

การศึกษาวิจัยการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์  
แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารโรงพยาบาลนครธน

สหภาพ แป้นแก้ว

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม  
วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปี การศึกษา 2564



## ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรณกิจบัณฑิตย

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การศึกษาการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจอดรถใน  
โรงพยาบาลนครชน

เสนอโดย สหภาพ เป็นแก้ว

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

..... จ.ท.ท.น. C. .... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ชุมลักษ์ณ)

..... อ.พ. น.ท.ร.ร. .... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล  
(รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)

..... น. ว.ร.ร. .... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

.....  
.....

(ดร.ชัยพร เขมะภาดะพันธ์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 21 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การศึกษาวิจัยการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์ แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารโรงพยาบาลนครชน
ชื่อผู้เขียน	สหภาพ แบนแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2564

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจอดรถ  
ในโรงพยาบาลนครชนเพื่อศึกษาการประหยัดและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพอีกทั้งเพื่อให้  
เกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับอาคาร โรงพยาบาลนครชนมีอาคารจำนวน 2 อาคาร ประกอบด้วย  
อาคารโรงพยาบาล 12 ชั้น ให้บริการด้านการรักษาพยาบาล โดยมีหน่วยพิเศษต่างๆ และ  
อาคารจอดรถ 12 ชั้น ให้บริการที่จอดรถและหอพักพยาบาล ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกอาคาร  
ลานจอดรถในการศึกษารั้งนี้ นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญของในเรื่องการวิเคราะห์ในการติดตั้ง  
บนอาคารลานจอดรถ โดยใช้เครื่องมือคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า โปรแกรม System Advisor Model  
(SAM) มาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์โดยได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของตัวอาคาร  
ลานจอดรถ โรงพยาบาลนครชน จากพื้นที่ของอาคารลานจอดรถของโรงพยาบาลนครชน สามารถ  
ติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ได้ โดยใช้พื้นที่ประมาณ 1,444.0 ตารางเมตรและได้ใช้ โปรแกรม  
(SAM) เพื่อเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์คำนวณหาพื้นที่สำหรับจัดวางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์และ  
คำนวณหาจำนวนแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง และกำลังการผลิตของแผ่น  
พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี ไปจนกระทั่งคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการติดตั้ง  
พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารลานจอดรถของโรงพยาบาลนครชนในครั้งนี้

ผลการศึกษการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า กำลังการผลิตตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 25 จะได้  
กำลังการผลิตจากแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ 4,344,437 kWh คิดเป็นเงินอยู่ที่ 18,159,733 บาท และลด  
การปลดปล่อยของก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 2,437,215 kgCO<sub>2</sub> ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์  
อยู่ที่ 9,102,755.25 บาท ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 14 ปี และอาคารยังมีอายุการใช้งาน 23 ปีเป็นอย่างต่ำ  
จึงเหมาะสมที่จะลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา  
อาคารโรงพยาบาลนครชน

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์/ เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา/ โซลาร์เซลล์ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์  
ของ Solar Photovoltaic Rooftop/ Solar Photovoltaic Rooftop

Individual Study Title	A STUDY OF ROOFTOP PHOTOVOLTAICS ON CAR PARK BUILDING IN NAKORNTHON HOSPITAL
Author	Sahapap paenkaew
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Techn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2021

### **ABSTRACT**

The purpose of this study is to examine the installation of solar cells on the roof of the car park building in Nakornthon Hospital in order to study energy efficiency and energy consumption as well as to maximize the benefits of the building. Nakornthon Hospital has 2 buildings, consisting of a 12-storey hospital building, providing medical services with various special units, and a 12-storey car park building, providing parking and nursing dormitories. The researcher pays attention to the analysis of the installation on the parking lot building, and runs the analysis by using a computer tool called System Advisor Model (SAM) as a tool to help analyze the physical characteristics of the parking lot building at Nakornthon Hospital. and determined that the Nakornthon Hospital can install solar panels at the parking lot building at an area of approximately 1,444. 0, square meters. The researcher also used a program called SAM to determine the area for laying solar panels and calculating the number of solar panels required for installation, and their average annual production capacity , as well as the calculation of the payback period of the project for installing solar energy on the roof of the parking lot of Nakornthon Hospital.

The results of the study showed that Production capacity from the 1st to the 25th year will get the energy capacity from solar panels equal to 4,344,437 kWh, amounting to 18,159,733 baht, and will reduce greenhouse gas emissions by up to 2,437,215 kg CO<sub>2</sub>. At 9,102,755.25 baht, the payback period is 14 years and the building has a service life of at least 23 years, so it is appropriate to invest in the installation of a solar power generation system on the roof of the Nakornthon Hospital parking lot.

Keywords: solar cell/ solar cell on roof/ solar cell, economic analysis of Solar Photovoltaic Rooftop/  
Solar Photovoltaic Rooftop

ไม่มีเอกสารจากต้นฉบับ  
หน้า กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีเอกสารจากต้นฉบับ

หน้า สารบัญ



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ และเป็นปัจจัย การผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ดังนั้น จึงต้องมีการจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอมีราคาที่เหมาะสมและมีคุณภาพที่ดีสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการ ขั้นพื้นฐานของประชาชน และสามารถตอบสนองความต้องการใช้ในกิจกรรมการผลิตต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ ประกอบกับโรงพยาบาลนครชนมีโครงการที่จะทำการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์บนตัวอาคารเพื่อ ตอบสนองเป้าหมายดังกล่าว โรงพยาบาลนครชนจึงมีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานทดแทน คือ เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดค่า ไฟฟ้าในโรงพยาบาล และเป็นแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญเรื่องพลังงานทดแทนแก่ บุคคลภายนอก จากข้อมูลจะเห็นว่าการใช้พลังงานในโรงพยาบาลนครชนค่อนข้างสูงประกอบกับขณะนี้ต้นทุน ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงอย่างรวดเร็วจึงมีความเป็นไปได้สูงที่ โรงพยาบาลนครชน จะติดตั้งพลังงาน ทดแทน ในรูปแบบของเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้อในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาในโรงพยาบาลนครชน นำมาวิเคราะห์ความเป็นไปที่จะติดตั้งโดยใน โปรแกรม System Advisor Model (SAM) เข้ามาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์การประหยัดพลังงาน และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ของ โรงพยาบาล และเป็นการช่วยบรรณรงก์การใช้พลังงานทดแทนอีกด้วย

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทำการจำลองและวิเคราะห์การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจวดครดโดยใช้แบบจำลอง System Advisor Model (SAM) และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาระบบการทำงานของพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และการใช้งาน โปรแกรม System Advisor Model (SAM)
2. สร้างแบบจำลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนดาดฟ้าอาคารจอร์จโรงพยาบาลนครชนก โปรแกรม System Advisor Model (SAM) ซึ่งพิจารณาเฉพาะระบบที่ผลิตแล้วใช้ทันทีโดยไม่มีการเก็บสะสมพลังงาน
3. วิเคราะห์การลดใช้พลังงานไฟฟ้าและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลที่ได้จากแบบจำลองจากโปรแกรม System Advisor Model (SAM)

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การใช้โปรแกรม System Advisor Model (SAM) สร้างแบบจำลองเพื่อหาประสิทธิภาพของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ก่อนการติดตั้งจริง
2. ทราบถึงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลอง โปรแกรม System Advisor Model (SAM) เมื่อเปรียบเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งและตรวจวัดจริง

## บทที่ 2

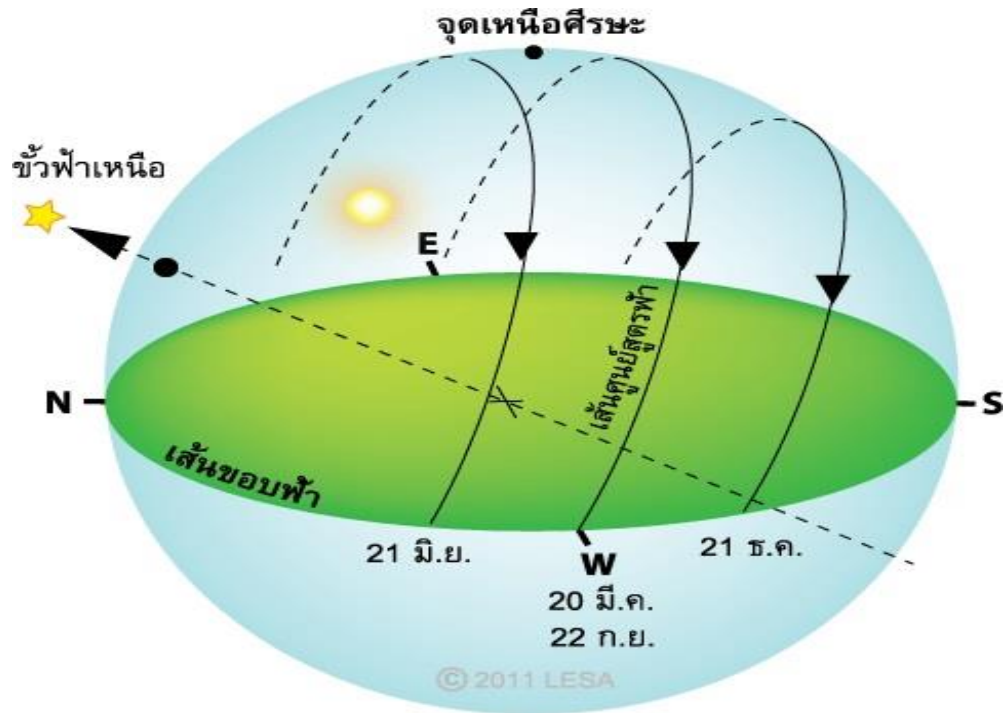
### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มแก๊สร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง  $1.39 \times 10^8$  เมตร ซึ่งดวงอาทิตย์จะใช้เวลาในการหมุนรอบตัวเอง 4 สัปดาห์ การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ที่ บริเวณศูนย์สูตรจะใช้เวลา 27 วันและที่บริเวณขั้วโลกจะใช้เวลา 30 วัน รังสีที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์เมื่อเดินทางถึงชั้นบรรยากาศของโลกก็就会被ดูดกลืนรังสี และการแผ่รังสีโดยแก๊สใน บรรยากาศทำให้สเปกตรัมรังสีอาทิตย์นอกโลกถูกโมเลกุลของแก๊ส ฝุ่นละออง เมฆในบรรยากาศ กระจายและสะท้อนรังสีอาทิตย์ ทำให้รังสีที่ตกกระทบผิวโลกเปลี่ยนไปได้ทั้งความเข้ม องค์ประกอบ ของสเปกตรัมและทิศทางเมื่อเทียบกับรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศ รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้น โลกมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตพืชเนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานของพืชในการสังเคราะห์แสง

##### 2.1.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

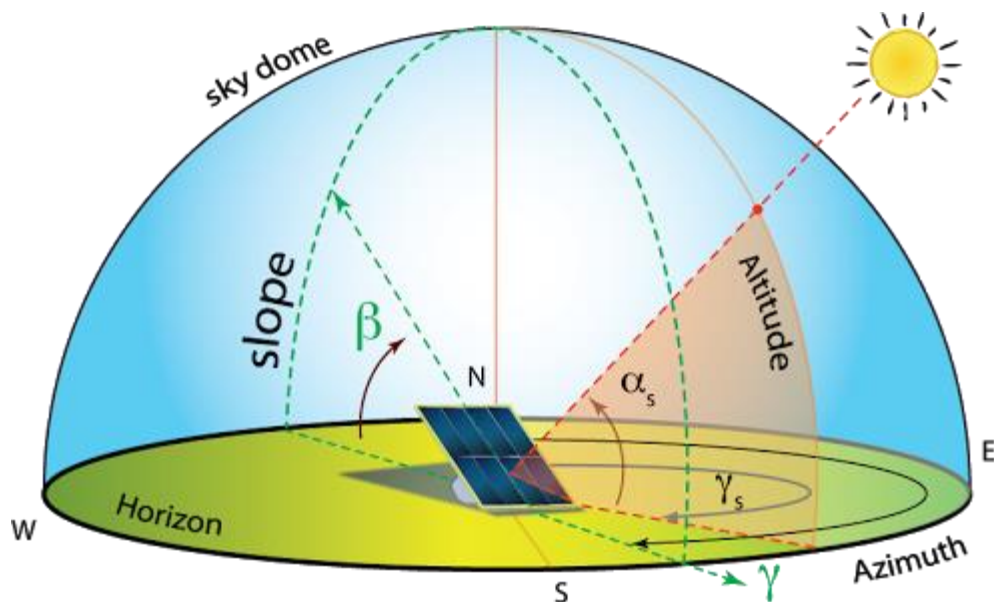
ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างระนาบการหมุนของโลกที่เวลาใดๆ กับรังสีตรง หรือตำแหน่งของ ดวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับระนาบ สามารถอธิบายได้ดังในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยมุมต่างๆ ดังนี้ [3] มุมละติจูด (Latitude, $\delta$ ) คือ ระยะห่างเชิงมุมจากศูนย์สูตรท้องถิ่น หรือมุมที่อยู่ทางทิศเหนือหรือทิศ ใต้ของเส้นศูนย์สูตร เมื่อวัดไปทางทิศเหนือกำหนดให้มีค่าเป็นบวก และเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ ละติจูดมีค่าอยู่ระหว่าง 90 องศา ถึง 90 องศา



ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

ที่มา: <http://www.lesa.biz/astromy/celestial-sphere/ecliptic>

มุมเอียง (Slope,  $\beta$ ) คือ มุมระหว่างพื้นผิวของระนาบรับรังสีกับแนวระดับ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 องศา ถึง 180 องศา

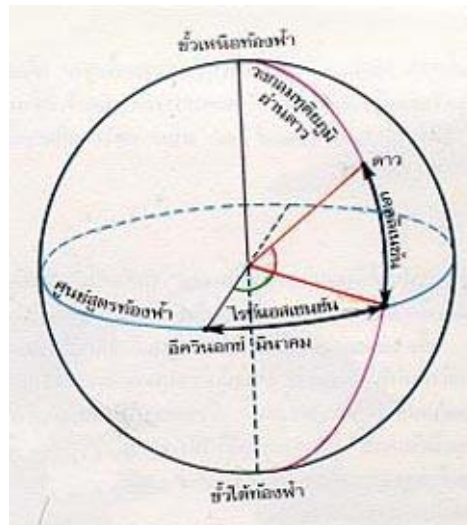


ภาพที่ 2.2 มุมเอียง (Slope,  $\beta$ )

ที่มา: <https://solarsmileknowledge.com/>

มุมชั่วโมง (Hour Angle,  $\omega$ ) คือ มุมที่แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากเมอริเดียนท้องถิ่นไปทาง ตะวันออกหรือทางตะวันตก มีค่าเป็นลบในช่วงเวลาก่อนเที่ยงสุริยะ และเป็นบวกหลังเที่ยงสุริยะ โดยมีค่า 15 องศา ต่อหนึ่งชั่วโมง



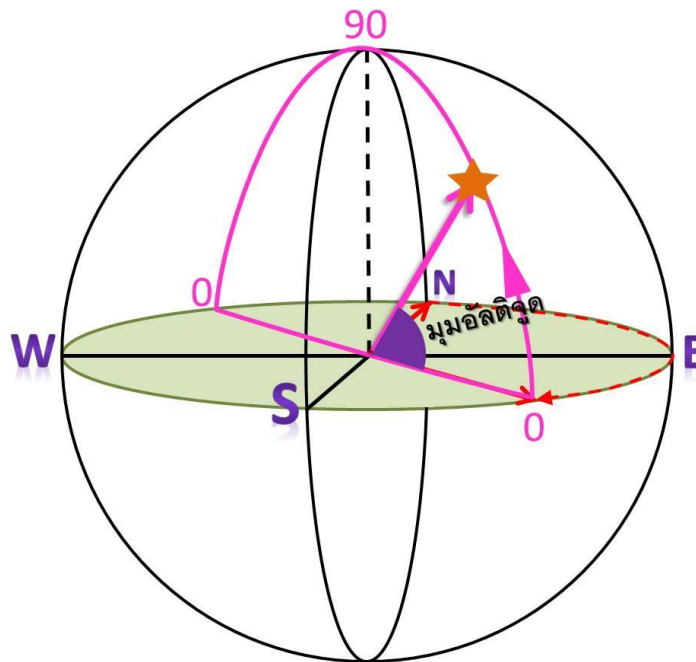


ภาพที่ 2.4 มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle,  $\delta$ )

ที่มา: <https://www.saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=1&chap=3&page=t1-3-infodetail07.html>

มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Altitude Angle,  $a_s$ ) คือ มุมระหว่างพื้นราบกับแนวลำแสงอาทิตย์ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ที่เวลาใดๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sin a_s = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta$$

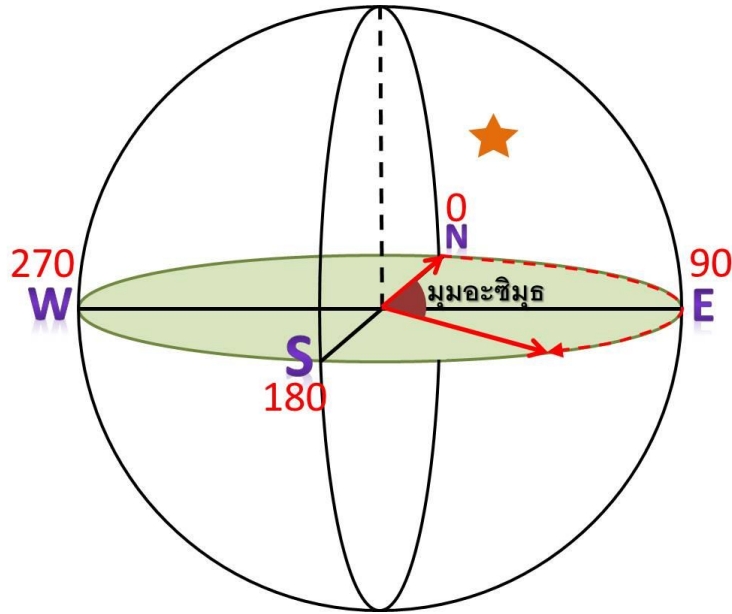


ภาพที่ 2.5 มุมอัตรสูงสุดดวงอาทิตย์ (Solar Altitude Angle,  $a_s$ )

ที่มา: <https://pantip.com/topic/31312556/page3>

มุมอะซิมุทพื้นดิน (Surface Azimuth Angle,  $\gamma$ ) คือ มุมระหว่างทิศใต้กับการหันหน้าของแผงรับ รังสี มีค่าอยู่ในช่วง 0 องศา ถึง 180 องศา โดยเป็นศูนย์เมื่อหันหน้าไปทางทิศใต้ เป็นบวกเมื่อหันหน้าทิศตะวันตก และเป็นลบเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันออก และเป็นลบเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันออก



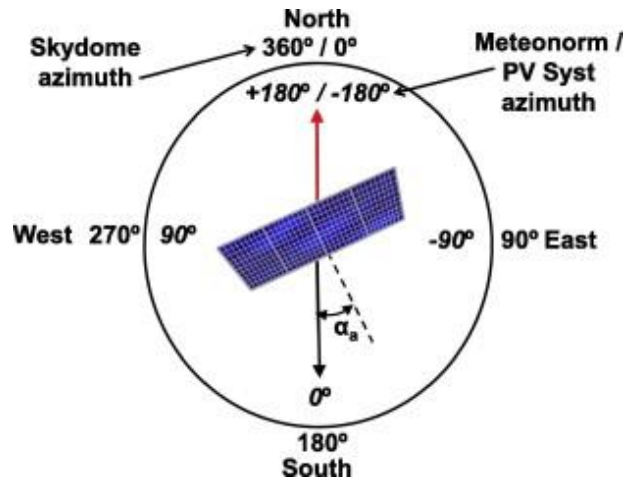


ภาพที่ 2.6 มุมอะซิมูทพื้นดิน (Surface Azimuth Angle,  $\gamma$ )

ที่มา: <https://pantip.com/topic/31312556/page3>

มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth Angle,  $\gamma_s$ ) คือ มุมระหว่างระนาบแนวตั้งของดวงอาทิตย์ และระนาบของเมอริเดียนท้องถิ่น โดยกำหนดให้วัดจากทิศใต้ของระนาบแนวตั้งดวงอาทิตย์ไปทาง ทิศตะวันตกมีค่าเป็นบวก วัดไปทางทิศตะวันออกมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง 180 องศา ถึง 180 องศา สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos a_s}$$

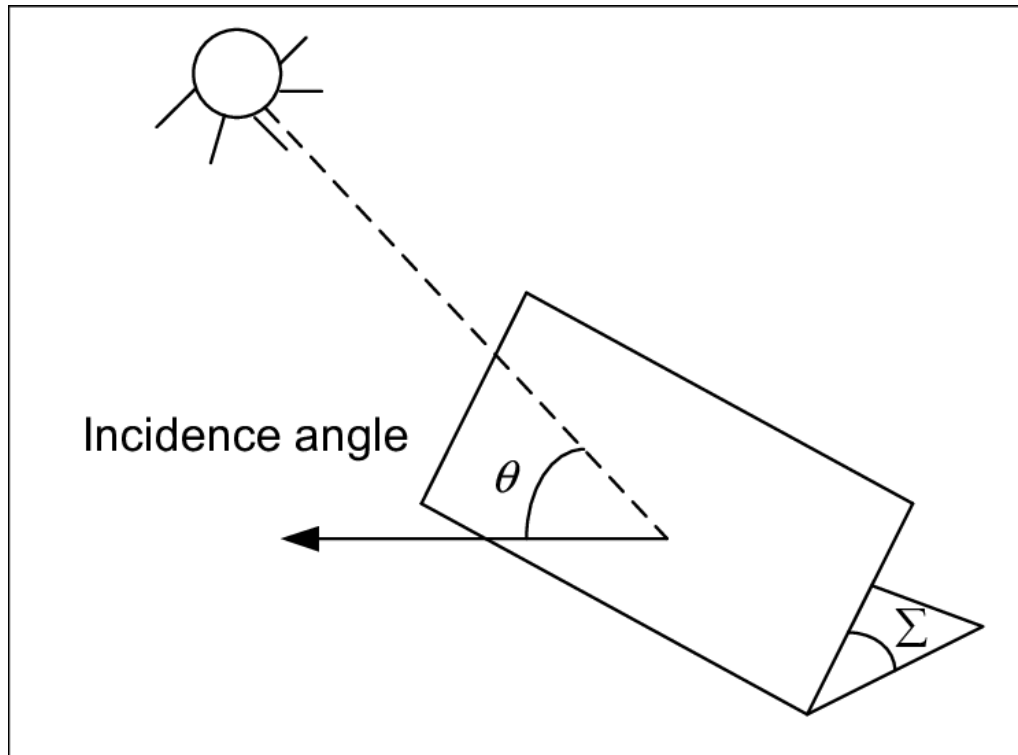


ภาพที่ 2.7 มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth Angle,  $\gamma_s$ )

ที่มา: [https://www.researchgate.net/figure/Drawing-showing-azimuth-convention-used-for-the-sky-dome-and-the-convention-used-in\\_fig6\\_267159736](https://www.researchgate.net/figure/Drawing-showing-azimuth-convention-used-for-the-sky-dome-and-the-convention-used-in_fig6_267159736)

มุมตกกระทบ (Incidence Angle,  $\theta$ ) คือ มุมระหว่างแนวลำแสงอาทิตย์บนพื้นผิวกับแนวตั้งฉากของพื้นผิว ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมอื่นๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\phi \cos\beta - \sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma + \cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\phi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\phi \sin\beta \sin\gamma \sin\omega$$



ภาพที่ 2.8 มุมตกกระทบ (Incidence Angle,  $\theta$ )

ที่มา: [https://www.researchgate.net/figure/The-incidence-angle-th-between-a-normal-to-the-PV-module-face-and-the-incoming-solar-beam\\_fig3\\_252018864](https://www.researchgate.net/figure/The-incidence-angle-th-between-a-normal-to-the-PV-module-face-and-the-incoming-solar-beam_fig3_252018864)

กรณีพื้นราบ ( $\beta = 0$  องศา) มุมตกกระทบ คือ มุมซันนิช

$$\cos \omega_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta$$

พื้นผิวรับรังสีและมุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปหาค่ามุมชั่วโมงพระอาทิตย์ (Sunset

Hour Angle,  $\omega_s$ ) เมื่อ  $\theta_z = 90$  องศา

$$\cos \omega_s = -\tan \phi \tan \delta$$

และสามารถหาความยาวนานวันได้จากสมการ

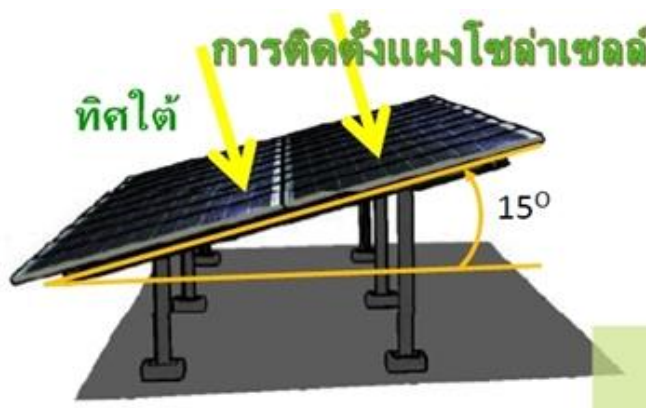
$$N = \frac{2 \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta)}{15}$$

ความยาวนานวัน(Day Length)หมายถึงระยะเวลาตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งตกในแต่ละวันของ ละครึ่งโลกๆ ค่านี้มีความผันแปรขึ้นอยู่กับมุมชั่วโมงการขึ้นของดวงอาทิตย์

ค่าคงที่รังสีดวงอาทิตย์(Solar Constant)คือ พลังค์ความหนาแน่นของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตั้งฉากกับ พื้นผิวนอกบรรยากาศของโลกเมื่อ โลกอยู่ห่างจากระยะทางหนึ่งหน่วยดาราศาสตร์ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $1.496 \times 10^8$  กิโลเมตร มีค่าอยู่ประมาณ  $1,367 \text{ W/m}^2$  หรือประมาณ  $4,921 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h}$

### 2.1.2 มุมเอียงของดวงอาทิตย์ในประเทศไทย

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดนั้น ต้องวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำ มุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ วิธีที่ดีที่สุดคือใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking System) โดยแผงจะติดตั้งบน โครงเหล็กที่มีมอเตอร์และระบบเซ็นเซอร์ควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าตั้งฉาก กับมุมของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน วิธีนี้จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดแต่ก็เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง อีกวิธีหนึ่งคือวางมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยพบว่าค่าเฉลี่ยของมุมเอียงที่ดีที่สุดคือ มุม 15 องศา หันหน้า ไปทางทิศใต้ ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.9 แนวการเอียงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 15 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้

ที่มา: <https://www.solarhub.co.th/solar-solutions/residential-solar/327-how-much-space>

เนื่องจากประเทศไทยมี 3 ฤดูกาล โครจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูจะมีมุมเอียงที่แตกต่างกัน จาก ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ระบุว่า

ฤดูร้อน ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

ฤดูฝน ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

ฤดูหนาว ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

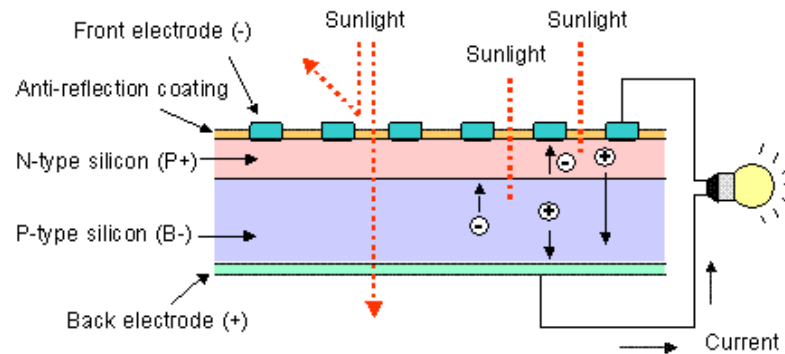
แต่ละฤดูกาลมมเอียงตามวงโคจรของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนไปถ้ามีการปรับมุมของแผงเซลล์อาทิตย์ให้ตั้งฉากกับแต่ละฤดูได้ จะทำให้ผลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าสูงขึ้นได้ ผลการวิจัยเชิง ทดลอง พบว่าถ้าปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตาม ฤดูกาล 3 ระดับ คือ เอียง 30 องศา ในฤดูหนาว เอียง 15 องศา ในฤดูร้อน และ 0 องศา ในฤดูฝน จะทำให้การผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีติดตั้งแบบเอียง 15 องศา คงที่ เท่ากันทั้ง 3 ฤดู สำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับประเทศไทย จะตั้งวางให้มีมุมเอียง 15 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้ และไม่มีเงาของอาคารสูง หรือต้นไม้บัง

## 2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็น พลังงานไฟฟ้าโดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน มาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้ เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และพื้นที่ที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงาน ประกอบที่เรียกว่า โฟตอนจะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมาก พอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอมและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอน เคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่ง สอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

## 2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยเมื่อ แสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายเทพลังงาน ระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่ง ตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้

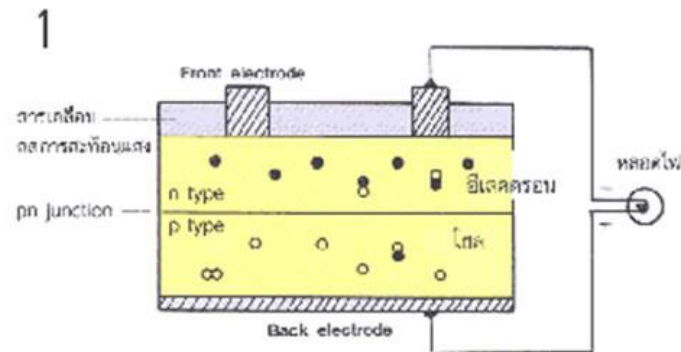


ภาพที่ 2.10 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/hlak-kar-thangan>

## 2.4 n - type ซิลิคอน

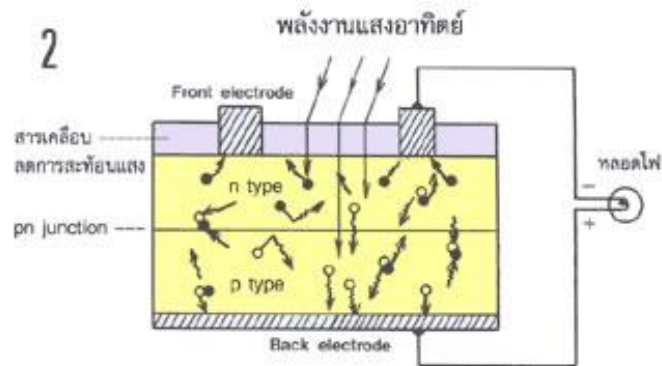
ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ไดคาร์ โคปป์ด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ส่วน p - type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ไดคาร์ โคปป์ด้วยสาร โบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับ พลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกัน ด้วย p - njunction จึงทำให้เกิดเป็น เซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่ง อยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้าง เล็กน้อย ด้านหน้าของ n type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็น โฮล แต่ก็ยังคงมีอิเล็กตรอน ปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบ โลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่ เป็นตัวรวบรวมโฮล



ภาพที่ 2.11 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อยังไม่มีแสงตกกระทบ

ที่มา: <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/hlak-kar-thangan>

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type



ภาพที่ 2.12 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีแสงมาตกกระทบ

ที่มา: <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/hlak-kar-thangan>

อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และ โฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการ ต่อวงจร ไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

## 2.5 ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งานแบ่งเป็น 3 แบบ แต่ละแบบมีความแตกต่าง ข้อดี และเสียแตกต่างกันไปดังนี้

### 2.5.1 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells)

แผงโซลาร์เซลล์ ชนิดที่ทำมาจาก ผลึกซิลิคอนเชิงเดี่ยว (mono-Si) หรือบางทีก็เรียกว่า single crystalline (single-Si) สังกะสีก่อนข้างง่ายกว่าชนิดอื่น เพราะจะเห็นแต่ละเซลล์ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมตัดมุมทั้งสี่มุม และมีสีเข้ม แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ นั้น เป็นชนิดที่ทำมาจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยเริ่มมาจากแท่งซิลิคอนทรงกระบอก อันเนื่องมาจาก เกิดจากกระบวนการ กวนให้ผลึกเกาะกันที่แกนกลาง ที่เรียกว่า Czochralski process จึงทำให้เกิดแท่งทรงกระบอก จากนั้นจึงนำมาตัดให้เป็นสี่เหลี่ยม และลบมุมทั้งสี่ออก เพื่อที่จะทำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และลดการใช้วัตถุดิบโมโนซิลิคอนลง ก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นอีกที จึงทำให้เซลล์แต่ละเซลล์หน้าตาเป็นอย่างไรที่เห็นในแผงโซลาร์เซลล์

ข้อดี

1. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะผลิตมาจาก ซิลิคอนเกรดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 15-20%
2. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่สูงสุด เพราะว่าให้กำลังสูงจึงต้องการพื้นที่น้อยที่สุดในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้ โมโนคริสตัลไลน์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เกือบ 4 เท่า ของชนิด ฟิล์มบางหรือ thin film
3. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 25 ปีขึ้นไป
4. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าชนิด โพลีคริสตัลไลน์ เมื่ออยู่ในภาวะแสงน้อย



ข้อเสีย

1. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ เป็นชนิดที่มีราคาแพงที่สุด ในบางครั้งการติดตั้งด้วยแผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ หรือชนิด thin film อาจมีความคุ้มค่ามากกว่า
2. ถ้าหาก แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีความสกปรกหรือถูกบังแสงในบางส่วนของแผง อาจทำให้วงจรหรือ inverter ใหม่มั้ได้ เพราะอาจจะทำให้เกิดโวลต์สูงเกินไป



ภาพที่ 2.13 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Silicon Solar Cells)

ที่มา: <https://www.blpower.co.th/blog/how-many-different-types-of-solar-cells-are-there.html>

#### 2.5.2 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells)

แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ เป็นแผงโซลาร์เซลล์ชนิดแรก ที่ทำมาจากผลึกซิลิคอน โดยทั่วไปเรียกว่า โพลีคริสตัลไลน์ (polycrystalline,p-Si) แต่บางครั้งก็เรียกว่า มัลติ-คริสตัลไลน์ (multi-crystalline,mc-Si) โดยในกระบวนการผลิต สามารถที่จะนำเอา ซิลิคอนเหลว มาเทใส่โมลด์ที่เป็นสี่เหลี่ยมได้เลย ก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นบางอีกที จึงทำให้เซลล์แต่ละเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ไม่มีการตัดมุม สีของแผงจะออก น้ำเงิน ไม่เข้มมาก

### ข้อดี

1. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ง่าย ไม่ซับซ้อน จึงใช้ปริมาณซิลิคอน ในการผลิตน้อยกว่า เมื่อเทียบกับ ชนิด โมโนคริสตัลไลน์
2. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ในที่อุณหภูมิสูง ดีกว่า ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ เล็กน้อย
3. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับ ชนิด โมโนคริสตัลไลน์  
ข้อเสีย
1. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 13-16% ซึ่งต่ำกว่า เมื่อเทียบกับชนิด โมโนคริสตัลไลน์
2. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่ต่ำกว่า ชนิด โมโนคริสตัลไลน์
3. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ มีสีน้ำเงิน ทำให้บางครั้งอาจดูไม่สวยงาม เมื่อเทียบกับ ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ และชนิด thin film ที่มีสีเข้ม เข้ากับสิ่งแวดล้อม เช่น หลังคาบ้านได้ ดีกว่า



ภาพที่ 2.14 แผงโซลาร์เซลล์ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline Silicon Solar Cells)

ที่มา: <https://www.blpower.co.th/blog/how-many-different-types-of-solar-cells-are-there.html>

### 2.5.3 แผงโซลาร์เซลล์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)

หลักการโดยทั่วไปของการผลิต โซลาร์เซลล์ ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell, TFSC) คือ การนำเอาสารที่สามารถแปลงพลังงานจากแสงเป็นกระแสไฟฟ้า มาฉาบเป็นฟิล์มหรือชั้นบางๆ ซ้อนกันหลายๆชั้น จึงเรียก โซลาร์เซลล์ชนิดนี้ว่า ฟิล์มบาง หรือ thin film ซึ่งสารฉาบที่ตัวนี้ก็มีด้วยกันหลายชนิด ชื่อเรียกของ แผงโซลาร์เซลล์ ชนิดฟิล์มบางจึงแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุที่นำมาใช้ ได้แก่ อะมอร์ฟัส Amorphous silicon (a-Si), Cadmium telluride (CdTe), Copper indium gallium selenide (CIS/CIGS) และ Organic photovoltaic cells (OPC) ด้านประสิทธิภาพของ แผงโซลาร์เซลล์ ชนิดฟิล์มบางนั้น มีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 7-13% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นฟิล์มฉาบ แต่สำหรับบ้านเรือนโดยทั่วไปแล้ว มีเพียงประมาณ 5% เท่านั้น ที่ใช้ แผงโซลาร์เซลล์ ที่เป็นแบบชนิดฟิล์มบาง

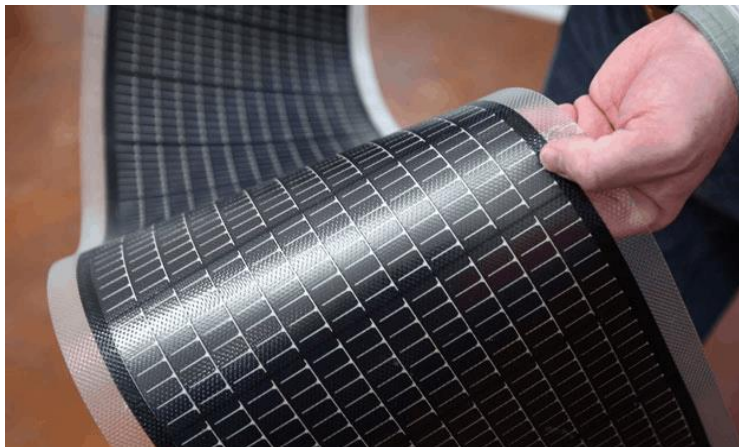
#### ข้อดี

1. แผงโซลาร์เซลล์ ชนิดฟิล์มบาง มีราคาถูกกว่า เพราะสามารถผลิตจำนวนมากได้ง่ายกว่าชนิดผลึกซิลิคอน

2. ในที่อากาศร้อนมากๆ แผงโซลาร์เซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง มีผลกระทบน้อยกว่า
3. ไม่มีปัญหาเรื่อง เมื่อแผงสกปรกแล้วจะทำให้อายุสั้น
4. ถ้าคุณมีที่เหลือเพื่อ แผงโซลาร์เซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง ก็เป็นทางเลือกที่ดี

#### ข้อเสีย

1. แผงโซลาร์เซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง มีประสิทธิภาพต่ำ
2. แผงโซลาร์เซลล์ ชนิด ฟิล์มบาง มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่ต่ำ
3. สิ้นเปลืองค่าโครงสร้างและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น สายไฟ
4. ไม่เหมาะนำมาใช้ตามหลังคาบ้าน เพราะมีพื้นที่จำกัด
5. การรับประกันสั้นกว่าชนิด ผลึกซิลิคอน



ภาพที่ 2.15 แผงโซลาร์เซลล์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)

ที่มา: <http://www.faifasolar.com/b/6>

## 2.6 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V สำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในบ้านโดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์จะออกแบบวงจรภายในโดยใช้วงจร Switching แปลงระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับโดยมีสัญญาณความถี่ไฟฟ้า 50 Hz ในระบบที่มีขนาดเล็กๆ ผู้ผลิตอาจจะรวมวงจรอินเวอร์เตอร์เข้าเป็นชุดเดียวกับวงจรควบคุมการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Charger and Controller) ในการใช้งานต้องมีค่ากำลังงานที่สูงกว่ากำลังวัตต์ที่ใช้งาน 15-20 % ทั้งนี้เนื่องจากอินเวอร์เตอร์จะมีประสิทธิภาพประมาณ 80-85 % เช่น กำลังวัตต์ที่ต้องการใช้งาน 800 วัตต์ต้องใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์เป็นต้น



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

ที่มา : <https://pdf.archiexpo.com/pdf/kaco-new-energy/blueplanet-500-tl3-basic-int-500-tl3-m-int-500-tl3-xl-int/70010-303073.html>

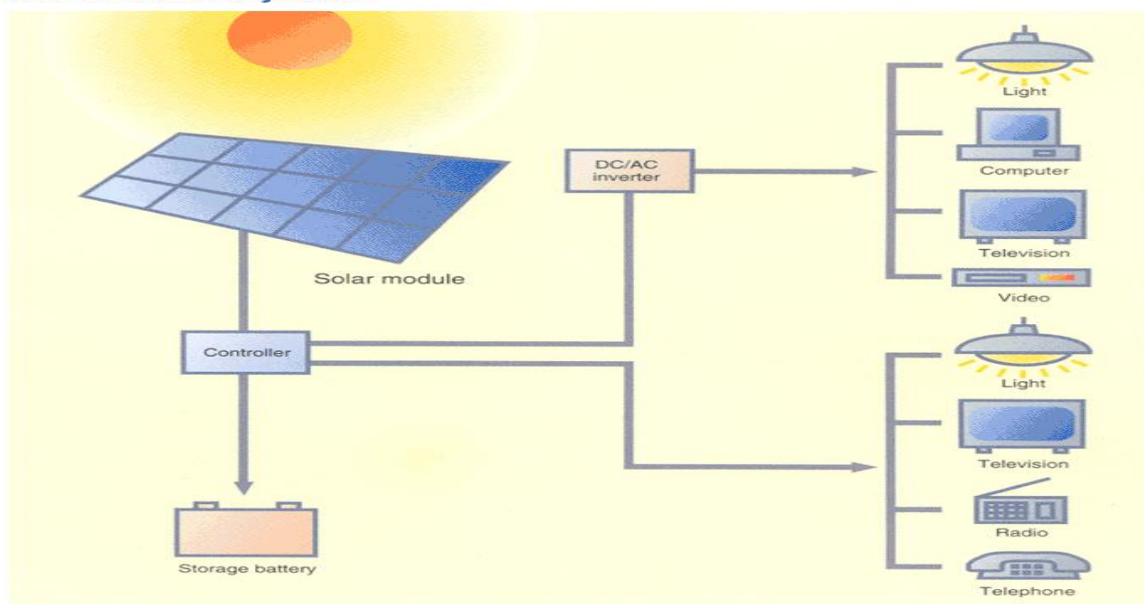
## 2.7 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.7.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone System)

ระบบนี้ได้รับการ ออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตกระแสไฟฟ้าให้ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ต่างๆ และเมื่อเหลือใช้จะเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดด จึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่าย ให้แก่โหลดจึงสามารถกล่าวได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่าย กระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อุปกรณ์ระบบที่สำคัญ

ประกอบด้วยแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand alone เป็นต้น

Stand-Alone System



ภาพที่ 2.17 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

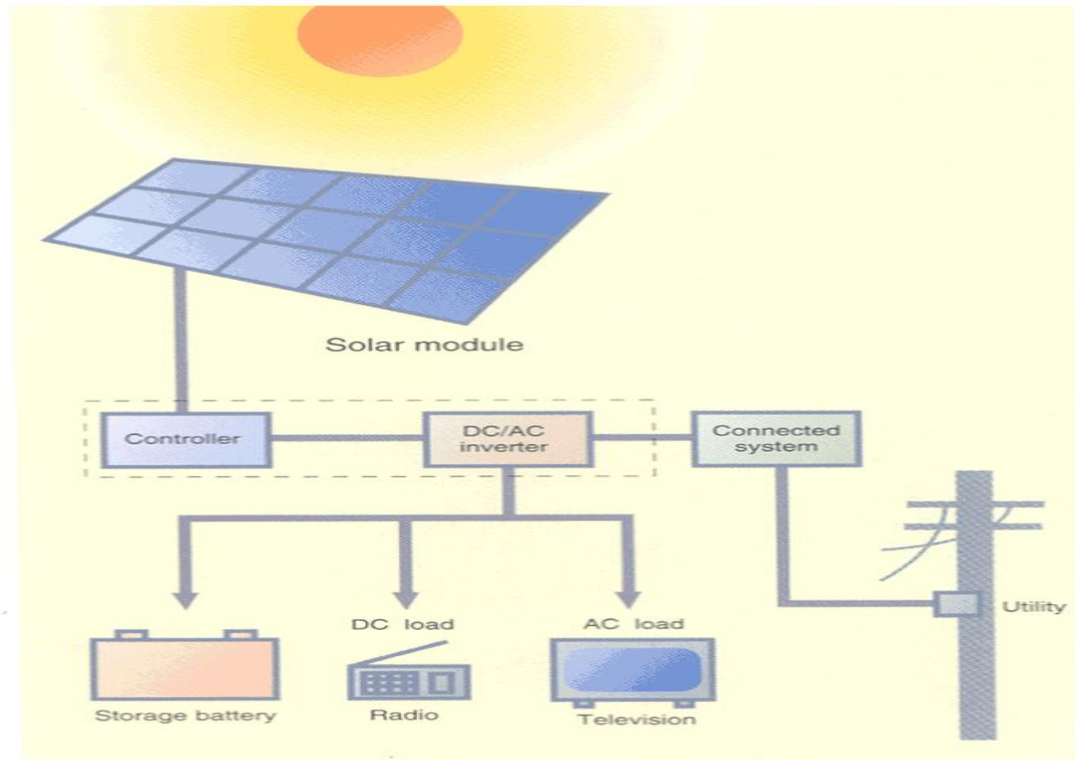
ที่มา : <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/kar-phlit-fifa-dwy-sell-saeng-xathity>

2.7.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system)

เป็นระบบที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรงมีหลักการการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรงโดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าสังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรงสังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนปกติ ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายจะเป็นการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์

เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า Grid connected เป็นต้น

### Grid Connected System



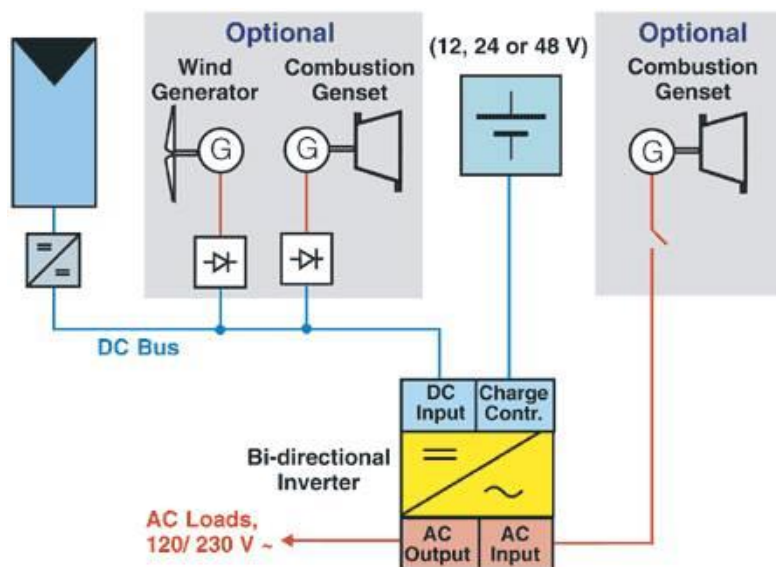
ภาพที่ 2.18 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

ที่มา: <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/kar-phlit-fifa-dwy-sell-saeng-xathity>

#### 2.7.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซลหรือระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับ พลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบของระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์ของโครงการเป็นกรณีเฉพาะ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์

ดีเซล มีหลักการทำงานในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Multi function ทำงานร่วมกับไฟฟ้าจากพลังงานลมจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งทำงานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในขณะที่พลังงานลมต่ำไม่สามารถผลิตไฟฟ้าหรือเวลากลางคืนไม่มีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดและกรณีแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าออกไปมากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้เครื่องยนต์ดีเซลจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติเป็น อุปกรณ์สำรองพลังงาน กล่าวคือ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่โดยตรงและแบ่งจ่ายให้แก่โหลด พร้อมกัน และหากโหลดมีมากเกินไประบบจะหยุดทำงานทันที และจะทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อเซลล์ แสงอาทิตย์หรือพลังงานลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ได้ปริมาณตามพิกัดที่ออกแบบ ไว้พร้อมทั้งขนาดโหลดอยู่ในพิกัดที่ชุดแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ [1]



ภาพที่ 2.19 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

ที่มา: <https://sites.google.com/site/rebirthgroupen/kar-phlit-fifa-dwy-sell-saeng-xathity>

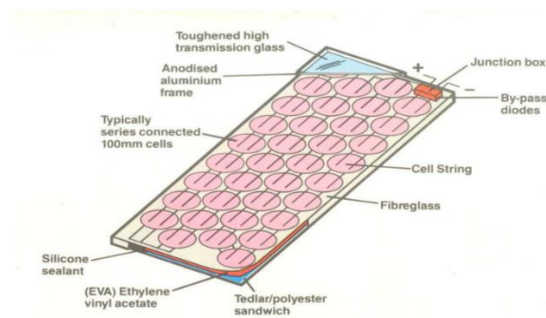


## 2.8 ส่วนประกอบในระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

### 2.8.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Cell : PV)

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกโดยแชปปีนฟูลเลอร์ (Chapin Fuller) และเพียร์สัน (Pearson) ในปี ค.ศ. 1954 ซึ่งทำงานที่บริษัท เบลเทเลโฟนจำกัด (Bel Telephone) ซึ่งได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ P-N ของผลึกซิลิคอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์ ขึ้นมาเป็นครั้งแรกในโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6 ต่อมามีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นถึง 15% ได้นำไปใช้งานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางด้านอวกาศ ดาวเทียม ระบบสื่อสารต่างๆ จนในปัจจุบันมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีราคาถูกลง และประสิทธิภาพสูงขึ้น เซลล์แสงอาทิตย์ทำจาก ซิลิคอนที่ใช้วัสดุเช่นเดียวกัน Transistors และวงจรรวม โดยผลึกซิลิคอนจะถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ โดยการเติมธาตุที่มีอิเล็กตรอน วงนอกสุดในกลุ่ม 3 และ 5 ซึ่งจะได้ผลึกซิลิคอนที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า ต่างกัน (P-Type และ N-type) เมื่อนำมาต่อเชื่อมกันด้วยกรรมวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกทำให้ ระหว่างรอยต่อมีสถานะที่เป็นกลาง (Depletion Region) ผลึกซิลิคอนจะวางซ้อนกันเป็นชั้นบาง เมื่อมี อนุภาคโฟตอนมาตกกระทบแผ่นชั้นซิลิคอน อิเล็กตรอนที่ได้รับจะทำให้แผ่นธาตุซิลิคอนมี อิเล็กตรอนที่มีอยู่ไม่สมดุลกัน ระหว่างชั้นเซลล์ เมื่อมีการต่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าออกไปก็จะเกิดการความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้านั้น เมื่อนำมาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรไฟฟ้า ก็จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอน ระหว่างขั้ว เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาได้การผลิตเซลล์ แสงอาทิตย์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน กับการผลิตจากสารประกอบชนิดอื่นๆ เช่น แกลเลียมอาเซไน แคลเดเมียมเทลลูไรด์ เป็นต้น [12]

#### องค์ประกอบของโซล่าเซลล์



ภาพที่ 2.20 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: <http://www.gepowers.com/solar-cell>

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้อง นำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกัน ในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสม ของเหล็กดำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งเป็นเวลานาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีโอ เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีเวลาจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบสะดวกในการติดตั้ง

2.8.2 Inverter ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรงผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ได้โดยอินเวอร์เตอร์ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อบรรยากาศและอินเวอร์เตอร์แบบอิสระ ในช่วงระยะเวลาประมาณ 20 ปี ที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับอินเวอร์เตอร์สำหรับการผลิตไฟฟ้า ด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีการเชื่อมต่อสายส่ง งานวิจัยเหล่านี้ส่วนหนึ่งเน้นไปที่วงจรหรือเทคนิคการควบคุมใหม่ๆ ซึ่งเมื่ออาศัยความก้าวหน้าด้าน โพลิตสเดททำให้มีความเป็นไปได้ ที่จะสร้างเอซีโมดูลที่กะทัดรัดมีประสิทธิภาพสูง มีความไว้วางใจได้ และมีราคาถูกกว่าเดิม

2.8.3 Power Transformer : มีหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้ระบบที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกันสามารถเชื่อมต่อเข้าหากันได้

2.8.4 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์ แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่และการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ อิสระ ตามปกติจะมีแรงดันไฟฟ้า 12,24 หรือ 48 โวลต์ซึ่งอุปกรณ์ ในระบบต้องมีแรงดันไฟฟ้าที่สอดคล้องกัน โดยแรงดันไฟฟ้าในการอัดประจุของเครื่องควบคุม การประจุจะต้องสูงกว่าของแบตเตอรี่เสมอ ส่วนแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องสูงพอที่จะสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้า

สูงสุดได้ขณะที่อุณหภูมิสูง โดยปกติหากอุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต่ำลง อีกทั้งยังต้องพิจารณาแรงดันตกคร่อมในสายไฟที่ต้องเสียไปอีก 3-2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกรณี อุณหภูมิต่ำแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสูงซึ่งเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่จะต้อง ควบคุมแรงดันในการอัดประจุไม่ให้สูงเกินไปจนทำให้แบตเตอรี่เสียหายทั้งนี้การป้องกันการอัด ประจุเกินพิกัดของเครื่องควบคุมการประจุทำได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น

1. ตัดวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออกจากระบบเมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงเกินกว่า charge cut-out voltage วิธีนี้ใช้สำหรับเครื่องควบคุมการประจุที่ต่อแบบอนุกรม

2. ทำการลัดวงจร (Short-circuit) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้สำหรับเครื่องควบคุมการประจุที่ต่อแบบขนาน

3. ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า โดยใช้ MPPT charge controller ในกรณีแสงแดดมีน้อย แรงดันแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต่ำกว่าของแบตเตอรี่ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับได้จึงต้องมีการป้องกันโดยเพิ่มไดโอดป้องกันการกลับทิศของกระแส ซึ่งส่วนใหญ่จะ ประกอบอยู่ในเครื่องควบคุมการประจุอยู่แล้ว จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการยืดอายุการใช้งานของ แบตเตอรี่ ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่จำเป็นต้องทำงานที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากแรงดัน charge cut-out และ discharge cut-off จะขึ้นอยู่กับสภาวะการอัดประจุ ของแบตเตอรี่ อีกทั้งคุณสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละชนิดก็แตกต่างกัน และการทำงานที่อุณหภูมิแตกต่างกันนั้นคือเครื่องควบคุมการประจุที่ดีจึงต้องสามารถทำงานที่เงื่อนไขแตกต่างกันเหล่านี้ได้ หน้าที่ของเครื่องควบคุมการประจุโดยทั่วไปดังต่อไปนี้

1. ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ กัน
2. สามารถป้องกันการอัดและการคายประจุไฟฟ้าเกินพิกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. มีการตรวจสอบสภาวะการอัดประจุของแบตเตอรี่เสมอ

2.8.5 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน้าที่ยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถรับปริมาณแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดในแต่ละวัน ซึ่งสำหรับประเทศไทยจะต้องทำมุมประมาณ 15 องศา ในทางทิศใต้

## 2.9 การสูญเสียพลังงานในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การสูญเสียพลังงานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายสาเหตุ ทั้งข้อจำกัดของประสิทธิภาพการแปลง พลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนั้นๆ เองจากส่วนควบคุมอื่นๆ จากการเชื่อมต่อ และจากปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

### 2.9.1 การสูญเสียพลังงานขาเข้า (Input energy losses)

เป็นการสูญเสียพลังงานแสง ก่อนเข้าที่ตัวเซลล์ จะได้รับพลังงานเพื่อเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า ซึ่งสาเหตุได้แก่ การถูกบดบังหน้าแผงเป็นเงามืด การถูกบดบัง โดยฝุ่น สิ่งสกปรกหน้าแผง และการสะท้อนออกของแสงที่หน้าแผง

2.9.2 การสูญเสียจากการแปลงพลังงาน (Conversion efficiency losses) เป็นการสูญเสียที่เกิดในตัวแผงเซลล์ และการนำแผงมาต่ออนุกรมกันเป็นสตริง ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติการตอบสนอง ทางแสงของวัสดุที่ใช้ในเซลล์ชนิดนั้น การเสื่อมสภาพของเซลล์ การสูญเสียจากอุณหภูมิ และการสูญเสีย เมื่อแผง ที่ต่อกันอยู่นั้นผลิตไฟฟ้าได้ไม่เท่ากัน

2.9.3 การสูญเสียจากการเชื่อมต่อและอุปกรณ์อื่นในระบบ เป็นการสูญเสียที่เกิดจาก ความต้านทาน ในวงจรไฟฟ้า และจากประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (Power conditioning system, inverter) ซึ่งคือการสูญเสียตากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เป็นต้น การสูญเสียบางส่วนใน ระบบนั้นสามารถลดลงเพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำงานโดยรวมได้ เช่น การลด การสูญเสีย Power conditioning system ด้วยการเลือกใช้ Power conditioner หรือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า พลังงานเซลล์ แสงอาทิตย์ กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย 7 ที่มีประสิทธิภาพ สูง ลดการสูญเสียด้วยการเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่ประสิทธิภาพลดลงไม่มาก เมื่อ อุณหภูมิ สูงขึ้น หรือมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ

## 2.10 หลักการออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้น

การประเมินพื้นที่เบื้องต้นสำหรับผู้สนใจจะติดตั้ง Solar Cell ในบริเวณบ้านเรือน ซึ่ง ควรศึกษาด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับพื้นที่ที่ท่านมีก่อนการติดตั้งดังนี้

### 2.10.1 ตำแหน่งการติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์นี้คือบริเวณ หลังคาของที่อยู่อาศัย แต่บางพื้นที่อาจจะมีการติดตั้งบริเวณพื้นที่ว่าง บริเวณผนังหรือแม้แต่ บริเวณที่เป็นแผงกันแดด เป็นต้น

### 2.10.2 การับแสงอาทิตย์

พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งควรเป็นบริเวณที่โล่ง ปราศจากเงาของต้นไม้หรือเงาของวัตถุใด ๆ ก็ตามที่สามารถบังแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งการบังแสงแดดจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของ PV ลดลง โดยคำแนะนำทั่วไปสำหรับพื้นที่ที่จะติดตั้ง แผงนี้ควรเป็นบริเวณที่โล่งแจ้งสามารถรับแสงอาทิตย์ได้โดยไม่มีการบดบังแสงใน ช่วงเวลา 9 โมงเช้าถึงบ่าย 3 โมงในแต่ละวัน ประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ซีกโลกเหนือนั้น ควรหันหน้าของแผงไปทางทิศใต้ โดยดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกโดยเคลื่อนที่อ้อมทิศใต้ นอกจากนี้ความ ลาดเอียงของแผงควรมีความลาดชันประมาณ 15-20 องศา กับพื้นดินเพื่อให้แสงอาทิตย์ กระทบตั้งฉากกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

### 2.10.3 พื้นที่สำหรับติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์

การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้านี้มีการใช้เนื้อที่ในการติดตั้งแผง พลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างมาก โดยเนื้อที่ที่ต้องการติดตั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าที่ต้องการและประสิทธิภาพของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับบ้านเรือนจะมีพื้นที่ จำกัดนั้น ถ้าต้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีควรเผื่อ พื้นที่ว่างไว้ในพื้นที่ที่ติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 20% ของพื้นที่ที่จะติดตั้ง ใน กรณีที่มีการติดตั้งบนหลังคานั้นหากผู้อยู่อาศัยมีแผนที่จะการปรับปรุงหรือรื้อหลังคาเพื่อ ปรับปรุงในระยะเวลา 5-10 ปี ควรติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่มีการ ปรับปรุงหลังคานั้นเพื่อลดต้นทุนในการซื้อและติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ใหม่

## 2.11 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโซลาร์เซลล์

ในการเลือกแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นผู้ผลิตแผงพลังงานแสงอาทิตย์จะแสดงค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์โดยแสดงเป็นค่ามาตรฐานค่าหนึ่ง ค่าดังกล่าวคือ Standard Test Conditions (STC) ค่า STC นี้เป็นค่ากำลังการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผง พลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบ 1,000 W/m และที่อุณหภูมิ 25°C ในสภาพอากาศโปร่งและนิ่ง (Clear sky) โดยปกติจะแสดงค่าในรูปแบบดังตัวอย่างนี้ 100 Watts solar module (100 Watts of power output under STC) แต่การติดตั้งเพื่อใช้งาน จริงนั้นมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่ทำให้ความสารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จริงน้อยกว่า ค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มา ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบโซลาร์เซลล์ มี ดังนี้

### 2.11.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้า อุณหภูมิของแผงยิ่งสูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้าลดลง โดยทั่วไปผลกระทบด้าน ความร้อนของแผงพลังงานแสงอาทิตย์นี้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือ ประมาณ 39% ของค่า STC (fema 0.89)

### 2.11.2 ฝุ่นและความสกปรกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อใช้ไประยะหนึ่งจะมีฝุ่นละอองหรือคราบสกปรกมาเปื้อนบนหน้าแผงซึ่งปัจจัยนี้ส่งผลให้ความสามารถในการรับแสงอาทิตย์ลดลงทำให้ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย โดยทั่วไปผลกระทบที่เกิดจากสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองนี้ทำให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือประมาณ 93% ของค่า STC (fair 0.93)

### 2.11.3 การต่อของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่สม่ำเสมอและการสูญเสียในสายไฟ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบกันเป็นแถวเทียบกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์เดี่ยว ๆ พบว่าที่จำนวนแผงที่เท่ากันประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงที่ต่อกันเป็นแถวมีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพของแผงเดี่ยวๆ รวมกัน นอกจากนี้ ความต้านทานในสายไฟ ทำให้เกิดการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าขึ้นได้ โดยทั่วไปการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการต่อแผงที่ไม่สม่ำเสมอและสูญเสียภายใน สายไฟทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือ 95% ของค่า STC ( $f=0.95$ )

### 2.11.4 การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจาก DC เป็น AC

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แต่อุปกรณ์ที่ใช้ตามบ้านเรือนนั้นส่วนใหญ่พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ฉะนั้น ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงนั้นต้องผ่านตัวแปลงกระแสไฟหรือเรียกว่า Inverter เพื่อแปลง ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อนเสมอ การแปลงกระแสไฟฟ้านี้ทำให้เกิดการ สูญเสียพลังงานขึ้นส่วนหนึ่ง โดยทั่วไปการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการแปลง กระแสไฟฟ้านี้ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงเหลือประมาณ 90% ของค่า STC ( $f_{inv}=0.90$ )

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนี้

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
การุณย์ ชัยวนิชย์, พุทธิดี อุบลสุข, มนตรี สังข์ทอง 2561	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดินใน โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า	ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าตั้งแต่ปี 2558 (ปีฐาน) และข้อมูลการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังการผลิต 1,500 กิโลวัตต์ เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าและประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาวิจัยพบว่า ผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาด 1,500 กิโลวัตต์ ภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมดประมาณ 2.73 GWh/ปี และสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 1549 tCO <sub>2</sub> e/ปี เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์พบว่า มีอัตรามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่อัตราดอกเบี้ย 5% ต่อปีเท่ากับ 6,646,610.37 บาท และมีค่า อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio: B/C Ratio) เท่ากับ 1.05 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 โครงการนี้มีความคุ้มค่าที่ลงทุนและมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินประมาณ 12.3 ปี	ผลการศึกษาวิจัยพบว่า การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินสามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2,737,500 kWh/ปี และสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 1549 tCO <sub>2</sub> e/ปี

บททวนวรรณกรรมพบว่า มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
พันตรี วิรัตน์ พิษิตกฤษกร, รองศาสตราจารย์ ดร.กิริติ ชยะกุลศิริ (2561)	การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก	ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม PVSYST 3.4 ในการออกแบบและศึกษาความความเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับละติจูด ประมวลผลหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่จะได้ นำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าและระยะเวลาคืนทุน ผลการศึกษาพบว่า การออกแบบติดตั้งบนหลังคาของอาคารด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ประมาณ 5% โดยได้ค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 34,809 หน่วยต่อเดือน คิดเป็นเงินที่จะประหยัดได้ปีละประมาณ 1,670,832 บาท มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี และสามารถช่วยลดอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่างๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตลงได้เป็น 225,562.32 kgCO <sub>2</sub> e/year	ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ฝั่งหลังอาคารทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่ามากกว่าพลังงานไฟฟ้าทางฝั่งทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เนื่องจากตำแหน่งการติดตั้ง ทิศทางการหันแผง และเงาตกกระทบ ทำให้มีผลกระทบต่อกรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก เช่น รูปร่างของอาคาร จำนวนแผงที่จะต้องดำเนินการติดตั้ง และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ จึงส่งผลให้เกิดค่าพลังงานสูญเสียทางฝั่งหลังคาด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณร้อยละ 5 ของพลังงานที่ควรจะได้รับ



บททวนวรรณกรรมพบว่า มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
<p>รสนันท์ หอสุธารังยี ฉันทนันท์ ทวีวัฒน์ พิชญวัฒน์ ทวีวัฒน์ 2561</p>	<p>การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนระบบการผลิตไฟฟ้าใช้เอง ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านในประเทศไทย</p>	<p>ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกจากวิศวกรและผู้บริหารบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบ หาชนิดของแผงเซลล์ที่มีความเหมาะสมที่สุดแล้วนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน ใน 2 กรณีคือ (1) กรณีติดตั้งเพื่อใช้ทันทีแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง และ (2) กรณีต้องการสำรองไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ผลการศึกษาค้นพบว่าบริเวณที่รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพื้นที่บางส่วนของภาคกลาง ความเข้มของรังสีสูงสุดอยู่ในช่วงเดือน มกราคม ถึง เมษายน องศาที่เหมาะสมกับการติดตั้งคือทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา และหันหน้าไปทางทิศใต้ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม ผลการวิเคราะห์ทางการเงินพบว่า กรณีติดตั้งเพื่อใช้ทันทีจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนทุกกำลังการผลิต และกรณีที่ความต้องการสำรองไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่มีความคุ้มค่าในการลงทุนที่กำลังการผลิต 2,000 วัตต์ 2,500 วัตต์ และ 3,000 วัตต์ ยกเว้นกำลังการผลิต 3,500 วัตต์ โดยพิจารณาจากขนาดและราคาของอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นการเลือกชนิดแผงเซลล์ และอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีผลต่อความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้เอง</p>	<p>ผลการศึกษาค้นพบว่า ประเทศไทยมีโอกาสได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งปี บริเวณที่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนของภาคกลาง ซึ่งความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะมีความอยู่ระหว่าง 18 – 19 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะค่อยๆเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมและสูงสุดในเดือนเมษายน และลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคม โดยจะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ประมาณ 5 – 6 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง/ตารางเมตร/วันครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่ 09.00 – 15.00 น. ระยะเวลาดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยรวมในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ผู้ศึกษาจึงเลือกใช้ระยะเวลาที่สามารถผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้ที 5 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง/วัน ตั้งแต่เวลา 10.00 – 15.00 น.</p>

บททวนวรรณกรรมพบว่า มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
<p>พีระวุฒิ ชินวรรังสี, ศศิวิมล ทรงไทร, ณัฐกานต์ อุดมเดชาณัติ, ทรงเกียรติ กิตติสนธิรักษ์, อัศวิน หงส์สิงห์ทอง, ทวีวัฒน์ กระจ่างสังข์, จรัญ ศรีธาราธิคุณ, กอบศักดิ์ ศรีประภา 2558</p>	<p>การประเมินสมรรถนะ และความคุ้มค่าของ ระบบผลิตไฟฟ้าจาก เซลล์แสงอาทิตย์แบบ หลากหลายเทคโนโลยีที่ ติดตั้งบนหลังคาใน ประเทศไทย</p>	<p>ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ประเมินสมรรถนะ (Performance ratio : PR) และความคุ้มค่าของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ระบบบนหลังคาในประเทศไทยโดยการบันทึกข้อมูลเป็นเวลา 1 ปี พบว่า ระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Thin Film Solar Cells มีค่าสมรรถนะสูงที่สุดเท่ากับ 82.2% ขณะที่ ระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Monocrystalline มีค่าสมรรถนะต่ำที่สุดเท่ากับ 68.9% นอกจากนี้ยังพบว่าเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Polycrystalline มีความคุ้มค่าที่สุดสำหรับใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ติดตั้งบนหลังคาต่างๆในปัจจุบัน</p>	<p>จากการศึกษาการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ ติดตั้งบนหลังคาและทดสอบการทำงานภายใต้สภาวะการ ใช้งานจริง และทั้งเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปีเพื่อ ประเมินสมรรถนะของระบบผลิต พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Thin Film สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono ให้ค่าPR ของระบบ ผลิตไฟฟ้าต่ำที่สุดในกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบกันเมื่อนำผลการประเมินสมรรถนะของระบบฯ มา วิเคราะห์เพื่อหาความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ ติดตั้งบนหลังคา พบว่าเทคโนโลยี ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับระบบ Solar Rooftop ในประเทศไทย ณ ปัจจุบัน คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด poly</p>

บททวนวรรณกรรมพบว่า มีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ผู้แต่ง (ปี)	ชื่องานวิจัย	วิธีวิจัย	ผลการศึกษา/วิจัย
ชนิศรา สุทธินนท์ 2559	การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจพื้นที่ขนาดหลังคาอาคารที่สามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้จริง วัดความสูงของวัตถุที่อาจทำให้เกิดเงา และคัดเลือกอาคารที่ต้องการจะติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร และเปรียบเทียบการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าตามแนวอาคาร และการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าทางทิศใต้ ทำการประเมินระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารทั้ง 2 รูปแบบโดยใช้โปรแกรม PVsyst 6.53 และทำการประเมินต้นทุนของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ รายจ่ายระหว่างโครงการ และรายได้ต่อปีของการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 รูปแบบ	ผลการศึกษาพบว่า มจธ. บางมดมีพื้นที่ติดตั้งทั้งหมด 6,732 m <sup>2</sup> มีอาคารทั้งหมด 18 อาคาร จาก 34 อาคาร ที่สามารถติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ โดยออกแบบการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 2 แนว คือ การหันเซลล์แสงอาทิตย์ตามแนวอาคาร และการหันเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ ทั้ง 2 แนว ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน คือ การหันเซลล์แสงอาทิตย์ตามแนวอาคารสามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากกว่า มีการจัดเรียงเป็นระเบียบสะดวกต่อการดูแลรักษา ส่วนการหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้จะสามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้น้อยกว่า แต่เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าต่อแผงจะให้ปริมาณไฟฟ้าที่มากกว่า และมีเงินลงทุนต่อกำลังการผลิตน้อยกว่า

จากการศึกษาระบบการทำงานของพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีทั้งหมด 3 ระบบ

- ระบบออนกริด (On Grid)

เป็นระบบโซลาร์ (Solar) ที่ใช้ทั้งไฟจากการไฟฟ้า และไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์ เหมาะกับสถานที่ที่ใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน ไม่มีแบตเตอรี่ ผลิตไฟฟ้าได้แล้วใช้เลย และสามารถขายไฟคืนให้การไฟฟ้าได้ ซึ่งก่อนติดตั้งโซลาร์เซลล์ต้องขออนุญาตการไฟฟ้าก่อน ปัจจุบันระบบนี้นิยมติดมากที่สุด เพราะคืนทุนเร็ว

- ระบบออฟกริด (Off Grid)

ระบบโซลาร์ (Solar) แบบออฟกริดนี้ไม่เชื่อมต่อการไฟฟ้า หรือเรียกว่าเป็นระบบ Stand Alone ไม่ต้องขออนุญาตจากการไฟฟ้า เหมาะกับสถานที่ที่ไฟจากการไฟฟ้าไปไม่ถึง เช่น พื้นที่ห่างไกล บนดอยสูง ต่างๆ เป็นต้น

- ระบบไฮบริด (Hybrid Grid)

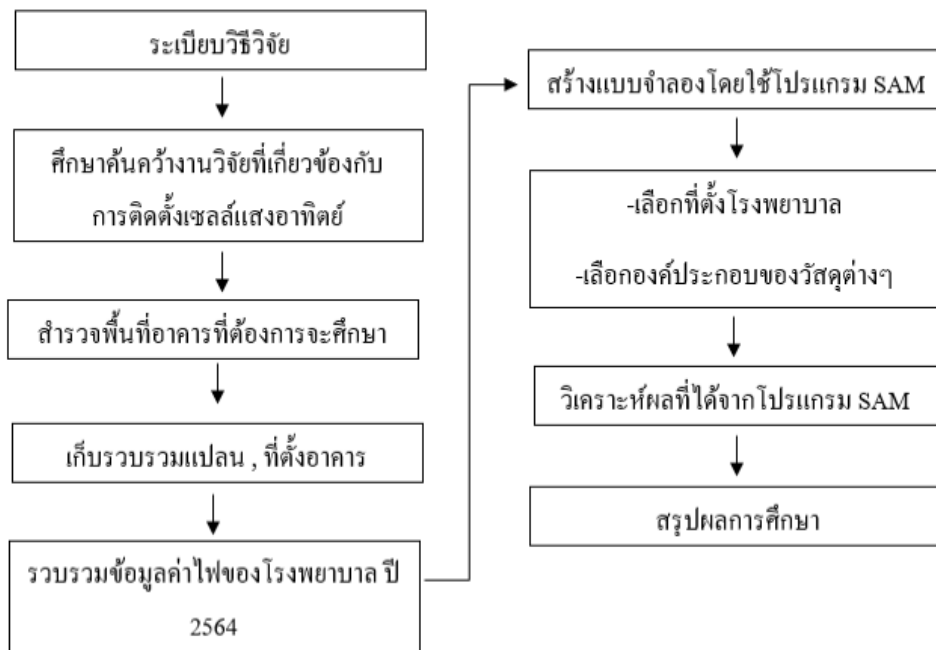
ระบบโซลาร์เซลล์ (Solar) แบบไฮบริดนี้เป็นส่วนผสมระหว่างระบบ Off Grid และ On Grid คือ มีการใช้ไฟจากทั้งการไฟฟ้า ไฟที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ และไฟจากแบตเตอรี่ ในกรณีที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้ามากเกินไปกว่าการใช้งาน แบตเตอรี่จะกักเก็บไฟ และสามารถดึงมาใช้ในช่วงเวลากลางคืน แต่ระบบไฮบริดจะไม่สามารถขายกระแสไฟให้กับภาครัฐได้ ปัจจุบันระบบแบตเตอรี่ที่มีมาตรฐาน และมีความปลอดภัย ยังมีราคาสูงมาก ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนนาน จึงยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจอดรถในโรงพยาบาลนครชนบดาคฟ้าอาคารจอดรถของโรงพยาบาลนครชนบ เพื่อ ประเมินการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม รวมถึงการประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นผลมาจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนอาคาร ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการทำวิจัยในการศึกษานี้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

#### 3.1 ระเบียบวิธีศึกษา



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำวิจัย

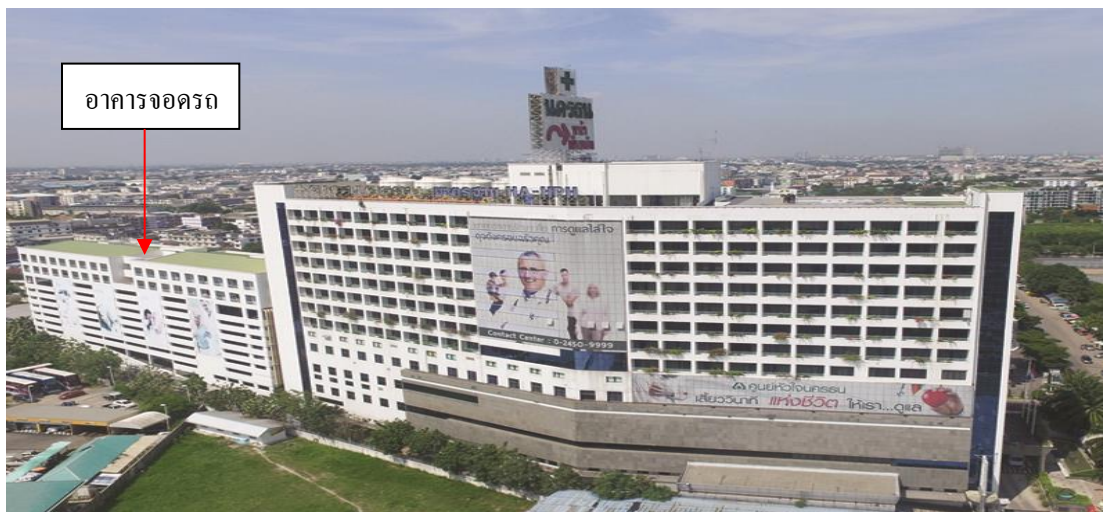
### 3.2 ข้อมูลทั่วไป

โรงพยาบาลนครชน เปิดดำเนินการอย่างเป็นทางการ เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2539 โดยสมเด็จพระญาณสังวร สมเด็จพระสังฆราชสกลมหาสังฆปริณายก เสด็จเป็นองค์ประธานในการเปิดโรงพยาบาล ในด้านการออกแบบเน้นการให้ความสำคัญกับผู้มาใช้บริการเป็นอันดับแรก ปัจจุบันตัวอาคารของโรงพยาบาลมีจำนวน 2 อาคาร ประกอบด้วยอาคารโรงพยาบาล 12 ชั้น ให้บริการด้านการรักษาพยาบาลโดยมีหน่วยพิเศษต่างๆ ได้แก่ ห้องผ่าตัด ห้องคลอด ห้อง ICU ห้องไตเทียม มีเตียงรองรับผู้ป่วยจำนวน 150 เตียง และอาคารจอดรถ 12 ชั้น ให้บริการที่จอดรถและหอพักพยาบาล โดยทั้งสองอาคารมีการเชื่อมต่อระหว่างอาคารโรงพยาบาลและอาคารจอดรถ อีกทั้งมีสถานที่สำหรับจอดเฮลิคอปเตอร์ สำหรับผู้ป่วยฉุกเฉินอีกด้วย



ภาพที่ 3.2 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของอาคารที่จอดรถ โรงพยาบาลนครชน

ที่มา: <https://www.google.co.th>



ภาพที่ 3.3 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งของอาคารที่จอครด โรงพยาบาลนครชน

ที่มา: ฝ่ายวิศวกรรมโรงพยาบาลนครชน

### 3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

อาคารโรงพยาบาลนครชน ตั้งอยู่เลขที่ 1 ซอยพระรามที่ 2 ซอย 56 แขวงสามตำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร อาคารเริ่มใช้งานตั้งแต่ 30 มิถุนายน 2538 อาคารลานจอครด โรงพยาบาลนครชน เข้าข่ายอยู่ในอาคารประเภท อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนทั้งหมด 12 ชั้น ความสูงของอาคาร 51.70 เมตร มีคานฟ้า พื้นที่อาคารไม่รวมที่จอครด 56,235 ตารางเมตร พื้นที่จอครด 28,311 ตารางเมตร มีจำนวนที่จอครดยนต์ 7 ชั้น หอพักพยาบาล 2 ชั้นจำนวนห้องพักเตียงทั้งหมด 250 เตียง

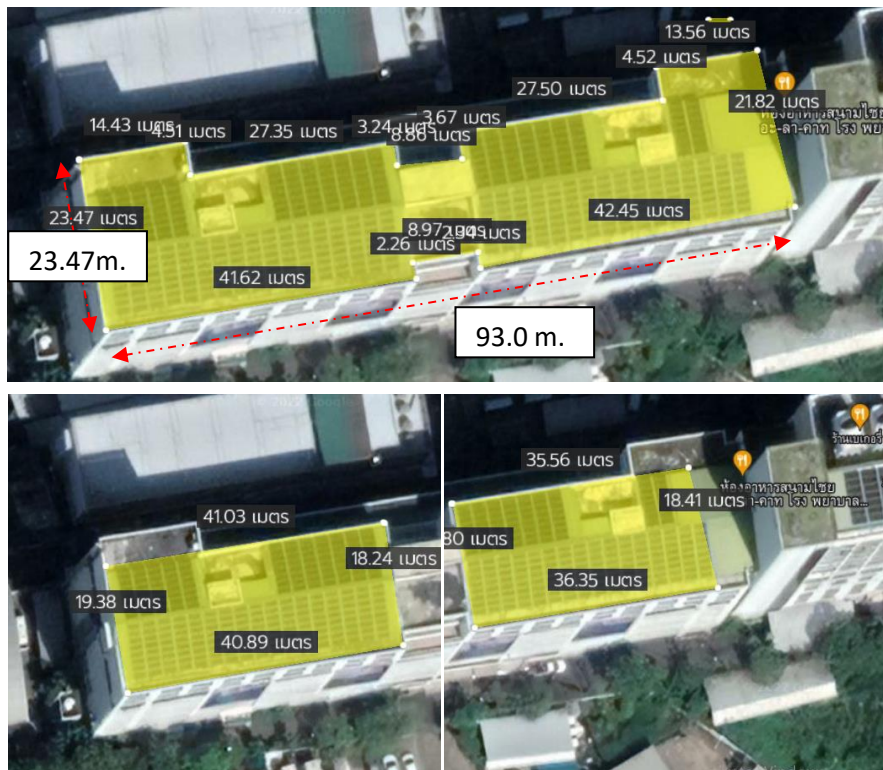
### 3.4 อายุการใช้งานของอาคารขนาดใหญ่และขนาดใหญ่พิเศษ

โดยปกติแล้วอาคารที่ได้มาตรฐานจะมีอายุการใช้งาน 50 ปี เพียงแต่ตามทั้งนี้โดยปกติแล้วอาคารจะต้องได้รับการตรวจสอบอยู่เสมอตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 มาตรา 32 ทวิ (3) แก้ไขเพิ่มเติม โดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่3) พ.ศ. 2543 กำหนดให้อาคารต่างๆ ต้องดำเนินการตรวจสอบอาคาร ซึ่งคอนกรีตหรืออาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด หรืออาคารอยู่อาศัยรวม ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตร ขึ้นไปต้องได้รับการตรวจสอบอาคารทุกๆปี และตรวจสอบใหญ่ทุก 5 ปี

ที่มา: <https://www.ddproperty.com/>

3.4.1 แบบแปลนหลังคาอาคารจอดรถ

จากการตรวจวัดพื้นที่อาคารคาดฟ้าพบว่าพื้นที่ที่สามารถติดตั้งติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีพื้นที่ประมาณ 1,444.0 ตารางเมตร ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่คาดฟ้าอาคารที่จอดรถ โรงพยาบาลนครชน

ที่มา: <https://landsmaps.dol.go.th>

ทำการเลือก ยี่ห้อ, รุ่น, และหาข้อมูลของอุปกรณ์ที่จะนำมาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม System Advisor Model (SAM)



### 3.4.2 ขนาดและรุ่นของเซลล์แสงอาทิตย์

ในการศึกษาแบบจำลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผู้ศึกษาได้เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ชื่อ Jinko ชนิด โพลีคริสตัลไลน์ รุ่น JKM330PP-72 ขนาด 1956x992x40 มิลลิเมตร น้ำหนัก 22.5 กิโลกรัม/แผ่น กำลังการผลิตขนาด 330 วัตต์



ภาพที่ 3.5 ภาพตัวอย่างของเซลล์แสงอาทิตย์

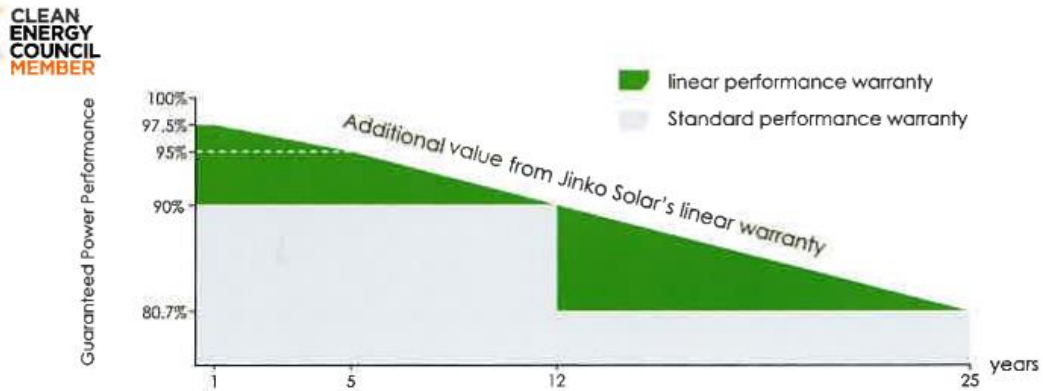
ที่มา: <https://www.thaiagrotech.com/product/131>

#### อายุและการเสื่อมสภาพของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์

ตลอดช่วงอายุการใช้งาน โซลาร์เซลล์จะใช้งานได้ประมาณ 25 ปี แต่ในความเป็นจริงแล้วนั้น โซลาร์เซลล์จะยังสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาได้แม้ระยะเวลาจะผ่านไปนานกว่า 25 ปี แต่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะลดลงเรื่อยๆตามอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ (อัตราการลดลงของพลังงานไฟฟ้านี้ อยู่ที่ประมาณ 0.25 % ต่อปี/ต่อแผ่น) หากเป็นแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพสูง การใช้งานอาจมากกว่า 30-40 ปี และยังคงสามารถทำงานได้หลังจากนั้นแม้ว่าประสิทธิภาพจะลดลงก็ตาม

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



ภาพที่ 3.6 ข้อมูลการเสื่อมสภาพของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: <http://ifocusshop.com/wp-content/uploads/2020/05/EN-Eagle-72-315-335-330-JInko-Solar.pdf>

www.jinkosolar.com

*Solar*  
**JINKO**  
Building Your Trust in DCM

**Eagle 72**  
**315-335 Watt**  
POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0→+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory.  
IEC61215, IEC61730 certified products.



(4BB)





**KEY FEATURES**

- 4 Busbar Solar Cell:**  
4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Power Output:**  
Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 335Wp.
- PID RESISTANT:**  
Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition (B5 C/B5ERH 96hours) for mass production.
- Low-light Performance:**  
Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- Severe Weather Resilience:**  
Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- Durability against extreme environmental conditions:**  
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.
- Temperature Coefficient:**  
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**  
10 Year Product Warranty + 25 Year Linear Power Warranty





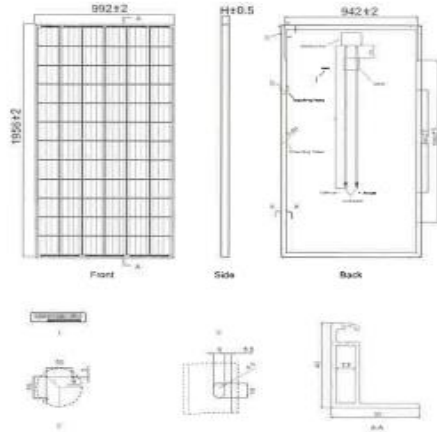




ภาพที่ 3.7 ข้อมูลคุณสมบัติสำคัญของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: <http://ifocusshop.com/wp-content/uploads/2020/05/EN-Eagle-72-315-335-330-JInko-Solar.pdf>

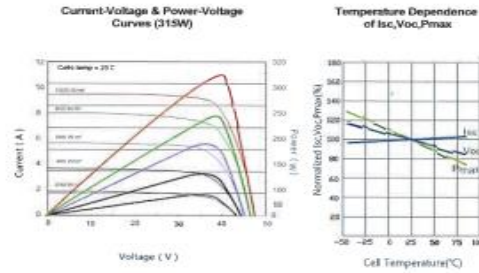
Engineering Drawings



Packaging Configuration

( Two boxes=One pallet )  
26pcs/box, 52pcs/pallet, 624 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156×156mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	26.5 kg (58.4 lbs.)
Front Glass	4.0mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> , Length: 900mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM315PP-72		JKM320PP-72		JKM325PP-72		JKM330PP-72		JKM335PP-72	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V
Maximum Power Current (Imp)	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A	8.74A	6.97A	8.82A	7.02A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V	46.9V	44.2V	47.2V	44.4V
Short-circuit Current (Isc)	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A	9.14A	7.38A	9.18A	7.43A
Module Efficiency STC (%)	16.23%		16.49%		16.75%		17.01%		17.26%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\*STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

ภาพที่ 3.8 รายละเอียดข้อมูลการเชื่อมต่อของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: <http://ifocusshop.com/wp-content/uploads/2020/05/EN-Eagle-72-315-335-330-JInko-Solar.pdf>

### 3.4.3 ขนาดและรุ่น ของอินเวอร์เตอร์

ในการศึกษาแบบจำลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ผู้ศึกษาได้เลือกใช้ ผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้ในการจำลอง รุ่น Dblueplanet 5.0 TL3 INT



ภาพที่ 3.9 ภาพตัวอย่างของอินเวอร์เตอร์

ที่มา: <http://enersyscom.com/products/view/110>

### 3.5 การสร้างแบบจำลองการติดตั้งแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม System Advisor Model (SAM)

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาใช้โปรแกรม System Advisor Model (SAM) ในการสร้างแบบจำลองติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่คาตฟ้าอาคารจจรด โรงพยาบาลนครชน โดยใส่ข้อมูลเบื้องต้นคือ ลักษณะภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ขั้นตอนต่อมาทำการเลือกอุปกรณ์ประกอบ เช่น ขนาดและรุ่นของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผู้วิจัยต้องการจำลองในส่วนของ Module และขั้นตอนต่อมาเลือกรุ่นของอินเวอร์เตอร์ในส่วน of inverter และนำข้อมูลมาใส่ในส่วน of System Design เพื่อทำการวิเคราะห์หาจำนวนแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้ในการติดตั้ง,พื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์,กำลังการผลิตที่ได้จากแผ่นผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เป็นต้น ขั้นตอนต่อมานำข้อมูลที่ได้จาก System Design มาใส่ในส่วน of System Costs เพื่อวิเคราะห์หาต้นทุนค่าอุปกรณ์ค่าของค่าแรงและค่าใช้จ่ายอื่นๆใน โครงการ ขั้นตอนต่อมาอยู่ในส่วน of Electricity Rates เพื่อทำการใส่ข้อมูล Weekday และ Weekend ช่วงเวลา On Peak และ Off Peak ของโรงพยาบาลนครชนและขั้นตอนต่อมาอยู่ในส่วน of Electric Load เพื่อนำ

ข้อมูลบิลค่าไฟของโรงพยาบาลนครพนมมาใส่ในหัวข้อ Edit Values และเริ่มการ Simulate เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.6 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม System Advisor Model (SAM)

จากการจำลองพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่ชั้นดาดฟ้าของอาคารลานจอดรถ โรงพยาบาลนครพนม โดยทำการจำลองแสดงผลผ่านโปรแกรม SAM ทำการสรุปพื้นที่และจำนวนของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีการกำหนดติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์กำหนดเกณฑ์การติดตั้งในรูปแบบของลักษณะทางกายภาพของตัวอาคารแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะมีประสิทธิภาพได้เต็มที่ที่สุดคือหันไปทางทิศใต้แต่เนื่องด้วยลักษณะทางกายภาพของตัวอาคารแล้วนั้นไม่เหมาะสมที่จะหันแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้จึงได้เลือกการวิเคราะห์จำลองให้แผ่นพลังงานแสงอาทิตย์หันไปทางทิศเหนือตามลักษณะทางกายภาพของตัวอาคารลานจอดรถ ซึ่งจากการวิเคราะห์ได้เลือกใช้แผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ยี่ห้อ Jinko ที่มีขนาดกำลังการผลิตอยู่ที่ 330 W แผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 420 แผ่นซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลนครพนม ตลอดทั้งปี 2564 อยู่ที่ 6,553,000 kWh ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบค่าสมรรถนะของการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ตลอดทั้งปีนั้นอยู่ที่ 184,430.2 kWh และระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ที่ 10 ปี 9 เดือน เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์บนดาดฟ้าอาคารลานจอดรถของโรงพยาบาลนครพนม

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารลานจอดรถ โรงพยาบาลนครชน โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 ผลการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลนครชน

การศึกษานี้ใช้โปรแกรม (SAM) เข้ามาเป็นเครื่องมือในการจำลองคอมพิวเตอร์ของอาคารลานจอดรถ โรงพยาบาลนครชน โดยนำข้อมูลค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาลนครชนของ ปี 2564 มาใส่ในโปรแกรม (SAM) เพื่อทำการจำลองการใช้ค่าไฟฟ้า

จากการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลค่าไฟฟ้าจากใบแจ้งค่าไฟฟ้า ปี 2564 จากการไฟฟ้านครหลวงเขตบางขุนเทียนสรุปได้ว่าในแต่ละเดือนหน่วยค่าไฟของโรงพยาบาลค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกันและไม่ต่างจากกันเท่าไร จากการสำรวจเห็นได้ว่าช่วงเดือน มีนาคม-มิถุนายน หน่วยค่าไฟจะสูงกว่าปกติอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากเป็นช่วงฤดูร้อน ทำให้มีผลกระทบต่อระบบเครื่องปรับอากาศภายในโรงพยาบาลนครชนที่ต้องทำงานหนักขึ้นและส่งผลให้การใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นในช่วงฤดูร้อน ดังนั้นผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลของค่าไฟฟ้าโรงพยาบาลนครชน ในปี 2564 และจัดทำเป็นตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางค่าไฟฟ้าโรงพยาบาลนครชน ปี 2564

ปี 2564	ค่าไฟฟ้า (kW-h)
ม.ค.	509,000
ก.พ.	477,000
มี.ค.	575,000
เม.ย.	588,000

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ปี2564	ค่าไฟฟ้า (kW-h)
พ.ค.	636,000
มิ.ย.	568,000
ก.ค.	554,000
ส.ค.	560,000
ก.ย.	528,000
ต.ค.	547,000
พ.ย.	521,000
ธ.ค.	490,000

#### 4.2 ผลสำรวจพื้นที่หลังคาบนดาดฟ้าอาคารจอดรถโรงพยาบาลนครชน

โรงพยาบาลนครชน ( ดังแสดงในภาพที่ 3.3 ) ประกอบไปด้วย 2 อาคารหลักๆ 1 อาคารรักษาพยาบาล 2 อาคารลานจอดรถซึ่งแต่ละอาคารมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยเลือกพิจารณาทำการศึกษา ดาดฟ้าอาคารลานจอดรถ เนื่องด้วยลักษณะทางกายภาพอาคารของตึกอาคารลานจอดรถโรงพยาบาลนครชนเป็นแนวยาวและหันหน้าไปทางทิศเหนือจึงไม่เหมาะแก่การวางแผงโซลาร์เซลล์ไปทางทิศใต้ ซึ่งจากการศึกษาการวางแผนพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดต้องหันไปทางทิศใต้ จากการศึกษา ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดบนอาคารลานจอดรถโรงพยาบาลนครชน ที่จะวางแผนพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดนั้น คือหันไปทางทิศตะวันออก เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของอาคารจากการวิเคราะห์ สามารถจัดเรียงแผงพลังงานแสงอาทิตย์ได้จำนวน 420 แผ่น (ดังภาพที่ 4.1) และตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารจอดรถและผลการศึกษาการจำลองค่าไฟฟ้าและการลดปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แสดงไว้ดังตารางที่ 4.6





ภาพที่ 4.1 การจัดเรียงแผงพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: ฝ่ายวิศวกรรมโรงพยาบาลนครชน

#### 4.3 จากการศึกษาระบบการทำงานของพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีทั้งหมด 3 ระบบ

ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกศึกษาเฉพาะ ระบบที่ผลิตแล้วใช้งานได้ทันทีโดยไม่มีการกักเก็บพลังงาน (ระบบออฟกริด) เนื่องจากเป็นอินเวอร์เตอร์ที่สามารถต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าและใช้งานร่วมกันได้ ซึ่งข้อดีของอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ก็คือ มันสามารถใช้งานร่วมกันระหว่างไฟฟ้าที่เราผลิตเองกับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้เลยโดยตรง ไม่จำเป็นต้องแยกโหลดไฟฟ้ามาใช้ต่อ นอกจากนี้ยังสามารถขายคืนไฟฟ้าที่ผลิตได้เกินความจำเป็นใช้งานให้กับทางการไฟฟ้าได้อีกด้วย และระบบนี้ไม่ต้องสำรองแบตเตอรี่และยังลดต้นทุนของการติดตั้งและสามารถลดค่าไฟฟ้า หรือเรียกได้ว่าฟรีค่าใช้จ่าย เนื่องจากผลิตไฟฟ้าได้เองในตอนกลางวันใช้ไฟฟ้าฟรี

ตารางที่ 4.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากโปรแกรม(SAM)และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต่อเดือน

CO2 emission (kgCO2)

ปี	ค่าไฟฟ้า ปี 2564	Co2 emission (kgCO2)
ม.ค	509,000	285,549
ก.พ	477,000	267,597
มี.ค	575,000	322,575
เม.ย	588,000	329,868
พ.ค	636,000	356,796
มิ.ย	568,000	318,648
ก.ค	554,000	310,794
ส.ค	560,000	314,160
ก.ย	528,000	296,208
ต.ค	547,000	306,867
พ.ย	521,000	292,281
ธ.ค	490,000	274,890
ผลรวม	6,553,000	3,676,233

รวมทั้งหมดต่อปี 3,676,233 kgCO2

สูตรการคำนวณ kgCO2 = จำนวนหน่วยที่ใช้ x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

(Emission Factor) จำนวน kW-h x 0.5610 (Emission Factor)

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค PEA

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลจากบิลค่าไฟ ปี 2564 อาคารโรงพยาบาลนครชนน Monthly Load Summary

	<b>Energ (kWh)</b>	<b>Peak(kW)</b>
Jan	509,000	1,493.87
Feb	477,000	1,645.26
Mar	575,000	1,816.35
Apr	588,000	2,043.93
May	636,000	2,147.02
Jun	568,000	1,884.64
Jul	554,000	1,703.58
Aug	560,000	1,710.18
Sep	528,000	1,824.56
Oct	547,000	1,861.92
Nov	521,000	1,502.60
Dec	490,000	1,569.02
Annual	6,553,000	2,147.02

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

<b>Metric</b>	<b>Value</b>
พลังงานประจำปีเมตริก (ปี 1)	184,430 kWh
ปัจจัยกำลังการผลิต	15.0%
ผลผลิตพลังงาน	1,310 kWh
อัตราส่วนผลผลิต	0.72
ค่า COE ระดับ (ปี)	9.08¢/kWh
ค่าไฟฟ้าระดับ (ปีจริง)	9.08¢/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ไม่มีระบบ (ปี 1)	\$1,022,705

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

Metric	Value
ค่าไฟฟ้าที่มีระบบ (ปีหรือ 1)	\$998,156
ค่าประหยัดสุทธิที่มีระบบ (ปี 1)	\$24,548
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	\$183,622
ระยะเวลาการคืนทุนสุทธิ	10.9 Years
ระยะเวลาการคืนทุนสุทธิ	10.9 Years
ต้นทุนสุทธิ	\$256,255
ค่าใช้จ่ายสุทธิ	\$256,255
หนี้	\$0

ตารางที่ 4.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้โปรแกรม (SAM) มาทำการคำนวณหาและการลดปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต่อเดือน

CO2 emission (kgCO2)

เดือน	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้(เดือน)	ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก kgCO2
1	17,161.3	9,627.4
2	16,102.7	9,033.6
3	18,941	10,625.9
4	16,145.7	9,057.7
5	14,464	8,114.3
6	13,786.6	7,734.2
7	13,625.8	7,644.0
8	12,714.9	7133.0

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

CO2 emission (kgCO2)

เดือน	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้(เดือน)	ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก kgCO2
9	13,780.3	7,730.7
10	14,310.3	8,028.0
11	16,290.3	9,138.8
12	17,107.3	9,597.1
รวม	184,430.2	103,465

รวมทั้งหมดต่อปี 103,465.3 kgCO2

สูตรการคำนวณ kgCO2 = จำนวนหน่วยที่ใช้ x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
(Emission Factor) จำนวน kW-h x 0.5610 (Emission Factor)

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค PEA

ตารางที่ 4.6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้โปรแกรม (SAM) มาทำการคำนวณหาและการลดปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต่อปี

ปี	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ปี)	ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก kgCO2
1	184,430	103,465
2	183,508	102,947
3	182,591	102,433
4	181,678	101,921
5	180,769	101,411
6	179,866	100,904
7	178,966	100,399

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ปี	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ปี)	ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก kgCO2
8	178,071	99,897
9	177,181	99,398
10	176,295	98,901
11	175,414	98,407
12	174,537	97,912
13	173,664	97,425
14	172,796	96,938
15	171,932	96,453
16	171,072	95,971
17	170,217	95,491
18	169,366	95,014
19	168,519	94,539
20	167,676	94,066
21	166,838	93,596
22	166,004	93,128
23	165,173	92,662
24	164,348	92,199
25	163,526	91,738
ผลรวม	4,344,437	2,437,215

รวมทั้งรวม 25 ปี 2,437,215 kgCO2

สูตรการคำนวณ kgCO2 = จำนวนหน่วยที่ใช้ x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

(Emission Factor) จำนวน kW-h x 0.5610 (Emission Factor)

**ที่มา:** การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค PEA

กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์รายเดือน (หน่วย)

จากการจำลองโดยใช้โปรแกรม System Advisor Model (SAM) พบว่าใน 1 ปีนั้น แต่ละเดือนกำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานนั้นไม่เท่ากันเนื่องด้วยภูมิสภาพอากาศที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล

เดือน	ค่าไฟฟ้า ปี 2564	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้	คิดเป็นเงิน (บาท)
1	509,000	17,161.3	71,734
2	477,000	16,102.7	67,309
3	575,000	18,941	79,173
4	588,000	16,145.7	67,489
5	636,000	14,464	60,459
6	568,000	13,786.6	57,627
7	554,000	13,625.8	56,955
8	560,000	12,714.9	53,148
9	528,000	13,780.3	57,601
10	547,000	14,310.3	59,817
11	521,000	16,290.3	68,093
12	490,000	17,107.3	71,508
รวม	6,553,000	184,430	770,917

จากการจำลองโดยใช้โปรแกรม (SAM) สร้างแบบจำลองที่ 25 ปี (ดังตารางที่ 4.6) พบได้ว่าปีที่ 1 การผลิตพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพดีที่สุด ตลอดช่วงอายุการใช้งาน สักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์อาจลดลงราวร้อยละ 20 ในช่วง 10-12 ปีแรก เมื่อใช้งานไป 25 ปี และหากเป็นแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพสูง การใช้งานอาจมากกว่า 30-40 ปี และยังคงสามารถทำงานได้หลังจากนั้นแม้ว่าประสิทธิภาพจะลดลงก็ตาม

ปี	กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW-h)	คิดเป็นเงินบาท ต่อปี
1	184,430	770,917
2	183,508	767,063
3	182,591	763,230
4	181,678	759,414
5	180769	755,614
6	179866	751,839
7	178966	748,077
8	178071	744,336
9	177181	740,616
10	176295	736,913
11	175414	733,230
12	174537	729,564
13	173664	725,915
14	172796	722,287
15	171932	718,675
16	171072	715,080
17	170217	711,507
18	169366	707,949
19	168519	704,409
20	167676	700,885
21	166838	697,382
22	166004	693,896
23	165173	690,423
24	164348	686,974
25	163526	683,538
รวม	4,344,437	18,159,733



ผลตอบแทนต้นทุนต่อปี

วิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งและคำนวณผลตอบแทนหลังการติดตั้งที่ 25 ปีโดยใช้โปรแกรม System Advisor Model (SAM) ได้ผลดังนี้

ในปีที่ 1 จะได้รับเงินสนับสนุนจากภาครัฐและในปีถัดๆไปจะเป็นการคืนทุนจากการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์จากแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ทางเดียว

ปี	คืนทุนต่อปี ดอลลาร์	บาท
1	-256055	-9,102,755.25
2	94405.4	3,356,111.97
3	17375.3	617,691.915
4	17157.8	609,959.79
5	16936.9	602,106.795
6	16710.7	594,065.385
7	16480.8	585,892.44
8	16245	577,509.75
9	16003.8	568,935.09
10	15756.9	560,157.795
11	15504	551,167.2
12	15245.1	541,963.305
13	14979.6	532,524.78
14	14707.2	522,840.96
15	14427.6	512,901.18
16	14140.4	502,691.22
17	13845.1	492,193.305
18	13541.3	481,393.215
19	13228.5	470,273.175
20	12906.3	458,818.965
21	12574.2	447,012.81
22	12231.9	434,844.045
23	11878.3	422,273.565
24	11513.2	409,294.26
25	11135.8	395,877.69

1 ดอลลาร์ เท่ากับ 35.55 บาท

ที่มา: <https://th.investing.com/currencies/usd-thb-converter>

การบำรุงรักษาระบบโซลาร์เซลล์

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance) แผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ใน 3 ปีแรกของการติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ทางบริษัทผู้รับเหมาที่ติดตั้งนั้นจะทำการบำรุงรักษาให้ฟรี โดยไม่มีค่าใช้จ่าย แต่หลังจากนั้นจะมีค่าบริการในการบำรุงรักษา (Maintenance) โดยทั่วไปจะมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์หลัก ๆ ของระบบ PVs ได้แก่

1. การบำรุงรักษาแผงพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Panels)
2. การบำรุงรักษาตัวแปลงกระแสไฟฟ้าและระบบควบคุมต่าง ๆ (Inverter and Controller)
3. การบำรุงรักษาระบบสายไฟและระบบเชื่อมต่อต่าง ๆ (Wiring and Connections)

จะมีการบำรุงรักษา (Maintenance) ทุก 1 ปี ค่าบริการบำรุงรักษาจะคิดจาก (kW) ของโครงการนั้นๆเฉลี่ย 350 บาทต่อ kW ซึ่งจากโครงการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ อยู่ที่ 138.6 kW สรุปได้ว่า การบำรุงรักษา (Maintenance) ใน 1 ครั้งจะมีค่าใช้จ่าย เป็นจำนวนเงิน 48,510 บาท

ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตและติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ Sitron Power

ที่มา: <https://sitronpower.com/th/category/project-reference/>

ตารางที่ 4.7 แสดงการคำนวณค่าบำรุงรักษาระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

NPV			ปีที่										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
i	=	6.75%	Cash flow 1	8,533,831.62	7,994,221.65	7,488,732.23	7,015,205.83	6,571,621.39	6,156,085.61	5,766,824.93	5,402,177.92	5,060,588.22	4,740,597.86
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแผงเซลล์	=	9,109,865.25	Cash flow 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินลงทุนขั้นต้น	=	9,109,865.25	Cash flow 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รายได้ค่าความประหยัด	=	713,089.04	Cash flow 4	713,089.04	709,525.85	705,983.05	702,455.70	698,943.82	695,455.12	691,978.02	688,520.24	685,081.78	681,658.78
NPV	=	555,582.99	สุทธิรายปี	713,089.04	709,525.85	705,983.05	702,455.70	698,943.82	695,455.12	691,978.02	688,520.24	685,081.78	681,658.78

NPV			ปีที่										
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
i	=	6.75%	Cash flow 1	4,440,841.09	4,160,038.49	3,896,991.56	3,650,577.57	3,419,744.80	3,203,508.01	3,000,944.27	2,811,189.01	2,633,432.33	2,466,915.53
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแผงเซลล์	=	9,109,865.25	Cash flow 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินลงทุนขั้นต้น	=	9,109,865.25	Cash flow 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รายได้ค่าความประหยัด	=	713,089.04	Cash flow 4	678,255.11	674,866.89	671,494.13	668,140.70	664,802.72	661,480.21	658,177.01	654,889.28	651,617.00	648,360.18
NPV	=	555,582.99	สุทธิรายปี	678,255.11	674,866.89	671,494.13	668,140.70	664,802.72	661,480.21	658,177.01	654,889.28	651,617.00	648,360.18

NPV			ปีที่										
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
i	=	6.75%	Cash flow 1	2,310,927.90	2,164,803.65	2,027,919.11	1,899,690.03	1,779,569.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแผงเซลล์	=	9,109,865.25	Cash flow 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
เงินลงทุนขั้นต้น	=	9,109,865.25	Cash flow 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รายได้ค่าความประหยัด	=	713,089.04	Cash flow 4	645,122.68	641,900.65	638,690.20	635,502.95	632,327.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NPV	=	-	สุทธิรายปี	645,122.68	641,900.65	638,690.20	635,502.95	632,327.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการวิเคราะห์ทางการเงินของห้องสมุดลาดกระบัง ตามมาตรการต่าง ๆ

	NPV (บาท)	IRR (%)	PB (ปี)
การติดตั้งโซล่าเซลล์	555,582.99	5.53%	14.01

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการใช้พลังงานของโรงพยาบาลนครชนกจากการจำลองโดยการใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ (SAM) สรุปผลพลังงานไฟฟ้ารวมของปี 2564 ได้จำนวน 6,553,000 kWh และพื้นที่ของอาคารลานจอดรถของโรงพยาบาลนครชนกชั้นคาตฟ้า สามารถติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 330 W โดยใช้แผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด จำนวน 420 แผ่น โดยใช้พื้นที่ประมาณ 1,444.0 ตารางเมตรและพื้นที่เฉพาะวางแผ่น จำนวน 770.7 ตารางเมตร กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปีจะไม่เท่ากันเนื่องจากในปีแรกที่ติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะทำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานได้ดีที่สุดและปีถัดๆ ไปคุณภาพในการผลิตพลังงานของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์นั้นก็ลดลงตามอายุการใช้งานแต่แผ่นพลังงานแสงอาทิตย์นั้นก็ยังสามารถผลิตพลังงานได้ต่อจนตลอดอายุการใช้งาน จึงได้นำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลนครชนก ปี 2564 มาทำการวิเคราะห์จำลอง เพื่อเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานหลังการติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ในปีแรกและเมื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับบิลค่าไฟในปี 2564 ที่มีหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 6,553,000 kWh ซึ่งในปีแรกที่มีการติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าไปถึง 184,430.2 kWh คิดเป็นเงินอยู่ที่ 770,917 บาท และจากการวิเคราะห์กำลังการผลิตตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 25 จะได้กำลังการผลิตจากแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ 4,344,437 kWh คิดเป็นเงินอยู่ที่ 18,159,733 บาท และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีแรกอยู่ที่ 103,465 kgCO<sub>2</sub> และตลอดอายุการใช้งานของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ (25ปี) สามารถลดการปล่อยของก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 2,437,215 kgCO<sub>2</sub> และในปีถัดๆ ไปก็จะมี การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์จากแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานที่ได้มาใช้เพื่อช่วยประหยัดพลังงานของอาคารที่ได้รับจากการไฟฟ้าเป็นหลักแต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงปีละ 0.25% ต่อปี/ต่อแผ่น เมื่อใช้งานไป 25 ปี หากเป็นแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพสูง การใช้งานอาจมากกว่า 30-40 ปี และยังคงสามารถทำงานได้หลังจากนั้น

แม้ว่าประสิทธิภาพจะลดลงก็ตาม เงินลงทุนที่ใช้ในการติดตั้งแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ 9,102,755.25 บาท ในปีแรกจะได้รับเงินสนับสนุนจากภาครัฐ เป็นจำนวน 3,356,111.97 บาท และปีถัดไปจะเป็นการคืนทุนจากการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์จากแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ทางเดียว ระยะเวลาคืนทุนนั้นอยู่ที่ 10 ปี 9 เดือน

แต่ในโปรแกรม System Advisor Model (SAM) นั้นไม่สามารถใส่ค่า Maintenance ลงไปในตัวโปรแกรมได้ ดังนั้นจึงทำการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เข้ามาช่วยในการคำนวณ โดยการใส่ค่า Maintenance ประมาณ 48,510 บาท ต่อปี ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โครงการนี้มีกำลังการผลิตของแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ อยู่ที่ 138.6 kW ค่าบริการบำรุงรักษาอยู่ที่ (kW) ละ 350 บาท เป็นจำนวนเงิน 48,510 บาท ต่อปี แต่ใน 3 ปีแรกทางบริษัทผู้ติดตั้งจะมีการ Maintenance ให้ฟรีไม่มีค่าบริการ หลังจากคิดค่า Maintenance ไปนั้น ทำให้ระยะการคืนทุนยืดออกไปเป็น 14 ปี จึงเห็นว่าเหมาะสมที่จะลงทุน

#### 5.1.2 จากการศึกษาวิเคราะห์ผลการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้แผ่นพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาค่าการติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ในครั้งนี้พิจารณาอาคารขนาดใหญ่และขนาดใหญ่พิเศษจะมีอายุการใช้งาน 50 ปี และอาคารลานจอดรถของโรงพยาบาลนครชนกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เปิดใช้งานเมื่อ ปี พ.ศ 2538 ดังนั้นซึ่งมีอายุการใช้งานมาแล้ว 27 ปี จึงเห็นได้ว่าอาคารลานจอดรถนี้ยังไม่ถึงเกณฑ์อายุของอาคารที่กำหนดและถ้าคิดอายุการใช้งานที่เหลือของอาคารที่ 50ปี อาคารยังสามารถใช้งานได้อีก 23 ปีเป็นอย่างต่ำ ซึ่งจากการวิเคราะห์การจำลองการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ System Advisor Model (SAM) สรุปได้ว่ามีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอยู่ที่ 9,102,755.25 บาท ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 14 ปี จึงเหมาะสมที่จะลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารจอดรถ โรงพยาบาลนครชนก

## 5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

5.2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ควบคู่กับการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

5.2.2 นำโปรแกรม System Advisor Model (SAM) เข้ามาเป็นเครื่องมือในการจำลองการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถช่วงลดระยะเวลาการคิดคำนวณและโปรแกรมยังมีความแม่นยำอีกด้วย

## บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

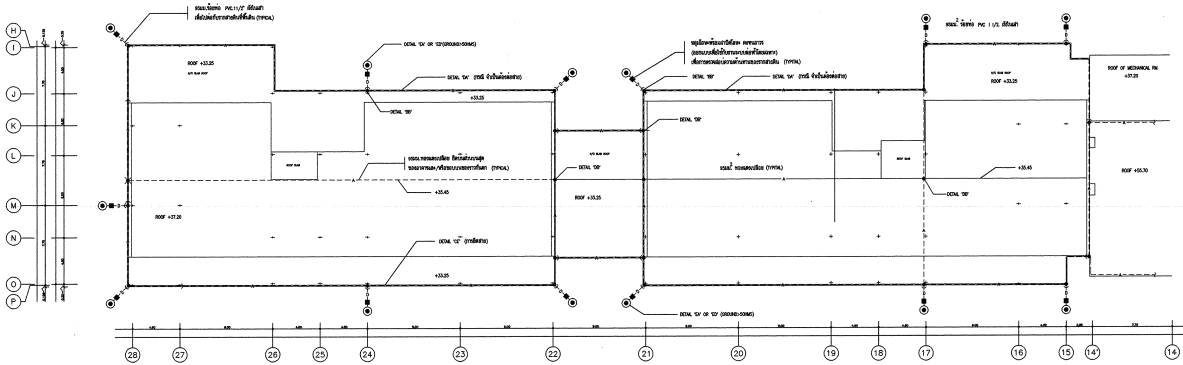
### ภาษาไทย

- การุณย์ ชัยวัฒน์ชัย, พุทธิศ อุบลสุข, มนตรี สังข์ทอง. (2561). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. สืบค้น 14 ธันวาคม 2564  
<file:///C:/Users/ACER/Downloads/fluke,%20+%23%23default.groups.name.editor%23%23,+130397-Article+Text.pdf>
- พันธ์ วิรัตน์ พิชิตกฤษ, กิรติ ชยะกุลศิริ. (2561). การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก. สืบค้น 15 ธันวาคม 2564  
<https://www.thaiscience.info/Journals/Article/EJRD/10988667.pdf>
- รสนันท์ หอสุธารังสี ฉันทนันท์ ทวีวัฒน์ พิษณุวัฒน์ ทวีวัฒน์. (2561). การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนระบบการผลิตไฟฟ้าใช้เอง ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านในประเทศไทย. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564  
[https://www.basiamjournal.org/images/documents/journal\\_32/journal-32-2-2.pdf](https://www.basiamjournal.org/images/documents/journal_32/journal-32-2-2.pdf)
- พีระวุฒิ ชินวรรังสี, ศศิวิมล ทรงไทร, ณัฐกานต์ อุดมเดชาณัติ, ทรงเกียรติ กิตติสนธิรักษ์, อัสวิน หงส์สิงห์ทอง, ทวีวัฒน์ กระจ่างสังข์, จริญญา ศรีธาราธิคุณ, กอบศักดิ์ ศรีประภา. (2558). การประเมินสมรรถนะและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลากหลายเทคโนโลยีที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย. สืบค้น 6 มกราคม 2565  
<http://solarhub.co.th/content/performance-solarcell-thailand.pdf>
- ชนิสรา สุทธิชนันท์. (2559). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. สืบค้น 22 เมษายน 2565  
<http://uc.thailis.or.th/Catalog/BibItem.aspx?BibID=b02384532>

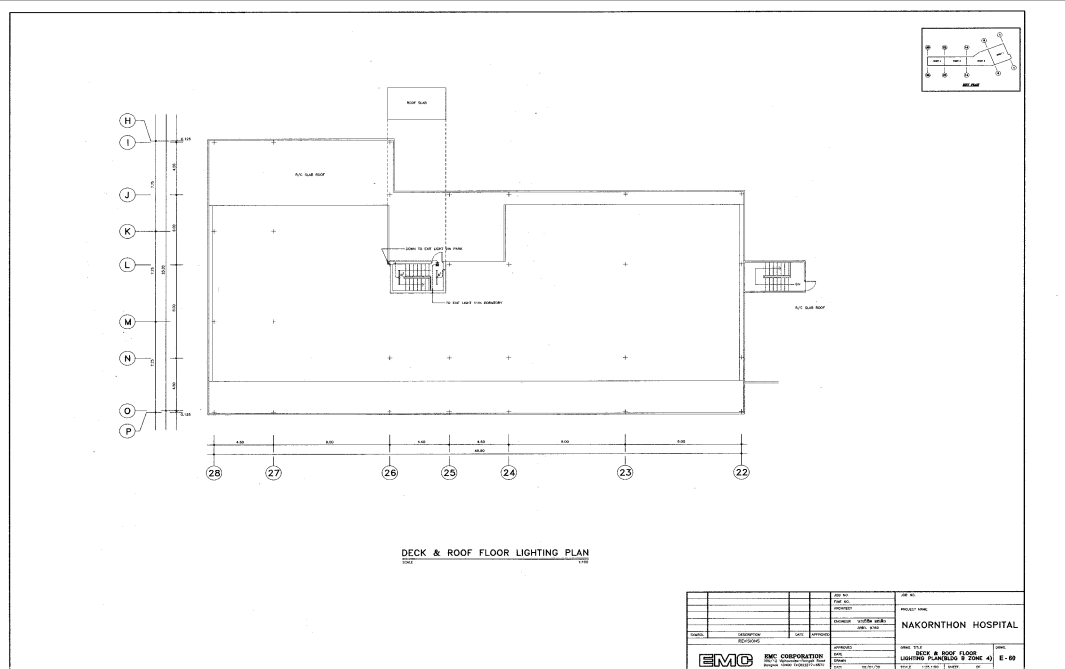
## ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

**รูปแบบอาคารและแปลนขนาดฟ้าอาคารลานจอดรถโรงพยาบาลนครชน**

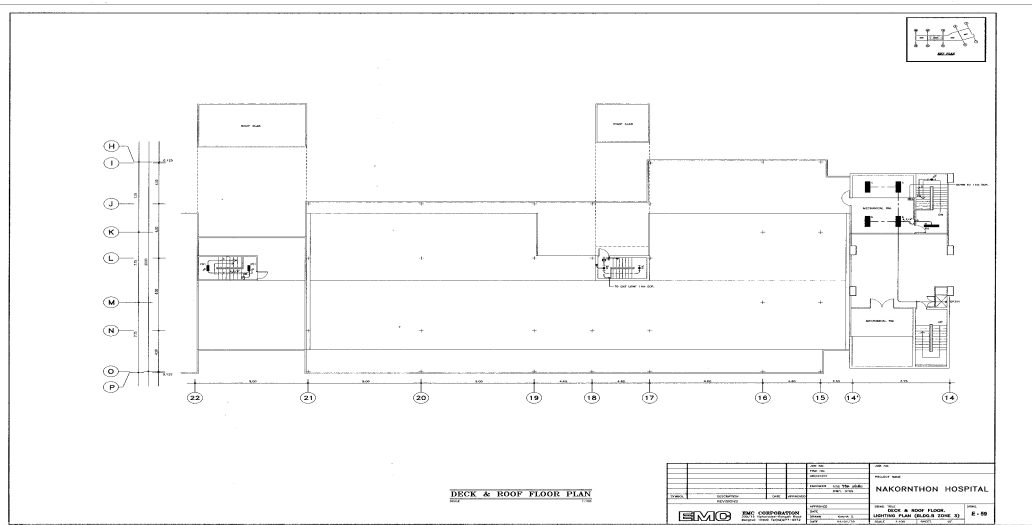


**DECK & ROOF FLOOR PLAN**  
SCALE 1 / 100



**DECK & ROOF FLOOR LIGHTING PLAN**  
SCALE 1 / 100

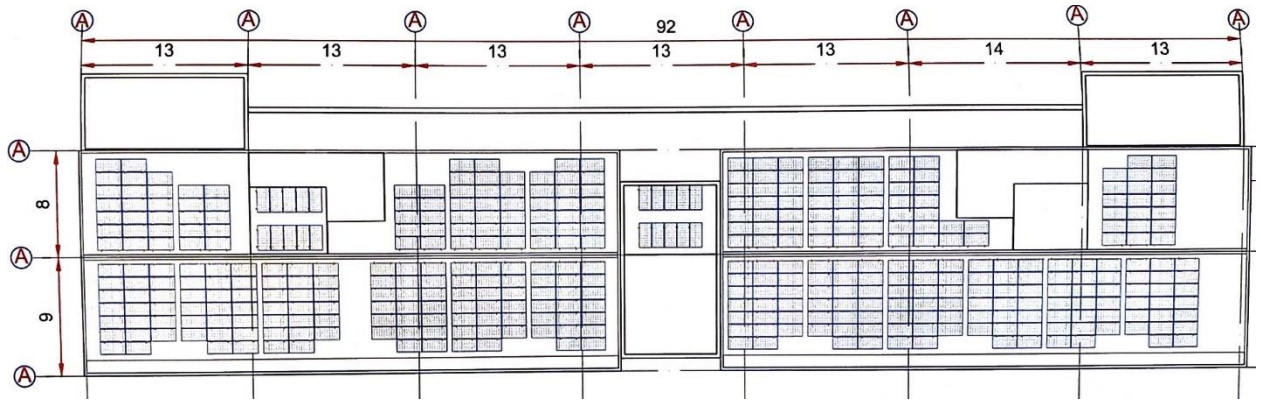
<b>EMO</b> EMO CORPORATION 101/101 หมู่ 10 ซอย 11/11 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10710		PROJECT NAME <b>NAKORNTON HOSPITAL</b>
DRAWING NO. <b>E-09</b>	DATE <b>11/11/2019</b>	SHEET NO. <b>1</b>
DESIGNER <b>EMO</b>	CHECKER <b>EMO</b>	APPROVED <b>EMO</b>



**ภาคผนวก ข**

**ข้อมูลการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม System Advisor Model  
(SAM)**

รูปการจัดเรียงแผงพลังงานแสงอาทิตย์



System Description : SAM for Nakornthon Hospital

Weather Data

Information

:THA\_Bangkok\_484560\_IWEC

SAM 2018.11.11: C:\Users\ACER\Downloads\SAM Project 1 (4).sam

File Add untitled

Photovoltaic, Commercial

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Lifetime

Battery Storage

System Costs

Financial Parameters

Incentives

Electricity Rates

Electric Load

Simulate >

Parametric Stochastic

P50 / P90 Macros

**Solar Resource Library**

The Solar Resource library is a list of weather files on your computer. Choose a file from the library and verify the weather data information below. The default library comes with only a few weather files to help you get started. Use the download tools below to build a library of locations you frequently model. Once you build your library, it is available for all of your work in SAM.

Filter: Name

Name	Latitude	Longitude	Time zone	Elevation	Station ID
imperial_ca_32.835205_-115.572398_psmv3_60_tmy	32.85	-115.58	-8	-20	72911
phoenix_az_33.450495_-111.983688_psmv3_60_tmy	33.45	-111.98	-7	358	78208
tucson_az_32.116521_-110.933042_psmv3_60_tmy	32.13	-110.94	-7	773	67345
THA_Bangkok484560_IWEC	13.92	100.6	7	12	484560

SAM scans the following folders on your computer for valid weather files and adds them to your Solar Resource library. To use weather files stored on your computer, click Add/remove Weather File Folders and add folders containing the files.

C:\Users\ACER\SAM Downloaded Weather Files  
C:\Users\ACER\Desktop\THA\_Bangkok484560\_IWEC

Add/remove weather file folders...  
Refresh library

**Download Weather Files**

The NSRDB is a database of thousands of weather files that you can download and add to your solar resource library. Download a default typical-year (TMY) file for most long-term cash flow analyses, or choose files to download for single-year or P50/P90 analyses. See Help for details.

One location  Multiple locations  60-minute  30-minute  Legacy data (advanced)

Type a location name, street address, or latitude and longitude Download files for all years (P50/P90) Download and add to library...

[For locations not covered by the NSRDB, click here to go to the SAM website Weather Page for links to other data sources.](#)

**Weather Data Information**

The following information describes the data in the highlighted weather file from the Solar Resource library above. This is the file SAM will use when you click Simulate.

Weather file C:\Users\ACER\Desktop\THA\_Bangkok484560\_IWEC\THA\_Bangkok484560\_IWEC.epw View data...

**Header Data from Weather File**

Station ID	484560	Latitude	13.92 DD	For NSRDB data, the latitude and longitude shown here from the weather file header are the coordinates of the NSRDB grid cell and may be different from the values in the file name, which are the coordinates of the requested location.
Data Source	IWEC Data	Longitude	100.6 DD	
Elevation	12 m	Time zone	GMT 7	

System Description : SAM for Nakornthon Hospital (Module)

File Add untitled

Photovoltaic, Commercial

Jinko Solar Co., Ltd JKM335PP-72	Multi-c-Si	0	335.160000	306.200000	1.835000	1.924	0.951
Jinko Solar Co., Ltd JKM335PP-72	Multi-c-Si	0	335.160000	306.200000	1.835000	1.924	0.951

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Lifetime

Battery Storage

System Costs

Financial Parameters

Incentives

Electricity Rates

Electric Load

Simulate >

Parameters Stochastic P50 / P90 Macros

**Module Characteristics at Reference Conditions**

Reference conditions: Total Irradiance = 1000 W/m2, Cell temp = 25 C

Jinko Solar Co.Ltd JKM335PP-72

Nominal efficiency	18.2648 %	Temperature coefficients	
Maximum power (Pmp)	335.160 Wdc		-0.426 %/°C
Max power voltage (Vmp)	38.0 Vdc		-1.428 W/°C
Max power current (Imp)	8.8 Adc		
Open circuit voltage (Voc)	47.2 Vdc		-0.325
Short circuit current (Isc)	9.2 Adc		-0.153 V/°C
			0.065 %/°C
			0.006 A/°C

**Bifacial Specifications**

Module is bifacial

Transmission fraction	0.013	0-1
Bifaciality	0.65	0-1
Ground clearance height	1	m

**Temperature Correction**

Nominal operating cell temperature (NOCT) method

Heat transfer method

See Help for more information about CEC cell temperature models.

NOCT method parameters

Mounting standoff: Ground or rack mounted

Array height: One story building height or lower

Heat transfer method parameters

Mounting configuration: Rack

Heat transfer dimensions: Module Dimensions

Mounting structure orientation: Structures do not impede flow underneath module

Module width: 1 m

Module length: 1.84 m

Rows of modules in array: 1

Columns of modules in array: 10

Temperature behind the module: 20 °C

Space between module back and roof surface: 0.05 m

**Physical Characteristics**

Material: Multi-c-Si

Module area: 1.835 m<sup>2</sup>

Number of cells: 72

**Additional Parameters**

System Description : SAM for Nakornthon Hospital (Inverter)

File Add untitled

Photovoltaic, Commercial

KACO: blueplanet 5.0 TL1 M1 WM OD US3x [240V]	5170	5364.808105	26.214687	1.551000	240	510
KACO: blueplanet 50.0 TL3 M1 [480V]	51280	52574.101563	119.720757	15.384000	480	850
KACO: blueplanet 50.0 TL3 M3 [480V]	51280	52574.101563	119.720757	15.384000	480	850

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Lifetime

Battery Storage

System Costs

Financial Parameters

Incentives

Electricity Rates

Electric Load

Simulate >

Parameters Stochastic P50 / P90 Macros

**Efficiency Curve and Characteristics**

KACO: blueplanet 50.0 TL3 M3 [480V]

Number of MPPT inputs: 1

CEC weighted efficiency: 97.815 %

European weighted efficiency: 97.700 %

**Datasheet Parameters**

Maximum AC power	51280 Wac
Maximum DC power	52574.1 Wdc
Power consumption during operation	119.721 Wdc
Power consumption at night	15.384 Wac
Nominal AC voltage	480 Vac
Maximum DC voltage	850 Vdc
Maximum DC current	69.1765 Adc
Minimum MPPT DC voltage	480 Vdc
Nominal DC voltage	760 Vdc
Maximum MPPT DC voltage	850 Vdc

**Sandia Coefficients**

C0	-2.64648e-07	1/Wac
C1	-2.7e-05	1/Vdc
C2	-0.002107	1/Vdc
C3	-0.001861	1/Vdc

Note: If you are modeling a system with microinverters or DC power optimizers, see the Losses page to adjust the system losses accordingly.

**CEC Information**

CEC name: KACO: blueplanet 50.0 TL3 M3 [480V]

CEC type: Utility Interactive

CEC date: n/a

**Inverter Temperature Derate Curves**

Import...	Vdc(V)	Tstart(C)	Slope(%/C)
Export...	1	52.8	-0.021
Copy			
Paste			

Rows: 1

Cols:



System Description : SAM for Nakornthon Hospital (System Design)

File Add untitled

Photovoltaic, Commercial

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Lifetime

Battery Storage

System Costs

Financial Parameters

Incentives

Electricity Rates

Electric Load

Simulate >

Parametrics Stochastic

P50 / P90 Macros

**AC Sizing**

Number of inverters: 3

DC to AC ratio: 0.92

Size the system using modules per string and strings in parallel inputs below.

Estimate Subarray 1 configuration

**Sizing Summary**

Total AC capacity	153.840 kWac	Total number of modules	420
Total inverter DC capacity	157.722 kWdc	Total number of strings	15
Nameplate DC capacity	140.767 kWdc	Total module area	770.7 m <sup>2</sup>

**DC Sizing and Configuration**

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to four subarrays connected in parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.

Electrical Configuration	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
	(always enabled)	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable
Modules per string in subarray	28			
Strings in parallel in subarray	15			
Number of modules in subarray	420			
String Voc at reference conditions (V)	1,321.6			
String Vmp at reference conditions (V)	1,064.0			

**Tracking & Orientation**

Fixed  
 1 Axis  
 2 Axis  
 Azimuth Axis  
 Seasonal Tilt  
 Tilt=latitude

Tilt (deg): 20

Azimuth (deg): 180

Ground coverage ratio (GCR): 0.3

Tracker rotation limit (deg): 45

Backtracking  Enable

System Description : SAM for Nakornthon Hospital (Losses)

File Add untitled

Photovoltaic, Commercial

- Location and Resource
- Module
- Inverter
- System Design
- Shading and Layout
- Losses**
- Lifetime
- Battery Storage
- System Costs
- Financial Parameters
- Incentives
- Electricity Rates
- Electric Load

**Irradiance Losses**  
Soiling losses apply to the total solar irradiance incident on each subarray. SAM applies these losses in addition to any losses on the Shading and Snow page.

	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
Monthly soiling loss	Edit values...	Edit values...	Edit values...	Edit values...
Average annual soiling loss	5	5	5	5

**Bifacial modules only**  
Average annual rear irradiance loss due to soiling, mismatch, or external shading (%)

	0	0	0	0
--	---	---	---	---

**DC Losses**  
DC losses apply to the electrical output of each subarray and account for losses not calculated by the module performance model.

	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
Module mismatch (%)	2	2	2	2
Diodes and connections (%)	0.5	0.5	0.5	0.5
DC wiring (%)	2	2	2	2
Tracking error (%)	0	0	0	0
Nameplate (%)	0	0	0	0
DC power optimizer loss (%)	0	All four subarrays are subject to the same DC power optimizer loss.		
Total DC power loss (%)	4.440	4.440	4.440	4.440

Total DC power loss = 100% \* [ 1 - the product of ( 1 - loss/100% ) ]

**Default DC Losses**  
Apply default losses to replace DC losses for all subarrays with default values.

Apply default losses for:  Central inverters  Microinverters  DC optimizers

**AC Losses**  
AC losses apply to the electrical output of the inverter and account for losses not calculated by the inverter performance model.

AC wiring  %

**Transformer Losses**  
The transformer loss model is intended for distribution or substation transformers in large PV systems. Losses apply to the electrical output of the inverter and assume a power factor of 1. The transformer capacity is equal to the total inverter AC power rating.

Transformer no load loss  %      Transformer load loss  %

Simulate > Parametrics Stochastic P50 / P90 Macros

System Description : SAM for Nakornthon Hospital (Capital Costs)

File Add untitled

Photovoltaic, Commercial

- Location and Resource
- Module
- Inverter
- System Design
- Shading and Layout
- Losses
- Lifetime
- Battery Storage
- System Costs**
- Financial Parameters
- Incentives
- Electricity Rates
- Electric Load

Simulate > Parametrics Stochastic P50 / P90 Macros

### Direct Capital Costs

Module	420 units	0.3 kWdc/unit	140.8 kWdc	0.35 \$/Wdc	\$ 49,268.52
Inverter	3 units	51.3 kWac/unit	153.8 kWac	0.10 \$/Wdc	\$ 14,076.72
Battery pack		0.0 kWh		300.00 \$/kWh dc	
Battery power		0.0 kW		600.00 \$/kW dc	\$ 0.00
Balance of system equipment		0.00 \$	0.30 \$/Wdc	0.00 \$/m <sup>2</sup>	\$ 42,230.16
Installation labor		0.00 \$	0.14 \$/Wdc	0.00 \$/m <sup>2</sup>	\$ 19,707.41
Installer margin and overhead		0.00 \$	0.70 \$/Wdc	0.00 \$/m <sup>2</sup>	\$ 98,537.04
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 223,819.84</b>
<b>-Contingency</b>					
Contingency 4 % of subtotal					\$ 8,952.79
<b>Total direct cost</b>					<b>\$ 232,772.64</b>
Permitting and environmental studies	0 % of direct cost	0.11 \$/Wdc	0.00 \$	\$ 15,484.39	
Engineering and developer overhead	0 % of direct cost	0.00 \$/Wdc	0.00 \$	\$ 0.00	
Grid interconnection	0 % of direct cost	0.00 \$/Wdc	0.00 \$	\$ 0.00	
<b>-Land Costs</b>					
Land area	0.635 acres				
Land purchase	\$ 0/acre	0 \$/acre	0.00 \$/acre	0.00 \$/acre	\$ 0.00
Land prep. & transmission	\$ 0/acre	0 \$/acre	0.00 \$/acre	0.00 \$/acre	\$ 0.00
<b>-Sales Tax</b>					
Sales tax basis, percent of direct cost	67 %	Sales tax rate	5.0 %	\$ 7,797.88	
<b>Total indirect cost</b>					<b>\$ 23,282.28</b>
<b>Total installed cost</b>				<b>\$ 256,054.92</b>	
<b>Total installed cost per capacity</b>				<b>\$ 1.82/Wdc</b>	

System Description : SAM for Nakornthon Hospital (Electricity Rates)

The screenshot shows the SAM software interface for 'Photovoltaic, Commercial' with the 'Energy Charges' tab selected. The 'Rates for Energy Charges' table is as follows:

Import...	Period	Tier	Max. Usage	Max. Usage Units	Buy (\$/kWh)
	1	1	1e+38	kWh	0.106
Export...	2	1	1e+38	kWh	0.075
	3	1	1e+38	kWh	0.069079
Copy	4	1	1e+38	kWh	0.056909

The 'Number of entries' is 4. To the right, there are two matrices for 'Weekday' and 'Weekend' rates, each with 12 columns representing hourly intervals from 12am to 11pm and 12 rows representing months from Jan to Dec. The 'Weekday' matrix shows values of 2 for most hours, with some 1s in the 10am-11pm range. The 'Weekend' matrix shows values of 2 for all hours.

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAM (Annual Energy)

ข้อมูลจากบิลค่าไฟฟ้า ปี 2564 อาคารโรงพยาบาล

File Add untitled

Photovoltaic, Commercial

Location and Resource

Module

Inverter

System Design

Shading and Layout

Losses

Lifetime

Battery Storage

System Costs

Financial Parameters

Incentives

Electricity Rates

Electric Load

Simulate >

Parametrics Stochastic

P50 / P90 Macros

Input Time Series Load Data

**Electric Load Data**

Energy usage  kW  Normalize supplied load profile to monthly utility bill data

Scaling factor (optional)  Monthly energy usage  kWh

**Monthly Load Summary**

	Energy (kWh)	Peak (kW)
Jan	509,000.00	1,493.87
Feb	477,000.00	1,645.26
Mar	575,000.00	1,816.35
Apr	588,000.00	2,043.93
May	636,000.00	2,147.02
Jun	568,000.00	1,884.64
Jul	554,000.00	1,703.58
Aug	560,000.00	1,710.18
Sep	528,000.00	1,824.56
Oct	547,000.00	1,861.92
Nov	521,000.00	1,502.60
Dec	490,000.00	1,569.02
Annual	6,553,000.00	2,147.02

**Annual Adjustment**

Load growth rate  %/yr

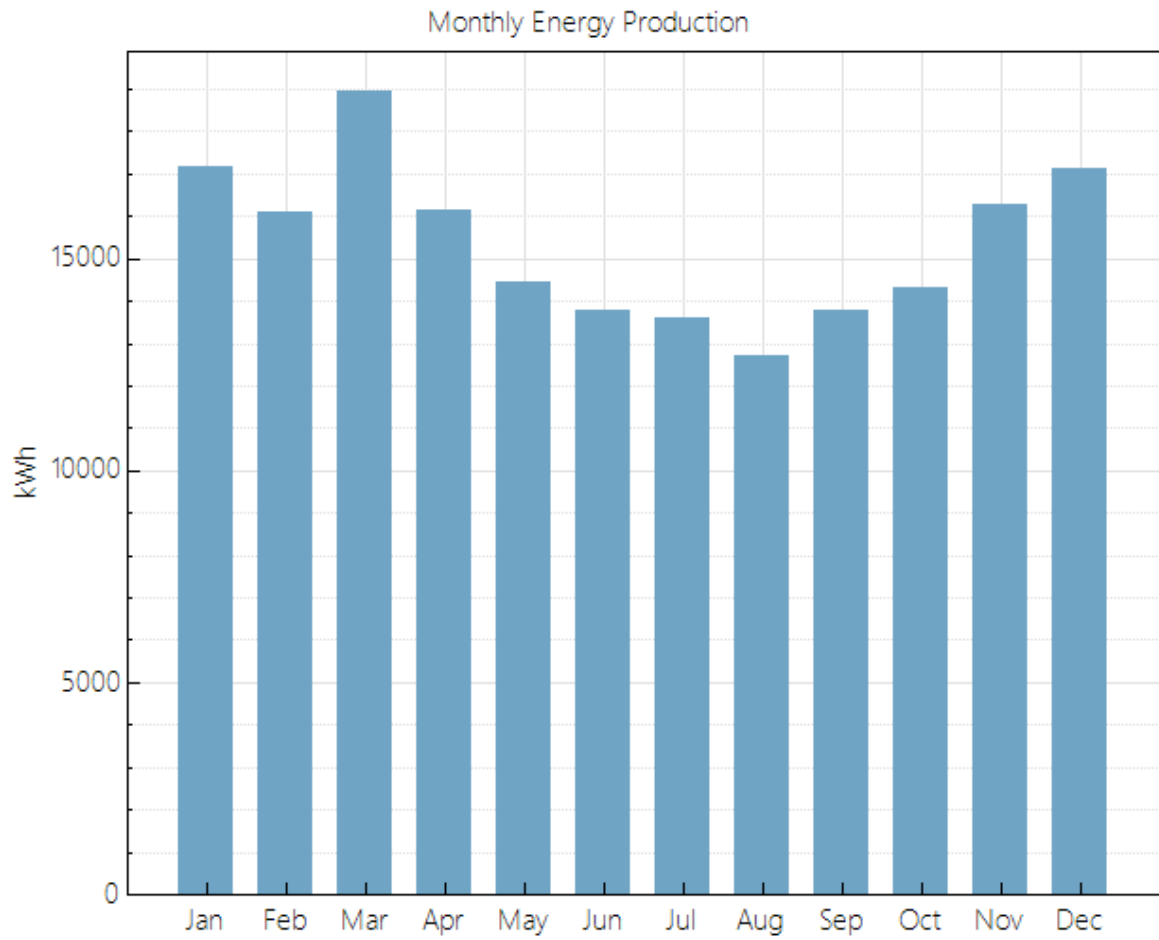
In Value mode, the growth rate applies to the previous year's annual kWh load starting in Year 2. In Schedule mode, each year's rate applies to the Year 1 kWh value. See Help for details.

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAM (Annual Energy)

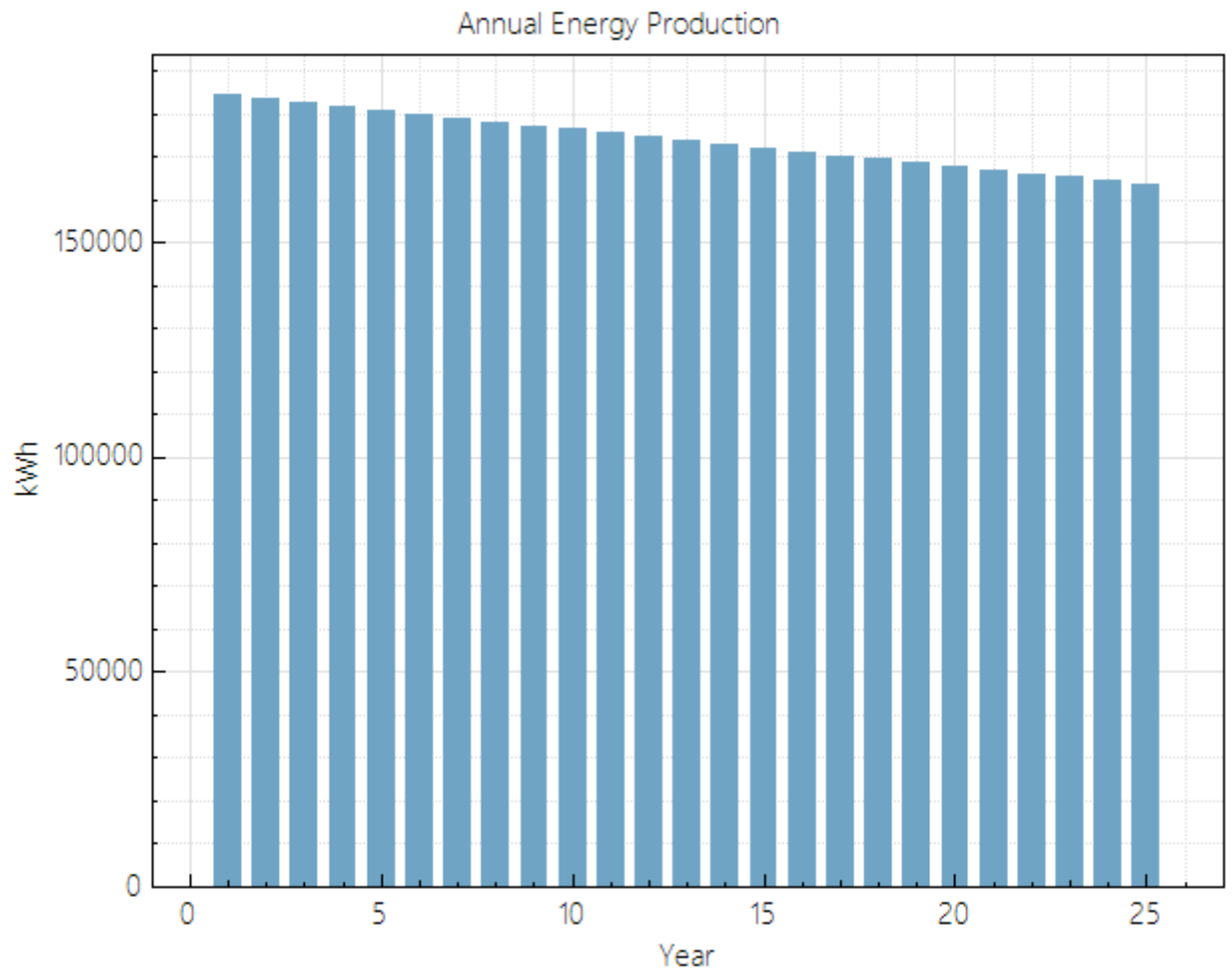
ข้อมูลจากบิลค่าไฟฟ้า ปี 2564 อาคารโรงพยาบาล

Metric	Value
Annual energy (year 1)	184,430 kWh
Capacity factor (year 1)	15.0%
Energy yield (year 1)	1,310 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.72
Levelized COE (nominal)	9.08 ¢/kWh
Levelized COE (real)	9.08 ¢/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$1,022,705
Electricity bill with system (year 1)	\$998,156
Net savings with system (year 1)	\$24,548
Net present value	\$183,622
Simple payback period	10.9 years
Discounted payback period	10.9 years
Net capital cost	\$256,055
Equity	\$256,055
Debt	\$0

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAM  
การผลิตพลังงานรายเดือน



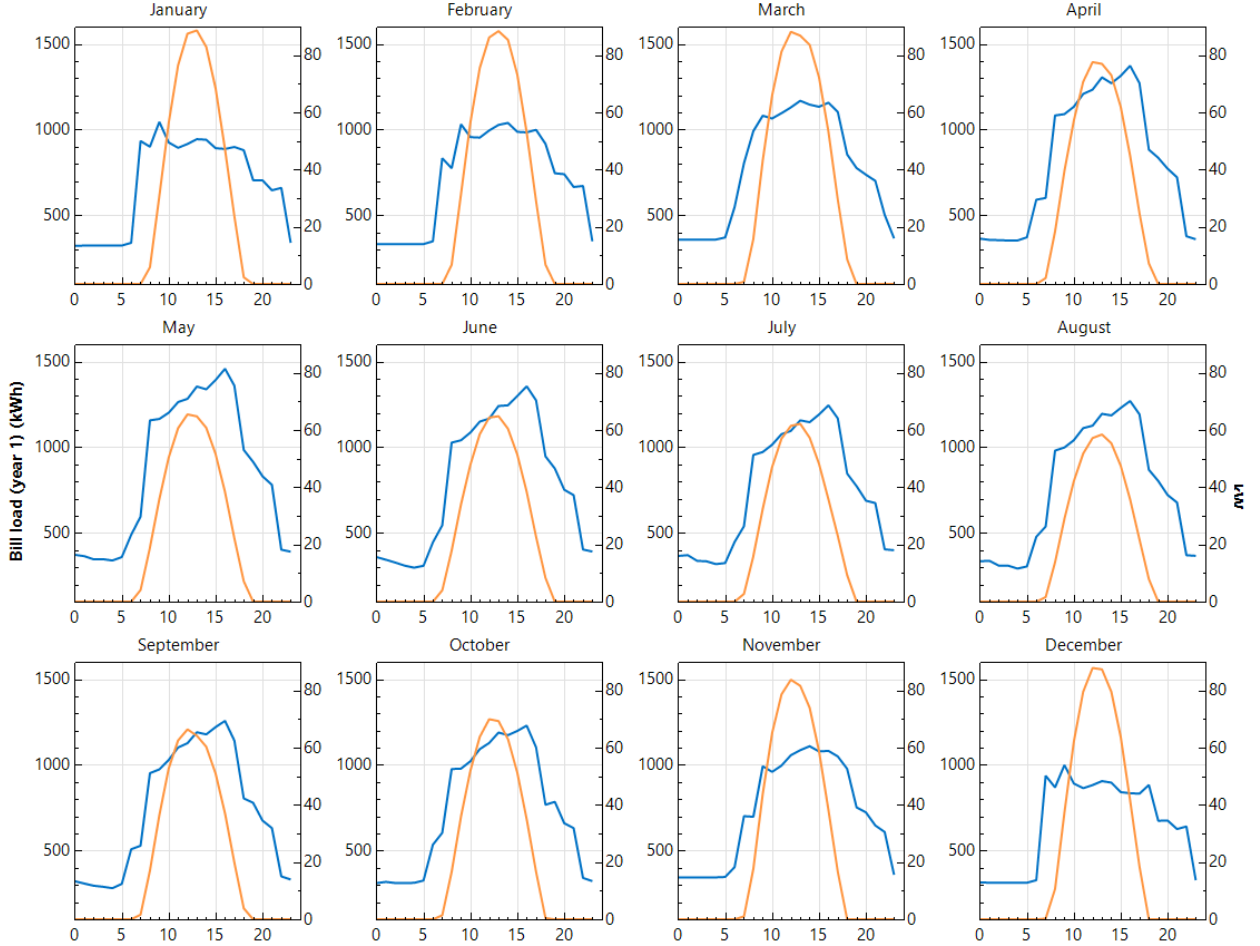
ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAM  
การผลิตพลังงานรายปี



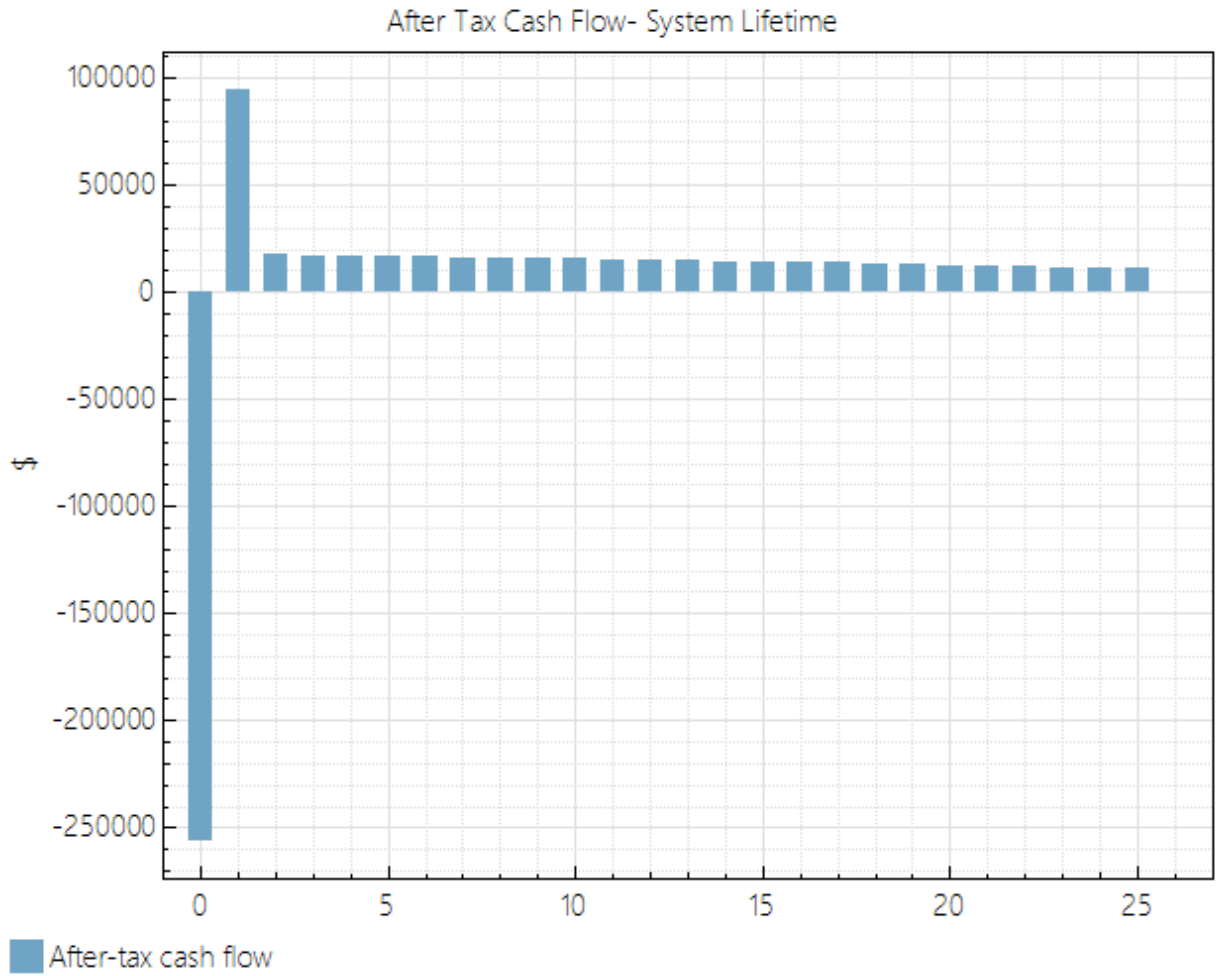


ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAM (System power generated (kW) กับ Bill load (year1)(kWh))

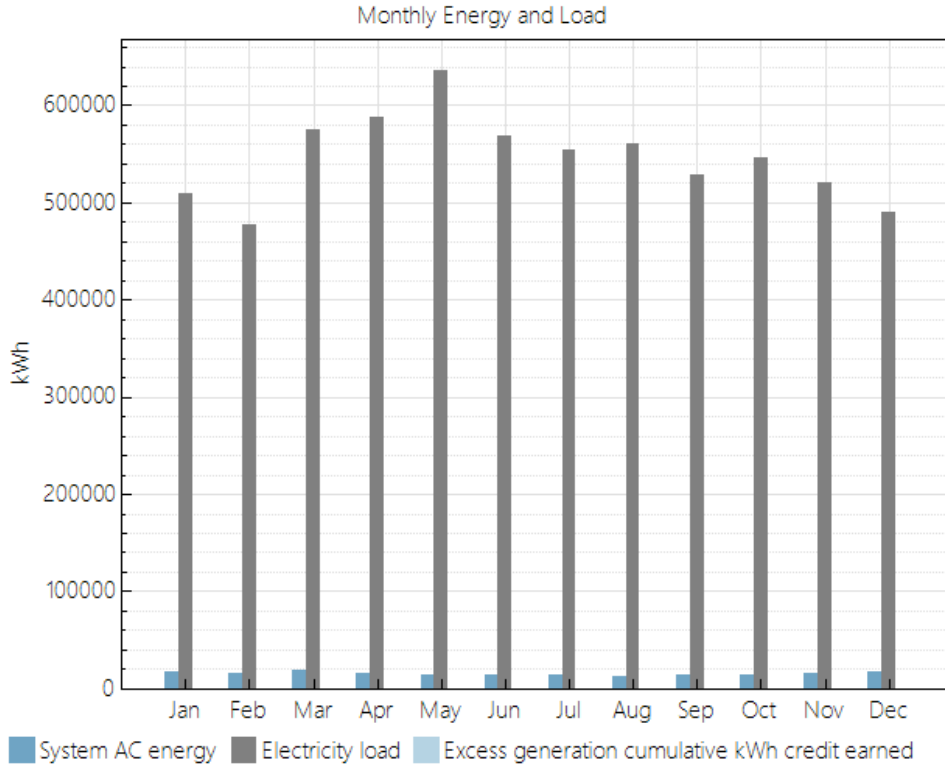
Jan 
  Feb 
  Mar 
  Apr 
  May 
  Jun 
  Jul 
  Aug 
  Sep 
  Oct 
  Nov 
  Dec 
  Annual 
  Select All



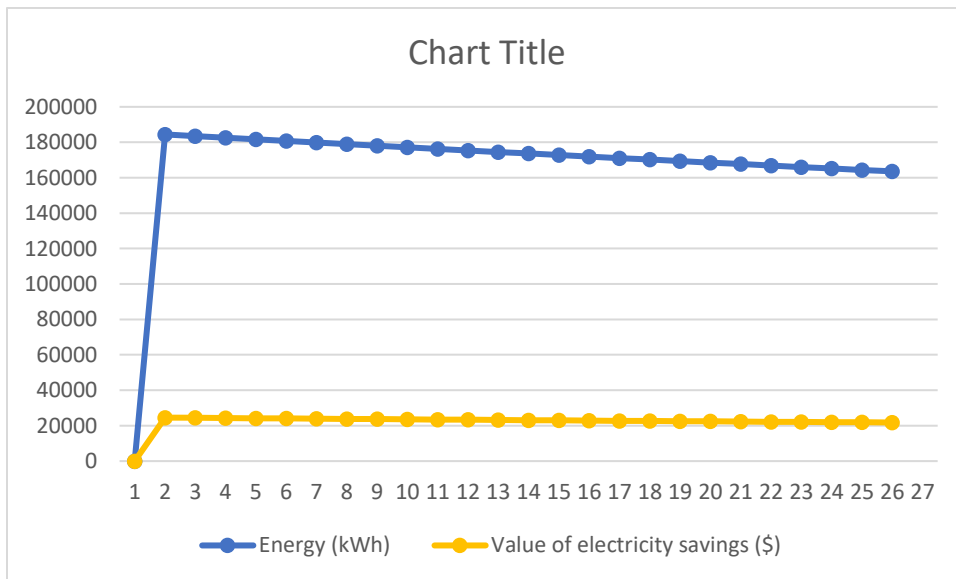
เงินลงทุนและผลตอบแทนลงทุนต่อปี



กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้/หน่วยค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาล



Summary or Conclusion : SAM for Nakornthon Hospital



### ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

สหภาพ เป็นแก้ว

ประวัติการศึกษา

วุฒิกการศึกษาปริญญาตรี เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สาขาไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ธุรกิจส่วนตัว