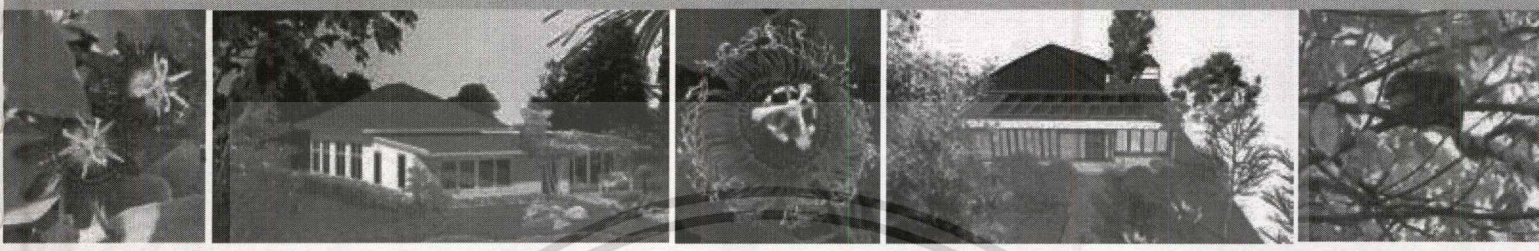
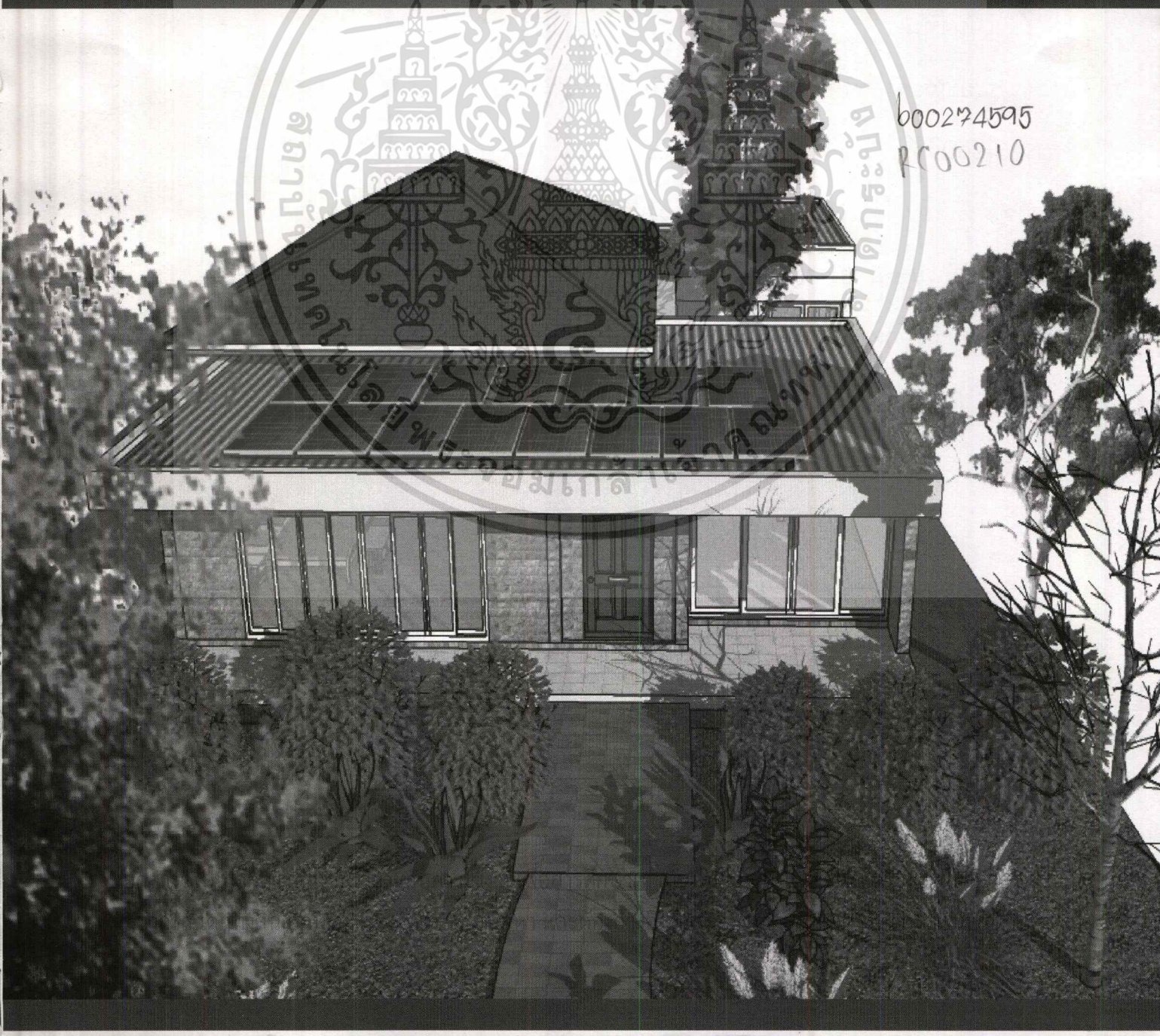
บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ



Bio-climatic Solar Home Design in Thailand



b00274595
R000210

โครงการวิจัย: **รูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพในประเทศไทย**

ภาษาอังกฤษ: **Bio-Climatic Solar Home Design in Thailand**

หัวหน้าโครงการวิจัย: รองศาสตราจารย์สุภาวดี รัตนมาศ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์

หน่วยงานต้นสังกัด: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แหล่งทุน: งบประมาณแผ่นดิน

ระยะเวลาโครงการ: 1 ปี เริ่ม 1 ตุลาคม 2556 - 30 กันยายน 2557

ผู้ช่วยวิจัย: นายปิยบุตร ดวงสวัสดิ์

นายวรยศ รัตนมาศ

เขียนแบบสถาปัตยกรรม: นายปรีชา ภูหลวง

เขียนแบบกราฟิกอะแกรม: นายปิยบุตร ดวงสวัสดิ์

ถ่ายภาพ: นายปิยบุตร ดวงสวัสดิ์

นายนิธิ รัตนมาศ

นางสุภาวดี รัตนมาศ

น.ส.นภวรรณ รัตนมาศ

ติดต่อ: e- mail: nuibooks@yahoo.com

Website: http://www.solarhome.uni.net.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย): รูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพในประเทศไทย
แหล่งเงินทุน: งบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ2557
จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน: 1,487,800 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย: 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2557
หัวหน้าโครงการวิจัย: รองศาสตราจารย์สุภาวดี รัตนมาศ
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
ผู้ร่วมโครงการวิจัย: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
หน่วยงานต้นสังกัด: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะผู้จัดทำโครงการ
หัวหน้าโครงการวิจัย: รองศาสตราจารย์สุภาวดี รัตนมาศ
ผู้ร่วมวิจัย: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้ช่วยวิจัย: นายปิยบุตร ดวงสวัสดิ์ (วศ.บ.) นายวรยศ รัตนมาศ (วศ.ม.)
นางสาวชโลธร ศรีศิรังสิมากุล (สถ.บ.) นางสาวนภวรรณ รัตนมาศ (ศศ.บ.)
นายกันญ์ดนัย พูนศิริวงศ์ นางสุดสมร สุคันธี (ว.บ.)
แบบงานสถาปัตยกรรม: นายปรีชา ภูหลวง (สถ.ม.)
ออกแบบเวบไซต์: นางสาวปัทมา บุนนาค (วท.ม.)
ออกแบบรูปเล่มและจัดพิมพ์: นางสุดสมร สุคันธี (ว.บ.)
ภาพ: นายปิยบุตร ดวงสวัสดิ์ (วศ.บ.) นางสาวนภวรรณ รัตนมาศ (ศศ.บ.)
นางสาวศิโรรัตน์ สุชาติ (สถ.บ.) นายนิธิ รัตนมาศ (สถ.บ.)
นางสุภาวดี รัตนมาศ (M.Arch)
ติดต่อ: Website: www.solarhome.uni.net.th, e-mail: nuibooks@gmail.com

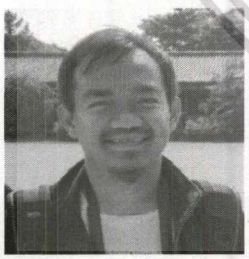
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อ

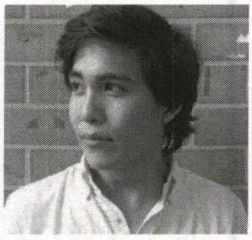
รองศาสตราจารย์สุภาวดี รัตนมาศ
อาจารย์ประจำสาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: nuibooks@yahoo.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: kmnoppad@kmitl.ac.th

นายปรีชา ภูหลวง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน (สถ.ม.)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: preecha_mail@hotmail.com



นายปิยบุตร ดวงสวัสดิ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: piyabuddsw@gmail.com



นายกันญ์ดนัย พูนศิริวงศ์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Email: bomb30018@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

หนังสือเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยโครงการ **"รูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ"** พิมพ์เพื่อเผยแพร่แนวความคิดของการออกแบบบ้านเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยมีจิตใจแจ่มใส พลานามัยสมบูรณ์ ซึ่งผู้เขียนมีความสนใจด้านนี้เป็นพิเศษ โดยการสร้างสรรค์ให้ธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งของบ้านและเป็นส่วนสำคัญของการบำบัดรักษาจิตใจที่ตึงเครียดจากงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติเป็นเครื่องช่วยผ่อนคลาย เติมความสดชื่นให้กับทุกชีวิตในบ้าน โดยการใช้พันธุ์ไม้ วัสดุธรรมชาติ กรวด หิน ในการจัดพื้นที่ว่างรายรอบบ้านและภายในคอร์ต การวิจัยมุ่งเน้นไปสู่การใช้ลานเปิดโล่งในบ้านผสานกับพืชพันธุ์ไม้หลากหลาย เปิดโอกาสให้พื้นที่สีเขียวในบ้านได้เป็นที่อยู่อาศัยของนกเล็กๆ และกระรอกซึ่งหาชมได้ยากในเขตกรุงเทพมหานคร ธรรมชาติที่ใกล้ชิดเหล่านี้นอกจากสร้างความเพลิดเพลินด้านจิตใจแล้วยังช่วยลดมลภาวะ เสริมสร้างสังคมคาร์บอนต่ำ เมื่อผนวกกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ทำให้บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพเป็นบ้านที่เหมาะสมสำหรับผู้อยู่อาศัยในเมือง ซึ่งมีลักษณะเป็นเกาะร้อน บ้านเรือนมีความหนาแน่น ภาพต่างๆ ที่แสดงในหนังสือถ่ายจากสถานที่ที่ทำการวิจัยในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ผู้เขียนเชื่อว่าธรรมชาติที่ถูกรังสรรค์ขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของบ้านจะช่วยจรรโลงความสดชื่นให้กับผู้อยู่อาศัยทุกคนและมีสุขภาพพลานามัยสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ สุภาวดี รัตนมาศ
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		
Abstract		
บทนำ	บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพในประเทศไทย	7
บทที่ 1	บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ (Bioclimatic House) ในประเทศไทย	10
บทที่ 2	ระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน	25
บทที่ 3	การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ	35
บทที่ 4	รูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ	43
บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง		47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศในประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลภูมิอากาศจากตัวอย่างบ้านพักอาศัยชั้นเดียวในกรุงเทพมหานครซึ่งมีสวนลานโล่งขนาด 4.00 x 4.00 เมตร พบว่ารูปแบบบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพที่สำคัญในประเทศไทยคือ บ้านที่มีคอร์ตหรือลานเปิดโล่งซึ่งจัดเป็นสวนภายในบ้าน เพื่อเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดให้กับส่วนต่างๆ ของบ้าน ทำให้เกิดการระบายอากาศตามธรรมชาติ นำแสงสว่างเข้าสู่ห้องต่างๆ อย่างพอเหมาะ สวนที่ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลากหลายชนิดทั้งไม้ผลและไม้ดอกที่ปลูกไว้รายรอบบ้านและในคอร์ต เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์เล็กๆ เช่น นก กระรอก ทำให้เกิดเป็นเขตชีวภาพ (biotope) และระบบนิเวศที่สมดุล สร้างความเชื่อมโยงผูกพันระหว่างผู้อยู่อาศัยในบ้านและธรรมชาติ ทำให้จิตใจแจ่มใสมีพลานามัยแข็งแรง สวนลานโล่งช่วยลดอุณหภูมิแวดล้อมลง ซึ่งเหมาะกับเมืองที่มีภาวะเกาะร้อนและมีความหนาแน่นสูง เมื่อพล็อตค่าอุณหภูมิภาวะสบายภายในห้องต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าภาวะสบายของกรุงเทพมหานครในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน พบว่าบ้านที่มีลานโล่งมีค่าอุณหภูมิภายในห้องนอนและห้องทำงานอยู่ในขอบเขตภาวะสบายได้มากกว่าค่าอุณหภูมิภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ ซึ่งกล่าวได้ว่าบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพเป็นรูปแบบหนึ่งของบ้านที่ใช้พลังงานต่ำ เมื่อนำบ้านภูมิอากาศชีวภาพมาประยุกต์กับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง โดยติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ (Photovoltaic System) บนหลังคาบ้าน พบว่าการติดตั้งใช้พื้นที่บนหลังคา 30 ตารางเมตร และใช้ระบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย (Grid Connected PV System) ต่อกับอินเวอร์เตอร์ (inverter) ขนาดกำลังผลิตสูงสุด 3.3 กิโลวัตต์ (kW) ได้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย 12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน (kWh/day) หรือ 12 หน่วย/วัน ลดค่าไฟฟ้าลงประมาณร้อยละ 30 ต่อเดือน สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ย 8.8 กิโลกรัมต่อวัน และจะคุ้มค่าการลงทุนในเวลาประมาณ 10 ปี 7 เดือน จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบ้านพักอาศัยสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นบ้านชั้นเดียวและผู้สูงอายุมักใช้เวลาอยู่ในบ้านช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่

คำสำคัญ: บ้านพลังงานแสงอาทิตย์, บ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ, บ้านยั่งยืน, บ้านพลังงานทางเลือก, บ้านพลังงานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research features the study of bio-climatic solar home design in Thailand, which includes the study and collection of climate data from sample single-storey houses in Bangkok, having an open courtyard of dimension 4.00 x 4.00 meters. It is observed that the keybio-climatic solar homedesign comprises of a house with an open court or utility space allocated for indoor garden that promote opening for each section of the house and facilitate natural ventilation, and also introduce adequate lighting to the rooms. The garden is populated with various species of plants which include fruit and flower-bearing trees surrounding the house and court, that are shelters for small creatures such as squirrels and birds, and together formulating a biotope and balanced ecological system. This in turn creates a connection and bond between the house inhabitants and nature, promoting a healthy emotional and physical well-being; the open court helps to reduce the ambient temperature, which is ideal for city that is characterized by urban heat island and high population density. From plotting of the temperature values for comfort zone within the rooms in comparison to the value for comfort zone during the rainy, winter and summer seasons in Bangkok, it is seen that houses with open court exhibits temperature values for comfort zone within the bedroom and study room that are well in the comfort zone range than the temperature values for Bangkok climate. As a result, this helps in reducing electricity cost for air-conditioning. In other words, the bio-climatic home is one of the home designs that utilize low energy level. When adapting the bio-climatic home with the collection of solar energy to substitute for the electrical energy produced from MEA, with the installation of solar-cells (Photovoltaic System) on home roofs, it is observed that the installation requires a service area of 30 square meters, and with the implementation of grid connected PV system which connects to the inverter, with maximum power generation capacity of 3.3 kW, and supply electrical energy as harvested from solar energy at an average of 12 kWh/day, or 12 unit/day. This helps in lowering the monthly electricity cost by about 30%, and decreasing the amount of carbon dioxide gas consumed in the electricity generation process by about 8.8 kilogram per day. The return on investment will be about 10 years and 7 months.From the findings of this research, this will help to further develop the concept for home design for senior citizens, which feature single-storey houses and the senior inhabitants spending most of the daytime in the houses.

Keyword(s): Solar Home, Bio-climatic House, Sustainable Home, Alternative Energy House, Low Energy House

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพในประเทศไทย

ปัจจุบันบ้านพักอาศัยในประเทศไทยใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศ แสงสว่างและดวงโคมรวมถึงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อการดำรงชีวิต ได้แก่ เครื่องมือประกอบอาหาร เครื่องทำน้ำร้อน พัดลม เป็นต้น ไฟฟ้าที่ผลิตในประเทศส่วนมากต้องอาศัยน้ำมันเชื้อเพลิงจากถ่านหินและก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นซากดึกดำบรรพ์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิต ก่อให้เกิดมลพิษในบรรยากาศและปฏิกิริยาก๊าซเรือนกระจก การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากซากดึกดำบรรพ์ดังกล่าวจึงนับเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพเป็นบ้านที่ใช้พลังงานต่ำเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสร้างสมดุลให้กับระบบนิเวศ การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของโซล่าเซลล์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพนับเป็นการประหยัดพลังงาน ช่วยลดภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดภาวะโลกร้อน นำไปสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาและสร้างสรรค์แนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่บริโภคพลังงานต่ำ ซึ่งอยู่ในแนวทางการออกแบบบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพในประเทศไทย
- เพื่อศึกษาและสร้างสรรค์รูปแบบของการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมอย่างเหมาะสม
- เพื่อศึกษาขนาดและพื้นที่การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับขนาดการใช้กำลังไฟฟ้าภายในบ้านภูมิอากาศชีวภาพซึ่งใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติเป็นหลัก
- เพื่อศึกษาการใช้ภูมิสถาปัตย์ที่สอดคล้องกับรูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์และผสานกับกายภาพของบ้าน เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยมีความสบาย สุขภาพแข็งแรง จิตใจแจ่มใส และส่งเสริมระบบนิเวศทางธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบแนวความคิด

บ้านพักอาศัยในแบบที่เราเรียกว่าบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ เป็นบ้านที่ได้รับการออกแบบให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ หรือที่เรียกว่า Passive and low energy architecture ใช้อักษรย่อว่า PLEA เป็นบ้านที่เน้นแนวทางการออกแบบโดยหลักเกณฑ์การสร้างความสมดุลในธรรมชาติระหว่างสิ่งมีชีวิต

ภูมิอากาศกับอาคาร ซึ่งหมายถึงวัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคารและระบบอาคาร เช่น ระบบสุขาภิบาล ระบบการกำจัดของเสีย ระบบการใช้พลังงานภายในบ้าน ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง เป็นต้น เหล่านี้ให้มีความสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตของผู้อยู่อาศัยในบ้านแบบบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ จึงเป็นแบบบ้านที่เน้นรูปทรงโครงสร้างบูรณาการกับการสร้างความสมดุลทางธรรมชาติ ภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เมื่อมาประยุกต์กับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ย่อมได้ผลลัพธ์เป็นบ้านที่ใช้พลังงานหมุนเวียนจากแสงอาทิตย์ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ มีความเย็นสบาย มีแสงธรรมชาติเข้าถึงทุกห้อง ตอบสนองต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ตามธรรมชาติและภูมิอากาศได้อย่างเหมาะสม พัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตามยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของชาติ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

- ศึกษาบ้านตัวอย่างรูปแบบบ้านพักอาศัยเชิงภูมิอากาศชีวภาพในเขตกรุงเทพฯ เป็นครอบครัวเดี่ยว ขนาด 2-4 คน การดำเนินชีวิตตามปกติของคนในบ้าน การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าแบบเศรษฐกิจพอเพียง และศึกษาพันธุ์ไม้ในบ้าน
- ศึกษาการใช้วัสดุทำเปลือกอาคารที่ลดค่าความร้อนเพิ่มสู่ภายในอาคาร (heat gain) และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- ศึกษาระบบเซลล์แสงอาทิตย์และรูปแบบในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของบ้าน
- ทดสอบการทำงานของระบบและตรวจสอบค่าของกระแสไฟฟ้าจากบ้านตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิงโครงการวิจัย

Hastings, Robert and Wall, Maria, **Sustainable Solar Housing**, Earthscan, London, 2007

Hyde, Richard, **Bioclimatic Housing, Innovative Design for Warm Climates**, Earthscan in the UK and USA, 2008

Roaf, **Sue. Ecohouse a Design Guide**, Architectural press, 2001

Roulet, Claude-Alain, **Ventilation and Airflow in Buildings**, Earthscan in the UK and USA, 2008

Santamouris, M. Energy and Climate in the Urban Built Environment, James & James, 2001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Szokolay, V Steven, Introduction to Architectural Sciences: The Basis of Sustainable Design, Architectural Press,2005

Yudeison, Jerry, **Green Building A to Z**, New Society Publisher, Canada, 2009

นภัทร วัจนเทพินทร์, **การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง**, บริษัทสกายบุ๊คส์จำกัด, 2554

ฤทัย ใจจงรักษ์. **เรือนไทยเดิม**, สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2543

วรนุช แจ้งสว่าง, **พลังงานหมุนเวียน**, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551

สถาบันอาคารเขียวไทย, **เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย**, 2553

http://www.thaisolarfuture.com/solarroof.php?cat=12

http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/home/home_photovoltaic.html

http://kanchanapisek.or.th/kp1/nonprofit/seh.html

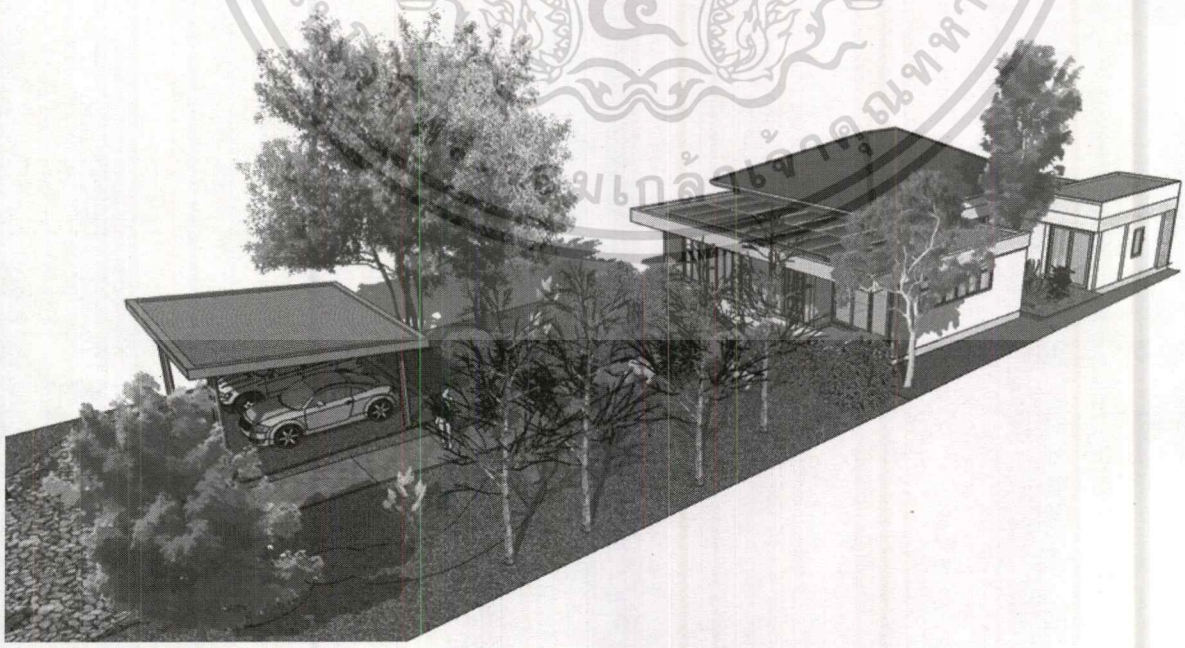
http://www.solartron.co.th/TH/About_CompanyProfile.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ (Bioclimatic House) ในประเทศไทย

บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ (Bioclimatic House) **ในประเทศไทย** หมายถึง การออกแบบบ้านที่นำระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้ามาประยุกต์เข้ากับบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพที่ตั้งอยู่ในประเทศไทย บ้านภูมิอากาศชีวภาพช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ภายในบ้านมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอยู่อาศัยในปริมาณน้อย ลักษณะของบ้านที่สำคัญคือ การใช้คอร์ตและลานโล่งภายในบ้านเพื่อการระบายอากาศที่ดีและสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในบ้านให้อยู่ในภาวะสบายได้มากที่สุดโดยใช้เครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด ทำให้ใช้ปริมาณไฟฟ้าต่ำ การติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ (Photovoltaic System) ก็จะใช้พื้นที่น้อย ซึ่งทำให้การออกแบบบ้านเพื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นสิ่งที่มีความเหมาะสมและคุ้มค่ากับการลงทุน มีจุดคุ้มทุนต่ำ ราคาค่าติดตั้งโซล่าเซลล์เมื่อมีจำนวนไม่มากก็จะอยู่ในงบประมาณต่ำที่ผู้ซื้อบ้านสามารถรองรับได้ และการใช้ธรรมชาติการจัดสวนพันธุ์ไม้ต่างๆ ที่เหมาะกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่นไทยจะทำให้ภายในบ้านเกิดความสบาย ผู้อยู่อาศัยมีจิตใจแจ่มใส พลานามัยแข็งแรง



ภาพที่ 1.1 *ภาพจำลองบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพในกรุงเทพมหานคร*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันการออกแบบบ้านพักอาศัยที่ใช้หลักเกณฑ์ด้านไบโอไคลเมติก (bioclimatic) หรือภูมิอากาศชีวภาพได้ทวีความสำคัญมากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งสืบเนื่องมาจากการพัฒนาที่มุ่งเน้นสู่ความยั่งยืนของระบบนิเวศวิทยา คำว่า **"ไบโอไคลเมติก"** หรือในภาษาไทยว่า **ภูมิอากาศชีวภาพ** มีความหมายผูกพันอยู่ระหว่างภูมิอากาศและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต สำหรับบริบททางด้านอาคารและบ้านพักอาศัย ไบโอไคลเมติกมีความผูกพันอยู่กับปัจจัยที่สามที่อยู่นอกเหนือจากภูมิอากาศและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต นั่นก็คือ รูปทรงของบ้านผนวกกับโครงสร้าง ในการศึกษาแนวทางการออกแบบบ้านภูมิอากาศชีวภาพที่จะให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนและถ่องแท้นั้น วิธีการที่ดีที่สุดคือการได้เข้าไปสำรวจบ้านที่ได้รับการสร้างในแนวทางที่มีอยู่ในบริบทข้างต้น ได้แก่ บ้านซึ่งมีรูปทรงโครงสร้างที่ตอบสนองต่อภูมิอากาศและสร้างสรรค์ภาวะการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ได้อย่างสมดุล ในทำนองเดียวกันรูปทรงและการก่อสร้างบ้านก็มีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศและธรรมชาติอย่างสมดุล

องค์ประกอบในการออกแบบบ้านภูมิอากาศชีวภาพ

จากความหมายของบ้านภูมิอากาศชีวภาพข้างต้น ทำให้เราทราบถึงองค์ประกอบสำคัญ ที่นำมาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบบ้านดังนี้

- ลักษณะสำคัญของภูมิอากาศ
- การปรับค่าภาวะสบายทางอุณหภูมิ (thermal comfort)
- ลักษณะสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ตอบสนองสิ่งแวดล้อมด้านภูมิอากาศ ระบบนิเวศและชีวกายภาพ
- การประเมินผลต่อสิ่งแวดล้อม
- ลักษณะภูมิอากาศย่อย (microclimate) ได้แก่ ทางโคจรของดวงอาทิตย์ ลมและฝน
- การออกแบบในระบบ passive และ active เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารและสร้างความเย็นให้กับอาคาร
- การพัฒนารูปทรงอาคารเพื่อตอบสนองการออกแบบไบโอไคลเมติก[1]

แนวทางการออกแบบบ้านไบโอไคลเมติกจึงยืนอยู่บนพื้นฐานของการใช้องค์ประกอบด้านชีวกายภาพเพื่อชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีของผู้อยู่อาศัย องค์ประกอบด้านชีวกายภาพเป็นองค์ประกอบที่เน้นด้านนิเวศวิทยา (ecosphere) มากกว่าด้านธรณีวิทยา (lithosphere) ได้แก่ ความร้อน แสง ภูมิทัศน์ อากาศ ฝน และวัสดุ เป็นต้น

- การใช้น้ำและวัสดุอย่างยั่งยืน

---

[1] Hyde, Richard. **Bioclimatic Housing Innovative Design for Warm Climates**, Earthscan in the UK and USA, 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1.2 *แสดงองค์ประกอบการออกแบบบ้านไบโอไคลเมติก ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 7 ด้าน คุณค่าด้านระบบนิเวศ การนำระบบ* ***passive*** *ซึ่งไม่ใช้เครื่องกลในอาคารมาใช้ คำนึงถึงวงจรชีวิตและการประเมินสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี ผลกระทบต่ำต่อความเปลี่ยนแปลง น้ำและการใช้วัสดุยั่งยืน ระบบพลังงานทดแทน*

ที่มา*: Hyde, Richard. Bioclimatic Housing Innovative Design for Warm Climates, page 4, Earthscan in the UK and USA, 2008*

การศึกษาบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศต่ำ

(ที่มา: สุภาวดี รัตนมาศและศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศชีวภาพเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, 2554)

โดยเลือกใช้บ้านพักอาศัยชั้นเดียวในเขตจตุจักร ซึ่งได้รับการออกแบบให้ลดการใช้เครื่องปรับอากาศประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยวิธีพาสซีฟ พึ่งพาธรรมชาติในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ภายในบ้านมีลานโล่ง (court) และมีลานโล่งภายนอกตัวบ้าน ทำให้มีการระบายอากาศภายในบ้านดีและใช้ฉนวนป้องกันความร้อนที่หลังคา เป็นบ้านชั้นเดียวพื้นที่ภายในบ้านประมาณ 150 ตารางเมตร บ้านที่ใช้ในการศึกษาตั้งอยู่ในเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีความหนาแน่นของประชากรสูง 4,904.86 คน/ตารางกิโลเมตร (ที่มา: สำนักบริหารการทะเบียนกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย: รายงานสถิติจำนวนประชากรและบ้าน รายจังหวัด รายอำเภอ และรายตำบล ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554) เขตจตุจักรอยู่ในกลุ่มเขตกรุงเทพฯ เหนือ เป็นแหล่งการค้า การบริการ และแหล่งที่อยู่อาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

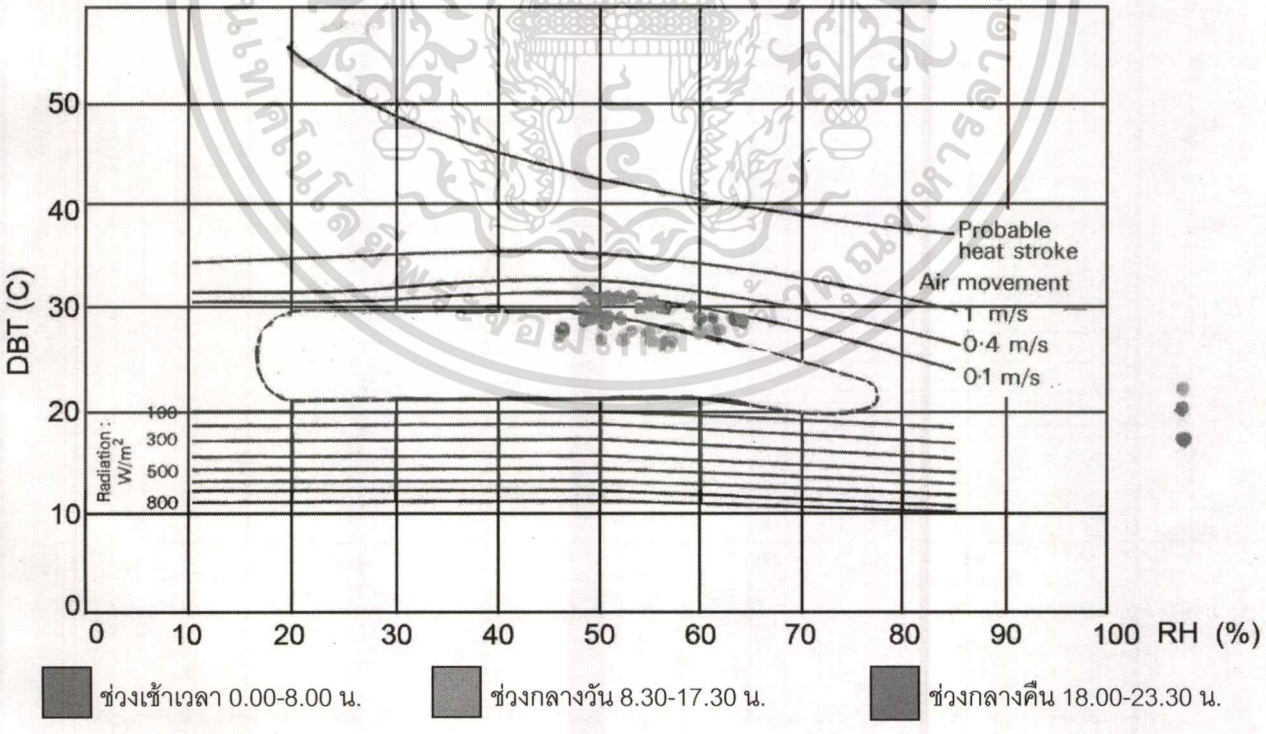
หนาแน่นมาก ในพื้นที่เขตจตุจักรมีทางสายหลัก ถนนลาดพร้าว ถนนพหลโยธิน ถนนกำแพงเพชร ทางน้ำมีคลองบางเขน คลองเปรมประชากร นอกจากนี้ยังมีเส้นทางขนส่งมวลชนระบบรางตัดผ่านในพื้นที่เขต โดยมีสถานี 2 แห่ง คือ สถานีกำแพงเพชรและสถานีสวนจตุจักร เป็นที่ตั้งของสถานีหมอชิตซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดของรถไฟฟ้าบีทีเอสสายสุขุมวิท สถานที่สำคัญได้แก่ ตลาดนัดจตุจักร สวนสาธารณะจตุจักร สวนสาธารณะวชิรเบญจทัศ สวนสาธารณะสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ ตลาดนัด อตก. สวนรถไฟ สถานีขนส่งหมอชิต จัดได้ว่าบ้านพักอาศัยที่ใช้ในการศึกษาตั้งอยู่ในเขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูง

ลักษณะสำคัญของบ้าน

1. เป็นบ้านพักอาศัยชั้นเดียวที่ปลูกพันธุ์ไม้นานาชนิดทั้งไม้ยืนต้นให้ร่มเงา ไม้พุ่มกลางที่มีใบเล็ก และไม้คลุมดินรายรอบบ้าน สร้างความร่มรื่นและความสบายให้กับบ้านทั้งสามฤดูตลอดปี ซึ่งกล่าวได้ว่าภายในบ้านมีความสบายทางอุณหภูมิและสามารถลดภาระการใช้เครื่องปรับอากาศได้

2. วางทิศทางของบ้านตามหลักการรับลมหลบแดด ช่องเปิดหน้าต่างอยู่ทางทิศเหนือ-ใต้ เพื่อการระบายอากาศตามธรรมชาติ และภายในบ้านมีช่องเปิดตรงกัน (crossventilation) ทุกห้องได้รับแสงธรรมชาติ ทำให้มีสุขอนามัยที่ดี

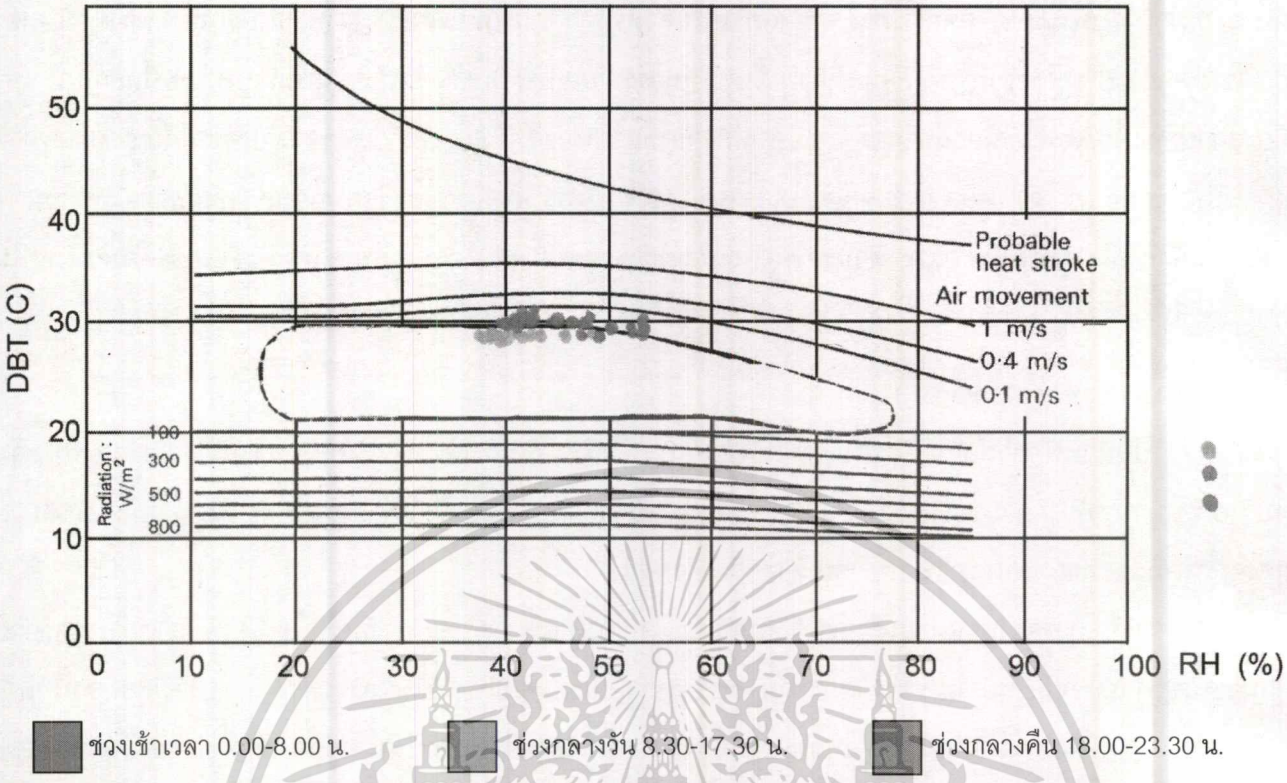
3. ภายในบ้านมีอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตภาวะสบายทั้งสามฤดู และในบางช่วงเวลาที่อุณหภูมิอยู่นอกเขตภาวะสบาย ก็สามารถเปิดพัดลมช่วยในความเร็วลม 0.1 เมตรต่อวินาที ดังภาพที่ 3.1 และ 3.2 (ที่มา: สุภาวดี รัตนมาศและศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศชีวภาพเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, 2554)



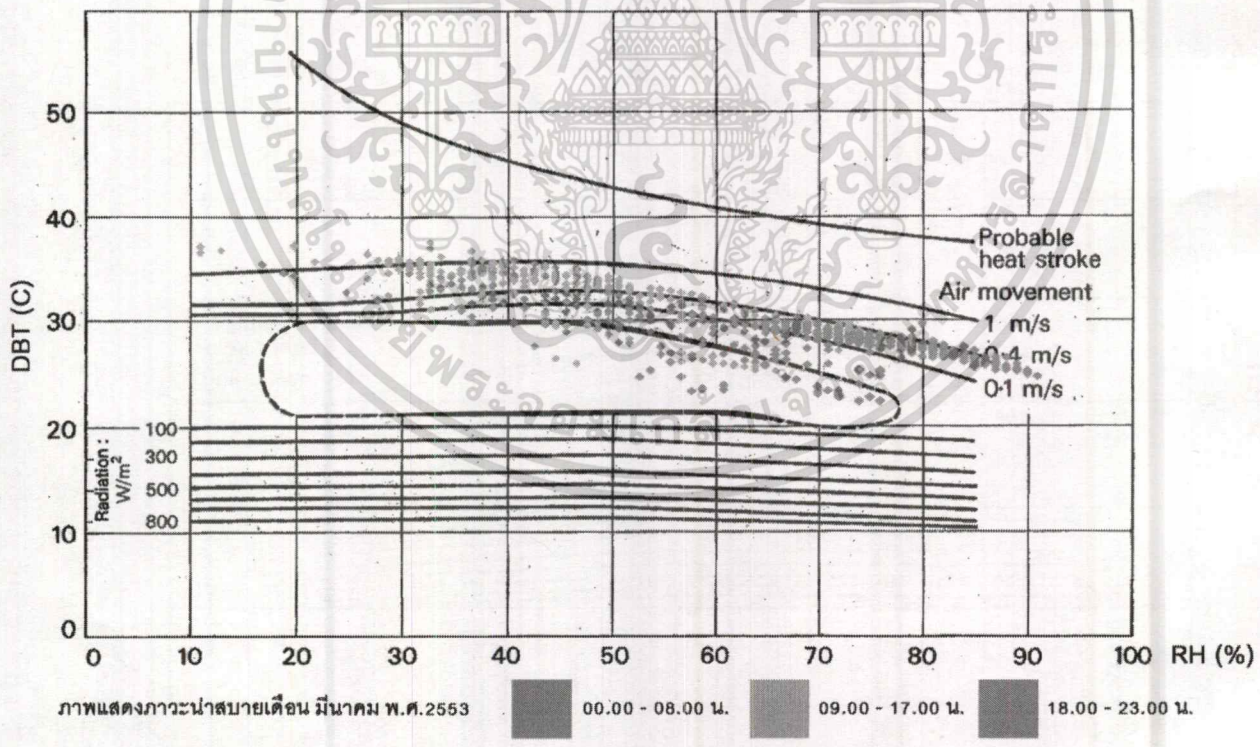
***ภาพที่** 1.3 แสดงค่าภาวะสบายภายในห้องสตูดิโอเดือนมีนาคม ฤดูร้อนปี พ.ศ. 2554*

***ที่มา**: สุภาวดี รัตนมาศ และศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศชีวภาพเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, หน้า88, 2554*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



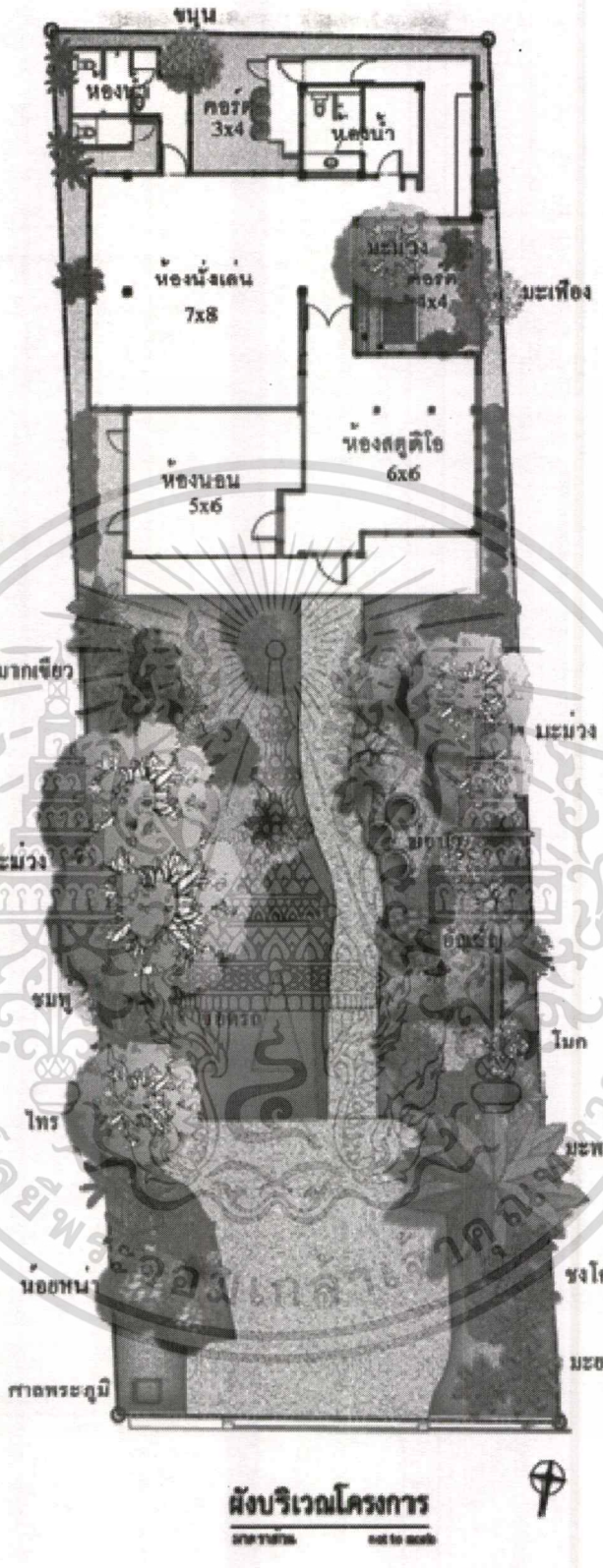
ภาพที่ 1.4 แสดงค่าภาวะสบายภายในห้องนอน เดือนมีนาคม ฤดูร้อนปี พ.ศ. 2554



***ภาพที่** 1.5 แสดงแผนภูมิไบโอไคลเมติกของกรุงเทพมหานครในฤดูร้อน (มีนาคม) ตามช่วงเวลาของวัน*

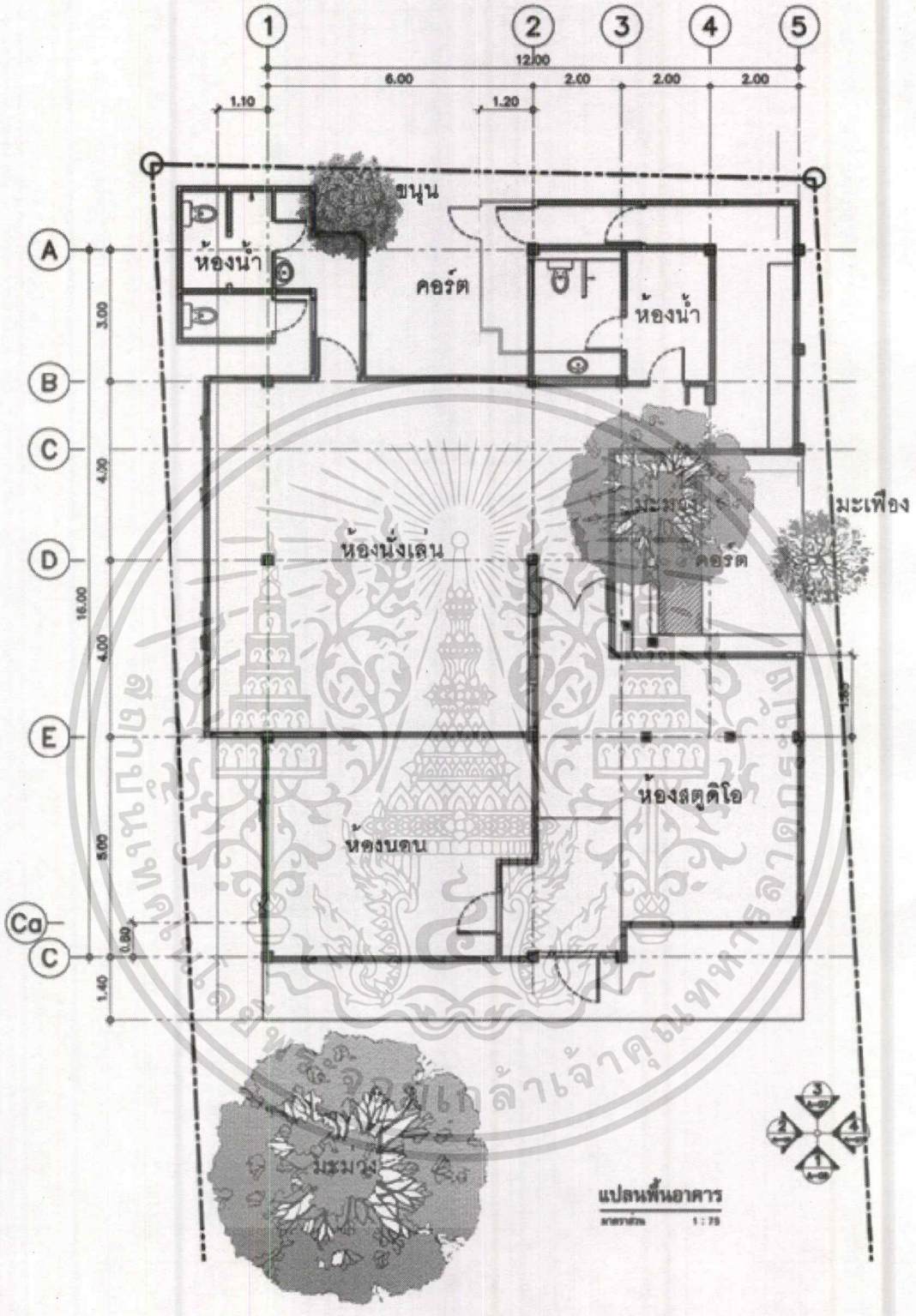
***ที่มา**: สุภาวดี รัตนมาศและศุทธา ศรีเผด็จ, รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศชีวภาพเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ, หน้า89, 2554*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



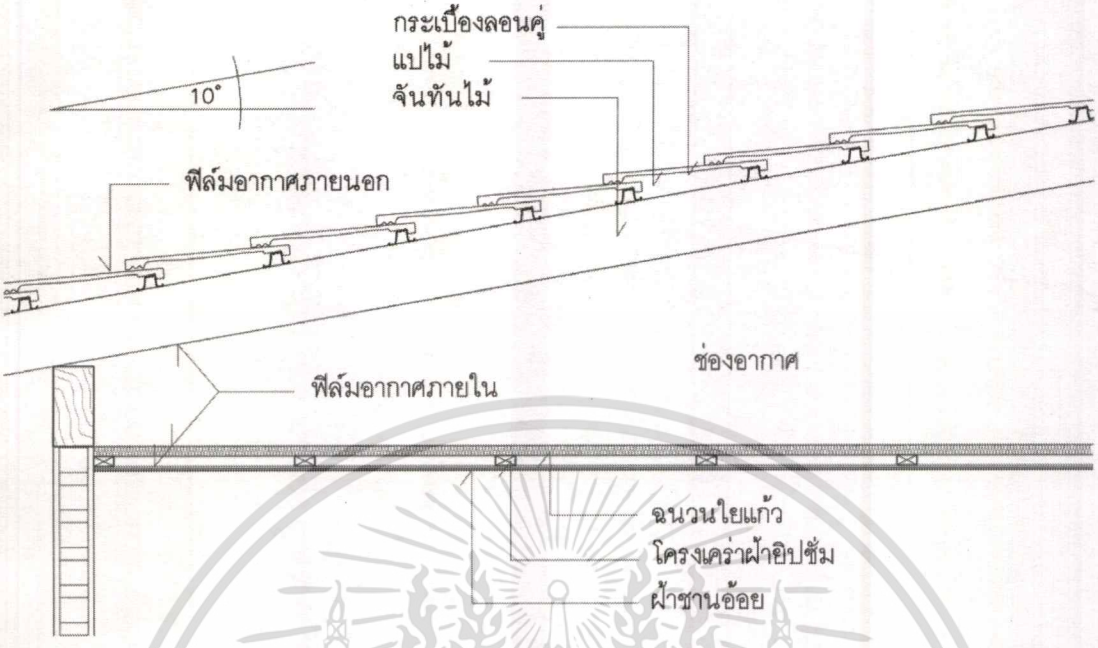
ภาพที่ 1.6 *แสดงผังบริเวณบ้านซึ่งรายล้อมด้วยพันธุ์ไม้นานาชนิด มีลานโล่งภายในบ้านและภายนอกบ้าน ทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดี ลดอุณหภูมิแวดล้อมลง ด้านหน้าบ้านเป็นทิศเหนือติดถนนซอยพหลโยธิน 19 กว้าง 6.00 เมตร*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

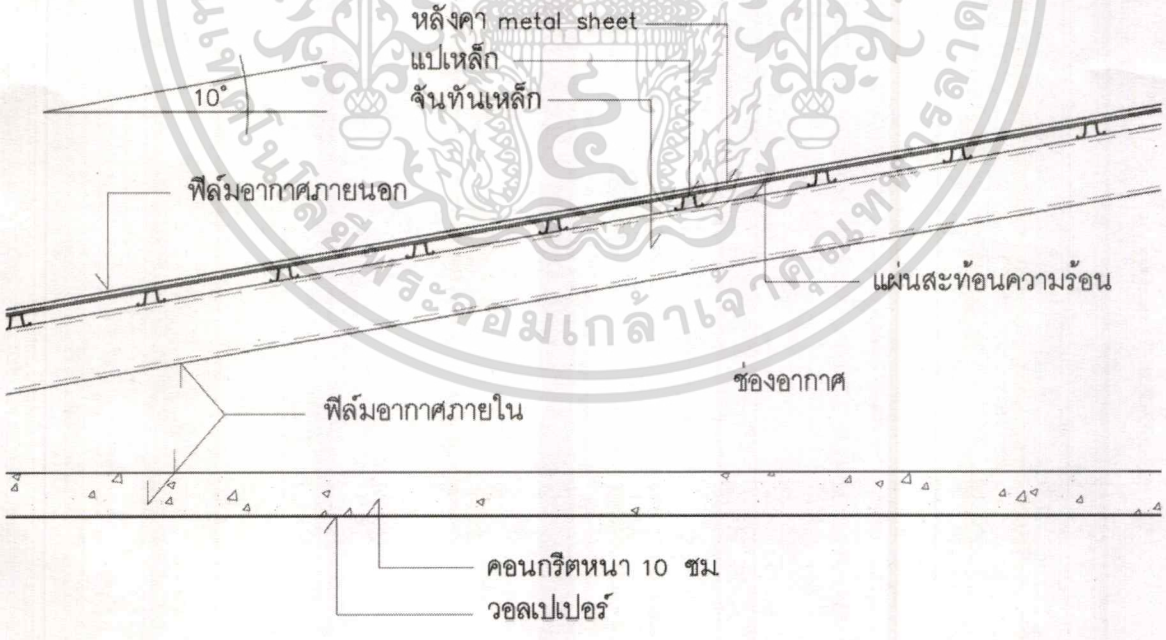


***ภาพที่** 1.7 แสดงแปลนบ้าน พื้นที่ขนาดประมาณ 150 ตารางเมตร มีช่องเปิดในแนวทิศเหนือ-ใต้ และส่วนใหญ่มีช่องเปิดตรงกัน*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

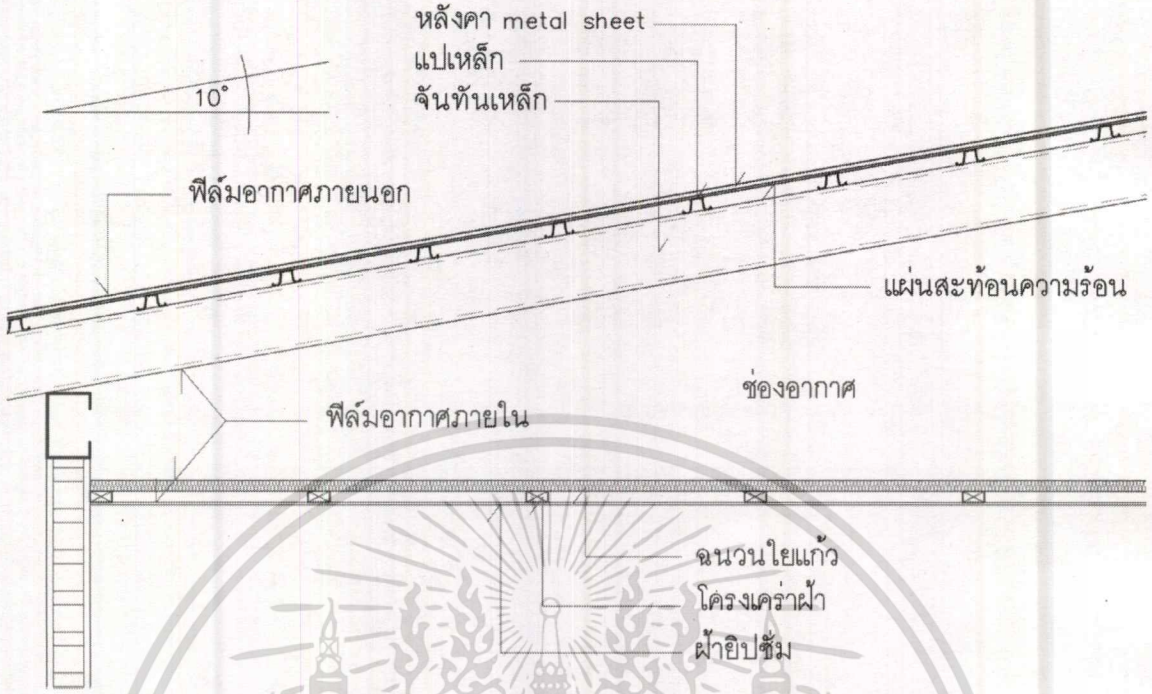


***ภาพที่ 1.8** แสดงรูปตัดหลังคาและฝ้าเพดานส่วนห้องนั่งเล่น*

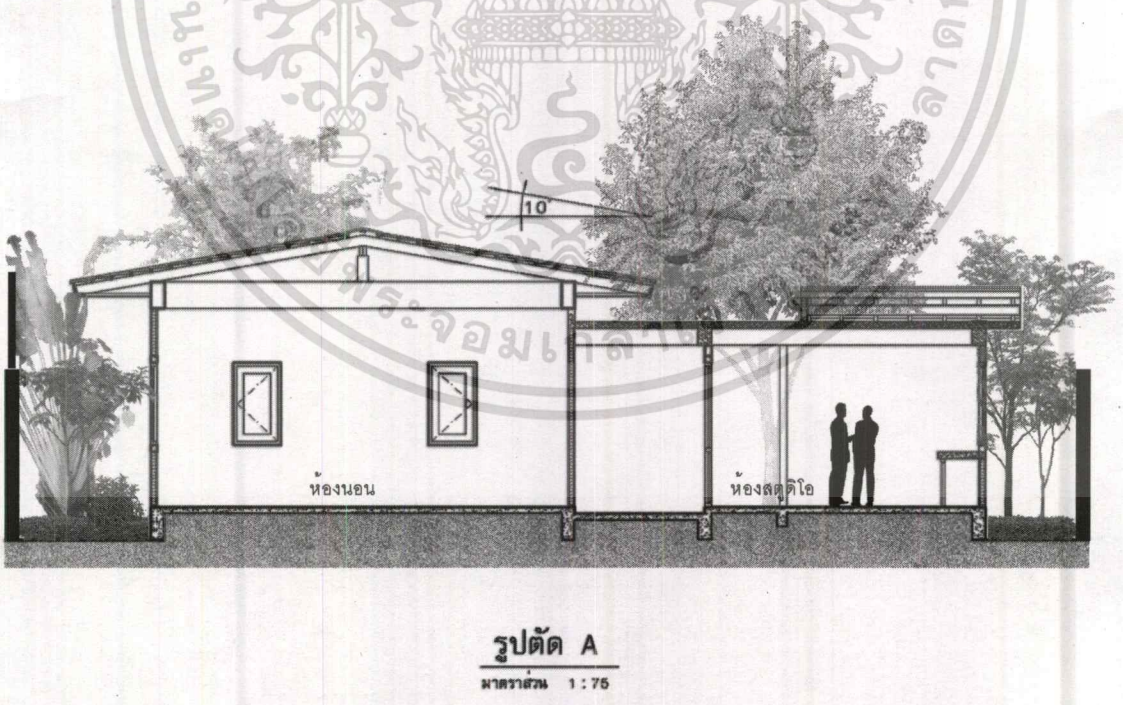


***ภาพที่ 1.9** แสดงรูปตัดหลังคาส่วนห้องนั่งเล่นและห้องนอน*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.10 แสดงวัสดุหลังคาและฝ้าเพดานห้องทำงานสตูดิโอ

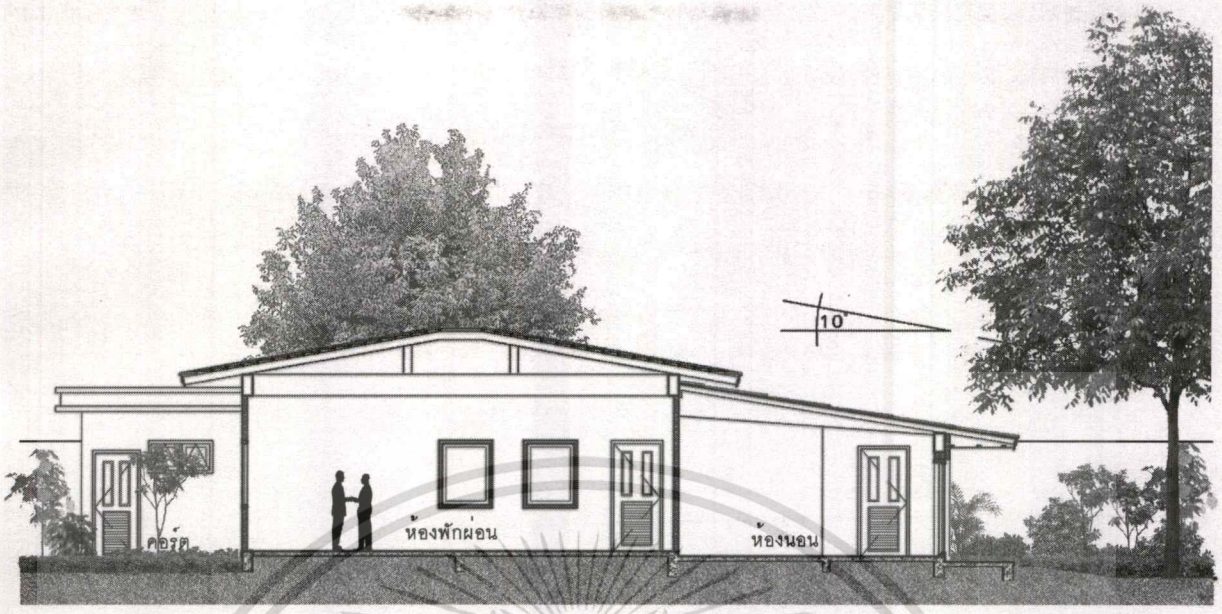


รูปตัด A

มาตราส่วน 1 : 75

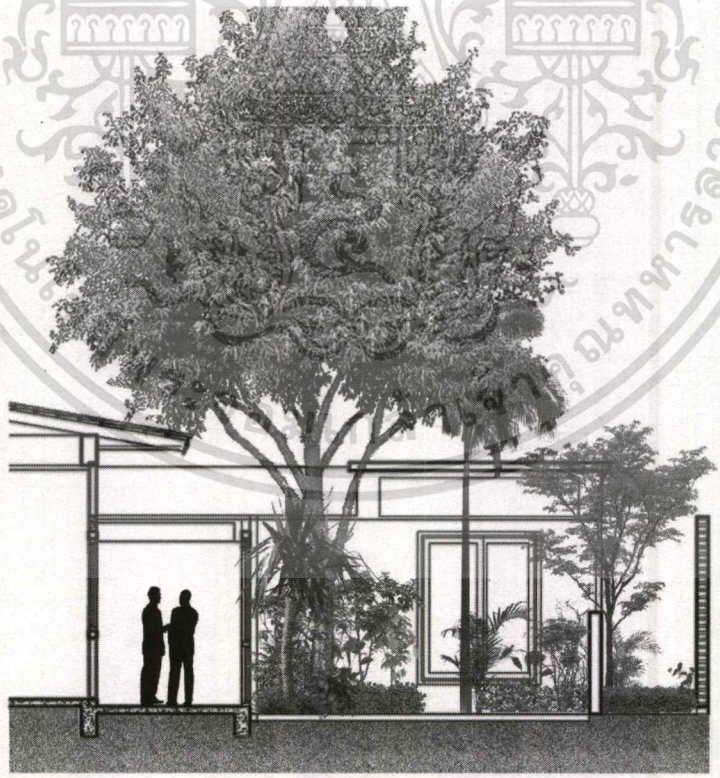
ภาพที่ 1.11 แสดงรูปตัดบ้านส่วนห้องนอนและห้องทำงานสตูดิโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปตัด B
มาตราส่วน 1 : 75

ภาพที่ 1.12 แสดงรูปตัดบ้านห้องพักผ่อนและห้องนอนตามแนวทิศใต้และทิศเหนือ



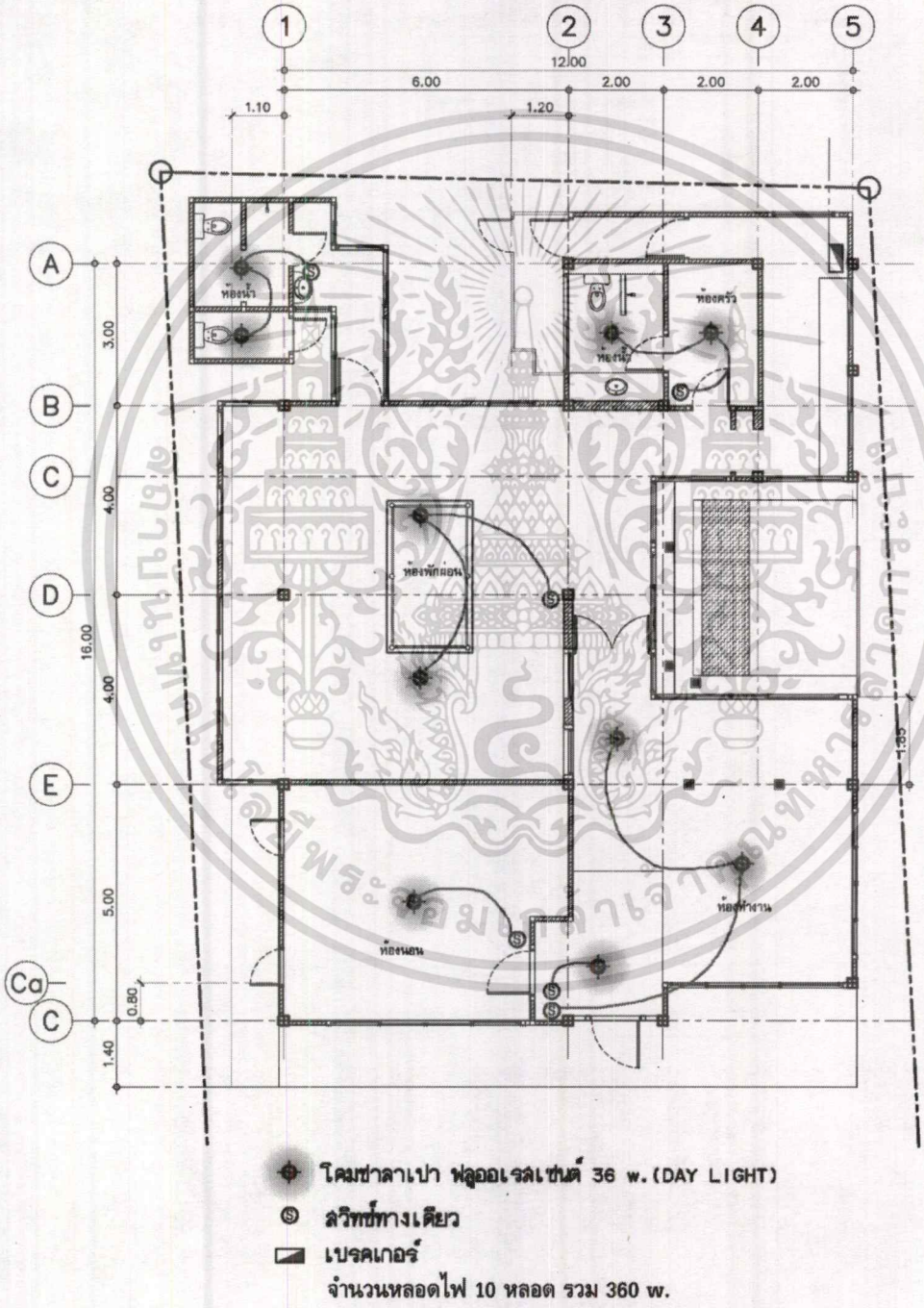
ขยายรูปตัดคอร์ต
มาตราส่วน 1 : 75

ภาพที่ 1.13 แสดงรูปตัดผ่านคอร์ตลานโล่งภายในบ้านและห้องพักผ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านที่ใช้ศึกษา

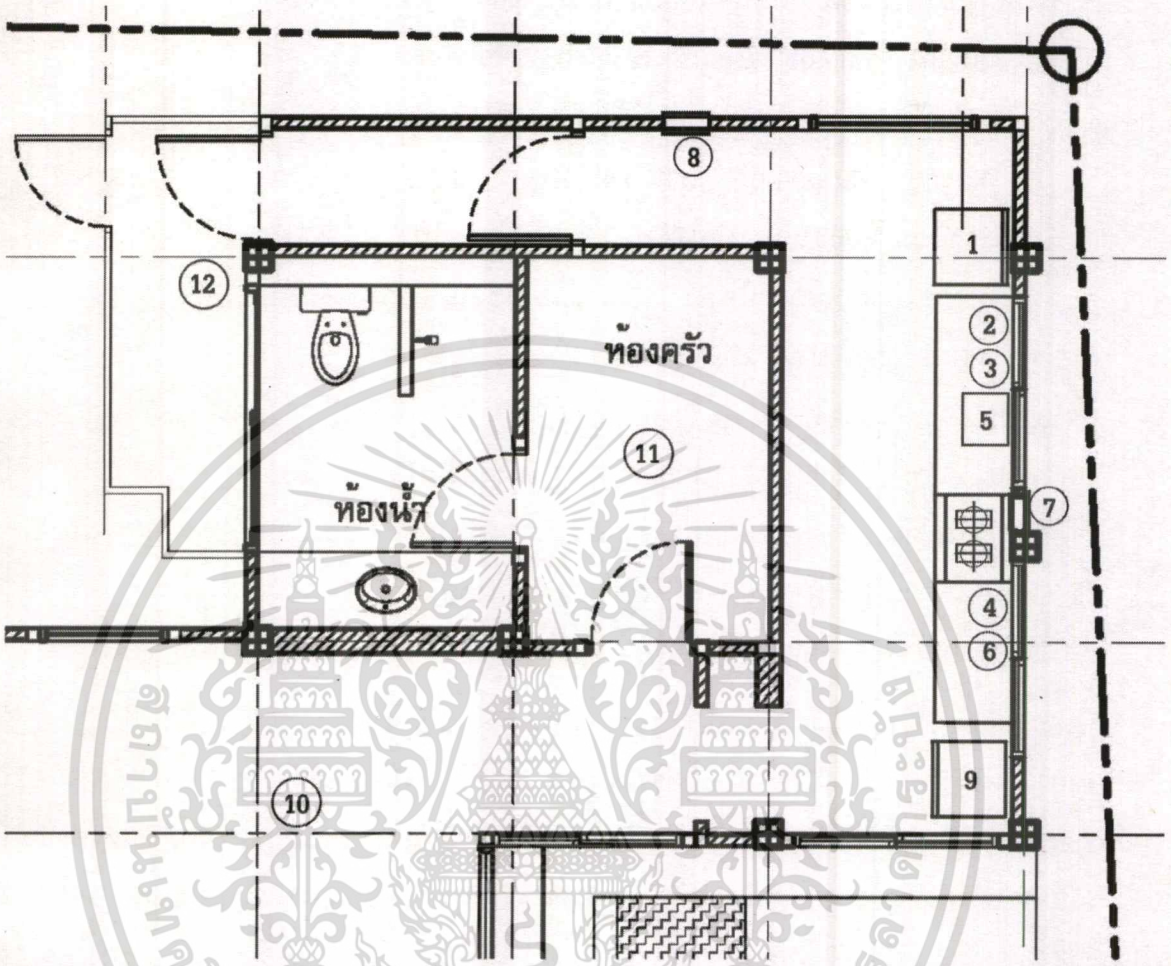
จากลักษณะบ้านที่ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านอยู่ในขอบเขตภาวะสบาย และใช้พัดลมในบางช่วงเวลาที่อุณหภูมิอยู่นอกเหนือภาวะสบาย ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านมีปริมาณน้อยกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนั้นหากจะลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนสำหรับบ้านที่ใช้ไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศต่ำ จึงเป็นการประหยัดงบประมาณมากกว่าและคุ้มค่าแก่การลงทุน



ภาพที่ 1.14 แสดงตำแหน่งดวงโคมในบ้านและการใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างรวม 360 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องครัว



1. เครื่องซักผ้า 430 w.ใช้ 2 ชม./วัน
2. หม้อหุงข้าว 560 w.ใช้ 0.75 ชม./วัน
3. หม้อต้มแกง 680 w.ใช้ 0.75 ชม./วัน
4. กะทะไฟฟ้า 1,300 w.ใช้ 0.5 ชม./วัน
5. เตาไมโครเวฟ 800 w.ใช้ 0.5 ชม./วัน
6. กาต้มน้ำร้อน 1,000 w.ใช้ 0.25 ชม./วัน
7. พัดลมดูดอากาศ เหนือเตาไฟฟ้า 330 w.ใช้ 1 ชม./วัน
8. พัดลมดูดอากาศ ติดผนัง 25 w.ใช้ 2 ชม./วัน
9. ตู้เย็น 69 w.ใช้ 24 ชม./วัน
10. พัดลมเคลื่อนที่ตั้งโต๊ะ 50 w.ใช้ 1 ชม./วัน
11. โคมไฟเพดาน 1 ชุด 60 w.ใช้ 2 ชม./วัน
12. เครื่องปั๊มน้ำ 400 w.ใช้ 0.33 ชม./วัน

ภาพที่ 1.15 แสดงตำแหน่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นภายในบ้านและกำลังการใช้ไฟฟ้ารวม 5,704 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการกำลังไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นในบ้าน

1. เครื่องซักผ้ากำลังไฟ 430 watt เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
2. หม้อหุงข้าว 560 watt เปิดใช้งาน 0.75 ชั่วโมงต่อวัน
3. หม้อต้มแกง 1 หม้อ 680 watt เปิดใช้งาน 0.75 ชั่วโมงต่อวัน
4. กระทะไฟฟ้า 1 ชิ้น 1,300 watt เปิดใช้งาน 0.5 ชั่วโมงต่อวัน
5. เตาไมโครเวฟ 800 watt เปิดใช้งาน 0.5 ชั่วโมงต่อวัน
6. กาต้มน้ำร้อน 1,000 watt เปิดใช้งาน 0.25 ชั่วโมงต่อวัน
7. พัดลมดูดอากาศเหนือเตาไฟฟ้า 330 watt เปิดใช้งาน 1 ชั่วโมงต่อวัน
8. พัดลมดูดอากาศติดผนัง 25 watt เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
9. ตู้เย็น 69 watt เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง
10. พัดลมโคจรตั้งโต๊ะ 50 watt เปิดใช้งาน 1 ชั่วโมงต่อวัน
11. โคมไฟเพดาน 1 ชุด 60 watt เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
12. โคมไฟเพดาน 1 โคม 60 watt เปิดใช้งาน 2 ชั่วโมงต่อวัน
13. เครื่องปั๊มน้ำ 400 watt เปิดใช้งาน 0.33 ชั่วโมงต่อวัน

จากรายการการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านข้างต้นนำมาคำนวณหาค่าการใช้ไฟฟ้าได้ดังนี้

1. การใช้ไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างจากดวงโคมรวม 360 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน
2. การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในบ้านรวม 5,428 วัตต์ชั่วโมงต่อวัน

รวมการใช้ไฟฟ้าซึ่งจะนำไปคำนวณเพื่อใช้พลังงานทดแทนสำหรับแผงโซล่าเซลล์ทั้งสิ้น 5,788 วัตต์ชั่วโมงต่อวันแผงโซล่าเซลล์แผงหนึ่งผลิตไฟฟ้าได้ 200 วัตต์ ดังนั้นต้องใช้แผงโซล่าเซลล์จำนวน 30 แผง คิดเป็นพื้นที่ 15 ตารางเมตร (แผงโซล่าเซลล์ขนาด 1.00 x 2.00 ตารางเมตร)

การพิจารณาการติดตั้งระบบแผงโซล่าเซลล์

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น แบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือ **ระบบไฟฟ้าแบบอิสระ** (stand-alone system) และ**ระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย หรือระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกริด** (Grid-connected system) ระบบไฟฟ้าแบบอิสระนั้นแบ่งออกเป็น 3 ระบบด้วยกันคือ ระบบอิสระที่ไม่มีแบตเตอรี่ ระบบอิสระที่มีแบตเตอรี่ และระบบอิสระแบบผสมผสาน ระบบอิสระที่มีแบตเตอรี่จะสามารถสำรองไฟไว้ใช้ได้ตามช่วงเวลาการใช้งานของผู้ใช้ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากกว่าระบบอิสระที่ไม่มีแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า ส่วนระบบอิสระแบบผสมผสานจะมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าอื่นๆ ต่อร่วมกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อช่วยกันผลิตไฟฟ้า ทำให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้ามีสูงขึ้น ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ดีกว่า เช่น การต่อระบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมผลิตไฟฟ้า หรือการต่อระบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

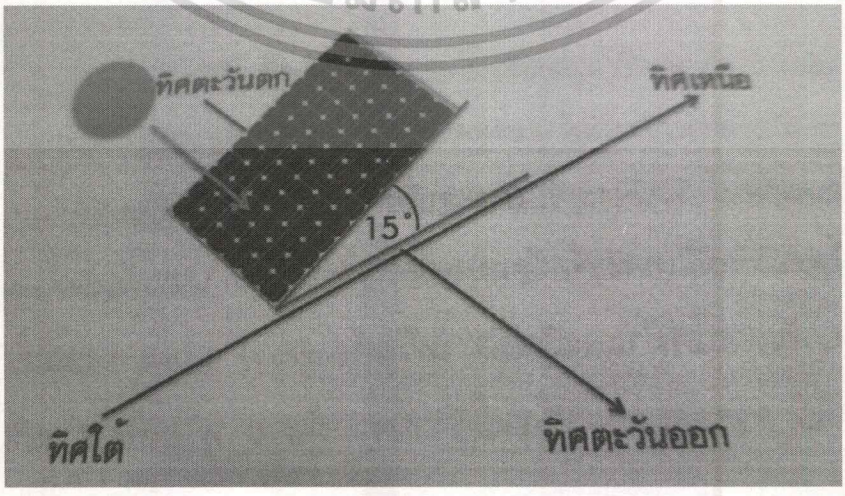
ส่วนระบบผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (เชื่อมต่อกริด) จะมี 2 ระบบคือ ระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แล้วแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายเข้ากับสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ระบบแบบนี้จะเป็นระบบของโรงไฟฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานแสงอาทิตย์ อีกระบบหนึ่งคือระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบจำหน่าย (ระบบเชื่อมต่อกริด) ติดตั้งที่บ้านของผู้ใช้ไฟฟ้าแบบนี้เป็นระบบขนาดเล็ก (ที่มา: นภัทร วัจนเทพินทร์, การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, หน้า32, บ.สกายบุ๊กส์จำกัด, 2554)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกริด (ต่อเข้าระบบจำหน่าย) เป็นระบบที่ใช้ในพื้นที่ที่มีระบบส่งจ่ายไฟฟ้าเข้าถึง เช่นในเขตเมืองและเมืองหลวง ซึ่งจะมีความคุ้มค่ามากกว่าและมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ระบบเชื่อมต่อแบบกริดที่ไม่มีแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้าจะถูกกว่าระบบที่มีแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยมีแนวโน้มอัตราการติดตั้งในระบบเชื่อมต่อแบบกริดสูงมากเช่นเดียวกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก (ที่มา:นภัทร วัจนเทพินทร์, การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, หน้า38, บ.สกายบุ๊กส์ จำกัด, 2554)

มุมเอียงของแผงโซล่าเซลล์ การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดนั้น ต้องวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันในทุกฤดูกาล โดยใช้ระบบอุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์หรือ Solar tracking system วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดและมีราคาสูง โดยแผงจะติดตั้งบนโครงเหล็กที่มีมอเตอร์และระบบเซนเซอร์ควบคุมให้แผงโซล่าเซลล์หันหน้าตั้งฉากกับมุมของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันโดยระบบอัตโนมัติตามเซนเซอร์ ซึ่งจะทำให้ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด อีกวิธีหนึ่งคือการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ให้ได้รับแสงอาทิตย์ตั้งฉากมากที่สุดตลอดทั้งปีตามตำแหน่งที่แผ่นโซล่าเซลล์นั้นตั้งอยู่ สำหรับประเทศไทยมีการวิจัยและทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยมุมเอียงของแผ่นโซล่าเซลล์ที่ดีที่สุดคือ 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้ ประเทศไทยมี 3 ฤดูคือ ฤดูร้อนตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางพฤษภาคม ฤดูฝนเริ่มกลางเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และฤดูหนาวตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา) แต่ละฤดูถ้าวางแผงโซล่าเซลล์ให้มุมเอียงตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ตามวงโคจรของดวงอาทิตย์จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าแตกต่างกันและได้มากที่สุดดังนี้ ฤดูหนาวเอียง 30 องศา ฤดูร้อนเอียง 15 องศา และในฤดูฝนเอียง 0 องศา (วางระนาบ) จะทำให้การผลิตไฟฟ้าของโซล่าเซลล์เพิ่มมากขึ้น 3% เมื่อเทียบกับการติดตั้งแผ่นโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 15 องศา ทุกฤดูกาล จากการวิจัยเชิงทดลองของมหาวิทยาลัยสุรนารี (ที่มา: นภัทร วัจนเทพินทร์, การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, หน้า48, บ.สกายบุ๊กส์ จำกัด, 2554) และแผงโซล่าเซลล์จะต้องไม่มีเงาของอาคารใดๆ และต้นไม้มาบัง

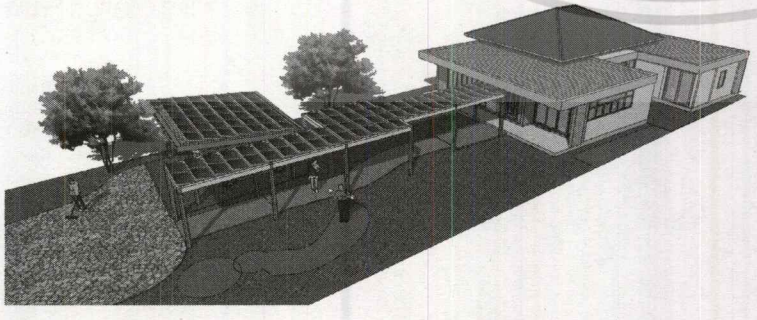


ภาพที่ 1.16 แสดงมุมเอียงลาดของแผ่นโซล่าเซลล์ 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์มีหลายลักษณะโดยมีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา คือ ขนาดและจำนวนแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ต้องการผลิต ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าทำให้เราสามารถผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ที่มีขนาดพื้นที่เล็กๆ ได้ อีกทั้งยังสามารถออกแบบแผ่นโซล่าเซลล์ให้ผสมผสานเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบอาคารได้ด้วย เช่น เทคโนโลยีนี้เรียกว่าบิลดิง-อินทีเกรดเตด-โฟโตวัลทาอิก (Building integrated Photovoltaic, BIPV) แผ่นกระเบื้องมุงหลังคา แผงกันแดด แผ่นกระจกของอาคาร เป็นต้น รูปแบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ทั่วๆ ไป ได้แก่ ติดตั้งบนเสาเดี่ยวให้แผงสูงจากพื้นพ้นร่มเงาของต้นไม้และสิ่งกีดขวางต่างๆ ติดตั้งบนพื้นที่โล่ง ติดตั้งบนหลังคา ติดตั้งแทนแผ่นวัสดุมุงหลังคา ติดตั้งบูรณาการกับตัวอาคาร (BIPV)

แนวทางการออกแบบติดตั้งแผงโซล่าเซลล์กับบ้านพักอาศัยพลังงานต่ำชั้นเดียว บ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพฯ ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเป็นปกติ การใช้แผงโซล่าเซลล์เชื่อมต่อแบบกริดโดยไม่มีแบตเตอรี่จะมีค่าการลงทุนต่ำกว่าระบบอื่นๆ และหากกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์มีจำนวนมากกว่าการใช้ก็สามารถขายคืนให้กับการไฟฟ้าได้ด้วย บ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครมักมีพื้นที่โล่งประมาณ 30% ของที่ดิน พื้นที่การติดแผงโซล่าเซลล์จึงมีจำกัด เพื่อให้ได้ปริมาณโซล่าเซลล์มาก พื้นที่บนหลังคาบ้านจึงเหมาะสมที่สุด พื้นที่โซล่าเซลล์จำนวน 30 แผง รวมแล้วผลิตไฟฟ้าได้ 6,000 วัตต์ (แผงละ 200 วัตต์) ต้องการพื้นที่ 60 ตารางเมตร ซึ่งถ้าหลังคาบ้านเอียงทำมุม 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้ก็เพียงพอที่จะผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าได้ตามต้องการ บ้านที่สร้างใหม่ก็สามารถออกแบบให้หลังคาติดตั้งแผงโซล่าได้ตามขนาดที่ต้องการ หากเป็นบ้านที่สร้างแล้วก็จำเป็นต้องปรับปรุงและหาพื้นที่ตั้งที่เหมาะสม ดังนั้นถ้าพื้นที่หลังคาไม่เหมาะสมต่อการติดโซล่าเซลล์ก็จะทำให้ได้จำนวนไฟฟ้าน้อยไม่พอเพียงกับการใช้ การออกแบบบ้านให้ใช้พลังงานทดแทนจากโซล่าเซลล์จำเป็นต้องออกแบบหลังคาให้เหมาะกับการติดตั้งแผง โดยมีขนาดผืนหลังคาที่ใหญ่เพียงพอกับจำนวนโซล่าเซลล์ ผืนหลังคาเอียงมุม 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้ มีพื้นที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าหรืออินเวอร์เตอร์ และถ้าเลือกใช้ระบบที่มีแบตเตอรี่สำรองก็จำเป็นต้องมีพื้นที่จัดเก็บแบตเตอรี่ด้วย



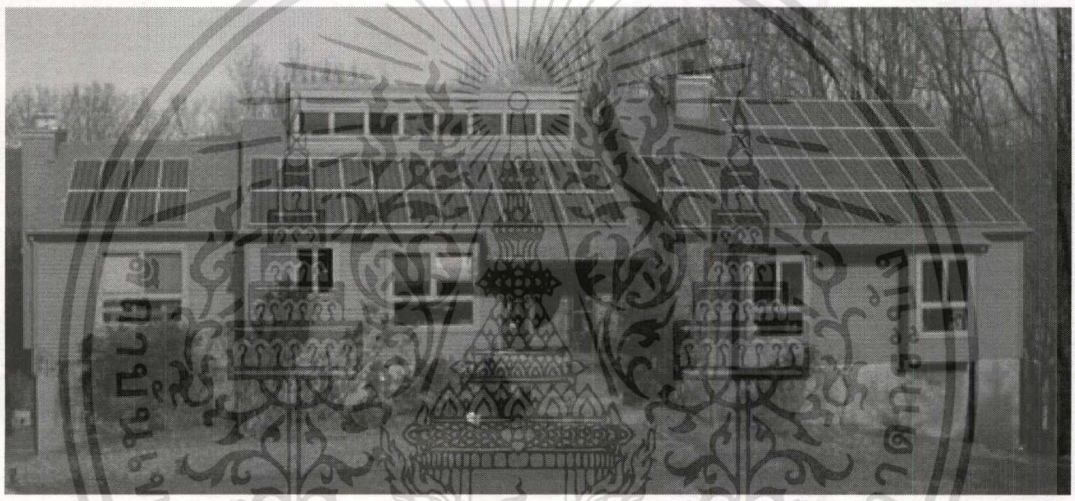
ภาพที่ 1.17 *ทัศนียภาพบ้านในแนวทางไบโอไคลเมติกและพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาที่กรุงเทพมหานคร*

ภาพที่ 1.18 *บรรยากาศภายในบ้านที่ร่มรื่น สร้างเสริมระบบนิเวศที่สมดุล เชื่อมโยงธรรมชาติเข้ากับผู้อยู่อาศัย*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

เซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.1 บ้านพักอาศัยที่ติดเซลล์แสงอาทิตย์[2]

ที่มา: *http://www.ventasalud.com/wp-content/uploads/2010/03/house-roof-solar-cell.jpg*

เซลล์แสงอาทิตย์ มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic cell ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์

---

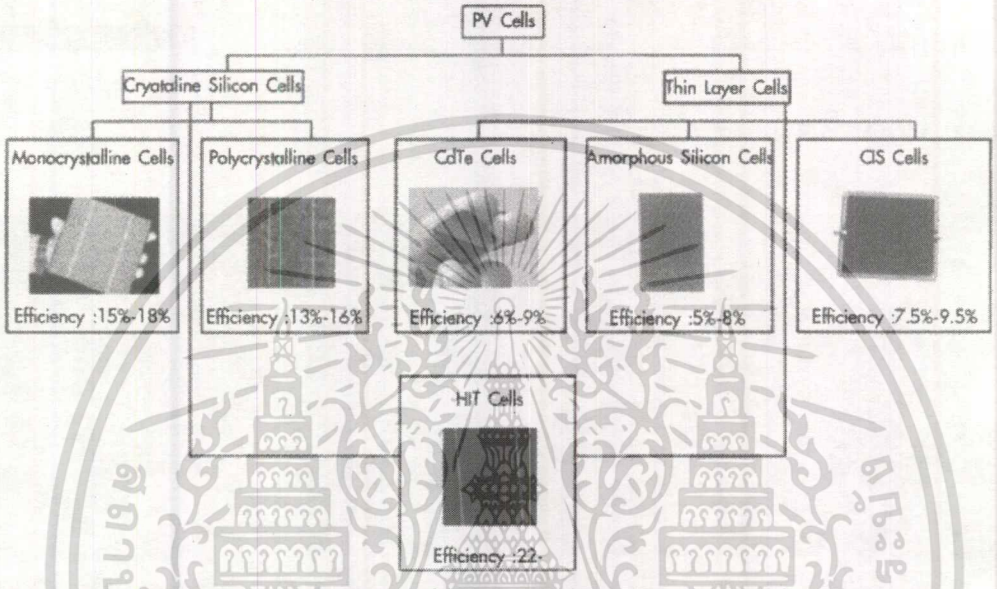
[2] Ventasalud.**Solar cell House Technology for Alternative House design Solution.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ventasalud.com/wp-content/uploads/2010/03/house-roof-solar-cell.jpg.(12 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

สามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือ กลุ่มผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon) และกลุ่มฟิล์มบาง (Thin Layer Cells หรือ Thin Film Cells)

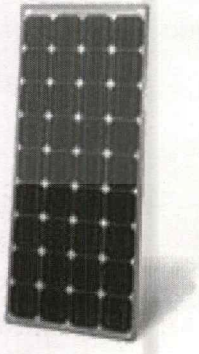


***ภาพที่** 2.2 แผนภาพแสดงการแบ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์*[3]

1. **กลุ่มผลึกซิลิคอน** (Crystalline Silicon)

จะใช้สารทั้งตัวนำซิลิคอนเป็นวัสดุหลักในการผลิตมีความแตกต่างกันตามชนิดของสารกึ่งตัวนำตั้งต้น (Semiconductor Material) เช่น ซิลิกอน (Si) และ แกเลี่ยม อาร์เซไนด์ (GaAs) เป็นต้นเซลล์แสงอาทิตย์ผลึกซิลิกอนมีกรรมวิธีในการผลิตหลายวิธีจึงมีให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับราคาและวัตถุประสงค์การใช้งานแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตอลไลน์หรือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystal) ทำจากผลึก ซิลิคอน แต่ละเซลล์จะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน



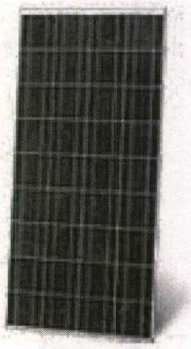
***ภาพที่** 2.3 Single Crystalline Silicon Solar Cell*[4]

[3] นภัทร วัจนเทพินทร์. **การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง**–พิมพ์ครั้งที่2— ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์, 2554.

[4] Leonics.**ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์**. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/ solar knowledge.php. (12 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตอลไลน์หรือ แบบผลึกผสม (Polycrystalline Silicon) ทำจากผลึกซิลิคอนเช่นกัน (แต่ไม่ได้ทำซิลิคอนทั้งแท่งมาตัดเป็นแผ่นบางๆ เหมือนชนิดโมโนคริสตอลไลน์) ทำได้โดยการสร้างผลึกผสมเทลงในแบบหล่อแท่งสี่เหลี่ยม แล้วจึงตัดเป็นแผ่นบางๆ

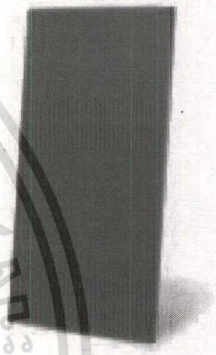


ภาพที่ 2.4 *Polycrystalline Silicon Solar Cell*[5]

2. **กลุ่มฟิล์มบาง** (Thin Layer Cells **หรือ** Thin Film Cells)

จะใช้สารกึ่งตัวนำเช่นกัน แต่มีหลากหลายชนิด ซึ่งจะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน ผลิตโดยใช้การฉีดสารกึ่งตัวนำบางชนิดลงไปบนกระจก หรือวัสดุอื่นๆ ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพจะน้อยกว่าเซลล์ชนิดผลึก แต่มีข้อดีของราคาที่ถูกกว่า

1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) หรือ เซลล์แบบซิลิคอนอสัณฐาน แตกต่างจากกลุ่มผลึกซิลิคอน โดยใช้การสร้างแผ่นฟิล์มบางๆ ของซิลิคอนลงบนกระจก สแตนเลส หรือแผ่นพลาสติก มีข้อเสียคือมีประสิทธิภาพต่ำ สีของเซลล์จะเป็นสีแดงเข้ม น้ำตาล หรือน้ำเงินอมม่วง



ภาพที่ 2.5 *Amorphous Silicon Solar Cell*[6]

2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซไนด์หรือ CIS ใช้คอปเปอร์ อินเดียม ไดเซไนด์ (CISX) แทนซิลิกอน ทำให้มีราคาและประสิทธิภาพที่สูงกว่า และเนื่องจากเป็นชนิดฟิล์มบาง จึงทำให้สามารถเคลือบบนวัสดุที่โค้งงอได้ด้วย โดยจะมีสีเทาเข้มหรือสีดำ

ภาพที่ 2.6 *Copper Indium Gallium diSelenide*[7]

ที่มา: *http://org.ntnu.no/solarcells/pages/generations.php*

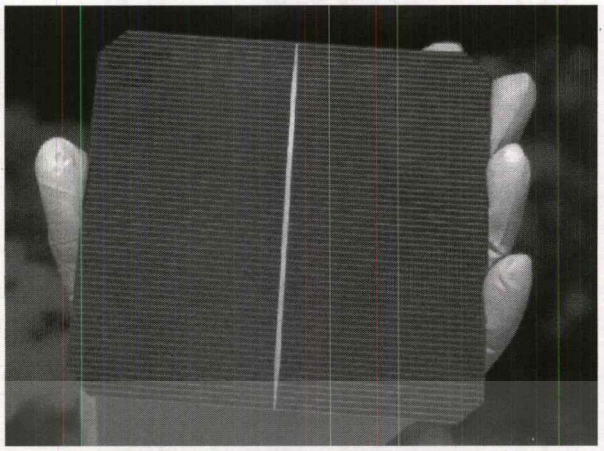
---

[5] เรื่องเดียวกัน

[6] เรื่องเดียวกัน

[7] Ntnu.**Solar cells.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://org.ntnu.no/solarcells/pages/generations.php. (12 เมษายน 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



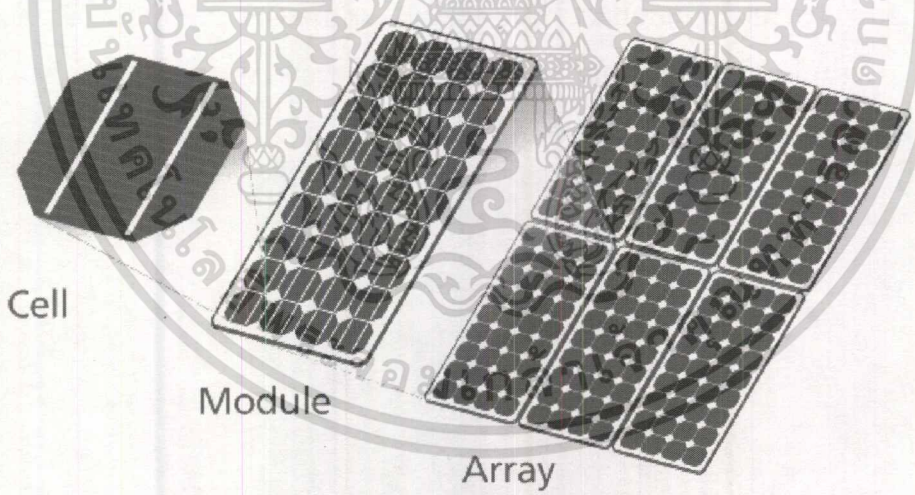
***ภาพที่** 2.7 Hybrid Solar cells*[8]

***ที่มา**: http://org.ntnu.no/solarcells/pages/generations.php*

หน่วยของเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นคำศัพท์เฉพาะสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเรียกทับศัพท์จากภาษาอังกฤษ มีดังนี้

- เซลล์ หมายถึง เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ (Cells) (หรือ 1 ชั้นแผ่นเล็กๆ)
- โมดูล หมายถึง การนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น
- อาเรย์ หมายถึง การนำโมดูลหลายๆ โมดูลมาต่อกันเป็นกลุ่ม



***ภาพที่** 2.8 หน่วยของเซลล์ โมดูล และอาเรย์*[9]

***ที่มา**: http://www.samlexsolar.com/learning-center/solar-cell-module-array.aspx*

---

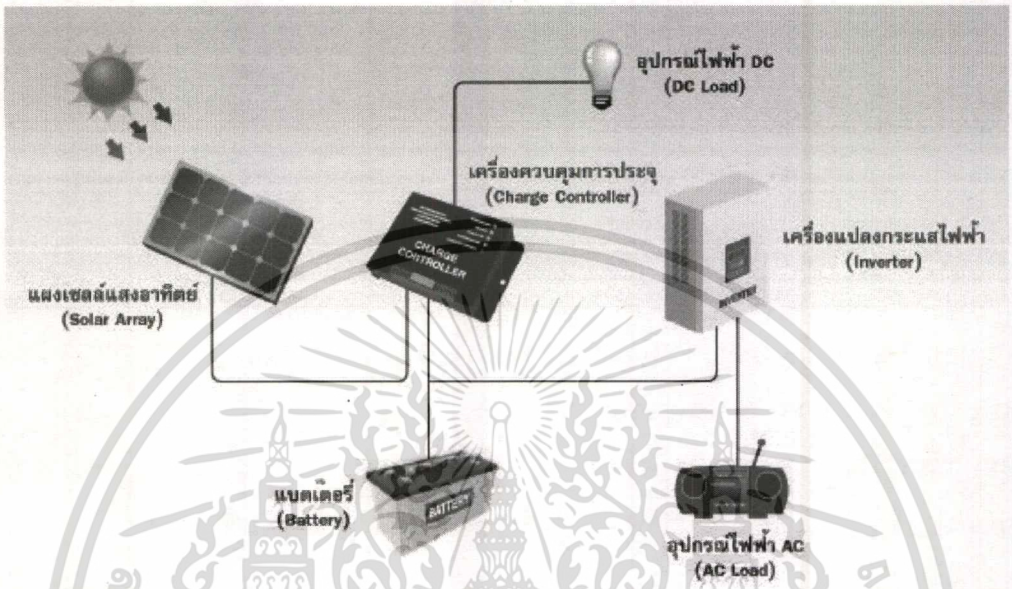
[8] Gigaom.**Silevo unveils hybrid solar cell tech, Chinese factory.** [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://gigaom2.files.wordpress.com/2011/10/silevo-single-buss-bar-cell.jpg.(12 เมษายน2556).

[9] Samlexsolar. **Solar (PV) Cell Module ,Array.** [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : http://www.samlexsolar.com/learning-center/solar-cell-module-array.aspx.(12 เมษายน 2556).

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้



ภาพที่ 2.9 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์[10]
ที่มา: http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php

1. **แผงเซลล์แสงอาทิตย์** (Solar Module)

ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

2. **เครื่องควบคุมการประจุ** (Charge Controller)

ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุคือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้วจะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย)

---

[10] Leonics.**ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.leonics.co.th/html/th/ aboutpower/solar_knowledge.php. (12 เมษายน 2556).

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

3. **แบตเตอรี่** (Battery)

ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

4. **เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า** (Inverter)

ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

5. **ระบบป้องกันฟ้าผ่า** (Lightning Protection)

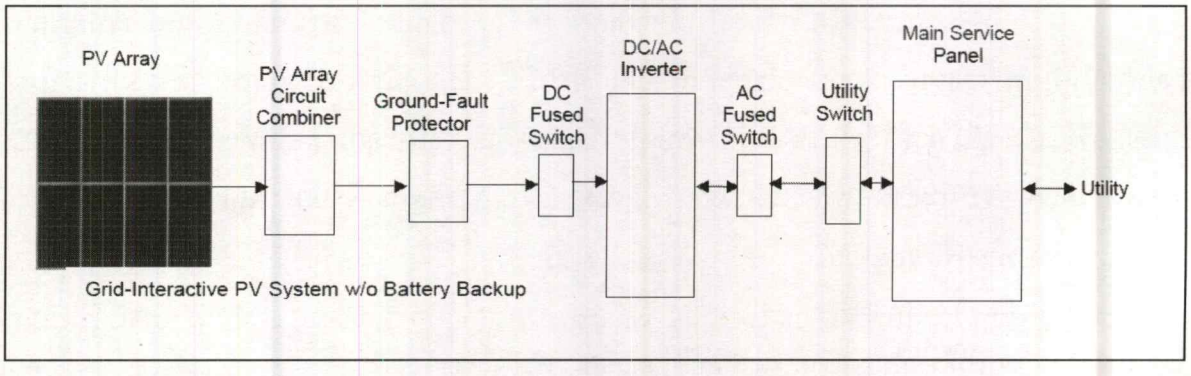
ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่า หรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้ จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

ประเภทของระบบพลังงานแสงอาทิตย์

โดยทั่วไป ประเภทของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ มีสองประเภทหลักๆ คือ

<u>ประเภทที่ 1</u> ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีแบตเตอรี่เพื่อสำรองหรือเก็บพลังงานสะสม ซึ่งระบบนี้จะจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง แต่อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นต้องรองรับกระแสไฟฟ้ากระแสตรงหรือจ่ายเข้าไปในระบบไฟฟ้าของบ้านโดยใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ แต่ต้องผ่านอุปกรณ์สำหรับการแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) และมีความสามารถเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid Tie Inverter) ได้อย่างปลอดภัย เป็นไปตามข้อกำหนดของทางการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

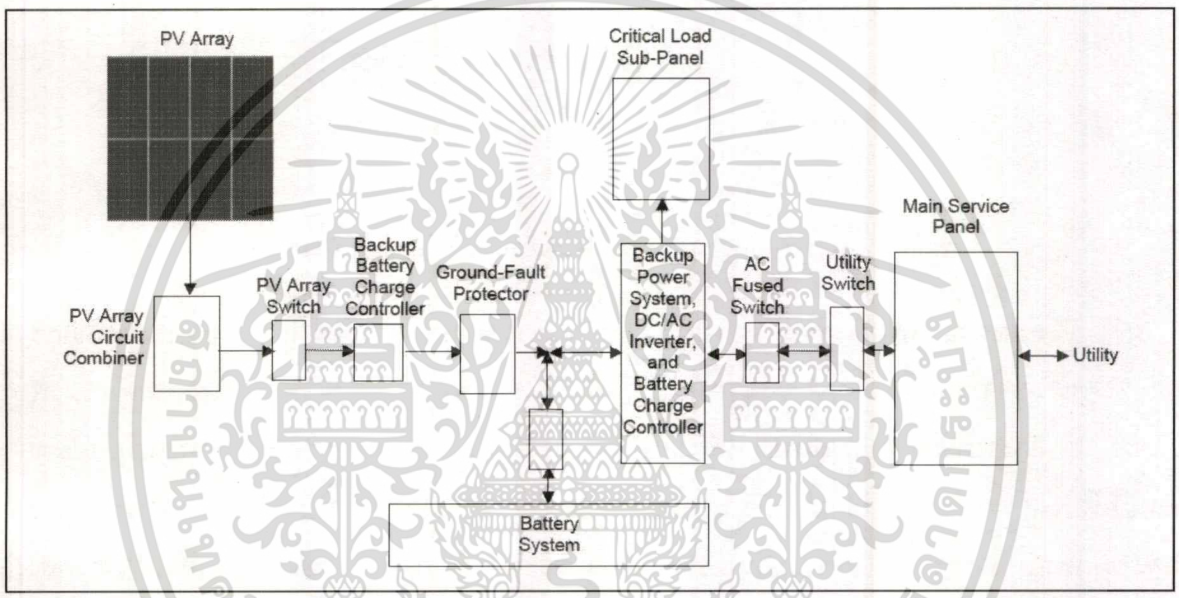
ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีแบตเตอรี่



ภาพที่ 2.10 ส่วนประกอบหลักของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ประเภทที่ 2</u> ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแบตเตอรี่สำรอง ระบบนี้จะเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่แบตเตอรี่ก่อนจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า มักจะใช้ในพื้นที่ที่ระบบจำหน่ายจากการไฟฟ้าฯ เข้าไม่ถึง หรือต้องการใช้กระแสไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยตรง หรือผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) จากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ขนาดแรงดัน 220 โวลล์ เพื่อใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปได้ แต่ระบบนี้ไม่เป็นที่นิยมและไม่แนะนำให้นำไปเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ นอกจากจะติดตั้งแผงโซล่าเซลล์แล้วยังสามารถนำอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสตรงชนิดอื่นเข้ามาติดตั้งเพิ่มเติมเพื่อใช้งานร่วมกับแผงโซลล่าเซลล์ เช่น กังหันลม กังหันน้ำ เป็นต้น เพื่อช่วยในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ



ภาพที่ 2.11 ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแบตเตอรี่

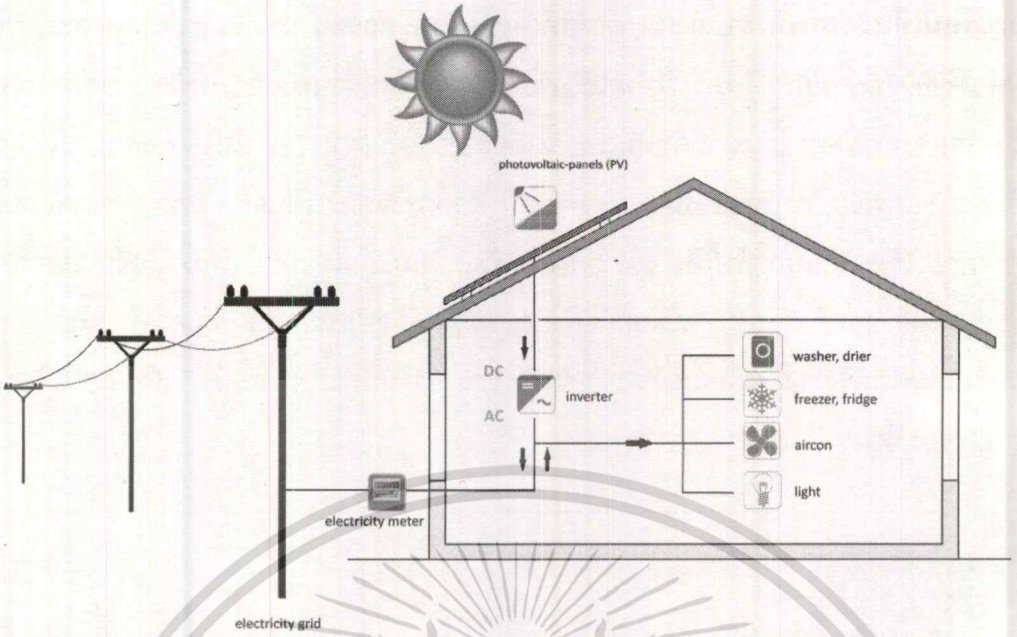
ระบบนี้มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับระบบที่ไม่มีแบตเตอรี่สำรอง แต่ในระบบนี้จะมีส่วนประกอบเพิ่มมาคือแบตเตอรี่ และตัวควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

หากแบ่งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ตามรูปแบบการเชื่อมต่อของระบบฯ เพื่อการใช้งาน สามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ

1. **เชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ** (Grid tie or Grid Connect)

จุดเด่นของระบบนี้ คือระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายและใช้พลังงานทั้ง 2 แหล่งร่วมกัน นั้นคือ การใช้พลังงานที่ผลิตได้จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานจากระบบจำหน่ายจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ระบบนี้เป็นที่นิยมสูงในพื้นที่ที่มีโครงข่ายระบบจำหน่ายเข้าถึง เนื่องจากมีเสถียรภาพสูง และเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายโดยการพึ่งพาพลังงานทดแทน เป็นประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นจุดเริ่มของการสร้างโครงสร้างระบบพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน

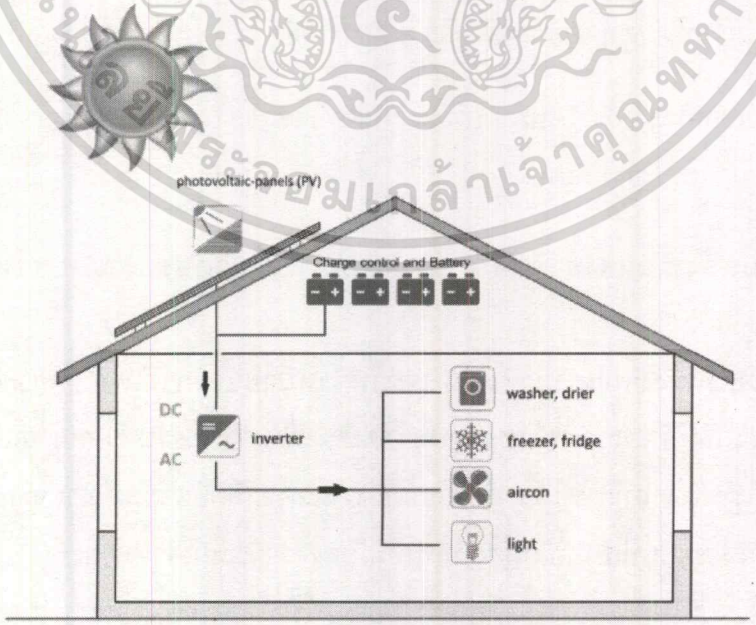
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 รูปภาพแสดงระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

2. **ไม่เชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ** (Off Grid or Stand Alone)

จุดเด่นของระบบนี้คือ สามารถใช้งานในพื้นที่ที่ไม่มีโครงข่ายระบบจำหน่ายเข้าถึง ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบนี้จะจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าเพียงแหล่งเดียว ดังนั้นอาจจะมีข้อจำกัดอยู่บ้างในเรื่องกำลังการผลิตพลังงานให้เพียงพอสำหรับการใช้งานโดยทั่วไป แต่เพียงพอสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่มากเนื่องจากระบบนี้มีต้นทุนสูง หากระบบมีขนาดใหญ่และยุ่งยากในระยะยาว เพราะต้องพึ่งพาการใช้แบตเตอรี่ในการสำรองพลังงาน



ภาพที่ 2.13 รูปภาพแสดงระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเปรียบเทียบระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Grid tie or Grid Connect) **และระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ** (Off Grid or Stand Alone)

ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Off Grid or Stand Alone) และ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Grid tie or Grid Connect

ระบบ Off Grid หรือ Stand alone	ระบบ On Grid หรือ Grid Tied
1. ใช้กระแสไฟฟ้าจาก PV Systems 100%	1. กระแสไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้านจาก PV Systems ที่ผลิตได้ ร่วมกับกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ หรือ Grid
2. มีแบตเตอรี่	2. ไม่มีแบตเตอรี่
3. ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ	3. หากไฟจากการไฟฟ้าฯ ดับ ระบบจะหยุดการทำงานและดับไปด้วย
4. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ไฟ หากมีความต้องการใช้ไฟสูงระบบฯ จะมีค่าใช้จ่ายสูง	4. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งขึ้นอยู่กับความต้องการจะผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบฯ
5. จำเป็นต้องติดตั้งให้ผลิตได้เท่ากับปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด	5. ไม่จำเป็นต้องติดตั้งให้ผลิตได้เท่ากับปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด
6. หากปริมาณแสงไม่เพียงพอต่อการทำงานของระบบฯ ติดต่อกันเป็นเวลานาน จนแบตเตอรี่หมดประจุ อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านจะไม่สามารถทำงานได้	6. หากปริมาณแสงไม่เพียงพอต่อการทำงานของระบบฯ ติดต่อกันเป็นเวลานาน อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติ เนื่องจากยังมีกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ จ่ายให้อยู่
7. อายุแบตเตอรี่โดยเฉลี่ย 3-5 ปี ต้องเปลี่ยนใหม่หรือซ่อมบำรุง	7. ไม่มีแบตเตอรี่ จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้
8. เหมาะสมสำหรับติดตั้งในพื้นที่ห่างไกลจากระบบจำหน่าย (Grid)	8. ไม่สามารถติดตั้งในพื้นที่ห่างไกลจากระบบจำหน่าย (Grid) ได้
9. ไม่จำเป็นต้องขออนุญาตจากการไฟฟ้าฯ	9. ต้องขออนุญาตจากการไฟฟ้าฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมพื้นที่บนหลังคาเพื่อการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

- โครงสร้างของหลังคาบริเวณที่ใช้ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์นั้นจะต้องรับน้ำหนักของแผงโซล่าเซลล์และอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 28 กิโลกรัม/ตารางเมตร ได้อย่างมั่นคงแข็งแรง และรองรับน้ำหนักของช่างเมื่อทำการติดตั้งหรือซ่อมบำรุงรักษาได้อย่างมั่นคง
- ทิศทางการรับแสงและมุมของหลังคาที่มีความลาดเอียงพอเหมาะกับแผงโซล่าเซลล์ที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงเมื่อทำมุม 15 องศาตั้งฉากกับทิศใต้
- สามารถติดตั้งโครงสร้างรองรับแผงโซล่าเซลล์ได้อย่างแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ

การออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Grid tie or Grid Connect)

การคำนวณ

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Grid tie or Grid Connect) สามารถติดตั้งได้ตามความต้องการ โดยมีหลักการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ได้ ดังนี้

- **การหาขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผง**

$$PV = \frac{Unit \times 1000}{\frac{P_{irr}}{S_{irr}} \times C \times H \times I}$$

เมื่อ PV = กำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงโซล่าเซลล์

Unit = จำนวนหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน (kWh/day)

P_{irr} = พลังงานแสงที่ได้รับตลอดทั้งวันต่อพื้นที่ (โดยเฉลี่ย 4 kWh/sq.m)

S_{irr} = ความเข้มแสงสูงสุดเฉลี่ยต่อพื้นที่ (โดยเฉลี่ย 0.8-0.9 kWh/sq.m)

C = ค่าความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ (ประมาณ 0.8)

H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.95)

I = ค่าประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์ (ประมาณ 0.95 เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ประเภท Grid connected ค่อนข้างมีประสิทธิภาพสูงกว่าอินเวอร์เตอร์ประเภท Off Grid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคำนวณกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์** (Wp)

$$Wp = \frac{PV}{C \times H}$$

เมื่อ PV = กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ

Wp = กำลังไฟฟ้าของแผงทั้งหมด ตามค่า Wp ที่ระบุไว้ในคุณสมบัติของแผงโซล่าเซลล์

C = ค่าความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ (ประมาณ 0.8)

H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.95)

เนื่องจากแผงโซล่าเซลล์ที่จำหน่ายโดยทั่วไป จะระบุค่าพลังงานสูงสุด Wp จากมาตรฐานของแผงโซล่าเซลล์ (STC: Standard test conditions) เราจึงคำนวณค่ากำลังสูงสุดให้สอดคล้องกับค่ากำลังสูงสุดของ STC: Standard test conditions เพื่อให้ง่ายในการเปรียบเทียบและเลือกผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

- **การคำนวณจำนวนแผงโซล่าเซลล์**

$$\text{จำนวนแผงโซล่าเซลล์ทั้งหมด (N)} = \frac{Wp}{Wp\ per\ panel}$$

- **การคำนวณพื้นที่การติดตั้ง**

$$A_{install} = N \times A_{pv}$$

เมื่อ $A_{install}$ = พื้นที่ติดตั้งแผง

N = จำนวนแผงโซล่าเซลล์

A_{pv} = พื้นที่แผงโซล่าเซลล์ 1 แผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Grid tie or Grid Connect)

การคำนวณขนาดกำลังการผลิต

แนะนำหลักการง่ายๆ ที่เป็นส่วนช่วยสำหรับการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ (Grid tie or Grid Connect) เราสามารถกำหนดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์และจากระบบจำหน่าย เช่น หากต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 30 % ของการใช้พลังงานทั้งหมดของบ้าน และใช้พลังงานจากระบบจำหน่ายจากการไฟฟ้า 70 % เราสามารถคำนวณได้จากรายการค่าไฟฟ้าย้อนหลัง โดยนำหน่วยการใช้ไฟฟ้านำมาพิจารณา

ตัวอย่าง บ้านหลังหนึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ต่อเดือน 600 หน่วย ใช้ไฟประเภท Single Phase ขนาด 220V จากการไฟฟ้านครหลวง

หากเราต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนพลังงานจากระบบจำหน่ายจากการไฟฟ้า 30% เพราะฉะนั้นเราจึงต้องออกแบบให้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 180 หน่วย หรือ 6 หน่วยต่อวัน ซึ่งคำนวณปริมาณการใช้แผงโซลล่าเซลล์ได้ดังนี้

- **การคำนวณ**

$$PV = \frac{Unit \times 1000}{\frac{P_{irr}}{S_{irr}} \times C \times H \times I}$$

$$PV = \frac{6 \times 1000}{\frac{4}{0.8} \times 0.8 \times 0.95 \times 0.95}$$

เมื่อ PV = กำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงโซล่าเซลล์

Unit = จำนวนหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวัน (kWh/day)

P_{irr} = พลังงานแสงที่ได้รับตลอดทั้งวันต่อพื้นที่ (โดยเฉลี่ย 4 kWh/sq.m)

S_{irr} = ความเข้มแสงสูงสุดเฉลี่ยต่อพื้นที่ (โดยเฉลี่ย 0.8-0.9 kWh/sq.m)

C = ค่าความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ (ประมาณ 0.8)

H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.95)

I = ค่าประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์ (ประมาณ 0.95)

ดังนั้น PV = **กำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงโซล่าเซลล์** = 1662.05 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **คำนวณกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์** (Wp)

$$Wp = \frac{PV}{C \times H}$$

$$Wp = \frac{1662.05}{0.8 \times 0.95}$$

ดังนั้น Wp = **กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์** = 2186.9Wp

เนื่องจากแผงโซล่าเซลล์ที่จำหน่ายโดยทั่วไป จะระบุค่าพลังงานสูงสุด Wpจากมารตฐานของแผงโซล่าเซลล์ (Standard test conditions :STC)

- **คำนวณจำนวนแผงโซล่าเซลล์**

ได้ Wpคือกำลังไฟฟ้าของแผงทั้งหมด หากเราเลือกใช้แผง ที่มีกำลังไฟฟ้า 285 W และขนาด 2 ตารางเมตร ตามที่ระบุไว้ในคุณสมบัติของแผง

จำนวนแผงโซล่าเซลล์ทั้งหมด (N) = $\frac{2186.9}{285w}$

ดังนั้น จำนวนแผงทั้งหมด = 7.673 แผง หรือต้องใช้ 8 แผง

- **การคำนวณพื้นที่การติดตั้ง**

$$A_{install} = N \times A_{pv}$$

$$A_{install} = 8 \times 2$$

เมื่อ $A_{install}$ = พื้นที่ติดตั้งแผง

N = จำนวนแผงโซล่าเซลล์

A_{pv} = พื้นที่แผงโซล่าเซลล์ 1 แผง

ดังนั้น ต้องมีพื้นที่ติดตั้งแผงอย่างน้อย = 16 ตารางเมตร

สรุป ค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งหมด

1. PV = กำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงโซล่าเซลล์ = 1662.05 W
2. Wp = กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์ = 2186.9Wp
3. $A_{install}$ = พื้นที่ติดตั้งแผง = 16 ตารางเมตร (เป็นอย่างน้อย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้อุปกรณ์

1. **แผงโซล่าเซลล์** ขนาดกำลังไฟฟ้ารวม 2186.9 Wp สามารถใช้ แผงขนาดกำลังเท่าใดก็ได้รวมกำลังแล้วได้ตามการคำนวณหรือมากกว่าเล็กน้อย เช่น ใช้แผงขนาด 285 Wp ตาม STC จำนวน 8 แผง รวมแล้วได้ Wp รวม 2280 Wp นำมาต่อขนาดกัน (การต่อแผงเข้าด้วยกันต้องคำนึงถึง ข้อมูล Input ของอินเวอร์เตอร์ที่จะใช้)

2. **อินเวอร์เตอร์** (Grid Tie Inverter) แนะนำให้ใช้อินเวอร์เตอร์ที่ได้รับมาตรฐานสากล และเป็นอินเวอร์เตอร์ที่การไฟฟ้าฯ รับขึ้นทะเบียนแล้ว โดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์ประเภทนี้ต้องการแรงดันขาเข้าที่สูง ซึ่งอยู่ระหว่าง 200-900 Vdc กระแสสูงสุด 10 - 15 A ซึ่งต้องต่อแผงโซล่าเซลล์อนุกรมกัน ซึ่งแผงโซล่าเซลล์โดยทั่วไปขนาดแรงดัน Vmp = 35.4 V จำนวน 8 แผง แรงดันรวมที่ได้คือ 283.2 V กระแส Imp =8.06 A หรือเบื้องต้นอาจเลือกอินเวอร์เตอร์ตามขนาดกำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงโซล่าเซลล์ (PV) โดยให้ขนาดกำลังของอินเวอร์เตอร์สูงขนาดกำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงเล็กน้อยหรือประมาณ 5-10 % แต่หากไม่สามารถหาอินเวอร์เตอร์ตามคุณสมบัตินี้ได้ อาจมีความจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนแผงเพื่อให้สามารถหาอินเวอร์เตอร์มารองรับได้

3. **อุปกรณ์ป้องกัน** ด้าน DC กระแสที่ใช้งานสูงสุดอยู่ที่ Imp 8.06 A แรงดันสูงสุด Voc359.2 V การออกแบบเบรกเกอร์ในส่วนนี้มีความสำคัญมาก หากใช้เบรกเกอร์ AC โดยทั่วไปอาจจะก่อให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นควรใช้เบรกเกอร์ DC และออกแบบให้ AT (ค่ากระแสปลดวงจร) สูงกว่า กระแสใช้งานสูงสุด 25% หากอินเวอร์เตอร์ไม่มี Surge protection จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ชิ้นนี้เพิ่มด้วยทางฝั่งของ DC ส่วนด้าน AC คำนวณและออกแบบการใช้อุปกรณ์ป้องกันโดยทั่วไปได้ตามปกติ

4. **สายไฟ** ด้าน DC กระแสที่ใช้งานสูงสุดอยู่ที่ Imp 8.06 A ควรใช้สายไฟที่ทนขนาดกระแสในสายมากกว่า ค่า AT (ค่ากระแสปลดวงจร) หรือมากกว่า 25% ของกระแสที่ใช้งานสูงสุด ในด้าน AC คำนวณและออกแบบการใช้สายไฟโดยทั่วไปตามปกติ

5. **สายดินและระบบป้องกันอื่นๆ** ในส่วนนี้ถือเป็นส่วนความปลอดภัยที่สำคัญ ดังนั้นการออกแบบและการติดตั้งสายดิน และการติดตั้ง Surge Protection ต้องทำตามหลักการอย่างครบถ้วนและถูกต้อง ทั้งการกำหนดขนาดของสายและหลักดิน (Ground Rod) ให้เป็นตามหลักความปลอดภัยของการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคุ้มทุนการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์

โครงการติดตั้งSolar Cell บ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ ขนาดกำลังการผลิต 3.3Kw

ขนาดแผง 285 Wp จำนวน 15 แผง

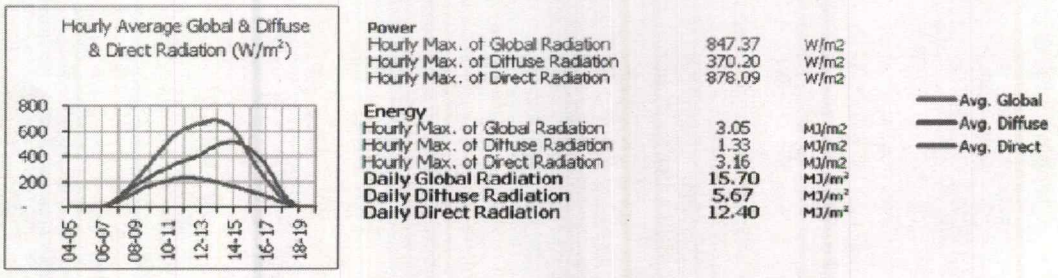
no.	Time	Solar Power (average)		Temp .	Efficiancy reduce from Temp.	Spec (Wp)/Panel 285	W	Product Power/Panel	
1	6:00	0	W/m2	28.06667	1.441333333	283.558667	W	0	W
2	6:30	24	W/m2	28.4	1.598	283.402	W	6.801648	W
3	7:00	52	W/m2	29.73333	2.224666667	282.775333	W	14.70432	W
4	7:30	73	W/m2	30.73333	2.694666667	282.305333	W	20.60829	W
5	8:00	102	W/m2	32.06667	3.321333333	281.678667	W	28.73122	W
6	8:30	149	W/m2	34.06667	4.261333333	280.738667	W	41.83006	W
7	9:00	146	W/m2	35.4	4.888	280.112	W	40.89635	W
8	9:30	206	W/m2	36.23333	5.279666667	279.720333	W	57.62239	W
9	10:00	222	W/m2	38.06667	6.141333333	278.858667	W	61.90662	W
10	10:30	741	W/m2	54.06667	13.66133333	271.338667	W	201.062	W
11	11:00	800	W/m2	56.06667	14.60133333	270.398667	W	216.3189	W
12	11:30	778	W/m2	58.56667	15.77633333	269.223667	W	209.456	W
13	12:00	741	W/m2	58.56667	15.77633333	269.223667	W	199.4947	W
14	12:30	768	W/m2	57.4	15.228	269.772	W	207.1849	W
15	13:00	790	W/m2	58.06667	15.54133333	269.458667	W	212.8723	W
	13:30	811	W/m2	57.4	15.228	269.772	W	218.7851	W
16	14:00	825	W/m2	59.06667	16.01133333	268.988667	W	221.9157	W
17	14:30	791	W/m2	57.4	15.228	269.772	W	213.3897	W
18	15:00	713	W/m2	54.4	13.818	271.182	W	193.3528	W
19	15:30	596	W/m2	53.4	13.348	271.652	W	161.9046	W
20	16:00	482	W/m2	50.73333	12.09466667	272.905333	W	131.5404	W
21	16:30	360	W/m2	47.73333	10.68466667	274.315333	W	98.75352	W
22	17:00	93	W/m2	38.4	6.298	278.702	W	25.91929	W
23	17:30	57	W/m2	35.4	4.888	280.112	W	15.96638	W
24	18:00	28	W/m2	33.06667	3.791333333	281.208667	W	7.873843	W
25	18:30	0	W/m2	31.73333	3.164666667	281.835333	W	0	W
	Averate/day	398	W/m2			ปริมาณ/1แผง/วัน		1404.445	Watt/Hour
						ปริมาณ/1แผง/วัน		1.404445	Unit(Kwh)

รายการ	ข้อมูล	หน่วย
จำนวนแผง	15	แผง
ผลิตได้	21.06668203	unit/day
ค่าไฟ/Unit	4.5	บาท
เป็นเงิน/วัน	94.80006915	บาท
ค่าใช้จ่าย/เดือน	2,844.00	บาท
ค่าใช้จ่าย/ปี	34,128.02	บาท
ลงทุน	250,000.00	บาท
คืนทุน (ปี)	7.325357995	ปี

Actual (Unit/day)	คลาดเคลื่อน (%)
12.866667	63.73068513

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาการคืนทุน

ความเข้มแสงเฉลี่ยของประเทศไทยทั้งปีมีค่า 250 -350 Watt/ตารางเมตร (ที่มา: สถิติจากกรมอุตุนิยมวิทยา (http://ozone.tmd.go.th/)) เดือนกุมภาพันธ์ 2557 ณ พื้นที่กรุงเทพมหานคร สำหรับระยะเวลาการรับแสงตั้งแต่ 6.00 น. ถึง 18.00 น. ความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 800-950 Watt/ตารางเมตร ที่เวลา 13.00-14.00 น. และพลังงานแสงอาทิตย์สะสมเฉลี่ยตลอดทั้งวัน คือ 4.36 kWh/sq.m/day (1kWh=3.6MJ)



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงข้อมูลค่าแสงเฉลี่ยเดือน กุมภาพันธ์ 2557 พื้นที่กรุงเทพมหานคร

(ข้อมูลจาก: http://ozone.tmd.go.th/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างรองรับแผงพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ควรได้รับการคำนวณการรับน้ำหนักจากวิศวกรโครงสร้าง ทั้งการติดตั้งเพิ่มเติมจากหลังคาเดิมที่มีอยู่หรือหลังคาที่สร้างใหม่ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการรับน้ำหนักเพิ่มบนหลังคาและการรั่วซึมของน้ำฝน ปลอดภัยต่อการใช้งานในระยะยาว ซึ่งระยะเวลาการใช้งานนานกว่า 25 ปี ควบคุมค่าใช้จ่ายสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้าง เนื่องจากเราจะทราบราคาวัสดุทั้งหมดที่ใช้ติดตั้งจากการประมาณค่าใช้จ่าย (B.O.Q) และสามารถนำไปใช้เป็นเอกสารสำหรับการขออนุญาต

วัสดุที่ใช้ติดตั้งควรมีลักษณะ ดังนี้

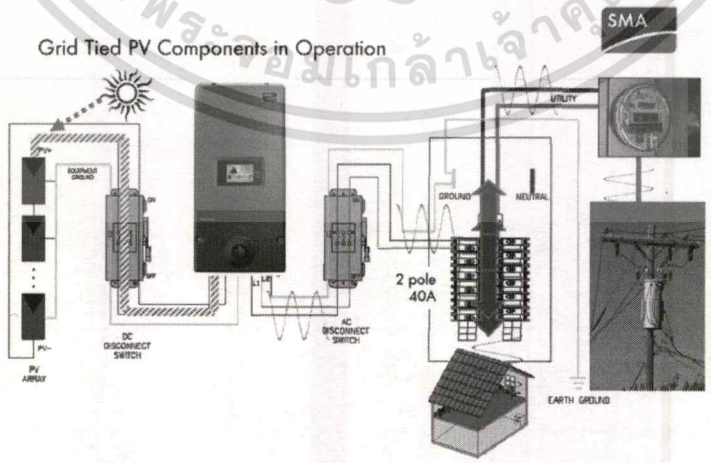
- วัสดุสามารถรับน้ำหนักได้ตามการคำนวณ
- วัสดุที่ต้องทนทานต่อสภาพแวดล้อม ทนทุกภาพอากาศ ความชื้น ความร้อน
- จุดเชื่อมต่อทนต่อสภาพอากาศ ความชื้น และแรงจากลมหรือฝน
- น็อตหรืออุปกรณ์จับยึด ควรเป็นสเตนเลสหรือชุบสารหรือทำสีป้องกันสนิม

การดูแลรักษาระบบพลังงานแสงอาทิตย์หลังการติดตั้ง

การทำความสะอาดบริเวณผิวหน้ารับแสงอาทิตย์ ที่เนื่องมาจากฝุ่นละออง คราบเขม่า หรือมูลนก จะเป็นผลดีต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าและอายุการใช้งานของแผงโซล่าเซลล์ ควรตรวจเช็คการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอเพราะความร้อนจากแสงอาทิตย์และความร้อนสะสมบริเวณหลังคาอาจทำให้สายไฟที่ใช้อยู่เสื่อมสภาพ ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ

- **อินเวอเตอร์** บำรุงรักษาตามรายละเอียดที่ระบุมาให้ เพื่อความเสถียรต่อระบบและมีความปลอดภัยตามมาตรฐานสากล

- **การเชื่อมต่อและเบรกเกอร์** ควรตรวจสอบจุดเชื่อมต่อบริเวณแผงโซล่าเซลล์ทุกครั้งที่มีการทำความสะอาดแผง ตรวจสอบคราบสนิมหรือร่องรอยการรั่วซึมของน้ำบริเวณขั้วหรือจุดเชื่อมต่อ รวมถึงจุดเสี่ยงที่จะเกิดการฉีกขาดของฉนวน จากสัตว์ หรือการสึกหรอ ตลอดทั้งความยาวสาย



***ภาพที่** 3.3 แสดงการเชื่อมต่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้า เครื่องอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์และเชื่อมต่อกับแผงวงจรไฟฟ้าของบ้าน (main distribution board)*

***ที่มา**: บริษัท SMA Solar (Thailand) จำกัด*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสำรวจความเรียบร้อย Check list

รายการตราจสอบการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์

Rev.1

		Pass	N/A	Remark
1พื้นที่ว่างสำหรับติดตั้งแผงโซล่าเซลล์				
1.1	พื้นที่ว่างสำหรับติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ _____ตารางเมตร			
1.2	แผนที่ของพื้นที่ติดตั้ง			
1.3	มุมลาดเอียงของพื้นที่ติดตั้ง _____องศาทางด้านทิศ_____			
1.4	ร่มเงา (ต้นไม้ บ้านหรือตึกข้างเคียง)			
1.5	การเข้าถึงระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ			
2.โครงสร้างและความปลอดภัย				
2.1	สามารถการรองรับของโครงสร้าง 28 กก./ตารางเมตร			
2.2	สามารถติดตั้งโครงสร้างเพิ่มเติมเพื่อติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ได้อย่างปลอดภัย			
3 เตรียมการติดตั้ง				
3.1	คำนวณกำลังการผลิตพลังงานที่ต้องการ			
3.2	วางตำแหน่งจุดติดตั้งแผง			
3.3	วางตำแหน่งจุดติดตั้งอินเวอร์เตอร์			
3.4	วางตำแหน่งจุดติดตั้งแบตเตอรี่และชุดประจุ (Charger)			
3.5	เขียนแผนที่จุดติดตั้งอุปกรณ์			
3.6	เขียนแบบทางไฟฟ้า(One-line or Single-line Diagram)			
4.การติดตั้ง				
4.1	ติดตั้งโครงสร้างสำหรับยึดแผงอย่างมั่นคงแข็งแรง			
4.2	ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์			
4.3	ติดตั้งอินเวอร์เตอร์			
4.4	ติดตั้งแบตเตอรี่และชุดประจุ (Charger)			
4.5	ติดตั้งระบบสายดิน ขนาดสาย ____mm ขนาดหลักดิน(Ground rod) _____mm ลึก _____m			
4.6	ติดตั้งชุด เบรกเกอร์ทางด้าน DC ขนาดที่ติดตั้ง แรงดัน ___V,AT ___A,AF ___A ***Type for DC 2 Poles			
4.7	ติดตั้งชุด เบรกเกอร์ทางด้าน AC ขนาดที่ติดตั้ง แรงดัน ___V,AT ___A,AF ___A ***Type for AC 1or 2 Poles			
4.8	ติดตั้ง Surge protection ก่อนเข้า อินเวอร์เตอร์			
4.9	เชื่อมต่อสายระบบDC ชนิดของสาย _____ขนาด ____mm			
4.10	เชื่อมต่อสายระบบAC ชนิดของสาย _____ขนาด ____mm			
4.11	ตรวจสอบความมั่นคงของจุดเชื่อมต่อ			
4.12	ระบบทำงานอย่างปกติ			
5.หลังการติดตั้ง				
5.1	เอกสารประกอบ เช่น คู่มือ ใบรับรองมาตรฐาน เอกสารเกี่ยวกับคุณสมบัติของอุปกรณ์			
	แผงโซล่าเซลล์			
	อินเวอร์เตอร์			
	แบตเตอรี่			
	ชุดประจุ (Charger)			
5.2	ผังตำแหน่งอุปกรณ์			
5.3	แบบโครงสร้าง หรือแบบงานก่อสร้าง			
5.4	แบบทางไฟฟ้า (One-line or Single-line Diagram)			
5.5	ใบรับประกันสินค้า หรือใบเสร็จรับเงิน			
	แผงโซล่าเซลล์ ระยะเวลา_____ตั้งแต่วันที่_____ถึงวันที่_____			
	อินเวอร์เตอร์ ระยะเวลา_____ตั้งแต่วันที่_____ถึงวันที่_____			
	แบตเตอรี่ ระยะเวลา_____ตั้งแต่วันที่_____ถึงวันที่_____			
	งานระบบทั้งหมด ระยะเวลา_____ตั้งแต่วันที่_____ถึงวันที่_____			
5.6	ตารางและคู่มือการบำรุงรักษา			
6.เพิ่มเติม				
6.1	สร้างระบบบันทึกข้อมูลการผลิตพลังงานจากระบบฯ			
6.2	เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ก่อนและหลังติดตั้ง			
6.3	สัญญาซ่อมบำรุงรักษา ระยะเวลา_____ตั้งแต่วันที่_____ถึงวันที่_____			

ติดตั้งเมื่อวันที่ :_____ เจ้าของพื้นที่ :_____

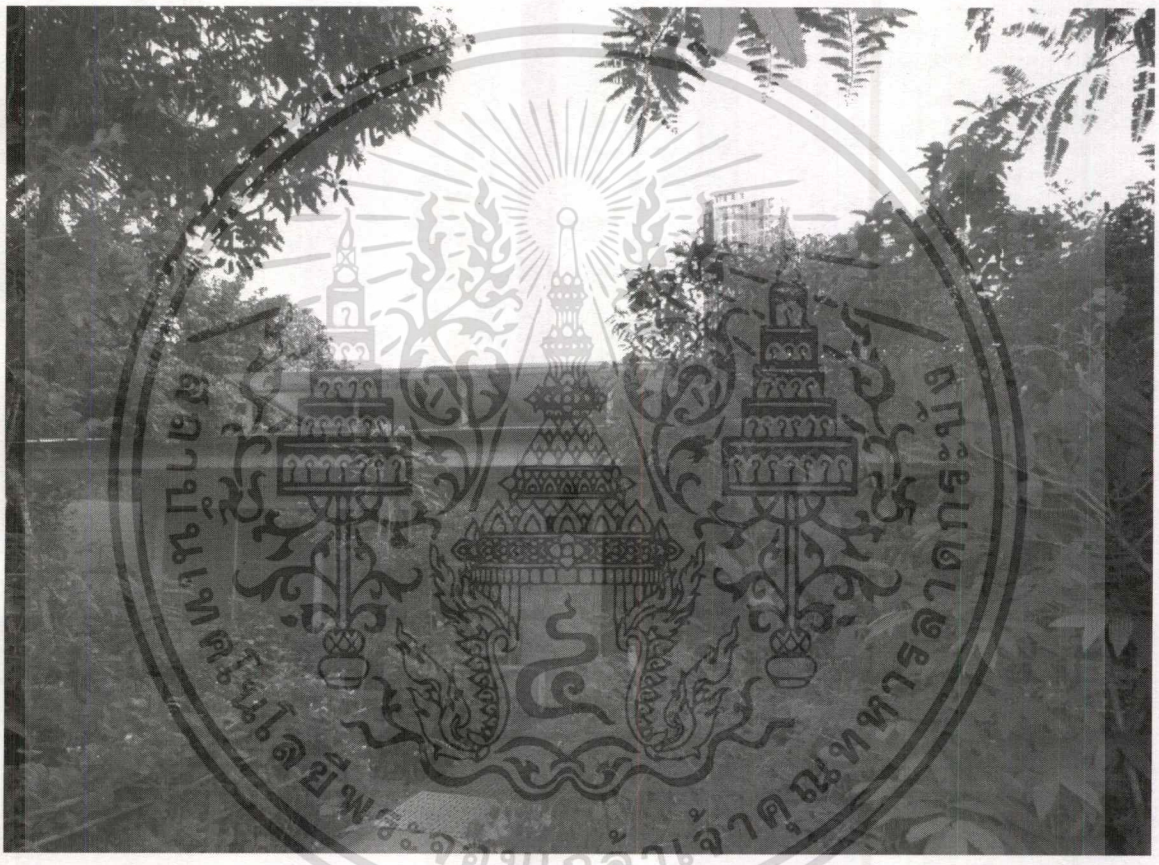
ติดตั้งโดย :_____ ผู้ทำบันทึก :_____

สถานที่ติดตั้ง :_____

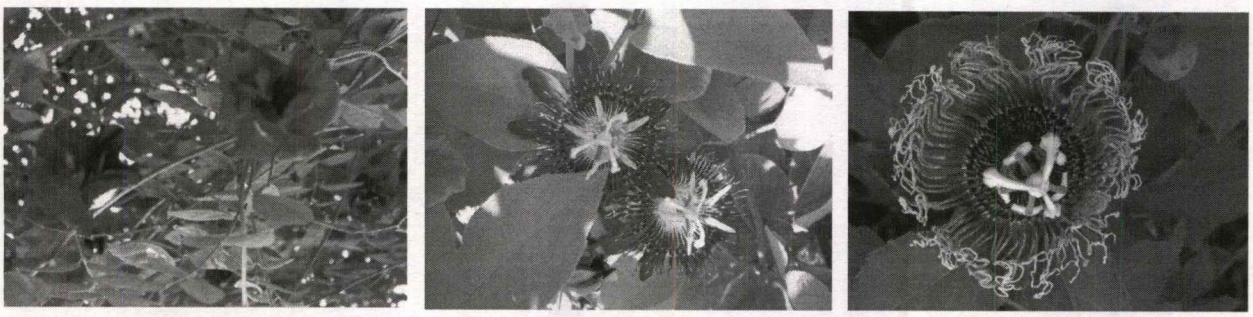
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

รูปแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ

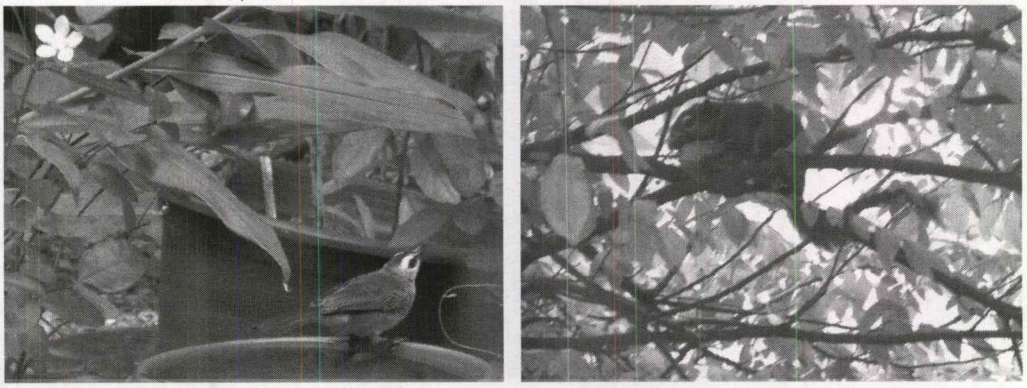


ภาพที่ 4.1 บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

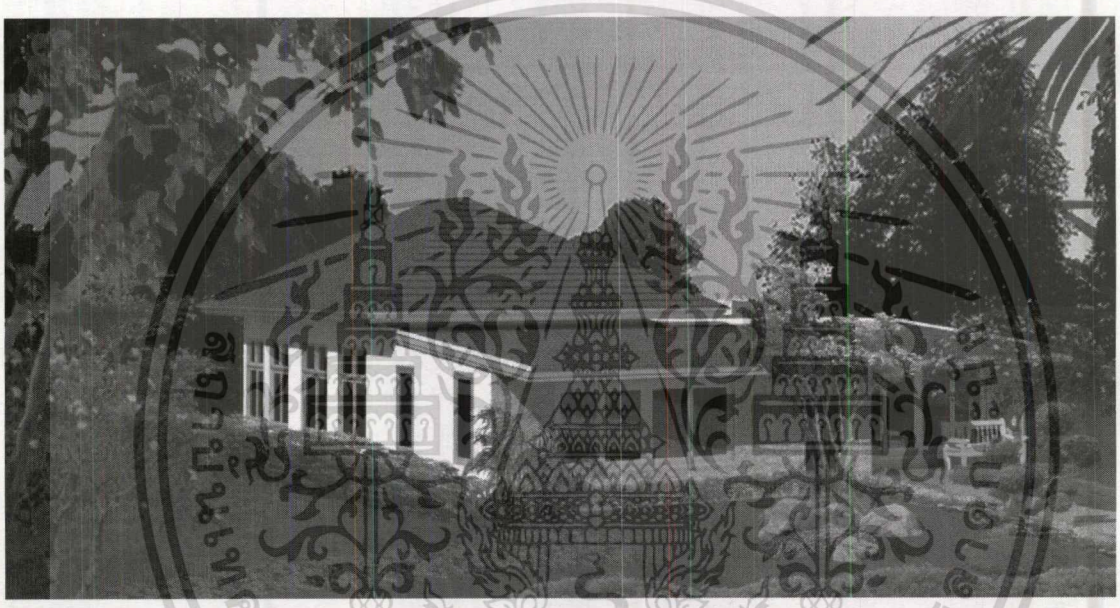


ภาพที่ 4.2 ไม้ดอกหลากหลายพันธุ์ ปลูกไว้ในสวนและลานโล่งรายรอบบ้าน สร้างความร่มรื่นและลดอุณหภูมิแวดล้อมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 นกและกระรอกในสวนลานโล่ง สร้างความเพลิดเพลินและใกล้ชิดกับธรรมชาติ



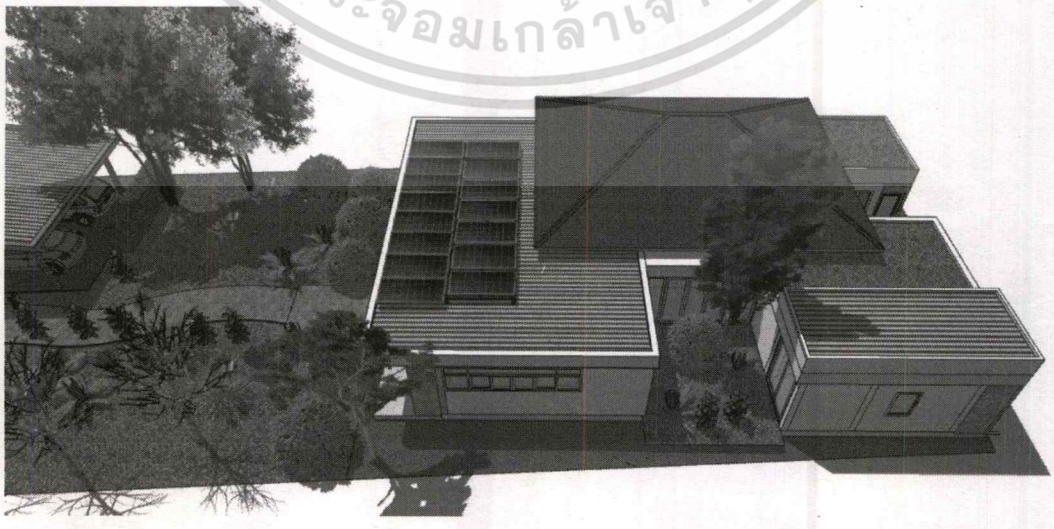
ภาพที่ 4.4 ภาพจำลองแบบบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ

ภาพที่ 4.5 ภาพจำลองแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ภูมิอากาศชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

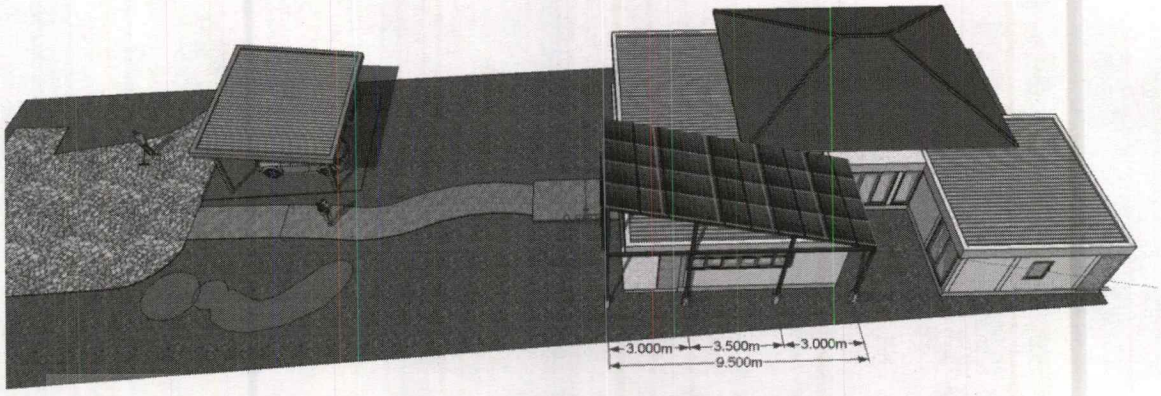
***ภาพที่** 4.6 ภาพจำลองแบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ภูมิอากาศชีวภาพและการจัดสวนลานโล่งภายในบ้าน (คอร์ต)*

***ภาพที่** 4.7 ภาพจำลองทัศนียภาพทางเข้าบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ*

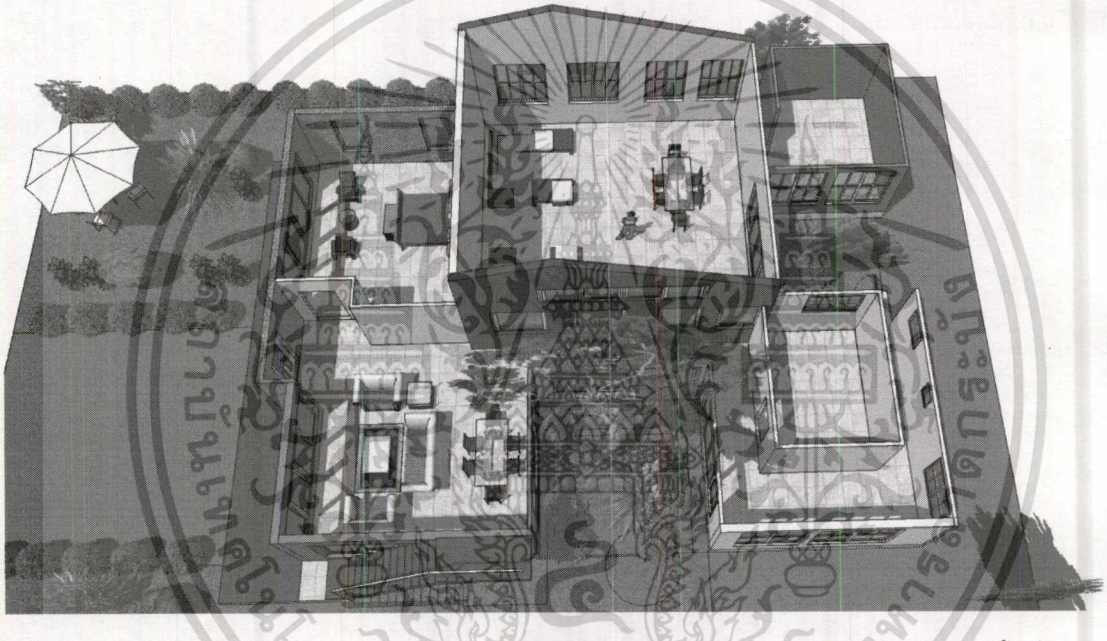


***ภาพที่** 4.8 ภาพจำลองทัศนียภาพแสดงแผงโซลาเซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าบนหลังคา*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



***ภาพที่** 4.9 แบบร่างการปรับปรุงโครงสร้างเพื่อติดแผงโซลาเซลล์บนหลังคาบ้านที่สร้างแล้ว*



***ภาพที่** 4.10 ภาพจำลองทัศนียภาพบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ (แบบที่ 2) แสดงการจัดพื้นที่ภายในและสวน*

***ภาพที่** 4.11 ภาพจำลองทัศนียภาพทางเข้าบ้านพลังงานแสงอาทิตย์เชิงภูมิอากาศชีวภาพ (แบบที่ 2)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. ***วิกฤตการณ์น้ำท่วมประเทศไทย ปี 2554.*** กรุงเทพฯ : บริษัทโฟกัสมีเดีย แอนด์ พับบลิชชิ่ง จำกัด. 2537.

นภัทร วัจนเทพินทร์. ***การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง.*** ปทุมธานี : สกายบุ๊คส์. 2554.

วรนุช แจ้งสว่าง. ***พลังงานหมุนเวียน.*** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551.

สุภาวดี รัตนมาศ, ***รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ รูปแบบบ้านยั่งยืนในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์,*** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555

สุภาวดี รัตนมาศ และศุทธา ศรีเผด็จ, ***รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศ-ชีวภาพ เพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ,*** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2554

Hastings R. S., Wall Maria, editors. *Sustainable Solar Housing.* London : Earthscan. 2007.

Noppawan Tanpipat. "Framework for Deployment," *Thailand PV Status Report*, 11-23. 2011.

Roulet Claude-Alain. *Ventilation and Airflow in Buildings.* London : Earthscan. 2008.

Szokolay S. V. *Introduction to Architectural Science.* Amsterdam : Elsevier. 2004.

Yudelson J. *Green Building A to Z.* 3rd ed. Gabriola Island : New society publishers. 2009.

ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. ***"แผนที่พลังงานแสงอาทิตย์"***. จาก http://www2.dede.go.th/renew/sola/mapmenu.html (10 April 2013)

ชาย ชีวะเกตุ. จาก Energy Policy and Planning Office: http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html (12 April 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มหาวิทยาลัยนเรศวร. *"School of Renewable Energy Technology"*. จาก http://www.sert.nu.ac.th/RE_applications/ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.pdf (12 April 2013)

ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. ***"เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)"***. จาก rmutphysics:http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/virtual2/solar- cell/index.html (12 April 2013)

สารานุกรมไทยสาหรับเยาวชน. จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/New/sub/book/book.php?book =20&chap=6&page=chap6.htm (12 April 2013)

123 Hello!!!. จาก eduzone: http://blog.eduzones.com/tenny/3456 (12 April 2013)

Kanha Solar Power. ***"ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย"***. จาก http://www.kanhasolar.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539452491&Ntype=4 (12 April 2013)

Leonics. จาก http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php (12 April 2013)

Wikipedia. ***"เซลล์แสงอาทิตย์"***. จาก http://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์แสงอาทิตย์ (16 April 2013)

Wikipedia. ***"พลังงานแสงอาทิตย์"***. จาก http://th.wikipedia.org/wiki/พลังงานแสงอาทิตย์ (12 April 2013)

http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/co/grho/grho_009.cfm

http://ozone.tmd.go.th/

http://ozone.tmd.go.th/Solar_Monitoring.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้