัตว์ป่าที่มีค่าบางชนิด ได้ถูกล่าและทำลายจนสูญพันธุ์ไปแล้ว และบางชนิดกำลังจะ สูญพันธุ์ไป ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่ให้ความคุ้มครองแก่สัตว์ป่าโดยเฉพาะ จึง สมควรตรา กฎหมาย ว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าขึ้นไว้ เพื่อประโยชน์ของรัฐและ ประชาชนส่วนรวม ให้สมกับที่ชาวไทยส่วนใหญ่เป็นพุทธมามกะ”

ในมาตรา 3 ของพระราชบัญญัตินี้ ให้นิยามว่า

“สัตว์ป่า” ไม่หมายรวมถึงแมลงและไข่ของแมลง

“สัตว์ป่าสงวน” หมายความว่า สัตว์ป่าที่หายากตามบัญชีท้ายพระราชบัญญัตินี้

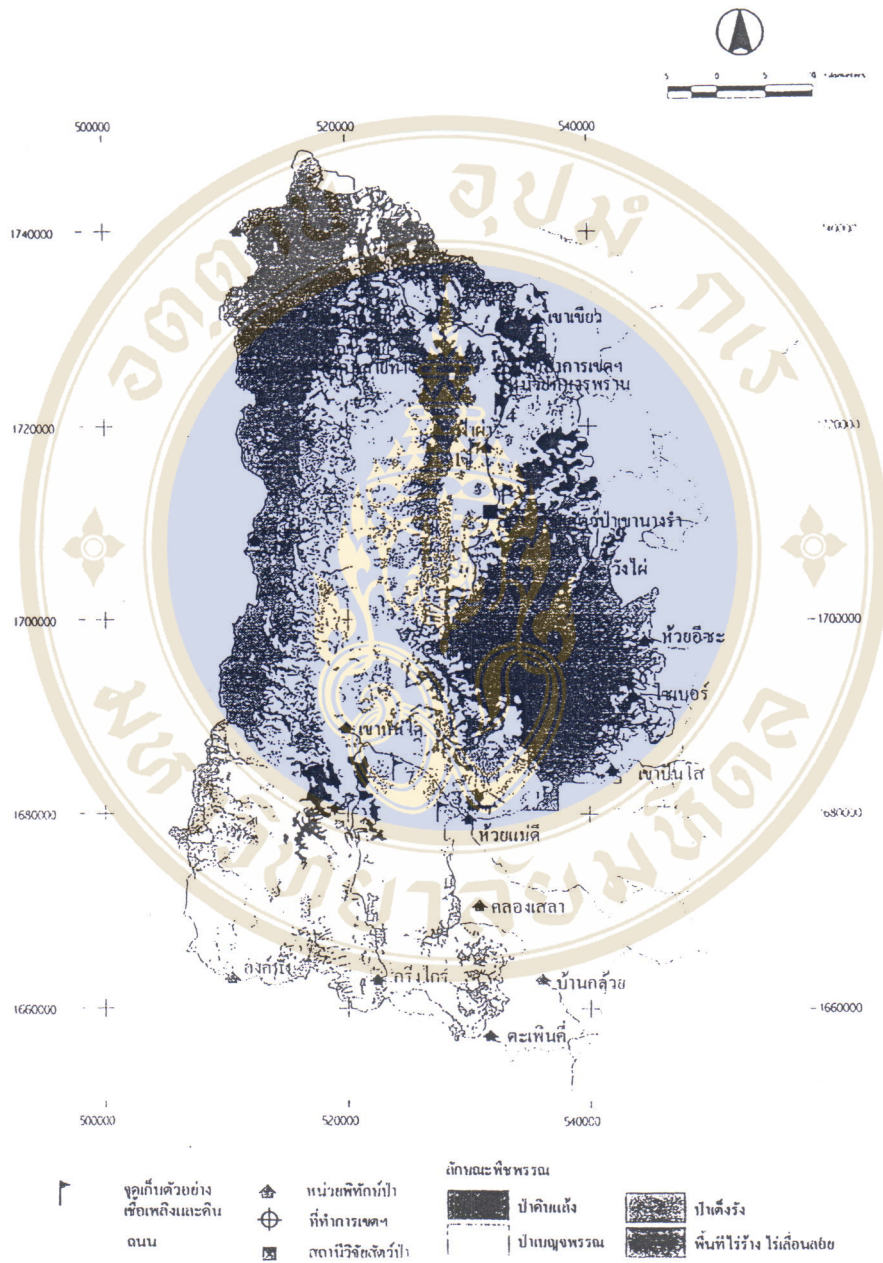
(ซึ่งมีอยู่ 9 ชนิด ได้แก่ แรด กระซู่ คูปรี ควายป่า เนื้อสัตว์ ละมั่ง เนื้อทราย กวางผา และเลียงผา)

“สัตว์ป่าคุ้มครอง” หมายความว่า สัตว์ป่าคุ้มครองประเภทที่ 1 และสัตว์ป่าคุ้มครองประเภทที่ 2

“สัตว์ป่าคุ้มครองประเภทที่ 1” หมายความว่า สัตว์ป่าซึ่งตามปกติคนไม่ใช้เนื้อเป็นอาหาร หรือไม่ล่าเพื่อการกีฬา หรือสัตว์ป่าที่ทำลายศัตรูพืช หรือขจัดสิ่งปฏิกูล หรือสัตว์ป่าที่ควรสงวนไว้ระดับความงามตามธรรมชาติ หรือสงวนไว้มิให้ลดจำนวนลง ทั้งนี้ตามที่ระบุในกฎกระทรวง

“สัตว์ป่าคุ้มครองประเภทที่ 2” หมายความว่า สัตว์ป่าซึ่งตามปกติคนใช้เนื้อเป็นอาหาร หรือล่าเพื่อการกีฬา ตามที่ระบุในกฎกระทรวง

ความสำคัญของพระราชบัญญัตินี้อีกจุดหนึ่งก็คือ สิ่งที่ตราไว้ในหมวด 3 บริเวณและสถานที่ห้ามล่าสัตว์ป่า ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโดยตรง มีเนื้อหาครอบคลุมตั้งแต่ มาตรา 19 จนถึงมาตราที่ 26 กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้ เมื่อรัฐบาลเห็นว่าพื้นที่ใดเหมาะสมที่จะเป็น ที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าเพื่อการอนุรักษ์ไว้ ให้กำหนดประกาศเป็นพระราชกฤษฎีกา มีแผนที่ ประกอบ บริเวณที่กำหนดนี้เรียกว่า “เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า” ที่ดินที่เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่านี้ ต้องเป็นที่ดินของรัฐ การขายหรือเพิกถอนเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าไม่ว่าทั้งหมดหรือบางส่วน ให้กระทำโดยพระราชกฤษฎีกา แนวเขตพื้นที่นี้จะต้องมีหลักเขต ป้ายหรือ เครื่องหมายอื่น ๆ แสดงไว้ ให้ประชาชนเห็นได้ชัดเจน ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้ามมิให้ผู้ใดล่าสัตว์ป่าไม่ว่าเป็นสัตว์ชนิดใดๆ



รูป 2-31 แสดงที่ตั้งของที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

เก็บหรือทำอันตรายแก่ไขของสัตว์หรือรังของสัตว์ป่า เว้นแต่จะกระทำเพื่อการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการ และได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากอธิบดีกรมป่าไม้ นอกเหนือจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องห้ามมิให้ผู้ใดเข้าไปในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ ผู้ที่ได้รับอนุญาตเข้าไปต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายังห้ามมิให้ผู้ใดเข้าไปครอบครอง ยึดถือที่ดิน หรือตัด โกง แ้วถาง เผา ทำลายต้นไม้ หรือ พฤษชาติอื่น ๆ หรือขุดแร่ ดิน หิน หรือเลี้ยงสัตว์ หรือเปลี่ยนแปลงทางน้ำ หรือทำลายต้นไม้ในลำน้ำ ลำห้วย หนอง บึง ท่วมตื้น หรือเหือดแห้ง หรือเป็นพิษต่อสัตว์ป่า (ผ่อง เล่งอี้ อ้างถึงใน (9))

อาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัตินี้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ประกาศพื้นที่ที่เหมาะสม ที่จะเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าโดยปลอดภัย เพื่อรักษาไว้ซึ่งพันธุ์สัตว์ป่า เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ซึ่งเริ่มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 จนถึงปัจจุบัน ได้ประกาศไปแล้วเป็นจำนวน 28 แห่ง รวมเนื้อที่ทั้งหมด 13.52 ล้านไร่ (21,168 ตารางกิโลเมตร) และอยู่ในระหว่างดำเนินการจัดตั้งอีก 5 แห่ง คิดเป็นพื้นที่รวม 1.2 ล้านไร่ (1,911 ตารางกิโลเมตร) (คณะวนศาสตร์ อ้างถึงใน (9)) รวมทั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานีและตาก ซึ่งประกาศเมื่อปี พ.ศ. 2515 ด้วย

เนื่องจากรัฐบาลโดยกรมป่าไม้ มองเห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนของห้วยขาแข้ง และห้วยทับเสลา มีสภาพป่าที่ยังสมบูรณ์และสัตว์ป่าชุกชุม ประกอบด้วยเป็นที่อยู่ของสัตว์ป่าที่หายากหลายชนิด เช่น กระซู่ เลียงผา เนื้อทราย และควายป่า ควรที่จะเก็บไว้เป็นแหล่งอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่า นอกจากนี้พื้นที่ลุ่มห้วยขาแข้ง และห้วยทับเสลาตอนบน ยังเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญ ของลำน้ำแม่กลอง และลำน้ำสะแกกรัง ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อการเกษตร และเศรษฐกิจด้านอื่นของชาติด้วย รัฐบาลจึงมีนโยบายอนุรักษ์พื้นที่นี้ไว้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเพื่อประโยชน์ดังกล่าว

แต่เดิมพื้นที่ป่าลุ่มห้วยขาแข้ง และห้วยทับเสลา เป็นป่าคุ้มครองที่มีได้มีการจัดการ และทำไม้แต่อย่างใด ต่อมาได้ประกาศเป็นป่าสงวนแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2507 กรมป่าไม้ก็ได้จัดการป่านี้เป็นป่าสัมปทานที่ 84 แต่เนื่องจากป่าในท้องที่นี้ได้ประกาศเป็นป่าปิดด้วยเหตุผลทางการเมืองจึงมิได้มีการอนุญาตให้ทำไม้ ต่อมาทางราชการได้ยกเลิกการทำไม้แบบเก่า มีการปรับปรุงวางโครงการใหม่ เป็นการให้สัมปทานระยะยาวแก่บริษัทไม้อัดไทยจำกัดอีกครั้งหนึ่ง ครอบคลุมป่าโครงการห้วย ทับเสลา-ห้วยขาแข้ง มีกำหนดระยะเวลา 30 ปี นับตั้งแต่วันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ. 2513 โดยแบ่งป่าโครงการดังกล่าวเป็น 10 ตอน แต่ละตอนมี 3 แปลงตัดฟัน ให้ตัดฟันไม้แปลงละ 1 ปี เฉพาะกลุ่มห้วยขาแข้งได้ถูกกันไว้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ต่อมาในปี พ.ศ. 2528 ก็เริ่มมีการอนุญาตให้ทำไม้ตามเงื่อนไขสัมปทาน โดยกำหนดให้ทำใน 5 ตอน ก่อนคือ ตอนที่ 1 2 3 9 และ 10 เฉพาะตอนที่ 10 กำหนดให้ทำไม้ให้แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2530 ส่วนอีก 5 ตอน ยังมีได้อนุญาตให้มีการทำไม้ คือตอนที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ซึ่งทั้งห้าแปลงนี้อยู่ในกลุ่มห้วยขาแข้งทางตอนใต้

พื้นที่ในส่วนที่กันไว้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า นั้น ในปี พ.ศ. 2508 ทางกรมป่าไม้ก็ได้ส่งเจ้าพนักงานเข้าไปสำรวจพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมที่จะตั้งเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าจนกระทั่งปี พ.ศ. 2513 จึงได้เริ่มดำเนินการอย่างจริงจัง โดยมีการกำหนดแนวเขตและทำแผนที่เพื่อประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ในขั้นต้นนี้กรมป่าไม้ได้กำหนดให้พื้นที่บริเวณตำบลลานสัก ในอำเภอลานสัก ตำบลคอกควาย ตำบลแก่นมะกรูดในอำเภอบ้านไร่ ของจังหวัดอุทัยธานีและบางส่วนของตำบลแม่ละมุ้ง ในอำเภอยัมพางของจังหวัดตาก มีเนื้อที่รวมประมาณ 1,019,379 ไร่ (1.631 ตารางกิโลเมตร) เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ขึ้นกับกองอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมป่าไม้ตามประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 201 ลงวันที่ 16 สิงหาคม 2515 ให้มีผลบังคับใช้เช่นเดียวกับพระราชกฤษฎีกา ที่ออกตามความในมาตรา 19 แห่งพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2503 และได้ประกาศในหนังสือราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ หน้า 3 เล่มที่ 39 ตอนที่ 132 ลงวันที่ 4 กันยายน 2515

ต่อมาทางกรมป่าไม้เล็งเห็นว่าพื้นที่ต่อเนื่องบางส่วนยังเป็นป่าที่สมบูรณ์ มีสัตว์ป่าอาศัยอยู่มาก กอบกับพื้นที่เป็นเขาสูงยากต่อการทำไม้ โดยเฉพาะพื้นที่ในแปลงสัมปทานตอนที่ 2 ในลุ่มห้วยทับเสลา และพื้นที่ทางตอนใต้ ของกลุ่มห้วยขาแข้งเป็นแหล่งที่อาศัยของควายป่า ซึ่งเป็นสัตว์สงวนที่กำลังจะสูญพันธุ์ไปจากเมืองไทย คือพื้นที่สัมปทานทำไม้ตอนที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ควรที่จะผนวกเข้ากับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ ดังนั้นในปี พ.ศ. 2529 จึงได้ทำการผนวกพื้นที่เขต รักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเพิ่มเติม อีกประมาณ 589,775 ไร่ (943.64 ตารางกิโลเมตร) ครอบคลุมพื้นที่ใน ตำบลระบำ ตำบลป่าอ้อ ของอำเภอลานสัก ตำบลทองหลางในกิ่งอำเภอยัมพาง ตำบลทองหลาง และตำบลแก่นมะกรูดของอำเภอบ้านไร่ ในจังหวัดอุทัยธานี โดยประกาศในหนังสือราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 103 ตอน 87 ลงวันที่ 21 พฤษภาคม 2528

ฉะนั้น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งในปัจจุบันจึงครอบคลุมพื้นที่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานี บริเวณใกล้แนวเขตจังหวัดไว้ทั้งหมด และรวมบางส่วนของจังหวัดตากในส่วนที่เป็นตำบลคอกควาย ตำบลแก่นมะกรูด และตำบลทองหลางของอำเภอบ้านไร่ ตำบลทองหลางในกิ่งอำเภอยัมพาง ตำบลระบำและตำบลป่าอ้อของอำเภอลานสัก ในจังหวัดอุทัยธานี บางส่วนของตำบลแม่ละมุ้ง ของอำเภอยัมพาง ในจังหวัดตาก กลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำฝางของห้วยทับเสลา ตอนบนพื้นที่ลุ่มห้วยระบำ ลุ่มห้วยคอกควาย ลุ่มห้วยแม่ละมุ้ง ลุ่มห้วยองทั้ง และลุ่มห้วยขาแข้ง ซึ่งอยู่ในเส้นรุ้งที่ 15°0 ถึง 15°50 เหนือ และเส้นแวงที่ 99°0 ถึง 99°19 ตะวันออก รวมพื้นที่ทั้งหมด 1,609,150 ไร่ (2,574,64 ตารางกิโลเมตร) ทางด้านเหนือ ติดต่อกับพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ห้วยทับเสลาและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอัมพาง ทางทิศตะวันออกจดป่าสงวนแห่งชาติห้วยทับเสลา ทิศ

ตะวันตกจดเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร และป่าสงวนแห่งชาติเขาน้ำโจน และทิศใต้จดอุทยานแห่งชาติศรีนครินทร์

การเข้าสู่พื้นที่กระทำได้สามเส้นทาง คือ อาศัยเส้นทางหลวงจังหวัดอุทัยธานี - ลานสัก และต่อด้วยถนนลูกรังเข้าสู่พื้นที่ตอนบน ซึ่งเป็นที่ตั้งของที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ จากที่ทำการมีเส้นทางถนนดินเข้าสู่หน่วยพิทักษ์ป่ากะปุกกะเปรียง หน่วยพิทักษ์ป่าซับฟ้าผ่า และสถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ อีกเส้นทางหนึ่งเดินทางโดยทางหลวงจังหวัดสายอุทัยธานี - บ้านไร่ และต่อด้วยถนนดินเข้าสู่พื้นที่ทางตอนใต้ ซึ่งเป็นที่ตั้งของหน่วยพิทักษ์ป่าห้วยแม่ดี หน่วยพิทักษ์ป่าเขานันได และหน่วยพิทักษ์ป่าเขากิ่งไกร และหน่วยพิทักษ์ป่าองทั้ง

สภาพภูมิประเทศ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งครอบคลุมส่วนหนึ่งของเทือกเขาถนนธงชัย ประกอบด้วยสันเขาใหญ่น้อยหลายสันด้วยกัน โดยเฉพาะทางตอนเหนือของพื้นที่ สภาพภูมิประเทศจะลาดลงไปทางตอนใต้ และมีที่ราบที่ไม่กว้างขวางมากนักริมสองฝั่งลำขาแข้ง ยอดเขาสำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ยอดเขาปลายห้วยขาแข้ง (สูง 1,678 เมตร) อยู่ปลายสุดของพื้นที่ ยอดเขาใหญ่ (สูง 1,554 เมตร) อยู่ทางด้านตะวันออกตอนกลางของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดเขาน้ำเย็น (สูง 1,530 เมตร) อยู่ทางใต้ของยอดเขาใหญ่ ยอดเขาเขียว (สูง 1,347 เมตร) อยู่ทางเหนือของยอดเขาใหญ่ ยอดเขาปลายห้วยน้ำเย็น (สูง 1,224 เมตร) อยู่ตอนบนฝั่งขวาของห้วยขาแข้ง ยอดเขาปลายห้วยไทรใหญ่ (สูง 1,253 เมตร) อยู่ตอนกลางทิศเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร ทางตอนใต้ของพื้นที่มียอดเขาสำคัญ ได้แก่ เขืองเอียง (สูง 1,105 เมตร) เขากะเรีย (สูง 867 เมตร) เขืองทั้ง (สูง 898 เมตร) เขากิ่งไกร (สูง 882 เมตร) และเขานันได (สูง 729 เมตร) ยอดเขาเหล่านี้อยู่บนทิวเขาสองเทือกเขาที่ขนานกันไปจากเหนือลงใต้ โดยมีลำห้วยขาแข้งเป็นแนวแบ่งตรงกลางของพื้นที่ ทิวเขาดังกล่าวก่อให้เกิดลำห้วยลำธารมากมายหลายสายขึ้นในพื้นที่ และยังมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเกิดฝน ทั้งนี้ เพราะเป็นทิวเขา ที่วางกันทิศทางของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดมาจากทะเลอันดามันผ่านดินแดนประเทศสหภาพพม่าเข้าสู่ประเทศไทย

ลำห้วยขาแข้งซึ่งใช้เป็นชื่อของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ จัดได้ว่าเป็นลำน้ำสายหลักในพื้นที่ วางพาดจากเหนือจดใต้รวมความยาวในช่วงที่มีน้ำตลอดปี ประมาณ 100 กิโลเมตร ในบางตอนกว้างเกินกว่า 60 เมตร รับน้ำจากห้วยแยกใหญ่น้อยมากมาย ท้องห้วยบางตอนประกอบด้วยคอนทรายกว้างขวางมาก บางช่วงเป็นโคลนหินสลับซับซ้อนก่อให้เกิดวังน้ำลึก สองฝั่งประกอบด้วยป่าไผ่ ป่าผสมผลัดใบ และป่าดงดิบเป็นตอน ๆ ที่ราบผืนเล็ก ๆ ซึ่งปกคลุมด้วยพงอ้อ มีพบทั่วไป โดยเฉพาะตอนปลายของลำห้วยที่ใกล้อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนศรีนครินทร์ ห้วยแยกที่สำคัญ ได้แก่

ห้วยอ้ายเยาะ แยกขึ้นรับน้ำจากยอดเขาใหญ่ ยอดเขาเขียว และยอดเขาน้ำเย็น มีห้วยข้างตาดและห้วยเหลื่อง แยกไปจากห้วยน้ำอีกชั้นหนึ่ง ส่วนที่มีน้ำตลอดปีมีความยาวกว่า 60 กิโลเมตร

ห้วยแม่ติเป็นห้วยแยกขนาดใหญ่จากลำห้วยขาแข้งช่วงกลาง ขึ้นรับน้ำจากยอดเขาน้ำเย็น และยอดเขาใหญ่ทางซีกใต้ ไหลผ่านป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ ลงสู่ห้วยขาแข้ง บริเวณใกล้เขابันได มีความยาวในส่วนที่มีน้ำตลอดปีกว่า 35 กิโลเมตร ห้วยกริ่งไกรอยู่ตอนใต้สุดของพื้นที่ ขึ้นรับน้ำจากยอดเขากริ่งไกรและยอดเขابันได ระบายน้ำลงสู่ห้วยขาแข้ง มีความยาวในช่วงที่มีน้ำตลอดปีประมาณ 15 กิโลเมตร ห้วยแยกที่สำคัญทางฝั่งขวาของลำขาแข้งได้แก่ ห้วยของเอี้ยง ขึ้นรับน้ำจากยอดเขาของเอี้ยง มีความยาวในช่วงที่มีน้ำตลอดปีประมาณ 15 กิโลเมตร

ลำห้วยสำคัญ ที่ระบายน้ำออกจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อีกสายหนึ่ง คือ ห้วยทับเสลา เป็นลำห้วยสายใหญ่ระบายน้ำลงสู่แม่น้ำสะแกกรัง ลำห้วยสายนี้เป็นแนวเขตทางทิศเหนือของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า มีความยาวในส่วนที่ติดกับพื้นที่ประมาณ 40 กิโลเมตร ห้วยแยกที่สำคัญได้แก่ห้วยสองทาง ขึ้นมารับน้ำจากยอดเขานางรำและเทือกเขาเขียว นอกจากนี้ยังมีห้วยระบำ แยกจากห้วยทับเสลารับน้ำจากยอดเขาเขียวและยอดเขาใหญ่ทางซีกตะวันออก

ห้วยของทั้งเป็นห้วยขนาดเล็กอีกสายหนึ่งที่มีลุ่มน้ำอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้รับน้ำจากเขาของเอี้ยงและเขาของทั้ง ไหลลงสู่แม่น้ำแม่กลอง มีความยาวเฉพาะส่วนที่มีน้ำประมาณ 20 กิโลเมตร อยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่ ห้วยวังและห้วยอีจะเป็นห้วยขนาดเล็ก รับน้ำจากทางด้านตะวันออกของเขาน้ำเย็น

จากห้วยหลักเหล่านี้มีห้วยแยกขนาดเล็กอีกมากมาย แยกขึ้นรับน้ำจากทุกส่วนของพื้นที่ หลายสายมีน้ำไหลตลอดปี บางสายมีพารันก่อให้เกิดน้ำตกที่สวยงาม โดยเฉพาะฤดูฝนที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ เห็นที่อยู่อาศัยและเพาะพันธุ์ของปลาน้ำจืดที่มีคุณค่ามากมายหลายชนิด และเป็นแหล่งน้ำอันสำคัญของสัตว์ป่าในพื้นที่ เฉพาะดอนทรายอันกว้างใหญ่ในลำขาแข้งจัดว่าเป็นที่อยู่อาศัยที่สำคัญของนกยูง ส่วนแหล่งที่ลุ่มทางตอนใต้บริเวณปากห้วยขาแข้งเป็นถิ่นของควายป่าแหล่งสุดท้ายของเมืองไทย

ลักษณะลุ่มน้ำในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งอาจแบ่งออกได้เป็น 6 ส่วนด้วยกันคือ ลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง ลุ่มน้ำห้วยทับเสลา ลุ่มน้ำห้วยสองทาง ลุ่มน้ำห้วยของทั้ง ลุ่มน้ำห้วยระบำ และลุ่มน้ำห้วยวัง เฉพาะลุ่มน้ำห้วยขาแข้งนั้นแบ่งแยกเป็นลุ่มน้ำเล็ก ๆ มากมายหลายลุ่มน้ำ ที่สำคัญได้แก่ลุ่มน้ำห้วยอ้ายเยาะ ลุ่มน้ำห้วยแม่ติ ลุ่มน้ำห้วยของเอี้ยง และลุ่มน้ำห้วยกริ่งไกร ลุ่มน้ำห้วยขาแข้งนี้รับน้ำส่วนใหญ่จากพื้นที่ เป็นแหล่งให้น้ำที่สำคัญแก่เขื่อนศรีนครินทร์ ซึ่งเป็นแหล่งควบคุมระดับน้ำในลำน้ำ แม่กลองตอนบน ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความยาวมาก มี

ห้วยแยกใหญ่น้อยมากมายและดินในลุ่มน้ำนี้ชุ่มน้ำได้ดี จึงทำให้มีน้ำไหลได้ตลอดปี ซึ่งนับว่าเป็นผลดียิ่งต่อเขื่อนที่รองรับน้ำจากลุ่มน้ำนี้

ลุ่มน้ำห้วยทับเสลาเป็นลุ่มน้ำใหญ่รองจากลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เฉพาะฝั่งขวาซึ่งอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนั้น มีลักษณะเป็นแนวเขาสลับกันไปสู่อุดเขาปลายห้วยขาแข้ง ฝั่งค่อนข้างชัน ปกคลุมด้วยป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ ป่าไผ่ และป่าดงดิบเป็นบางตอน ยอดห้วยอยู่ในป่าดงดิบเขา ฝั่งซ้าย เป็นบริเวณป่าสงวนแห่งชาติ ที่มีการทำไม้ ออก การบุกรุกทำลายปรากฏอยู่ทั่วไป กรมชลประทานได้มีโครงการสร้างเขื่อนเพื่อการเกษตรในช่วงที่ห้วยระบำไหลมาบรรจบ เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในท้องที่อำเภอลานสัก อำเภอหนองเขาหยั่ง อำเภอหนองฉาง และอำเภอเมือง ฯ จังหวัดอุทัยธานี เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจึงนับว่ามีประโยชน์ยิ่งต่อโครงการนี้

ลุ่มน้ำสองทางเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็ก รับน้ำจากยอดเขานางรำและเขาเขียวให้ไหลลงสู่ ถ้าห้วยทับเสลา นอกแนวเขตของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่านี้ ปกติน้ำจะไหลตลอดปี ยกเว้นในปีที่แห้งจัด อาจขาดน้ำได้ ทั้งนี้เนื่องจากลุ่มน้ำนี้ปกคลุมด้วยป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่กว่าครึ่งของลุ่มน้ำอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติที่มีการทำไม้

ลุ่มน้ำระบำเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กอีกลุ่มน้ำหนึ่ง อยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่ รับน้ำจากซีกตะวันออกของเทือกเขาเขียวและเขาใหญ่ ระบายน้ำลงสู่ห้วยทับเสลา เหนือจุดที่มีโครงการสร้างเขื่อนทางเกษตรดังกล่าว แม้ว่าห้วยนี้จะมีลุ่มน้ำขนาดเล็กแต่เนื่องจากการปกคลุมด้วยป่าดิบแล้งและดิบเขาที่มีการทำลายน้อยมาก จึงทำให้มีน้ำไหลตลอดปี นับว่ามีความสำคัญยิ่งต่อโครงการสร้างเขื่อน

ลุ่มน้ำอีชะ อยู่บริเวณซีกตะวันออกของยอดเขาน้ำเย็น มีพื้นที่ไม่มากนัก ปกคลุมด้วยป่าผสมผลัดใบ ในบางตอนมีไม้สักซึ่งเป็นไม้มีคุณค่ายิ่งขึ้นผสมอยู่ เฉพาะบนเขาสูงปกคลุมด้วยป่าดงดิบแล้งและป่าดงดิบเขา นับว่าเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ระบายน้ำลงสู่ห้วยคอกควาย

ลุ่มน้ำองทั้งเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กทางตอนใต้ของพื้นที่ รับน้ำจากยอดเขาองเอียง เขาน้ำโจน เขาองทั้ง และเขาโป่งฟ้า ไหลลงสู่แม่น้ำแม่กลอง ลักษณะเป็นรูปรีเวทแหลมตอนต้นน้ำและแผ่ออกตอนล่าง สังคมพืชส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำเป็นป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง มีร่องรอยการทำลายในหลายพื้นที่ เฉพาะยอดเขาสูงปกคลุมด้วยป่าดงดิบแล้ง จึงมีส่วนสำคัญในการชะลอน้ำ ที่จะไหลลงอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนศรีนครินทร์ไม่น้อย

ลุ่มน้ำแม่ละมุ้งอยู่ทางด้านเหนือสุดของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำนี้อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร เฉพาะฝั่งขวาช่วงล่างที่มีพื้นที่ตกอยู่ในเขตรักษาพันธุ์

สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ลักษณะของกลุ่มน้ำเป็นรูปพัด ไหลขึ้นเหนือเข้าสู่ดินแดนของประเทศสหภาพพม่าพื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าดงดิบจึงมีน้ำไหลตลอดปี

สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจัดได้ว่า เป็นภูมิอากาศในแนวเชื่อมต่อระหว่างภูมิอากาศในแถบร้อน (tropical climate) กับภูมิอากาศในแถบกึ่งร้อน (subtropical climate) มีช่วงฤดูหนาวที่สั้นมากไม่เกินเดือนครึ่ง อยู่ในช่วงกลางเดือน ธันวาคม ถึงเดือนมกราคม ในช่วงนี้อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 9 องศาเซลเซียส และสูงสุดเฉลี่ยตลอดปีไม่เกิน 29 องศาเซลเซียส ช่วงที่จัดได้ว่าเป็นฤดูฝนเริ่มจากเดือนพฤษภาคม ไปจนถึงปลายเดือนตุลาคม ช่วงแห่งแล้งจึงเริ่มจากเดือนพฤศจิกายน ไปจนถึงเมษายน พืชและสัตว์แสดงออกให้เห็นได้เด่นชัดถึงการปรับตัวให้เข้ากับช่วงฤดูกาลเช่นนี้

แหล่งที่มาของฝนในพื้นที่นี้จำแนกได้เป็น 3 แหล่ง คือ ฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม เมฆฝนจากแหล่งน้ำในทะเลอันดามันและมหาสมุทรอินเดียจะพัดผ่านดินแดนสหภาพพม่า เข้าสู่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรและเลยเข้าสู่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ลักษณะของฝนจากแหล่งนี้เป็นฝนที่ตกไม่รุนแรงมากนัก แต่จะกระจายเกือบตลอดช่วงฤดูกาล เนื่องจากทิศทางของฝนต้องผ่านทิวเขาสูงและป่าทึบในเทือกเขาถนนธงชัยทางเขตตะวันตกของพื้นที่ จึงทำให้ฝนตกในบริเวณเทือกเขานี้เสียเป็นส่วนใหญ่ ก่อให้เกิดพื้นที่อับฝน (rain shadow) ขึ้นในกลุ่มห้วยขาแข้ง เมฆฝนบางส่วนจะพัดเลยมาตกในบริเวณเทือกเขาเขียว เขาใหญ่ และเขาน้ำเอนทางฝั่งซ้ายของลำห้วยขาแข้ง ซึ่งเป็นต้นน้ำสำคัญของลำห้วยหลายสายในพื้นที่ แต่ปริมาณน้ำฝนจะไม่มากเท่ากับที่ตก ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่

ที่มาของฝนแหล่งที่สองก็คือฝนจากทางของพายุโซนร้อน (typhoon) ที่เกิดขึ้นในทะเลจีนเป็นประจำ เพื่อเกิดขึ้นก็จะเคลื่อนตัวมาทางทิศตะวันตกและวนขึ้นสู่ทิศเหนือ หากมีความรุนแรงมากก็จะพัดผ่านแหลมญวน เข้าสู่ประเทศไทยเมื่อเข้าสู่แผ่นดินจะลดกำลังลง และก่อให้เกิดฝนตกหนักและกินพื้นที่กว้าง หากปีใดที่พายุโซนร้อนนี้เกิดบ่อยครั้งและผ่านเข้าประเทศไทย ก็จะทำให้ปริมาณน้ำฝนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่านี้นับสูงเป็นพิเศษ ฝนจากแหล่งนี้จะเข้าสู่พื้นที่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตกอย่างรุนแรงในช่วงเวลาอันสั้น มักก่อให้เกิดน้ำหลากในลำห้วยสายต่าง ๆ มักปรากฏในเดือนกันยายน-ตุลาคม

ฝนแหล่งที่สามได้จากร่องความกดอากาศ (depression) ที่ก่อตัวในอ่าวไทย พัดผ่านกรุงเทพขึ้นเหนือ ทำให้ฝนตกได้แต่มีปริมาณไม่มากนัก จากข้อมูลเพียงสถานีเดียวที่มีการจัดการปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ คือที่สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ ซึ่งตั้งอยู่ตอนกลางของพื้นที่ ผลจากค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี

พ.ศ. 2526 – 2529 ปรากฏว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีมีค่า 1,552.4 mm. ปริมาณฝนสูงสุดอยู่ในเดือนตุลาคม ค่าเฉลี่ยสูงถึง 370.33 mm. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนมกราคม มีฝนตกเฉลี่ยเพียง 3.24 mm. จำนวนวันที่ฝนตกในรอบปีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 113 ถึง 151 วัน การระเหยน้ำรายปีโดยเฉลี่ยประมาณ 700 – 900 mm.ต่อปี น้ำจะระเหยมากในเดือนมีนาคมและเมษายน และต่ำในเดือนกันยายนและตุลาคม (ธีรภัทร อ้างถึงใน (9))

เนื่องจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งตั้งอยู่ที่เส้นรุ้ง 15 องศาเหนือ จึงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูงตลอดปี ความแปรผันของอุณหภูมิในช่วงปี 2526 – 2529 อยู่ใน ช่วงตั้งแต่ 6 องศา ถึง 38 องศาเซลเซียส เฉลี่ยตลอดปี 24.4 องศาเซลเซียส เฉลี่ยเฉพาะค่าสูงสุดของเดือน 19.0 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนเป็นเดือนที่ร้อนจัดที่สุดซึ่งมีค่าเฉลี่ยจากค่าสูงสุดของเดือนเป็น 34.2 องศาเซลเซียส เดือนมกราคม เป็นเดือนที่หนาวจัดที่สุดเฉลี่ยจากค่าต่ำสุดของเดือนมีค่า 13.2 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยประจำเดือนเป็น 19.6 องศาเซลเซียส (ธีรภัทร อ้างถึงใน (9))

ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยประมาณ 65-70 % ในฤดูหนาว (ธันวาคม และมกราคม) ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลมาจากลมมรสุมทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มักมีหมอกจัดในตอนเช้า เมื่อเข้าสู่ช่วงบ่ายความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วงฤดูฝน ความชื้นสัมพัทธ์จะขึ้นสูงมากเนื่องจากการคายน้ำของในพืชและดินที่ชื้นจัด (ชลธร อ้างถึงใน (9))

จากการศึกษาข้อมูล ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ใกล้เคียงปรากฏว่าแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และอัตราการระเหยของน้ำ เป็นไปในแนวเดียวกันกับข้อมูลที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยา ที่สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ คือปริมาณน้ำฝนน้อยสุดในเดือนธันวาคม มากสุดในเดือนกันยายน ช่วงที่มีฝนตกต่ำกว่า 100 mm. เริ่มจากเดือนพฤศจิกายน ไปจนถึงเดือนเมษายนและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีจากสถานีต่าง ๆ อยู่ในช่วง 1,000 mm. ถึง 1,500 mm.

สภาพทางธรณีและปฐพี

หินอันเป็นต้นกำเนิดของดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งส่วนใหญ่เป็นหินอัคนี (igneous rocks) เกิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ซึ่งประกอบด้วยหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่ ส่วนทางตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือบางส่วนเป็นหินในชุดหินราชบุรี (Ratburi Formation) ปวงหินตะนาวศรี (Tanaosri Group) เป็นหินดินดานเนื้อทราย ซึ่งเกิดขึ้นในยุคคาร์บอนิเฟอรัส และเปอร์เมียน (Permian) นอกจากนี้ยังพบหินยุคกาญจนบุรี (Kanchanaburi Formation) ประกอบด้วยหินดินดาน หินทราย หินดินดานเนื้อทราย ในหลายท้องที่ได้แปรสภาพไปเป็นฟิลไลต์ (Phyllite) อาร์จีไลต์ (Argillite) ควอตซ์ไซต์ (Quartzite) และสเลท (Slate) เกิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัส ดิโวเนียน และไซลูเวียน (Seidensticker and McNeely, 1975) ผลจากการศึกษา

ทางธรณีวิทยา ในลุ่มห้วยทับเสลา เพื่อการสร้างอ่างเก็บน้ำทางด้านการเกษตร โดยกรมชลประทาน ในส่วนที่ทำการสำรวจมีพื้นที่ติดกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งปรากฏว่า หินส่วนใหญ่เป็น หินแกรนิต โดยมีอัตราของควอทซ์ผสมอยู่มาก หินแกรนิตในท้องที่นี้คาดว่าอยู่ในยุคไทรแอสสิก มีแร่บีสไท (bistite) ผสมอยู่ด้วย หินดานมีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตร ถึง 14.10 เมตร (สถาบันวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย อ้างถึงใน (9))

หินอันเป็นต้นกำเนิดของดินดังกล่าวพบเห็นได้ทั่วไปในพื้นที่ท้องห้วยยอดเขาและที่ที่ถูก กัดเซาะแทบทุกแห่ง ตามลาดเนินที่ค่อนข้างชัน นอกจากนี้ยังมีพบในป่าเต็งรังในระดับสูงปาน กลางในสภาพป่านี้หินมักจะแตกเป็นก้อนขนาดกลางเนื่องจากอิทธิพลของไฟฟ้าและผุร่อน ส่วน ในป่าดงดิบมักพบเป็นก้อนขนาดใหญ่โผล่ขึ้นพื้นดินขึ้นมา บางแห่งประกอบเป็นผาชันหรือลานหิน กว้างขวาง

ดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีความแปรผันมาก ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดในที่สูง ชันอันเป็นผลมาจากการสลายตัวของหินในกลุ่มอินเทอมีเดียทหรือหินกรด (intermidate or acid rocks) ดังที่กล่าวแล้ว ในทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ดินที่พบเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ ดินเรด - เยลโล โปดโซลิก (Red-Yellow Podzolic Soils) เป็นดินที่ค่อนข้างตื้น การก่อชั้นของดินไม่ค่อยสมบูรณ์ ในบางตอนมีหินที่เป็นต้นกำเนิดของดินโผล่ หรือผสมค่อนข้างมาก ดินที่เกิดจากการสลายตัวของ หินแกรนิตหรือหินไนส จะค่อนข้างลึกกว่าดินที่สลายตัวจากหินทรายหรือฟิลไลท ดินที่ก่อตัวจาก หินควอทซ์ไชด์มีลักษณะค่อนข้างตื้น การแยกชั้นแทบไม่ปรากฏและมักมีหินปะปนอยู่มาก ทาง ตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ และบริเวณที่ราบริมลำห้วยสายใหญ่ ประกอบด้วยดินร่วน ปนทรายและดินตะกอน มีความอุดมสมบูรณ์ไม่มากนัก แต่มีการระบายน้ำดี รินน้ำห้วยสายใหญ่ ๑ บางตอน เป็นที่ทับถมของทรายมูล ดินในสภาพนี้จะไม่คงที่มีการพังทะลายและก่อตัวขึ้นใหม่ขึ้นกับ กระแสน้ำของแต่ละปี

จากการศึกษาของ ประหยัด จิตะธรรมกุล (2528) กล่าวว่า ลักษณะดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ ป่าแห่งนี้แปรผันไปตามชนิดสังคมพืชคลุมดิน กล่าวคือ ดินในป่าเต็งรังส่วนใหญ่เป็นดินทรายร่วน ดินร่วนปนทราย ไปจนถึงดินทรายจัด ค่อนข้างเป็นกรด (4.6 – 7.1) ดินตื้น มีธาตุอาหารพืชน้อย ในป่าผสมผลัดใบเป็นดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ค่อนข้างเป็นกรด(pH 4.3-6.9) ดินตื้นและเก็บความชื้นไม่ค่อยดี มีธาตุอาหารพืชน้อย ส่วนดินในป่าดงดิบแล้งมีลักษณะคล้ายดิน ในป่าผสมผลัดใบ แต่มีความลึกมากกว่าและเก็บความชื้นได้ดีกว่า ผิวดินมีซากพืชและอินทรีย์วัตถุ ทับถมค่อนข้างหนา ทั้งนี้เนื่องจาก ไฟป่าลุกลามเข้าไปถึงนานๆ ครั้ง ดินค่อนข้างเป็นกรดจัด (pH 4.8 - 6.3) มีธาตุอาหารพืชค่อนข้างต่ำ ระบายน้ำได้ดีพอควร ในป่าดงดิบเขาเป็นดินร่วนปน ทรายและดินทรายร่วน เนื่องจากป่าชนิดนี้ปกคลุมอยู่บนยอดเขาสูง ดินจึงค่อนข้างตื้นเป็นกรดจัด

มาก (pH 3.7 – 4.7) ธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ บนลาดเขาที่มีความชันมาก ๆ มักเกิด แผ่นดินเคลื่อน
ปรากฏอยู่ทั่วไป ป่าจึงมีความสำคัญมากในการยึดเหนี่ยวดินในป่าชนิดนี้

โดยทั่วไปกล่าวได้ว่าดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งไม่เหมาะที่จะเป็นดินเพื่อการ
เกษตรกรรม ทั้งนี้เพราะดินโดยทั่วไปมีธาตุอาหารพืชน้อย เก็บความชื้นได้ไม่ดีเมื่อมีการทำลายป่า
ลงผิวดินจะถูกกัดเซาะอย่างรวดเร็วและแผ่นดินเคลื่อนเกิดขึ้นได้ง่าย จึงควรเก็บไว้เป็นป่าไม้และ
แหล่งอนุรักษ์สัตว์ป่า

ทรัพยากรป่าไม้

สังคมพืชคลุมดิน (Vegetative Cover Types)

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งประกอบด้วยภูมิประเทศหลายรูปแบบ นับตั้งแต่พื้นราบที่
ระดับความสูงประมาณ 200 เมตร จากระดับน้ำทะเลขึ้นไปจนถึงยอดเขาสูงเกินกว่า 1,500 เมตร มี
กลุ่มห้วยอยู่มากมายหลายสาย สภาพภูมิอากาศแยกได้ถึงสามฤดูกาลและเป็นทางผ่านของลมมรสุม
และพายุโซนร้อน เป็นรอยเชื่อมต่อระหว่างภูมิอากาศแบบเขตร้อนโดยแท้ (tropical climate) และ
แถบกึ่งร้อน (sub-tropical climate) มีช่วงความแปรผันของอุณหภูมิค่อนข้างแคบ หินอันเป็นต้น
กำเนิดของดินประกอบด้วยหินหลายชนิด ก่อให้เกิดดินมากมายหลายรูปแบบ และมีความอุดม
สมบูรณ์ในระดับต่าง ๆ กัน ความชื้นภายในดินแปรผันไปตาม สภาพดินและภูมิประเทศ ด้วยเหตุ
ดังกล่าวนี้ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจึงรวมเอาสังคมพืชคลุมดินแทบทุกชนิด ของประเทศ
ไทยเข้าไว้ ฉะนั้นนับว่ามีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่ควรอนุรักษ์และป้องกันเป็นสมบัติของประชาชน
ส่วนรวม และเป็นมรดกตกทอดไปสู่ลูกหลานไทยในอนาคต สังคมพืชเด่นของพื้นที่ได้แก่ สังคม
ป่าดงดิบเขา สังคมป่าดงดิบชื้น สังคมป่าดงดิบแล้ง สังคมป่าผสมผลัดใบ สังคมป่าเต็งรัง และ
สังคมป่าไผ่ นอกจากสังคมหลักดังกล่าวนี้แล้ว ยังมีสังคมพืชย่อยที่น่าสนใจ อีกหลายชนิด เช่น
สังคมผาหิน กลุ่มไม้สนเขา สังคมคอนทรายริมลำน้ำ และสังคมป่าแคระที่ผ่านการทำลายมาก่อน
ยิ่งไปกว่านี้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งยังมีระบบนิเวศน้ำไหลซึ่งมีกลุ่มชีวิตทั้งพืชและ
สัตว์รวมกันอยู่มากมาย โดยเฉพาะปลาน้ำจืด พืชน้ำ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลานและแมลง
นับว่าเป็นระบบนิเวศที่น่าสนใจยิ่ง

แบบแผนการกระจายและลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชคลุมดินเหล่านี้ มีความสัมพันธ์
กับปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัยด้วยกัน โดยเฉพาะระดับความสูงจากน้ำทะเล คุณสมบัติของดิน และ
สภาพภูมิประเทศจัดได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง (ประหยัด วิจิตรธรรมกุล อ้างถึงใน (9)) อันเนื่องมา
จากช่วงความแปรผันของปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และปริมาณน้ำฝนรายปี
ไม่กว้างมากและอยู่ในช่วงที่ความทนทาน (amplitude of tolerance) ของพันธุ์ไม้หลายชนิดสามารถ

ขึ้นและดำรงพันธุ์ได้ ดังนั้นแต่ละสังคมพืชกลุ่มดิน จึงมีความหมายหลากหลาย (diversity) และความ สลับซับซ้อน (complexity) สูง สังคมสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแวดล้อมได้ดี แต่ไม่ค่อยคงที่มากนัก

สังคมป่าดงดิบเขา (Hill Evergreen Forest Community) เป็นสังคมพืชที่กระจายอยู่ในระดับสูง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนี้พบในพื้นที่ที่มีความสูงเกินกว่า 1,000 เมตร จากระดับทะเลขึ้นไป เช่น บริเวณยอดเขาปลายห้วยขาแข้งตอนเหนือของพื้นที่ บริเวณเทือกเขาเขียว เทือกเขาใหญ่ และเทือกเขาน้ำเย็น ด้านตะวันออกของพื้นที่ป่าชนิดนี้มีอยู่ประมาณ 235,156.25 ไร่ (376.25 ตารางกิโลเมตร) ปัจจัยอันเป็นตัวกำหนดสังคม (limiting factors) ได้แก่ความหนาวเย็น และความชื้น อันเนื่องมาจากความสูง อุณหภูมิจึงค่อนข้างต่ำตลอดปี ปกติอุณหภูมิจะไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิอาจเข้าใกล้ 0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน ฤดูฝน สังคมป่าชนิดนี้ จะปกคลุมด้วยเมฆและหมอกเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ความชื้นในบรรยากาศขึ้นสูง ฝนตกชุกกว่าส่วนอื่นของพื้นที่ ด้วยเหตุนี้สังคมป่าดิบเขาจึงประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่คล้ายคลึงกับพันธุ์ไม้ในเขตอบอุ่นของโลก

ป่าดงดิบเขาจำแนกได้จากโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ไม้สังคม คือ ไม้เด่นของสังคมประกอบด้วยไม้ในวงศ์ไม้ก่อ (Fagaceae) ในสามสกุลด้วยกันคือ *Quercus*, *Castanopsis* และ *Lithocarpus* นอกจากนี้อาจพบไม้ในกลุ่มไม้สนในวงศ์ Podocarpaceae, Cupresaceae และ ไม้ในวงศ์ Betulaceae ตามกิ่งและลำต้นของไม้ใหญ่ในป่านี้มักมีมอส เฟิร์น และไม้เกาะยึด จับอยู่อย่างหนาแน่น พื้นป่ามีไม้พุ่มและไม้ล้มลุกขนาดเล็กซึ่งเป็นไม้กึ่งอัลไพน์ (subalpine vegetation) และไม้เขตอุณหภูมิต่ำผสมอยู่มาก (รวิชัย สันติสุข อ้างถึงใน (9)) ลักษณะเช่นนี้จะแตกต่างอย่างเด่นชัดจากสังคมป่าชนิดอื่นที่มีอยู่ในเมืองไทย

โครงสร้างทางด้านตั้งของป่าดงดิบเขาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งแปรผันไปตามลักษณะภูมิประเทศ บริเวณยอดเขาสูงที่รับลมจัด ไม้ใหญ่จะขึ้นห่าง ๆ ลักษณะคดง มีความสูงไม่เกิน 10 เมตร พื้นป่ามีหญ้าและพืชล้มลุกปกคลุมหนาแน่น บริเวณหุบเขาที่มีดินลึก โครงสร้างจะประกอบด้วยสี่ชั้นเรือนยอด ชั้นบนสุดอาจสูงถึง 35 เมตร ชั้นรองสูงประมาณ 15 - 20 เมตร ชั้นไม้พุ่มสูงไม่เกิน 7 เมตร และชั้นคลุมดินสูงประมาณ 1 เมตร การแยกชั้นค่อนข้างเด่นชัดเฉพาะชั้นคลุมดิน

พันธุ์ไม้สำคัญในเรือนยอดชั้นบนสุดได้แก่ไม้ในวงศ์ไม้ก่อ เช่น ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides* A.DC.) ก่อเดือย (*C. Acuminatissima* Rehd.) ก่อลิ้น (*C. Indica* A.DC.) ก่อหนาม (*C. Costata* Miq.) ก่อนก (*Lithocarpus polystachya* Wall.) ก่อหมวก (*Quercus oideocarpus* D.C.) ก่อตลับ (*Q. Ramsbottomii* A. Camus) และ ก่อแอบ (*Q. Semiserrata* Roxb.) ไม้สำคัญอย่างอื่นที่

ขึ้นผสมกับไม้ก่อ เช่น พญาเมฆามป้อมดง (*Podocarpus imbricatus* B1.) ขุนไม้ (*P.nerriifolius* D.Don) จำปีป่า (*Paramichelia baillonii* Hu.) จำปา (*Michelia champaca* Linn.) พะอง (*Calophyllum polyanthum* Wall.) เงาะป่า (*Sloanea sigun* (Bl.) K Schum.) มังคาล (*Schima wallichii* Korth) กระอวม (*Acronychia pedunculata* Miq.) กระเพราต้น (*Cinnamomum glaucescens* Dryry) อบเชย (*C. Iners* Blume) เลือดควาย (*Knema* sp.) ตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba* Lour) พระเจ้าห้าพระองค์ (*Dracontomelon mangiferum* Blume) หว่าดง (*Eugenia fruticosa* Roxb.) สะทีบ (*Phoebe paniculatum* Nees)

ไม้ขึ้นรองที่พบในป่านี้ได้แก่มะนาวควาย (*Citrus medica* Linn.) พลองดง (*Tarenna* sp.) เหมือดเขา (*Symplocos* sp.) ปอจีแฮด (*Miliusa lineata* Alston) และไม้ในสกุล *Polyosma* Eurya *Diospyros* และ *Terminalia* อีกหลายชนิด พันธุ์ไม้ที่พบอยู่ในป่าดงดิบขึ้นอีกหลายชนิดรุกกล้าขึ้นมาผสมอยู่ในสังคมป่าชนิดนี้ด้วย แต่ส่วนใหญ่จะก่อตัวเป็นไม้ขึ้นรองเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

พื้นป่าค่อนข้างรกทึบด้วยลูกไม้ หย้า เฟิร์น พืชล้มลุก และพืชสกุลข่า หย้าที่สำคัญ ได้แก่ หย้าคมบาง (*Scheria* sp.) หย้าคมนางเขา (*Scheria terrestria* tassett) หย้าสามคม (*Fuirena umbellata* Rottb.) หย้าคายหลวง (*Arundinella hispida* Rack) และหย้ายูง (*Capilipedium paviforum* stapf.) ไม้พุ่มขนาดเล็กที่ผสมกับหย้า ได้แก่ หนามเกี่ยวไก่ (*Capparis* sp.) หนามคาใบ (*Paramignya scandens* Craib) ไม้ล้มลุกที่สำคัญได้แก่บุก (*Amorphophallus* sp.) ว่านหาวนอน (*Kaempterita rotunda* Linn.) ผักปราบช้าง (*Floscopa scandens* Lour) เป็นต้น บริเวณพื้นที่ที่ถูกทำลายอันเนื่องจากไม้ล้มและไฟไหม้ ไม้เบิกนำชนิดต่าง ๆ จะเข้ายึดครองอย่างหนาแน่น ที่สำคัญได้แก่ ปอควา (*Sterculis fulgens* Wall.) กล้วยป่า (*Musa acuminata* Colla) และโชนใหญ่ (*Pteridium aquilinum* (Linn.) Kuhn) และโชนผี (*Cheilanthes tenuifolia* Sw.)

ผลจากการศึกษาของ ประหยัด วิจิตรธรรมกุล (อ้างถึงใน (9)) สรุปว่า ป่าชนิดนี้มีความหนาแน่นของต้นไม้ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอกเกินกว่า 10 เซนติเมตรขึ้นไป มีประมาณ 49 ต้นต่อไร่ (306 ต้นต่อเฮกแตร์) พื้นที่หน้าตัด ของต้นไม้เฉลี่ยประมาณ 6.4 ตารางเมตรต่อไร่ (40.04 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์)

สังคมป่าดงดิบชื้น (Moist Evergreen Forest Community) เป็นสังคมที่พบในบริเวณที่มีความชื้นสูง ปัจจัยสำคัญที่กำหนดสังคมป่าชนิดนี้ก็คือความชื้นในดินและอุณหภูมิที่ค่อนข้างร้อน ดินจะต้องเก็บความชื้นได้พอสำหรับการคงใบของพันธุ์ไม้ตลอดปี ด้วยเหตุนี้สังคมป่าดงดิบชื้นจึงมีพบเฉพาะในลุ่มห้วยหรือที่ราบริมลำน้ำสายใหญ่ ๆ ระดับน้ำในดินตื้น เฉพาะในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีพบในหุบห้วยแถบเทือกเขาด้านตะวันออกและด้านเหนือของพื้นที่

ดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายร่วนหรือดินเหนียวปนทรายร่วน เนื่องจากป่าชนิดนี้ชอบภูมิอากาศค่อนข้างร้อน จึงมีกระจายอยู่เฉพาะในช่วงความสูงไม่เกิน 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล

ป่าดงดิบชื้นเป็นป่าที่ไม่พลัดใบในฤดูแล้ง อาจพบไม้พลัดใบปรากฏบ้างแต่มีปริมาณน้อยมาก การจำแนกจากป่าดงดิบชนิดอื่นก็โดยอาศัยโครงสร้างของสังคม โดยเฉพาะองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดและไม้ใช้รอง ไม้สำคัญที่เป็นไม้ดัชนีของสังคมได้แก่ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) ยางกล่อง (*D. Dyeri* Pierre) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) มะหาด (*Artocarpus nitidus* Trec.) กระบาก (*Anisoptera costata* Korth) กะทุ่ม (*Anthocephalus chinensis* (Lamk.) Rich ex Walp.) และลำพูป่า (*Duabanga grandiflora* (Roxb. Ex DC.) Walp) นอกจากนี้ยังมีไม้จำพวก ปาล์ม เช่น ไม้ค้อ (*Livistona speciosa* Kurz) เต่าร้าง (*Caryota urens* Linn.) และหมากนางลิง (*Arieca triandra* Roxb.) และฉฉ (*Arenga pinnata* Merr.) ขึ้นอยู่ทั่วไป

นอกเหนือจากไม้ดัชนีในชั้นเรือนยอดดังที่กล่าวแล้วนั้น ไม้ใหญ่ที่เข้ามาผสมอยู่ในสังคมนี้ได้แก่ ไทร (*Ficus* sp.) ตาเสือ (*Amoora cucullata* Roxb.) หว้า (*Eugenia* sp.) ดงดำ (*Alphonsea glabrifolia* Craib.) มะเดื่ออุทุมพร (*Ficus racemosa* Linn.) ยมหอม (*Toona ciliata* M. Roem.) ยมหิน (*Chukrasia velutina* W. & A.) สะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.) ป่าชนิดที่ขึ้นอยู่ในระดับสูงมักมีไม้ที่ปรากฏในป่าดงดิบเขาเข้ามาผสมอยู่ด้วยในอัตราที่ค่อนข้างสูง ที่สำคัญได้แก่ ไม้ในวงศ์ไม้ก่อ เช่น ก่อน้ำ (*Lithocarpus annamensis* (Hick & A. Camus) A. Camus) ก่อรัก (*Quercus semiserrata* Roxb.) ก่อค้าง (*Q. myrsinaefolia* Bl.) และก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima* Rehd.) ไม้ในวงศ์อื่นที่เข้ามาผสมอยู่ด้วย เช่น จำปีป่า (*Paramichelia baillonii* (Pierre) S.Y.Hu) พระอง (*Calophyllum polyanthum* Wall.) และ ทะโล้ (*Schima wallichii* DC. Korth.)

ไม้ชั้นรองและไม้พุ่มมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกับไม้ชั้นรองในสังคมป่าดงดิบแล้ง ไม้ที่มีความถี่สูงได้แก่ ข้าวสานหลวง (*Maesa ramentacea* A.DC.) หนามไขปู (*Rubus cochinchinensis* Tratt.) ตากีบ (*Canthum brunnesens* Craib) ส้มกุ่ม (*Embelia ribes* Burn.f.) มะไฟ (*Baccaurea ramiflora* Lour.) สะทิบ (*Phoebe paniculata* Nees.) และชิงชี (*Caparis micracantha* DC.) นอกจากนี้ยังมีไม้วัยรุ่นของพันธุ์ไม้ในชั้นเรือนยอดขึ้นผสมจนแน่นทึบ เกาวัลขนาดใหญ่พบได้ทั่วไปที่สำคัญได้แก่ สะบ้าหลวง (*Entada pursaetha* DC.) สะบ้าลิง (*Mucuna colletii* Lace) หมามุ่ย (*M. monosperma* DC.) บอระเพ็ด (*Tinospora crispa* (L.) Miers ex. Hock. F. & Thom.) เครือเขาน้ำ (*Tetrastigma lanceolarium* lanch.) กลิ้งกลางดง (*Stephania pierreii* Diels.) กลอยเขา (*Dioscaria hispida* Dannst) และหวาย

พื้นที่ป่าค่อนข้างรกทึบด้วยพันธุ์ไม้ล้มลุกที่ต้องการแสงน้อย บริเวณไม้ล้มและเรือนยอดป่าเปิด ออกมกปกคลุมด้วยกล้วยป่าและพืชสกุลข่า (Zingiberaceae) เช่น เร่ว (*Amomum* spp.) ผิวดิน โดยทั่ว ๆ ไปจะปกคลุมด้วยซากพืชหนาที่บดทำให้ยับยั้งตลอดเวลา พืชจำพวกหญ้ามีปรากฏเฉพาะจุดที่ได้รับ แสงจัดหรือบริเวณคอนทรายกลางลำห้วย บนกิ่งและคบไม้มีพืชจำพวกกล้วยไม้และพืชเกาะติดอยู่มาก ชนิด กล้วยไม้ที่สำคัญได้แก่ กล้วยไม้ในสกุลหวาย (*Dendrobium*) เช่น เอื้องเงินหลวง (*Dendrobium infundibulum* Lindl.) เอื้องเงิน (*D. draconis* Reiehb. f.) เอื้องตาเหิน (*D. formosum* Roxb.) เอื้องสาย (*D. superbum* Reiehb.f.) ในสกุลกุหลาบ เช่น เอื้องกระเป่ากุหลาบบิด (*Aerides odorata* Lour.) เอื้อง อัยเรศ (*A. multiflora* Roxb.) สกุลแวนด้า เช่น เอื้องโมก (*Vanda hookeriana* Reichb.) เข็มขาว (*V. lilaeina* Teijsm. & Binn.) เอื้องเสือโคร่ง (*V. yipani* Reichb.) นอกจากนี้ยังมีกล้วยไม้สวยงามในสกุล *Cymbidium*, *Bulbophyllum*, *Vandopsis* และ *Rhyncostylis* ปรากฏอยู่มากมาย พืชยึดเกาะอย่างอื่นได้ แก่ ชายผ้าสีดา (*Platyserium grande* J. Smith.) ข้ำหลวงหลังลาย (*Asplenium nidus* Linn.) และเฟิร์น อีกหลายชนิด

สังคมป่าดงดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) ป่าชนิดนี้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พบกระจายในระดับเดียวกับป่าดิบชื้น แต่ขึ้นอยู่ในดินที่มีความชื้นน้อยกว่า เช่น บนสันเขาหรือหุบ ห้วยแห้งที่มีน้ำเฉพาะฤดูฝน ดินค่อนข้างลึกเป็นดินร่วนปนทราย ทรายร่วน หรือดินทรายร่วนปนดิน เหนียว พบในระดับต่ำกว่า 1,000 เมตรจากความสูงจากระดับน้ำทะเล พื้นที่ทั้งหมดของป่าชนิดนี้ใน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีอยู่ประมาณ 288,593.75 ไร่ (461.75 กม²) ทางเทือกเขาด้าน ตะวันออก ทางเหนือ และทางตะวันตกของพื้นที่ ดินมีความเป็นกรดระดับปานกลาง ในช่วงปีที่แห้ง แล้งจัดอาจมีไฟป่ารุกไล่เข้าไปบ้างแต่ไม่บ่อยครั้ง ลักษณะโครงสร้างของสังคมประกอบด้วยชั้นเรือน ยอด สูงประมาณ 40 เมตร เรือนยอดชั้นรองแบ่งแยกได้ไม่เด่นชัดนักมีไม้ในป่าผลัดใบขึ้นผสมอยู่ค่อนข้างมาก ไม้หลักที่ใช้แยกสังคมนี้ได้แก่ ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus* Gaertn.f.) เสด้าปึก (*Vatica cinerea* King.) ยางโตน (*Polyalthia viridis* Craib.) บางพื้นที่อาจพบยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) และตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ขึ้นผสมอยู่ด้วย ไม้ชั้นรองที่ใช้ในการจำแนกได้แก่ ก้างควา (*Aglaia piriifera* Hance) กัดลิ้น (*Walsura trichostemon* Miq.) ลำไยป่า (*Paranephelium longifoliolatum* Lac.) กระเบาหลัก (*Hydnocarpus ilicifolius* King.) มะไฟป่า (*Baccaurea ramiflora* Lour.) สะเทิบ (*Phoebe paniculata* Nees.) และคอแลน (*Nepelium hypoleucum* Kurz.)

ป่าดงดิบแล้ง ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีลักษณะโครงสร้าง ที่ค่อนข้าง แตกต่างจากป่าสังคม ที่มีปรากฏในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยทั่วไป คือมีลักษณะค่อนข้างคล้าย ป่าดิบชื้นในระดับสูงแต่มีไม้ผลัดใบผสมอยู่ในอัตราที่ค่อนข้างมากเช่นกัน

นอกเหนือจากไม้ที่ใช้เป็นตัวจำแนกสังคมดังที่กล่าวมาแล้ว ไม้อื่น ๆ ที่มีผลสมอยู่เรือนยอด ได้แก่ ยมหอม (*Toona ciliata* M. roem.) ยมหิน (*Chukrasia velutina* W. & A.) อบเชย (*Cinnamomum* sp.) พญารากดำ (*Diospiros rubra* Lec.) พะวา (*Carcinia speciosa* Wall.) มะกาศคืด (*Mallotus philippensis* Muell.) จันทน์ป้า (*Myristica cinamomea* King.) กระบก (*Eryngia malayana* Oliv.ex. Benn.) สัตตบรรณ (*Alstonia scholaris* R. Br.) ตาเถื่อ (*Amoora gifantea* Kurz.) ตาเถื่อ (*Aphanamixis polystachya* Parker) เลือดควาย (*Knema erratica* Warb.) พลองดง (*Tarenna* sp.) ไม้ผลัดใบที่เข้ามาผสมในป่าชนิดนี้เช่น มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa* Roxb.) ทองหลวงป้า (*Erythrina subumbrans* Merr.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) ตะแบกใหญ่ (*Lagerstroemia calyculata* Kurz.) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* (Lour.) Oken) ชิงชัน (*Dalbergia oliveri* Gamble.) เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl.) กระพี้ชัน (*Millettia brandisiana* Kurz.) สมพง (*Tetrameles nudiflora* R. Br.) ปออีเก้ง (*Pterocymbium javanicum* R. Br.)

ไม้ขึ้นรองและไม้พุ่มในป่า ที่ปรากฏมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้แก่ พลับพล่า (*Grewia paniculata* Roxb. Ex Dc.) กระหนานปลิง (*Pterospermum acerifolium* Willd.) แคทราย (*Steriospermum neuranthum* Kurz.) หมี่เหม็น (*Litsea glutimosa* (Lour.) C.B. Robinson) โคมหลวง (*Holarrhema antidysenterica* Wall.) มะเฒ่าช้าง (*Antidesma bunius* (L.) Spreng.) มะทวด (*Lepisanthes rubiginosa* Leenh.) บริเวณริมลำห้วยอาจพบชมพูป่า (*Eugenia formosana* Wall.) ถ่านช้าง (*Dillenia pentagyna* Roxb.) มะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida* Linn.f.) และไม้ริมน้ำอื่น ๆ ผลสมอยู่มาก

ในบริเวณที่โล่งอันเนื่องจากไม้ล้มจะพบกล้วยป่าขึ้นอย่างหนาแน่นผสมกับหญ้าและเฟิร์นโดยเฉพาะหญ้ายายเกา (*Lygodium flexuosum* Sw.) บริเวณริมห้วยซิดขอบน้ำจะมีผักกูด (*Dryopteris amboinensis* Ktze.) ผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thw.) และกอไคร้ (Homonia riparia Lour.) ขึ้นค่อนข้างหนาแน่น เถาวัลย์ขนาดใหญ่ที่ปรากฏได้แก่ สบป่า (*Entada pursaetha* DC.) สบป่าลิง (*E. glandulosa* Pierre ex Gagnep.) เครืองูเห่า (*Toddalia asiatica* Lamk.) เครือเขาคั่ว (*Cascuta reflexa* Roxb.) และเครือหมามุ่ย (*Mucuna monosperma* Dc.) เป็นต้น

ป่าดิบแล้งของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเป็นที่รวมของกล้วยไม้หลายชนิดโดยเฉพาะในสกุล (*Dendrobium*, *Cymbidium*, *Kingidium*, *Aerides*, *Vandospis*, *Vanda*, *Ascocentrum*, *Rhychostylis* และ *Paphiopedilum* เป็นต้น

สังคมป่าผลัดใบ (Mixed Deciduous Forest) สังคมชนิดนี้นับเป็นป่าที่มีคุณค่ายิ่งใน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีป่าชนิดนี้อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ประมาณ 731,937.50 ไร่ (1,171.1 กม.²) ปังจัยกำหนดที่สำคัญได้แก่ ความลึกของดิน ช่วงความแห้งแล้งและ

ระดับความสูงจากน้ำทะเล ลักษณะหลักในการจำแนกได้แก่ การผลัดใบเพื่อลดการคายน้ำในช่วงที่น้ำในดินขาดแคลนในฤดูแล้ง คือพันธุ์ไม้เกือบทั้งหมดในสังคมจะผลัดใบทั้งในช่วงเดือนธันวาคมและออกใบใหม่ในเดือนเมษายน การจำแนกออกจากป่าในกลุ่มผลัดใบด้วยกันอาศัยโครงสร้างของสังคม โดยเฉพาะในด้านองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ คือไม้เด่นในชั้นเรือนยอดจะไม่มีผลัดใบในวงศ์ไม้ยาง (Dipterocarpaceae) ปรากฏ อยู่ และที่สำคัญจะมีไม้ไผ่ขึ้นผสมอยู่ด้วยเนื่องจากความแห้งแล้งและใบที่ร่วงลงมา ป่าชนิดนี้จึงมักเกิดไฟป่าเผาผลาญพื้นที่ป่าทุกปี โครงสร้างทางด้านตั้งมีได้ตั้งแต่ 3 ถึง 4 ชั้น

ไม้สำคัญในเรือนยอดบนสุดจะแปรผันไปได้หลายแบบตามสภาพของปัจจัยแวดล้อมเฉพาะในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งไม้เด่นได้แก่ มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib.) สมพง (*Tetrameles nudiflora* R. Br.) เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl.) ตะแบกเปลือกบาง (*L. duperreana* Pierre.) ปออีเก้ง (*Pterocymbium javanicum* R. Br.) จั้วป่า (*Bombax anceps* Pierre.) เนา (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.) กรวยป่า (*Casuarina greviaefolia* Vent.) ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.) ยางโอน (*Polyanthia asteriella* Ridl.) แคหิน (*Stereospermum personatum* Chatterjee.) แคทราย (*S. neuranthum* Kurz.) ตะกร้อ (*Schleiera oleosa* Merr.) แดง (*Xylia kerrii* Craib & Huteh.) หว้า (*Eugenia* sp.) มะกอก (*Spondias pinnata* Kurz.) กระพี้เขาควาย (*Dilbergia cultrata* Grah. Ex Benth.) สมอทิเบต (*Terminalia bellerica* Roxb.) จี้อ้าย (*T. nigrovenulosa* Pierre ex Laness) ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.) ตะเคียนหนู (*Anogeissus acuminata* Wall.) พยอม (*Garuga pinnata* Roxb.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) เลี่ยน (*Melia azedarach* Linn.) กระหนามปลิง (*Pterospermum acerifolium* Willd.) มันหมู (*Dioscorea membranacea* Pierre) และมะม่วงป่า (*Mangifera* spp.)

ไม้ชั้นรองของป่าชนิดนี้ได้แก่ อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall.) มะเฟืองช้าง (*Lepisanthes tetraphylla* Radlk.) ก้านเหลือง (*Nauclea orientalis* Linn.) ปอตำโรง (*Sterculia foetida* Linn.) ฅูน (*Cassia fistula* Linn.) แสมสาร (*C. garrettiana* Craib.) เป็ด้า (*Croton* spp.) โมกหลวง (*Holarrhena antidysenterica* Wall.) แผลงใจ (*Strychnos nux-vomica* Linn.) มะตูมป่า (*Aegle marmelos* (L.) Corr.) ตั้วแดง (*Cratoxylon formosum* (Jack) Bl.) ตั้วดำ (*C. sumatranum* (Jack) Bl.) มะเ็นสา (*Antidesma sootepense* Craib) มะแฟน (*Protium serratum* Engler.) เลี้ยว (*Bauhinia variegata* Linn.) และมีไม้ไผ่ขึ้นผสมอยู่หลายชนิดในชั้นนี้เช่น ไผ่หนาม (*Bambusa arundinacea* (Retz.) Willd.) ไผ่บง (*B. brandisii* Kurz.) ไผ่ชางนวล (*Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees.) ไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* Munro.) ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble.) และไผ่ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile* Munro.)

เนื่องจากป่าชนิดนี้ค่อนข้างโปร่งจึงมีเถาวัลย์ขนาดใหญ่ขึ้นผสมอยู่มากเช่น เครือออน (*Congea tomentosa* Roxb.) เลื้อยเครือ (*Bauhinia glauca* (Wall. Ex Benth.) Benth) กวาวเครือ (*Butea superba* Roxb.) เล็บมือนาง (*Quisqualis indica* Linn.) สะแกเครือ (*Combretum procursum* Craib.) และผักขำ (*Momordica cochinchinensis* Spreng.) ส่วนเถาวัลย์ขนาดเล็กได้แก่ ตูมกาแดง (*Strychnos minor* Dennst.) ถั่วแปบช้าง (*Afgekia sericea* Craib.) เถาย่านาง (*Tiliacora triandra* Diels.) และปริก (*Asparagus* sp.) ไม้พุ่มหนามที่ผสมอยู่ในป่านี้เช่น หนามคนทา (*Horrisonia perforata* Merr.) ส้มป่อย (*Acasia rugata* Merr.) ขี้จันทน์ (*Helicteres lantana* Kurz.) เล็บเหยี่ยว (*Zizyphus oenoplia* (L.) Hill.)

ในฤดูฝนพื้นป่าจะหนาแน่นด้วยหญ้า ไม้และพืชล้มลุกผสมกับไม้พุ่มเตี้ยเช่น เป้เงิน (*Viburnum odoratissimum* Ker.) ข้าวสาร (*Measa permollis* Kurz.) จังหันเหลือง (*Orophea polycarpa* A. Dc.) หนามคัตไ้ (*Randia pilosa* Craib.) เป็นต้น หญ้าที่ปรากฏทั่ว ๆ ไปเช่น หญ้าคมบาง (*Scleria* sp.) หญ้าคมบางเล็ก (*Carex indica* Linn.) หญ้ารงกา (*Cyperus* sp.) หญ้าคา (*Imperata cylindrica* Beauv.) หญ้าโฆม (*Saccharum procerum* Roxb.) หญ้าขน (*Brachiria kurzii* (Hk.f.) A. camus) หญ้าไผ่ (*Cyrtococcum accrescens* Stapf.) หญ้าแฝก (*Themeda triandra* Forsk) หญ้าหางม้าจิ้งจอก (*Setaria geniculata* (Lam) Beauv.) หญ้ากาย (*Eularia* sp.) และหญ้าพริกพราน (*Apluda mutica* Linn.) พืชล้มลุกส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ข่า (*Zingiberaceae*) วงศ์ถั่ว (*Leguminosea*) วงศ์พลับพลึง (*Amaryllidaceaea*) และวงศ์บุก (*Araceae*)

สังคมป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest) เป็นสังคมป่าผลัดใบที่อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งซึ่งมีป่าชนิดนี้ประมาณ 214531.25 ไร่ (343.25 กม.²) พบในพื้นที่แห้งแล้ง ดินเก็บความชื้นได้ไม่นานจึงปรากฏดินทรายจัด ดินตื้นและมีหินผสมอยู่มาก มีปรากฏอยู่ในระดับความสูงตั้งแต่ 200 ถึง 600 เมตร จากระดับน้ำทะเล ลักษณะที่ใช้จำแนกสังคมนี้จากป่าผลัดใบคือ การปรากฏของไม้ในวงศ์ยาง (*Dipterocarpaceae*) ที่มีการผลัดใบในฤดูแล้งเป็นไม้เด่นในสังคมอันได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) รัง (*S. siamensis* Miq.) ยางเต็ง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm) ยางพลวง (*D. tuberculatus* Roxb.) ยางกราด (*D. intricatus* Dyer) ไม้ชันรองที่เป็นไม้ดัชนีเช่น พุดป่า (*Gardenia tubifera* wall.) ผักหวาน (*Milientha suavis* Pierre) ดานกกรด (*Ochna vanichii* Planch.) นอกจากนี้อาจพบปรังเหลียม (*Cycas siamensis* Miq.) เป้งคอย (*Phoenix acaulis* Ham.) หญ้าเป็ด (*Arundinaria pusilla* Cheval & A. Camus) และไจ้ (*A. ciliata* A. camus) ขึ้นเป็นไม้พื้นล่างของป่าในบางแห่งของสังคม

นอกจากไม้ในวงศ์ไม้ยางที่ผลัดใบที่กล่าวมาแล้ว ไม้ในชั้นเรือนยอดของป่าชนิดนี้ได้แก่ พยอม (*Shorea talura* Roxb.) รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) ตะแบกเลือด (*T. corticosa* Pierre ex Laness) สมอไทย (*L. chebula* Retz.) กระบก (*Irvingia malayana* Oliv-ex Benn.) หว้า (*Eugenia cumini*

(L.) Druce) ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.) ตีนนก (*Vitex pinnata*) สวอง (*V. limonifolia* Wall.) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) ประดู่ (*Pterocarpus muerocarpus* Kurz) ยางเสียน (*Dipterocarpus gracilis* Bl.) เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre) มะม่วงจี๊ด (*Mangifera sylvatica* Roxb.) มะม่วงกะล่อน (*M. caloneura* Kurz) มะม่วงป่า (*M. pentandra* Hook) ก่อพะยะ (*Quercus kerrii* Craib) ก้อนก (*Lithocarpus polystachya* Wall.) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* Linn.) ถ่านหิิง (*Dillenia parviflora* Griff.) ถ่านใหญ่ (*D. obovata* (Bl.) Hoogl.) กุก (*Lanea coromandelica* Merr.) และมะกอกเกลื่อน (*Canarium subulatum* Guill.)

ไม้ชั้นรองในป่านี้ที่ขึ้นผสมกับไม้ค้ำนี้ของสังคมได้แก่ ตัวแดง (*Cratoxylon floribunda* Lamk) ตัวส้ม (*C. formosum* (Jack) Dyer) ตัว (*C. maingayi* Dyer) กระโดน (*Careya arborea* Roxb.) หนามเต็ด (*Randia tomentosa* Hook. f.) เกล็ดน้ำ (*R. longispina* D.C.) เหมือดตบ (*Aporosa villosa* Baill) แสงใจ (*Strychnos nux-vomica* Linn.) มะม่วงหัวแมงวัน (*Buchanania latifolia* Roxb.) มะเฒ่า (*Antidesma montanum* Bl.) เหมือดแอ (*Helicia* sp.) กระท่อมหนู (*Mitragyna brunonis* Craib) ยอป่า (*Morinda coreia* Ham) และสลักป่า (*M. angustifolia* Roxb.)

ในฤดูฝนพื้นป่าค่อนข้างรกทึบด้วยหญ้า กล้าไม้และการแตกหน่อจากง่ามเก่าและพืชล้มลุกอีกหลายชนิด มีความสูงตั้งแต่ 30 ซม. ขึ้นไปจนถึง 2 ม. ในบางพื้นที่หญ้าที่สำคัญได้แก่ หญ้าแถมโคก (*Bothriochloa glabra* Stapf.) หญ้าโฆม (*Saceharum procerum* Roxb.) หญ้าขน (*Coeloraehis striata* A. Camus) หญ้าคา (*Imperata cylindrica* Beauv.) หญ้าคมบาง (*Carex Strmentita* Boott ex Boeck.) หญ้าคมบาง (*Scleria* sp.) หญ้าขู (*Cyrtococcum pilipes* A. Gam) หญ้าใบไฟ (*Acroceras munroanum* Henr.) หญ้าโฆม (*Eragrostis interrupta* Beauv.) หญ้าแฝก (*Themeda triandra* Forak.) หญ้าฟุ้ง (*T. australis* (R. Br.) Stapf.) หญ้าไฟ (*Apluda mutica* Linn.) หญ้าหวาย (*Eragrostis* sp.) หญ้าหางหมาจิ้งจอก (*Setaria pallide-fusca* (Schurmach.) Stapf & Hubb.) และหญ้าจาม (*Limophilla micrantha* Benth) ไม้ล้มลุกอื่นๆ ที่ขึ้นผสมอยู่ในป่านี้ได้แก่ เอื้องหมายนา (*Costus speciosus* Smith) หญ้ายาเยา (*Lygodium flexuosum* Sw.) ปริก (*Asparagus sprengeri* Regel) สามสิบ (*A. racemosus* Willd.) เอนอ้าน้อย (*Osbeckia chinensis* Linn.) กระเจียว (*Curcuma paviflora* Wall.) เขือง (*Smilax* sp.) และพืชหัวอีกหลายชนิด

ป่าเต็งรังของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เป็นที่รวมของกล้วยไม้หลายชนิดด้วยกัน บางชนิดมีคุณค่ามากเช่น เอื้องสามปอยพะยะ (*Vanda bensoni* Batem.) เอื้องโมก (*V. hookeriana* Reichb) เข็มเหลือง (*V. parviflora* Lindl.) ถิ่นกระปือ (*Vandopsis parishii* Schltr.) เอื้องจำปา (*Dendrobium moschatum* Sw.) เอื้องคำกั่ว (*D. nobile* Lindl.) เอื้องแปรงสีฟัน (*D. secuntum* Wall.) เอื้องครั่ง (*D. parishii* Reichb.) เอื้องคำดาควาย (*D. pulchelum* Roxb.) เอื้องเงิน (*D. draconis*

Reichb. f.) เอื้องกุหลาบแดง (*Aerides crassifolia* Par & Reichb. f.) เอื้องกุหลาบพวง (*A. falcatum* Lindl.) เอื้องพวงมาลัย (*A. multiflora* Roxb.) กระระร่อน (*Cybidium simulans* Rolfe) เอื้องกำเบือ (*C. fraceyanum* Hort) เอื้องเขาแกะ (*Rhynchostylis coelestis* Reichb. f.) เอื้องยัยเรศ (*R. retusa* Bl.) เอื้องเข็มแสด (*Ascoentrum miniatum* Schltr.) เอื้องเขาแกะใหญ่ (*A. ampullaceum* Schltr.) เอื้องตีนจก (*Acampe ochracea* Hochr.) เอื้องหนวดพราหมณ์ (*Seidenfadenia mitrata* Garay) เอื้องพญาไริใบ (*Chiloschista luniferus* (Reichb. f.) J.J.Smith) และว่านเพชรหึง (*Grammatophyllum speciosum* Blume)

สังคมพืชในชั้นของการทดแทน

สังคมพืชกลุ่มดินที่กำลังอยู่ในชั้นของการทดแทนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีปรากฏอยู่หลายสังคม เช่น สังคมผาหิน สังคมไร่ร้าง และสังคมคอนทรายริมลำห้วย แต่ละสังคมมีลักษณะทางโครงสร้างที่แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม ช่วงเวลาหลังการกระทบและขั้นตอนของการทดแทน

สังคมผาหินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งปรากฏให้เห็นได้ทั่วไปโดยเฉพาะบริเวณเทือกเขาสูงทางตอนเหนือ ตะวันออกและตะวันตกของพื้นที่ เนื่องจากหินอันเป็นแหล่งกำเนิดของดินเป็นหินแกรนิต หินทราย และหินปูนในบางพื้นที่ ทำให้ความลาดชันของผาหินแตกต่างกันไป ผาหินที่มีความลาดชันน้อยมักพบดินชั้น ๆ ปกคลุมเหนือแผ่นหินหรือตามซอกหิน ในสภาพแบบนี้ผาหินมักปกคลุมด้วยหญ้าเป็นส่วนใหญ่ หญ้าที่สำคัญคล้ายคลึงกับที่ปรากฏปกคลุมอยู่ในพื้นที่ป่าของป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง ผสมกับไม้พุ่มเตี้ยที่ลำต้นคดงออันเนื่องจากแรงลม บริเวณโศดหินมักปกคลุมด้วยมอสและกล้วยไม้หลายชนิดเช่น เอื้องผึ้ง (*Dendrobium lindleyi* Steud) เอื้องหัวกระเทียม (*Bulbophyllum* spp.) และกล้วยไม้ดอกหลายชนิดเช่น เอื้องหิน (*Coelogyne lactea* Reichb) ม้าวิ่ง (*Doritis pulcherrima* Lindl.) เป็นต้น สังคมผาหินแบบนี้มักมีไฟป่าทุกปีจึงเกิดการชะล้างบ่อยครั้งทำให้คงสภาพอยู่ในขั้นตอนของการทดแทนขั้นนี้เป็นระยะยาวนาน บริเวณผาหินที่มีความชันมาก ๆ มีดินน้อย ส่วนใหญ่จะพบพืชยึดเกาะขนาดเล็กขึ้นอยู่โดยเฉพาะเถาวัลย์ชนิดต่าง ๆ บริเวณซอกหินที่พอมีดินอยู่บ้าง อาจพบไม้ขนาดเล็กขึ้นโดยมีรากแทรกเข้าไปในซอกหินเพื่อการยึดเหนี่ยว เช่น พืชในสกุลไทร (*Ficus* spp.) และจันทร์ผา (*Dracaena lourieri* Gagep.) พืชจำพวกหญ้าอาจพบในแอ่งดินบนหน้าผาแต่จะตายหมดในฤดูแล้ง สังคมผาหินนี้นับว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจยิ่งเพราะเป็นแหล่งที่หลบภัย สร้างรัง และพักนอนของสัตว์ป่าหลายชนิดเช่น เลียงผา กระรอก ค้างคาว ลิงและนกอีกหลายชนิด

สังคมไร่ร้าง (disturbed area) ก่อนที่พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำห้วยขาแข้งและต้นห้วยทับเสลาจะประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนั้น ได้มีราษฎรและชาวเขานุกรุกป่าสงวนเข้าไปตั้งบ้านเรือนทำกินอยู่หลายหมู่บ้าน เมื่อประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแล้วรัฐบาลก็ทำการโยกย้าย



หมู่บ้านต่าง ๆ ออกจากพื้นที่ส่วนนี้ ดังนั้นพื้นที่ที่ราษฎรเคยทำกินมาก่อนจึงถูกทอดทิ้งและทดแทนตามธรรมชาติที่จะกลับเข้าสู่สภาพป่าดั้งเดิม หมู่บ้านขนาดใหญ่ที่เคยอยู่ในห้วยขาแข้งส่วนใหญ่เป็นหมู่บ้านของชนเผ่ากระเหรี่ยงได้แก่ หมู่บ้านเสมียนและอยู่บริเวณปากห้วยเลื่อง หมู่บ้านเก่าต้นตาล หมู่บ้านตลิ่งสูง หมู่บ้านแก่นมะกรูด หมู่บ้านหนองม้า หมู่บ้านกรังไกร หมู่บ้านน้ำโจน และหมู่บ้านคลองแห้ง เป็นหมู่บ้านที่อยู่บริเวณตอนล่างของพื้นที่ริมห้วยขาแข้ง นอกจากนี้ยังมีหมู่บ้านยูยี่ซึ่งเป็นหมู่บ้านชาวม้งเคยตั้งอยู่ปลายห้วยยูยี่ และหมู่บ้านคอยหินแดง เป็นหมู่บ้านชาวไทยตั้งอยู่ริมห้วยทับเสลาในบริเวณที่ทำการของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้พื้นที่ป่าที่ถูกทำลายและอยู่ในสภาพของสังคมพืชที่กำลังทดแทนจึงปรากฏเป็นหย่อม ๆ ตามที่ตั้งของหมู่บ้านเหล่านี้

ลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชในไร่ร้างนี้แปรผันตามลักษณะดินและความชื้นในพื้นที่บริเวณริมลำห้วยที่มีความชื้นสูงจะปกคลุมด้วยไม้เบก้าที่มีขนาดใหญ่เช่น ลำพูป่า (*Duabanga grandiflora* (Roxb. Ex. Dc.) Walp.) เลี่ยน (*Melia azedarach* Linn.) ปอต้นหูช้าง (*Sterculia vilosa* Roxb.) ปอขาว (*S. thorelii* Pierre) ปอกุ่มไหม (*S. versicolor* Wall.) เต้าหลวง (*Macaranga gigantea* Muell. Arg.) ดอกแค (*M. denticulata* Muell. Arg.) พังแหร (*Trema angustifolia* Blume) และกระทุ่ม (*Anthocephalus chinensis* Rich ex Walp.) ในบางพื้นที่อาจพบกล้วยป่า (*Musa acuminata* Colla) ขึ้นผสมอยู่อย่างหนาแน่นสลับกับไชนฟี (*Cheilanthes tenuifolia* SW.)

ในที่ดินไร่ร้างจะปกคลุมด้วยสังคมไม้พุ่มหนามที่ขึ้นหนาแน่นผสมกับไม้เด่นของป่าผสมผลัดใบขนาดเล็กที่ยังไม่โตมาก ไม้พุ่มหนามที่สำคัญได้แก่ หนามคนทา (*Rosa clymophylla* Thory) หนามกระสุน (*Tribulus terrestris* Linn.) หนามเล็บแมว (*Capparis tenera* Dalz.) หนามหัน (*Acasia comosa* Gagnep) ตะขบป่า (*Flacourtia indica* (Burn. F.) Merr) ขี้แมว (*Prema villosa* Clarke) หนามเล็กหนามน้อย (*Vitex pierrei* Crab) และผกากรอง (*Lantana salvifolia* Jacq.) ไม้อื่นที่ขึ้นผสมกับไม้พุ่มหนามเช่น อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall.) กาสามปึก (*Vitex peduncularis* Wall.) ส้มเสี้ยว (*Bauhinia acuminata* Linn.) กางจิมอด (*Albizia odoratissima* Benth.) และปู่เจ้า (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness) ป่าค่อนข้างดิบด้วยไม้เลื้อยและเถาวัลย์ ในบางพื้นที่อาจพบไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* Monro) ขึ้นปกคลุมหนาแน่นจนยากที่ไม้อื่นจะรุกรานเข้าไปได้

สังคมพืชบนดอนทรายริมลำห้วย (Sand-bar Community) เป็นสังคมที่อยู่ริมลำห้วยสายใหญ่ ๆ เช่น ลำห้วยขาแข้ง ลำห้วยทับเสลา ลำห้วยอ้ายยะ และลำห้วยแม่ดี เกิดขึ้นจากการพัดพาของน้ำนำเอาตะกอน ทราย และกรวดมากองอยู่ริมลำน้ำ หรือกลางลำน้ำ มีการทำลายและเกิดใหม่อยู่ตลอดเวลา หากปีใดมีน้ำหลากอย่างรุนแรงพืชพรรณจะถูกทำลายจนโล่งเตียนจากนั้นสังคมก็ก่อตัวขึ้นใหม่ สังคมพืชริมลำห้วยนี้อาจแบ่งได้เป็น 4 ระดับคือ สังคมที่เป็นดอนทรายหรือหาดกรวดใหม่ สังคมดอนทรายหรือดินตะกอนเก่า สังคมป่าไผ่ขานห้วย และสังคมป่าดงดิบบนเกาะกลางลำน้ำหรือริมฝั่ง

สังคมหาดทรายหรือหาดกรวดเป็นสังคมที่จัดได้ว่าเป็นสังคมเบิกน้ำที่ใหม่สุด หาดทรายที่ต่ำมากน้ำจะท่วมตลอดฤดูฝนและไหลพ่นน้ำเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ส่วนใหญ่จะโล่งเตียนมีพืชล้มลุกและหญ้าบางชนิดขึ้นอยู่ห่าง ๆ ในฤดูแล้ง ที่พบเห็นเป็นประจำได้แก่ ผักกาดหิน (*Boea glabrifolia* Barnett) ผักกาดนา (*Blumea napifolia* D.C.) ผักกาดน้ำ (*Erechthites hieracifolia* (L.) Raf. ex. DC.) ผักกูด (*Dryopteris amboinensis* Kurz.) ผักโขมหนาม (*Amaranthus spinosus* Linn.) ผักเบี๋ยหิน (*Boerhavia diffusa* Linn.) ผักเบี๋ยเขียว (*Glinus lotoides* Linn.) ผักปราบ (*Commelina* sp.) ผักเลี่ยนผี (*Cleome viscosa* Linn.) และสาบแร้งสาบกา (*Blumea aurita* D.C.) นอกจากนี้ยังมีหญ้าเบิกน้ำขึ้นอยู่ประปราย แต่พืชเหล่านี้มักถูกน้ำพัดพาหมดไปในฤดูฝน สังคมพืชชนิดนี้เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของนกยูง

สังคมคอนทรายและดินตะกอน เป็นพื้นที่ที่ถูกยกสูงขึ้นกว่าหาดทราย ปกติน้ำจะท่วมถึงเฉพาะช่วงฝนตกหนักและท่วมอยู่ไม่นาน พื้นที่ส่วนนี้แปรผันได้หลายรูปแบบ ที่พบมากได้แก่ สังคมของพองอ้อพืชสำคัญได้แก่ เลา (*Saccharum spontaneum* Linn.) หญ้าพง (*Sorghum propinquum* (Kunth) Hitchc.) แยมหลวง (*Themeda arundinacea* Ridl.) และอ้อ (*Arundo danax* Linn.) บริเวณริมน้ำที่มีหินอาจยึดครองด้วยต้นไคร่น้ำ (*Glochidion kerrii* Craib) ในบริเวณที่เป็นดินทรายจัดและค่อนข้างแห้งอาจพบหญ้าคา (*Imperata cylindrica* Beauv.) หรือสาบเสือ (*Eupatorium odoratum* Linn.) ขึ้นปกคลุมหนาแน่นและบางตอนอาจพบหญ้าห้วย (*Eragrostis* sp.) หญ้าพุงชู (*Themeda australis* (R.Br.) ขึ้นคลุมเป็นพื้นที่กว้างขวาง

บริเวณที่เป็นดินตะกอนค่อนข้างหนาและมีความชื้นสูงสองฝั่งห้วย หรือเกาะกลางน้ำสังคมพืชจะพัฒนาไปสู่ดงดิบ ไม่เด่นก็คือ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) มะหาด (*Artocarpus nitidus* Trec.) ลำพูป่า (*Duabanga gradiflora* (Roxb. ex DC.) Walp.) กระทุ่ม (*Anthocephalus chinensis* (Lamk.) Rich ex. Walp.) และเลี่ยน (*Melia azedarach* Linn.) และมีไม้ชั้นรองของป่าดงดิบขึ้นเข้ามาผสมทำให้เรือนยอดต่อเนื่องจนถึงดิน พื้นที่ราบริมห้วยบางตอนจะถูกยึดครองด้วยป่าไผ่ส่วนไผ่หนาม (*Bambusa arundinacea* (Retz.) Willd) ยึดครองส่วนที่เป็นที่ราบมีความชื้นสูงสองฝั่งลำห้วยและบริเวณสบห้วย ส่วนไผ่ชางนวล (*Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees) ก่อตัวเป็นแถบในส่วนที่ลึกจากลำห้วยเข้าไป ซึ่งสภาพพื้นที่ค่อนข้างแห้ง พื้นที่ป่าในดงไผ่นี้ค่อนข้างโล่งเตียน บางตอนอาจมีปลักโคลนและหนองน้ำปรากฏอยู่ด้วย

ทรัพยากรสัตว์ป่า

1. ปัจจัยเพื่อการดำรงชีพของสัตว์ป่า

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนับว่ามีปัจจัยเพื่อการดำรงชีพ (welfare factors) ของสัตว์ป่าอย่างพร้อมมูล นับตั้งแต่สภาพภูมิอากาศ แหล่งที่อาศัย แหล่งอาหาร แหล่งน้ำ แหล่งหลบภัยหลบร้อน แหล่งสร้างรังเลี้ยงลูกอ่อน และปัจจัยพิเศษอื่น ๆ เช่น ดินโป่ง ดอนทราย หนองน้ำ และบ่อโคลน ดินฟูน ผาหินและถ้ำ ปัจจัยเหล่านี้มีอยู่ในปริมาณค่อนข้างมากจึงทำให้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้มีประสิทธิภาพในการรองรับประชากรสัตว์ป่าต่าง ๆ ได้สูง

1.1 สภาพถิ่นที่อาศัย หากจำแนกถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งตามลักษณะโครงสร้างของพันธุ์พืชและสภาพภูมิอากาศแล้ว อาจแบ่งได้เป็น 5 ชนิดด้วยกัน คือ

1.1.1 ถิ่นที่อาศัยที่เป็นยอดเขาหรือผาหิน ถิ่นที่อาศัยแบบนี้มีกระจายอยู่ตอนเหนือและรอยต่อระหว่างเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร ลักษณะทั่วไปเป็นผาชันหรือเขาหินมีสังคมพืชบน หน้าผาปกคลุม มีชอกหินและถ้ำอยู่หลายแห่ง กล้วยและพืชอาหารมีปกคลุมตามชอกหรืออ่างดิน ถิ่นที่อาศัยแบบนี้เป็นแหล่งที่อาศัย หลบภัย หลบร้อน และสร้างรังของสัตว์หลายชนิด สัตว์ป่าที่อาศัยอยู่เป็นประจำได้แก่ เลียงผา (*Capreolus sumatraensis*) ลิงโง้ง (*Macaca assamensis*) ค่างแว่น (*Hylobates lar*) นกหลายชนิด เช่น พญาแร้ง (*Torgos calvus*) อีแร้งหลังเทา (*Gyps bengalensis*) นกนางแอ่นในวงศ์ Apodidae, Hemiprocidae และ Hirundinidae และสัตว์เลื้อยคลานจำพวกตุ๊กแกป่า (*Gekkonidae*) ถ้ำบางแห่งเป็นที่หลบร้อนและเลี้ยงลูกอ่อนของสัตว์จำพวกเสือ เช่น เสือโคร่ง (*Panthera tigris*) เสือดาว (*P. pardus*) และเสีอลายเมฆ (*Neofelis nebulosa*) เป็นต้น

1.1.2 ถิ่นที่อาศัยที่เป็นป่าดงดิบ เป็นป่าที่รกทึบตลอดปีมีร่มเงาเพื่อการหลบร้อนและเรือนยอดป่าต่อเนื่องกันโดยตลอด ถิ่นที่อาศัยประเภทนี้ ได้แก่ ป่าดงดิบเขา ป่าดงดิบชื้น และป่าดงดิบแล้ง มีความสำคัญต่อสัตว์ป่าหลายชนิด เป็นที่หลบภัย แหล่งอาหาร ที่สร้างรัง เลี้ยงลูกอ่อนของสัตว์ป่าบางชนิด และเป็นถิ่นที่อาศัยประจำของสัตว์ป่าที่มีคุณค่าเช่น ชะนีมือขาว (*Hylobates lar*) ค่างแว่นถิ่นเหนือ (*Presbytis phayrei*) ค่างหอก (*P. cristata*) ลิงลม (*Nycticebus coucang*) นกเงือกคอแดง (*Aceros nipalensis*) นกกก (*Buceros bicornis*) นกขุนแผนอกสีส้ม (*Harpactes oreskios*) นกกระต่ายหางเขียว (*Arborophila charltonii*) นกแว่นสีเทา (*Polyplectron bicaratum*) และนกอื่น ๆ อีกหลายชนิด ป่าดงดิบเป็นถิ่นที่อาศัยสำคัญของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำหลายชนิด ส่วนสัตว์ป่าขนาดใหญ่เช่น ช้างป่า (*Elephas maximus*) กระทิง (*Bos gaurus*) กวางป่า (*Cervus unicolor*) เสือโคร่งและเสือดาว อาศัยป่าดิบเป็นที่หลบซ่อนตัวในเวลากลางวัน อาจออกหากินในป่าโปร่งในตอนกลางคืน ธีรภัทร ประยูรสิทธิ (อ้างถึงใน (9)) กล่าวว่าป่าชนิดนี้มีความสำคัญมากสำหรับ

กระทิงในช่วงฤดูแล้งที่มีไฟป่ารุนแรงในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ในช่วงที่พื้นป่าในป่าทั้งสองเตียนโล่ง กระทิงจะใช้ชีวิตส่วนใหญ่ในป่าดงดิบ

1.1.3 ถิ่นที่อาศัยที่เป็นป่าผลัดใบ มีปริมาณพื้นที่มากที่สุดในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ ประกอบด้วยสังคมพืชป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ และป่าไผ่ ลักษณะทั่วไปเป็นป่าโปร่งเรือนยอดเปิด จึงมีหญ้าและพืชล้มลุกอื่น ๆ ขึ้นอยู่บนพื้นป่ามากโดยเฉพาะในฤดูฝน พืชเหล่านี้จัดว่าเป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์กินพืช(herbivores) ที่สำคัญยิ่ง ในฤดูแล้งถิ่นที่อาศัยชนิดนี้นักถูกไฟป่าเผาผลาญหญ้าและใบไม้บนผิวดินจนโล่งเตียน นับเป็นการกำจัดโรคและแมลงที่เป็นสัตว์เกาะกินของสัตว์ป่าให้หมดไป ปกติหญ้าและพืชล้มลุกจะระบัดขึ้นมาอย่างรวดเร็วหลังไฟป่าทำให้พืชอาหารสัตว์มีมากขึ้น ไม้ป่าหลายชนิดในถิ่นที่อาศัยแบบนี้ ออกดอกผลในช่วงฤดูแล้ง และเป็นอาหารของสัตว์ป่าได้เป็นอย่างดีเช่น มะม่วงป่า มะขามป้อมป่า จันทรง และหว้า เป็นต้น นับเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่ในการรับประชากรของสัตว์ป่าในท้องถิ่นนี้ ไม้พุ่มหนามและเถาวัลย์ที่ขึ้นประสานกันหนาแน่นในบางตอนและป่าดงดิบหย่อมเล็ก ๆ ริมลำห้วย มีส่วนช่วยอย่างมากที่จะเป็นแหล่งหลบซ่อนตัวของสัตว์ป่าในถิ่นที่อาศัยชนิดนี้ในตอนกลางวัน สัตว์ป่าที่พบเป็นประจำในสังคมป่าผลัดใบได้แก่ วัวแดง (*Bos javanicus*) เก้งหม้อ (*Mutiacus feae*) เก้งธรรมดา (*M. muntjak*) เนื้อทราย (*Cervus porcinus*) แมวขาว (*Felis bengalensis*) เขี้ยวรุ้ง (*Spilomis cheela*) นกหัวขวานชนิดต่างๆ นกปรอดชนิดต่างๆ ตะกวด (*Varanus bengalensis*) แย้ (*Leiolepis belliana*) เป็นต้น นอกจากนี้ถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าชนิดนี้ยังเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ในถิ่นที่อาศัยชนิดอื่นด้วยเช่น ช้างป่า , สมเสร็จ (*Tapirus indicus*) และกระทิง (*Bos gaurus*) เป็นต้น โดยเฉพาะในป่าไผ่ตอนช่วงฤดูที่ไผ่แตกหน่อและใบอ่อน

1.1.4 ถิ่นที่อาศัยที่เป็นคอนทรายและลำน้ำ เป็นชนิดถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าที่กระจายอยู่ในลำน้ำสายใหญ่ ๆ เช่น ลำห้วยขาแข้ง ลำห้วยทับเสลา ลำห้วยอ้ายเยาะ และลำห้วยแม่ดี รวมถึงห้วยแยกบางสายที่มีน้ำตลอดปี น้ำในห้วยต่าง ๆ เหล่านี้นอกจากเป็นแหล่งน้ำดื่มกินและอาบของสัตว์ป่าที่อาศัยในถิ่นที่อาศัยอื่น ๆ แล้วยังเป็นที่อยู่ประจำของสัตว์ป่าบางชนิดเช่น นาก (*Lutra lutra*) เขี้ย (*Varanus salvator*) เต่าหวาย (*Heosemys grandis*) เต่าห้วย (*Cyclemys techponensis*) ตะพาบ (*Trionyx cartilagineus*) ตะพาบแก้มแดง (*Dogonia subplana*) กบทูต (*Rana blythii*) โง้งโคร่ง (*Bufo asper*) เป็นต้น นอกจากนี้ลำห้วยสายต่าง ๆ ยังเป็นที่อยู่ แหล่งวางไข่ และแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของปลาน้ำจืดหลายชนิด

ในช่วงน้ำลดหาดทรายใหญ่น้อยกลางลำน้ำก็จะปรากฏขึ้น ก่อให้เกิดถิ่นที่อาศัยพิเศษขึ้นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ คอนทรายที่ค่อนข้างโล่งเตียนนี้เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการผสมพันธุ์ของนกยูง ในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่ปลายเดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป นกยูงตัวผู้จะลงมาจากป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรังเข้ายึดครองหาดทรายและสร้างอาณาจักร ชันและกริดกรายบนชายหาดในตอนเช้าและ

บาย รำแพนเพื่อเรียกหาตัวเมียเข้าสู่อาณาจักรของตัวเอง ผุงตัวเมียวินเวียนหากินอยู่ตามลำห้วยและป่าไผ่ในบริเวณใกล้ ๆ จะออกมาหา การผสมพันธุ์ก็จะเกิดขึ้นบนคอนทรายเหล่านี้ นกยูงตัวเมียจะวางไข่ตามโคนไม้ริมลำห้วย เมื่อลูกนกออกจากไข่แล้วแม่ก็จะนำออกหากินตามคอนทรายและป่าไผ่ริมลำน้ำจนกว่าจะโต ถิ่นที่อาศัยที่เป็นคอนทรายนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นยิ่งสำหรับนกชนิดนี้ นกชนิดอื่นเข้ามาใช้หาทรายร่วมกับนกยูง ได้แก่ นกกระแตหิวเทา นกกวก (*Amaurornis phoenicurus*) นกอุ้มบาตร (*Metacilla alba*) เป็นต้น เหยี่ยวชนิดต่าง ๆ มักหากินอยู่ตามลำน้ำเช่นกัน ส่วนหาทรายที่ค่อนข้างสูงจากระดับน้ำมักมีเหี่ยวและพืชล้มลุกคลุมหนาแน่น และสดอยู่ในช่วงหน้าแล้ง จึงเป็นแหล่งอาหารของสัตว์กินหญ้าทั่วไป เช่น กวางป่า กระตัง วัวแดง ช้างป่า และอีเก้ง ปกติจะออกหากินในเวลากลางวัน

1.1.5 ถิ่นที่อาศัยที่เป็นดงพงและไร่ร้าง สังคมพืชที่เป็นพุ่มอ้อปกคลุมอยู่บนพื้นที่ราบริมลำห้วยเป็นตอน ๆ โดยเฉพาะตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่านี้ ส่วนไร่ร้างเกิดจากชนเผ่ากะเหรี่ยงที่เคยอาศัยอยู่ในพื้นที่นี้มาก่อนและโยกย้ายออกไปเมื่อรัฐบาลได้ประกาศให้พื้นที่นี้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าชนิดนี้มักถูกไฟป่าเผาผลาญแทบทุกปี พง อ้อ เข็ม และหญ้าอีกหลายชนิดที่ระบัดหลังไฟจัดว่าเป็นอาหารที่ชอบของควายป่า (*Bubalus bubalis*) ซึ่งตอนกลางวันมักหลบซ่อนตัวอยู่ในป่าเหล่าที่ทึบ กวางป่า ช้างป่า วัวแดง และกระตัง ก็ชอบออกหากินในถิ่นที่อาศัยแบบนี้ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบจึงมีหนองน้ำและปลักโคลนหลายแห่งจึงเป็นที่อยู่ที่เหมาะสมของ ควายป่า กวางป่า และหมูป่ามาก นกต่าง ๆ ที่พบเห็นได้ในถิ่นที่อาศัยชนิดนี้ได้แก่ นกกระปูดใหญ่ (*Centropus sinensis*) ไก่ป่า (*Gallus gallus*) นกคุ้ม (*Turnix sylvatica*) และนกปลอดชนิดต่าง ๆ

พื้นที่พุ่มอ้อและไร่ร้างนี้เป็นสังคมพืชที่อยู่ในขั้นการทดแทนระดับต่าง ๆ สังคมสุดยอด (climax community) อาจเป็นป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง หรือป่าดงดิบแล้งขึ้นกับลักษณะของดินและความชื้นภายในดิน ดอก พง อ้อ และเข็มจัดว่าเป็นวัชดุรกรังของนกเล็ก ๆ หลายชนิด ความหนาแน่นของพันธุ์พืชทำให้ถิ่นที่อาศัยแบบนี้เป็นที่หลบซ่อนตัวของสัตว์ป่าได้เป็นอย่างดี และระดับของอาหารไม่อยู่สูงเกินไปเหมือนป่าดงดิบ จึงทำให้พื้นที่ชนิดนี้มีสัตว์ป่าอาศัยอยู่มาก

1.2 แหล่งน้ำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจัดได้ว่ามีแหล่งน้ำเพื่อสัตว์ป่าอย่างอุดมสมบูรณ์ตลอดทุกฤดูกาล แหล่งน้ำแหล่งใหญ่ ๆ ก็ได้แก่ลำห้วยที่มีน้ำตลอดปีซึ่งมีอยู่หลายสายด้วยกัน และแผ่กระจายอยู่แทบทั่วพื้นที่ ดินห้วยบางแห่งหายไปในช่วงฤดูร้อน แต่ก็คงเหลือวังน้ำไว้เป็นตอน ๆ สำหรับสัตว์ป่าใช้ดื่มกินได้ นอกจากน้ำในลำห้วยแล้วยังมีแหล่งน้ำซับอีกหลายแห่งกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ที่สำคัญเช่น โป่งซับตะเคียน โป่งพุ่น้ำร้อน โป่งซับฟ้าผ่า โป่งบอน เป็นต้น ในท้องห้วยต่าง ๆ ที่แห้งขอดแล้วนั้นยังมีน้ำที่ค้างอยู่ในแอ่งหินใต้ดินเป็นจุด ๆ ช้างป่าจะใช้เท้าขุดคุ้ยจนเป็นแอ่งและมีน้ำ

ให้ใช้กินได้ จากนั้นและสัตว์อื่น ๆ ก็จะเข้ามาใช้น้ำในแอ่งเหล่านี้ จึงกล่าวได้ว่าปัจจัยที่เกี่ยวกับน้ำมิได้เป็นปัญหาต่อสัตว์ป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งแต่อย่างใด

1.3 แหล่งหลบภัยหลบร้อน จัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญของสัตว์ป่าอย่างหนึ่ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ นับว่ามีปัจจัยนี้อยู่อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เนื่องจากมีป่าอยู่หลายชนิดทั้งที่มีไม้หนาแน่นจนสภาพการมองเห็นได้ในป่าไม่เกิน 30 เมตร จนถึงป่าโปร่งเช่น ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ มีกอไผ่ที่เรียวยาว หนาแน่นสำหรับการหลบภัยของสัตว์เล็ก ๆ มีไม้หลายขนาดโดยเฉพาะป่าดงดิบแล้ง ไม้บางต้นมีความสูงถึง 50 เมตร มีน้ำผา ซอกหิน และถ้ำมากมาย มีไม้พุ่มหนามที่รกทึบในบางตอนซึ่งมักเป็นที่หลบซ่อนของกระทิง วัวแดง และกวางป่า การประกอบกันของสิ่งดังกล่าวนี้จึงทำให้ปัญหาเรื่องแหล่งหลบภัยหลบร้อนของสัตว์ป่าในที่นี้ไม่มีปัญหาแต่อย่างใด

1.4 แหล่งสร้างรังและเลี้ยงลูกอ่อน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนอกจากมีป่าหลายชนิด แหล่งหญ้าที่รกทึบ ไม้พุ่มมากมายเป็นที่สร้างรังและออกลูกที่ปลอดภัยสำหรับสัตว์ป่าทั่ว ๆ ไปแล้ว ยังมีแหล่งสร้างรังออกลูกพิเศษเฉพาะสัตว์บางชนิดอีกด้วย ที่สำคัญคือโพรงไม้ในต้นไม้ใหญ่เป็นที่สร้างรังสำคัญยิ่งของนกจำพวกนกเงือก ด้วยเหตุนี้ป่าห้วยขาแข้งจึงยังมีนกเงือกอาศัยอยู่ได้ถึง 6 ชนิดด้วยกัน ผาหินหลายแห่งเป็นที่สร้างรังของนกนางแอ่น และถ้ำต่าง ๆ เป็นที่ออกลูกของเสือและหมี นอกจากนี้ไม้ใหญ่และยอดเขาสูงยังเหมาะที่จะเป็นที่สร้างรังของพญาแร้งและเหยี่ยวที่หายากชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะเหยี่ยวกิ้งก่าดำได้โยกย้ายถิ่นมาสร้างรังวางไข่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ทุกปี วัสดุเพื่อการสร้างรังและรองรับที่พร้อมเช่น ดอกหญ้า พง มอส ฝอยลม กิ่งไม้และหญ้าแห้งมีอยู่อย่างมากมาย ผืนดินที่เกิดจากน้ำเซาะตามลำห้วยต่าง ๆ เหมาะที่จะสร้างโพรงของนกในวงศ์นกจับคา นกกระเต็นชนิดต่าง ๆ และไม้ที่ขึ้นตายเป็นแหล่งสร้างรังที่สำคัญของนกในวงศ์โพรงคอก

1.5 ปัจจัยพิเศษสำหรับสัตว์น้ำ สัตว์ป่าบางชนิดหรือบางกลุ่มจำเป็นต้องมีปัจจัยพิเศษเพื่อการดำรงชีวิตที่สมบูรณ์ได้ โดยเฉพาะสัตว์กบจำเป็นต้องมีแหล่งเกลือแร่เป็นอาหารเสริม ดังนั้น แหล่งดินโป่งจึงเป็นสิ่งจำเป็นยิ่งของสัตว์ป่าที่กินหญ้าและใบไม้ทั่ว ๆ ไปเช่น ช้าง กระทิง วัวแดง สมเสร็จ กวางป่า อีเก้ง รวมถึงค้างคาว นพรัตน์ นาคสถิตย์ (2529) ได้จำแนกโป่งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ไว้ 3 ประเภทคือ โป่งดิน เป็นแหล่งที่มีดินประกอบด้วยธาตุอาหารที่สัตว์กบต้องการสูง เช่น เกลือ กำมะถัน และเหล็ก เป็นต้น โป่งน้ำเป็นแหล่งน้ำที่มีธาตุที่สัตว์กบต้องการผสมอยู่ โดยทั่วไปจะเป็นแหล่งน้ำพุหรือน้ำซับที่ผ่านชั้นของหินหรือดินที่มีแร่ธาตุ นั้น ๆ อย่างอุดม น้ำที่ผุดออกมาจะละลายเอาธาตุนั้น ๆ ออกมาด้วย และชนิดสุดท้ายได้แก่ โป่งหญ้า คือแหล่งหญ้าที่มีแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการสูง มักเป็นหญ้าที่ขึ้นอยู่ในแอ่งที่เกลือแร่ไหลลงมาทับถมกันอยู่มาก ๆ โป่งขนาดใหญ่ที่สำรวจพบแล้วในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้มีอยู่ถึง 14 โป่ง ดังนี้

โป่งน้ำพุร้อน อยู่บริเวณตอนกลางของห้วยกระดัง เป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่ไหลออกมาจากซอกหินตลอดปี ธารน้ำไหลก่อให้เกิดพื้นที่กว้างกว่า 2 ไร่ เป็นทั้งโป่งน้ำและโป่งดิน จัดเป็นโป่งที่สัตว์ป่าลงใช้มากที่สุด ที่พบร่องรอยและเห็นตัวได้แก่ ช้าง กระตัง วัวแดง สมเสร็จ กวางป่า อีเก้ง หมูป่า ลิงกัง ค่าง หมูหริ่ง และนกอีกหลายชนิด เช่น นกมูม นกเขาเปล้าธรรมดา นกเขาขนาดใหญ่ และนกหกเล็บปากแดง เป็นต้น สัตว์ผู้ล่าเช่น เสือโคร่ง เสือดำ เสือลายเมฆ และหมาใน วัวเียนเข้ามาล่าเหยื่อบ่อยครั้ง เส้นทางด้านรอบ ๆ ความโล่งเตียน และร่องรอยรอบ ๆ โป่งนี้แสดงให้เห็นว่าสัตว์เข้ามาใช้ในปริมาณที่สูงมาก

โป่งซับแก้ว เป็นโป่งน้ำที่เกิดจากการมีน้ำพุขึ้นในป่าเต็งรัง ขนาดพื้นที่ตัวโป่งประมาณ 1 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นทางจากที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งกับหน่วยพิทักษ์ป่าซับฟ้าผ่า มีน้ำตลอดปีอยู่ท่ามกลางป่าโปร่งที่ค่อนข้างแห้งแล้งจึงมีสัตว์เข้าใช้ค่อนข้างมาก สัตว์สำคัญที่ลง โป่งน้ำได้แก่ วัวแดง กวางป่า อีเก้ง หมูป่า นกมูม นกเขาเปล้าธรรมดา และนกเล็ก ๆ อีกหลายชนิด สัตว์ผู้ล่าที่เข้ามาหาเหยื่อในโป่งนี้ได้แก่ เสือดำ แมวป่า หมาใน และหมาจิ้งจอก

โป่งซับฟ้าผ่า อยู่บริเวณตอนกลางของห้วยสองทางใกล้หน่วยพิทักษ์ป่าซับฟ้าผ่า ลักษณะคล้ายคลึงกับโป่งซับแก้ว จัดเป็นโป่งน้ำและโป่งหญ้าที่สำคัญ

โป่งนายสอ เป็นโป่งน้ำโป่งดินและโป่งหญ้าในพื้นที่เดียวกันอยู่บริเวณปากห้วยน้ำคัน สัตว์ป่าที่เข้าใช้โป่งนี้คล้ายคลึงกันกับโป่งน้ำพุร้อน แต่มีนกยูงเข้ามากินน้ำ กรวด และหาอาหารเป็นประจำ จึงทำให้โป่งนี้มีความเด่นเป็นพิเศษ

โป่งน้ำซับ ลักษณะเป็นแอ่งน้ำซับท่ามกลางป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบอยู่ตอนกลางของพื้นที่ จัดเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของวัวแดง กระตัง กวางป่า และอีเก้ง

โป่งพลวง เป็นโป่งน้ำเช่นเดียวกับโป่งน้ำซับอยู่ในป่าเต็งรังตอนกลางของพื้นที่ จัดเป็นแหล่งน้ำของสัตว์ป่าที่สำคัญในฤดูแล้ง

โป่งพุตะเคียน อยู่บนยอดเขาปลายห้วยไผ่ล้อม เป็นแหล่งน้ำซับที่ใสสะอาด กว้างประมาณ 3 เมตร ครอบคลุมด้วยป่าไผ่และไม้ใหญ่จึงเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของช้างป่า วัวแดง กระตัง กวางป่า และสัตว์อื่น ๆ อีกหลายชนิด เนื่องจากเป็นป่าหนาแน่นสัตว์จึงลงกินตลอดวัน

โป่งเจียว มีลักษณะเช่นเดียวกับโป่งน้ำซับ อยู่ในป่าเต็งรังตอนกลางของพื้นที่เป็นทั้งโป่งดินและโป่งน้ำสำหรับสัตว์กินทั่วไป

โป่งตาเบ๊ยะ เป็นโป่งดินขนาดใหญ่อยู่ตอนกลางของห้วยน้ำคัน เป็นแหล่งกินดินของสัตว์ป่าขนาดใหญ่ทั่วไป

โป่งตะเกียบะ อยู่ที่สบห้วยอ้ายเยาะจัดเป็นโป่งดิน โป่งหญ้าและโป่งน้ำ เป็นโป่งขนาดใหญ่สัตว์เข้ามาใช้มาก ในฤดูฝนเมื่อควายป่าโยกย้ายถิ่นขึ้นมาเนื่องจากน้ำทางตอนล่างของลำเขาแห้งมากเกินไป ควายป่าจะเข้ามาใช้โป่งนี้เป็นประจำ

โป่งไผ่ เป็นโป่งดินที่อยู่ริมห้วยแยกของลำห้วยช้างตาย ลักษณะเป็นบ่อดินกว้างประมาณ 10 ตารางเมตรในป่าไผ่ เป็นที่ลงกินโป่งของสัตว์ใหญ่เช่น ช้าง กระตัง วัวแดง และควายป่า เนื่องจากบริเวณรอบ ๆ เป็นป่าที่บึงจึงปรากฏว่าเสือโคร่งเข้ามาล่าเหยื่อบ่อยครั้ง

โป่งทะเล เป็นโป่งดินริมลำห้วยอ้ายเยาะ เนื่องจากดินมีธาตุอาหารที่สัตว์ต้องการสูงและอยู่ใกล้ น้ำซึ่งเมื่อสัตว์กินโป่งแล้วก็จะลงมากินน้ำในลำห้วยด้วย โป่งทะเลจึงมีช้าง กระตัง วัวแดง ควายป่า และอีเก้งมาเยี่ยมชมบ่อย

โป่งน้อย เป็นที่ราบริมลำห้วยเขาแข้ง มีเนื้อที่ประมาณ 10 ไร่ มีหนองน้ำและปลักโคลนเป็นองค์ประกอบของตัวโป่งด้วย พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยหญ้าจึงเป็นแหล่งเกลือปลัก และกินหญ้าของสัตว์หลายชนิดเช่น ช้างป่า ควายป่า กระตัง วัวแดง และเป็นแหล่งนกยูงด้วย

โป่งหญ้า เป็นแหล่งหญ้าขนาดใหญ่กลางป่าเต็งรัง เนื่องจากเป็นแอ่งลุ่มมีธาตุอาหารมากองอยู่ มาก หญ้าที่ขึ้นในพื้นที่นี้คงสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุ สัตว์ป่าเช่น วัวแดง กระตังและควายป่าจึงเข้ามากินเป็นประจำ

โป่งเกลือ เป็นโป่งดินขนาดใหญ่อยู่ทางตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยเขาแข้ง ดินค่อนข้างเค็มจัดสัตว์จึงเข้ามาใช้มาก

นอกจากโป่งขนาดใหญ่ที่กล่าวมานี้ยังมีโป่งขนาดเล็กอีกมากมาย บางโป่งเป็นโป่งเกิดใหม่ โดยการขุดของช้างป่าและสัตว์อื่นจะลงกินตาม บางโป่งอาจร้างเนื่องจากหมดธาตุอาหารและสัตว์เลิกใช้ โป่งใหญ่ ๆ มักมีเดินสัตว์ต่อเนื่องกันแสดงว่าสัตว์ป่าต้องการกินดินจากหลายโป่งเพื่อให้ได้ธาตุอาหารครบถ้วน

ปัจจัยพิเศษอย่างอื่นสำหรับสัตว์ป่าเช่น บ่อโคลนและปลักมีปรากฏอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะพื้นที่ทางตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่านี้ บ่อโคลนและปลักนี้ มีความจำเป็นยิ่งสำหรับควายป่า ดังนั้นสัตว์ชนิดนี้จึงกระจายอยู่ทางตอนใต้เป็นส่วนใหญ่ แหล่งดินทรายริมลำน้ำและในห้วยที่แล้งจัดได้ว่าเป็นแหล่งคลุกฝุ่นที่สำคัญของสัตว์จำพวกนก โดยเฉพาะนกในวงศ์ไก่ฟ้าและไก่ป่า

2. ชนิดพันธุ์สัตว์ป่าและประชากร

ผลจากการสำรวจในภาคสนามในช่วงที่ทำการศึกษา (ก.ย. - ธ.ค. พ.ศ. 2530) และผลจากการค้นคว้ารวบรวมจากเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ที่มีผู้ทำการศึกษามาก่อนปรากฏว่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยเขาแข้งเป็นแหล่งรวบรวมของเอเชียไว้ไม่น้อยกว่า 496 ชนิดพันธุ์ และยังมีปลาน้ำจืดที่ได้อนุรักษ์ไว้ในลำห้วยลำธารอีกไม่น้อยกว่า 52 ชนิดพันธุ์ จึงนับว่ามีความเหมาะสมยิ่งที่รัฐบาล

คัดลिनใจอนุรักษ์พื้นที่นี้ไว้เพื่อสัตว์ป่า นอกจากเป็นการป้องกันมิให้สัตว์ป่าที่สำคัญของประเทศส่วนใหญ่หมดไปจากประเทศไทยแล้ว ยังเป็นการรักษาพันธุ์ปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจไว้อีกไม่น้อยชนิด

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ในจำนวนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ที่ทำการสำรวจพบแน่นอนแล้วมีอยู่ถึง 64 ชนิดพันธุ์ใน 24 วงศ์ ในจำนวนนี้มีชนิดสัตว์ป่าที่จัดเป็น สัตว์สงวนโดยกฎหมายถึง 3 ชนิดพันธุ์ ได้แก่ ควายป่า (*Bubalus bubalis* Linnaeus) คาดว่ามีอยู่ไม่น้อยกว่า 30 ตัวกระจายอยู่ทางตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้ ซึ่งบริเวณที่ล่าห้วยขาแข้งไปบรรจบกับอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์นี้มีน้ำอุดมสมบูรณ์ตลอดปี เนื้อทราย (*Cervus porcinus* Cirmermann) เป็นสัตว์ป่าสงวนที่พบเห็นได้ยากอีกชนิดหนึ่ง จากรายงานเจ้าพนักงานป่าไม้พบสัตว์ป่าชนิดนี้ถึงสองครั้งในบริเวณป่าเต็งรังตอนกลางของพื้นที่และประมาณเมื่อ 3 ปีล่วงมาแล้ว พรานป่ากล่าวว่าพบสัตว์ชนิดนี้ถึง 9 ตัวออกหากินบริเวณโป่งซำแก้ว และจากเขาที่ปรากฏและแหล่งล่าที่ได้มาเป็นการยืนยันได้ว่าสัตว์ป่าชนิดนี้ยังคงอาศัยอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แต่คงมีปริมาณน้อยมาก สัตว์ป่าสงวนชนิดสุดท้ายที่พบได้แก่ เลียงผา (*Capricornis sumatraensis* Bechstein) พบทั่วไปตามผาชันและยอดเขาหิน เชื่อว่ายังมีประชากรค่อนข้างมากกว่าสัตว์ป่าสงวนทั้งสองชนิดที่กล่าวมาแล้ว จากรายงานของสืบ นาคะเสถียรและผู้ร่วมงาน (อ้างถึงใน (9)) กล่าวว่าเคยพบเห็นเลียงผาในบริเวณยอดเขาใหญ่ บริเวณผาแดง ยอดเขาบริเวณหุบดาคำ นอกจากนี้รอยเท้าและกองมูลยังพบเห็นได้ทั่วไปบริเวณยอดเขาสูงๆ

นอกจากสัตว์ป่าสงวนดังกล่าวแล้ว ยังมีสัตว์ป่าคุ้มครองที่มีคุณค่ายิ่งในป่านี้อีกหลายชนิดพันธุ์ บางชนิดเป็นที่ยอมรับระดับโลกว่าเป็นสัตว์ป่าที่กำลังจะสูญพันธุ์ (Endangered species) เช่น เก้งหม้อ (*Muntiacus feae* (Thomas Doria)) สมเสร็จ (*Tapirus indicus* Dosmarest) เสือโคร่ง (*Panthera tigris* (Linnaeus)) แต่สัตว์ป่าเหล่านี้ยังมีปรากฏอยู่ค่อนข้างมากในพื้นที่แห่งนี้ สัตว์ป่าเลี้ยงลูกด้วยนมอีกหลายชนิด จัดได้ว่าเป็นสัตว์ที่ถูกบีบคั้นอย่างหนัก กำลังจะกลายเป็นสัตว์ป่าที่กำลังจะสูญพันธุ์ (Threatened species) ที่นับว่าสำคัญแต่ปรากฏอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้เป็นจำนวนที่น่าพอใจคือ ลิงอ้ายเงี้ยว (*Macaca assamensis* (McClelland)) ลิงวอก (*M. mulatta* (Zimmermann)) หมาไน (*Cuon alpinus* (Pallas)) ชะมด ชะมดแพลงสันทางคำ (*Viverra megaspilla* Blyth) เสือลายเมฆ (*Neofelis hebulosa* (Griffith)) เสือดาว (*Panthera pardas* (Linnaeus)) ช้างป่า (*Elephas maximus* Linnaeus) วัวแดง (*Bos javanicus* D. Alton) กระตัง (*B. gaurus* Smith) และลิ้ม (*Manis javanica* Leamarest) สัตว์ป่าเลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กโดยเฉพาะสัตว์จำพวกหนูและค้างคาว ยังมีได้ทำการสำรวจให้ละเอียด

สัตว์ป่าเลื้อยคลาน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีพื้นที่ตั้งแต่ขึ้นจัด ไปจนถึงแห้งแล้งเช่น ป่าเต็งรัง ภูมิอากาศเป็นแบบเขตร้อนและกึ่งร้อนจึงรวมไว้ซึ่งพันธุ์สัตว์เลื้อยคลานหลายชนิด จากการตรวจสอบปรากฏว่ามีสัตว์เลื้อยคลานที่ตรวจพบแล้วถึง 77 ชนิดพันธุ์ใน 15 สปีชีส์ด้วยกัน และคาดว่าหากมีการสำรวจอย่างละเอียดและใช้เวลานานกว่านี้คาดว่าจะพบชนิดพันธุ์สัตว์ในกลุ่มนี้มากยิ่งขึ้น สัตว์เลื้อยคลานที่หายากและชนิดพันธุ์ที่ถูกทำลายจนกำลังจะกลายเป็นสัตว์ป่าที่กำลังจะสูญพันธุ์ไป แต่พบในพื้นที่นี้ได้แก่ เต่าหก (*Testudo emys* (Schlegel & S. Muller)) เต่าเคียว (*T. impressa* Gunther) กิ้งก่าเขาหนามยาว (*Acanthosaura armata* (Gray)) กิ้งก่าแก้ว (*Cototes emma* Gray) กิ้งก่าหัวสีฟ้า (*C. mystaceus* Dumeril & Bibron) ตุ๊กแกบินหางหยัก (*Ptychozoo lionatum* Annandale) ตะกวด (*Varanus bengalensis* Bolenger) และตะพาบแก้มแดง (*Dogonia subplana* (Geoffroy)) นอกจากนี้ยังมีสัตว์จำพวกงูที่มีคุณค่าอีกหลายชนิดที่สำคัญเช่น งูจงอาง (*Ophiophagus hannah* (Cantor)) และงูเห่า (*Python reticulatus* (Schneider)) เป็นต้น

สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สภาพป่าดงดิบชื้นตลอดปี ลำห้วยมากมายหลายสายและยังมีปลักหนองน้ำ กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ ประกอบกับภูมิอากาศที่ไม่ร้อนและหนาวเกินไปเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจึงเป็นแหล่งของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำมากมายหลายชนิด ผลจากการสำรวจเอกสารอ้างอิงและการรวบรวมตัวอย่างในพื้นที่ ในช่วงที่ทำการศึกษา ปรากฏว่าจำนวนชนิดพันธุ์สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่พบเห็นแล้วมีถึง 29 ชนิดพันธุ์จาก 6 วงศ์ด้วยกัน หลายชนิดพันธุ์ที่ปรากฏเป็นชนิดพันธุ์ที่หายากมีพบเพียงไม่กี่แห่งในโลก (ธัญญา จันอาจ อ้างถึงใน (9)) ที่สำคัญและกำลังถูกทำลายจนจะกลายเป็นสัตว์ป่าที่กำลังจะสูญพันธุ์ได้แก่ จงโคร่ง (*Bufo asper* Gravenhorst) และกบทูต (*Rana blythii* Boulenger) และที่รัฐบาลเห็นว่ามีความสำคัญจึงคุ้มครองไว้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครองประเภทที่ 1 มี คางคกหัวราบ (*Bufo macrotis*) คางคกเคระ (*B. pavus*) คางคกหัวย (*Ansonia penangensis*)

ปลาน้ำจืด ลำห้วยสายต่าง ๆ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจัดได้ว่าเป็นแหล่งอนุรักษพันธุ์ปลาน้ำจืดของเขตร้อนที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก แหล่งน้ำสะอาดปราศจากมลพิษอันเนื่องจากการเกษตร อุตสาหกรรม และชุมชนของประเทศในปัจจุบันมีอยู่น้อย ยิ่งไปกว่านั้นการทำลายป่าต้นน้ำลำธารในแทบทุกส่วนของประเทศ ทำให้เกิดผลกระทบในด้านคุณภาพปริมาณและความสม่ำเสมอของการไหลของน้ำ ลำห้วยลำธารหลายสายแห้งขอด น้ำที่ได้นั้นและเต็มไปด้วยตะกอนวังน้ำต่างๆ ดินเจิน ปลาที่ต้องการน้ำสะอาดมีปริมาณออกซิเจนมากไม่สามารถจะอาศัยอยู่ได้ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนับว่ายังมีป่าที่สมบูรณ์ ลำห้วยลำธารส่วนใหญ่มีน้ำตลอดปีและมีน้ำใสสะอาดจึงมีปลาน้ำจืดที่หายากปรากฏอยู่มากมายหลายชนิด ผลการศึกษาพันธุ์ปลาที่ปรากฏอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแห่งนี้มีถึง 55 ชนิดพันธุ์ใน 15 วงศ์ด้วยกันแทบทุกชนิดนับว่ามีปริมาณปลาที่หายากและกำลังจะสูญพันธุ์ไปจากแหล่งน้ำธรรมชาติเช่น ปลาลาด (*Notopterus notopterus*)

(Pallas)) ปลาเค้า (Wallagonia sp.) ปลาคะโກ (Cyclocheilichthys enoplos (Cuv. & Val.)) ปลากระสูบ (Hampala macrolepidota Van Hasselt) ปลาขาว (Puntis binotatus (Cuv. & Val.)) และปลาเลียหิน (Garra sp.) เป็นต้น ลำห้วยขาแข้งและห้วยแยกต่าง ๆ ยังเป็นที่วางไข่และฟักไข่ของปลาสำคัญในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์อีกหลายชนิด ปลาเหล่านี้จะว่ายทวนกระแสน้ำขึ้นมาวางไข่ในบางฤดูกาล ลูกปลากจะใช้ลำห้วยเป็นแหล่งหากินชั่วคราว เมื่อโตพอประมาณก็กลับลงไปอยู่ในอ่างเก็บน้ำต่อไป ปลาที่มีพฤติกรรมเช่นนี้ได้แก่ ปลากระพาก (Puntis daruphani H.M. Smith) ปลาชะโอน (Ompak bimaculatus (Bloch)) และปลาชะโด (Ophiocephalus micropeltes (Cuv. & Val.)) เป็นต้น ทรัพยากรปลาน้ำจืดที่ปรากฏในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนับว่ายังมีได้ทำการสำรวจและศึกษากันอย่างจริงจังโดยผู้ชำนาญทางด้านปลาน้ำจืดโดยแท้ จึงคาดว่ายังมีปลาอีกหลายชนิดที่ยังตกการสำรวจอยู่ ปลาเหล่านี้อาจจัดและนำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงามหรือพัฒนาเป็นปลาทางเศรษฐกิจได้

2.5 การประเมินเทคโนโลยี (Technology Assessment) (7)

ก. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินเทคโนโลยี

การประเมินเทคโนโลยีควรจะใช้เครื่องมือ (Tool) และเทคนิค (Techniques) ที่มีความสัมพันธ์กันแบบสหวิทยาการ และมีวิธีการหลายวิธีดังนี้

1. วิธีการมุ่งสู่ทิศทางการคิดเห็น (Intuitive Methods) เช่น
 - 1.1 การรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Expert Opinion)
 - 1.2 การลงคะแนนและการตั้งคณะกรรมการ (Poll and Panel)
 - 1.3 เดลฟายน์ (Delphi)
 - 1.4 การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกัน (Cross – Impact Analysis)
2. วิธีการวิเคราะห์แบบแยกส่วน (Decomposition Methods) เช่น
 - 2.1 การวิเคราะห์ส่วนที่สัมพันธ์กันในแต่ละส่วน (Relevance Tree)
 - 2.2 การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ (Morphological Analysis)
 - 2.3 การวิเคราะห์เป็นลำดับชั้น (Analytic Hierarchy)
3. วิธีการแบบให้ค่าความสำคัญ หรือ ลำดับ (Wholistic Methods)
 - 3.1 การลำดับทางเลือก (Scenario)
 - 3.2 เมตริกซ์ (Matrix)
4. วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Methods)
 - 4.1 การวิเคราะห์ต้นทุน/กำไร (Cost – Benefit Analysis)
 - 4.2 การใช้รูปแบบสมการวิเคราะห์ (Simulation Model)

นอกจากเทคนิคและวิธีการดังกล่าวแล้ว ยังขึ้นอยู่กับ ลักษณะ และปริมาณการวัดค่าทางเทคนิควิธีการ สิ่งที่จะช่วยในการตัดสินใจ การพยากรณ์ หรือการคาดคะเน การแปลงค่าต่างๆ ตามรูปแบบการวิจัย หรือการนำข้อมูลไปใช้ แบบสอบถาม การมีส่วนร่วมทางความคิดเห็น และการมองปัญหาอย่างตรงไปตรงมา ตามที่เป็นอยู่ เป็นต้น

การประเมินเทคโนโลยี จึงเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ช่วยป้องกันความไม่เหมาะสมและความคลุมเครือทางกายภาพ และช่วยในการตัดสินใจตามขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน ตามลักษณะของปัญหาของเทคโนโลยีหรือกิจกรรมที่จะทำการประเมิน ตลอดจนขอบเขตการศึกษา ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อการกำหนดตัวแปรของปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันทั้งระบบอีกด้วย

ข. เทคนิคการวิจัย

เทคนิคเดลฟายน์ (Delphi Technique) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการคาดการณ์อนาคตที่พัฒนาขึ้นใน ค.ศ. 1963 โดยนักวิจัยของบริษัท Rand Corporation คือ Olaf Helmer (Will G.et.al.,1972) ในระยะแรกเทคนิคนี้นำมาใช้ในการทำนายและวางแผนล่วงหน้า สูงกว่าเทคนิคอย่างอื่น และได้รับการขนานนามตามชื่อเมืองเดลฟายน์ ของประเทศกรีก ในปัจจุบันเดลฟายน์เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในเกือบทุกวงการไม่ว่าจะเป็นด้านธุรกิจ การเมือง การทหาร เศรษฐกิจ สาธารณสุข การศึกษาและด้านอื่นๆ นอกจากจะเป็นเทคนิคในการคาดการณ์แล้วยังเป็นเทคนิคในการสื่อสารระหว่างกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนได้รับข่าวสาร และเปลี่ยนความเชี่ยวชาญกันโดย ไม่มีการเผชิญหน้ากัน โดยตรง เช่น การระดมสมอง (Brain Storm) หรือการประชุมกลุ่มแบบอื่นๆ

เดลฟายน์รูปเดิมมีลักษณะเฉพาะต่อมาภายหลังก็มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงไปบ้าง แต่หลักการและระเบียบวิธีหลักๆ ยังคงเดิม คือการศึกษาความคิดเห็นของ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญอย่างเป็นระบบโดยการขอให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน ทำการคาดการณ์ว่าแนวโน้มหรือเหตุการณ์แต่ละอย่างจะเกิดขึ้นเมื่อใดหรือทำการคาดการณ์ว่าภายในเวลา 20 ปีข้างหน้าจะมีแนวโน้มใดเกิดขึ้น หลังจากนั้นผู้วิจัยก็จะนำเอาข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ และป้อนผลการวิเคราะห์กลับไปให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนพิจารณาอีกครั้ง เทียบกับของกลุ่มแล้วทำการคาดการณ์หรือตอบตามรูปแบบที่ผู้วิจัยกำหนดอีกครั้ง ผู้วิจัยก็จะนำคำตอบไปวิเคราะห์ใหม่ แล้วอาจป้อนข้อมูลที่ได้อากการวิเคราะห์กลับไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาอีกครั้ง โดยปกติกระบวนการทำซ้ำ (Iterative Process) แบบนี้จะดำเนินต่อไปราวๆ 2 หรือ 3 รอบ หรือจนกว่าจะได้คำตอบที่เป็นฉันทามติ (Consensus) ของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จุดมุ่งหมายของการทำซ้ำก็เพื่อที่จะกรอง (Refine) ความเชี่ยวชาญของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญนั่นเอง ขั้นตอนที่สำคัญของเทคนิคเดลฟายน์สามารถสรุปได้ดังนี้

1. กำหนดกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Panel Experts) ผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีความรอบรู้และความชำนาญในเรื่องที่จะทำการศึกษา ส่วนจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการวิจัยตามหลักวิธีการของเดลฟายน์นั้นมิใช่การสำรวจความคิดเห็นที่ขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวอย่าง แต่เป็นในลักษณะเมื่อกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญที่ถูกเลือกก็จะเป็นการที่ทำให้เกิดกลไกทางการสื่อสารขึ้นสำหรับผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นก็เพื่อถ่วงดุลความคิดเห็น ดังนั้นจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในตามเทคนิคเดลฟายน์นี้จึงขึ้นอยู่กับธรรมชาติของปัญหา และจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่มีอยู่จริงเป็นสำคัญรวมไปถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย ความซับซ้อนของเรื่องที่จะศึกษา เวลาและงบประมาณ โดยปกติจะมีตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป จนอาจเป็น ถึง 100 คนได้ แต่การศึกษาวิจัยของ Thomas T. Macmillan พบว่าหากจำนวนผู้เชี่ยวชาญมีตั้งแต่ 17 คนเป็นต้นไป อัตราการลดลงของความคลาดเคลื่อนจะมีน้อยมาก

2. กำหนดประเด็น แนวโน้มสร้างเครื่องมือในงานวิจัย โดยทั่วไปมักจะอยู่ในรูปของแบบสอบถาม (Questionnaire Series) หรือการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จึงมีการย้อนถามซ้ำหลายรอบ

3. ทำเคลฟายน์รอบที่ 1 โดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งแบบสอบถามอาจกำหนดด้วยตนเอง หรือจากการศึกษาจากเอกสารต่างๆ หรือการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ เมื่อได้กรอบของเรื่องแล้วจึงนำมาสร้างเป็นแบบสอบถาม ซึ่งจะเป็นคำถามกว้างๆ และส่วนมากเป็น คำถามปลายเปิดเพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลุ่มตัวอย่างตอบ โดยการส่งแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญ หรือการสัมภาษณ์ หรือการประชุมทางไกล (Teleconferencing) โดยผ่านระบบสื่อสารทางอิเล็กทรอนิกส์เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

4. ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลรอบแรกของผู้เชี่ยวชาญเข้าไว้ด้วยกัน โดยตัดเอาสิ่ง ที่ซ้ำซ้อนหรือส่วนเกินที่กรอบการวิจัยที่กำหนดไว้ออกไป และสร้างแบบสอบถามรอบที่ 2

5. ทำการเคลฟายน์รอบที่ 2 โดยรอบนี้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะได้รับป้อนข้อมูลกลับเชิงสถิติ (Statistical Feedback) เป็นกลุ่มโดยส่วนรวม เช่นค่าร้อยละ ค่ามัธยฐาน และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของกลุ่ม ผนวกกับคำตอบเดิมของตนเองและให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตอบใหม่

6. ทำเคลฟายน์รอบที่ 3, 4,... โดยในแต่ละรอบนี้ ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะได้รับข้อมูลป้อนกลับเชิงสถิติที่เป็นกลุ่มโดยส่วนรวม เช่นรอบปีที่ผ่านมา ซึ่งในจำนวนรอบนี้ขึ้นอยู่กับความ สลับซ้อนของเรื่องที่จะศึกษา ความเชี่ยวชาญของผู้เชี่ยวชาญ ความเป็นเอกฉันท์ของคำตอบของ ผู้เชี่ยวชาญเป็นประเด็นสำคัญซึ่งไม่สามารถกำหนดแน่นอนตายตัวลงไปได้

7. สรุปและอภิปรายผล โดยการเสนอแนวโน้มที่มีฉันทามติตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้แล้วและ อภิปรายเสนอแนะจากผลการศึกษาวิจัย

2.6 มลพิษทางเสียง (10)

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ หรือการแปรปรวนของอากาศ คลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลาง เมื่อมีการสั่นของวัตถุ จะมีการส่งถ่ายพลังงานไปยังตัวกลางที่มีความยืดหยุ่น ทำให้โมเลกุลของตัวกลางสั่นตามไปด้วย

เสียงมีพลังงานจลน์เพราะมีความเร็ว เมื่อพลังงานนี้ส่งออกไปด้วยอัตราเร็วเสียง คลื่นเสียงจึงเป็นตัวถ่ายพลังงาน ดังนั้นผู้ที่รับสามารถอธิบายปริมาณเสียงที่มีถึงจุดรับในรูปพลังงานเสียงที่ผ่านเข้ามาที่จุดนั้นต่อหน่วยพื้นที่ ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของเสียง เรียกว่าความเข้มของเสียง (Sound intensity) หน่วยของการวัดอยู่ในรูป Watt/m^2 เนื่องจากช่วงกว้างของความเข้มเสียงที่คนเราได้ยินอยู่ในช่วงความเข้มระหว่าง 10^{-12} - 100 W/m^2 เนื่องจากช่วงกว้างของความเข้มเสียงที่คนเราได้ยินอยู่ในช่วงกว้างมาก ดังนั้นเพื่อให้หน่วยการวัดแคบลง และเริ่มจากจุดที่มีจริง จึงสร้างมาตราของความเข้มเสียง ในรูปของ $\log$ ของอัตราความเข้มเสียงนั้น กับความเข้มเสียงที่จุดอ้างอิง (จุดที่คนเราได้ยิน 10^{-12} W/m^2) แล้วเรียกว่า ระดับความเข้มของเสียง

นอกจากมีพลังงานจลน์เสียงยังมีพลังงานศักย์เพราะมีความดัน ซึ่งความสามารถของคนปกติ ในการได้ยิน อยู่ในช่วง 2×10^{-5} - 200 Pa ซึ่งอยู่ในช่วงกว้างมาก และเช่นเดียวกับกรณีพลังงานจลน์ จึงสร้างมาตราความดันของเสียงในรูป $\log$ ของความดันเสียงเช่นเดียวกัน เรียกว่าระดับความดันเสียง (Sound pressure level, LP)

พบว่าความเข้มเสียงและความดันเสียงมีความสัมพันธ์กันจึงมีหน่วยที่ตั้งขึ้นมาใหม่ คือ dB (decibel) เนื่องจากทำให้ค่าของหน่วยวัดแคบลง และการตอบสนองของหูคนมิได้ตอบสนองเป็นสัดส่วนตามค่าของความดันเสียง และความเข้มเสียง แต่สอดคล้องกับ $\log$ scale

มลพิษทางเสียง หมายถึง เสียงที่ไม่พึงปรารถนา โดยจะสัมพันธ์กับมนุษย์ในด้านความรู้สึก ทัศนคติ นิสัย และความเคยชินส่วนตัว เสียงที่ดังเกินไปและเสียงรบกวน จึงเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา และนับเป็นมลพิษทางเสียง (Noise Pollution) ซึ่งต้องทำการสำรวจ ป้องกัน และควบคุมอย่างจริงจัง

1. หูกับการได้ยิน

หูเป็นอวัยวะที่สามารถรับเสียงต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน

1.1 หูชั้นนอก (External ear) ประกอบด้วยส่วนที่มองเห็นทั้งหมด ได้แก่ ใบหู และช่องหูชั้นนอก มีตำแหน่งและรูปร่างเพื่อให้เสียงเดินทางผ่านสู่เยื่อแก้วหู (Ear drum)

1.2 หูชั้นกลาง (Middle ear) ประกอบด้วยกระดูกอ่อน 3 ชิ้นติดต่อกัน คือ กระดูกฆ้อง (Malleus) กระดูกทั่ง (Incus) และกระดูกโกลน (Stapes) โดยทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณสั่นสะเทือนจากเยื่อแก้วหูไปยังหูชั้นใน และกล้ามเนื้อ 2 มัด เพื่อทำหน้าที่

ที่ช่วยป้องกันการสั่นสะเทือนที่มากเกินไปของคลื่นเสียงที่มากระทบแก้วหู ด้านล่างของหูชั้นกลางประกอบด้วยท่อยูสเตเชียน (Eustachian tube) ซึ่งมีหน้าที่ในการปรับ ความดันของอากาศภายในหูชั้นกลางกับความดันของอากาศภายนอกให้เท่ากัน

1.3 หูชั้นใน (Inner ear) เป็นระบบที่ซับซ้อนและฝังลึกอยู่ในกระดูก ประกอบด้วยอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน (Cochlea) และอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการทรงตัว (Vestibular organ)

2. ความสามารถในการรับฟังเสียง (Auditory Response)

โดยปกติการได้ยินของมนุษย์ ขึ้นกับความดังและความถี่ของเสียง แต่ค่าดังกล่าวนี้ ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอน แต่มักกำหนดเป็นความเป็นไปได้ เช่น ความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินอยู่ในช่วงระหว่าง 20-20,000 รอบต่อวินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hertz-Hz) กระจายมากระทบหูด้วยความเร็วประมาณ 350 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและลักษณะของสื่อ และด้วยพลังงานที่ทำให้เกิดระดับความดันของเสียง

ความดังของเสียงที่มีผลต่อการได้ยิน คือ ความดังของเสียงที่อยู่ในช่วงของระดับเสียงต่ำสุด (Minimum Audible Field Threshold) กับระดับเสียงสูงสุด ที่เริ่มรู้สึกไม่สบาย (Threshold of discomfort) นอกจากนี้ความสามารถในการได้ยินยังขึ้นอยู่กับความแตกต่างในแต่ละบุคคล และจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น

3. แหล่งกำเนิดเสียง

3.1 เสียงจากธรรมชาติ เช่น เสียงฟ้าร้อง ฟ้าผ่า ฟ้าคราง เสียงสายวิหค สายโทรศัพท์ควดวญ เป็นต้น เสียงที่เกิดจากธรรมชาติ ส่วนมากดังไม่ถึงระดับที่เป็นมลพิษทางเสียง

3.2 เสียงจากมนุษย์ทำขึ้น แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

3.2.1 แหล่งกำเนิดเสียงอยู่กับที่ (Stationary source) ได้แก่ เสียงที่เกิดจากสถานประกอบการต่าง ๆ เช่น โรงงานที่มีเครื่องจักร เครื่องยนต์ เครื่องเจาะ สถานเริงรรมณ์ สถานที่ก่อสร้าง เป็นแหล่งที่เกิดเสียงดังมากและกำลังเพิ่มจำนวนมากขึ้นทุกที

3.2.2 แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ (Mobile) ได้แก่ เสียงที่เกิดจาก ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ทั้งทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ เช่น รถยนต์ รถโดยสารประจำทาง รถสามล้อเครื่อง เรือหางยาว เครื่องบินโดยสาร เป็นต้น ซึ่งมีระดับเสียงดังมาก และก่อให้เกิด ผลเสียต่อสุขภาพ และก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญเป็นอย่างยิ่ง

4. อันตรายของเสียงต่อมนุษย์

4.1 อันตรายกับประสาทหูโดยตรง คือ เสียงที่ดังเกินไปจะมีผลต่อการได้ยิน 2 ประการ คือ

4.1 อันตรายกับประสาทหูโดยตรง คือ เสียงที่ดังเกินไปจะมีผลต่อการได้ยิน 2 ประการ คือ

- ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลงไปชั่วคราว (Temporary Threshold Shift) เกิดจากการต้องรับเสียงดังในช่วงเวลาที่ไม่นานนัก หูติ่งไปชั่วคราว และรักษาให้กลับคืนได้

- ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลงถาวร (Permanent Threshold Shift) เกิดจากการรับเสียงดังเป็นเวลานานติดต่อกัน จนทำให้ระบบการได้ยินเสื่อมลง โดยในระยะแรก ๆ อาจสังเกตไม่เห็นอาการที่พอจะบ่งถึงอันตราย คือ เกิดอาการได้ยินเสียงรบกวนหลังจากได้ยินเสียงดัง ดังนั้นหลังจากนั้น 2-3 ชั่วโมง อาการนี้จะหายไป แต่ถ้าได้รับเสียงลักษณะเดียวกันอีกเป็นระยะเวลานาน ๆ ติดต่อกัน หูเสียการได้ยินอย่างถาวร ไม่อาจกลับคืนได้

4.2 อันตรายของเสียงต่อสุขภาพทั่วไปและจิตใจ

เสียงที่อยู่ในระดับสูงตั้งแต่ประมาณ 80 dB(A)* ขึ้นไป มักทำให้เกิดความรำคาญแต่ที่ร่างกายมนุษย์มักทนได้ต่อสภาวะแวดล้อมนี้ เพราะเกิดความเคยชินสำหรับเสียงที่คนส่วนมากไม่ต้องการ และเมื่อได้ยินได้ฟัง อาจเกิดผลเสียหลายได้ดังนี้

- ผลเสียต่อร่างกายและสรีระวิทยา ถ้าหูได้รับเสียงดังมากจนเกินไป สามารถทำให้เยื่อแก้วหูขาดได้ ทำให้เกิดความผิดปกติ หรือเกิดความพิการเกิดขึ้น เช่น ทำให้หูติ่ง หูหนวก (deafness) บางคนต้องแพ้ต่อเสียง อาจเป็นผลให้เส้นเลือดขยายตัว ความดันโลหิต กล้ามเนื้อกระดูก ความต้านทานของร่างกายเสื่อมทรามลงเกิดความเหนื่อยอ่อน

- ผลทางอารมณ์ ความรำคาญมีผลต่ออารมณ์ ทำให้เกิดความเครียดทางประสาท เป็นโรคจิตประสาทได้ง่าย ความรำคาญที่เกิดขึ้นมากขึ้นน้อยต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติของเสียงดังต่อไปนี้

- ความดัง (Loudness) เสียงดังมากก่อให้เกิดความรำคาญมาก

- ความสูงต่ำของเสียง (Pitch) โดยเฉพาะแล้วความถี่มากกว่า 15,000 รอบ/วินาที พบว่าทำให้เกิดความรำคาญได้มากกว่าเสียงที่มีขดคลื่นต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีความดังเท่ากันก็ตาม

- เสียงดังแบบไม่มีระบบ ไม่มีจังหวะ (Intermittency and Irregularity) คอเสียงอันไหนที่ดังมาแบบไม่มีระบบ ไม่มีจังหวะ เสียงประเภทนี้จะทำความรำคาญ มากกว่าเสียงที่เป็นเสียงแบบสม่ำเสมอ (Continuous and Unchange)

- ทิศทางที่มาของเสียง (Localligation) เสียงที่ดังมาจากทิศทางเดียวสม่ำเสมอจะรำคาญน้อยกว่าเสียงที่มาจากหลายทิศทาง

5. อันตรายของเสียงต่องานที่ทำ

เสียงที่ดังมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงาน หรือผลงานที่ได้ลดลง ซึ่งพอที่จะสรุปเสียงที่มีผลต่อการทำงานดังนี้

-เสียงที่ไม่ดังเกินสมควร ไม่มีผลต่องานที่เคยทำอยู่มากนัก มักทำให้เกิดการกระทำที่ผิด ๆ และอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

-เสียงที่ขาดตอน และเสียงที่มีความถี่สูง เป็นผลเสียมากกว่าเสียงที่มีความติดต่อกัน และมีความดังสม่ำเสมอ เสียงที่เกิดขึ้นทันทีทันใด เช่น เสียงที่เกิดจากการห้ามล้ออย่างกะทันหัน ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดฝัน ทำให้เกิดขวัญเสีย หวาดผวาตลอดเวลา และทำงานไม่มีความสุข

-ในที่ที่มีเสียงดัง จะมีผลต่อการอ่านและจดจำ หรือเข้าใจข้อความได้น้อยกว่าเมื่ออ่านในที่สงบ

6. อันตรายของเสียงด้านอื่น ๆ

อันตรายของเสียงที่ทำให้หูหนวก มีผลต่อบุคลิกภาพและทำให้ถูกตัดออกจากสังคม จะมีผลสะท้อนต่อสังคม ผลต่อสิ่งแวดล้อม เช่น บ้านเรือนที่อยู่อาศัยที่มีเสียงรบกวนจากการจราจร ทำให้เกิดความไม่สงบภายในบ้าน นอกจากนี้ผลจากประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เมื่ออยู่ในที่ที่มีเสียงรบกวน จึงจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อควบคุมเสียงรบกวนอีกด้วย ในด้านสัตว์ป่าบางชนิดอาจจะสูญพันธุ์ไป เนื่องจากไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับเสียงรบกวนได้

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และทัศนคติ (7)

1. ความหมายของความรู้

ความรู้ (Knowledge) ตามความหมายในพจนานุกรมการศึกษาได้ให้ไว้ว่า ความรู้เป็นข้อเท็จจริงเป็นความจริง(Facts) ความจริง (Truth) กฎเกณฑ์และรายละเอียดต่างๆ ที่มนุษย์ได้รับและเก็บรวบรวมสะสมไว้

ความรู้(Knowledge) ตามความหมายของพจนานุกรมของเว็บสเตอร์ ได้ให้ความหมายของความรู้ไว้ว่าเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์และโครงสร้างที่เกิดจากการศึกษาหรือค้นหา หรือเป็นความรู้สึกเกี่ยวกับสถานที่ สิ่งของหรือบุคคลที่ได้จากการสังเกต ประสบการณ์หรือจากรายงาน การรับรู้ ข้อเท็จจริง เหล่านี้ต้องชัดเจนต้องอาศัยเวลา

Benjamin S Bloom กล่าวว่า ความรู้เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการระลึกได้ถึงสิ่งเฉพาะหรือสิ่งทั่วไป ระลึกถึงวิธีการ กระบวนการและสถานการณ์ต่างๆ โดยเน้นความจำเป็น

ประภาเพ็ญ สุวรรณ กล่าวว่า ความรู้เป็นพฤติกรรมขั้นต้นซึ่งผู้เรียนเพียงแต่จำได้ อาจโดยนัยออกได้หรือการมองเห็น การได้ยินจำได้ ความรู้ขั้นต้นนี้ได้แก่ความรู้เกี่ยวกับการจำความหมาย ข้อเท็จจริง ทฤษฎี โครงสร้างและวิธีการแก้ไขปัญหามาตรฐาน เป็นต้น

อุทุมพร ทองอุไร กล่าวว่า ความรู้เป็นนามธรรม เป็นกระบวนการทางจิตวิทยาของความจำ การจัดระเบียบข้อมูลใหม่และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

อนันต์ ศรีโสภาค ให้ความหมายว่า ความรู้ประกอบด้วย ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินผล

จากแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ที่มีผู้กล่าวไว้ สามารถสรุปได้ว่า ความรู้เป็นการเรียนรู้ การจำได้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความจริง กฎเกณฑ์และรายละเอียดต่างๆ ที่ได้รับจากการสังเกต ประสบการณ์หรือจากรายงาน และเพื่อนำความรู้ที่สะสมไว้ไปใช้ในทางปฏิบัติ

2. การวัดความรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความรู้ที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ แบบสอบถามหรือแบบวัดความรู้

แบบทดสอบหรือแบบวัดความรู้ หมายถึงชุดของข้อคำถามหรือกลุ่มงานใดๆ ที่สร้างขึ้นเพื่อเร้าหรือชักนำให้ผู้หนึ่งผู้ใดแสดงพฤติกรรมหรือแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบออกมาโดยพฤติกรรมหรือปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถสังเกตหรือวัดได้

รูปแบบของแบบสอบถามหรือแบบวัดมี 3 ลักษณะ คือ

1. ข้อสอบปากเปล่า เป็นการทดสอบโดยได้ตอบด้วยวาจาหรือคำพูดระหว่างผู้ทำการทดสอบและผู้ถูกทดสอบโดยตรงหรือบางครั้งเรียกว่าการสัมภาษณ์

2. ข้อสอบข้อเขียน แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

2.1 แบบความเรียง เป็นแบบที่ต้องการให้ผู้ถูกทดสอบอธิบายประพันธ์ หรือ วิจารณ์เรื่องราวที่เกี่ยวกับความรู้

2.2 แบบจำกัดคำตอบ เป็นแบบที่ต้องการให้ผู้ถูกทดสอบพิจารณาเปรียบเทียบตัดสินความหรือรายละเอียดต่างๆ ซึ่งมีอยู่ 4 แบบ คือ แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ

3. ข้อสอบภาคปฏิบัติ เป็นข้อสอบที่ไม่ต้องการให้ผู้ถูกทดสอบตอบสนองออกมาเป็น คำพูดหรือการเขียน แต่มุ่งให้แสดงความรู้ด้วยการกระทำจริง

ทัศนคติ(Attitude) และการวัดทัศนคติ

1. ความหมายและทฤษฎีเกี่ยวกับทัศนคติ

คำว่า ทัศนคติ หมายถึง

Carter V. Good กล่าวว่า ทัศนคติ หมายถึง แนวโน้มและท่าทีที่มีต่อสิ่งหนึ่ง หรือสถานการณ์ หรือค่านิยมหนึ่ง โดยจะมีความรู้สึก และอารมณ์มาเกี่ยวข้องอยู่ในความเห้นนั้น ซึ่งทัศนคติสังเกตไม่ได้ แต่อารมณ์จะอนุมานได้จากพฤติกรรมทั้งที่เป็นวาจา และท่าทาง

Martin E. Hahn กล่าวว่า ทัศนคติ เป็นแรงจูงใจที่บุคคลจะกระทำตามความรู้สึกชอบหรือไม่ ชอบต่อสิ่งนั้น หรือบุคคลใดบุคคลหนึ่งซึ่งทำให้เกิดพฤติกรรมอันมีพื้นฐานมาจากความเชื่อ เช่น เชื่อว่าสิ่งใดถูก จะเกิดทัศนคติที่ดีต่อสิ่งนั้น ดังนั้นทัศนคติจึงอาจเกิดขึ้น ได้จากสิ่งต่อไปนี้

- ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล
- ตัวอย่างในการสอนจากผู้อื่น
- การได้รับข่าวสารทำให้เกิดทัศนคติแตกต่างไปจากเดิม
- ประเภทของบุคลิกลักษณะของบุคคล

สงวน สุทธิเลิศอรุณและคณะ กล่าวว่า ทัศนคติหมายถึงสภาพจิตใจหรือความรู้สึกนึกคิดของบุคคล หรือความคิดเห้นของบุคคลต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด พฤติกรรมที่แสดงออกมาเป็นที่ปรากฏต่อบุคคลหรือสาธารณะชนก็ตาม เป็นการกระทำอันเกิดจากทัศนคติที่มีอยู่ทั้งสิ้น

ประภาเพ็ญ สุวรรณ กล่าวว่า ทัศนคติ เป็นความคิดที่มีอารมณ์เป็นส่วนประกอบ เป็นส่วนที่พร้อมจะมีปฏิกิริยาเฉพาะอย่างยิ่งต่อสภาพการณ์ภายนอก

ฉลอม ภิรมรัตน์ ได้กล่าวถึงทัศนคติไว้ว่า

- เป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้ หรือ การได้รับประสบการณ์มิใช่เป็นสิ่งที่ได้รับมาแต่กำเนิด

- เป็นสิ่งที่แนวทางในการแสดงพฤติกรรม กล่าวคือถ้ามีทัศนคติที่ดี ก็จะมีแนวโน้มที่จะเข้าหาหรือแสดงพฤติกรรมนั้น ตรงกันข้ามกับทัศนคติที่ไม่ดีก็จะมีแนวโน้มไม่เข้าหาโดยการถอยหนีหรือต่อต้านการแสดงพฤติกรรมนั้นๆ
- ทัศนคติสามารถถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งไปสู่อีกบุคคลหนึ่งได้
- เป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากทัศนคติเป็นสิ่งที่ได้มาจากการเรียนรู้หรือประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ถ้าการเรียนรู้ประสบการณ์นั้นเปลี่ยนแปลงไป ทัศนคติก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

สุชาติ ประสิทธิรัฐสินธุ์ ได้กล่าวไว้ว่าทัศนคติ คือ ความรู้สึกนึกคิดของบุคคลในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งจะแสดงออกให้เห็นได้จากคำพูดหรือพฤติกรรมที่สะท้อนทัศนคตินั้นๆ คนแต่ละคนมีทัศนคติต่อสิ่งใดสิ่งใดสิ่งหนึ่งมากน้อยแตกต่างกัน ทัศนคติแม้จะเป็นนามธรรมแต่เป็นจริงเป็นจังสำหรับบุคคลที่มีทัศนคตินั้นๆ

จากแนวคิดและทัศนคติที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ทัศนคติ คือ ความพร้อมที่จะกระทำหรือให้ความร่วมมือ เป็นความพร้อมทางจิตใจที่แสดงความรู้สึก หรือความนึกคิดออกมาในลักษณะของพฤติกรรมและการปฏิบัติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในเชิงบวกหรือเชิงลบ ซึ่งขึ้นกับพื้นฐานจากความเชื่อการเรียนรู้ หรือประสบการณ์ที่เคยได้รับของแต่ละบุคคล การแสดงออกของทัศนคติจึงมี 2 รูปแบบคือ

1. ทัศนคติในเชิงบวก(Positive Attitude) คือ พฤติกรรมที่แสดงออกในทางพึงพอใจ หรือในทางยอมรับ
2. ทัศนคติในเชิงลบ(Negative Attitude) คือ พฤติกรรมที่แสดงออกในลักษณะไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วย หรือไม่ยอมรับ

องค์ประกอบของทัศนคติ

องค์ประกอบของทัศนคติแบ่งได้ 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบทางด้านความด้านคิด ความเข้าใจ(The Cognitive Component) การรับรู้เกี่ยวกับสิ่งเร้าเป็นส่วนประกอบด้านความรู้ของทัศนคติ ซึ่งจะช่วยในการประเมินค่าและสรุปผลต่อสิ่งเร้าต่างๆ ทัศนคติจะแสดงออกมาในลักษณะของความเชื่อว่าอะไรถูกอะไรผิด
2. องค์ประกอบทางด้านท่าทีความรู้สึก(The Affective Component) เป็นส่วนประกอบทางด้านความรู้สึกหรืออารมณ์ที่สืบเนื่องมาจากที่บุคคลได้รับประเมินความรู้สึกต่อสิ่งเร้านั้นทำให้ทราบทิศทางของอารมณ์หรือความรู้สึกว่าเป็นไปในทิศทางของอารมณ์หรือความรู้สึกว่าเป็นไปใน

ทางบวกหรือลบได้ ทักษณคดีจะแสดงออกมา ในลักษณะของความชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจ

3. องค์ประกอบทางด้านพฤติกรรมหรือด้านปฏิบัติ(The Behavioral Component) เป็นส่วนประกอบที่แสดงแนวโน้มของบุคคลที่จะประพฤติดีหรือการแสดงออก ทักษณคดีจึงแสดงออกมาในลักษณะของการยอมรับหรือปฏิเสธ

องค์ประกอบทั้ง 3 ด้านนี้ ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องสัมพันธ์กันได้เช่น บางคนจะมีความรู้สึกน้อยมากเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งแต่กลับมีความรุนแรงมากกับเรื่องนั้นๆ และพยายามกระทำการปกป้องหรือต่อต้านสิ่งนั้นๆ แต่ในทางกลับกันบุคคลนั้นอาจมีความรู้เรื่องนั้นๆ เป็นอย่างดี แต่ความรู้ที่ได้รับทราบมา เช่น รู้ว่าการสูบบุหรี่เป็นโทษและเป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่ก็ยังคงปฏิบัติอยู่คือ สูบบุหรี่ทุกวัน เป็นต้น

ปัจจัยที่ทำให้เกิดทัศนคติ

ทัศนคติเป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้มากกว่าเป็นสิ่งที่เกิดเอง สิ่งแวดล้อมต่างๆ จึงมีอิทธิพลต่อทัศนคติซึ่งได้แก่ ศาสนา ความเชื่อในสังคม ขนบธรรมเนียมประเพณีของสังคม สื่อมวลชนต่างๆ ดังนั้นปัจจัยที่กำหนดทัศนคติของบุคคลจึงได้ว่า

1. การเรียนรู้ ซึ่งได้แก่การอบรมสั่งสอนอันจะเป็นการสะสมประสบการณ์เอาไว้เป็นจำนวนมาก
2. ประสบการณ์ส่วนตัวของบุคคลโดยตรง
3. เหตุการณ์ประทับใจใน 2 ข้อแรกนั้นจะเป็นการสะสมประสบการณ์หลายๆครั้งและเกิดทัศนคติ แต่ทัศนคติก็สามารถเกิดขึ้นได้หากได้รับเหตุการณ์เพียงครั้งเดียว และรู้สึกประทับใจซึ่งอาจจะประทับใจทางบวกหรือทางลบก็ได้
4. การรับเอาแบบทัศนคติของผู้อื่นมาเป็นของตนโดยจะยอมรับเอาทัศนคติของผู้ที่เหนือกว่ารับมาปฏิบัติต่อ
5. เกิดจากลักษณะบุคลิกภาพของแต่ละคน
6. เกิดจากอิทธิพลจากสื่อมวลชน สื่อมวลชนเป็นแหล่งให้ข้อมูลที่ก่อให้เกิดทั้งความเข้าใจและอารมณ์ ชักจูงไปสู่การปฏิบัติได้

การวัดทัศนคติ

วิธีที่นิยมใช้ในการวัดทัศนคติ มีดังนี้

1. สเกลจัดอันดับ(Rating Scale)

เป็นวิธีที่รู้จักแพร่หลายที่สุดวิธีหนึ่ง เพราะง่ายต่อการวัด ไม่มีกระบวนการซับซ้อน มีความง่ายในการสร้างและการใช้แบบวัด โดยเฉพาะในกลุ่มที่กลัวการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

2. ลิเกทสเกล(Likert Scale)

เป็นวิธีที่รู้จักแพร่หลายวิธีหนึ่ง เพราะง่ายต่อการวัด การวัดทัศนคติแบบลิเกท เริ่มด้วยการรวบรวมหรือเรียบเรียงข้อความที่เกี่ยวข้องกับทัศนคติที่ต้องการจะศึกษา ข้อความแต่ละข้อจะมีทางเลือกให้ตอบได้ 5 ทาง คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง การให้คะแนนข้อมูลมีลักษณะเป็นบวกและเป็นลบจะกลับกัน

3. เทอสโตนสเกล(Thurstone Scale)

เป็นวิธีที่เน้นปัญหาด้านการมีช่วงเท่ากัน(หรือดูเหมือนว่าจะเท่ากัน) มากกว่าการวัดแบบอื่น ซึ่งในทางปฏิบัติหมายถึงวิธีการให้น้ำหนักหรือคะแนนแต่ละข้อความที่ประกอบขึ้นเป็นสเกล ข้อความในแต่ละข้อจะมีน้ำหนักในแต่ละช่วงเท่ากัน วิธีการวัดช่วงที่เท่ากันของเทอสโตนนี้กระทำโดยอาศัยสมมติฐาน 4 ประการ

3.1 เจตคติของบุคคลในแต่ละเรื่อง เป็นช่วงของความชอบที่แยกส่วน ไม่ได้

3.2 ความคิดที่แสดงออก เป็นดัชนีของระดับเจตคติ

3.3 ความคิดเห็นในแต่ละเรื่อง ของแต่ละบุคคลชี้ได้ว่าบุคคลมีเจตคติในระดับแต่ละช่วงความชอบ ฉะนั้นความคิดเห็นนี้ จึงต้องกำหนดค่าได้ในระดับใดในช่วงความชอบ

3.4 ระดับของเจตคติ ในช่วงของความชอบ ได้แก่ ระดับในเกณฑ์เฉลี่ยของความคิดเห็นที่แสดงออก ความคิดเห็นแต่ละข้อของบุคคลเดียวย่อมมีช่วงของความชอบใกล้เคียงกัน

การสร้างมาตรวัด ตามวิธีวัดช่วงเท่ากันของเทอสโตน มีขั้นตอนสำคัญ 2 ประการ คือ ขั้นแรกเป็นการเลือกข้อความ และขั้นตอนหลังเป็นวิธีการกำหนดค่ามาตรวัดให้กับแต่ละข้อความ การเลือกข้อความเริ่มจากการกำหนดโครงสร้างเนื้อหาของเจตคติที่ต้องการวัด ควรมีจำนวนข้อความไว้ให้เลือกเป็นจำนวนมากและมีทั้งข้อความที่เป็นจำนวนมากและมีทั้งข้อความที่เป็นบวกและลบผสมกัน

4. กัทแมนสเกล(Gutman Scale)

เป็นวิธีการวัดทัศนคติที่สร้างขึ้นโดยกัทแมน เรียกว่าการวิเคราะห์มาตราส่วน (Scalogram Analysis) วิธีการนี้พยายามหาชุดของข้อความวัดทัศนคติที่มีลักษณะเป็นมาตรวัดได้ (Scalable) กล่าวคือในชุดของข้อความวัดทัศนคติหนึ่งๆนั้น ถ้าหากผู้ตอบเห็นด้วยกับข้อความที่สองแล้วผู้ตอบจะต้องเห็นด้วยกับข้อความที่หนึ่งมาก่อนและถ้าหากเห็นด้วยกับข้อความที่สามก็ต้องเห็นด้วยกับข้อความที่หนึ่งและสองมาก่อน เป็นต้น การวัดทัศนคติแบบนี้สามารถเห็นแบบแผนของทัศนคติที่มีต่อเรื่องนั้นของกลุ่มบุคคลที่วัดได้อีกด้วย

2.8 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์การเงินของโครงการ (10)

ในการศึกษาเปรียบเทียบความได้เปรียบทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ จะเป็นการวิเคราะห์ถึงการลงทุนและผลตอบแทนของโครงการ

การวิเคราะห์ต้นทุนของโครงการ

โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายในการทำโครงการมักประกอบด้วยค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและพัฒนาโครงการ (Research and Development cost) ในการที่จะเริ่มดำเนินโครงการบางประเภทมักจะมีค่าใช้จ่ายสำหรับการวิจัยขั้นต้นก่อนการดำเนินการ เช่นการวิจัยเกี่ยวกับการตลาด เป็นต้น จึงจะเริ่มทำโครงการนั้นได้ และค่าใช้จ่ายประเภทนี้จึงถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่จมหรือค่าใช้จ่ายในอดีต (Sunk cost) ค่าใช้จ่ายประเภทนี้มักไม่นำมาพิจารณาผลประโยชน์หรือต้นทุน เพราะถือว่าการจ่ายเงินประเภทนี้ไม่มีผลต่อการจะทำหรือไม่ทำโครงการ ถ้าผลการวิเคราะห์เป็นที่พอใจ โครงการก็อาจจะดำเนินต่อไป หรือผลการวิเคราะห์ไม่เป็นที่พอใจ โครงการก็อาจจะยกเลิกไป ค่าใช้จ่ายจำนวนนั้นก็จะสูญเสียไป หากการผลิตเป็นขององค์กรรัฐบาล หรือรัฐวิสาหกิจ ค่าใช้จ่ายในการวิจัยและการพัฒนาในลักษณะนี้จะไม่นำมาพิจารณาเป็นต้นทุนของโครงการ แต่สำหรับธุรกิจเอกชน ค่าใช้จ่ายดังกล่าวถือเป็นต้นทุนในระยะแรกเริ่ม แม้ต้นทุนดังกล่าวไม่อาจเป็นต้นทุนของผลผลิตในปีแรกทั้งหมด ก็จะต้องนำมาจัดสรรเป็นต้นทุนทางอ้อมของการผลิตในแต่ละปี

2. ค่าลงทุนหรือค่าจัดหา (Investment cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิดความพร้อมที่จะดำเนินการผลิตได้ แต่ยังไม่ผลิต ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ประกอบด้วย ค่าที่ดิน ค่าอาคารและสิ่งก่อสร้างอื่นๆ เครื่องจักรและการติดตั้ง ค่าวัสดุอุปกรณ์ ค่าใช้จ่ายในติดตั้งน้ำประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ (ไม่รวมค่าโทรศัพท์และค่าไฟฟ้า) ค่าจ้างผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งและทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ ค่าใช้จ่ายเพื่อซื้อ Technical Know - How สูตรที่จะใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ ค่าขนพาหนะ ค่าขนส่งวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ค่าติดตั้งระบบความปลอดภัย ฯลฯ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้มักจะเกิดในระยะขั้นต้นของโครงการ ถ้าเป็นโครงการเล็กอาจจะเกิดเฉพาะปีแรกของโครงการ แต่ถ้าเป็นโครงการใหญ่อาจจะเกิดในระยะ 1-5 ปีของการทำโครงการ แต่บางครั้งค่าใช้จ่ายประเภทนี้อาจจะเกิดในระหว่างทำโครงการได้

ค่าใช้จ่ายประเภทนี้จะต้องนำไปคิดเป็นต้นทุนทั้งในโครงการของภาคเอกชนและภาครัฐบาล รวมทั้งภาครัฐวิสาหกิจด้วย

3. ค่าดำเนินการ (Operating cost) เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบางส่วนเช่น ค่าจัดซื้อน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าโทรศัพท์ ค่าแรง ค่าขนส่ง ค่าโฆษณาประชาสัมพันธ์ ค่าบำบัดน้ำเสีย ค่าประกันต่างๆ ค่าฝึกอบรม ค่าอะไหล่ ค่าที่ปรึกษา ฯลฯ เป็นค่าใช้จ่ายจำนวนที่ไม่

เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนผลผลิต แม้ว่าในขณะใดขณะหนึ่งหน่วยธุรกิจจะทำการผลิตมากขึ้นหรือน้อยลง ค่าใช้จ่ายดำเนินการส่วนนี้ก็ยังคงเท่าเดิม

4. ค่าบำรุงรักษา(Maintenance cost) เป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักร และสิ่งก่อสร้าง เพื่อให้ดำเนินการต่อไปได้ตลอดอายุของโครงการ ซึ่งการของบประมาณในส่วนนี้ ทั้งผู้ขอและผู้อนุมัติโครงการมักจะลืมรายจ่ายที่สำคัญคือ ค่าบำรุงรักษา จึงทำให้อายุการใช้งานของ อาคารและสิ่งก่อสร้าง เครื่องจักร อุปกรณ์ หรือค่าลงทุน มีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าปกติ บางโครงการต้นทุนต่ำแต่เงินค่าบำรุงรักษาสูง ในการทำโครงการทุกครั้งจะต้องรวมค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการบำรุงรักษาไว้ด้วย

ข้อแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐกิจกับด้านการเงิน วิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ภาษี ถ้าเป็นโครงการของรัฐกับรัฐวิสาหกิจ เพื่อจะหาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จะต้องนำเอาค่าภาษีหักออกจากค่าใช้จ่ายต่างๆ เสียก่อน เพื่อจะได้ไม่รวมเงินโอนเข้าไปในค่าใช้จ่าย ส่วนการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการให้ถือว่าภาษีเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่าย
2. เงินอุดหนุน ถ้าเป็นโครงการของรัฐบาล ที่มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจให้นำเอาเงินอุดหนุนไปรวมเข้ากับค่าใช้จ่ายที่จ่ายจริง จะได้ผลลัพธ์ในรูปของค่าใช้จ่ายโดยไม่มีเงินอุดหนุน แต่ถ้าเป็นการวิเคราะห์ทางการเงินก็ให้ใช้ค่าใช้จ่ายจริง ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่มีเงินอุดหนุน แต่ถ้ากรณีที่ให้ค่าใช้จ่ายที่ไม่มีเงินอุดหนุนและยังได้รับการอุดหนุนจากรัฐบาล ก็ให้เงินอุดหนุนไปรวมเป็นรายรับหรือผลประโยชน์ของโครงการ

การวิเคราะห์ผลตอบแทนโครงการ

ผลตอบแทนของโครงการ คือ ผลผลิตทั้งหมดของโครงการ รวมทั้งกิจกรรมส่วนควบอื่นๆที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการ

ผลตอบแทนของโครงการ ประกอบไปด้วย ผลตอบแทนทางตรง(direct benefits) หรืออาจเรียกว่าผลตอบแทนขั้นต้น(Primary benefits) ซึ่งได้แก่ มูลค่าของสินค้าและบริการที่ผลิตได้โดยตรงจากโครงการ และผลตอบแทนทางอ้อม(Indirect benefits) หรืออาจเรียกว่าผลตอบแทนขั้นรอง(Secondary benefits) ซึ่งได้แก่มูลค่าของสินค้าและการให้บริการที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องกัน หรือเป็นผลตอบแทนที่เกิดขึ้นภายนอกโครงการ

1. ผลตอบแทนทางตรง คือ ผลตอบแทนของโครงการที่เป็นเจตจำนง หรือเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของโครงการ จัดว่าเป็นผลตอบแทนโดยตรงของโครงการนั้น เช่น การสร้างเขื่อน ผลตอบแทนทางตรงได้แก่ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นหรืออยู่ในรูปของมูลค่า

ของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มากขึ้น หรือ โครงการชลประทานเพื่อการเกษตรกรรม ผลตอบแทนโดยตรงได้แก่ ปริมาณพื้นที่ดินที่สามารถใช้เพาะปลูกได้มากขึ้น หรืออาจอยู่ในรูปของมูลค่าของปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น

2. ผลตอบแทนทางอ้อม(Indirect benefit) คือ ผลดีอื่นๆ ของโครงการซึ่งไม่ใช่ผลดีที่ตั้งใจจะได้รับ แต่เป็นผลพลอยได้ของโครงการ ก็จัดว่าเป็นผลตอบแทนทางอ้อม หรืออีกในความหมายหนึ่งคือผลตอบแทนซึ่งอยู่ในรูปมูลค่าของสินค้าและบริการที่ได้เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมส่วนควบอื่นๆ ซึ่งเป็นผลตอบแทนที่เกิดขึ้นภายนอกโครงการ

ผลกระทบทางอ้อมอาจเกิดขึ้นได้ในหลายลักษณะ ดังนี้

2.1 ผลตอบแทนที่เกิดจากผลทางตรงชักนำให้เกิดขึ้น เช่น ในกรณีสร้างเขื่อน ผลตอบแทนทางตรงได้แก่ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นหรืออยู่ในรูปของมูลค่าของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มากขึ้น ซึ่งอาจชักนำให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น หรือในกรณีโครงการชลประทานเพื่อการเกษตรกรรม ผลตอบแทนโดยตรงได้แก่ ปริมาณพื้นที่ดินที่สามารถใช้เพาะปลูกได้มากขึ้นและผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจชักนำให้เกิดมูลค่าของกิจกรรมใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น พ่อค้ารับซื้อข้าวเปลือก ผู้ประกอบการโรงสีข้าว ผู้ประกอบการขนส่ง และอื่นๆ มีรายได้และกำไรเพิ่มขึ้น เมื่อนำกำไรในขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าวมารวมกันมีมูลค่าเท่าไร ผลตอบแทนทางอ้อมก็จะมีค่าเท่ากับเท่านั้นด้วย

2.2 ผลตอบแทนที่ช่วยทำให้มีการว่าจ้างงานเกิดขึ้น กล่าวคือ เมื่อมีโครงการใหม่ๆ เกิดขึ้นในระบบเศรษฐกิจ นอกจากจะก่อให้เกิดผลทางตรงในรูปของผลผลิตหรือรายได้ที่สูงขึ้นแล้ว ยังจะก่อให้เกิดผลตอบแทนทางอ้อมในรูปของการมีงานทำ เมื่อแรงงานมีงานทำก็จะทำให้แรงงานเหล่านั้นมีรายได้ก็จะใช้จ่ายเงินส่วนหนึ่งไปซื้อสินค้าและบริการ กิจกรรมที่ผลิตสินค้าและบริการที่เกี่ยวข้องก็จะขยายตัว และรายได้ประชาชาติก็จะขยายตัวตามไปด้วย

2.3 ผลตอบแทนทางอ้อมที่เกิดจากการประหยัภายนอก(External economy) เช่น เมื่อมีโครงการสร้างโรงงานผลิตกระเบื้องหินอ่อน เจ้าของกิจการได้สร้างถนนเพื่อขนส่งวัตถุดิบและสินค้าผลิตเสร็จแล้วส่งออกสู่ตลาด ชาวบ้านที่อาศัยในชุมชนบริเวณนั้นต่างก็ได้รับประโยชน์ด้านการประหยัดเวลาในการเดินทาง และเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง ผลประโยชน์ทางอ้อมจึงเกิดกับชาวบ้านที่อาศัยบริเวณชุมชนนั้น และผลตอบแทนทางอ้อมที่เกิดจากการประหยัภายนอกในอีกกรณีหนึ่งก็คือการที่เจ้าของโครงการได้ส่งพนักงานไปฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะ หลังจากฝึกอบรมแล้วทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานสูงขึ้นซึ่งเป็นผลตอบแทนโดยตรงที่เจ้าของโครงการได้รับ แต่ผลตอบแทนทางอ้อมจะเกิดขึ้นในกรณีที่พนักงานคนนั้นได้ย้ายไปทำงานที่ใหม่ โดยได้นำทักษะที่ได้จากการฝึกอบรมจากงานเดิมติดตัวไปที่ทำงานใหม่ด้วย

ผลตอบแทนที่ไม่มีตัวตน(Intangible benefit)

คือ ผลตอบแทนของโครงการที่ปรากฏอยู่ในรูปที่ไม่มีตัวตนและตีเป็นราคาได้ยาก เนื่องจากการยากที่จะหาราคาอุปสงค์และผลตอบแทนประเภทนี้ ถึงแม้จะมีความยากลำบากในการตีค่า แต่ก็ต้องมีการคำนึงถึงผลตอบแทนประเภทนี้ด้วยเช่นกันในการวิเคราะห์โครงการ เพื่อให้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีความพยายามที่จะตีราคาผลผลิตที่ไม่มีตัวตนออกมา เช่น การเพิ่มหรือลดความแออัด ผลตอบแทนด้านอนามัย การพักผ่อนหย่อนใจ ค่าของเวลา ค่าของชีวิต และผลกระทบด้านมลภาวะต่างๆ เป็นต้น โดยพยายามประยุกต์หลักเกณฑ์บางประการ เช่น หลักการชดเชยที่ต่างกัน (Compensating variation) หรือการชดเชยรายได้ในอนาคตที่สูญเสียไป อันเป็นความพยายามที่จะวัดถึงความเต็มใจที่จะจ่าย เพื่อหาค่าของผลตอบแทนออกมานั่นเอง หลักการดังกล่าวตั้งอยู่บนแนวความคิดของPareto improvement กล่าวคือเป็นการปรับปรุงที่บางคนจะได้ดีขึ้นและคนอื่นไม่ได้เลวลง ฉะนั้น โครงการที่ก่อให้เกิดอากาศเสีย น้ำเสีย ผลตอบแทนของโครงการนี้ จึงต้องมีมากพอที่จะสามารถจ่ายเป็นค่าชดเชย ให้กับคนที่ได้รับผลกระทบ เพื่อที่จะได้ไม่ต้องมีความเป็นอยู่ในสภาพที่เลวลง หลักการชดเชยที่แตกต่างกัน จึงเป็นเรื่องที่ชุมชนมีความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งผลตอบแทน ส่วนในกรณีของค่าใช้จ่าย ก็เป็นเรื่องที่ชุมชนต้องการชดเชย เพื่อที่จะได้มีความเป็นอยู่ไม่เลวไปกว่าเดิม

แต่เนื่องจากผลตอบแทนประเภทนี้ไม่มีราคาตลาด จึงวัดโดยตรงไม่ได้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้วิธีวัดผลตอบแทนที่ไม่มีตัวตนแบบทางอ้อม โดยอาศัยหลักค่าใช้จ่ายต่ำสุด



โดยในขั้นแรกต้องกำหนดให้ได้ว่าผลตอบแทนมีอะไรบ้าง และในปริมาณเท่าใด แล้วจึงหามูลค่าได้ แต่บ่อยครั้งที่ขั้นตอนแรกนี้ก็เป็นขั้นตอนที่ยาก และเป็นปัญหาอยู่มากในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะประเภทผลตอบแทนที่ไม่มีตัวตนดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามหากสามารถระบุผลตอบแทนประเภทนี้ออกมาให้ชัดเจน จะช่วยให้สามารถกำหนดค่าใช้จ่ายที่จำเป็นเพื่อให้มีผลตอบแทนถึงที่ระบุมาได้ ซึ่งอาจมีหลายวิธี คือการหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด(Least-cost method) จากวิธีที่สามารถใช้เป็นมูลค่าผลตอบแทนดังกล่าว

เกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน (10)

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจการลงทุน ของโครงการที่นิยมใช้กันคือการปรับค่าของเวลาในการวัดมูลค่าที่คิดเป็นต้นทุนและผลตอบแทน หรือผลต่างของต้นทุนและผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในระยะเวลาต่างๆให้อยู่เวลาเดียวกัน เช่น ณ ปัจจุบัน โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจดังนี้

1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present Value method หรือ NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิในปัจจุบันของโครงการคือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้ว โครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่ ขึ้นอยู่กับว่า ถ้าค่าของ NPV ที่ได้มากกว่า 0 หรือเป็นบวก ก็เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่ถ้า NPV ออกมาเป็นค่าลบ แสดงว่าการลงทุนตามโครงการนั้นจะไม่คุ้มค่าในการลงทุน เกณฑ์นี้นำมาช่วยในการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการได้

สูตรการคำนวณ

$$NPV = \sum_{t=1}^n [(B_t - C_t) / (1+i)^t]$$

เมื่อ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

B_t = ผลตอบแทนในปีที่ 1, 2, ...n

C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ 1, 2, ...n

i = อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของทุน

t = ปีของโครงการคือปีที่ 1, 2, ...n

n = อายุของโครงการ

1.2 อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน(Benefit-Cost Ratio หรือ B/C Ratio)

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุนเป็นวิธีหลักที่ใช้ในการลงทุนเมื่อมีค่ามากกว่า 1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนที่มีค่ามากกว่า 1 คือกฎเกณฑ์มาตรฐานของการยอมรับขั้นต่ำ

เกณฑ์นี้แสดงถึง อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย ซึ่งในที่นี้ค่าใช้จ่ายทางด้านทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และบำรุงรักษา หรือหมายถึงค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นที่ไม่มีการแบ่งแยกว่าเป็นค่าใช้จ่ายประเภทใด

สูตรการคำนวณ

$$B/C = \frac{\text{PV of Benefits}}{\text{PV of Cost}}$$

$$n$$

$$\text{หรือ} = \frac{\sum_{t=1}^n [B_t / (1+i)^t]}{\sum_{t=1}^n [C_t / (1+i)^t]}$$

เมื่อ B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t
 C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
 i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม
 t = ปีของโครงการคือปีที่ 1, 2, ...n

1.3 ผลตอบแทนการลงทุน(Internal Rate of Return หรือ IRR)

หลักการของอัตราผลตอบแทนการลงทุน คือ จะหาค่าของ IRR ของโครงการมาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยในท้องตลาด โดยที่การพิจารณาเลือกโครงการจะต้องรู้ค่าของอัตราส่วนลดในท้องตลาด (r) อัตราส่วนลดนี้จะแตกต่างกันไปตามประเภทของการลงทุน ถ้าหากการพบว่าอัตราดอกเบี้ยในท้องตลาดต่ำกว่าอัตราผลตอบแทนก็จะลงทุนโครงการนั้น การเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งจากหลายๆโครงการ ใช้หลักเลือกโครงการที่มีอัตราผลตอบแทนสูงสุด(Maximum Internal Rate of Return)

สูตร IRR คือ ค่า i (อัตราคิดลด) ที่จะทำให้ $\sum_{t=1}^n [(B_t - C_t) / (1+i)^t] = 0$

อัตราคิดลด คือ ร้อยละที่นำมาปรับค่าของเงิน การใช้อัตราส่วนลดในการประเมินโครงการมีความหมายคือ จะใช้อัตราผลตอบแทนระดับใดเป็นส่วนลด เพื่อหาค่าปัจจุบันซึ่งทำให้ค่าปัจจุบันของผลตอบแทนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตจากการลงทุนนั้นเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุน ทั้งนี้เพราะการลงทุนย่อมหวังผลตอบแทนในอัตราที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปจากการกู้ยืมเงินลงทุน

ในการศึกษาค้างนี้ โครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานเป็นโครงการที่คาดว่าจะช่วยในการลดปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ดังนั้นดอกเบี้ยที่ใช้คิดควรอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินไปเนื่องจากลงทุนจากภาครัฐ โดยใช้อัตราดอกเบี้ย 10 % เป็นอัตราคิดลด

เศรษฐศาสตร์การจัดการมลภาวะ (10)

เนื่องจากสิ่งแวดลอมและทรัพยากรธรรมชาตินั้นมีลักษณะเป็นทรัพยากรสินที่ใช้ร่วมกัน การใช้สิ่งแวดลอมของผู้ผลิตและผู้บริโภคได้นำไปสู่ปัญหาเกี่ยวกับผลกระทบภายนอกหรือผลกระทบข้างเคียง การเกิดผลกระทบภายนอกจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่ก่อให้เกิดผลกระทบนั้นไม่สนใจถึงต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อสังคม เพื่อให้เกิดการจัดการให้มีระดับของมลภาวะที่เหมาะสม โดยอาศัยกลไกของตลาดและอาศัยมาตรฐานการจัดการของรัฐ รวมทั้งการเปรียบเทียบถึงผลกระทบภายนอกของมลภาวะ ที่เกิดจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

ความหมายของคำว่า “มลภาวะ”(pollution)ในทางเศรษฐศาสตร์ขึ้นอยู่กับ

1. ผลกระทบทางกายภาพ (physical effect) จากของเสียที่ปลดปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม
2. การตอบสนองของมนุษย์ต่อผลกระทบทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิต

และมลภาวะยังแบ่งออกได้เป็นอีก 2 ลักษณะ คือ

1. มลภาวะที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่บุคคลต่างๆ (external diseconomy)
2. มลภาวะที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่บุคคลต่างๆ (external economy)

เนื่องจากมลภาวะส่วนใหญ่เมื่อเกิดขึ้นแล้ว ได้ส่งผลกระทบต่อสังคม ทำให้เกิดความเสียหาย มูลค่าความเสียหายนี้ได้กลายเป็นต้นทุนภายนอก โดยเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขสองประการคือ

1. เป็นกิจกรรมที่บุคคลหนึ่ง หรือหน่วยธุรกิจหนึ่งทำใหบุคคลหรือหน่วยธุรกิจอื่นๆเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ
2. ผู้ที่เป็นฝ่ายสูญเสียทางเศรษฐกิจนั้น มิได้รับการชดเชยแต่อย่างใด สำหรับในกรณีที่เป็นฝ่ายเสียหาย ได้รับการชดเชย เรียกว่าเป็นการแก้ไขผลกระทบ โดยรวมเข้าไปเป็นต้นทุนการผลิตของหน่วยธุรกิจนั้น

การแก้ไขผลกระทบทางมลภาวะให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

แนวทางการแก้ไขผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในการจัดการผลกระทบภายนอก มีหลายแนวทาง ได้แก่

1. การแก้ไขโดยวิธีการทางภาษี

นักเศรษฐศาสตร์ได้เสนอวิธีแก้ไขพฤติกรรมของผู้ผลิตที่ก่อให้เกิดมลภาวะ โดยใช้วิธีการ



จัดเก็บภาษี ซึ่งเรียกภาษีพิโก (Pigovian tax) ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะเป็นการเรียกเก็บภาษีจากผู้ที่ทำให้เกิดมลภาวะตามระดับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับมลภาวะ

2. การแก้ไขโดยกำหนดระดับมาตรฐาน

การแก้ไขปัญหามลภาวะโดยทั่วไปจะกระทำโดยการกำหนดมาตรฐาน (standard) ทั้งนี้จะมีการกำหนดเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมขึ้นมาก่อนแล้วกำหนดปริมาณมลภาวะที่ยอมให้ปลดปล่อยออกมา ทั้งนี้ในการกำหนดระดับมาตรฐานจะต้องมีหน่วยงานที่มีประสิทธิภาพเข้ามาควบคุมและตรวจสอบพร้อมทั้งมีอำนาจเพียงพอที่จะลงโทษผู้ที่ก่อให้เกิดมลพิษที่เกินค่ามาตรฐานด้วย

ปัญหาของการกำหนดค่ามาตรฐานอยู่ที่ว่า การที่จะหาระดับที่ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดกับสังคมนั้นทำได้ยาก

3. การให้เงินอุดหนุนทางการเงิน เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหามลภาวะ ซึ่งจะสนับสนุนให้ผู้ก่อมลภาวะหันมาปรับปรุงหรือติดตั้งอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดมลภาวะลดลง ทั้งนี้โดยอาจจะกำหนดว่าหน่วยการผลิตใดก็ตามที่ก่อให้เกิดมลภาวะน้อยกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดจะได้รับเงินอุดหนุน

4. การใช้ระบบใบอนุญาตที่ยอมให้เปลี่ยนมือได้และสร้างระบบตลาดใบอนุญาตมลภาวะ ในหน่วยธุรกิจที่แตกต่างกัน ย่อมมีมลภาวะในระดับที่ต่างกันด้วย บางรายก่อให้เกิดมลภาวะมาก บางรายน้อย ดังนั้นหากมีการออกใบอนุญาตเพื่อยอมให้หน่วยธุรกิจก่อมลภาวะได้ในระดับที่กำหนด แต่ในขณะเดียวกันยอมให้มีการซื้อขายใบอนุญาตระหว่างธุรกิจซึ่งวิธีการนี้เป็นการจัดการมลภาวะได้อีกแบบหนึ่ง และจะทำให้การควบคุมระดับมลภาวะให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้

มูลค่าของสิ่งแวดล้อม

มูลค่าและการประเมินมูลค่าของสิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการตัดสินใจในการลงทุนพัฒนาหรือรักษาสิ่งแวดล้อมต่างๆ การหามูลค่าให้กับสิ่งแวดล้อมจะทำให้สังคมได้ตระหนักถึงคุณค่าและความจำกัดของสิ่งแวดล้อม และเพื่อสะท้อนว่ากิจกรรมพัฒนาทางเศรษฐกิจใด หากมีผลกระทบเกิดขึ้นและทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลงแล้ว ย่อมหมายความว่ากิจกรรมในการพัฒนาทางเศรษฐกิจนั้นได้ทำให้เกิดต้นทุนทางสังคมส่วนรวม และเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่อาจนำไปสู่ความไม่ยั่งยืนในการพัฒนาขึ้นได้

การวัดมูลค่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพสิ่งแวดล้อม

การหามูลค่าของผลได้หรือประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่สูญเสียไป เนื่องจากปล่อยให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมถูกทำลาย อาจวัดได้จากการสร้างสิ่งทดแทนในสินค้าและบริการที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมที่ถูกทำลาย หรืออาจวัดได้จากต้นทุนในการสร้างสิ่งทดแทนในสินค้าและบริการที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม

ที่ถูกทำลายไปนั้น การประเมินมูลค่า ผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม จากด้านต้นทุนในการป้องกันประกอบด้วย

1. วิธี Preventive expenditures method วิธีนี้พิจารณาจากความเต็มใจในการเสียค่าใช้จ่าย เพื่อให้เกิดการป้องกันหรือลดผลกระทบที่พึงจะเกิดขึ้น มูลค่าที่เกิดขึ้นนี้เป็นมูลค่าต่ำสุดที่เหตุผลแต่ละคนที่จะทำให้กับคุณภาพของสิ่งแวดล้อม สำหรับต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการคือค่าวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาใช้เพื่อลดมลภาวะ สำหรับในการวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีคิดนี้ คือการประเมินต้นทุนสำหรับที่จะจัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการลดมลภาวะทางด้านอากาศและเสียงของรถยนต์ดีเซลเจนเนอเรเตอร์

2. วิธี Replacement – cost method เป็นวิธีการวิเคราะห์ด้านต้นทุน ที่คำนึงถึงการจัดสรรสิ่งทดแทนทรัพย์สินบางอย่างที่ได้รับความเสียหาย จากการที่มีคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ลดลง ต้นทุนดังกล่าว สามารถนำมาใช้ในการประเมินเป็นมูลค่าต่ำสุด ของประโยชน์ที่พึงจะเกิดกับโครงการในการป้องกันหรือปรับปรุงสิ่งแวดล้อม

3. วิธี Shadow-project method วิธีนี้ใช้กับกรณีของการมีข้อเสนอโครงการในการพัฒนาที่เกิดขึ้นแล้วก่อให้เกิดการสูญเสียต่อสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลได้จากการควบคุมมลพิษ

พบว่าในการประเมินผลได้ปัญหาที่ยากคือการคำนวณหาระดับควบคุมมลพิษที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผลได้จากการควบคุมมลพิษ คือ การป้องกันมิให้เกิดความเสียหาย ถ้าหากไม่มีการควบคุมมลพิษจะมีการปล่อยของเสียซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ พืช และทรัพย์สินต่างๆ ดังนั้นผลได้จากการควบคุมมลพิษและระดับความเสียหายอันเนื่องมาจากการควบคุมมลพิษเข้มงวดขึ้น การวัดผลได้จึงขึ้นกับความสามารถในการคำนวณหาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากระดับมลพิษหลายๆระดับ

ความเสียหายอันเกิดจากระดับมลพิษมีหลายรูปแบบ

แบบที่ 1 คือ ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ เช่น อากาศเสีย น้ำเสีย มลพิษทางเสียง ที่ก่อให้เกิดโรคภัยต่างๆ

แบบที่ 2 คือ การสูญเสียความสดชื่นรื่นรมย์ ที่พึงจะได้รับจากอากาศ และน้ำ ตลอดจนธรรมชาติอันบริสุทธิ์

แบบที่ 3 คือ ผลเสียที่เกิดต่อพืช สัตว์ และทรัพย์สิน
การประเมินค่าความเสียหายต้องประกอบด้วย

1. การระบุถึงสิ่งที่ได้รับอันตราย

2. หาความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างมลพิษในรูปแบบต่างๆ และความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และทรัพย์สิน

3. การตอบสนองตอบของกลุ่มต่างๆที่ได้รับผลกระทบนั้นเพื่อลดความเสียหายลงไป

4. การกำหนดมูลค่าความเสียหายเป็นตัวเงิน

วิธีการประเมินความเสียหาย มี 2 วิธีด้วยกัน คือ

1. การคัดเลือกตัวอย่างผู้ได้รับความเสียหายและสอบถามถึงความเต็มใจที่จะจ่ายเงินเพื่อที่จะลดความเสียหายนั้น

2. การกะประมาณว่า ผู้ได้รับความเสียหาย เต็มใจที่จะจ่ายเท่าไร เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายนั้น ซึ่งเป็นการกะประมาณในขอบเขตที่ต่ำที่สุด



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ลักษณะงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบประยุกต์ (Applied Research) เพื่อเป็นการประเมินผลทางด้านเทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐศาสตร์ ในการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยจะทำการศึกษาและวิเคราะห์จากเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และนักท่องเที่ยวที่ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและเครื่องยนต์ดีเซล

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

3.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ได้จากสำรวจ จากการสัมภาษณ์ และรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า ผู้ใช้บริการจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและเครื่องยนต์ดีเซล

3.2.2 ข้อมูลทุติภูมิ (Secondary Data)

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ รายงานทางวิชาการที่เผยแพร่ข้อมูลทาง Internet โดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรมอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ บริษัท ปิไอ โซล่า บริษัท ไลน์ และบริษัท โซลาร์ตรอน เหล่านี้เป็นต้น

3.3 กลุ่มตัวอย่างประชากร

กลุ่มประชากรในการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มประชากร ดังนี้

3.3.1 กลุ่มผู้ให้บริการระบบผลิตไฟฟ้า

ในการศึกษาครั้งนี้ กลุ่มผู้ให้บริการระบบผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

- กลุ่มนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยว ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านของระยะเวลาของการเก็บข้อมูลและทุนในการวิจัย ผู้วิจัยจึงทดสอบโดยการสุ่มจำนวน (Simple Random Sampling) นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศที่มาท่องเที่ยว ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

- กลุ่มเจ้าหน้าที่กรมป่าไม้ที่ทำงานในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ใช้การเลือกแบบเจาะจง เจ้าหน้าที่ทั้งหมดที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ศึกษา

3.3.2 ระบบไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

ในการทดสอบครั้งนี้ทำการสุ่มแบบเจาะจงเลือกระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งในพื้นที่ศึกษา คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัด คือ เครื่องยนต์ดีเซลในพื้นที่ศึกษามีหลายเครื่องแต่เมื่อผู้วิจัยไปทำการเก็บข้อมูลเครื่องยนต์ดีเซลที่สามารถใช้ได้ในพื้นที่ศึกษามีเพียงเครื่องเดียวเท่านั้น

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลทางด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ผลทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม และต้นทุนและผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์การเงิน ของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล โดยแต่ละหัวข้อใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์และประเมินผลดังนี้

3.4.1 การศึกษาทางด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

จะใช้เครื่องมือแบบสอบถามทัศนคติและเครื่องมือวัดในการศึกษา โดยนำประเด็นที่จะทำการศึกษากำหนดตัวแปรในการประเมินแล้วทำการเปรียบเทียบ

3.4.2 การศึกษาผลทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

จะใช้วิธีวัดความเต็มใจที่จะจ่ายในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แทนการใช้เครื่องยนต์ดีเซล

3.4.3 การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์การเงิน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจแบบปรับค่าเวลา คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C Ratio)

3.4.4 การประเมินเทคโนโลยี

เป็นการนำแบบสอบถามมาใช้สอบถามผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้หลักวิธี เดลฟายน์

3.5 การเลือกตัวแปรเพื่อการดำเนินงานวิจัย

การเลือกตัวแปรเพื่อดำเนินการวิจัยนี้ จะอาศัยหลักการแจกแจงรายการผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environment Impact Statement) โดยพิจารณาตัวแปรที่จะนำมาเปรียบเทียบผลด้านสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งเป็น 3 ด้านดังนี้

3.5.1 ด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

ในด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมนี้จะพิจารณากลุ่มตัวอย่างระบบผลิตไฟฟ้า เพื่อนำตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาเปรียบเทียบทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

3.5.1.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด

คือ ส่วนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic) ซึ่งได้มีการติดตั้งในพื้นที่ศึกษา 10.5 Kwh สำหรับ Photovoltaic

3.5.1.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล

ในพื้นที่ศึกษาจะทำการศึกษาระบบ ฯ ที่มีการใช้งานล่าสุดในพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้มีการใช้งาน 2 เครื่อง คือ เครื่อง 10 Kwh และเครื่อง 42Kwh เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเวลา งบประมาณ การขนส่ง ดังนั้นทั้ง 2 ตัวแปรนี้จะทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ CO , NO และระดับเสียงที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้า ในช่วงเวลาที่ใช้เครื่องยนตดีเซลผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวและช่วงเวลาติดตั้งและใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด

3.5.1.3 ผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล

ผู้ให้บริการระบบผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษาแบ่งเป็นสองกลุ่มด้วยกัน กลุ่มแรกคือ เจ้าหน้าที่ของกรมป่าไม้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ และกลุ่มที่สองคือ นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในพื้นที่

การศึกษาเปรียบเทียบด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม พารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ

ด้านอากาศ : วัดปริมาณก๊าซ HC , CO , NO_x และ SO_x ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบ ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล

ด้านเสียง : ทำการวัดระดับเสียงที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล

ด้านพื้นดิน : ทำการตรวจวัดมลพิษในดินรอบบริเวณที่ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและ บริเวณที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล โดยพิจารณาระดับค่าของ Grease & Oil ที่อยู่ในดินบริเวณนั้นๆ

ด้านทัศนคติ : วัดทัศนคติของมนุษย์ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและเครื่องยนตดีเซล ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ

การรบกวนของกลิ่นและควัน : ศึกษาทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าในการรบกวนของควันและกลิ่นที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ

การรบกวนของเสียง : ศึกษาทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าในการรบกวนของเสียงที่ออกจากที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ

ความสามารถในการรองรับภาระ : ศึกษาทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าในด้านความสามารถในการรองรับภาระความต้องการของผู้ใช้ของทั้ง 2 ระบบ

ความสะดวกสบายในการใช้บริการ : ศึกษาทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าในด้านความสะดวกสบายในการใช้บริการ อาทิ เช่น เกี่ยวกับ ระยะเวลาการใช้งาน

3.5.2 ด้านผลทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

จะใช้การตีมูลค่าสิ่งแวดล้อมออกมาเป็นจำนวนเงิน ในด้านของการปลดปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาตามแต่ละชนิดของมลพิษ

3.5.3 ด้านต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์การเงิน แบ่งได้ดังนี้

การกำหนดตัวแปรที่จะใช้ในการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ มีดังนี้

1. ต้นทุนและผลตอบแทนด้านการเงินจากการผลิตระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
2. ต้นทุนและผลตอบแทนด้านการเงินจากการประกอบการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

3.6 วิธีการศึกษา

กำหนดพื้นที่การศึกษา

3.6.1 พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา คือบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ตามโครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาดสำหรับอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและเนื่องด้วยเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ระบบผลิตไฟฟ้า

3.6.2 การศึกษาในด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

การศึกษาในด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมในววนวิจัยครั้งนี้จะเป็นการเปรียบเทียบด้านมลพิษทางอากาศ และเสียง ซึ่งจะเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยใช้การตรวจวัดภาคสนามตามหลักมาตรฐานการวัดตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีปัจจัยที่จะทำกับศึกษา คือ

พารามิเตอร์ที่ใช้ทำการศึกษา คือ

1. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ ที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
2. ระดับเสียงที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
3. ระดับการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นผลมาจากระบบผลิตไฟฟ้าสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
4. ทักษะของของกลุ่มผู้ใช้ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วย เครื่องยนต์ดีเซล

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ประเด็นนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด
: เนื่องด้วยโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic) ซึ่งมีความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 10.5 kwh ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างจึงเป็นแบบเจาะจง จำนวน 1 ระบบ
2. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
: ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ตั้งแต่มีการนำเอาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้ ได้มีการเปลี่ยนเครื่องยนต์ดีเซลในการใช้งานไปเป็นจำนวนหลายเครื่อง เนื่องมาจากเหตุผลของการเสื่อมประสิทธิภาพ ดังนั้นการสุ่มตัวอย่าง จึงเป็นแบบเจาะจง และได้ทำการคัดเลือกมา 1 เครื่อง ที่มีการใช้งานในปัจจุบัน

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาจะกำหนดตามตัวแปรที่จะทำการศึกษาคือ

1. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ ที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
2. ระดับเสียงที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

3. การปนเปื้อนของคราบน้ำมันลงดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นผลมาจากระบบผลิตไฟฟ้าสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล
4. ทศนคติของกลุ่มผู้ใช้ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วย เครื่องยนต์ดีเซล

1. วิธีการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ ที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้า

ทำการศึกษาตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดก๊าซคือเครื่อง Gas Analyser รุ่น KM9160

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณครั้งนี้คือ การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent - Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS / W (Statistic Package for Social Science / For Window) เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างปริมาณที่ก๊าซออกจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

2. วิธีการศึกษาระดับเสียงที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้า

ทำการศึกษาตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม โดยใช้ อุปกรณ์ที่ทำการตรวจวัด คือเครื่องตรวจวัดระดับเสียง (Integrating Impulse Sound Level Meter รุ่น CEL-283) มาตรฐานความเที่ยงตรงตาม IEC 651 ที่มีการปรับแต่งเครื่องตรวจวัดระดับเสียงให้เป็นมาตรฐาน (Calibrate) ด้วยเครื่องควบคุมเสียงมาตรฐาน CEL-184 โดยที่มีการปรับแต่งเครื่องตรวจวัดระดับเสียงที่ช่วงคลื่น 90dB(A)ซึ่งในตัวเครื่อง มีวงจรถ่วงน้ำหนักชนิด A (A Weight Sound Pressure Level , L_A) และมีวงจรตอบสนองสัญญาณแบบ FAST , SLOW และ IMPULSE

วิธีศึกษา

1. ประเภทของการตรวจวัด จะทำการตรวจวัดแบบ Type Tests ซึ่งเป็นการตรวจวัดระดับเสียงออกมาแต่ละประเภทโดย การตรวจวัดจะพยายามควบคุมการทดสอบให้อยู่ในระบบปิด
2. ทำการตรวจสอบค่าระดับเสียง โดยให้ไมโครโฟนของมาตรวัดระดับเสียง อยู่ห่างจากปลายท่อไอเสีย หรืออยู่ห่างจากระบบ 0.5 เมตร

3. การอ่านค่าระดับเสียงทุกครั้ง ขณะอ่านค่าระดับเสียงต้องไม่มีสิ่งกีดขวางอยู่ระหว่างปลายท่อไอเสียกับไมโครโฟนของของมาตรวัดระดับเสียง และต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณครั้งนี้คือ การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent - Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS / W (Statistic Package for Social Science / For Window) เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างระดับเสียงที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

3. วิธีศึกษาการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดินที่อยู่บริเวณโดยรอบระบบผลิตไฟฟ้า

ทำการศึกษาตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่อยู่ในบริเวณโดยรอบระบบผลิตไฟฟ้า นำไปตรวจหา โดยวิธี Grease & Oil Method หรือ FOG Method

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณครั้งนี้คือ การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent - Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS / W (Statistic Package for Social Science / For Window) เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างปริมาณมลพิษในดินที่สามารถตรวจวัดได้ที่ออกจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

4. วิธีการศึกษาทัศนคติของกลุ่มผู้ใช้ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วย เครื่องยนต์ดีเซล

การศึกษาวิจัยในประเด็นนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ และจะทำการสัมภาษณ์โดยตรงและจะตอบคำถามลงในแบบสอบถาม โดยจะศึกษาทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ในด้านมลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้าฯ ความสะดวกสบายในการใช้งาน ความสามารถในการรองรับภาระการใช้งาน ความเหมาะสมในด้านกายภาพ

วิธีศึกษา

การสอบถามกลุ่มผู้ใช้ระบบไฟฟ้าในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการแบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ซึ่งห่างไกล ยากลำบากแก่การเดินทาง และการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ข้อจำกัดในด้านของกำลังคน ระยะเวลา และงบประมาณ ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับ

ระเบียบวิธีการศึกษา ผู้วิจัยจึงดำเนินการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จาก 2 กลุ่มประชากร คือ

1. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า ที่เป็นเจ้าหน้าที่ของกรมป่าไม้ ทำงานอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง
2. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นคนไทยและคนต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวยังเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ลักษณะของแบบสอบถามและวิธีเก็บข้อมูล

การออกแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาข้อมูลทางทุติยภูมิ ตลอดจนนำคำแนะนำจากอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญมาประกอบในการออกแบบ และเพื่อให้แบบสอบถามมีความรัดกุมในเรื่องของคำถามมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงทำการทดลองสัมภาษณ์ (Pre-test) กลุ่มผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าทั้งสองชนิดในพื้นที่ศึกษา โดยใช้แบบสอบถามทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อทำการทดสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม และคำแนะนำเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำมาแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อปรับปรุงแบบสอบถามต่อไปให้ดียิ่งขึ้น

ลักษณะของแบบสอบถามที่ใช้ถามเป็นแบบปลายปิด (Close – Ended Question) ซึ่งเป็นคำถามแบบที่มีตัวเลือกของคำตอบ เพื่อความสะดวกแก่ผู้ตอบ และความสะดวกของผู้สัมภาษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งต่างก็มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่

ในส่วนของคำถามในแบบสอบถามนั้นได้แบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

เป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นในแบบที่มี ตัวเลือกและช่องว่างให้เติมข้อความ ซึ่งจะมีรายละเอียดคำถามในเรื่องของ เพศ อายุ อาชีพ จำนวนครั้งของการเดินทางมาท่องเที่ยว และจำนวนวันที่จะทำการพักอาศัยที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

2. แบบสอบถามเพื่อวัดทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล โดยแบบสอบถามที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อความดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาทัศนคติ	เนื้อหาโดยสังเขป
1. มลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล	- การรบกวนของควันท้า - การรบกวนของเสียง
2. ความเหมาะสมในด้านกายภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล	- ความเหมาะสมของสถานที่ติดตั้ง - ความกลมกลืนของธรรมชาติ (สี , รูปทรง) - การประหยัดเชื้อเพลิง
3. ความสะดวกสบายในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล	- ระยะเวลาของการใช้งาน - ขอบเขตของการใช้งาน (หลังคาเรือน) - ความสามารถในการรองรับภาระทางไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้า)

วิธีเก็บข้อมูล นำแบบสอบถามไปทำการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ใช้บริการด้วยตัวผู้สัมภาษณ์เองทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง สัมภาษณ์แต่ผู้ที่ได้เคยใช้ระบบผลิตไฟฟ้าทั้งสองชนิดแล้ว ในบริเวณพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Description Method)

เป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงที่เก็บรวบรวมจากประชากรที่เป็นตัวแทนสำหรับกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า ในเรื่อง มลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้าฯ ความสะดวกสบายในการใช้งาน ความเหมาะสมในด้านกายภาพ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Mehtod)

เปรียบเทียบคุณประโยชน์ในด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ความเหมาะสมในด้านกายภาพ โดยใช้แบบจำลองเชิงคุณภาพในการให้บริการ (Quality of Service : QS) เป็นการเปรียบเทียบทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าว่ามีผลกระทบจากมลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้ามีความสะดวกสบายในการใช้งาน และความเหมาะสมในด้านกายภาพ แตกต่างกันหรือไม่เพียงใด โดยเปรียบเทียบกันระหว่าง ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล

สถิติที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรเมื่อตัวอย่างไม่มีอิสระ (Dependent T-test)

แบบจำลองเชิงคุณภาพในการให้บริการ (Quality of Service : QS)

มีข้อความที่อยู่ในแบบสอบถาม โดยใช้ตัวแปรมาแทนพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ดังนี้

1. แบบจำลองเพื่อศึกษามลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้า

มลพิษจากระบบไฟฟ้า (Pollution : P) พิจารณาได้จาก

- การรบกวนของควันดำ (Black Smoke : B)
- การรบกวนของเสียง (Sound : S)

$$P \propto B, S$$

กำหนดให้มีการถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้มีการวิเคราะห์มลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้ามีความถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้น

$$P = W_B * B + W_S * S$$

$$U(P) = W_B * U(B) + W_S * U(S)$$

โดยที่

$U(P)$ หมายถึง ความพอใจต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนตดีเซล

W_B หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อปริมาณควันดำที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้า

W_S หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อระดับเสียงที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้า

$U(B)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อปริมาณควันดำที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้า

$U(S)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อระดับเสียงที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้า

กำหนดให้ ผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง บอกรับน้ำหนักความพอใจที่มีต่อควันดำ และระดับเสียงที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล คือ ถ้ามีความพอใจมากให้น้ำหนักมาก ถ้ามีความพอใจน้อยให้น้ำหนักน้อย และ กำหนดความพอใจที่กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าบอกออกมาเป็น Utility เป็นเส้นตรง

ความพอใจมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 5

ความพอใจมาก มีค่าเท่ากับ 4

ความพอใจปานกลาง มีค่าเท่ากับ 3

ความพอใจน้อย มีค่าเท่ากับ 2

ความพอใจน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 1

โดยที่เปลี่ยนน้ำหนักของความพอใจต่อมลพิษของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล ให้อยู่ในรูปร้อยละ

เกณฑ์การตัดสินใจ : ค่าความหมายของ Utility

- 100 - 81 หมายถึง คุณภาพด้านมลพิษอยู่ในระดับดีมาก นั่นคือก่อให้เกิดมลพิษน้อยมาก
- 80 - 61 หมายถึง คุณภาพด้านมลพิษอยู่ในระดับดี นั่นคือก่อให้เกิดมลพิษน้อย
- 60 - 41 หมายถึง คุณภาพด้านมลพิษอยู่ในระดับปานกลาง นั่นคือก่อให้เกิดมลพิษระดับปานกลาง
- 40 - 21 หมายถึง คุณภาพด้านมลพิษอยู่ในระดับควรปรับปรุง นั่นคือก่อให้เกิดมลพิษมาก
- 20 - 1 หมายถึง คุณภาพด้านมลพิษอยู่ในระดับควรปรับปรุงมาก นั่นคือก่อให้เกิดมลพิษมากที่สุด

2. แบบจำลองเพื่อศึกษาความเหมาะสมทางกายภาพของระบบผลิตไฟฟ้า

ความเหมาะสมทางกายภาพ (Physical : H) พิจารณาได้จาก

- ความเหมาะสมของสถานที่ติดตั้ง H_1
- ความกลมกลืนกับธรรมชาติ (ฤๅ , รูปทรง) H_2
- การประหยัดเชื้อเพลิง H_3

$$H \propto H_1, H_2, H_3$$

กำหนดให้มีการถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้มีการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางกายภาพของระบบผลิตไฟฟ้ามีความถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้น

$$H = W_{H1} * H_1 + W_{H2} * H_2 + W_{H3} * H_3$$

$$U(H) = W_{H1} * U(H_1) + W_{H2} * U(H_2) + W_{H3} * U(H_3)$$

โดยที่ $U(H)$ หมายถึง ความพอใจต่อความเหมาะสมทางกายภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

W_{H1} หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อความเหมาะสมของสถานที่ติดตั้ง ระบบผลิตไฟฟ้า

W_{H2} หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อความกลมกลืนกับธรรมชาติของระบบผลิตไฟฟ้า

W_{H3} หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อการประหยัดเชื้อเพลิงของระบบผลิตไฟฟ้า

$U(H_1)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อความเหมาะสมของสถานที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า

$U(H_2)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อความกลมกลืนกับธรรมชาติของระบบผลิตไฟฟ้า

$U(H_3)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อการประหยัดเชื้อเพลิงของระบบผลิตไฟฟ้า

กำหนดให้ ผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ในบริเวณพื้นที่ศึกษา บอกน้ำหนักความพอใจที่มีต่อความเหมาะสมของสถานที่ตั้ง , ความกลมกลืนกับธรรมชาติ และการประหยัดเชื้อเพลิงของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล คือ ถ้ามีความพอใจมากให้น้ำหนักมาก ถ้ามีความพอใจน้อยให้น้ำหนักน้อย และกำหนดความพอใจที่กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าบอกออกมาเป็น Utility เป็นเส้นตรง

ความพอใจมากที่สุด	มีค่าเท่ากับ 5
ความพอใจมาก	มีค่าเท่ากับ 4
ความพอใจปานกลาง	มีค่าเท่ากับ 3
ความพอใจน้อย	มีค่าเท่ากับ 2
ความพอใจน้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ 1

โดยที่เปลี่ยนน้ำหนักของความพอใจต่อความเหมาะสมทางกายภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ให้อยู่ในรูปร้อยละ

เกณฑ์การตัดสินใจ : ค่าความหมายของ Utility

- 100 - 81 หมายถึง คุณภาพด้านความเหมาะสมทางกายภาพอยู่ในระดับดีมาก
- 80 - 61 หมายถึง คุณภาพด้านความเหมาะสมทางกายภาพอยู่ในระดับดี
- 60 - 41 หมายถึง คุณภาพด้านความเหมาะสมทางกายภาพอยู่ในระดับปานกลาง
- 40 - 21 หมายถึง คุณภาพด้านความเหมาะสมทางกายภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง
- 20 - 1 หมายถึง คุณภาพด้านความเหมาะสมทางกายภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุงมาก

3. แบบจำลองเพื่อศึกษาความสะดวกสบายในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้า

ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Comfort : C) พิจารณาได้จาก

- ระยะเวลาของการใช้งาน (Time : T)
- ขอบเขตของการใช้งาน ต่อ หลังคาเรือน (Family : F)
- ความสามารถในการรองรับภาระทางไฟฟ้า พิจารณาตามกำลังไฟฟ้า (Load : L)

$$C \propto T, F, L$$

กำหนดให้มีการถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้มีการวิเคราะห์ความสะดวกสบายในการใช้งาน ของระบบผลิตไฟฟ้ามีความถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้น

$$C = W_T * T + W_F * F + W_L * L$$

$$U(C) = W_T * U(T) + W_F * U(F) + W_L * U(L)$$

โดยที่ $U(C)$ หมายถึง ความพอใจต่อความสะดวกสบายในการใช้งาน ของระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

W_T หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อระยะเวลาของการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้า

W_F หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อขอบเขตของการใช้งาน ต่อ หลังคาเรือน ของระบบผลิตไฟฟ้า

W_L หมายถึง น้ำหนักของความรู้สึกที่มีต่อความสามารถในการรองรับภาระทางไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้า

$U(T)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อระยะเวลาของการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้า

$U(F)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อขอบเขตของการใช้งาน ระบบผลิตไฟฟ้า

$U(L)$ หมายถึง ความพอใจที่มีต่อความสามารถในการรองรับภาระทางไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้า

กำหนดให้ ผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าในอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ในบริเวณพื้นที่ศึกษา บอกน้ำหนักความพอใจที่มีต่อระยะเวลาของการใช้งาน , ขอบเขตของการใช้งาน และความสามารถในการรองรับภาระทางไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล คือ ถ้ามีความพอใจมากให้น้ำหนักมาก ถ้ามีความพอใจน้อยให้น้ำหนักน้อย และ กำหนดความพอใจที่กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าบอกออกมาเป็น Utility เป็นเส้นตรง

ความพอใจมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 5

ความพอใจมาก มีค่าเท่ากับ 4

ความพอใจปานกลาง มีค่าเท่ากับ 3

ความพอใจน้อย มีค่าเท่ากับ 2

ความพอใจน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 1

โดยที่แปลน้ำหนักของความพอใจต่อความสะดวกสบายในการใช้งาน ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ให้อยู่ในรูปร้อยละ

เกณฑ์การตัดสินใจ : ค่าความหมายของ Utility

- 100 - 81 หมายถึง คุณภาพด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก
 80 - 61 หมายถึง คุณภาพด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน อยู่ในระดับดี
 60 - 41 หมายถึง คุณภาพด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน อยู่ในระดับปานกลาง
 40 - 21 หมายถึง คุณภาพด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน อยู่ในระดับควรปรับปรุง
 20 - 1 หมายถึง คุณภาพด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน อยู่ในระดับควรปรับปรุงมาก

3. สถิติที่ใช้ในการตัดสินใจ (Statistic Method)

สถิติที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรเมื่อตัวอย่างไม่อิสระ (Dependent T-test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS/FW) เพื่อทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าความพอใจของประชากรที่เป็นกลุ่มผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล โดยมีสมมุติฐานดังนี้

H_0 : ความพอใจของประชากรที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความพอใจของประชากรที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลแตกต่างกัน

3.6.3 การศึกษาในด้านผลทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

จะใช้วิธี (Preventive expenditure method) คำนวณค่าสิ่งแวดล้อมออกมาเป็นจำนวนเงิน ที่ จะทำการจ่ายเพื่อเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการในด้านของการจ่ายค่าวัสดุ หรืออุปกรณ์ต่างๆที่จะนำมาใช้เพื่อการลดการปลดปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาตามแต่ละชนิดของมลพิษ เช่น มลพิษทางเสียง และควัน

3.6.4 ด้านต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์การเงิน แบ่งได้ดังนี้

การกำหนดตัวแปรที่จะใช้ในการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ มีดังนี้

1. ต้นทุนและผลตอบแทนด้านการเงินจากการผลิตระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

2. ต้นทุนและผลตอบแทนด้านการเงินจากการประกอบกระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

การประมวลผลและแจกแจงข้อมูล

1. ทำการประมวลผลและแจกแจงข้อมูล ให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS และโปรแกรม EXCEL

2. ใช้การแจกแจงแบบร้อยละ กรณีข้อมูลเป็นอันตรภาคใช้การแจกแจงแบบค่าเฉลี่ย(Mean)

วิธีการศึกษา

ใช้เกณฑ์การตัดสินใจการลงทุน ตามหลักที่นิยมใช้กัน คือการตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลาในการวัดมูลค่าที่คิดเป็นต้นทุนของต้นทุนและผลตอบแทน หรือผลต่างของต้นทุนและผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในระยะเวลาต่างๆให้รวมอยู่ในเวลาเดียวกัน ในปัจจุบัน หรือในระยะเวลาที่เป็นศูนย์ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value method หรือ NPV)
2. อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit – Cost Ratio หรือ B/C Ratio)
3. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal – Rate of Return หรือ IRR)
4. การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนโดยใช้โปรแกรม EXCEL ข้อมูลส่วนของการทดสอบสมมติฐานวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินแบ่งได้ดังนี้

1. ต้นทุนและผลตอบแทนด้านการเงินจากการผลิตระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้อายุโครงการทั้งสิ้น 10 ปี มีอัตราส่วนลด 10% โดยใช้ เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา นั่นคือ NPV , IRR , B/C Ratio และการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวของการลงทุน

2. ต้นทุนและผลตอบแทนด้านการเงินจากการประกอบกระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้อายุโครงการทั้งสิ้น 10 ปี มีอัตราส่วนลด 10% โดยใช้ เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา นั่นคือ NPV , IRR , B/C Ratio และการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวของการลงทุน

3.7 การประเมินเทคโนโลยี

ในการศึกษาวิจัยในส่วนของการประเมินเทคโนโลยีนี้เป็นการศึกษาวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Acting Research) ในการมุ่งศึกษารูปแบบการประเมินเทคโนโลยี ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนตดีเซล ซึ่งผลการประเมินที่ได้จะเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการประเมินเทคโนโลยีในอนาคต

3.7.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่อยู่ในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่าง จะเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ใช้สำหรับการประเมินในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 12 คน โดยทำการวิจัยตามหลักวิธีเดลฟายน์เทคนิค การกำหนดจำนวนผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คนนี้ จะทำการคัดเลือกแบบเจาะจง ซึ่งจะทำให้ได้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถตรงกับเรื่องที่จะศึกษา

3.7.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้เครื่องมือตามหลักเดลฟายน์เทคนิค โดยจะกำหนดประเด็น แนวโน้ม เพื่อที่จะสามารถใช้ในการสร้างแบบสอบถาม

3.7.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลจะเป็นไปตามหลักระเบียบวิธีวิจัยเดลฟายน์เทคนิค โดยหลักการต่างๆ ดังนี้

1. การสัมภาษณ์รอบที่ 1 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตอบคำถามแบบเปิด โดยจะให้ผู้เชี่ยวชาญบอกปัจจัยต่างๆ ที่จะเป็นรูปแบบในการประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า ที่ทำการติดตั้งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า หรืออุทยานแห่งชาติ โดยให้มองรูปแบบในอนาคต ทั้งที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม ผู้ให้สัมภาษณ์มีอิสระในการมองภาพเทคโนโลยีได้อย่างเต็มที่

2. จากนั้นจึงทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลรอบแรกของผู้เชี่ยวชาญเข้าด้วยกัน โดยสรุปปัจจัยที่สำคัญ เป็นข้อๆ แล้วสรุปเป็นแบบสอบถามชุดที่ 2 เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในแบบสอบถามรอบที่ 2 ซึ่งจะเป็นแบบให้คะแนน ตามลำดับความสำคัญของปัจจัย โดยรอบนี้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะได้รับข้อมูลป้อนกลับเชิงสถิติ ที่เป็นของกลุ่มรวม เช่น ค่าร้อยละ ค่ามัธยฐาน และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ของกลุ่ม แล้วว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันหรือไม่ ถ้าสอดคล้องกันทุกคน ให้สรุปในรอบนี้ แต่ถ้ายังมีความเห็นไม่สอดคล้องกัน ให้สอบถามใหม่ในรอบที่ 3

3. การสัมภาษณ์ในรอบที่ 3 จะนำเอาคำตอบที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาความถี่ ค่ามัธยฐาน และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของกลุ่ม แล้วสร้างเป็นแบบสอบถามฉบับใหม่ ที่ใช้ข้อความเดิม แต่เพิ่มเติมข้อมูลเชิงสถิติ เกี่ยวกับข้อที่ผู้เชี่ยวชาญเลือกตอบว่า เป็นรูปแบบในอนาคตที่เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมจากตำแหน่งมัธยฐาน ช่วงพิสัยระหว่างควอไทล์

ในการตอบแบบสอบถามรอบที่ 3 ผู้เชี่ยวชาญจะทราบว่าตนเองมีความเห็นที่แตกต่าง หรือไม่แตกต่างไปจากความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดอย่างไร และได้พิจารณาอีกครั้งเพื่อความสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญคนอื่นๆ จากนั้นก็ให้นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความถี่ ค่ามัธยฐาน ฐานนิยม ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ และผลต่างๆ ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยม แล้วนำผลที่ได้สุดท้ายนี้ไป สรุปเป็นรูปแบบการประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าหรืออุทยานแห่งชาติ ที่อื่นๆ ต่อไปในอนาคต

หมายเหตุ ถ้าการสัมภาษณ์รอบที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด มีความสอดคล้องกัน ก็สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าความถี่ ฐานนิยม มัธยฐาน ค่าความแตกต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม และค่าพิสัยควอไทล์ได้ทันที

3.7.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

จะนำข้อมูลสุดท้ายมาทำการแจกแจงความถี่ และความถี่สะสม วิเคราะห์หาค่าร้อยละ และสถิติเกี่ยวกับการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Tendency) ได้แก่ค่ามัธยฐาน และฐานนิยม นอกจากนี้จะใช้ค่าความแตกต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมและค่าพิสัยควอไทล์ (Interquartile Range) แล้วนำมาแปลผล

1. **ค่าร้อยละ (Percentage)** จะนำความถี่จากจำนวนผู้เลือกตอบ ว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมในอนาคต มาคำนวณหาค่าร้อยละ แล้วแปลความหมายได้ดังนี้ ถ้าผู้เชี่ยวชาญเลือกตอบว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมในอนาคต ถ้าได้ค่า ตั้งแต่ร้อยละ 80 เป็นต้นไป แสดงว่าข้อความนี้ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันมาก ถ้าผู้เชี่ยวชาญเลือกตอบตั้งแต่ร้อยละ 80 – 60 แสดงว่า ข้อความนี้ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันมาก และถ้าผู้เชี่ยวชาญเลือกตอบว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมน้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงว่าข้อความนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่สอดคล้องกัน

2. **มัธยฐาน (Median)** จากแบบสอบถามมาตรฐานประมาณค่า จะมีคะแนนเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 1 คะแนน สำหรับข้อความที่ไม่เห็นด้วย
- 2 คะแนน สำหรับข้อความที่ เห็นด้วยน้อย
- 3 คะแนน สำหรับข้อความที่เห็นด้วยปานกลาง
- 4 คะแนน สำหรับข้อความที่เห็นด้วยมาก
- 5 คะแนน สำหรับข้อความที่เห็นด้วยมากที่สุด

ค่ามัธยฐานที่คำนวณได้จากคำตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด จะแปลความหมายดังเกณฑ์ต่อไปนี้

ค่ามัธยฐาน	ความหมาย
0.5 0 - 1.49	กลุ่มผู้เชี่ยวชาญนั้นมีความไม่เห็นด้วย
1.50 – 2.49	กลุ่มผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นมีความเห็นด้วยน้อย
2.50 – 3.49	หมายความว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นมีความเห็นด้วยปานกลาง
3.50 – 4.49	หมายความว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นมีความเห็นด้วยมาก
4.50 – 5.00	หมายความว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นมีความเห็นด้วยมากที่สุด

3. ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range) โดยคำนวณจากค่าความแตกต่างระหว่าง ควอไทล์ที่ 3 และควอไทล์ที่ 1 และผลที่ได้แปลผลตามความหมายดังนี้

ถ้าพิสัยระหว่างควอไทล์ของข้อความ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.50 แสดงว่าความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันมาก ถ้าผลของการคำนวณค่าพิสัยควอไทล์อยู่ในช่วง 1.51 – 1.99 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันพอสมควรมากกว่า 1.50 แปลความหมายว่า กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่สอดคล้องกัน เกี่ยวกับข้อความนั้นๆ

4. ความแตกต่างระหว่างฐานนิยมและมัธยฐาน โดยการคำนวณหาค่าฐานนิยมของแต่ละข้อความแล้วนำมาหาค่าความแตกต่างระหว่างฐานนิยมและมัธยฐานของแต่ละข้อความ และแปลความหมายดังนี้ ถ้าข้อความใดมีผลต่างระหว่างค่าฐานนิยมและค่ามัธยฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อความนั้นสอดคล้องกัน แต่ถ้าข้อความใดมีผลต่างระหว่างค่าฐานนิยม และค่ามัธยฐานมากกว่า 1.00 แสดงว่าความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อความนั้น ไม่สอดคล้องกัน

จากนั้นนำข้อความที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันทั้งในส่วน of ค่าร้อยละ มัธยฐาน พิสัยระหว่างควอไทล์ และความแตกต่างระหว่างฐานนิยมและมัธยฐาน มาสรุปเป็นความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะเป็นรูปแบบของการประเมินเทคโนโลยี

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาเรื่อง การประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (โซลาร์เซลล์และเครื่องยนต์ดีเซล) เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดสอบในภาคสนาม การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ และการวัดทัศนคติโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งสามารถแบ่งผลการศึกษาแยกเป็นประเด็นที่ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบด้านมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน

4.2 ผลการศึกษาการวัดทัศนคติของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า (นักท่องเที่ยวนักและเจ้าหน้าที่ฯ) ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

4.3 ผลการศึกษาด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์

4.4 ผลการศึกษาด้านการประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จากการประเมินผลวิธีเดลฟายน์เทคนิค โดยสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

โดยมีรายละเอียดของการศึกษาในแต่ละประเด็นดังนี้

4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบด้านมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน

สามารถแบ่งหัวข้อการศึกษาได้ดังนี้

4.1.1 ผลการศึกษาด้านมลพิษทางอากาศ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์กับระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ที่ติดตั้ง ณ ที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยใช้เครื่องมือ Gas Analysis รุ่น KM 9160 ปรากฏผลการตรวจวัดดังตาราง 4-1

ตาราง 4-1 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณ CO CO₂ NO NO₂ NO_x และ SO₂ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ก๊าซที่ตรวจวัด	ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล			
	ผลการตรวจวัด			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
CO ₂ (%)	2.3	2.2	2.3	2.4
CO (ppm)	794	966	1003	948
NO (ppm)	6	7	8	8
NO ₂ (ppm)	0	0	0	0
NO _x (ppm)	6	7	8	8
SO ₂ (ppm)	3	3	4	5

จากตาราง 4-1 พบว่า ปริมาณก๊าซ CO₂ CO NO NO₂ NO_x และ SO₂ ที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล มีปริมาณที่ได้ต่างๆ ดังนี้ ปริมาณก๊าซ CO₂ สูงสุด คือ 2.4 % ก๊าซ CO สูงสุด คือ 1003 ppm ก๊าซ NO สูงสุด คือ 8 ppm ก๊าซ NO_x สูงสุด คือ 8 ppm ก๊าซ SO₂ สูงสุด คือ 4 ppm และไม่พบปริมาณ NO₂ จากการตรวจวัด ส่วนระบบผลิตไฟฟ้าจากด้วยพลังงานสะอาด คือ ระบบโซลาร์เซลล์ จะไม่ก่อให้เกิดก๊าซ CO₂ CO NO NO₂ NO_x และ SO₂ ออกมาเลย

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของก๊าซมลพิษที่ปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า และค่าของก๊าซมลพิษที่บรรยากาศทั่วไป (วัดที่ระยะห่างจากปล่อง 5 เมตร) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอากาศที่บรรยากาศทั่วไป (Standard Air Ambient) ซึ่งกำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ดังแสดงในตาราง 4-2

ตาราง 4-2 แสดงค่าเฉลี่ยของก๊าซมลพิษที่ปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า และค่าของก๊าซมลพิษที่บรรยากาศทั่วไป เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอากาศที่บรรยากาศทั่วไป

ค่ามาตรฐานอากาศ ที่บรรยากาศทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ)	ปริมาณก๊าซจากเครื่องยนต์ ดีเซลที่ใช้ผลิตไฟฟ้าของที่ทำ การเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ห้วยขาแข้ง (วัดจากปลาย ปล่องท่อไอเสีย) (ppm)	ปริมาณก๊าซจาก เครื่องยนต์ดีเซลวัดที่ บรรยากาศทั่วไป (วัดที่ระยะห่างจากปล่อง 5 เมตร) (ppm)
CO = 30	1,003	794
NO ₂ = 0.17	0	0
SO ₂ = 0.30	4	3

หมายเหตุ หน่วย ppm เท่ากับ หนึ่งในส่วนในล้านส่วน

พบว่า ค่าเฉลี่ยของก๊าซมลพิษที่วัดที่ปล่องไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล จะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอากาศที่บรรยากาศทั่วไปทุกตัว ยกเว้น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ส่วนค่าเฉลี่ยของก๊าซมลพิษที่บรรยากาศทั่วไป (วัดที่ระยะห่าง 5 เมตรจากปล่องไอเสีย) พบว่า CO และ SO₂จะมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอากาศที่บรรยากาศทั่วไป

จากผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซ สามารถนำข้อมูลมาทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่าง ระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซมลพิษต่างๆ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดได้ดังนี้

1. การศึกษาปริมาณ CO₂ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด

กำหนดสมมติฐานไว้ ดังนี้

H₀:ปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ไม่แตกต่างกัน (H₀ : μ₁ - μ₂ = 0)

H₁ :ปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด แตกต่างกัน (H₁ : μ₁ - μ₂ ≠ 0)

สามารถแสดงค่าคำนวณที่ได้จากข้อมูล เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ Independent T - Test กำหนดให้นัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

($\alpha = 0.05$) พบว่าความน่าจะเป็น P-value มีค่าเท่ากับ 0.00 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงเป็นการยอมรับสมมติฐาน $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ ซึ่งหมายความว่า

ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2 . การศึกษาปริมาณ CO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และส่วนระบบผลิตไฟฟ้าจากด้วยพลังงานสะอาด

กำหนดสมมติฐานไว้ ดังนี้

H_0 : ปริมาณก๊าซ CO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ CO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ไม่แตกต่างกัน ($H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$)

H_1 : ปริมาณก๊าซ CO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ CO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด แตกต่างกัน ($H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$)

สามารถแสดงค่าคำนวณที่ได้จากข้อมูล เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ Independent T - Test กำหนดให้นัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.05 ($\alpha = 0.05$) พบว่าความน่าจะเป็น P-value มีค่าเท่ากับ 0.00 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงเป็นการยอมรับสมมติฐาน $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ ซึ่งหมายความว่า

ปริมาณก๊าซ CO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3 . การศึกษาปริมาณ NO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และส่วนระบบผลิตไฟฟ้าจากด้วยพลังงานสะอาด

กำหนดสมมติฐานไว้ ดังนี้

H_0 : ปริมาณก๊าซ NO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ NO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ไม่แตกต่างกัน ($H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$)

H_1 : ปริมาณก๊าซ NO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ NO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด แตกต่างกัน ($H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$)

สามารถแสดงค่าคำนวณที่ได้จากข้อมูล เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ Independent T - Test กำหนดให้นัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ

0.05 ($\alpha = 0.05$) พบว่าความน่าจะเป็น P-value มีค่าเท่ากับ 0.001 ซึ่งเป็นค่าน้อยกว่า ค่านัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงเป็นการยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ ซึ่งหมายความว่า

ปริมาณก๊าซ NO ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. การศึกษาปริมาณ NO_x ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และส่วนระบบผลิตไฟฟ้าจากด้วยพลังงานสะอาด

กำหนดสมมติฐานไว้ ดังนี้

H_0 : ปริมาณก๊าซ NO_x ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ NO_x ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ไม่แตกต่างกัน ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$)

H_1 : ปริมาณก๊าซ NO_x ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ NO_x ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด แตกต่างกัน ($H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$)

สามารถแสดงค่าคำนวณที่ได้จากข้อมูล เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ Independent T - Test กำหนดให้นัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($\alpha = 0.05$) พบว่าความน่าจะเป็น P-value มีค่าเท่ากับ 0.001 ซึ่งเป็นค่าน้อยกว่าค่า นัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงเป็นการยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ ซึ่งหมายความว่า

ปริมาณก๊าซ NO_x ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5 . การศึกษาปริมาณ SO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และส่วนระบบผลิตไฟฟ้าจากด้วยพลังงานสะอาด

กำหนดสมมติฐานไว้ ดังนี้

H_0 : ปริมาณก๊าซ SO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและปริมาณก๊าซ SO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ไม่แตกต่างกัน ($H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$)

H_1 : ปริมาณก๊าซ SO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และปริมาณก๊าซ SO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด แตกต่างกัน ($H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$)

สามารถแสดงค่าคำนวณที่ได้จากข้อมูล เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ คือ Independent T - Test กำหนดให้นัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ

0.05 ($\alpha = 0.05$) พบว่าความน่าจะเป็น P-value มีค่าเท่ากับ 0.004 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงเป็นการยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ ซึ่งหมายความว่า

ปริมาณก๊าซ SO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.1.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบมลพิษทางเสียง

การศึกษาเปรียบเทียบระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด (solar energy)

จากการเก็บข้อมูลในภาคสนาม ได้ทำการตรวจวัดระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด(solar energy) ทำการวัดที่แหล่งกำเนิดเสียง(source) และที่ระยะห่าง 25 – 100 เมตร จากแหล่งกำเนิดเสียง โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับเสียง (Integrating Impulse Sound Level Meter) รุ่น CEL-238 ซึ่งผลที่ตรวจวัดได้ ดังแสดงในตาราง 4-3

ตาราง 4-3 แสดงผลการตรวจวัดระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด(Solar energy) ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

จุดที่ตรวจวัด	ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์
	ผลการตรวจวัด (dB A)	ผลการตรวจวัด (dB A)
วัดจากปล่องไอเสียเครื่องยนต์	101	20
วัดที่ระยะห่างจากเครื่องยนต์ 25 เมตร	68	20
วัดที่ระยะห่างจากเครื่องยนต์ 50 เมตร	60	20
วัดที่ระยะห่างจากเครื่องยนต์ 75 เมตร	50	20
วัดที่ระยะห่างจากเครื่องยนต์ 100 เมตร	41	20

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ระดับเสียงที่เกิดจาก ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีระดับเสียงสูงสุดที่ 101 เดซิเบล เอ ส่วนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด พบว่าไม่มีเสียงดังออกมาจากระบบ แต่มีเสียงของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในเขตป่าบริเวณที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ 20 เดซิเบล

และเมื่อเปรียบเทียบค่าระดับเสียงเฉลี่ยที่วัดจากเครื่องยนต์ดีเซล กับ ค่ามาตรฐานระดับเสียงในชุมชน ของ ประกาศกระทรวงกระทรวงมหาดไทย ที่อนุญาตให้มีเสียงดังในระยะเวลาต่อเนื่องกันไม่เกิน 7 ชั่วโมง จะต้องมียกระดับเสียงดังไม่เกิน 92 dBA ปรากฏว่าเสียงจากบริเวณที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซลผลิตไฟฟ้า มีระดับเสียงสูงสุด 101 เดซิเบล เอ ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนบริเวณอื่น ๆ ที่ระยะห่างออกมามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ผลจากการตรวจวัดระดับเสียง สามารถนำข้อมูลมาทดสอบสมมติฐาน เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด โดยใช้สถิติในการตัดสินใจ คือ Independent T- Test

1. การศึกษาด้านมลพิษทางเสียง ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

กำหนดสมมติฐานไว้ว่า

- H_0 : ระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดไม่แตกต่างกัน ($H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$)
- H_1 : ระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดแตกต่างกัน ($H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$)

และแสดงค่าที่คำนวณได้จากข้อมูล เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ดังแสดงในตาราง 4-4

ตาราง 4-4 แสดงค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติระหว่างระดับเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด

T- Test

Group Statistics					
type of energy		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
NOISE	desel generator(huakakeng)	5	64.0000	23.0543	10.3102
	solar energy	5	.0000	.0000	.0000

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean
NOISE	Equal variances assumed	6.886	.030	6.207	8	.000	64.0000	10.3102	40.2247 87.7753
	Equal variances not assumed			6.207	4.000	.003	64.0000	10.3102	35.3743 92.6257

จากตารางที่ 4-4 กำหนดให้นัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($\alpha = 0.05$) พบว่าความน่าจะเป็น Sig(2-Tailed) มีค่าเท่ากับ 0.003 ซึ่งเป็นค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับสมมติฐาน H_1 ($H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$) ซึ่งหมายความว่า ระบบเสียงที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.1.3 ผลการศึกษาเปรียบเทียบการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน

จากการนำตัวอย่างของดิน ในบริเวณที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซล ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มาทำการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี FOG Method (Grease and Oil Method) ได้ผลดังแสดงในตาราง 4-5

ตาราง 4 -5 แสดงค่า Grease and Oil ที่วัดได้จากดินบริเวณที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซล

จำนวนครั้ง	ค่า Grease and Oil (mg/l)
1	60,428
2	60,460
3	60,444
ค่าเฉลี่ย	60,444

และเมื่อทำการเปรียบเทียบ ค่า Grease and oil Method ที่ตรวจวัดได้จากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อุทยานแห่งชาติภูกระดึง และอุทยานแห่งชาติตะรุเตา ได้ผลดังแสดงในตาราง 4-6

ตาราง 4 -6 แสดงการเปรียบเทียบค่า Grease and oil ของคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่ ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซล ในอุทยานแห่งชาติภูกระดึง อุทยานแห่งชาติตะรุเตา และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

จำนวนครั้ง	ค่า Grease and oil (มิลลิกรัม/ลิตร)		
	ภูกระดึง	ตะรุเตา	ห้วยขาแข้ง
1	40,030	38,305	60,428
2	42,530	33,645	60,460
3	48,206	47,920	60,444
เฉลี่ย	43,588.67	39,956.67	60,444

จากตาราง 4-6 ได้ทำการศึกษเปรียบเทียบปริมาณค่า Grease and oil ที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล เปรียบเทียบกันทั้ง 3 สถานที่ ได้ผลดังแสดงในตาราง ข้างล่างนี้

ตาราง 4 -7 แสดงค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของค่า Grease and oil ที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล เปรียบเทียบกันทั้ง 3 สถานที่

ANOVA

FOG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.2E+08	2	3.6E+08	15.247	.004
Within Groups	1.4E+08	6	2.4E+07		
Total	8.6E+08	8			

จากการทดสอบค่า P-value = .004 แสดงว่า ปริมาณค่า Grease and oil Method ที่ตรวจวัด ได้ทั้ง 3 สถานที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า Grease and oil ของทั้ง 3 สถานที่ เป็นรายคู่ โดยวิธี LSD พบว่า ค่า Grease and oil ที่ปนเปื้อนในดินที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จะแตกต่างกับค่า Grease and oil ที่ปนเปื้อนในดินที่อุทยานแห่งชาติภูกระดึง (P-value = .005) และตะรุเตา (P-value = .002) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งค่า Grease and oil เฉลี่ย ที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่ตั้งเครื่องยนต์ดีเซล ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ที่อุทยานแห่งชาติภูกระดึง และที่อุทยานแห่งชาติตะรุเตา มีค่า Grease and oil ที่ปนเปื้อนในดินน้อยที่สุด

4.2 สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม จากแบบสอบถาม ในด้านทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ

4.2.1 กลุ่มนักท่องเที่ยว จำนวน 90 คน

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้านประชากร สังคม เศรษฐกิจ

1. เพศ นักท่องเที่ยวในกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษามีจำนวนทั้งหมด 90 คน จำนวนนักท่องเที่ยวหญิงมากกว่านักท่องเที่ยวชาย คือ นักท่องเที่ยวที่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 74.4 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ส่วนนักท่องเที่ยวที่เป็นชาย คิดเป็นร้อยละ 25.6 ของตัวอย่างทั้งหมด

2. อายุ นักท่องเที่ยวในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 15-55 ปี ทั้งนี้อายุเฉลี่ยของนักท่องเที่ยวเท่ากับ 21 ปี ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 15-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 81.1 ของตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุอยู่ในช่วง 26 – 35 ปี คิดเป็นร้อยละ 12.2 ของตัวอย่างทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุอยู่ในช่วง 36 - 45 ปี คิดเป็นร้อยละ 3.3 ของตัวอย่างทั้งหมด และกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุช่วง 46-55 ปี คิดเป็นร้อยละ 3.3 ของตัวอย่างทั้งหมด

3. การศึกษาสูงสุด นักท่องเที่ยวในกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด มีระดับการศึกษาสูงสุด ตั้งแต่ ประถมศึกษาจนถึงระดับปริญญาเอก ซึ่งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับมัธยม-ศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 50 ของตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด รองลงมาคือระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 26.7 ของตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 10 ของตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด ระดับปริญญาเอก คิดเป็นร้อยละ 5.6 ของตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด ระดับปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 4.4 ระดับอาชีวศึกษา คิดเป็นร้อยละ 2.2 และที่จบระดับประถมศึกษาที่มีจำนวนน้อยที่สุด มีเพียง ร้อยละ 1.1 ของของตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด

4. สถานภาพ นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีสถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 93.3 นักท่องเที่ยวที่แต่งงานแล้ว คิดเป็นร้อยละ 5.6 และนักท่องเที่ยวที่มีสถานภาพหย่า/ แยกกันอยู่ คิดเป็นร้อยละ 1.1 ของตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด

5. อาชีพหลัก นักท่องเที่ยวในกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่ จะเป็นนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาคือ นักท่องเที่ยวที่เป็นข้าราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจ คิดเป็น ร้อยละ 10 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด พนักงานเอกชนกับ ประกอบธุรกิจส่วนตัว หรือค้าขาย

มีจำนวนเท่ากัน คือร้อยละ 3.3 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด นักท่องเที่ยวที่ประกอบอาชีพรับจ้าง คิดเป็นร้อยละ 2.2 และมีนักท่องเที่ยวที่ประกอบอาชีพอื่น คิดเป็นร้อยละ 1.1 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

6.รายได้ นักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด มีรายได้ในช่วงตั้งแต่ 300–25,000 บาท/เดือน โดยเฉลี่ยมีรายได้เท่ากับ 4,209 บาท / เดือน ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีรายได้ในช่วง 100 - 5,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 76.7 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้ในช่วง 5,001 – 10,000 บาท / เดือน คิดเป็นร้อยละ 12.2 กลุ่มที่มีรายได้ในช่วง 15,001 – 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 5.6 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้ในช่วง 20,001 – 25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 3.3 และ กลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้ อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท มีจำนวนคนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 2.2 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

7.วัตถุประสงค์ในการเข้ามาท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาเพื่อเข้าค่ายอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 83.3 รองลงมาต้องการมาดูนกคิดเป็นร้อยละ 7.8 นักท่องเที่ยวที่ต้องการเข้ามาศึกษาธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 5.6 และกลุ่มนักท่องเที่ยวที่ต้องการมาถ่ายภาพ คิดเป็นร้อยละ 3.3 ของกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวทั้งหมด

8.ระยะเวลาที่พักค้างแรม นักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ส่วนใหญ่จะพักค้างแรม 3 คืน คิดเป็นร้อยละ 60 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างที่พักค้างแรม 2 คืน คิดเป็นร้อยละ 20 กลุ่มตัวอย่างที่พักค้างคืน 1 คืน คิดเป็นร้อยละ 17.8 กลุ่มนักท่องเที่ยวที่พักค้างคืน 5 คืน และกลุ่มตัวอย่างที่พักค้างคืนเป็นระยะเวลา 7 คืน มีจำนวนเท่ากัน คือร้อยละ 1.1 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

9.สถานที่พัก นักท่องเที่ยวกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา จะพักอยู่ที่บ้านพักนักท่องเที่ยวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 98.9 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวที่พักที่เด่นท์ มีเพียงร้อยละ 1.1 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ตาราง 4 – 8 แสดงร้อยละของข้อมูลด้านประชากร สังคม และเศรษฐกิจของนักท่องเที่ยว

ลักษณะทางประชากร สังคม เศรษฐกิจ	จำนวนตัวอย่าง (คน)	ร้อยละ (%)
<u>1.เพศ</u>		
ชาย	23	25.6 %
หญิง	67	74.4 %
<u>2.อายุ</u>		
15 - 25 ปี	73	81.1 %
26 - 35 ปี	11	12.2 %
36 - 45 ปี	3	3.3 %
46 - 55 ปี	3	3.3 %
<u>3.การศึกษาสูงสุด</u>		
ประถมศึกษา	1	1.1 %
มัธยมศึกษาตอนต้น	9	10 %
มัธยมศึกษาตอนปลาย	45	50 %
อาชีวศึกษา	2	2.2 %
ปริญญาตรี	24	26.7 %
ปริญญาโท	4	4.4 %
ปริญญาเอก	5	5.6 %
<u>4. สถานภาพ</u>		
โสด	84	93.3 %
แต่งงานแล้ว	5	5.6 %
หย่า / แยกกันอยู่	1	1.1 %
<u>5.อาชีพหลัก</u>		
ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	9	10 %
พนักงานเอกชน	3	3.3 %
นักเรียน / นักศึกษา	72	80 %
รับจ้าง	2	2.2 %
ธุรกิจส่วนตัว / ค้าขาย	3	3.3 %
อื่น ๆ	1	1.1 %

ตาราง 4–8 แสดงร้อยละของข้อมูลด้านประชากร สังคม และเศรษฐกิจของนักท่องเที่ยว(ต่อ)

ลักษณะทางประชากร สังคม เศรษฐกิจ	จำนวนตัวอย่าง (คน)	ร้อยละ (%)
<u>6.รายได้ต่อเดือน</u>		
100 - 5,000 บาท	69	76.7 %
5,001 - 10,000 บาท	11	12.2 %
10,001 - 15,000 บาท	5	5.6 %
15,001 - 20,000 บาท	3	3.3 %
20,001 - 25,000 บาท	2	2.2 %
<u>7.วัตถุประสงค์ในการเดินทางมาท่องเที่ยว</u>		
ดูนก	7	7.8 %
ศึกษารวมชาติ	3	3.3 %
เข้าค่ายอนุรักษ์	75	83.3 %
ถ่ายภาพ	5	5.6 %
<u>8.ระยะเวลาที่เริ่มพักค้าง (คืน)</u>		
1 คืน	16	17.8 %
2 คืน	18	20 %
3 คืน	54	60 %
5 คืน	1	1.1 %
6 คืน	1	1.1 %
<u>9.สถานที่พักค้างแรม</u>		
บ้านพัก	89	98.9 %
เต็นท์ชั่วคราว	1	1.1 %

4.2.2 เจ้าหน้าที่อุทยาน ที่ทำการศึกษาทั้งหมด 25 คน

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้านประชากร สังคม เศรษฐกิจ

1.เพศ เจ้าหน้าที่อุทยานที่ทำการศึกษามีจำนวนทั้งหมด 25 คน มีจำนวนเจ้าหน้าที่ชายมากกว่าเจ้าหน้าที่หญิง คือ เจ้าหน้าที่ชาย จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 80 ของจำนวนเจ้าหน้าที่ทั้งหมด และเป็นหญิง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด

2.อายุ เจ้าหน้าที่ตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 18-46 ปี ทั้งนี้อายุน้อยของเจ้าหน้าที่เท่ากับ 30 ปี ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 29-38 ปี คิดเป็นร้อยละ 43.8 ของตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุอยู่ในช่วง 18 – 28 ปี คิดเป็นร้อยละ 31.3 ของตัวอย่างทั้งหมด และกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุช่วง 39-48 ปี มีน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25 ของเจ้าหน้าที่ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด

3.การศึกษาสูงสุด เจ้าหน้าที่ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด มีระดับการศึกษาสูงสุดตั้งแต่ประถมศึกษาจนถึงชั้นปริญญาตรี ซึ่งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 56 ของเจ้าหน้าที่ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด รองลงมาคือ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 24 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอาชีวศึกษา จำนวนเท่ากันคือร้อยละ 8 ส่วนระดับปริญญาตรีมีเพียง ร้อยละ 4 ของเจ้าหน้าที่ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด

4.สถานภาพ_เจ้าหน้าที่ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมด ส่วนใหญ่แต่งงานแล้ว คิดเป็นร้อยละ 52 ของเจ้าหน้าที่ตัวอย่างทั้งหมด ส่วนที่เป็นโสด คิดเป็นร้อยละ 40 และที่มีสถานภาพหย่า / แยกกันอยู่มีเพียงร้อยละ 8 ของเจ้าหน้าที่ตัวอย่างทั้งหมด

5.รายได้ต่อเดือน เจ้าหน้าที่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด มีรายได้ในช่วง 4,000 – 8,200 บาท และมีรายได้เฉลี่ย 4,371 บาท ส่วนใหญ่มีรายได้ในช่วง 4,000 - 5,000 บาท มีจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 88 ส่วนกลุ่มที่มีรายได้ในช่วง 5,001 - 6,000 บาท ช่วง 6,001 - 7,000 บาท และช่วง 8,001 -9,000 บาท มีจำนวนเท่ากัน คือ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

6.บ้านพัก เจ้าหน้าที่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด ส่วนใหญ่พักบ้านพักเดี่ยว คิดเป็นร้อยละ 72 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 28 พักบ้านพักรวม

7.ปีที่เริ่มทำงาน เจ้าหน้าที่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด ร้อยละ 36 เข้ามาทำงานปี 2543 ส่วนในปี 2542 และ ปี 2541 มีเจ้าหน้าที่เริ่มเข้ามาทำงานร้อยละ 12 เท่ากัน เช่นเดียวกับในปี 2536 และ ปี 2540 ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 8 เท่ากัน ส่วนที่เหลือมีปริมาณร้อยละ 4 เท่ากัน คือ ในปี 2514 2522 2527 2531 2538 และ ในปี 2539

ตาราง 4 – 9 แสดงลักษณะทางเศรษฐกิจ และสังคมของเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ลักษณะทางสังคม	จำนวนตัวอย่าง(คน)	ร้อยละ(%)
<u>1.เพศ</u>		
ชาย	20	80 %
หญิง	5	20 %
<u>2.อายุ</u>		
15 – 25 ปี	7	28 %
26 – 35 ปี	9	36 %
36 - 45 ปี	8	32 %
46 – 55 ปี	1	4 %
<u>3. การศึกษาสูงสุด</u>		
ประถมศึกษา	14	56%
มัธยมศึกษาตอนต้น	6	24%
มัธยมศึกษาตอนปลาย	2	8%
อาชีวศึกษา	2	8%
ปริญญาตรี	1	4%
<u>4. สถานภาพ</u>		
โสด	10	40%
แต่งงานแล้ว	13	52%
หย่า / แยกกันอยู่	2	8%
<u>5. รายได้ต่อเดือน</u>		
4,000 - 5,000 บาท	22	88%
5,001 - 6,000 บาท	1	4%
6,001 - 7,000 บาท	1	4%
7,001 - 8,000 บาท	-	-
8,001 - 9,000 บาท	1	4%
<u>6. บ้านพัก</u>		
บ้านเดี่ยว	18	72%
บ้านรวม	7	28%

ตาราง 4 – 9 แสดงลักษณะทางเศรษฐกิจ และสังคมของเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (ต่อ)

ลักษณะทางสังคม	จำนวนตัวอย่าง(คน)	ร้อยละ(%)
7. ปีที่เริ่มทำงาน		
พ.ศ. 2514	1	4%
พ.ศ. 2522	1	4%
พ.ศ. 2527	1	4%
พ.ศ. 2531	1	4%
พ.ศ. 2536	2	8%
พ.ศ. 2538	1	4%
พ.ศ. 2539	1	4%
พ.ศ. 2540	2	8%
พ.ศ. 2541	3	12%
พ.ศ. 2542	3	12%
พ.ศ. 2543	9	36%

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ นักท่องเที่ยวและเจ้าหน้าที่อุทยานฯ ผลการวิเคราะห์ แสดงได้ ดังนี้

1. กลุ่มของนักท่องเที่ยว เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติ ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ อาชีพ รายได้ วัตถุประสงค์ในการเข้ามาท่องเที่ยว ระยะเวลาที่พักค้างแรม และสถานที่พัก

1.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติ ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด

1.1.1 เพศ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ Independent –sample Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-10 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามเพศ

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
									Lower	Upper
NOISE	Equal variances assumed	6.886	.030	6.207	8	.000	64.0000	10.3102	40.2247	87.7753
	Equal variances not assumed			6.207	4.000	.003	64.0000	10.3102	35.3743	92.6257

จากการทดสอบ P-value มีค่า = .036 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาดของนักท่องเที่ยวเพศหญิงแตกต่างจากเพศชาย อย่างมีนัยสำคัญ

1.1.2 อายุ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามอายุ

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	265.044	3	88.348	3.843	.012
	Within Groups	1976.956	86	22.988		
	Total	2242.000	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .012 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของนักท่องเที่ยวทั้ง 4 กลุ่มอายุ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.1.3 การศึกษา

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-12 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวยที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามการศึกษา

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	552.261	6	92.044	4.521	.001
	Within Groups	1689.739	83	20.358		
	Total	2242.000	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .001 ยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของนักท่องเที่ยวยทั้ง 7 กลุ่มการศึกษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

1.1.4 อาชีพ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวยที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามอาชีพ

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	457.347	5	91.469	4.305	.002
	Within Groups	1784.653	84	21.246		
	Total	2242.000	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .002 ยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของนักท่องเที่ยวยทั้ง 6 กลุ่มอาชีพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

1.1.5 รายได้

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้



ตาราง 4-14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามรายได้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	1174.567	33	35.593	1.867	.019
	Within Groups	1067.433	56	19.061		
	Total	2242.000	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .019 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ รายได้ของนักท่องเที่ยวมีผลทำให้ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.1.6 วัตถุประสงค์ที่มาท่องเที่ยว

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-15 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามวัตถุประสงค์ที่มาท่องเที่ยว

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	230.747	3	76.916	3.289	.024
	Within Groups	2011.253	86	23.387		
	Total	2242.000	89			

จากการทดสอบค่า P-value มีค่า = .024 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ วัตถุประสงค์ในการมาท่องเที่ยวมีผลทำให้ ทัศนคติที่มีต่อ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.1.7 จำนวนวันที่พัก

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-16 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามจำนวนวันที่พัก

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	262.192	4	65.548	2.814	.030
	Within Groups	1979.808	85	23.292		
	Total	2242.000	89			

จากการทดสอบค่า P-value มีค่า = .030 ยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของนักท่องเที่ยงทั้ง 5 กลุ่มแบ่งตามจำนวนวันที่พัก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.1.8 สถานที่พัก

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-17 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามสถานที่พัก

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	5.506	1	5.506	.217	.643
	Within Groups	2236.494	88	25.415		
	Total	2242.000	89			

จากการทดสอบค่า P-value มีค่า = .643 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของนักท่องเที่ยงทั้ง 2 กลุ่มแบ่งตามที่พัก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

1.2.1 เพศ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ Independent –sample Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-18 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามเพศ

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
TOTAL2	Equal variances assumed	1.788	.185	3.648	88	.000	1.95	.54	.89	3.02
	Equal variances not assumed			3.372	33.634	.002	1.95	.58	.78	3.13

จากการทดสอบ P-value มีค่า = .000 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ของนักท่องเที่ยวเพศชาย แตกต่างจากเพศหญิง อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

1.2.2 อายุ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-19 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามอายุ

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	184.463	21	8.784	1.912	.024
	Within Groups	312.437	68	4.595		
	Total	496.900	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .024 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ของนักท่องเที่ยวแต่ละกลุ่มอายุ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.2.3 การศึกษา

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-20 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามการศึกษา

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	69.314	6	11.552	2.242	.047
	Within Groups	427.586	83	5.152		
	Total	496.900	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .047 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ของนักท่องเที่ยงทั้ง 7 กลุ่มของระดับการศึกษา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

1.2.4 อาชีพ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-21 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยงที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามอาชีพ

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	64.636	5	12.927	2.512	.036
	Within Groups	432.264	84	5.146		
	Total	496.900	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .036 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ของนักท่องเที่ยงทั้ง 6 กลุ่มอาชีพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.2.5 รายได้

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-22 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามรายได้

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	299.002	33	9.061	2.564	.001
	Within Groups	197.898	56	3.534		
	Total	496.900	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .001 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ของนักท่องเที่ยวทุกกลุ่มรายได้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

1.2.6 วัตถุประสงค์ในการมาท่องเที่ยว

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามวัตถุประสงค์ในการมาท่องเที่ยว

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	67.913	3	22.638	4.538	.005
	Within Groups	428.987	86	4.988		
	Total	496.900	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .005 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ รายได้ของนักท่องเที่ยวมีผลทำให้ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

1.2.7 จำนวนวันที่พัก

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-24 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามจำนวนวันที่พัก

ANOVA		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	36.317	4	9.079	1.676	.163
	Within Groups	460.583	85	5.419		
	Total	496.900	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .163 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ของนักท่องเที่ยวทั้ง 5 กลุ่มตามจำนวนวันที่พัก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2.9 สถานที่พัก

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-25 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามอายุ

ANOVA		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	1.889	1	1.889	.336	.564
	Within Groups	495.011	88	5.625		
	Total	496.900	89			

จากการทดสอบค่า P-value = .564 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ของนักท่องเที่ยวทั้ง 2 กลุ่มตามสถานที่พัก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2. กลุ่มของเจ้าหน้าที่ เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติ ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ รายได้ ปีที่เริ่มทำงานและสถานที่พัก

2.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติ ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด

2.1.1 เพศ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ Independent –sample Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-26 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามเพศ

TOTAL	Levene's Test Equality of variance assume Equal variance not assume	t-test for Equality of								95% Interval of the	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Difference		Lower	Upper
		.090	.766	1.725	23	.098	5.250	2.825		-	11.971

จากการทดสอบ P-value มีค่า = .098 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า แบบผสมผสาน ด้วยพลังงานสะอาด ของเจ้าหน้าที่เพศชายแตกต่างจากเพศหญิง อย่างไม่มีนัยสำคัญ

2.1.2 อายุ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-27 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามอายุ

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	606.950	14	43.354	1.221	.382
	Within Groups	355.050	10	35.505		
	Total	962.000	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .382 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของเจ้าหน้าที่ทั้ง 4 กลุ่มอายุ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2.1.3 การศึกษา

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติ ในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 4-28 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามการศึกษา

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	303.000	4	75.750	2.299	.094
	Within Groups	659.000	20	32.950		
	Total	962.000	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .094 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของเจ้าหน้าที่ทั้ง 5 กลุ่มการศึกษา แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2.1.4 สถานภาพ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-29 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามสถานภาพ

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	78.692	2	39.346	.980	.391
	Within Groups	883.308	22	40.150		
	Total	962.000	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .391 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของเจ้าหน้าที่ทั้ง 3 กลุ่มสถานภาพ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2.1.5 รายได้

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-30 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามรายได้

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	302.211	6	50.368	1.374	.278
	Within Groups	659.789	18	36.655		
	Total	962.000	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .278 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของเจ้าหน้าที่ทั้ง 4 กลุ่มรายได้ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2.1.6 ปีที่เริ่มทำงาน

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-31 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามปีที่เริ่มทำงาน

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	325.792	11	29.617	.605	.795
	Within Groups	636.208	13	48.939		
	Total	962.000	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .795 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของเจ้าหน้าที่แบ่งตามปีที่เริ่มทำงาน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2.1.7 บ้านพัก

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดง ในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-32 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จำแนกตามบ้านพัก

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL1	Between Groups	15.365	1	15.365	.373	.547
	Within Groups	946.635	23	41.158		
	Total	962.000	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .547 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของเจ้าหน้าที่ทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

1.2.1 เพศ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ Independent –sample Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-33 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จำแนกตามเพศ

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean
TOTAL2	Equal variances assumed	1.428	.244	-.551	23	.587	-1.1500	2.0866	-5.4664 3.1684
	Equal variances not assumed			-.849	7.839	.535	-1.1500	1.7715	-5.2498 2.9498

จากการทดสอบ P-value มีค่า = .587 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลของเจ้าหน้าที่เพศชายแตกต่างจากเพศหญิง อย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2.1 อายุ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-34 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์ จำแนกตามอายุ

ANOVA					
		Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
TOTAL2	Between Groups	236.590	14	16.899	.998
	Within Groups	169.250	10	16.925	
	Total	405.840	24		.514

จากการทดสอบค่า P-value = .514 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลของเจ้าหน้าที่ทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2.3 การศึกษา

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-35 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามการศึกษา

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	49.126	4	12.281	.689	.608
	Within Groups	356.714	20	17.836		
	Total	405.840	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .608 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยรถยนต์ดีเซลของเจ้าหน้าที่ทั้ง 5 กลุ่มการศึกษา แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2.4 สถานภาพ

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-36 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามสถานภาพ

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	8.148	2	4.074	.225	.800
	Within Groups	397.692	22	18.077		
	Total	405.840	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .800 ยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยรถยนต์ดีเซลของเจ้าหน้าที่ทั้ง 3 กลุ่มสถานภาพ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2.5 รายได้

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-37 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามรายได้

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	139.208	6	23.201	1.566	.214
	Within Groups	266.632	18	14.813		
	Total	405.840	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .214 ขอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลของเจ้าหน้าที่ทั้ง 4 กลุ่มรายได้ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

1.2.6 ปีที่เริ่มทำงาน

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-38 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามปีที่เริ่มทำงาน

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	185.840	11	16.895	.998	.495
	Within Groups	220.000	13	16.923		
	Total	405.840	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .495 ขอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลของเจ้าหน้าที่แบ่งตามปีที่เริ่มทำงาน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

2.2.7 บ้านพัก

ทำการทดสอบโดยใช้ สถิติในการทดสอบ คือ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 4-39 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ จำแนกตามบ้านพัก

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL2	Between Groups	18.134	1	18.134	1.076	.310
	Within Groups	387.706	23	16.857		
	Total	405.840	24			

จากการทดสอบค่า P-value = .310 ขอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลของเจ้าหน้าที่ทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

3. การศึกษาทัศนคติของเจ้าหน้าที่ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล

จากการทดสอบค่า P-value = .763 ขอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ทัศนคติของเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

4. การศึกษาทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล

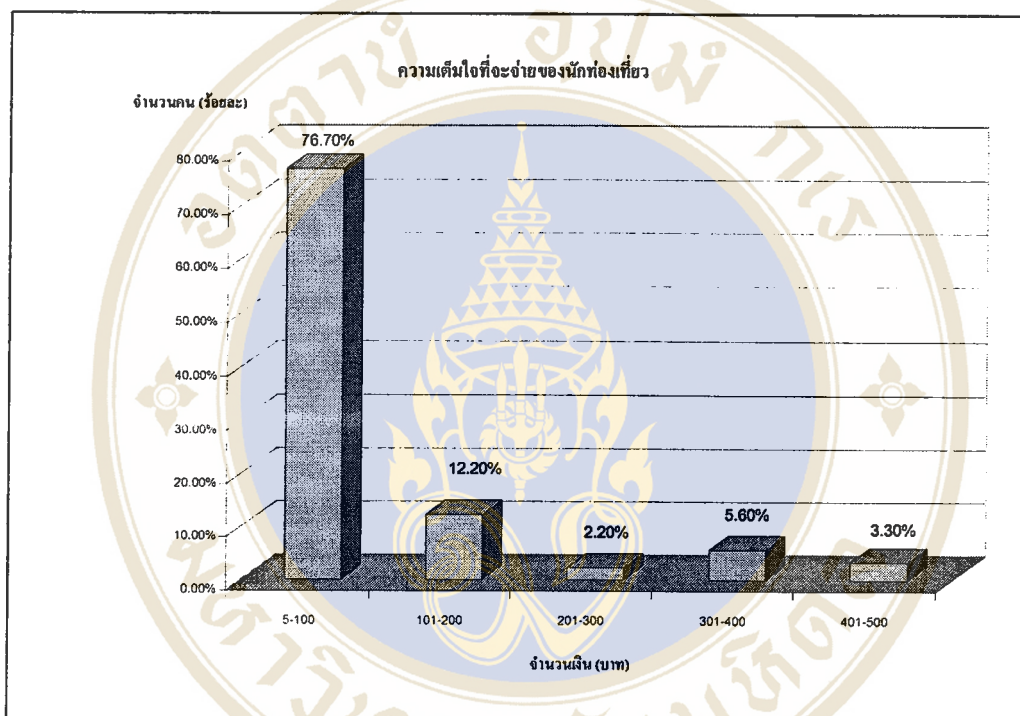
จากการทดสอบค่า P-value = .000 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติของนักท่องเที่ยว ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5. การศึกษาทัศนคติ ของนักท่องเที่ยวและเจ้าหน้าที่ ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล

จากการทดสอบค่า P-value = .000 ขอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ทัศนคติของนักท่องเที่ยวและเจ้าหน้าที่ ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

6. ความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดของนักท่องเที่ยว

นักท่องเที่ยวที่ทำการศึกษทั้งหมด 90 คน มีความเต็มใจที่จะจ่ายอยู่ในช่วง 5 – 500 บาท ค่าเฉลี่ย 45 บาท/คน นักท่องเที่ยวร้อยละ 76.7 มีความเต็มใจที่จะจ่าย 5 – 100 บาท, ร้อยละ 12.2 มีความเต็มใจที่จะจ่าย 101 – 200 ร้อยละ 5.6 อยู่ในช่วง 31 – 40 บาท ส่วนช่วง 401 – 500 มีอยู่ร้อยละ 3.3 และในช่วง 401 – 300 มีอยู่ร้อยละ 2.2



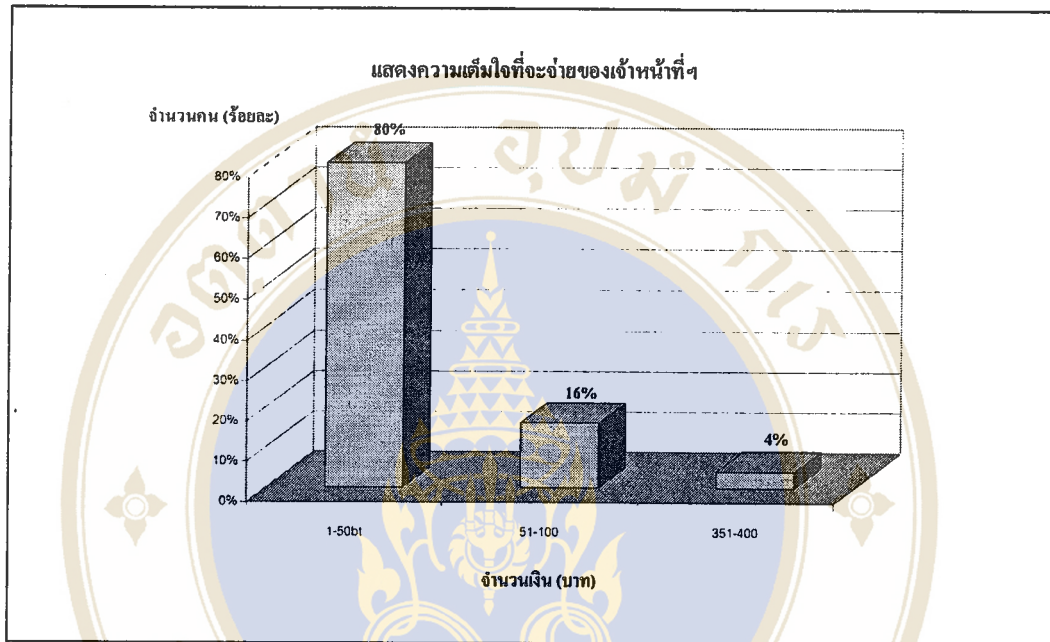
รูป 4 – 1 แสดงความเต็มใจที่จะจ่ายของนักท่องเที่ยว

ในการวิจัยจะพิจารณาเปรียบเทียบความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อเป็นเงินกองทุนในการดูแลรักษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน โดยจะศึกษาตัวแปรดังนี้ เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา รายได้ สถานภาพ และวัตถุประสงค์ในการเข้ามา

ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ตัวแปรที่ยอมรับ H_1 ได้แก่ อายุ อาชีพ และวัตถุประสงค์ในการเข้ามาทำการเกษตร โดยมีความ Sig = .000 ทุกตัวแปร นั่นคือ ตัวแปรทั้ง 3 ตัวที่กล่าวมา ถัดแตกต่างกัน ความเต็มใจที่จะจ่ายก็จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

7. ความเต็มใจที่จะจ่ายของเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

เจ้าหน้าที่ทำการศึกษารวม 25 คน มีความเต็มใจที่จะจ่ายอยู่ในช่วง 5 – 400 บาท ค่าเฉลี่ย 55 บาท มีเจ้าหน้าที่ร้อยละ 80 ที่ความเต็มใจจ่ายอยู่ในช่วง 1 – 50 บาท ที่เหลือร้อยละ 16 มีความเต็มใจจ่ายในช่วง 51 – 100 บาท และร้อยละ 4 ความเต็มใจจ่ายอยู่ในช่วง 351 – 400 บาท



รูป 4 – 2 แสดงความเต็มใจที่จะจ่ายของเจ้าหน้าที่

ในการวิจัยจะพิจารณาเปรียบเทียบความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อเป็นเงินกองทุนในการดูแลรักษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน โดยจะศึกษาตัวแปรดังนี้ เพศ อายุ การศึกษา รายได้ และสถานภาพ

ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ตัวแปรทุกตัวที่กล่าวมายอมรับ H_0 นั่นคือ แม้ว่าตัวแปรในแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน แต่ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายไม่แตกต่างกัน

4.3 การวิเคราะห์หาค่า NPV IRR และ B/C Ratio ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (Hybrid System) ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งสิ้น

1.1 ค่าลงทุน หรือค่าจัดหา(Investment Cost) ประกอบด้วย

ตาราง 4 – 40 แสดงค่าลงทุน หรือค่าจัดหา(Investment Cost)

ลำดับ ที่	รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)	มูลค่ารวม (บาท)	อายุการใช้ งาน(ปี)
1	แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 7.5 กิโลวัตต์	140 แผง	16,500.00	2,310,000.00	20
2	อินเวอร์เตอร์ ขนาด 5 กิโลวัตต์	2 เครื่อง	335,044.29	670,088.57	10
3	แบตเตอรี่ 2 โวลท์ 650 Ah	180 ลูก	7,480.00	1,346,400.00	10
4	โครงสร้างแผงโซลาร์เซลล์	1 ชุด	194,040.00	194,040.00	20
5	ระบบควบคุม	1 ชุด	397,284.00	397,284.00	10
6	ชุดประจุแบตเตอรี่	1 เครื่อง	140,000.00	140,000.00	10
7	โรงเรือนระบบแบตเตอรี่	1 หลัง	65,435.00	65,435.00	20
8	ค่าหลอดไฟฟ้าที่เปลี่ยน ให้เป็นหลอดขนาด 13 วัตต์	600 หลอด	250	150,000.00	10
9	ค่าขนส่งวัสดุ-อุปกรณ์			300,000.00	
	รวม			5,573,247.57	

1.2 ค่าดำเนินการ(Operating Cost) ประกอบด้วย

ตาราง 4 - 41 แสดงค่าดำเนินการ(Operating Cost)

ลำดับที่	รายการ	จำนวน (ลิตร / ปี)	มูลค่ารวม (บาท)
1	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง(ลิตร / ปี)	1,500	21,000

หมายเหตุ : อัตราน้ำมันดีเซล = 14 บาท / ลิตร

1.3 ค่าบำรุง และดูแลรักษา(Maintenance Cost)

ตาราง 4 - 42 แสดงค่าบำรุง และดูแลรักษา(Maintenance Cost)

ลำดับที่	รายการ	อายุการใช้งาน (ปี)	อัตราค่าบำรุงรักษา (เท่าของมูลค่ารวม)	มูลค่าของอุปกรณ์รวม (บาท)	เงินในการบำรุงรักษาโครงการ (บาท)
1	แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 7.5 กิโลวัตต์	20	0.005	2,310,000.00	11,550.00
2	อินเวอร์เตอร์ ขนาด 5 กิโลวัตต์	10	0.03	670,088.57	20,102.66
3	แบตเตอรี่ 2 โวลท์ 650 Ah	20	0.03	1,346,400.00	40,392.00
4	โครงสร้างแผงโซลาร์เซลล์	20	0.01	194,040.00	1,940.40
5	ระบบควบคุม	10	0.02	397,284	7,945.68
6	ชุดประจุแบตเตอรี่	10	0.03	140,000	4,200.00
	รวม			5,057,812.57	86,130.74

ค่าบำรุง และดูแลรักษาระบบผลิตไฟฟ้า(Maintenance Cost) ตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี เท่ากับ 86,130.74 บาท หรือ คิดเป็น 4,306.54 บาท /ปี

2. ผลตอบแทนของโครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน(Hybrid System)

2.1 ผลตอบแทนด้านการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง(น้ำมันดีเซล)

การผลิตไฟฟ้าในอุทยานฯ เมื่อใช้เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ใช้น้ำมันดีเซล 7,200 ลิตร /ปี

ส่วนการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานใช้น้ำมันดีเซลเพียง 1,500 ลิตร /ปี ฉะนั้น จะมีการประหยัดการใช้น้ำมันดีเซลลงได้ เมื่อนำเอาระบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานมาใช้แทนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เท่ากับ $7,200 - 1,500 = 5,700$ ลิตร ต่อ ปี และคิดเป็นราคาค่าน้ำมันดีเซลที่ประหยัดลงได้ เท่ากับ $5,700 * (14+11) = 142,500$ บาท ต่อ ปี

* ราคาค่าน้ำมันดีเซล คิดที่อัตรา 14 บาท / ลิตร
ราคาค่าขนส่งน้ำมัน คิดที่อัตรา 11 บาท / ลิตร

2.2 การประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแล และบำรุงรักษา(Maintenance Cost)

ตาราง 4 – 43 แสดงค่าการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแล และบำรุงรักษา(Maintenance Cost)

เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า	จำนวนเชื้อเพลิงที่ ใช้งานในแต่ละปี	อัตราค่าบำรุงรักษา (บาท / ชั่วโมง)	ค่าบำรุงรักษาต่อปี (บาท / ปี)
ก่อนการดำเนิน โครงการระบบผลิต ไฟฟ้าแบบผสมผสาน	1,460	1.75	2,555
เมื่อมีการดำเนิน โครงการระบบผลิต ไฟฟ้าแบบผสมผสาน	32	1.75	56

การประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแล และบำรุงรักษา(Maintenance Cost) เมื่อนำเอาโครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานมาใช้แทนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว เท่ากับ $2,555 - 56 = 2,499$ บาท /ปี

รวมเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแล และบำรุงรักษา (Maintenance Cost) เท่ากับ
 $142,500 + 2,499 = 144,999$ บาท ต่อ ปี

ดังนั้น ค่าลงทุนทั้งหมดของโครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน คือ

ค่าลงทุน(Investment Cost) ในปีแรก = 5,573,247.57 บาท

ค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ในปีที่ 10 (Replacement Cost) = 2,703,772.57 บาท

ค่าดำเนินการ(Operation Cost) = 21,000 บาท / ปี

ค่าดูแล และบำรุงรักษา(Maintenance Cost) = 4,306.54 บาท / ปี

รวมค่าดำเนินการ+ค่าดูแลรักษา(O&M Cost) = 25,306.54 บาท / ปี

ผลตอบแทนทั้งหมดจากโครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน คือ

ค่าผลตอบแทนการประหยัดค่าใช้จ่ายน้ำมันดีเซล = 142,500 บาท / ปี

ค่าผลตอบแทนการประหยัดค่าใช้จ่ายในการการดูแล และบำรุงรักษา(Maintenance Cost)
= 2,499 บาท / ปี

รวมเป็น $142,500 + 2,499 = 144,999$ บาท ต่อ ปี

ตาราง 4 – 44 การหาค่า NPV IRR และ B/C Ratio ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ปีที่	cost const	O&M	Total cost	Benefit	Net cash flow
1	5,573,247.57	25,306.54	5,598,554.11	110,229.00	-5,488,325.11
2		25,306.54	25,306.54	123,909.00	98,602.46
3		25,306.54	25,306.54	143,745.00	118,438.46
4		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
5		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
6		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
7		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
8		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
9		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
10	2,703,772.57	25,306.54	2,729,079.11	147,564.00	-2,581,515.11
11		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
12		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
13		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
14		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
15		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
16		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
17		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
18		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
19		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46
20		25,306.54	25,306.54	147,564.00	122,257.46

8,783,150.94 2,886,471.00

B/C ratio = 0.33 NPV = -5,124,523 IRR = -15%

พบว่า การลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานไม่คุ้มค่า เนื่องจากค่า NPV IRR B/C ratio ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามหากนำความเต็มใจที่จะจ่าย มารวมเป็นผลประโยชน์สิ่งแวดล้อมของ โครงการ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะเป็นดังตาราง 4-45

ตาราง 4 – 45 การหาค่า NPV , IRR , B/C Ratio ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ปีที่	cost const	O&M	Total cost	Benefit	Envi. Benefit	total benefit	Net cash flow
1	5,573,247.57	17,254.54	5,590,502.11	110,229.00	1,260,000	1,370,229.00	-4,220,273.11
2		17,254.54	17,254.52	123,909	1,260,000	1,383,909.00	1,366,654.48
3		17,254.54	17,254.52	143,745.00	1,260,000	1,403,745.00	1,386,490.48
4		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
5		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
6		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
7		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
8		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
9		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
10	2,703,772.57	17,254.54	2,721,027.11	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	-1,313,463.11
11		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
12		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
13		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
14		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
15		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
16		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
17		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
18		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
19		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48
20		17,254.54	17,254.52	147,564.00	1,260,000	1,407,564.00	1,390,309.48

8,622,110.58 2,886,471.0 25,200,000.00 28,086,471.00

B/C ratio = 3.26

NPV = 5,671,118

IRR = 31%

จากตารางที่ 4-45 เมื่อรวมผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป ปรากฏว่าค่าที่ได้มีดังนี้
 ค่า NPV = 5,671,118 (มีค่าเป็นบวก) ค่า IRR = 31% (มากกว่าอัตราดอกเบี้ยที่นำมาคิด คือ 10%)
 และค่า B/C Ratio = 3.26 (มากกว่า 1) เมื่อพิจารณาค่าที่ได้ทั้งหมดแสดงว่าโครงการฯ เหมาะสมกับ
 การลงทุน

4.4 ผลการศึกษาด้านการประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด จากการประเมินผลวิธีเดลฟายน์เทคนิค โดยสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ในการประเมินเทคโนโลยีโดยวิธีเดลฟายน์ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 12 ท่านได้ให้ปัจจัยในการประเมินเทคโนโลยีดังนี้

1. ความเหมาะสมของการคัดเลือกเทคโนโลยี
2. ความเหมาะสมของผู้ใช้งานระบบ
3. ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์
4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า
5. ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่
6. ความสอดคล้องกับนโยบายของกรมป่าไม้ / กฎหมายสิ่งแวดล้อม

เมื่อผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนปัจจัยแต่ละตัวแล้ว เรียงตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้

-อันดับ 1 ได้แก่ ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่

มีคะแนนรวม 48 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย 4.00 คะแนน

-อันดับ 2 ได้แก่ ความสอดคล้องกับนโยบายของกรมป่าไม้ / กฎหมายสิ่งแวดล้อม

มีคะแนนรวม 46 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย 3.83 คะแนน

-อันดับ 3 ได้แก่ ความเหมาะสมของการคัดเลือกเทคโนโลยี

มีคะแนนรวม 45 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย 3.75 คะแนน

-อันดับ 4 ได้แก่ ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์กับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีคะแนนรวมเท่ากัน คือ 43 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย 3.58 คะแนน

-อันดับ 5 ได้แก่ ความเหมาะสมของผู้ใช้งานระบบ มีคะแนนรวม 37 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย 3.08 คะแนน

ระดับการให้คะแนนพิจารณาจาก

5 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญมากที่สุด

4 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญมาก

3 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญปานกลาง

2 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญน้อย

1 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญน้อยที่สุด

ในแต่ละหัวข้อย่อยของแต่ละปัจจัย ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คะแนนดังต่อไปนี้

ความเหมาะสมของการคัดเลือกเทคโนโลยี

1. ประสิทธิภาพของระบบ มีคะแนนรวม 21 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.75 \times 3.75 = 6.56$ คะแนน
2. ความรู้ ความเข้าใจในการใช้งานระบบ มีคะแนนรวม 19 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.58 \times 3.75 = 5.9$ คะแนน

ความเหมาะสมของผู้ใช้งานระบบ

1. การยอมรับของผู้ใช้งานระบบ มีคะแนนรวม 26 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $2.17 \times 3.08 = 6.67$ คะแนน
2. ความต้องการของผู้ใช้งานระบบ มีคะแนนรวม 23 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.92 \times 3.08 = 5.9$ คะแนน
3. การจัดการเกี่ยวกับการใช้งานระบบ มีคะแนนรวม 29 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $2.42 \times 3.08 = 7.44$ คะแนน

ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

1. ค่า NPV (มูลค่าปัจจุบัน) มีคะแนนรวม 28 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $2.33 \times 3.58 = 8.35$ คะแนน
2. ค่า IRR (อัตราผลตอบแทนภายใน) มีคะแนนรวม 34 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $2.83 \times 3.58 = 10.14$ คะแนน
3. ค่า B/C Ratio (อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน) มีคะแนนรวม 31 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $2.58 \times 3.58 = 9.25$ คะแนน

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า

1. มลพิษทางอากาศ มีคะแนนรวม 19 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.58 \times 3.58 = 5.67$ คะแนน
2. มลพิษทางเสียง มีคะแนนรวม 31 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $2.58 \times 3.58 = 9.25$ คะแนน
3. การปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน มีคะแนนรวม 23 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.92 \times 3.58 = 6.86$ คะแนน

ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่

1. พลังงานแสงอาทิตย์ มีคะแนนรวม 24 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $2.0 \times 4 = 8$ คะแนน
2. การจัดหาน้ำมันดีเซล มีคะแนนรวม 13 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.08 \times 4 = 4.33$ คะแนน

ความสอดคล้องกับนโยบายของกรมป่าไม้/กฎหมายสิ่งแวดล้อม

1. นโยบายของกรมป่าไม้ มีคะแนนรวม 18 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.5 \times 3.83 = 5.75$ คะแนน
2. กฎหมายสิ่งแวดล้อม มีคะแนนรวม 22 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย $1.83 \times 3.83 = 7.02$ คะแนน

ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อพิจารณาความคิดเห็นที่สอดคล้องกันของผู้เชี่ยวชาญ ได้นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ดังนี้ จากแบบสอบถาม มีมาตราส่วนในการประเมินค่าความเหมาะสมของปัจจัยในการประเมินเทคโนโลยี 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง เหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1. คำมัธยฐาน

คำมัธยฐานที่คำนวณได้จากคำตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ แปลความหมายตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนี้

- ขอบเขตมัธยฐานเท่ากับ 4.50-5.00 แสดงว่า รายชื่อนั้นเหมาะสมมากที่สุด
- ขอบเขตมัธยฐานเท่ากับ 3.50-4.49 แสดงว่า รายชื่อนั้นเหมาะสมมาก
- ขอบเขตมัธยฐานเท่ากับ 2.50-3.49 แสดงว่า รายชื่อนั้นเหมาะสมปานกลาง
- ขอบเขตมัธยฐานเท่ากับ 1.50-2.49 แสดงว่า รายชื่อนั้นเหมาะสมน้อย
- ขอบเขตมัธยฐานเท่ากับ 0.50-1.49 แสดงว่า รายชื่อนั้นเหมาะสมน้อยที่สุด

2. ฐานนิยมและผลต่างระหว่างค่ามัธยฐานกับฐานนิยม

ทำการคำนวณค่าของฐานนิยมในแต่ละข้อความ แล้วนำมาหาค่าผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมที่ได้ในแต่ละรายข้อที่ตรงกัน เพื่อเป็นการสนับสนุนความสอดคล้องของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ จากสถิติการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางค่ามัธยฐานกับฐานนิยมมีค่าใกล้เคียงกันมาก เมื่อนำค่าทั้งสองมาหาผลต่าง หากพบว่าข้อความที่มีผลต่างระหว่างค่ามัธยฐาน กับ ฐานนิยมไม่เกิน 1.00 แสดงว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันกับข้อความนั้น

3. ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ คำนวณหาค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ โดยการคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างควอไทล์ที่ 3 กับควอไทล์ที่ 1 คำนีจะใช้พิจารณาความคิดเห็นที่สอดคล้องกันของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ แปลตามความหมายตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัย กำหนดไว้ดังนี้

น้อยกว่า หรือเท่ากับ 1.50 แสดงว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสอดคล้องกัน

1.51 – 1.99 แสดงว่า ความคิดเห็นสอดคล้องกันพอสมควร

เท่ากับ หรือมากกว่า 2.00 แสดงว่า ความคิดเห็นไม่สอดคล้องกัน

ตาราง 4 - 46 แสดงค่า มัธยฐาน ฐานนิยม ผลต่างมัธยฐานกับ ฐานนิยม และค่าพิสัยระหว่าง ควอไทล์ ในแต่ละปัจจัย

ปัจจัยในการประเมินเทคโนโลยี	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ผลต่างมัธยฐาน กับ ฐานนิยม	ค่าพิสัย ระหว่าง ควอไทล์
- ความเหมาะสมในการคัดเลือกเทคโนโลยี	4	4	0	1.75
- ความพร้อมของผู้ใช้ไฟฟ้า ในการพึ่งพาการใช้พลังงานที่ทดแทนใหม่ได้ จากเดิมที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นหลัก	3	2	1	1.00
- ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์	4	4	0	1.75
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า	4	4	0	1.75
- ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่	4	4	0	1.75
- ความสอดคล้องกับกิจกรรมการดำเนินงาน/เป้าหมายของนโยบายกรมป่าไม้ และกฎหมายสิ่งแวดล้อม	4	4	0	1.75

จากตาราง 4 - 46 แสดงให้เห็นว่า ค่าผลต่างของฐานนิยมกับมัธยฐาน มีค่าไม่เกิน 1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์มีค่าน้อยกว่า 2 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันในแต่ละหัวข้อปัจจัยในการประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน



ตาราง 4-47 เปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยโซลาร์เซลล์ ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้า	ข้อดี	ข้อเสีย
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล	1.การทำงานของระบบง่าย คือเมื่อติดเครื่องยนต์ก็สามารถปล่อยไฟฟ้าเข้าระบบได้ และช่างทั่วไปสามารถซ่อมบำรุงได้ 2.สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิดไม่จำกัด 3.สามารถใช้ไฟฟ้าได้เต็มที่ เพราะประสิทธิภาพของเครื่องสูง 4.การลงทุนของระบบเครื่องยนต์ดีเซลต่ำกว่าระบบของโซลาร์เซลล์	1.การใช้งานภาระทางไฟฟ้าต้องให้มีขนาดใกล้เคียงกับพิกัดที่ผลิตได้ ทำให้ผู้ใช้ไม่คำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างประหยัด 2.เครื่องยนต์ต้องการการบำรุงรักษามาก 3.เมื่อปิดเครื่องยนต์ไฟฟ้าจะถูกปิดทั้งหมด 4. ขณะเครื่องยนต์ทำงานมีเสียงดังรบกวน มีเขม่าควันดำพร้อมฝุ่นละออง และมีกลิ่นเหม็นรบกวนถ้าอยู่บริเวณใกล้ 5.มีปัญหาเรื่องการขนส่งน้ำมันในช่วงมรสุม 6. จำกัดเวลาในการใช้ไฟฟ้าวันละ 4 ชั่วโมง

ตาราง 4-47 เปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยโซลาร์เซลล์ ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (ต่อ)

ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้า	ข้อดี	ข้อเสีย
ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยโซลาร์เซลล์	1.ลดมลพิษทางเสียง ทางอากาศ และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน 2.ระบบง่ายต่อการดูแลรักษา (แผงโซลาร์เซลล์) 3.ในช่วงมรสุม มีแสงแดดน้อย แต่ระบบมีแบตเตอรี่ที่สามารถประจุไฟฟ้าเก็บไว้ได้ จึงสามารถมีไฟฟ้าใช้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดความสะดวกรบายขึ้น 4.ปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน และการนำพลังงานสะอาดมาทดแทนการใช้เครื่องยนต์ดีเซล 5.ความคุ้มค่าในการลงทุน ถ้ารวมผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป มีความคุ้มค่าในการลงทุน 5,671,118 บาท 6.อายุการใช้งานแผงโซลาร์เซลล์ 20 ปี 7.ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันดีเซล เพราะแสงอาทิตย์มีอยู่ทุกหนทุกแห่ง ใช้อย่างไม่มีวันหมด	1.ระบบโซลาร์เซลล์มีราคาแพง เพราะต้นทุนการผลิตวัสดุส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงมีราคาสูง 2.การซ่อมบำรุง ขาดช่างที่มีความรู้ ความเข้าใจในการดูแล และถ้าอุปกรณ์บางตัวเสียต้องสั่งซื้อจากเมืองนอก 3.ในฤดูฝน มีแสงแดดน้อย ทำให้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์อาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้ 4.ความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่าไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากต้นทุนสูงกว่าผลประโยชน์ (ถ้าตอบแทน 5,124,523 บาท (ถ้าไม่รวมผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในการประเมินเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และแบบจำลองคุณภาพการให้บริการ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบ ด้านมลพิษทางอากาศและเสียง ที่ออกมาจากระบบผลิตไฟฟ้า ทั้ง 2 แบบ

5.1.1 การศึกษามลพิษทางอากาศ

จากการศึกษาปริมาณก๊าซมลพิษที่ทำการตรวจวัด คือ CO_2 CO NO NO_2 NO_x และ SO_2 ที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล กับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พบว่า เฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลเท่านั้นที่ทำให้เกิดก๊าซมลพิษจากระบบขณะผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเฉพาะก๊าซ CO ซึ่งมีปริมาณสูงสุดถึง 1003 ppm มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (30 ppm) ซึ่งสามารถก่อมลพิษได้มาก และก๊าซที่สำคัญอีกชนิดคือ ก๊าซ SO_2 ซึ่งค่ามาตรฐานกำหนดไว้ คือ 0.3 ppm แต่ค่าที่วัดได้ เท่ากับ 4 ppm แสดงว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่จากการตรวจวัดไม่พบว่ามีก๊าซ NO_2 เนื่องจากความละเอียดของเครื่องมือในการวัดปริมาณก๊าซตัวนี้ อาจมี Rang ของเครื่องมือที่ไม่เหมาะสม ส่วนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดจะไม่ก่อให้เกิดก๊าซมลพิษออกจากระบบผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการตรวจวัดก๊าซ CO_2 CO NO NO_2 NO_x และ SO_2 จึงมีค่าเท่ากับ 0

จากผลการตรวจวัดก๊าซมลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้า สามารถสรุปได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ มากกว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ในด้านการไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

5.1.2 การศึกษามลพิษทางเสียง

จากผลการศึกษาระดับเสียงจากระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล กับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดในพื้นที่เป้าหมาย โดยทำการวัดระดับเสียงของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้า (Source) และที่ระยะห่างจากเครื่องยนต์ดีเซลออกไปเป็นระยะทาง 25 เมตร 50 เมตร 75 เมตร และ 100 เมตร ตามลำดับ พบว่า เฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลเท่านั้นที่เกิดเสียง

ดัชนีที่ระบบทำงาน และระดับเสียงดังที่สุด ที่วัดได้เมื่อทำการวัด ที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า คือ เครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า (Source) มีค่าความเข้มเสียง 101 dB A และเมื่อวัดระดับเสียงในระยะห่างจากระบบผลิตไฟฟ้า (เครื่องยนต์ดีเซล) ออกไป 25-100 เมตร พบว่าระดับความดังของเสียงที่วัดได้จะลดลงตามลำดับด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของระดับเสียงชุมชน ประกาศกระทรวงมหาดไทย ระดับเสียงจะดังได้ไม่เกิน 92 dB A ในเวลาต่อเนื่องกัน 7 ชั่วโมง ปรากฏว่าเสียงที่บริเวณที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซลมีค่ามากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์จะไม่ก่อให้เกิดเสียงดังขณะระบบทำงาน ไม่ว่าจะวัดระดับเสียงที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า หรือที่ระยะห่างออกไปจากระบบผลิตไฟฟ้า ค่าระดับเสียงที่มีในบริเวณที่ตั้งแผง เป็นเสียงของธรรมชาติ เช่น เสียงของสัตว์ป่าที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 20 dB A

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพเสียงของกรมการขนส่งทางบก ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 100 เดซิเบล เอ ที่ระยะ 0.5 เมตร จากปลายท่อไอเสีย(Source) พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีระดับเสียงที่วัดที่ Source เท่ากับ 101 เดซิเบล เอ ซึ่งเป็นระดับเสียงที่เกิดมาตรฐานที่กำหนดไว้ และเมื่อพิจารณาเสียงเฉลี่ยที่กำหนดไว้คือ 70 เดซิเบล เอ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ยของระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ห้วยขาแข้ง มีค่าเท่ากับ 64 เดซิเบล เอซึ่งถือว่าเป็นค่าระดับเสียงที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

สรุปได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด มีความเหมาะสมในการนำมาใช้มากกว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ในด้านการไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง

5.1.3 การศึกษาการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน

จากการนำตัวอย่างของดิน ในบริเวณที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซล ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ห้วยขาแข้ง มาทำการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี FOG Method (Grease and Oil Method)

ค่า Grease and Oil ที่วัดได้จากดินบริเวณที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซล 60,444 mg/l

เมื่อเปรียบเทียบค่า Grease and oil ของคราบน้ำมันที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่ ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซล ระหว่างอุทยานแห่งชาติภูกระดึง อุทยานแห่งชาติตะรุเตา และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

จากการทดสอบค่า P-value = .004 แสดงว่า ปริมาณค่า Grease and oil Method ที่ตรวจวัดได้ทั้ง 3 สถานที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า Grease and oil ของทั้ง 3 สถานที่เป็นรายคู่ โดยวิธี LSD พบว่า ค่า Grease and oil ที่ปนเปื้อนในดินที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จะแตกต่างกับค่า Grease and oil ที่ปนเปื้อนในดินที่อุทยานแห่งชาติ

ภูกระดัง (P-value = .005) และตะรุเตา (P-value = .002) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งค่า Grease and oil เฉลี่ย ที่ปนเปื้อนในดิน บริเวณที่ตั้งเครื่องยนต์ดีเซล ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ห้วยขาแข้งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ที่อุทยานแห่งชาติภูกระดัง และที่อุทยานแห่งชาติตะรุเตา มีค่า Grease and oil ที่ปนเปื้อนในดินน้อยที่สุด

สรุปด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเป็นผืนป่าอนุรักษ์ต่อเนื่องที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สภาพป่ามีความสมบูรณ์ ประกอบด้วย ป่าดงดิบ ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าผลัดใบสลับกับทุ่งหญ้า เป็นที่อาศัยของสัตว์ป่า ซึ่งบางชนิดหายากและใกล้จะสูญพันธุ์ เช่น ควายป่า เลียงผา เสือดำ หมาใน ไก่ป่า และยังมีนกและแมลงพันธุ์ต่าง ๆ มากมาย จึงทำให้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร-ห้วยขาแข้ง ได้รับการขึ้นทะเบียนจากองค์การยูเนสโก ให้เป็น "มรดกโลกทางธรรมชาติ" ในการประชุมคณะกรรมการมรดกโลกขององค์การยูเนสโกระหว่างวันที่ 9-13 ธันวาคม 2534 ณ เมืองคาร์เทจ ประเทศตูนิเซีย นับเป็นผืนป่าที่มีคุณค่าควรแก่การช่วยกันอนุรักษ์

เนื่องจากที่ผ่านมาทางที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ใช้เครื่องยนต์ดีเซลในการผลิตไฟฟ้า ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ เช่น ผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดผลกระทบต่าง ๆ เหล่านี้ ควรนำเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยโซลาร์เซลล์ มาใช้แทนเครื่องยนต์ดีเซล โดยยังคงใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นระบบในการผลิตไฟฟ้า ในกรณีที่ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ไม่เพียงพอ แต่การเก็บข้อมูล หลังการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ พบว่าปริมาณไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เพียงพอต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้า จึงไม่ต้องใช้เครื่องยนต์ดีเซลในช่วงที่ผ่านมา

การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดจะช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว เป็นประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่ติดตั้งระบบด้วย เช่น สัตว์ป่าที่อาศัย หรือหากินอยู่บริเวณนั้น โดยที่ผ่านมามจะไม่เข้ามาใกล้ที่ทำการเขตฯ เพราะมีเสียงดังของเครื่องยนต์ดีเซล แต่เมื่อติดตั้งโซลาร์เซลล์แล้ว บริเวณนั้นปราศจากเสียงรบกวน สัตว์ป่าต่าง ๆ เช่น เก้ง กวาง กระต่ายป่า เป็นต้น อาจเข้ามาหากินในบริเวณรอบ ๆ ที่ทำการเขตฯ ได้

การนำพลังงานสะอาดมาใช้ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ทำให้ระบบนิเวศน์วิทยาของสัตว์ป่าไม่ถูกรบกวน สามารถอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่า และรักษาสภาพแวดล้อมของป่าให้คงอยู่เพื่อเป็นมรดกคนรุ่นต่อไปของประเทศและเป็นมรดกทางธรรมชาติของโลกต่อไป

สรุปผลการวิเคราะห์ด้านทัศนคติ

จากการวิเคราะห์ผล พื้นที่ที่ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แบ่งได้ตามพารามิเตอร์ เป็น 3 หัวข้อ คือ

1. มลพิษจากระบบผลิตไฟฟ้า

จากการเก็บข้อมูลทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ก่อให้เกิดมลพิษน้อยมากถึงไม่ก่อให้เกิดมลพิษเลย ผู้ใช้บริการมีความพอใจในระดับที่ดีมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งผลทางทัศนคติของผู้ใช้บริการ แสดงถึงว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซลพื้นที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งก่อให้เกิดมลพิษน้อย ซึ่งก็มีสาเหตุมาจากปริมาณนักท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อเดือนมีน้อย จึงมีอัตราการเปิดใช้งานเครื่องยนต์ดีเซลน้อย เนื่องมาจากภาระทางไฟฟ้าที่ต่ำเกินศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด สามารถสรุปได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดมีความเหมาะสมที่จะติดตั้งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อันเนื่องมาจากก่อให้เกิดการรบกวนในด้านของมลพิษทางคว้น และเสียงน้อยกว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จากการสอบถามทัศนคติของผู้ที่ใช้ระบบผลิตไฟฟ้า

2. ความเหมาะสมทางกายภาพ

จากการเก็บข้อมูลทางทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล มีความเหมาะสมทางกายภาพอยู่ในระดับปานกลาง ในกรณีที่ข้อมูลเกิดการคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นส่วนน้อย อาจเป็นผลมาจาก การแปลความหมายของแบบสอบถามนักท่องเที่ยวไม่ตรงกัน แต่แนวโน้มส่วนใหญ่ ความเหมาะสมทางกายภาพจะอยู่ในระดับปานกลาง สรุปได้ว่า ความเหมาะสมทางด้านกายภาพของระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิด ไม่มีผลต่อทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบฯ แต่อย่างใด

3. ความสะดวกสบายในการใช้งาน

จากการเก็บข้อมูลทัศนคติของผู้ใช้บริการระบบผลิตไฟฟ้าพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล มีความสะดวกสบายในการใช้งานอยู่ในระดับที่ดีทั้ง 2 ระบบ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก ระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ มีการทำงานร่วมกัน โดยที่ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดเป็นหลักซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดสามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้นานและมีใช้ 24 ชั่วโมงแต่ไม่สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังวัตต์สูงได้นาน ซึ่งในเวลาปกติไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กำลังวัตต์สูง และเมื่อมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังวัตต์สูง จึงมีการเดินเครื่องยนต์ดีเซลใช้งาน ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กำลังวัตต์สูงได้แต่ในเวลาที่ไม่นาน เนื่องจากต้องใช้น้ำมันจึงสามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้บริการระบบฯ ทั้ง 2 ชนิด มีความพอใจในความสะดวกสบายในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดในระดับที่ดี ทั้งนี้เนื่องจากทั้ง 2 ระบบมีการทำงานร่วมกันซึ่งจะทำให้ช่วยประหยัดการใช้น้ำมันด้วย

5.3 สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (Hybrid System) ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

เกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมในการลงทุนของโครงการ คือ ค่า NPV (Net Present Value) ค่า IRR (Internal Rate of Return) และค่า B/C Ratio

โครงการที่มีความเหมาะสมในการลงทุน จะต้องมียก NPV เป็นบวก ค่า IRR จะต้องมียกมากกว่าอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ และ ค่า B/C Ratio จะต้องมียกมากกว่า 1

สรุป ผลการวิเคราะห์ค่า NPV , IRR และ B/C Ratio ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (Hybrid System) เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า NPV} = -5,124,523$$

$$\text{ค่า IRR} = -15 \% \text{ (คิดที่อัตราดอกเบี้ย } 10 \%)$$

$$\text{ค่า B/C Ratio} = 0.33$$

จากผลการวิเคราะห์ ที่ได้ แสดงให้เห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (Hybrid System) ไม่คุ้มค่าในการลงทุน แต่ถ้ารวมผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป ค่าที่ได้จะเป็นดังนี้

$$\text{ค่า NPV} = 5,671,118$$

$$\text{ค่า IRR} = 31 \% \text{ (คิดที่อัตราดอกเบี้ย } 10 \%)$$

$$\text{ค่า B/C Ratio} = 3.26$$

แสดงว่า เมื่อรวมผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป ค่า NPV จะเป็นบวก ค่า IRR มากกว่าอัตราดอกเบี้ย และค่า B/C Ratio มากกว่า 1 แสดงว่า โครงการมีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

5.4 สรุปการประเมินผลเทคโนโลยีโดยใช้หลักวิธีเดลฟายน์เทคนิค

จากปัจจัยในการประเมินเทคโนโลยีทั้ง 6 ปัจจัย ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คะแนนตามลำดับความสำคัญปานกลางถึงมากที่สุด ซึ่งสรุปว่าในการประเมินเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ที่เป็นอุทยานแห่งชาติหรือ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า จะต้องพิจารณาความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานเป็นอันดับแรก แล้วจึงจะพิจารณานโยบายหรือกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องเป็นอันดับต่อไป อันดับสาม คือ ความเหมาะสมของการคัดเลือกเทคโนโลยี อันดับที่ดี มี 2 ปัจจัย คือ ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ กับ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า และ อันดับสุดท้าย คือ ความเหมาะสมของผู้ใช้งานระบบ

นอกจากนี้ปัจจัยแต่ละข้อยังประกอบไปด้วยหัวข้อย่อยที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งเรียงลำดับได้ดังนี้

5.4.1 ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงาน ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นอันดับแรก เพราะแสงอาทิตย์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีศักยภาพเพียงพอ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า รองลงไปคือ น้ำมันดีเซล ซึ่งต้องใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้สำรองในการผลิตกระแสไฟฟ้า

5.4.2 นโยบายของกรมป่าไม้ / กฎหมายสิ่งแวดล้อม ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับกฎหมายสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับแรก เพราะกฎหมายมีข้อบังคับตายตัวและมีบทลงโทษผู้กระทำความผิด ส่วนอันดับสอง คือ นโยบายของกรมป่าไม้ ซึ่งเจ้าหน้าที่จะได้รับคำสั่งมาจากผู้ใหญ่ใน กรมป่าไม้ ให้ปฏิบัติตามนโยบาย

5.4.3 ความเหมาะสมของการคัดเลือกเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญให้ประสิทธิภาพของระบบเป็นอันดับแรก และความรู้, ความเข้าใจในการใช้งานระบบเป็นอันดับสอง เพราะความรู้, ความเข้าใจสามารถเรียนรู้หรืออบรมให้ได้ แต่ตัวระบบต้องเลือกระบบที่มีประสิทธิภาพที่ดี

5.4.4 ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ค่า IRR (อัตราผลตอบแทนภายใน) มีความสำคัญอันดับแรกในการพิจารณา เนื่องจากโครงการนี้เป็นงบประมาณของรัฐบาลในการลงทุนในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ดังนั้นจึงต้องพิจารณาค่า EIRR เป็นหลัก ส่วนค่า FIRR นั้นจะพิจารณาสำหรับโครงการทั่วไป ส่วนค่า B/C Ratio (อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน) มีความสำคัญเป็นอันดับสอง และค่า NPV (มูลค่าปัจจุบันสุทธิ) เป็นอันดับสาม

5.4.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า อันดับแรกคือ มลพิษทางเสียง เพราะในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง มีสัตว์ป่าอาศัยอยู่จำนวนมาก เสียงจึงเป็นปัญหาผลกระทบที่สำคัญที่สุด ส่วนรองลงมา คือ การปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน เพราะมีผลกับสิ่งมีชีวิตในดินและการดูดซับของรากต้นไม้ ส่วนอันดับสาม คือ มลพิษทางอากาศ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในบริเวณใกล้เคียงที่ตั้งของเครื่องยนต์ดีเซล แต่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า

ถ้าเทียบกับขนาดของพื้นที่ป่าแล้ว ถือว่าไม่รุนแรงมากนัก เพราะธรรมชาติสามารถที่จะดูดซับมลพิษเหล่านี้ได้

5.4.6 ความเหมาะสมของผู้ใช้งานระบบ ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับการจัดการเกี่ยวกับการใช้งานระบบเป็นอันดับแรก เพราะถ้ามีการจัดการที่ดี ระบบก็สามารถที่จะอยู่ได้นาน ส่วนอันดับสองที่พิจารณา คือ การยอมรับของผู้ใช้งานระบบ และอันดับสาม คือ ความต้องการของผู้ใช้งานระบบ เพราะผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า ถ้ามีคำสั่งมาจากหัวหน้าหรือจากอธิบดีกรมฯ เจ้าหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติตาม ไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้



รายการอ้างอิง

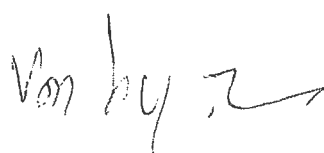
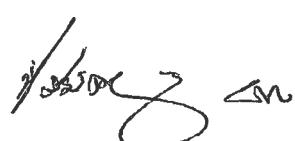
1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. รายงานความก้าวหน้าครั้งสุดท้าย โครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด สำหรับอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า. กรุงเทพมหานคร. 2543.
2. อูสาห์ บุญบำรุง. สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานโซลาร์เซลล์-เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ณ ศูนย์วิจัยสัตว์ป่าละเมาะเชิงเทรา. กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2540.
3. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. การประเมินผลด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า. โครงการจัดทำดัชนีด้านสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2535.
4. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. โครงการจัดทำดัชนีด้านสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2542
5. พูลพร แสงบางปลา. ใ้อเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลและการควบคุม. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537.
6. วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล ชีระ เกรอต. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2536
7. จูติวัฒน์ ยวงเกตุ. การศึกษาเปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมระหว่างรถสามล้อไฟฟ้ากับรถสามล้อเครื่องก๊าซ LPG กรณีศึกษา: เกาะรัตนโกสินทร์ชั้นใน กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. 2541.
8. จารุวรรณ โพธิ์แจ้ง. การเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างเรือไฟฟ้าชนิดผสมกับเรือหางยาวเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อประกอบการขนส่ง กรณีศึกษา : คลองผดุงกรุงเกษม กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. 2540.
9. คณะวนศาสตร์. แผนการจัดการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดตาก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2531.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

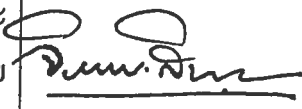
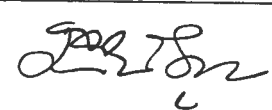
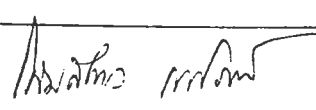
10. ชุติมา สิ้นธนาวิวงศ์. การศึกษาเปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดลอม ระหว่างรถสามล้อไฟฟ้ากับรถสามล้อเครื่องก๊าซ LPG กรณีศึกษา : เกาะรัตนโกสินทร์ชั้นใน กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. 2541.
11. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. รายงานการสัมมนาโต๊ะกลม : แนวทางการแก้ไขปัญหาเสียงรบกวนจากยานพาหนะ กรุงเทพมหานคร. กองมาตรฐานสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2529.
12. กฤตินี กาญจนภา. ไบโอดีเออร์นของดินปนเปื้อนน้ำมันดิบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2539.



รายชื่อนักวิชาการหรือผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเทคโนโลยี

ชื่อ – นามสกุล	ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน	ลายมือชื่อ
1. ศ.ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์	ผู้อำนวยการและศาสตราจารย์ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	
2. นาย ชาย ชีวเกตุ	ที่ปรึกษาด้านพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักงานคณะกรรมการนโยบาย พลังงานแห่งชาติ	
3. นาย มานิตย์ ศิริวรรณ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผน- สิ่งแวดล้อม	
4. ศ.ดร. สุนทร บุญญาริการ	ศาสตราจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
5. รศ.ดร. จงจิตร หิรัญธาก	คณบดีคณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี	
6. นายไพยวัฒน์ ผลธาก	ที่ปรึกษาฝ่ายติดตามประเมินผล โครงการ กองอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบาย- พลังงานแห่งชาติ	

รายนามนักวิชาการผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเทคโนโลยี (ต่อ)

ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน	ลายมือชื่อ
7. ผศ.ดร.จิรพล สีนธนาภา	อาจารย์คณะสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหิดล	
8. ผศ.ดร.สมชาย จันทร์ขาวนา	หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล, ผู้ช่วยอธิการบดี ฝ่าย วิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี	
9. ผศ.ดร.อดิสร อิศรางกูร ณ อยุธยา	อาจารย์คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหาร- ศาสตร์, นักวิจัย สถาบันวิจัย เพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI)	
10. ผศ.ดร.คันสนีย์ ชูแว	อาจารย์คณะสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหิดล	
11. รศ.ดร.พจน์ย์ ขุมมงคล	ประธานสายวิชาเทคโนโลยีสิ่ง แวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี	
12. ผศ.ดร.โสเมสกา เพชรานนท์	อาจารย์คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	



แบบสอบถาม ชุตนักท่องเที่ยว

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ และเขียนตัวเลข / ข้อความ เติมลงในช่องว่าง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1. เพศ

☐ 1. ชาย

☐ 2. หญิง

☐

2. อายุ ปี

☐

3. สถานภาพสมรส

☐ 1. โสด

☐ 2. แต่งงานแล้ว

☐ 3. หย่า / แยกกันอยู่

☐

4. การประกอบอาชีพในปัจจุบัน

☐

☐ 1. ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

☐ 2. พนักงานเอกชน

☐ 3. นักเรียน / นักศึกษา

☐ 4. รับจ้าง

☐ 5. ธุรกิจส่วนตัว / ค้าขาย

☐ 6. แม่บ้าน

☐ 7. อื่นๆ (ระบุ).....

5. การศึกษาระดับสุดท้าย

☐

☐ 1. ประถมศึกษา

☐ 2. มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย

☐ 4. อาชีวศึกษา

☐ 5.ปริญญาตรี สาขา.....

☐ 6. ปริญญาโท สาขา.....

☐ 7. อื่นๆ (ระบุ).....

6. รายได้เฉลี่ยต่อเดือนโดยประมาณ บาท

☐

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

7. ท่านเคยเดินทางเข้ามาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งทั้งหมด ครั้ง (รวมครั้งนี้ด้วย)

☐

โดยเข้าครั้งแรกเมื่อปี.....

☐

8. ท่านเข้าครั้งสุดท้ายเมื่อปี และใช้เวลาเฉลี่ยที่เข้าไปในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

☐

ประมาณ วัน (เข้ามาครั้งสุดท้ายก่อนครั้งนี้)

☐

9. ท่านเดินทางเข้าไป

☐ 1. คนเดียว

☐ 2. เป็นหมู่คณะ ประมาณ..... คน

☐

10. วัตถุประสงค์หลักในการเข้ามาที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งครั้งนี้ คือ

.....

11. ท่านพักอยู่บริเวณใด

☐

☐ 1. บ้านพักรับรอง (ระบุชื่อบ้านพัก)

☐ 2. เติ้นท์ อยู่ในบริเวณ

12. ท่านคิดว่าจะมาเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งในอนาคต อีกหรือไม่

☐

☐ 1. ไม่คิดว่าจะมาอีก ☐ 2. ไม่แน่ใจ

☐ 3. คิดว่าจะมาเพราะ.....

ส่วนที่ 3 ทักษะการติดต่อระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล

ข้อความ	ระดับทัศนคติ				
	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	ไม่เห็นด้วย	
1. มีเสียงดังเกิดขึ้นขณะเครื่องปั่นไฟทำงาน และก่อให้เกิดความรำคาญแก่ท่านขณะที่ท่านพักผ่อน					☐
2. เสียงดังที่เกิดจากเครื่องปั่นไฟ มีผลกระทบต่อสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้					☐
3. ขณะเครื่องปั่นไฟผลิตไฟฟ้ามีหมอกควัน เหมม่า และฝุ่นละอองปรากฏให้เห็นบริเวณที่พักของท่าน					☐
4. มีกลิ่นก๊าซ และกลิ่นน้ำมันเผาไหม้ฟุ้งกระจายอยู่โดยรอบบริเวณที่พักของท่านขณะที่เครื่องปั่นไฟทำงาน และทำให้เกิดความรำคาญแก่ท่าน					☐
5. หมอกควัน เหมม่า และฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อธรรมชาติและสัตว์ป่าในบริเวณนี้					☐
6. ท่านได้รับความสะดวกสบายในการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล					☐
7. ท่านเห็นด้วยกับการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจะเปิดเวลา 18.00 - 22.00 น. รวมเวลาที่สามารถใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ 4 ชั่วโมง แต่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด					☐
8. ตลอดระยะเวลาที่ใช้ไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง หรือไม่ติดบ่อยครั้ง					☐

ส่วนที่ 4 **ทัศนคติต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ (พลังงานแสงอาทิตย์)**

ข้อความ	ระดับทัศนคติ				
	เห็นด้วย มาก	เห็นด้วย ปานกลาง	เห็นด้วย น้อย	ไม่เห็นด้วย	
1. ท่านได้รับความสะดวกสบายในการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์					☐
2. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ ไม่มีผลกระทบต่อสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้ (ด้านเสียง, กลิ่น, ควน)					☐
3. การลงทุนติดตั้งโซลาร์เซลล์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนี้ รัฐบาลต้องใช้งบประมาณถึง 5,573,247.57 บาท ท่านเห็นด้วย หรือไม่ว่าราคาของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มีราคาแพงมาก					☐
4. ท่านเห็นด้วย กับการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ ที่สามารถใช้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง แต่ต้องจำกัดชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กาต้มน้ำร้อน เตรีด เป็นต้น					☐
5. ตลอดระยะเวลาที่ใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง หรือไม่ติดบ่อยครั้ง					☐
6. การนำเอาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์เซลล์) มาใช้ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจาก - เครื่องยนต์ดีเซล มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับอุทยานแห่งนี้					☐

7. ท่านคิดว่าระบบผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ควรเป็นเช่นไร ☐

- ☐ 1. ควรเปลี่ยนมาใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เพียงอย่างเดียว โดยไม่จำเป็นต้องมีเครื่องยนต์ดีเซลไว้ใช้งานอีก
- ☐ 2. ควรใช้ไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลเพียงอย่างเดียวเหมือนเดิม
- ☐ 3. ควรใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เป็นหลัก แต่ก็ควรมีเครื่องยนต์ดีเซลสำรองไว้ด้วย เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าแทนโซลาร์เซลล์ เฉพาะในช่วงที่โซลาร์เซลล์ ผลิตไฟฟ้าไม่ได้ เช่น ช่วงที่ไม่มีแสงแดดติดต่อกันหลายวัน (ฤดูฝน)

8. จากการที่รัฐบาลได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ ที่เขตรักษาพันธุ์ห้วยขาแข้ง ต้องใช้งบประมาณ สูงถึง 5,573,247.57 บาท ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้า 176,295 kWh (ตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี) ถ้าทางอุทยานจะขอความร่วมมือ ในการจัดเก็บเงินค่าใช้ไฟฟ้า เพื่อเป็นกองทุนในการดูแลรักษาระบบผลิตไฟฟ้านี้ (เงินจำนวนนี้จะเก็บเพิ่มจากค่าบัตรผ่านเข้าชมเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฯ)
- ท่านคิดว่าจำนวนเงินที่เหมาะสมที่จะเก็บเพิ่มอีกควรเป็น บาท
9. ข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับการนำระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มาใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....



แบบสอบถาม ชุดเจ้าหน้าที่

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ และเขียนตัวเลข / ข้อความ เติมลงในช่องว่าง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1. เพศ
- ☐ 1. ชาย

☐ 2. หญิง

☐
2. อายุ ปี
- ☐☐
3. สถานภาพสมรส
- ☐ 1. โสด

☐ 2. แต่งงานแล้ว

☐ 3. หย่า / แยกกันอยู่

☐
4. การศึกษาขั้นสุดท้าย
- ☐ 1. ประถมศึกษา

☐ 2. มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย

☐
- ☐ 4. อาชีวศึกษา

☐ 5.ปริญญาตรี สาขา.....
- ☐ 6.ปริญญาโท สาขา.....

☐ 7. อื่นๆ (ระบุ).....
6. รายได้เฉลี่ยต่อเดือนโดยประมาณ บาท
- ☐☐☐☐☐☐
7. ท่านเข้ามาทำงานที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งตั้งแต่ปี พ.ศ.
- ☐☐☐☐
8. บ้านพักของท่านอยู่บริเวณใด
- ☐
- ☐ 1. บ้านพัก (ระบุชื่อบ้านพักหรือหมายเลขบ้าน)

☐ 2. อื่นๆ (อยู่ในบริเวณ)

ส่วนที่ 2 ทศนคติต่อระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล

ข้อความ	ระดับทัศนคติ				
	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	ไม่เห็นด้วย	
1. มีเสียงดังเกิดขึ้นขณะเครื่องปั่นไฟทำงาน และก่อให้เกิดความรำคาญแก่ท่านขณะที่ท่านพักผ่อน					☐
2. เสียงดังที่เกิดจากเครื่องปั่นไฟ มีผลกระทบต่อสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้					☐
3. ขณะเครื่องปั่นไฟผลิตไฟฟ้ามีหมอกควัน เขม่า และฝุ่นละอองปร อกฏให้เห็นบริเวณที่พักของท่าน					☐
4. มีกลิ่นก๊าซ และกลิ่นน้ำมันเผาไหม้ฟุ้งกระจายอยู่โดยรอบบริเวณที่พักของท่านขณะที่เครื่องปั่นไฟทำงาน และทำให้เกิดความรำคาญแก่ท่าน					☐
5. หมอกควัน เขม่า และฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อธรรมชาติและสัตว์ป่าในบริเวณนี้					☐
6. ท่านได้รับความสะดวกสบายในการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ดีเซล					☐
7. ท่านเห็นด้วยกับการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจะเปิดเวลา 18.00 - 22.00 น. รวมเวลาที่สามารถใช้ไฟฟ้าได้ประมาณ 4 ชั่วโมง แต่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด					☐
8. ตลอดระยะเวลาที่ใช้ไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง หรือไม่ติดบ่อยครั้ง					☐
9. น้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลมีราคาแพง					☐
10. การขนส่งน้ำมันดีเซลเข้ามาในเขตรักษาพันธุ์-สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีความยากลำบาก เช่น ในฤดูฝนซึ่งเส้นทางถูกตัดขาดเพราะน้ำท่วม					☐
11. ระบบผลิตไฟฟ้ามีช่วงอายุการใช้งาน					☐
12. เครื่องยนต์ดีเซลต้องดูแลและซ่อมแซมบ่อยครั้ง					☐
13. การดูแลเครื่องยนต์ดีเซลไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน					☐
14. เมื่อเครื่องยนต์ดีเซลชำรุด เจ้าหน้าที่สามารถซ่อมแซม / เปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้เอง					☐

ส่วนที่ 3 ทศนคติต่อระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ (พลังงานแสงอาทิตย์)

ข้อความ	ระดับทัศนคติ				
	เห็นด้วย มาก	เห็นด้วย ปานกลาง	เห็นด้วย น้อย	ไม่เห็นด้วย	
1. ท่านได้รับความสะดวกสบายในการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์					☐
2. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ ไม่มีผลกระทบต่อสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้ (ด้านเสียง, กลิ่น, ควั่น)					☐
3. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ ต้องมีการดูแล / ซ่อมแซมระบบบ่อยครั้ง					☐
4. การดูแลระบบฯโซลาร์เซลล์ไม่ยุ่งยาก / ซับซ้อน					☐
5. เมื่อมีการชำรุดของระบบฯโซลาร์เซลล์ เจ้าหน้าที่ไม่สามารถซ่อมแซม / เปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ เองได้ ต้องติดต่อหน่วยงานที่ติดตั้งมาซ่อมให้					☐
6. เมื่อระบบฯโซลาร์เซลล์ชำรุด สามารถหาอุปกรณ์มาเปลี่ยนได้โดยง่าย					☐
7. การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ทำให้เกิดความสะดวกสบายมากกว่าการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล					☐
8. ท่านคิดว่าสถานที่ตั้งของระบบฯโซลาร์เซลล์มีความเหมาะสมแล้ว					☐
9. การลงทุนติดตั้งโซลาร์เซลล์ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งนี้ รัฐบาลต้องใช้งบประมาณถึง 5,573,247.57 บาท ท่านเห็นด้วย หรือไม่ว่าราคาของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มีราคาแพงมาก					☐
10. ท่านเห็นด้วย กับการใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ ที่สามารถใช้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง แต่ต้องจำกัดชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กาต้มน้ำร้อน เตาไรต์ เป็นต้น					☐
11. ตลอดระยะเวลาที่ใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง หรือไม่ติดบ่อยครั้ง					☐

12. ท่านคิดว่าระบบผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ควรเป็นเช่นไร ☐

- ☐ 1. ควรเปลี่ยนมาใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เพียงอย่างเดียว โดยไม่จำเป็นต้องมีเครื่องปั่นไฟไว้ใช้งานอีก
- ☐ 2. ควรใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปั่นไฟเพียงอย่างเดียวเหมือนเดิม
- ☐ 3. ควรใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์เป็นหลัก แต่ก็ควรมีเครื่องปั่นไฟสำรองไว้ด้วย เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าแทนโซลาร์เซลล์ เฉพาะในช่วงที่โซลาร์เซลล์ ผลิตไฟฟ้าไม่ได้ เช่น ช่วงที่ไม่มีแสงแดดติดต่อกันหลายวัน (ฤดูฝน)

13. จากการที่รัฐบาลได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ ที่เขตรักษาพันธุ์ห้วยขาแข้ง ต้องใช้งบประมาณ สูงถึง 5,573,247.57 บาท ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้า 176,295 kWh (ตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี) ถ้าทางเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฯจะขอความร่วมมือ ในการจัดเก็บเงินค่าใช้ไฟฟ้า เพื่อเป็นกองทุนในการดูแลรักษาระบบผลิตไฟฟ้านี้

ท่านคิดว่าจำนวนเงินที่เหมาะสมที่ท่านยินดีจะจ่ายได้ บาท ☐☐☐☐

คำถามในการประเมินเทคโนโลยี
เก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีเดลฟายน์

ขอความกรุณาผู้เชี่ยวชาญทั้ง 12 ท่าน ในการให้คะแนนปัจจัยแต่ละตัว ในการประเมินเทคโนโลยี/การคัดเลือกระบบผลิตไฟฟ้าที่จะนำไปติดตั้งในเขตอุทยานแห่งชาติ ทั้ง 6 ปัจจัยนี้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ได้จากการสอบถามแบบเปิด(open)ในรอบแรก โดยเรียงตามลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามความคิดเห็นของแต่ละท่าน โดยให้ทำ เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน โดย

- 5 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญมากที่สุด
- 4 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญมาก
- 3 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญปานกลาง
- 2 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญน้อย
- 1 หมายถึง ปัจจัยนี้มีความสำคัญน้อยที่สุด

ปัจจัยในการประเมินเทคโนโลยี	ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย				
	5	4	3	2	1
ความเหมาะสมของการคัดเลือกเทคโนโลยี					
ความพร้อมของผู้ใช้ระบบผลิตไฟฟ้า					
ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์					
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า					
ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่					
ความสอดคล้องกับนโยบายของกรมป่าไม้ / กฎหมายสิ่งแวดล้อม					

ข้อมูลเพิ่มเติมของปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย

ความเหมาะสมในการคัดเลือกเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า

- สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้า (ความเพียงพอต่อการใช้งาน)
- ความสามารถในการดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบผลิตไฟฟ้า

ความเหมาะสมของผู้ใช้งานระบบ

- ความต้องการของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าที่จะแก้ไขปัญหาการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากเครื่องยนต์ดีเซล
- การยอมรับของผู้ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าแบบใหม่จากเดิมที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล
- การจัดการในการใช้ระบบผลิตไฟฟ้า และทัศนคติการประหยัดพลังงานจากกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าในการนำระบบผลิตไฟฟ้ามาใช้

ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่า NPV (มูลค่าปัจจุบันสุทธิ)
- ค่า IRR (อัตราผลตอบแทนภายใน)
- ค่า B/C Ratio (อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน)
-

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า

- มลพิษทางอากาศ
- มลพิษทางเสียง
- การปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน

ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่

- พลังงานแสงแดด
- พลังงานลม
- น้ำมันเชื้อเพลิง

ความสอดคล้องกับกิจกรรมการดำเนินงานตามนโยบายของกรมป่าไม้ และกฎหมายสิ่งแวดล้อม

- นโยบายของกรมป่าไม้
- กฎหมายสิ่งแวดล้อม

เกณฑ์การให้คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัย

โดยที่ 1 หมายถึง ปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับแรก ในหัวข้อย่อยของแต่ละปัจจัย โดยพิจารณาที่ละพื้นที่ และคะแนน 2, 3, ... ตามลำดับความสำคัญลดลงไป ถ้าข้อใดที่ท่านเห็นว่ามีความสำคัญเท่ากันก็ได้คะแนนเท่ากัน

1. ความเหมาะสมของการคัดเลือกเทคโนโลยี		คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยในแต่ละพื้นที่					คะแนน	
		ตระดูตา	คะแนน	ถูกระดิง	คะแนน	ห่วยหาแ่ง		
● สมรรถนะของระบบผลิต (ความเพียงพอต่อการใช้งาน)	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 38 kwh/day ในขณะที่มี Load ในการใช้งาน เฉลี่ยรายปี เท่ากับ 33 kwh/day ซึ่งถือว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ได้อย่างเพียงพอ และ มีการใช้ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าเสริมในช่วงฤดูฝน และในช่วงฤดูท่องเที่ยวที่บางวันมี Load ไฟฟ้าสูง	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 38 kwh/day ในขณะที่มี Load ในการใช้งาน เฉลี่ยรายปี เท่ากับ 33 kwh/day ซึ่งถือว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ได้อย่างเพียงพอ และ มีการใช้ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าเสริมในช่วงฤดูฝน และในช่วงฤดูท่องเที่ยวที่บางวันมี Load ไฟฟ้าสูง	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 39 kwh/day ในขณะที่มี Load ในการใช้งานเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 20 kwh/day ซึ่งถือว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ได้อย่างเพียงพอ และ มีการใช้ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าเสริมในช่วงฤดูฝน และในช่วงฤดูท่องเที่ยวที่บางวันมี Load ไฟฟ้าสูง	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 30 kwh/day ในขณะที่มี Load ในการใช้งานเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 7.92 kwh/day ซึ่งถือว่าระบบผลิตไฟฟ้าสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ได้อย่างเพียงพอ และ มีการใช้ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าเสริมในช่วงฤดูฝน	คะแนน		คะแนน	
	จากแบบสอบถามเจ้าหน้าที่ พบว่าเจ้าหน้าที่ที่มีความคิดเห็นในด้านความรู้ ความเข้าใจในการใช้งาน , การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบผลิตไฟฟ้า ด้วยพลังงานสะอาด ในระดับปานกลาง ถึงระดับต่ำ ถึงร้อยละ 88 ส่วนที่มีความรู้ ความเข้าใจในระบบๆในการใช้งาน การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบ ผลิตไฟฟ้า อย่างดี มีเพียงร้อยละ 12	จากแบบสอบถามเจ้าหน้าที่ พบว่าเจ้าหน้าที่ที่มีความคิดเห็นในด้านความรู้ ความเข้าใจในการใช้งาน , การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบ ในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ ถึง 81.2 % ส่วนที่มีความรู้ ความเข้าใจระบบๆในการใช้งาน การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบ อย่างดี มีเพียง 18.8 %	คะแนน		คะแนน		คะแนน	
● ประสิทธิภาพของระบบ	จากแบบสอบถามเจ้าหน้าที่ พบว่าเจ้าหน้าที่ที่มีความคิดเห็นในด้านความรู้ ความเข้าใจในการใช้งาน , การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาด ในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ เพียง ร้อยละ 24.6 ส่วนที่มีความรู้ ความเข้าใจระบบๆในการใช้งาน การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบผลิตไฟฟ้า อย่างดี ถึงร้อยละ 75.4	จากแบบสอบถามเจ้าหน้าที่ พบว่าเจ้าหน้าที่ที่มีความคิดเห็นในด้านความรู้ ความเข้าใจในการใช้งาน , การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบ ในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ ถึง 81.2 % ส่วนที่มีความรู้ ความเข้าใจระบบๆในการใช้งาน การดูแลรักษา และซ่อมแซมระบบ อย่างดี มีเพียง 18.8 %	คะแนน		คะแนน		คะแนน	

2. ความพร้อมของผู้ใช้งานระบบ		คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยในแต่ละพื้นที่				
		คะแนน	จุดแข็ง	คะแนน	ห่วยหาแข็ง	คะแนน
ความต้องการของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าที่จะแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานที่ลดลง	จากแบบสอบถามกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 97.7 % , นักท่องเที่ยว 88 % ต้องการที่จะให้มีการนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด มาติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าในอุทยานนี้		จากแบบสอบถามกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 100 % , นักท่องเที่ยว 88 % และ เจ้าหน้าที่ 77.8% ต้องการที่จะให้มีการนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด มาติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าในอุทยานนี้		จากแบบสอบถามกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 100 % , นักท่องเที่ยว 96.6 % ต้องการที่จะให้มีการนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด มาติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าในอุทยานนี้	
	จากแบบสอบถามกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 86.1 % , นักท่องเที่ยว 74 % มีการยอมรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด แม้ว่าจะมีข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้าและใช้งานอยู่หลายประการ แต่ผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ให้การยอมรับมากกว่ากลุ่มที่ไม่ยอมรับ		จากแบบสอบถามกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 87.5 % , นักท่องเที่ยว 74 % และ เจ้าหน้าที่ 74.3% มีการยอมรับ ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด แม้ว่าจะมีข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้าและใช้งานอยู่หลายประการ แต่ผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ให้การยอมรับมากกว่ากลุ่มที่ไม่ยอมรับ		จากแบบสอบถามกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 88 % , นักท่องเที่ยว 81 % มีการยอมรับ ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด แม้ว่าจะมีข้อจำกัดในการผลิตไฟฟ้าและใช้งานอยู่หลายประการ แต่ผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ให้การยอมรับมากกว่ากลุ่มที่ไม่ยอมรับ	

ความพร้อมของผู้ใช้งานระบบ (ต่อ)	คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยในแต่ละพื้นที่				
	คะแนน	การระบุ	การระบุ	การระบุ	คะแนน
● การจัดการในการใช้ไฟฟ้า และทัศนคติการประหยัดพลังงานจากกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า ในการนำระบบผลิตไฟฟ้ามาใช้	ทางอุทยานได้มีการจัดการปรับในการใช้ไฟฟ้า และได้มีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองไฟสูง มีการจัดเวลาในการใช้ไฟฟ้า มีการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจากแบบสอบถาม กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 86.1 % และ นักท่องเที่ยว 75 % เห็นด้วยกับการจัดการในการใช้ไฟฟ้าของอุทยานให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจำกัดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินไฟสูงให้ใช้ลดลง	ทางอุทยานได้มีการจัดการปรับในการใช้ไฟฟ้า และได้มีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองไฟสูง มีการจัดเวลาในการใช้ไฟฟ้า มีการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจากแบบสอบถาม กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 78.5 % และ เจ้าหน้าที่ 74.1 % เห็นด้วยกับการจัดการในการใช้ไฟฟ้าของอุทยานให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจำกัดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินไฟสูงให้ใช้ลดลง	ทางอุทยานได้มีการจัดการปรับในการใช้ไฟฟ้า และได้มีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองไฟสูง มีการจัดเวลาในการใช้ไฟฟ้า มีการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจากแบบสอบถาม กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 81 % และ เจ้าหน้าที่ 88 % เห็นด้วยกับการจัดการในการใช้ไฟฟ้าของอุทยานให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจำกัดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินไฟสูงให้ใช้ลดลง	ทางอุทยานได้มีการจัดการปรับในการใช้ไฟฟ้า และได้มีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองไฟสูง มีการจัดเวลาในการใช้ไฟฟ้า มีการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจากแบบสอบถาม กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่ 88 % และ เจ้าหน้าที่ 81 % เห็นด้วยกับการจัดการในการใช้ไฟฟ้าของอุทยานให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด และจำกัดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินไฟสูงให้ใช้ลดลง	คะแนน

3. ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์	คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยในแต่ละพื้นที่					
	ตระруตา	คะแนน	ถูกระดิ่ง	คะแนน	ห้ำยหาแ่ง	คะแนน
• ค่ำ NPV (มูลค่าปัจจุบันสุทธิ) เหมาะสมในการลงทุนเมื่อ NPV มีค่าเป็นบวก			-5,249,018.60			
• ค่ำ IRR (อัตราผลตอบแทนภายใน) เหมาะสมในการลงทุนเมื่อ IRR มีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ใช้ในการลงทุน (12%)			-7.05 %			
• ค่ำ B/C Ratio (อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน) เหมาะสมในการลงทุนเมื่อ B/C Ratio มีค่ามากกว่า 1			0.59			

พื้นที่ที่ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาด / คะแนนตามลำดับความสำคัญของบริษัทในแต่ละพื้นที่					
4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้า	มาตรฐานการปลดปล่อยมลพิษทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15/2540	อุทยานแห่งชาติตะรุเตา		อุทยานแห่งชาติภูกระดึง	
		ตรวจวัดที่แหล่งกำเนิด	ตรวจวัดที่ปลายทางทั่วไป	ตรวจวัดที่แหล่งกำเนิด	ตรวจวัดที่ปลายทางทั่วไป
● มลพิษทางอากาศ (ppm)	มาตรฐานเฉลี่ย 1 ชม. ในบรรยากาศทั่วไป	CO = 30	0.02	928	20
		NO ₂ = 0.17	0	0	0
		SO ₂ = 0.30	0	4	0
● มลพิษทางเสียง (dBA)	- มาตรฐานค่าระดับเสียงสูงสุดในชุมชน (L _{max})=115 dBA - การได้ยินนานติดต่อกันไม่เกิน 7 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 92 dBA	ตรวจวัดเฉลี่ยรายชั่วโมง ที่เปิดระบบฯ ใช้งาน คือ 18.00 น.-22.00 น.	ตรวจวัดเฉลี่ยรายชั่วโมง ที่เปิดระบบฯ ใช้งาน คือ 18.00 น.-22.00 น.	ตรวจวัดเฉลี่ยรายชั่วโมง ที่เปิดระบบฯ ใช้งาน คือ 18.00 น.- 22.00 น.	
		93	98	101	
● การปนเปื้อนของคราบน้ำมันในดิน (mg/l)	มาตรฐานค่า Oil & Grease ใช้น้ำมันวิจี้ครั้งนี้ ต้องไม่เกิน 47,996	ตรวจวัด โดยกลุ่มแบบเจาะจงในบริเวณที่มีการปนเปื้อน	ตรวจวัด โดยกลุ่มแบบเจาะจงในบริเวณที่มีการปนเปื้อน	ตรวจวัด โดยกลุ่มแบบเจาะจงในบริเวณที่มีการปนเปื้อน	
		39,956	43,588	60,444	

คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยในแต่ละพื้นที่					
5. ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่	คะแนน	การตั้ง	การตั้ง	การตั้ง	คะแนน
พลังงานแสงอาทิตย์ ค่ามาตรฐานสำหรับประเทศไทย : ที่ความเข้มแสงตั้งแต่ 200 w/m² ขึ้นไป แสงโซลาร์เซลล์จะผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและ ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ อยู่ในช่วง 9 -13 %	จากการตรวจวัดความเข้มแสง พบว่าความเข้มแสงเฉลี่ย ในฤดูฝน 600w/m ² ช่วงฤดูร้อนและหนาว 900 w/m ² โซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยรายปี 168.32 kWh/ m ² .year และประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ประมาณ 9 %	จากการตรวจวัดความเข้มแสง พบว่าความเข้มแสงเฉลี่ยในฤดูฝน 500w/m ² ช่วงฤดูร้อนและหนาว 700 w/m ² โซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยรายปี 160 kWh/ m ² .year และประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ประมาณ 9 %	จากการตรวจวัดความเข้มแสง พบว่าความเข้มแสงเฉลี่ย ในฤดูฝน 300 w/m² ช่วงฤดูร้อนและหนาว 600 w/m² โซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ยรายปี 163.5 kWh/m² .year และประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ประมาณ 9 %	คะแนน	คะแนน
พลังงานลม ความเร็วลมเฉลี่ยของประเทศไทย : บริเวณชายฝั่งทะเลภาคใต้ด้านตะวันตก (อุทยานแห่งชาติตะรุเตา) มีค่าเฉลี่ย 15 km/hr ส่วนบริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง มีค่าเฉลี่ย 7 km/hr	จากการวัดความเร็วลมของกังหันลม ขนาด 10 kw ติดตั้งสูง 18 เมตร พบว่ามีความเร็วลมเฉลี่ยรายปี 2.32 -3.1 m/s ความเร็วลมสูงสุดช่วงฤดูมรสุม 7.642 m/s	จากการวัดความเร็วลมของกังหันลม ขนาด 2.5 kw ติดตั้งสูง 18 เมตร พบว่ามีความเร็วลมเฉลี่ยรายปี 2 -3.2 m/s ความเร็วลมสูงสุดช่วงฤดูมรสุม 7.241 m/s	ไม่ไดัติดตั้งกังหันลม	คะแนน	คะแนน

ความเหมาะสมของศักยภาพของแหล่งพลังงานในพื้นที่ (ต่อ)	คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยในแต่ละพื้นที่				
	ตะกูเตา	คะแนน	ภูกระดัง	ห้วยขาแข้ง	คะแนน
● การจัดหาน้ำมัน	การจัดหาน้ำมันสำหรับดีเซลเจนเนอเรเตอร์ : โดยการแข่งขันส่งทางเรือของทางอุทยาน เดือนละ 1 ครั้ง โดยขนน้ำมันเดือนละ 6 ถึง (ถึงขนาด 200 ลิตร) หรือ คิดเป็น 1,200 ลิตร/เดือน เสียค่าใช้จ่าย ในการจัดซื้อน้ำมันดีเซล 15,600 บาท/เดือน ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าได้ 48 kWh ปัญหา คือ ช่วงมรสุม ทะเลมีคลื่นแรง ทำให้ขนส่งน้ำมันลำบาก	การจัดหาน้ำมันสำหรับดีเซลเจนเนอเรเตอร์ : โดยการแข่งขันส่งทางเฮลิคอปเตอร์ของกองทัพอากาศ เดือนละ 1 ครั้ง โดยขนน้ำมันเดือนละ 6 ถึง (ถึงขนาด 200 ลิตร) หรือ คิดเป็น 1,200 ลิตร/เดือน เสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อน้ำมันดีเซล 15,600 บาท/เดือน ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าได้ 40 kWh ปัญหา คือ ในบริเวณทางอุทยานต้องขนน้ำมันเองเนื่องจากทางกองทัพอากาศจะย้ายฐานทัพไปที่อื่น	การจัดหาน้ำมันสำหรับดีเซลเจนเนอเรเตอร์ : โดยการแข่งขันส่งทางอุทยาน เดือนละ 1 ครั้ง โดยขนน้ำมันเดือนละ 3 ถึง(ถึงขนาด 200 ลิตร) หรือ คิดเป็น 600 ลิตร เสียค่าใช้จ่าย ในการจัดซื้อน้ำมันดีเซล 7,800 บาท/เดือน ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าได้ 50 kWh ปัญหา คือ ช่วงฤดูฝน ถนนถูกตัดขาดทำให้ขนส่งน้ำมันลำบาก	การจัดหาน้ำมันสำหรับดีเซลเจนเนอเรเตอร์ : โดยการแข่งขันส่งทางอุทยาน เดือนละ 1 ครั้ง โดยขนน้ำมันเดือนละ 3 ถึง(ถึงขนาด 200 ลิตร) หรือ คิดเป็น 600 ลิตร เสียค่าใช้จ่าย ในการจัดซื้อน้ำมันดีเซล 7,800 บาท/เดือน ดีเซลเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าได้ 50 kWh	



ประวัติ: ชื่อ ปรีดา วัฒนสุวดี

การศึกษา:

PhD (Hear Transfer)	University College London, 2509
DIC (Thermal Processes)	Imperial College London, 2506
Bsc (Eng) Hons, ACGI	Imperial College London, 2505

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา และ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย



ตำแหน่งปัจจุบัน:

ผู้อำนวยการและศาสตราจารย์
สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12121 โทรศัพท์: 986-9010

เกียรติคุณ:

มหาปรมาภรณ์ช้างเผือก
ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสถาน กรุงเทพฯ 10200
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รางวัลวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของมูลนิธิโทเร
วุฒิสถาปนิก กว. และ วสท.

กรรมการวิชาการและสมาคมวิชาชีพปัจจุบัน:

กรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ
กรรมการข้าราชการพลเรือนในมหาวิทยาลัย (กม.)
กรรมการสภามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สภามหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
สภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, สภามหาวิทยาลัยศรีปทุม ฯลฯ
ประธานคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิสถาปนิกวิศวกรรมศาสตร์ 2, กพ.
ประธานคณะกรรมการพลังงานและวิศวกรรมเครื่องกล, ราชบัณฑิตยสถาน
กรรมการบริหาร, บัณฑิตยสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ฯลฯ

ผลงานวิจัยและพัฒนา:

ด้านเทคโนโลยีพลังงาน เผยแพร่ในระดับชาติ และ นานาชาติกว่า 100 เรื่อง

ประวัติการทำงาน:

ศาสตราจารย์ ระดับ 11 สาขาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองอธิการบดีฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
คณะบดีคณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน เอไอที
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Mr. Chaya Jivacate

Mr.Chaya Jivacate is a retired senior officer of the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT); his last position was the Director of the Demand Side Management Office of EGAT. During 1996-1998, he was elected Secretary General of the Association of the Electricity Supply Industry of East Asia and The Western Pacific (AESIEAP). The AESIEAP activities included: General Assembly, Council Meetings and the 11th Conference on the Electric Power Supply Industry (CEPSI) held in Pattaya, in October 1998.

Mr. C. Jiyacate has been a special advisor on renewable energy to King Monkut's University of Technology, Thonburi, special advisor to the Energy Council of the Parliament, and executive board member of the Energy Technology Center of the National Science and Technology Development Agency. He is presently an in-house consultant on solar energy to the National Energy Policy Office (NEPO).

Graduated with a MSc in Microwave Physics from the University of Surrey, the UK in 1970, Mr. C. Jivacate has extensive work experience in the energy sector and is the founder of renewable energy projects for electricity generation of EGAT, starting around the year 1977. Major past achievements are, for example, the demonstration grid-connected power plant using geothermal (Chiang Mai province), wind turbine generators (Phuket province), the grid connected of PV/Hydro demonstration plant (Sa Kaeo Province), the Battery Energy Storage (BES) system (Chiang Mai province).

During 1998-1999, being then the Director of the Demand Side Management Office of EGAT, Mr. C. Jivacate was responsible for the campaigns on energy-efficient electrical appliances, the attitude creation program ("Green Learning room") and such pilot projects as Energy Service Company (ESCO), Load Research by using Non-Intrusive Appliance Load Metering System (NIALM), and DSM Information Center.

Curriculum Vitae

นายมานิตย์ ศิริวรรณ

Mr. Manit Siriwan

ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม รหัส Code No : 100

ตำแหน่ง / POSITION :

ผู้อำนวยการกองอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม

Director of Natural and Cultural Heritage Division.

สถาบัน / ORGANIZATION :

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

Office of Environmental Policy and Planning

ที่อยู่ / ADDRESS :

60/1 ซ. พิบูลวัฒนา 7 ถนนพระราม 6

แขวงสามเสนใน เขตพญาไท

กรุงเทพมหานคร 10400

60/1 Soi Phibun wattana Rama VI Rd.

Bangkok 10400

โทรศัพท์ / TEL : 270-1757, 272-3063

โทรสาร / FAX : 270-1757, 272-3047

EDUCATION BACKGROUND :

1967 : B. Arts, Architect. Silpakorn University

1672 : M. Arch, Architect, Howard University

PROFESSIONAL FIELDS OF EXPERIENCES :

15100 Resource management

16100 Human settlements management

16400 Socio - economic aspects of human settlements

FIELD OF INTEREST :

16500 Environmental aspects of human settlements

16300 Infrastructure and utilities

15200 Development planning

Prof. Dr. Soontorn Boonyatikarn

1. Personal Information :

Date of Birth April 27, 1949

Age 51 Years

2. Academic Background :

B.Arch. (Hons.) 1972 Chulalongkorn University

M.Arch. 1975 Pratt Institute U.S.A.

D. Arch (Architecture) 1982 The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, U.S.A.

3. Administrative Work :

1999

Department of developing and promoting Energy.

- chief, Accredited Consultants Club (Acs Club) Energy Research Institution

- Deputy director, Planning and Developing Department Of Energy Research Institution, Chulalongkorn University

2000 -

- Chief, subcommittee for considering offer of advisor companies

3.1 Teaching Experience :

2501372 MECH DSGN ARCH

2501676 SIMU TECH ARCH DSGN

2501680 BLDG TECH RESEARCH

2501677 ADV DSG INTGR WORK

2501679 BLDG TECH RESEARCH I

2501811 THESIS

3.2 Researches :

- สุนทร บุญญาธิการ (หัวหน้าโครงการ). บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. "การวิจัยประยุกต์ ประกอบการออกแบบอาคาร ประหยัดพลังงาน".

กรุงเทพ : โดยสถาบันวิจัย พลังงาน. 2539. 624 หน้า. (เงินทุนของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

- สุนทร บุญญาธิการ (หัวหน้าโครงการ). กุลธร ศิลปบรรเลง. สุวิทย์ บุญขานิชกุล. "การจัดทำฐานข้อมูลภูมิอากาศของประเทศไทย".

กรุงเทพมหานคร : โดย สถาบันวิจัยพลังงาน. 986 หน้า. (เงินทุนของงบประมาณแผ่นดิน)

- สุนทร บุญญาธิการ (หัวหน้าโครงการ). ธนิต จินดาวงศ์. "การใช้แผ่นสะท้อน ความร้อนซีเมนต์โมเนียกับบ้านพักอาศัยและอาคารทั่วไป ในสภาพภูมิอากาศ แปรอนขึ้นของประเทศไทย". กรุงเทพมหานคร : อัดสำเนาเข้าเล่ม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. 2538 141 หน้า.

(เงินทุนของ บ. ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด)

- สุนทร บุญญาธิการ (หัวหน้าโครงการ). ธนิต จินดาวงศ์. "การวิเคราะห์สภาวะนำ สายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย".

กรุงเทพ มหานคร : อัดสำเนาเข้าเล่ม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. 2536 111 หน้า (ทุนวิจัยจากกรมโยธา)

- Boonyatikarn, S. (Project Director and Co-Principle Investigator) "A Performance Evaluation of Cellulose sultan"

Sponsored by Suburban Insulation Co., November 1989 - July 1990.

- Boonyatikarn, S. (Perfect Director and Principle Investigator) " An Investigation of Passive Solar Home/office Building"

Sponsored by Maupin Construction, March - August 1989.

- Boonyatikarn, S. (Project Director and Principle Investigator). Smart Building Control Project OVRP,

University of Michigan and Outside Support 1987 - 1989.

- Boonyatikarn, S. (Co-Principal Investigator) Energy Cost Avoidance Project University of Michigan, Technical Group, Six- year Project 1983 - 1989

- Boonyatikarn, S. (Project Director and Principal Investigator) Energy Conservation Potential with Integral Control Systems, DRDA,

University of Michigan, 1986 - 1987.

- Boonyatikarn, S. (Co-Principal Investigator & Consultant) Energy RE : AAB Art and Architecture Building University Energy Committee and

School of Architecture, 1976 - 1988

- Boonyatikarn, S. (Co-Principal Investigator) Development of Decision Model for Evaluating the Cost

Performance of University Research Laboratory Facilities NSF, 1985 - 1987.

- Boonyatikarn, S. Research Investigator), Performance of the Water Conservation Systems Federal Office Building, Saginaw,

Michigan General Service Administration, 1982 - 1983.

- Boonyatikarn, S. (Co-Principal Investigator) Energy Audit/Analysis of UM Academic Building The University of Michigan at Flint,

Michigan, 1980 - 1981

- งานวิจัย ออกแบบ และวิเคราะห์ผล โครงการบ้านสาธิตประหยัดพลังงานแบบยั่งยืนเพื่อเป็นต้นแบบการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมของภูมิภาค

(อยู่ระหว่างดำเนินการ) 2542

- โครงการการศึกษาวิจัยผลกระทบการอนุรักษ์พลังงานจากการปลูกต้นไม้บังแดดให้กับอาคารเพื่อศึกษาอิทธิพลของต้นไม้ต่อการประหยัดพลังงาน

(อยู่ระหว่างดำเนินการ) 2542

- การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (อยู่ระหว่างจัดพิมพ์) เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2542

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

- การใช้ฉนวน (อยู่ระหว่างจัดพิมพ์) เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2542 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

- การใช้กระจก (อยู่ระหว่างการจัดพิมพ์) เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2542 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

4. Academic Services :

- อาจารย์ที่ปรึกษานิสิตระดับปริญญาตรี ปริญญาโท อาจารย์ฝ่ายควบคุมการสอน อาจารย์ฝ่ายควบคุมการสอบ

ตลอดจนกรรมการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ และกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ รวมถึงกรรมการทดสอบผู้สมัครเข้าศึกษาในบัณฑิตวิทยาลัย

- อาจารย์ฝ่ายควบคุมการสอบ ประจำปีการศึกษา 2537 - ปัจจุบัน

- กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2537- ปัจจุบัน

- กรรมการดำเนินงานปีการศึกษา ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2537 - ปัจจุบัน

- กรรมการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2537 - ปัจจุบัน

- กรรมการประเมินผลวิทยานิพนธ์ ประจำปีภาคปลายปีการศึกษา 2537

- อาจารย์ที่ปรึกษาของนิสิต ประจำปีการศึกษา 2538 - ปัจจุบัน

- กรรมการทดสอบผู้สมัครเข้าศึกษาในบัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2539 - ปัจจุบัน

- ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. Publications :

1. Boonyatikarn, S., "Energy Consumption : Comparative Analysis and Prediction," in Energy Conservation in Existing Commercial and Industrial Buildings. Proceedings Volume of ASHRAE Region V., Saginaw, Michigan, August, 1982.
2. Boonyatikarn, S., "The Impact of Building Envelopes on Energy Consumption and Energy Design Guidelines," in Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings II, Proceedings of ASHRAE/DOE Conference Las Vegas, December, 1982.
3. Boonyatikarn, S., Brandle, K., Wu, H.F., "Energy Management and Retrofit of Institutional Buildings" in Proceedings of CIB Congress 1983, Stockholm, August, 1983
4. Boonyatikarn, S., Wu, H.F., Engen, B., "Lighting Performance and Prediction of Fabric Roof Structure : A Case study of Unidome, Iowa, ISAFS," The Design Process Proceedings Vol. I, Orlando, Florida, November, 1984.
5. Boonyatikarn, S., Brandle, K., Rhee, E., Wu, H.F., "Opportunities and Constrains in the Redesign for Energy Conservation of the Art and Architecture Building, The University of Michigan". Building Redesign and Energy Challenges, General Proceeding. Boston, Massachusetts, November 15-17, 1985.
6. Brandle, K., Boonyatikarn, S., Dirkes, J.V., "Energy Management Versus Retrofit in Institutional Buildings," Building Redesign and Energy Challenges, General Proceeding, Boston, Massachusetts, November 15-17, 1985.
7. Boonyatikarn, S., "Performance of Air-Flow Envelopes," American Solar Society (ASES & SESci), 12th Passive Solar Conference Proceedings. Portland, Oregon, July 12-16, 1987.
8. Boonyatikarn, S., Brandle, K., and Jones, J.R., "The Load/Energy Method as an Evaluation Tool." Conference Proceedings on Efficiently, Productivity, and Profitability in Commercial and Institutional Buildings, Chattanooga, Tennessee, May 23-25, 1988, pp. 63-65.
9. Boonyatikarn, S., and Jones, J.R., "An Evaluation Tool for Determining Overall Building Efficiency," International Symposium, Energy Option for the Year 2000, Wilmington, Delaware, U.S.A., September 14-17, 1988 Vol.3 pp.131-1.137.
10. Boonyatikarn, S., and Jones, J.R., "Smart Building Control Strategies : Research and Application," American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., ASHARE Transactions 1989, Vol. 95, Part I, Atlanta, Georgia, January 1989.
11. Boonyatikarn, S., "The Integration of Technology and Design : An Analysis of Falling Water," Avant Garde 2, School of Architecture and Planning, University of Colorado, Denver, Summer edition, 1989, pp. 38 - 53.
12. Boonyatikarn, S., Malkawi, A. and Chen, H. "Airflow Simulation Techniques Using Fluid Mapping Table." 15 th Annual Passive Solar Conference, February 19 - 23, 1990, Austin, Texas.
13. สุนทร บุญญะธิการ. "สถาปัตยกรรมสำหรับอนาคต." อาษา วารสารสถาปัตยกรรม (พฤษภาคม 2539) : หน้า 12 - 16.
14. สุนทร บุญญะธิการ. "หนังสือจนกว่าความร้อน." อาษา วารสารสถาปัตยกรรม (กรกฎาคม 2539) : หน้า 70 - 80.
15. สุนทร บุญญะธิการ. "การเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน" วารสารพลังงาน (Journal of Energy) สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. (ฉบับพิเศษ/ 2537) : หน้า 28 - 51.
16. สุนทร บุญญะธิการ, "ปัญหาการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อประหยัดพลังงาน". วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฉบับพิเศษครบรอบ 60 ปี ประจำปีการศึกษา 2536) : หน้า 8 - 15.
17. สุนทร บุญญะธิการ. "การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศ ร้อนชื้นแบบเมืองไทย." วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (ฉบับพิเศษครบรอบ 60 ปี ประจำปีการศึกษา 2536) : หน้า 16 -
18. สุนทร บุญญะธิการ. "การออกแบบการเลือกใช้วัสดุและเทคโนโลยี เพื่อการประหยัด พลังงานในอาคาร" เอกสารประกอบการสัมมนา การอนุรักษ์พลังงานและเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคาร ณ บางกอกคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลพลาซ่า, 20 ตุลาคม 2534.
19. Boonyatikarn, S., Surprenant, Lisa., "Energy Economy and Energy Conservation Potential," in Energy and Environmental Challenges in Central Asia and the Caucasus, Windows for Co- Operation, Page 243 - 253., Tata Energy Research Institute, New Delhi, India, 1996.
20. Jones, J.R. M. Luther and S. Boonyatikarn, "Thermal Performance in a Large Multi-Story Atrium," 15 th Annual Passive Solar Conference Proceedings, Austin, Texas, February 19 - 23, 1990
21. Duecker, W. and Boonyatikarn, S. "Micro-Climate Variation Within a Built-up Area" 15 th Annual Passive Solar Conference Proceedings, Austin, Texas February 19 - 23, 1990.

22. Gallegos, P., Boonyatikarn, S. and Schwartz, The Kimball Art Museum : "A Case Study Approach to Architectural Technology" ACSA National Conference Proceedings, University of Southern California, February 1990.
23. Boonyatikarn, S., Brandle, K., Rhee, E., Wu, H.F. "Opportunities and Constraints in the Redesign for Energy Conservation of the Art and Architecture Buildings, The University of Michigan," in Building Redesign and Energy Challengers, Conference Proceedings, Boston, MA, Nov. 15 - 17, 1984.
24. Brandle, K., Boonyatikarn, S., Dirkes, J.V. "Energy Management Versus Retrofit in Institutional Buildings". Building Redesign and Boston, Massachusetts, November 15 - 17, 1985.
25. Elsioufi, M.M., Boonyatikarn, S. "Physical Modeling for Thermal Analysis of the Urban Built Environment" 12 th Passive Solar Conference Proceedings Portland, Oregon, July 12 - 16, 1987.
26. Al - Mugren, K.A., Boonyatikarn, C. "Orientation of Wind Catchers for Efficient Natural Ventilative Cooling in Hot Arid Regions" 12 th Passive Solar Conference Proceedings Portland, Oregon, July 12 - 16, 1987.
27. Boonyatikarn, S., Brandle, K., and Jones, J.R. "The Load / Energy Method as an Evaluation Tool" Conference Proceedings on Efficiency, Productivity, and Profitability in Commercial and Institutional Buildings, Chattanooga, Tennessee, May 23 - 35, 1988 pp. 63 - 65.
28. Jones, J.R. and Boonyatikarn, S. "Application of Analysis Tool for Energy Cost Reduction." , in Energy -An Integrated Approach, Conference Proceeding on Efficiency , Productivity, and Profitability in Commercial and Institutional Buildings. Chattanooga, Tennessee,
29. Brandle, K., Boonyatikarn, S., and Mandernack, D. "The Energy Cost Avoidance Project at the University of Michigan," Energy - An Integrated Approach. Conference Proceedings on Efficiency, Productivity, and Profitability in Commercial and Institutional Buildings Chattanooga, Tennessee, May 23 - 25, 1988. pp. 163- 170.
30. Boonyatikarn, S., and Jones, J.R. "An Evaluation Tool for Determining overall Building Efficiency International Symposium," Energy Option for the Year 2000, Wilmington, Delaware, USA, September 14 - 17, 1988 Vol. 3, pp. 3.131 - 3.137.
31. Jones, J.R. and Boonyatikarn, S., "Application of Smart Building Control Strategies, International Symposium" , Energy Option for the Year 2000, Wilmington, Delaware , USA. September 14 - 17 1988, Vol. 3 pp. 3.41 - 3. 48.
32. Boonyatikarn, S. "Building Thermal Unit Simulator : A Research and Education Facility". 13 th National Passive Solar Conference American Solar Energy Society, Cambridge, Massachusetts, June, 1988, Vol. 13 pp. 192 - 197.
33. Jones, J.R. and Boonyatikarn, S. "Research in Building System Control", Conference Proceedings of the 1988 Annual Meeting, ASES, Cambridge, Massachusetts, June 20 - 24, 1988.
34. Boonyatikarn, S., and Jones, J.R. "Smart Building Control Strategies : Research and Application." American Society of Heating, Refrigeration and Air - Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE Transactions 1989, Vol. 95 Part 1, Atlanta, Georgia, January 1989.
35. Jones, J.R. and S. Boonyatikarn. "Energy Consumption Analysis for an Underground Library." 14 th Passive Solar conference Proceedings Denver, Colorado June 19 - 22, 1989, pp. 109 - 115. (Nominated Best Conference Paper)
36. Boonyatikarn, S. "The Integration of Technology and Design : Analysis of Fallingwater" in Avant Grade 2, School of Architecture and Planning University of Colorado, Denver Summer Edition, 1989, pp. 38 - 53
37. Gallegos, P. and Boonyatikarn, S. "an Integrated Case Study in Building Technology", ACSA Technology Institute : Construction and Materials, Harvard University, August 1989.
38. Jones, J.R. and Boonyatikarn, S., "An Overall Building performance", American Society of Heating Refrigeration and Engineers, Inc., ASHRAE Transaction Vol. 96, Part 1, Atlanta, Georgia, December 1989,
39. Boonyatikarn, S. et al, " Opportunities and Constraints in the Redesign for Energy Conservation of the Art & Architecture Building The University of Michigan" in Building Redesign and Energy Chllenges, Conference Proceedings, American Institute of Architects, Washington, D.C., 1984, pp. 23 - 29

BIO-DATA

Name: Jongjit Hirunlabh **Sex:** Female
Date of Birth: 13 May 1955
Nationality: Thai
Marital Status: Married
Children: 1 son 1 daughter
Profession: Chairman of Energy Technology Division
 Dean of School of Energy and Materials.
Home Address: 314/17 Pracha-Utit Road Moo 5 Bangkok 10140 Thailand

Education: 1977 B.Sc. Chem & Math, Chulalongkorn University, Thailand.
 1981 M.Bc. Energy Tech, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Thailand.
 1985 Diploma, French language, IAM, Montpellier, France.
 1986 Diploma(Post Grd.), Solar Energy, Universite de Perpignan, France.
 1988 Doc. De 3^{ème} cycle, Energy, Universite de Nice, France.
 1991 Doc.Eng.Sc., Energy Tech, Universite de Nice-Sophia Antipolis, France.
 1991 Post Doct., Energy Tech.(Solar Energy), Universite de Perpignan, France.

Present Appointment: Associate Professor of Energy Technology
 Chairman of Energy Technology
 School of Energy and Materials
 King Mongkut's University of Technology Thonburi
 91 Phacha-utit Road, Bangmod, Thungkru,
 Bangkok 10140 Thailand.
 Tel : (662)470-8621 Fax : (662)427-9062
 E-mail: jongjit.hir@kmutt.ac.th

Languages: Ability to read, write and speak : French, English and Thai.

Past Experience:

1982 - 1984 Secretary, Bio Technology Division, School of Energy and Materials, KMITT, Thailand.
 1989 - 1992 Secretary, Energy Technology Division, School of Energy and Materials, KMITT, Thailand.
 1990 - 1993 Assistant Professor in Energy Technology, Programme. School of Energy and Materials, KMITT.
 1992 - Present Chairman of Energy Technology Division
 Associate Professor of Energy Technology
 School of Energy and Materials, KMUTT, Thailand
 1993 - Present Associate Professor in Energy Technology Programme
 School of Energy and Materials, KMUTT.
 1994 - 1996 Associate Dean for Academic Affairs
 1998 - Present Dean of School Energy and Materials

Other Responsibilities:

Committee of working group of renewable energy
 Committee of working group of solar thermal processes
 Committee of working group of standards association of Thailand for solar water heaters.

Fields of Specialization:

Solar Energy :

- Solar radiation
- Solar thermal processes and applications
- Solar drying system for fish and meat
- Solar drying system for fruits and vegetables
- Passive solar system and design

Energy conservation :

- Heat mirror coating by spray pyrolysis process
- Heat mirror coating by chemical vapor deposit process
- Heat mirror coating by sol gel process

Biotechnology:

- Bioleaching technology

Product recovery:

- Recovery of chemicals from the gas currently wasted in charcoal production in Thailand

Bio-mass Energy :

- Production of activated carbon from rice husk

Professional Membership:

-

Publications: 40 paper of which 20 were published in International Journals.

List of Selected Publications

PUBLICATIONS

1. J. Khedari, K. Sathapornprasath and J. Hirunlabh
"Development of a multi-purpose solar water wall", to be published in *Int. J. of Ambient Energy*, (2000).
2. P. Yodovard, J. Khedari and J. Hirunlabh
"The potential of waste heat thermoelectric power generation from diesel cycle and gas turbine cogeneration plants", accepted for publication in *Energy Sources* (2000).
3. J. Khedari, N. Yamtraipat, N. Pratinthong and J. Hirunlabh
"Thailand ventilation comfort chart", *Energy & Buildings*, Vol.32, pp.245-249 (2000).
4. J. Hirunlabh, S. Wachirapuwadon, N. Pratinthong and J. Khedari
"New configurations of roof solar collector maximizing natural ventilation", *Energy and Environment*, p.1-9 (2000).
5. J. Khedari, B. Boonsri and J. Hirunlabh
"Ventilation impact of a solar chimney on indoor temperature fluctuation and air change in a school building", *Energy & Buildings*, Vol.32, p.89-93 (2000).
6. J. Khedari, J. Waewsak, S. Thepa and J. Hirunlabh
"Field investigation of night radiation cooling under tropical climate", *Renewable Energy An Int.J.* Vol.20, p.183-193 (2000).
7. J. Khedari, N. Pratinthong, J. Hirunlabh, L. Elegant and M. Daguenet
"Long-term sizing of concrete solar collectors", *Revue Internationale D'Helio technique COMPLES*, N° 20, pp. 3-24 (1999).

8. J. Hirunlabh, S. Lorstichandr, K. Kirtikara and R.D. Pynn
"The preparation of tin oxide film heat mirrors by a sol gel process, to be published in **ASEAN Journal Science and Technology for Development**, (1999).
9. J. Hirunlabh, S. Thiebrat and J. Khedari
"Chilli and garlic drying by using waste heat recovery from geothermal power plant" to be published in **RERIC Journal**, (1999).
10. J. Khedari, W. Mansirisub, S. Chaima, N. Pratinthong and J. Hirunlabh
"Field measurement of performance of roof solar collector", **Energy & Buildings**, Vol.31 p.171-178 (1999).
11. J. Hirunlabh, W. Kongduang, P. Namprakai and J. Khedari
"Study of natural ventilation of houses by a metallic solar wall under tropical climate", **Renewable Energy an International Journal**, Vol. 18, p.109-119 (1999).
12. S. Thepa, K. Kirtikara, J. Hirunlabh and J. Khedari
"Improving indoor conditions of a Thai-Style mushroom house by means of evaporative cooler and continuous ventilation", **Renewable Energy an International Journal**, Vol. 17, July, p.359-369(1999).
13. J. Khedari, S. Kaewruang, J. Hirunlabh and N. Pratinthong
"Natural Ventilation of Houses by a Trombe Wall under the climatic conditions in Thailand ", **International Journal of Ambient Energy**, Vol.20 No.2, April, p.85-94 (1999).
14. J. Hirunlabh, C. Asasutjarat and J. Khedari and S. Chindaruksa
"Chilli drying by producer gas from an up-flow gasifier", the **Thai Engineering Journal for Research and Development** , Vol.10, No.1, p.68-77 (in Thai) (1999).
15. J. Khedari, C. Lertsatitthanakorn, N. Pratinthong and J. Hirunlabh
"The modified Trombe wall : A Simple ventilation means and an efficient insulating materials", **Int.J. of Ambient Energy**, Vol.19, No.2, April, p.104-110 (1998).
16. J. Hirunlabh, S. Suthateeranet, K. Kirtikara and Ralph D. Pynn
"Development of a spray pyrolysis coating process for tin oxide film heat mirrors", **Thammasat International Journal Science Technology**, Vol.3, No. 2, July, p.10-20 (1998).
17. J. Hirunlabh, R. Sarachitti, and P. Namprakai
"Estimating solar radiation at the earth's surface from satellite data", **Thammasat International Journal Science Technology**, Vol.3, No. 2, July, p.69-73 (1998).
18. J. Hirunlabh, S. Keereelird, J. Khedari and R. Pairintra
"Performance of garlic drying by solar energy combined with producer gas", **KMUTT Research and Development Journal**, Vol. 21 No. 1 July, p.23-32 (1998).
19. R. Sarachitti, P. Namprakai and J. Hirunlabh
"Study of Solar Radiation with Estimating from Satellite Data", **Thai Engineering Journal for Research and Development** ,Vol. 8 No.2, p.41-49 (1998).
20. J. Tiansuwan, J. Hirunlabh and T. Kiatsiriroat
"Mathematical Model of an Activated Carbon-Ethanol Refrigerator", **Thammasat International Journal Science Technology**, Vol.3, No. 1, p. 66-71, January (1998).

21. J. Hirunlabh
"Overview of renewable energies for future development in Thailand", **RERIC International Energy Journal** Vol. 19 No. 2, December, pp.89-101 (1997).
22. J. Hirunlabh, T. Paraboon, S. Pairintra, P. Namprakai and J. Khedari
"A new type of modular dryer combining solar energy and producer gas", **International Journal of Drying Technology** Vol.15(3&4), pp.1203-1211 (1997).
23. J. Khedari, J. Hirunlabh and T. Bunnag
"Experiment study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new habitations", **Energy & Buildings Journal** Vol.26/2 pp.159-166 (1997).
24. P. Namprakai, J. Hirunlabh and T. Kiatsiriroat
"Ethyl alcohol distillation in basin solar still", **International Journal of Renewable Energy**, Vol.11, p. 169-175, (1997).
25. J. Hirunlabh, V. Tia, S. Janjai and S. Chindaruksa
"The Development of drying squid with a solar modular dryer", **Thai Engineering Journal for Research and Development**, Vol. 6 No.2 p. 11-20 (in Thai) (1996).
26. J. Hirunlabh, K. Kirtikara and P. Vicharnrathakan
"Preparation of heat mirror by spray pyrolysis", **Thai Engineering Journal for Research and Development**, Vol. 6 No.1 p. 66-75 (in Thai) (1996).
27. J. Tiansuwan, T. Kiatsiriroat and J. Hirunlabh
"Activated carbon-ethanol : An alternative working substance for adsorption cooling system", **Journal of Energy, Heat and Mass Transfer**, Vol. 17, p. 65-73 (1995).
28. J. Khedari, J. Hirunlabh and M. Daguenet
"GJ-Chart : A simple design method for partial solar heated polyvalent modular dryers with heat exchanger", **International Journal of Solar Energy**, Vol. 14, p 155-167 (1994).
29. S. Thepa, K. Kirtikara, T. Kiatsiriroat and J. Hirunlabh
"Study on calibration of a reference cell for a single crystalline silicon cell commercially produced in Thailand", **Research and Development Journal of The Engineering Institute of Thailand**, Vol. 4 (2), p 47-57 (in Thai) (1993)
30. T. Kiatsiriroat, P. Namprakai, and J. Hirunlabh
"Performance estimation of a PV water-pumping system with utilizability function", **International Journal of Energy Research**, Vol. 17, p 305-310. (1993)
31. J. Khedari, J. Hirunlabh, J. Khedari, et M. Daguenet
"D-Abaque : Une simple methode de dimensionnement d'un systeme de chauffage domestique partiellement solaire utilisant un mur capteur-accumulateur", **Revue Generale de Thermique, E.E.T.I.**, No. 337, p 253-258. (in French) (1993).
32. J. Khedari, J. Hirunlabh, and M. Daguenet
"GJ- Chart : A simple design method of the partial solar modular polyvalent dryers, **International Journal of Solar Energy**, Vol. 13, p. 261-275. (1993).
33. J. Hirunlabh, J. Khedari, and M. Daguenet
"J-Chart method in designing a partially solar heated dryer", **International Journal of Solar Energy**, Vol. 11, p. 91-105. (1992).

34. J. Hirunlabh , S. Tirawanithakul , S. Soponronnarit
 "Strategies for drying soybean in batch", **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, vol 14, No. 1, p 33-46. (in Thai) (1992).
35. S. Soponronnarit, D. Nattawut, J. Hirunlabh, P. Namprakai and S. Thepa
 " Computer simulation of solar energy assisted fruit drying", **Thai Engineering Journal for Research and Development** Vol 3, No.1, p. 1-12. (in Thai) (1992).
36. S. Soponronnarit, D. Nattawut, J. Hirunlabh, P. Namprakai and S. Thepa
 "Computer simulation of solar energy assisted fruit drying", **RERIC International Energy Journal**, Vol. 14, No. 1, p. 59-70. (1992).
37. J. Khedari, J. Hirunlabh, J. Khedari and M. Daguene
 "Conception d'un nouveau systeme de sechage modulaire polyvalent utilisant un mur capteur-accumulateur", **COMPLES-Revue Internationale d'Heliotechnique**, No. 5, p. 1-29. (in French) (1992).
38. J. Khedari, J. Hirunlabh and B. Fabre
 " Theoretical management of the deferred heat supplied by a composite Trombe wall using a porous concrete", **Energy and Buildings Journal**, No. 17, p 201-211. (1991).
39. J. Khedari , J. Khedari , J. Hirunlabh and M. Daguene
 "Modele numerique de fonctionnement d'un mur capteur-accumulateur en beton poreux", **Revue General de Thermique**, E.E.T.I., No. 360, p 757-764. (in French) (1991).
40. J. Hirunlabh and M. Daguene
 " J-chart method in designing a partially solar heated dryer", **Journal of Energy, Heat and Mass Transfer**, Vol.13, p 31-45. (1991).
41. J. Hirunlabh, S. Keovimol, S. Janjai , J. Khedari, M. Daguene and L. Elegant
 " Method graphite de dimensionnement de la surface d'insolateurs assurant, a la converture solaire d'un sechoir a chauffage partialement solaire, une valeur choisie", **COMPLES-Revue Internationale d'Heliotechnique**, Nouvelle Serie, No. 1, 1990, p. 2-7 (in French) (1990).
42. P. Namprakai, S. Thepa and J. Hirunlabh
 "Statistical estimation of solar radiation for Bangkok Thailand", **KMITT Research and Development Journal**, Vol. 12 No.2 p. 42-61 (in Thai) (1990).
43. P. Namprakai and J. Hirunlabh
 " A study of hourly to daily radiation ratio correlation's at Bangkok Thailand", **KMITT research and Development Journal**, Vol. 12 No.1 p. 40-51 (in Thai) (1989).
44. K. Krisangkura and J. Hirunlabh
 " Activated carbon for rice husk", **Journal of Sciences, Thailand**, p. 276-284. (in Thai) (1984).
45. M. Tanticharoen and J. Hirunlabh
 "Extraction and removal of mineral by bioleaching techniques" **KMITT Research and Development Journal** Vol. 6, No.1, p. 127-137. (in Thai) (1983).

COMMUNICATIONS

1. R. Sarachiti, J. Hirunlabh and J. Khedari
 "3-D modelling of solar chimney-based ventilation system for building", **World Renewable Energy Congress-VI**, 1-7 July, UK pp.690-693 (2000)
2. J. Waewsak, J. Hirunlabh and J. Khedari
 "Designing of a Thai bio-climatic roof" **World Renewable Energy Congress-VI**, 1-7 July, UK pp.1830-1833 (2000)
3. C. Lertsatithanakorn, R. Sarachiti, J. Hirunlabh, J. Khedari and H. Scherrer
 "Numerical investigation on the performance of free convected thermoelectric air conditioner", **ICT 2000 Congress**, July, UK (2000).
4. S. Ingkawanich, J. Hirunlabh and J. Khedari
 "Design of a simple system to enhance the role of roof solar collector", **The 38th Kasetsart University Annual Conference**, February, (in Thai) (2000).
5. S. Panbunnak, J. Hirunlabh and J. Khedari
 "Development of a solar grill", **The 38th Kasetsart University Annual Conference**, February, (in Thai) (2000).
6. S. Punyasompuk, J. Hirunlabh and J. Khedari
 "Development of a solar rice cooker", **The 38th Kasetsart University Annual Conference**, February, (in Thai) (2000).
7. J. Khedari, J. Khedari, G. Csurka and J. Hirunlabh
 "General analytical modelling of heat transfer in isotropic solid materials under periodic steady regime", **CCM'98**, July, Lyon, France (1999)
8. J. Waewsak, S. Thepa and J. Khedari
 "Feasibility study of night radiation cooling in Thailand", **The 37th Kasetsart University Annual Conference**, February, pp. 107-112 (in Thai) (1999).
9. B. Boonsri, J. Hirunlabh and J. Khedari
 "Indoor temperature fluctuation and induced air change of room naturally ventilated by solar chimney", **The 37th Kasetsart University Annual Conference**, February, (1999).
10. N. Yamtraipat, N. Pratinthong, J. Hirunlabh and J. Khedari
 "Thailand ventilation comfort chart", **The 37th Kasetsart University Annual Conference**, February, (1999).
11. J. Khedari, J. Khedari, G. Csurka and J. Hirunlabh
 "General analytical modelling of heat transfer in isotropic solid materials under periodic steady regime", **CCM'98**, Lyon, France, July, (1999).
12. J. Khedari, S. Kaewruang, J. Hirunlabh and N. Pratinthong
 "Natural Ventilation of Houses by Trombe Wall", **Proceedings of the SECOND ASEAN RENEWABLE ENERGY CONFERENCE**, Phuket, 6-9 Novembers (1997).

13. J. Khedari, W. Kongduang, N. Pratinthong and J. Hirunlabh
"Experimental Study of Performance of a Metallic Solar Wall Towards the Natural Ventilation of Dwelling", Proceedings of the **SECOND ASEAN RENEWABLE ENERGY CONFERENCE**, Phuket, 6-9 Novembers (1997).
14. J. Khedari, S. Chaima, J. Hirunlabh and N. Pratinthong
"Investigation of Performance of Roof Solar Collector" Proceedings of the **SECOND ASEAN RENEWABLE ENERGY CONFERENCE**, Phuket, 6-9 Novembers (1997).
15. N. Pratinthong, C. Lertsatitthanakorn, J. Hirunlabh and J. Khedari
"Feasibility Study of Inducing Natural Ventilation and Reducing Heat Transmitted Into Housing by Using a Modified Trombe Wall" Proceedings of the **SECOND ASEAN RENEWABLE ENERGY CONFERENCE**, Phuket, 6-9 Novembers (1997).
16. N. Pratinthong, J. Khedari, J. Hirunlabh, S. Wachirapuwadon and M. Daguene,et,
"Long-term sizing of concrete solar collector", Proceedings of the **International Thermal Energy & Environment Congress, ITEEC 97**, 9-12 june, Marrakesh, Morocco, pp 855-860 (1997)
17. S. Wachirapuwadon, J. Hirunlabh, N. Pratinthong and J. Khedari,
"A new design of roof solar collector" Proceedings of the **International Thermal Energy & Environment Congress, ITEEC 97**, 9-12 june, Marrakesh, Morocco, pp861-866 (1997)
18. J. Khedari, N. Pratinthong, S. Wachirapuwadon, and J. Hirunlabh
"Numerical study of performance of concrete solar collector", Proceedings of the **First ArabMechanics Congress CAM 97**, June 1-3, Damuscus, Syria, p.469-474 (1997).
19. J. Hirunlabh, S. Wachirapuwadon, N. Pratinthong, and J. Khedari
"An improved design of passive roof solar collector", Proceedings of the **First Arab Mechanics Congress CAM 97**, June 1-3, Damuscus, Syria p.475-480 (1997).
20. C. Asasutjari, J. Hirunlabh, J. Khedari, R. Pairintra and S. Chindaruksa
"Chilli drying by producer gas from an up-flow gasifier", Proceedings of the **International Conference on Food Industry Technology and Energy Applications**, November 13-15, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, p. 69-74 (1996).
21. P. Namprakai, J. Hirunlabh, and T. Kiatsirirot
"Mathematical model of ethanol distillation in basin solar still", Proceedings of the **International Conference on Food Industry Technology and Energy Applications**, November 13-15, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, p. 298-305 (1996).
22. R. Pairintra, J. Hirunlabh, J. Khedari and S. Keereelird
"Performance of garlic drying by solar energy combined with producer gas", Proceeding of the **International Conference on Food Industry Technology and Energy Applications**, November 13-15, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, p.293-297 (1996).
23. J. Khedari, J. Hirunlabh and T. Bunnag
"Experiment study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new habitations" Proceedings of **World Renewable Energy Congress IV** 15-21 June, Denver, Colorado, U.S.A p. 335-338 (1996).

24. A. Pratoto , M. Daguenet , B. Zeghmatti , J. Hirunlabh and H. Abdurrachim
"A simplified method for sizing a solar dryer for natural rubber sheet", **Proceedings of 6th ASEAN Conference on Energy Technology**, Central Plaza Hotel, 28-30 August, Bangkok, Thailand. p.404-411 (1995).
25. P. Theerapong , J. Hirunlabh, P. Namprakai, J. Khedari and R. Pairintra
"Beef drying by solar energy combined with producer gas", **Proceedings of 6th ASEAN Conference on Energy Technology**, Central Plaza Hotel, 28-30 August, Bangkok, Thailand. p. 380-387 (1995).
26. T. Kiatsiriroat and J. Hirunlabh
"Renewable energy education in Thai universities", **Proceedings of the 4th International Symposium Renewable Energy Education, Energy Technology**, Asian Institute of Technology, 12-14 December. (1994).
27. J. Hirunlabh and T. Kiatsiriroat
"Renewable energy policy and development in Thailand", **Proceedings of the Workshop on Small-Scale Energy Production**, Rome Italy, 12-16 December. (1994).
28. J. Hirunlabh, P. Namprakai, and J. Santisirisomboon
"Assessment of Solar Radiation for Thailand", **Proceedings of International Workshop : Calculation Methods for Solar Energy Systems**, University of Perpignan, France, 29-30 September. (1994)
29. J. Hirunlabh, P. Namprakai , and J. Santisirisomboon
" Solar radiation estimation program", poster presented at **The First International Congress on Science and Technology** for Indochina, The United Nations Conference Centre, Bangkok, Thailand, 18-24 August. (1994).
30. J. Hirunlabh
" Energy and Environment in Thailand," **Proceedings of APEC Energy R&D and Technology Transfer Seminar**, Taipei International Convention Center, Chinese Taipei, Taiwan, R.O.C. 1-3 February. p. 178-191 (1994)
31. P. Namprakai, and J. Hirunlabh
" Solar radiation in Thailand", **Proceedings of Research and Development Science and Technology**, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok. 20-21 May. (1993).
32. S. Janjai and J. Hirunlabh
" Experimental study of solar fruit dryer", **Proceedings of the ISES Solar World Congress**, Budapest Hungary, 23-27 August. (1993)
33. J. Khedari, J. Hirunlabh, and M. Daguenet
" A design method for partial solar heated modular polyvalent dryers", **Proceedings of Energy Perspectives in Plantation Industry**, Planters Energy network, p.341-359. (1993).
34. P. Vicharnrathakan , J. Hirunlabh, C. Koompai, S. Chinsakoltanakorn , A. Petirakaskul , C. Nitipanyawong and K. Kirtikara
"Preparation of heat mirror coatings by spray pyrolysis process", **Proceedings of The First Chemical Engineering Conference**, Bangkok, 17-19 December. (in Thai) (1990).

35. P. Manthachitra, S. Chinsakoltanakorn, C. Nitipanyawong, J. Hirunlabh, C. Koompai, A. Petiraksakul and K. Kirtikara
"PCB Through-Hole Plating", Proceedings of The First Chemical Engineering Conference, Bangkok, 17-19 December, (in Thai) (1990).
36. J. Hirunlabh, S. Vachiramon and S. Soponronnarit
"The effects of air temperature air flow rate and bed thickness in drying soybean", Proceedings of the thirteenth ASEAN seminar on grain post harvest technology, Brunei Darussalam, 4-7 September, p. 63-76. (1990).
37. K. Krisangkura and J. Hirunlabh
" Activated carbon for rice husk", Journal of Sciences, Thailand, p. 276-284. (in Thai) (1984).
38. K. Krisangkura and J. Hirunlabh
" Activated carbon for rice husk", Annual report 1983 of ASEAN Working Group on the Management and Utilization of Food Waste Materials Supported by ASEAN committee on science technology. p. 556-575. (1983).
39. M. Tanticharoen, N. Supachanya and J. Hirunlabh
"Recent R&D activities on fermentation technology in Thailand", Proceedings of the Second ASEAN Workshop on Fermentation Technology Applied to the Utilization of Food Waste Materials, Cebu City, Philippines, 6-9 October, p. 73-81. (1983).
40. G. Thompson and J. Hirunlabh
"Recovery of chemicals from the gas currently wasted in charcoal production in Thailand", Proceedings of the Second Asian School of Solar Energy Harnessing, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 6-16 December. (1983).
41. J. Hirunlabh and M. Tanticharoen
"Enhanced desolation of oil shale by bioleaching", Proceedings of the Second Seminar on Technology for Rural Development, Khonkaen University, Thailand, 16-17 February, p. 117-133. (in Thai) (1982).
42. J. Hirunlabhand and M. Tanticharoen
"Removal of carbonate for oil shale by bioleaching", Proceedings of the Third Symposium on Non-Conventional Energy and Application, Technological Promotion Association (Thai-Japan) and King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 3-5 November, p. 19-35. (in Thai) (1981).

14/09/2000

Curriculum Vitae

FULL NAME : Chaiwat POLLAP
DATE OF BIRTH : December 25, 1964
NATIONALITY : Thai
EDUCATION : M.Eng. (Energy, Electrical Engineering) Chulalongkorn University, 1992
B.Eng. (Electrical Engineering) Chulalongkorn University, 1987
MS.5 Certificate, Sam Sen Vitthayalai School , 1983

THESIS :

1. Bachelor's Preproject : "Emergency lighting Unit for 20 w. Fluorescent"
Advisor - Prof. Dr.Mongkol Dejnakinatra, Chulalongkorn University, Bangkok, 1987.
2. Master's Thesis : "Large Induction Motor Starting in Cogeneration System",
Advisor - Prof. Dr. Charuay Boonyubol, Chulalongkorn University, Bangkok, 1992

MEMBERSHIP OF :

1. The Board for Control of The Engineering/ Architectural Profession
2. The Engineering Institute of Thailand

C. POLLAP

PROFESSIONAL EXPERIENCE :

- 1999 – Present **THAILAND**, South East Asia University, Part Time Lecturer
- Lecture for Power System Protection, Power System Analysis.
- 1999 – Present **THAILAND**, Enervision Co.,Ltd. Energy Spacialist
- Responsible for information research on energy-efficient and Renewable Energy technology.
- June 1995 - 2001 **THAILAND**, the National Energy Policy Office, Office of the Prime Minister
Project Assesment Consultant : Energy Conservation Plan - Voluntary Program
- Function and Responsibility
- Perform, according to the Program Regulations, the technical, financial and economic evaluation of project proposals, advise on subsidies and contracts procedure.
 - Monitor and evaluate on funded project implementaion, report on progress and/or obstacles faced during implementing, suggest comprehensive solutions to problems.
- Some projects under responsibility
- National Biogas Dissemination Program for Medium and Large Scale Livestock Farms in Thailand : Phase 1 and Phase 2
Project. Owner : Chiang Mai University
Duration : Phase 1 : 1995-1198, Phase 2 : 1997-2002
Budget : Phase 1 : 22.401439 million baht, Phase 2 : 101.32298 million baht
Implement anaerobic digestion technology (low rate Channel digester and Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor, UASB) and series wetlands system for large livestock farms to increase renewable energy use and wastewater treatment. Total digestion system volume are 10,000 cu.m. for Phase 1 and 40,000 cu.m. for Phase 2.
 - National Biogas Dissemination Program for Small Scale Livestock Farms in Thailand : Phase 1 and Phase 2
Project. Owner : Department of Agricultural Extension
Duration : Phase 1 : 1996-1198, Phase 2 : 1998-2003
Budget : Phase 1 : 10.6532 million baht, Phase 2 : 55.48 million baht
Implement anaerobic digestion technology (Fixed dome technology) for agriculturist in small livestock farms to increase renewable energy use and release environmental impacts. Total digestion system volume are 6,070 cu.m. for Phase 1 and 22,000 cu.m. for Phase 2.

C. POLLAP**PROFESSIONAL EXPERIENCE :**
(Cont.)➤ **Energy Saving in the Tobacco Curing Industry Phase 1 and Phase 2**

Project. Owner : Chiang Mai University

Duration : Phase 1 : 1996-1198, Phase 2 : 1997-2000

Budget : Phase 1 : 10.6374 million baht, Phase 2 : 223.56752 million baht

Implement the bulk curing system with central heat source (Hot water boiler) and insulation barn structure, the new system can save about 67% of thermal energy more than the old one. Targets are 5 units in Phase 1 and 109 Units in Phase 2, which unit composed of 6 insulation barn structure and 1 boiler system.

During 1995 – May 2001, 115 projects are already approved under Voluntary Program and needed financial support from Energy Conservation Fund about 1,700 million baht.

May 1992 - June 1995 **THAILAND, ACT Consultants Co.,Ltd**

Electrical Engineer responsible for the detailed design of electrical system of the following projects :

1992

Eastern Industrial Estate Project Water Treatment Plant.

- o Transformer : 250 KVA Oil Immerse 22 KV/400-230 V., 3Φ, 4 W.
- o Generator : Diesel Generator Set 3Φ, 4 W., 416/240 V., 100 KVA.

1992

Thongkham Tower2

Residential Building 2x24 Floores with 1 Basementes

Using Area : 40,000 sq.m.

- o Transformer : 2x2000 KVA, 1x630KVA. Cast Resin 12-24 KV/400-230 V., 3Φ, 4 W.
- o Generator : Diesel Generator Set 3Φ, 4 W., 416/240 V., 400 KVA.

1992

Volvo Truck Assembly Plant

Using Area : 11,500 sq.m.

- o Transformer : 2x1600 KVA Cast Resin 22 KV/416-240 V., 3Φ, 4 W.
- o Generator : Diesel Generator Set 3Φ, 4 W., 416/240 V., 250 KVA, (standby capacity at PF 0.8)

1992

Metropolis International Project

Office Building 104 Floores with 4 Basementes

Using Area : 260,000 sq.m.

- o Transformer : 42x2000 KVA. Cast Resin 12-24 KV/400-230 V., 3Φ, 4 W.
- o Generator : 5 sets of 1500 KVA Diesel Generator 3Φ, 4 W.

1992

Datamat Head Office 2 Project

Office Building 31 Floores

Using Area : 42,000 sq.m.

- o Transformer : 2x1600 KVA Cast Resin 12-24 KV/416-240 V., 3Φ, 4 W.
- o Generator : Diesel Generator Set 3Φ, 4 W., 416/240 V., 1000 KVA,

C. POLLAP

**PROFESSIONAL EXPERIENCE : ,
(Cont.)**

- 1993 Empire Tower Projects
Office Building, 60 Floores with 6 Basementes
Using Area : 350,000 sq.m.
o Transformer :
10x25,000 KVA,Cast Resin, 12-24 KV/416-240 V.,3Φ,4W
3x2,000 KVA,Cast Resin, 12-24 KV/416-240 V., 3Φ,4W
10x1,600 KVA,Cast Resin, 12-24 KV/416-240 V., 3Φ,4W
2x1,250 KVA,Cast Resin, 12-24 KV/416-240 V., 3Φ,4W
o Generator : 3 sets of Diesel Generator 3Φ,4W;416/240 V., 1,600 KVA
- 1993 Mae-Ruay Head Office Projects
Office Building, 10 Floores with 1 Basementes
Using Area : 3080 sq.m.
o Transformer :
1x800 KVA,Oil Immrese, 12-24 KV/416-240 V.,3Φ,4W
- 1994 Straightening and Cutting Steel Factory
Factory of Metal Star Co.Ltd.
Using Area : 3,300 sq.m.
o Transformer :
1x500 KVA,Oil Immerse, 12-24 KV/416-240 V., 3Φ,4W
- 1994 Chaingmai Frozen Foods Factory 2
Chaingmai Frozen Foods Public Company Limited
Using Area : 23,000 sq.m.
o Transformer :
2x2000 KVA,Oil Immerse, 12-24 KV/416-240 V., 3Φ,4W
o Generator :
1 sets of Diesel Generator 3Φ,4W;416/240 V., 950 KVA
- 1994 Drainage, Waste Water Collection and Treatment Plant of Hua-Hin.
Public Works Department Ministry of Interior
Design SCADA System to Control 7 Waste Water Collection Points
and Power for Pump in each Points.
- 1995 Tri Petch Isuzu Head Office
Office Building, 20 Floores
Using Area : 37,200 sq.m.
o Transformer :
2x15,000 KVA,Cast Resin, 12-24 KV/416-240 V.,3Φ,4W
o Generator :
1 sets of Diesel Generator 3Φ,4W;416/240 V., 1,000 KVA
- 1995 Drainage, Waste Water Collection and Treatment Plant of Kra-Bi
Public Works Department Ministry of Interior
o Transformer :
1x500 KVA,Oil Immerse, 12-24 KV/416-240 V.,3Φ,4W
1x160 KVA,Oil Immerse, 12-24 KV/416-240 V.,3Φ,4W

C. POLLAP

PROFESSIONAL EXPERIENCE :
(Cont.)

- 1995 Straightening Steel Factory
C. Chotechanin Industry Co.Ltd.
Using Area : 3,000 sq.m.
o Transformer : 1x630 KVA,Oil Immerse, 12-24 KV/416-240 V., 3Φ,4W
- 1987 - 1992 **THAILAND**, Energy Research Center (CHULALONGKORN UNIVERSITY)
Research Assistant.
- 1987 **THAILAND**, Provincial Electricity Authority.
Engineer 3.



C. POLLAP

PROFESSIONAL EXPERIENCE ON RESEARCH PUBLISHED :

(Cont.)

1. Research Assistant "A Study of Tax Structure Policy for the Electrical and Electronics Industry", Study Report, Funded by the Board of Investment (BOI), Unisearch, Chulalongkorn University February 1988 (Thai).
2. Research Assistant "Energy Consumption in the Industrial Sector", Vol. 1-2 Research Report, Funded by the National Energy Administration, Energy Research and Training Center, Chulalongkorn University, March 1988 (Thai).
3. Research Assistant "A Feasibility Study of Feeding Electrical Power Generated by Industrial Plant into the National Grid", Research Report, Funded by Chulalongkorn University Research, Energy Research and Training Center, Chulalongkorn University, April 1988 (Thai).
4. Research Assistant "Energy Data Base and Analysis", Energy Research and Training Center, Chulalongkorn University, April 1988 (Thai).
5. Research Assistant "Energy Use in Road Transport", Vol.1-4 Research Report, Funded by the National Energy Administration, Energy Research and Training Center, Chulalongkorn University, September 1988 (Thai).
6. Research Assistant "A Study of Heat and Power Production from Agricultural Waste in Industrial Plants", Vol.1-7 Research Report, Funded by the National Energy Administration, Energy Research and Training Center, Chulalongkorn University, 1989.
7. Research Assistant "Development of Support Industry for Electrical Equipments and Electronics Industry" Study Report, Funded by the Board of Investment, Chula Unisearch Chulalongkorn University, February 1990 (Thai).
8. Research Assistant "Scientific and Technological Forecasting and Development for the Preparation of Master Plan for Long Term Manpower Development in Science and Technology", Research Report, Funded by the Ministry of Science, Technology and Energy, Chula Unisearch Chulalongkorn University.
9. Research Assistant "Market Research on Soldering Materials and Chemicals for Electronics Industry in Thailand", Funded by Alpha Metals Inc., Chula Unisearch, Chulalongkorn University, September 1990.
10. Research Assistant "Thailand Cogeneration Market Study", Funded by General Electric International Operations Company Inc., Energy Research and Training Center, Chulalongkorn University, December 1990.
11. Research Assistant "Managing the R&D System to Support Industrial Development", (for NESDB), TDRI, June 1991.
12. Research Assistant "Cogeneration Systems for Electronic Utilities and Industries", Energy Research Institute, December 1991.
13. Research Assistant "Manpower Requirement to support the Implementation of the Energy Conservation Promotion Act", Department of Energy Affairs, June 1992.

ประวัติบุคคล

ชื่อสกุล ผศ.ดร. จีรพล สีนุทาวา

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
เลขาธิการสมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

สถานที่ติดต่อ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
25/25 พุทธมณฑล 4 ศาลายา กิ่งอำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
โทรศัพท์ 441-0211-16 ต่อ 126
โทรสาร 441-9509-10

ประวัติการศึกษา

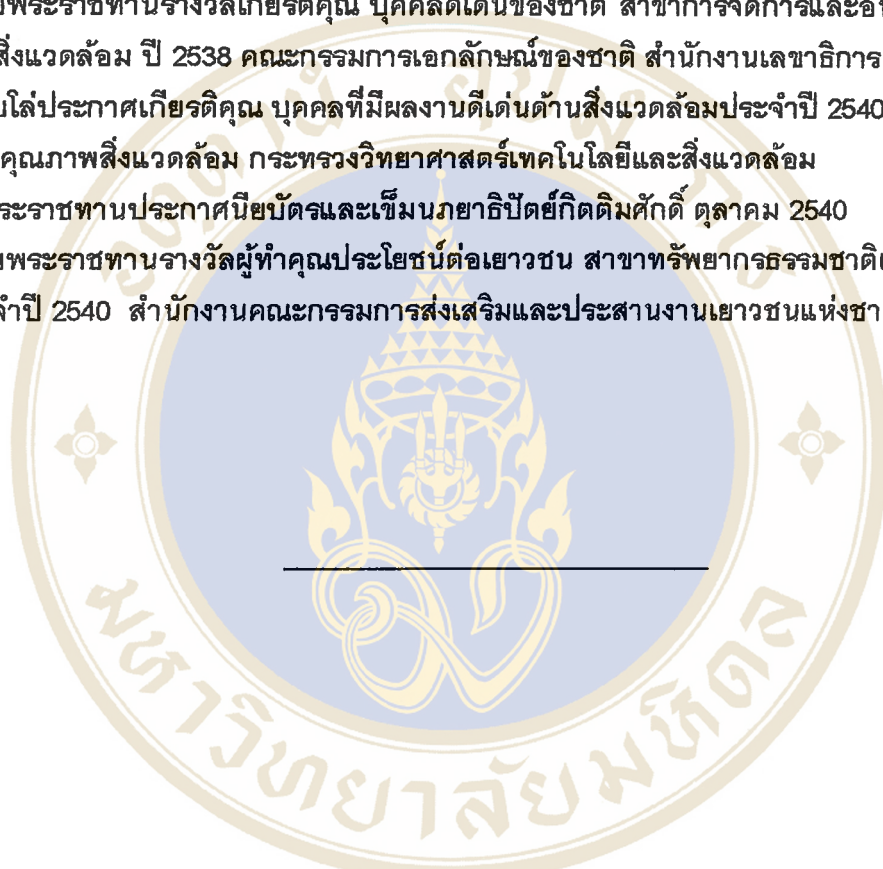
- 2519 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2521 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
2526 Ph.D.(System Dynamics and Energy Analysis), Faculty of Engineering
Strathclyde University, Scotland, UK

ประวัติการทำงาน

- 2522-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
2531-ปัจจุบัน เลขาธิการ สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม
2533-ปัจจุบัน ที่ปรึกษาผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร ทางด้านสิ่งแวดล้อม
2537-ปัจจุบัน ผู้อำนวยการประจำคณะกรรมการ การสิ่งแวดล้อม สภาผู้แทนราษฎร

รางวัลและเกียรติบัตร

1. รับรางวัล Member of the year จาก The International Network of Resource Information Centre กันยายน 2538
2. ได้รับพระราชทานรางวัลเกียรติคุณ บุคคลดีเด่นของชาติ สาขาการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม ปี 2538 คณะกรรมการเอกลักษณ์ของชาติ สำนักงานเลขาธิการนายกรัฐมนตรี
3. ได้รับโล่ประกาศเกียรติคุณ บุคคลที่มีผลงานดีเด่นด้านสิ่งแวดล้อมประจำปี 2540 จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
4. รับพระราชทานประกาศนียบัตรและเข็มภยาธิปัติย์กิตติมศักดิ์ ตุลาคม 2540
5. ได้รับพระราชทานรางวัลผู้ทำคุณประโยชน์ต่อเยาวชน สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2540 สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมและประสานงานเยาวชนแห่งชาติ



CURRICULUM VITAE

NAME : Somchai CHANCHAONA
DATE OF BIRTH : 2 January 1959
SEX : Male
MARITAL STATUS: Married
NATIONALITY: Thai
AFFILIATION: Faculty of Engineering,
 King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)
ADDRESS: 91, Sukswad 48 Road, Bangmod, Thungkru
 Bangkok 10140, Thailand.
 Tel. (66-2) 470-8013
 Fax. (66-2) 470-9111
 Email: somchai.cha@kmutt.ac.th
POSITION: **Deputy President** for Academic Affairs,
Head, Combustion & Engines Research Laboratory (CERL),
Associate Professor in the Department of Mechanical Engineering.
EDUCATION :
 1981 **B.Eng. First Class Hons.**(Mechanical Engineering),
 King Mongkut's Institute of Technology Thonburi (KMUTT)
 1984 **M.Eng.** (Energy Technology),
 Asian Institute of Technology (AIT), Thailand.
 1990 **Ph.D.** (Engineering),
 The University of Auckland, New Zealand.
INDUSTRIAL TRAINING :
 1984 Centre D'Etudes et de Recherches (TOTAL) in Paris, France.
 1986 AMDEL, Adelaide, Australia.
 1990 Transport Fuel Systems (NZ) Ltd., Auckland, New Zealand.
 1999 Institute for Internal Combustion Engine and Automotive
 Engineering, Technical University of Wien, Austri
 1999 Institute for Internal Combustion Engine and Thermodynamics,
 Technical University of Graz, Austria.
MEMBERSHIPS:
 1. Member of American Society of Automotive Engineers (**SAE**).
 2. Member of American Society of Mechanical Engineers (**ASME**).
 3. Member of American Society of Engineering Education (**ASEE**).
 4. Member of the Combustion Institute, USA
 5. Member of Society of Automotive Engineers-Thailand (**TSAE**).

Teaching experience

1. **Thermodynamics; Internal Combustion Engines** for second and third year students
2. **Advanced Internal Combustion Engines** for graduate students
3. Supervise Doctoral, Master and Bachelor **Theses** for Engineering students

Recent research projects

1. An Economic and Environmental Evaluation of Natural Gas Fueled BMTA Bus Fleet
2. An Evaluation of Evaporative Emissions of Gasoline from Storage Sites and Service Stations
3. A Study of Strategy for Energy Conservation in Motor Vehicles.
4. Influences of Gasoline-Oxygenates Blended and Aromatic Content on Performance and Emissions
5. A Study of Hydrogen-enriched Combustion in a Turbocharged NG Engine
6. A Study of Suitable Oil and Filter Change Interval in Diesel Trucks

RECENT PUBLICATIONS:

1. **Chanchaona, S.,** "Investigation of Retrofitting a Small Two-Stroke Motorcycle with Open-Loop Catalytic Converter" Proceedings of the Sixth ASEAN Conference on Energy Technology, Bangkok, October, 1995.
2. **Chanchaona, S.,** "Impacts of Two-Stroke Motorcycle Emissions on Environment" Proceedings of the International Energy, Environment and Economics Symposium, University of Melbourne, Australia, November, 1995.
3. **Chanchaona, S.,** "Regulated and Unregulated Emissions from Premixed and Fuel-Injected Engines Using Several Oxygenated Gasoline" Paper to be presented at the 9th International Pacific Conference on Automotive Engineering (IPC-9), Bali, November, 1997.
4. **Chanchaona, S.,** "Investigation of Aftermarket Products for Improving Fuel Economy and Emissions" Paper to be presented at the 4th Asian-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization, Bangkok, December, 1997.
5. **Chanchaona, S.,** "Experiences in Engine and Fuel Compatibility for Air Quality" Paper presented at Thailand Automotive Technology Conference and Workshop, Bangkok, March/April, 1998.
6. **Chanchaona, S., and Sudsanguan, P.,** "Effects of Cetane Number and Cetane Improvers on Small Diesel Engine Emissions" ASEAN Journal on Science and Technology for Development, vol.16, no. 1, 1999.

Curriculum Vitae

NAME *Adis ISRANGKURA (อติสร อิศรางกูร ณ อยุธยา)*

TITLE *Assistant Professor*

POSITION *Associate Dean of Planning and Development*

OFFICE *The School of Development Economics
National Institute of Development Administration (NIDA)
Serithai Road, Bangkok, Bangkok 10240, THAILAND.
Tel: (662) 377-7400-19 Ext. 2459 Fax: (662) 375-8842
E-Mail: adis@nida.nida.ac.th*

DATE OF BIRTH *17th January 1962*

NATIONALITY *Thai*

MARITAL STATUS *Married*

EDUCATION *Ph.D. (Economics) 1994, North Carolina State University, U.S.A.
M.A. (Economics) 1985, University of Canterbury, N.Z.
B.A. (Economics) 1984, University of Canterbury, N.Z.*

EMPLOYMENT *Assistant Professor (1997-Present). The School of Development
Economics, National Institute of Development
Administration (NIDA).
Researcher (1994-Present). Thailand Development
Research Institute (TDRI).
Lecturer (1987-1997). Faculty of Economics, Chiang Mai
University.
Teaching Instructor (1993-1994). Department of Economics,
North Carolina State University.
Research Assistant (1985-87). Thailand Development Research
Institute (TDRI).*

COMMITTEE *Working Group on Water Policy Formulation, The Office of Water
Resource Management (1999-present).
Working Group on the Implementation of Pollution Taxes, Ministry
of Finance (1999-present).
Subcommittee on the Establishment of Water Resource Allocation
Organisation in the Chao Phraya Basin, The Office of Water
Resource Management (1999-2000).*

AWARDS *Fulbright Graduate Study Abroad, 1989.
McNamara Research Fellowships, World Bank, 1999.*

RESEARCH

- Israngkura, A. 1995. "Diverting water from the Mae Klong basin: Whose rights and what price?", research report, Thailand Development Research Institute, Bangkok.
- Israngkura, A. 1996. "Ecotourism." *TDRI Quarterly Review* vol. 11, no. 2.
- Okamoto, S., Hishiki, C. and A. Israngkura. 1996. "Consumer's attitude toward the environment-conscious goods: a case study for vehicle." presented at The International Conference on Quality 1996, Yokohama.
- Israngkura, A. 1996. "The polluter-pays principle: So who pays?" *TDRI Quarterly Review* vol. 11, no. 3.
- Israngkura, A., and M. Kaosa-ard. 1997. "Economic valuation of Keang Sue Ten forest." In Thailand Development Research Institute, Economic feasibility study of Keang Sue Ten project, Bangkok. (in Thai)
- Sae-Hae, S., A. Israngkura and S. Ruangjan. 1998. "Economic valuation of tourism at Doi Inthanon National Park." research report submitted to The National Research Council, Bangkok. (in Thai)
- Israngkura, A. 1998 "Environmental valuation: An entrance fee system for national parks in Thailand." Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA), Singapore.
- Duraiappah, A.K., Israngkura, A., and S. Sae-Hae. 1999. "Sustainable shrimp farming: Estimations of a survival function." working paper, Thailand Development Research Institute, Bangkok.
- Duraiappah, A.K. and A. Israngkura. 1999. "Optimal shrimp management in Thailand: An integrated inter-temporal and spatial planning model." working paper, Thailand Development Research Institute, Bangkok.
- Israngkura, A. and W. Brockelman. 1999. "Valuation of ecotourism potential at Mae Yom National Park." Chulalongkorn University, Bangkok.
- Israngkura, A. 1999. "Environmental valuation: What, how and for whom?" to be published in *Thammasat Journal of Economics* (in Thai)
- Raymond, B. Palmquist and Adis Israngkura. 1999. "Valuing air quality with hedonic and discrete choice models", *American Journal of Agricultural Economics* vol. 81, no. 5 pp. 1128-1133.
- Israngkura, A. 2000. "Thailand's unleaded gasoline price differential." In Jennifer Rietbergen-McCracken and Hussein Abaza (eds.) *Economic Instruments for Environmental Management: A Worldwide Compendium of Case Studies*, Earthscan, London.
- Israngkura, A. 2000. "Groundwater pricing in Thailand." In Jennifer Rietbergen-McCracken and Hussein Abaza (eds.) *Economic Instruments for Environmental Management: A Worldwide Compendium of Case Studies*, Earthscan, London.
- Israngkura, A. 2000. "Thailand industrial estate water treatment fee." In Jennifer Rietbergen-McCracken and Hussein Abaza (eds.) *Economic Instruments for Environmental Management: A Worldwide Compendium of Case Studies*, Earthscan, London.
- Israngkura, A. 2000. "Why can't Thailand afford more irrigation dams?" *TDRI Quarterly Review* vol. 15, no. 3.
- Israngkura, A. 2000. "Does teak forest have ecotourism value?" paper presented at the 7th Convention of the East Asian Economic Association, Singapore, 17th-18th November.

SANSANEE CHOOWAEW , Ph.D.

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University

Salaya, Nakhonpathom 73170, THAILAND

Tel : (662)4410211-16 ext. 133

Fax : (662)4419509-10

E-mail: enscw@mahidol.ac.thWeb site: <http://www.en.mahidol.ac.th>**BIOGRAPHICAL DETAILS****Education :**

- B.Sc. (General Science : Chemistry-Biology), Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (1977)
- M.Sc. (Technology of Environmental Management), Mahidol University, Bangkok, Thailand (1981)
- Ph.D. (Environmental Planning), University of Melbourne, Victoria, Australia (1987)

Professional Affiliation :

- Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives :
Agricultural Researcher (1978-1979)
- Office of the Secretariat of the Prime Minister, Office of the Prime Minister :
Scientist (1980-1981)
- Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University :
Lecturer (1982-1990)
Chair (Technology of Environmental Management Programme)(1988-1990)
Assistant Professor (1990-present)
Associate Dean (Research)(1990-1992)
Programme Committee (1993-1994); Programme Advisor (1996-1998) (Technology of Information
Management on Environment and Natural Resources Programme)
Committee (Doctor of Science Programme) (1999-present)
Associate Dean (Research & International Relations)(1999-present)
- Office of Environmental Policy and Planning, Ministry of Science, Technology and Environment:
Member, Working Group for drafting the national wetland policy and action plan under the Sub-
Committee for Wetlands Management of Thailand (1994-1995)
Member, Technical Working Group on Wetlands Management under the Sub-Committee for Wetlands
Management of Thailand (1999-present)
- Environment Unit, Mekong River Commission Secretariat :
Consultant, Inventory and Management of Wetlands in the Lower Mekong Basin (basinwide) (1992-
1994, 1997-1998)
Consultant, Inventory and Management of Cambodian Wetlands Project Review (2000)
Consultant, Long-term Strategy for Human Resource Capacity Building on Environment and Natural
Resources Management Programme (2000)
- World Commission on Dams :
Consultant, Mekong River Basin / Pak Mun Dam Case Study (1999)
- IUCN The World Conservation Union :
Member, Steering Committee, Mekong Wetlands Biodiversity Project (1999-2000)
Member, Commission on Education and Communication (1997-present)
- Ramsar Center Japan :
Advisor, Environmental Education and Communication Projects and Activities (1996-present)

RESEARCH INTERESTS

Dr Sansanee Choowaew 's research areas of interest are rural land use modelling, planning and policy making; wetland ecosystems management planning, biodiversity conservation, restoration, and wise use of wetland resources; and environmental education and communication. She has been involved in a series of wetland management projects and programmes in Thailand and has over 10 years experience in wetland issues of the Lower Mekong River Basin. The most recent research projects focus on social and economic aspects of fisheries within riverine ecosystems impacted by hydropower development project, on riverine floodplains and flooded forests, on biodiversity conservation in ricefields, and on freshwater marsh management planning.

SELECTED PUBLICATIONS & PAPERS

- Dudgeon, D., Choowaew, S. and Ho, S.C. (2000). River conservation in south-east Asia. Pp. 281-310. In P.J. Boon, B.R. Davies and G.E. Petts (eds.). *Global Perspectives on River Conservation : Science, Policy and Practice*. John Wiley & Sons Ltd. 548 pp.
- Choowaew, S. (2000). Ricefield agro-ecosystem and biodiversity conservation in the Lower Central Plain of Thailand. A paper presented at *Quebec 2000 : Millennium Wetland Event*. 6-12 August 2000, Quebec, Canada.
- Choowaew, S. (2000). Wetlands and wetland management in Thailand. Pp. 58-62. In Bernard O'Callaghan (ed.). *Proceedings of the International Workshop on Wetlands, Awareness, Local People and the Ramsar Convention in the Mekong River Basin. "Can Local Communities Play a Role in the Wise Use of Wetlands?"*. 12-14 September 1999, Phnom Penh, Cambodia. Supported by The Nagao Foundation, United Nations Environment Programme and Oxfam America.
- Austriaco, N.C. and Choowaew, S. (2000). *Long-term Strategy for Human Resource Capacity Building on Environment and Natural Resources Management Programme for the Mekong River Commission*. Final Report Submitted to the Mekong River Commission Secretariat. May 2000.
- Austriaco, N.C. and Choowaew, S. (2000). *Programme Evaluation on Environmental Training Programme I for the Mekong River Commission*. Final Report Submitted to the Mekong River Commission Secretariat. May 2000.
- Choowaew, S. (ed.) (1999). *National Inventory of Wetlands of Thailand (The Central and Eastern Regions)*. Final Report Submitted to the Office of Environmental Policy and Planning. April 1999.
- Choowaew, S. (1999). Wetland Research and Public Awareness Enhancement in Thailand. Pp. 60-65. In M.R. Che Salmah and A.B. Ali (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Wetland Conservation and Management : The Role of Research and Education in Enhancing Public Awareness*, 13-14 July 1998, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.
- Choowaew, S. (1998). Involving local community in the management planning process : Experience from Sam Roi Yot Wetlands in Thailand. Presented at *the International Workshop on Ramsar Sites Management Involving Local Community*, 2-5 March 1998, Kushiro City, Japan.
- Choowaew, S. (1998). Environmental Education Strategy for Children in Thailand. Presented at *The International Workshop on Environmental Education for Children in Asia*, 26 February 1998, at The China-Japan Friendship Environmental Protection Center, Beijing, P.R. China.
- Lacoursiere, J.O., Torell, M. and Choowaew, S. (1998). *Review and Assessment Report for Phase I (1990-1996). Inventory and Management of Wetlands in the Lower Mekong Basin (basinwide)*. Submitted to the Environment Unit, Mekong River Secretariat.
- Choowaew, S. (1997). *Pilot Applications and Evaluation of the Video WET WONDERLAND as an Environmental Education Media : a case study of Thailand*. A report submitted to Ramsar Center Japan, NHK Educational Corporation, and The Environment Agency of Japan. November, 1997.

- Choowaew, S. (ed.) (1996). *Sam Roi Yot Wetlands Management : Study and Planning*. Final Report, Vol. I-II. Submitted to the Office of Environmental Policy and Planning. September 1996.
- Sukreeyapongse, P. and Choowaew, S. (1996). Resource Use Management at Sam Roi Yot Freshwater Marsh. *Mahidol University Journal* 3(3) : July-September, 1996.
- Choowaew, S. (1995). Sustainable Agricultural Development in Thailand's Wetlands. *TEI Quarterly Environment Journal* 3(2): 2-13.
- Choowaew, S., Chandrachai, W. and Petersen, R.C. Jr. (1994). The Socio-economic Conditions in the Vicinity of Huai Nam Un Wetland, Songkhram River, Lower Mekong Basin, Thailand. *Mitt.Internat. Verein.Limnol.* 24 : 41-46. Stuttgart.
- Choowaew, S. (transl.) (1994). The Thai version of Dugan, P.J. (ed) (1990). *Wetland Conservation : a Review of Current Issues and Required Action*. IUCN, Gland, Switzerland, 96pp. Published by the Department of Environmental Quality Promotion, Ministry of Science, Technology and Environment, Thailand.
- Choowaew, S. (1993). Wetland Conservation and Sustainable Development. *Journal of Ecology* (Thailand) 2, 51-64.
- Choowaew, S. (1993). Inventory and Management of Wetlands in the Lower Mekong Basin. *The ASIAN Journal of Environmental Management* 2, 1-10. The University of Hong Kong.
- Choowaew, S. (1992). Applying the Concept of Wise Use to the Huai Nam Un Wetland of the Lower Mekong Basin. A paper presented at *the Workshop on Wetlands Management in the Lower Mekong Basin*, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Choowaew S. and Hutacharoen R. (1992). Riverine Wetlands and Agro-industry. A poster presented at *the Asian Wetland Symposium*, Otsu, Japan.
- Choowaew, S. (1992). The role of wetlands in improving water quality of the lower Mekong basin. A paper presented at *the Workshop on Water Quality Monitoring Network in the Lower Mekong Basin*, Phuket, Thailand.
- Choowaew, S. (1991). Formulation of Action Plans for Conservation of Natural Environments : The Importance of Policy, Laws and Organization. A paper presented at *the ASAIHL 1991 Annual Seminar on 'The Role of ASAIHL Universities in Promoting Preservation of the Environment'*, 6-8 May 1991, Airlangga University, Surabaya, Indonesia.

RESUME

Pojanie Khummongkol

Birth Date: 20 January 1953

Sex: Female

Position: Associate Professor
Chairperson, Environmental Technology Division

Corresponding Address:

School of Energy and Materials
King Mongkut University of Technology Thonburi
Suksawad 48 Bangmod
Rasburana Bangkok 10140

Phone: 470-8651
470-8653

Fax: 470-8660

Email: ipojpgkol@cc.kmutt.ac.th

Education:

D.Eng. (Energy Technology), AIT, 1989

PE. (Energy), U. of Wisc., 1984

BE. (Chem. Eng.), U. of Wash., 1976

Work Experiences:

- Lecturer, Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi (KMUTT) (1977-1985).
- Assistant Professor,(1985).
- Lecturer, Energy Technology Division, School of Energy and Materials, KMUTT(1985).
- Associate Professor (1992).
- Associate Dean for Research, School of Energy and Materials, KMUTT (1993-1994).
- Chairperson, Environmental Technology Division, School of Energy and Materials, KMUTT (1995-present)

Academic Activities:

- National Coordinator for Acid Rain Reduction and Mitigation, appointed by Pollution Control Department, Ministry of Science Technology and Environment, 1998-2000
- Advisory Group for Acid Rain Network in East Asia, appointed by Pollution Control Department, Ministry of Science Technology and Environment, 1998-2003.

Research Grants:

- National Communication Project to update Thailand's National GHGs Inventory in Energy Sector and Industrial Processes, (OEPP, TEI, GEF) 1998.
- US Country Study on Greenhouse Gas Inventory in Energy Sector and Industrial Processes, (TEI, OEPP), 1997.
- Sulfur Emission Impacts and Mitigation Alternatives in Thailand, (NEPO) 1996-1997.
- Electricity Sector GHGs Mitigation, (AIT), 1995-1997.
- GHGs from Widely used Small-scale Combustion Devices in Developing Countries, East-West Center (USA), 1995-1997.
- Survey of Energy Uses in Rural households in Thailand, (DEDP), 1996-1997
- Estimating Energy Intensity and CO₂ Emission Reduction Potentials in the Manufacturing and Commercial Buildings Sectors in Thailand, GTZ (Germany), 1995-1996.
- Lignite and Its Environmental Impacts, (TBSD,TEI), 1994-1995.
- A Study on Improved Diesel Fuel Standard, Caltex (Thailand), 1992.

Field of Interests:

- Greenhouse gases related to energy uses and industrial processes
- Sulfur Deposition and Critical Loads
- Air Pollution and Controls

Paper and Publications:

- Shrestha, R.M., Khummongkol, P., Biswas, W.K., Timilsina, G.R., and Sinbanchongjit, S. (1998), **CO₂ Mitigation Potential of Efficient Demand-Side Technologies: The Case of Thailand**, Energy Sources, 20:301-316.
- Wibulswad, P. and Khummongkol, P. (1998), **Renewable Energy for Mitigating greenhouse Gases**, Paper presented at the Conference on New and Renewable Energy Resources, Manila Philippines, 25-26 June.
- Smith, K.R., Pennise, D.M., Khummongkol, P., Chaiwong, V., Ritgeen, K. (1998), **Greenhouse Gases from Small-Scale Combustion Devices in Developing Countries, Phase III: Charcoal Kilns in Thailand**, A report submitted to U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Khummongkol, P., Jermsawatdipong, P., and Pungchit, L. (1996), **Greenhouse Gases Inventory in Thailand: Greenhouse Gas Emission Inventories**, Interim Results from the U.S. Country Studies Program, Compiled by Boonpragob, K., Santisirisomboon, J., Decosta, I., and Shrestha, S., Edited by Braatz, B.V., Jallow, Bubu, B.P., Molnar, S., Murdiyarso, D., Perdomo, M., and Fitzgerald, J.F., Kluwer Academic Publishers, pp.201-207.
- Khummongkol, P. and Wanhdkstn, P. (1996), **Energy Intensities and CO₂ Emission Reduction Potentials in the Manufacturing Sectors in Thailand**, Paper presented at the International Workshop on Greenhouse Gas Mitigation

Technologies and Measures, Beijing International Convention Center, Beijing, the People's Republic of China, Nov. 12-15.

- Wibulswas, P. and Khummongkol, P., (1995), **Towards Clean Transport: The Case of bangkok**, Paper presented at Conference titled "Towards Clean Transport", Mexico City, Mexico, 28-30 March.
- Khummongkol, P. and Bowonwiwat, R. (1994). **Experiences of Compiling a Greenhouse Gas Inventory for Thailand**, Paper presented at Regional Workshop on National Inventories of Anthropogenic Emissions and Removal of greenhouse Gases for Asia Pacific Countries, Chaing Mai, 3-7 October.
- Khummongkol, P. 1993), **Energy Consumption in Thailand and Greenhouse Gas Emissions, Global Climatic Change: the Case of Thailand**, TEI Quarterly Environmental Journal, Vol. 1, Oct-Dec. ISSN 0858-78-76.
- Khummongkol, P., (1993), **Global Climate Change and Thailand's Response Strategies**, Organized by Office of Environmental Policy and Planning and Thailand Development Research Institute, Asia Hotel, Bangkok, 19 August.
- Khummongkol, P. and Chanchaona, S. (1992), **A study of the Effect of Different Diesel Oil Distillation Temperature on the Emission of Pollutant Gases**, Paper presented at a seminar on Energy, S.D. Avenue Hotel, Bangkok, 27-29 October.
- Khummongkol, P. and Du Pont, P. (1991), **Energy Technologies and Policies to Reduce Global Climate Change: The Thai Perspective**, National Symposium on Thailand's Preparation for the UN Conference on Environment and Development (UNCED) 1992, Landmark Hotel, Bangkok, 4 November.



1. ชื่อ-สกุล นางสาว โสมสกา เพชรานนท์ (Miss Somskaow Bejranonda)
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 7
3. สถานที่ทำงาน ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทรศัพท์ 561-3474 ต่อ 301 และ 561-2967
e-mail : fecosob@ku.ac.th
fecosob@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2529	ตรี	วท.บ. (เศรษฐศาสตร์)	เศรษฐศาสตร์		ม.เกษตรศาสตร์	ไทย
2535	โท	M.S. (Economics)	Economics		The Ohio State University	U.S.A
2539	เอก	Ph.D. (Agricultural Economics)	Agricultural Economics	Natural Resources and Environmental Economics	The Ohio State University	U.S.A

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

- (1) เศรษฐศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- (2) เศรษฐศาสตร์ทฤษฎี
- (3) การเตรียมและการประเมินโครงการ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศ

- (1) หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง " การประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในการปรับเปลี่ยนความตระหนักทางด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ในเขตภาคกลางตอนบนของประเทศไทย " โครงการวิจัย มก. ประจำปี 2543 ภายใต้การดูแลของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรี
- (2) หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง " ระดับความตระหนักทางด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายในเขตภาคกลางตอนบนของประเทศไทย " โครงการ

- (3) ผู้ร่วมงานวิจัยเรื่อง " การศึกษาพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเศรษฐกิจสิ่งแวดล้อม " โครงการวิจัยภายใต้การดูแลของสถาบันเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม 2542-2543
- (4) ผู้ร่วมงานวิจัยเรื่อง " นโยบายและแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืนสำหรับประเทศไทย : โครงการดำเนินการเพื่ออนุรักษ์ตามแผนปฏิบัติการ 21 : การจัดทำแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืน " เสนอสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม 2540
- (5) ผู้ร่วมงานวิจัยในการศึกษาผลกระทบที่มีต่อมูลค่าบ้านและที่ดินบริเวณทะเลสาบในมลรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นงานวิจัยส่วนหนึ่งของ " An Economic Analysis of Sustainable Agricultural Adoption in the Midwest : Implications for Farm Firms and the Environment " ซึ่งเป็นโครงการภายใต้การศึกษามลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่มีต่อการเกษตรแบบยั่งยืน โดยได้รับเงินสนับสนุนจาก USDA/EPA ของประเทศสหรัฐอเมริกา 1994-1996
- (6) ผู้ร่วมงานวิจัยเรื่อง " Land Application Uses for Dry FGD (Flue Gas Desulphurization) By-products. " ซึ่งเป็นโครงการภายใต้การสนับสนุนของ Ohio Department of Development Coal Development Office ในมลรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา 1994.

7. บทความและเอกสารที่มีจัดพิมพ์ทั้งภายในและต่างประเทศ

- (1) โสมสกา เพชรานนท์. 2543. หน่วยที่ 6 เรื่อง " วิถีวัดมูลค่าสิ่งแวดล้อมทางอ้อม " ตีพิมพ์ในประมวลสาระชุดวิชาเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม หน่วยที่ 1-7 มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมารัตนา บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ หน้า 159-197.
- (2) Bejranonda, Somskaow, Fred J. Hitzhusen, and Diane Hite. 1999. " Agricultural Sedimentation Impacts on Lakeside Property Values. " *Agricultural and Resource Economics Review*. Volume 28, Number 2, October. PP 111-136.
- (3) โสมสกา เพชรานนท์. 2542. " การประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยใช้ราคาตลาด (Market Value Approaches). " ตีพิมพ์ในคู่มือการฝึกอบรมเรื่อง " การประเมินค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อภาคเมืองและภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ " โครงการ THAITREM-98-02 โดยได้รับเงินอุดหนุนจาก Danish Cooperation for Environment and Development (DANCED) ในระหว่างวันที่ 17-23 มีนาคม 2542 ณ โรงแรมรอยัลปรีนเซส กรุงเทพมหานคร จำนวน 18 หน้า

- (4) โสมสกา พชรานนท์. 2542. " การประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยใช้มูลค่าตัวแทน (Surrogate Value Approach). " ดีพิมพ์ในคู่มือการฝึกอบรมเรื่อง " การประเมินค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อภาคเมืองและภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ " โครงการ THAITREM-98-02 โดยได้รับเงินอุดหนุนจาก Danish Cooperation for Environment and Development (DANCED) ในระหว่างวันที่ 6-12 สิงหาคม 2542 ณ โรงแรมรอยัลปรี๊นเซส กรุงเทพมหานคร จำนวน 22 หน้า
- (5) โสมสกา พชรานนท์. 2540. " แนวคิดเรื่อง Sustainability และ Safe Minimum Standard " บทความตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 ม.ค.-มิ.ย. 2540.
- (6) Bejranonda, Somskaow and Fredrick J. Hitzhusen. 1996. " An Assessment of Soil Erosion Impacts on Lakeside Property Values in Ohio : A Hedonic Pricing Method (HPM) Application. " Paper presented at AAEA Meeting, San Antonio, Texas. U.S.A July 26-28, 1996.
- (7) Hitzhusen, J. Fredrick, Somskaow Bejranonda, Robert Macgregor, and Tomothy Lehman. 1995. " Economics and Political Analysis of Dredging Ohio's State Park Lakes. " Chapter 36 in *Water Quantity/ Quality Disputes and Their Resolution*. Edited by Ariel Dinar and Edna Tusak Lochman. Praeger Publishers.
- (8) คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2540. " นโยบายและแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืนสำหรับประเทศไทย : โครงการดำเนินการเพื่ออนุรักษ์ตามแผนปฏิบัติการ 21 : การจัดทำแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืน."
- (9) มูลนิธิสถาบันเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย. 2544. " การศึกษาพัฒนาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเศรษฐกิจสิ่งแวดล้อม."

8. วิทยากร

- (1) วิทยากรร่วมในการฝึกอบรมเรื่อง " การประเมินค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อภาคเมืองและภาคอุตสาหกรรม โดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Evaluation of Environmental Impacts on Urban and Industrial Sectors in Thailand) " จัดโดยมหาวิทยาลัยธรรม - ศาสตร์ ร่วมกับ Thailand Network for Training and Research on Environmental management (THAITREM) โดยได้รับเงินอุดหนุนจาก Danish Cooperation for Environment and Development (DANCED) ในระหว่างวันที่ 17-23 มีนาคม และ 6-12 สิงหาคม 2542 ณ โรงแรมรอยัลปรี๊นเซส กรุงเทพมหานคร

Environment and Development (DANCED) ในระหว่างวันที่ 17-23 มีนาคม และ 6-12 สิงหาคม 2542 ณ โรงแรมรอยัลปรีนเซส กรุงเทพมหานคร

- (2) วิทยากรร่วมในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “ การประเมินค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ” จัดโดยสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ร่วมกับศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างวันที่ 7-16 พฤษภาคม 2540.

9. สถานภาพการทำงาน

2539 - ปัจจุบัน : อาจารย์ประจำภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

- สอนวิชาเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์การจัดการทรัพยากร ทฤษฎีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมขั้นสูง ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์จุลภาค และวิชาสัมมนา สำหรับนิสิตปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา
- บรรณาธิการวารสารเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ประธานคณะกรรมการการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์
- เลขาธิการและกรรมการคณะกรรมการดำเนินการ โครงการปริญญาโท-เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสุกัญญา เฟ็งมา
วัน เดือน ปี เกิด	21 กันยายน 2516
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาหาร) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. 2537-2539 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการพัฒนาทรัพยากร) พ.ศ. 2540 – 2544
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	ผู้ช่วยนักวิจัย กลุ่มระบบพลังงานสะอาด สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Executive Summary

A summary of abstract

A Diesel generator was used to generate electricity for Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province. During the monsoon season, the transportation of diesel oil is difficult because of local geographic conditions. Furthermore, a price of diesel fuel is increasing and pollution from diesel generators is undesirable. Thus, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) replaced such a system with a 10.5 kWp photovoltaic system.

The technology assessment was done on the PV/diesel Hybrid electricity generating system installed at Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary. The assessment can be categorized into four aspects, namely: pollution (air, noise and soil contamination) social (user's attitude), economic (NPV, IRR, B/C Ratio, willingness to pay) and experts viewpoint on the technology assessment.

The results show that diesel generators produce higher levels of air pollution, noise pollution and soil contamination than that from the photovoltaic system at the 95% confidence level. The pollution level is also higher than the standard. Tourists and officers' attitudes toward these two systems are statistically different from the economic point of view. The photovoltaic system is not viable; however, it will be economical if the environmental benefit is included. The experts agree on every issue on the importance of technology assessment especially potential local source of energy.

Introduction

The electricity demand is steadily increasing. Even in the remote area where there is no grid line, such as a wildlife sanctuary, electricity is also needed for some essential activities. It is need for charging a radio transmission machine, storing vaccine in a refrigerator and running far from the electricity power grid and diesel generator is normally used to produce electricity. Diesel fuel is thus required as the energy source. Transportation of diesel fuel into the wild area is difficult especially during monsoon season. The environmental effects such as noise pollution, air pollution and soil contamination are also concerned. The pilot project with a clean and sustainable energy for the wildlife sanctuary had been created by using solar cell and diesel generator.

Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary was chosen to be a demonstrative site for hybrid system. This project has been carried out by King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) and sponsored by the National Energy Policy Office (NEPO). This is an ideal site because of its sizable demand for electricity, remote location and needs to reduce environmental effects. The 10.5 kWp of the photovoltaic system was designed and installed. It's estimated that the system would generate enough electricity to fulfill the demand of Sanctuary's officers and tourists.

The researcher has conducted the technology assessment of the mentioned system comparing to the diesel generator which was solely used before. The environmental effect, social effect (user attitudes) and economical effect are examined

Objective

To evaluate the environmental effect from the diesel generator and the hybrid system comprised of solar cells and diesel generator.

To evaluate economic viability of the hybrid system toward the diesel generator and the hybrid system comprised solar cells and diesel generator.

Expecting results

Similar power generating system in others wildlife sanctuary and national park.

Methodology

This thesis analyses and compares environmental impacts, user attitudes, economic viability and technology evaluation of the electricity generation system from a diesel generator and clean energy sources. Delphi technique together with the interview with experts was used for technology evaluation. T-Test and F-Test were utilized in hypothesis testing for a difference between two groups average average when samples are independent and for difference among groups, respectively. The analysis and evaluation are listed below;

1. The analysis of environmental effects (pollution emissions from the electricity generation)

1.1 Air pollution

The measuring method was followed the proclamation from the Ministry of Science, Technology and Environment. The gas analyser, model KM9160 was used.

1.2 Noise measurement

The measuring method was followed the proclamation from the Ministry of Science, Technology and Environment. The noise detector, Integrating Impulse Sound level Meter, model CEL-283 was used

1.3 Oil contamination in soil

The measuring method was followed the proclamation from the Ministry of Science, Technology and Environment. Soil around the electricity generator was sampled and tested by grease and oil method (FOG Method)

2. User attitude toward the diesel generator and the clean energy source system

The questionnaires and interviewing were used as the tool for collecting data. the user attitude toward the diesel generator and the clean energy source system was focused on pollution emission , convenience load supplied and physical suitability.

3. Economic viability

3.1 Environmental economic

A willingness to pay for the clean energy system by using solar cell (instead of the diesel generator) is measured.

3.2 Criteria

Normal present value (NPV), IRR and B/C Ratio were utilized.

4. Technology evaluation

The experts answered the questionnaires. The Delphi technique was conducted as followed :

4.1 12 persons from various fields were chosen.

4.2 Each were briefed about the project and in return each would suggest factors to be considered on technology evaluation.

4.3 The previews step would be repeat until the experts reached general agreement on the factors which would then be ranked by the experts.

4.4 Each factor would be categorized and the experts would give weight to each category.

4.5 The rank and weight would finally yield a more for each category.

Technology evaluation for installation of electricity generating hybrid system from clean energy at national park therefor would be done according to, first each of factor and then score of category.

Result and Conclude

1. Environmental impact

Air pollution

The maximum emissions of CO, CO₂, NO, NO₂, NO_x and SO₂ from diesel gengerator were 1003 ppm 2.4%, 8 ppm, 0, 8% and 4 ppm respectively. In contrast, those gases could not be detected from the PV system.

The average amount of the polluted gases at the exhausted pipe of the diesel generator is higher than the ambient air standard by the Pollution Control Department (CO = 30; NO₂ = 0.17; SO₂ = 0.30 ppm) except NO₂. At (5 m. from the exhausted pipe, the average amount of CO and SO₂ is higher than the ambient air standard.)

Noise pollution

The maximum noise intensity from the diesel generator at Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary was at 101 dB_A but could not be detected from the PV system. The sound level of the forest around the PV system was 20 dB_A.

The noise standard from the proclamation of the Interior Ministry is 92 dB_A for the minimum of 7 hours. Thus, the noise from the diesel generator is higher than the standard. However, the noise level is not higher than the standard for a distant further away from the generator.

Oil contamination in soil

The soil sample from Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary was analysed by FOG method (Grease & Oil, G&O method). Soil around the diesel generator had 60,444 mg/l of G&O. Comparing of the G&O value of the soil around the diesel generator at Phukradueng national park, Tarutao national park and Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary found that the sig value is 0.004 which means the G&O value from these 3 places are significantly difference. Comparing of the average of G&O value in pair by LSD method found that, at Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary is different from the G&O value at Phukradueng (sig=0.005) and Tarutao (sig = 0.002) at 0.05 significant level. The GO value form Huai Kha Khang Wildlife Sanctuary is the highest, following by that value at Phukradueng and Tarutao.

2. Attitude

The user attitude toward the electricity generated by solar cells (clean energy source) and diesel generator:

The quality of service model was used to analyse the attitude of the user.

2.1 The satisfaction value of the diesel generator is 61.31. Comparing to the meaning of “Utility”, the level of pollution is acceptable. The users are satisfied with the pollution level from the diesel generator. Small amount of pollution is generated.

2.2 Since the PV system at Huay Kha Khang Wildlife Sanctuary does not created any pollution , thus make 100% level satisfaction. Comparing to the meaning of

“Utility”, this means a very good level of pollution. The users are very satisfied with the pollution level from the PV system.

2.3 The satisfaction value of the physical suitability of the electricity generation by the diesel generator is 58.14. Comparing to the meaning of “Utility”, this indicates a normal quality of service. The users are satisfied with the physical from the diesel generator at the normal level.

2.4 The satisfaction value of the physical suitability of the electricity generation by PV system is 79.29. The users satisfy the physical suitability of the diesel generator at the good level.

2.5 The satisfaction value of the convenience from the electricity generation by the diesel generator is 74.98. Comparing to the meaning of “Utility”, this means normal quality of convenient satisfaction. The users are satisfied the convenience quality from the diesel generator at the good level.

2.6 The satisfaction value of the convenience from the electricity generation by PV system is 85.33. The users are satisfied with the convenience from the diesel generator at the very good level.

3. The analysis of NPV, IRR, B/C ratio of the hybrid electricity generation at Huay Kha Khang Wildlife Sanctuary.

The result of the NPV, IRR and B/C ratio at 10% of the interest rate from the hybrid electricity generation are;

NPV = -5,124,523

IRR = -15%

B/C ratio = 0.33

The result shows that the hybrid system is not economical, however if the environmental benefit is included, the result will be changed to;

$$\text{NPV} = 5,671,118$$

$$\text{IRR} = 31 \%$$

$$\text{B/C ratio} = 3.26$$

Therefor, including the environmental benefit, NPV value is positive, IRR is higher than the interest rate and B/C ratio is higher than 1. This system is to invest.

4. Technology evaluation

The result of the technology evaluation of the hybrid electricity generation by the clean energy source and the diesel generator

By the Delphi evaluation technique, 12 professional persons gave the following evaluation topics;

the suitability of the technology selection

the suitability of the user

the suitability of the economic

the environmental effect from the electricity generation technique

the suitability of the energy resource potential in the local area

the compatibility with the forestry department policy/environmental law

After each topic is scored, they can be ranked as the following;

The 1st ; the suitability of the energy resource potential in the local area, total score 48 points and average score of 4.00.

The 2nd ; the compatibility with the forestry department policy/environmental law, total score 46 points and average score of 3.83.

The 3rd ; the suitability of the technology selection, total score 45 points and average score of 3.75.

The 4st ; the suitability of the economic and the environmental effect from the electricity generation technique, at the same total score 43 points and average score of 3.58.

The 5st ; the suitability of the user, total score 37 points and average score of 3.08.

The scoring system is as followed:

5 means this topic is the most important.

4 means this topic is important.

3 means this topic is normal.

2 means this topic is less important.

1 means this topic is the least important.

The score of each subtopics are as followed:

The suitability of the technology selection.

1. System efficiency has the total score 21 points and the average score is 6.56 (1.75*3.75) points.

2. The knowledge and the understanding of the system have the total score 19 points and average score 5.9 (1.92*3.08) points.

The suitability of the user

1.The acceptability of the user has the total score 26 points and the average score is 6.67 (2.17*3.08) points.

2. The need of the user has the total score 23 points and the average score is 5.9 (1.92*3.08) points.

3. The system management has the total score 29 points and the average score is 7.44 (2.42*3.08) points.

The suitability of the economic

1. The NPV (Net present value) has the total score 28 points and the average score is 8.35 (2.33×3.58) points.
2. The IRR (Internal return rate) has the total score 34 points and the average score is 10.14 (2.38×3.58) points.
3. The B/C ratio (Benefit / cost ratio) has the total score 31 points and the average score is 9.25 (2.58×3.58) points.

The environmental effect from the electricity generation techniques

1. The air pollution has the total score 19 points and the average score is 5.67 (1.58×3.58) points.
2. The noise pollution has the total score 31 points and the average score is 9.25 (2.58×3.58) points.
3. The diesel oil contamination in soil has the total score 23 points and the average score is 6.86 (1.92×3.58) points.

The suitability of the energy resource potential in the local area

1. The solar energy has the total score 24 points and the average score is 8 (2×4) points.
2. The diesel oil supply has the total score 13 points and the average score is 4.33 (1.08×4) points.

The compatibility with the forestry department policy/environmental law

1. The forestry department policy has the total score 18 points and the average score is 5.75 (1.5×3.83) points.
2. The environmental law has the total score 22 points and the average score is 7.02 (1.83×3.83) points.

Conclusion and Suggestions

The comparison study in air pollution, noise pollution and oil contamination in soil

Air pollution

Gases, emitted from the diesel generator and the Photovoltaic (PV) system, that are measured are CO₂, CO, NO, NO₂, NO_x and SO₂. The result found that, only the diesel generator emits polluted gases while generating electricity. Especially, CO can be measured at 1003 ppm that higher than the standard (30 ppm). The other significant gas is SO₂; it is measured at 4 ppm while the standard concentration is 0.3 ppm. NO₂ can not be detected since the measurement equipment might not have a suitable scale for this gas. There is no polluted gas from the PV system. The concentration of CO₂, CO, NO, NO₂, NO_x and SO₂, measured from the PV system is zero. From the result, it can be concluded that the electricity generation by the PV is more suitable than the diesel generator since there are no polluted gas emitted.

Noise pollution

From the measurement data, only the diesel generator that generates noise while the system is operating. The maximum noise intensity measured while the diesel generator operating is 101 dB_A. There is no noise while the PV system is operating in the area both near and far away from the system. The maximum noise intensity is from the surrounding natural sound such as that from the wild animal, measured at 20 dB_A. It can be concluded that the PV system is more suitable than the diesel generator since there is no noise pollution.

Oil contamination in soil

The oil contamination in soil at Huay Kha Khang is much higher than in Phukadueng and Tarutao national park. The oil and grease value in the soil near the diesel generator is 60,444 mg/l. The oil and grease value in Huay Kha Khang has a significant difference from the Phukadueng and Tarutao national park at the significant statistic level 0.05.

The attitude

From the analysis of the electricity serving area from the clean energy source at Huay Kha Khang, it can be identified into 3 topics as the following;
The pollution from the electricity generation

From the user-attitude data found that, the electricity generation from the clean energy resulting in little pollution emission to no pollution emission. The users satisfy the system in a good level.

Comparison to the electricity generation from the diesel generator, the user thought that, the pollution emission from the diesel generator is not so much because the amount of tourists per month is not much. The electricity load is much less than the design load, thus the diesel generator is seldom operated.

It can be concluded that, the electricity generation from the clean energy source is suitable for Huay Kha Khang Wildlife Sanctuary since the smoke and noise emission are less than the diesel generator. (data from the user attitude)

The physical suitability

Both systems has the middle potential to install in this area. The error of the data might be from the misunderstanding in the questionnaires, however the majority trend is the middle potential. It can be concluded that, the physical suitability has no effect to the user attitude.

The convenience of using

Both systems have the convenience of using in the good level. It might be that because both systems work together by the clean energy source is the main system. The clean energy system can produce electricity and store for enough 24 hours. However, the high power electric equipment can not be used. When the high power electric equipment is used, the diesel generator must be started but it can be used for a short period since it requires diesel oil. It can be concluded that, the users satisfy both systems in the good level. The combination of both systems can reduce the amount of diesel oil consumption.

The conclusion of the economic analysis of the hybrid electricity generation at Huay Kha Khang Wildlife Sanctuary.

The suitable project for investment must have a positive NPV value, IRR value must more than the interest rate and B/C ratio must be higher than 1.

The conclusion of the NPV, IRR and B/C ratio from the hybrid electricity generation are;



$$\text{NPV} = -5,124,523$$

$$\text{IRR} = -15\%$$

$$\text{B/C Ratio} = 0.33$$

At 10% of the interest rate

The result shows that the hybrid system is not economic for investment, however if the environmental benefit is included, the result will be changed to;

$$\text{NPV} = 5,671,118$$

$$\text{IRR} = 31\% \quad \text{At 10\% of the interest rate}$$

$$\text{B/C Ratio} = 3.26$$

Including the environmental benefit, NPV value is positive, IRR is higher than the interest rate and B/C ratio is higher than 1. This system is suitable for investment.

The conclusion of the technology evaluation by the Delphi technique

From the 6 evaluation topics, the professional persons scored them from the middle important to the most important that can be concluded that,

The evaluation technology for the national park or wildlife sanctuary area must focus on the following topics; the 1st is the suitability of the energy source potential, the 2nd is the policy or the related environmental law, the 3rd the suitability of the technology selection, the 4th the suitability in economic and the environmental effect from the electricity generation technology and the last is the suitability of the user.