การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย

นายอิทธิเดช ภู่นันทพงษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FEASIBILITY STUDY ON SOLAR PV ROOFTOP BASED ON SUPPORTING POLICY FOR RESIDENTIAL SECTOR

Mr. Itthidech Punantapong

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย
โดย	นายอิทธิเดช ภู่นันทพงษ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์ : การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย. (FEASIBILITY STUDY ON SOLAR PV ROOFTOP BASED ON SUPPORTING POLICY FOR RESIDENTIAL SECTOR) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp ในบริเวณพื้นที่จังหวัดลพบุรี ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้ายังคงมีราคาสูงและขนาดกำลังการผลิตติดตั้งของโครงการมีผลต่อต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งน้อยจะมีต้นทุน (บาท/kWp) สูงกว่าโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า ตามหลักการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) และจากผลการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนพบว่า โครงการจะมีความคุ้มค่าสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่ติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก ส่วนการติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านและมีพลังงานไฟฟ้าส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีความคุ้มค่าสำหรับโครงการที่มีขนาดใหญ่หรือโครงการที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ และการลงทุนติดตั้งเพื่อจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง แต่อัตรารับซื้อไฟฟ้ามีราคาต่ำ จึงสรุปได้ว่า ต้นทุนการลงทุน อัตราค่าไฟฟ้า อัตรารับซื้อไฟฟ้า สัดส่วนการผลิตและการใช้ไฟฟ้า และปัจจัยสภาพแวดล้อม มีผลต่ออัตราผลตอบแทนของโครงการและการตัดสินใจเลือกลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6187571120 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: Feasibility Study, Solar PV Rooftop, Residential Sector

Itthidech Punantapong : FEASIBILITY STUDY ON SOLAR PV ROOFTOP BASED ON SUPPORTING POLICY FOR RESIDENTIAL SECTOR. Advisor: Asst. Prof. THITISAK BOONPRAMOTE, Ph.D.

The objective of this research was to conduct the feasibility study of a roof mounted photovoltaic system in accordance with the electricity purchase policy for the residential sector with the installed capacity of 2.31 kWp, 3.96 kWp and 9.90 kWp in the area of Lop Buri Province. The results showed that the electricity generating system costs were still high, and the installation capacity of the project affected the cost of investment. Projects with a small installed capacity would have the higher cost (Baht / kWp) than projects with larger installed capacity in accordance with economy of scale. From the evaluation of the worthiness of the investment, it was found that the project would be worthwhile for a residential house that was mainly installed for use in the house or building, while the installation for use in the house and the remaining electric power would be distributed to the electricity authority system would be cost effective for large projects or projects with low investment costs. However, the installation of solar pv panels to distribute electricity to the electricity authority system only was not worth the investment due to the high cost of investment but the purchase rate was low. Therefore, it can be concluded that, the cost of investment, electricity rate, electricity purchase rate, the proportion of production and electricity usage and environmental factors affect the project's return and investment decisions.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแนวทางในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้องค์ความรู้ ทฤษฎี แนวคิด ประสบการณ์ตรงจากการทำงาน พร้อมทั้งให้คำปรึกษา คำแนะนำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบวิชาชีพได้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตร เจ้าหน้าที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกี่ยวข้อง และเพื่อนนิสิต ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน และผู้ประกอบกิจการธุรกิจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ที่สนับสนุนข้อมูลประกอบการศึกษาวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และบุคคลท่านอื่นๆ ที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ สนับสนุน และความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูปภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย 4
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ 7
2.2.1 หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์ 7
2.2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ 9
2.2.3 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 12
2.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) 13
2.3.1 เซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ (Central Inverter) 13
2.3.2 สตริงอินเวอร์เตอร์ (String Inverter) 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.3 ไฮบริดอินเวอร์เตอร์ (Hybrid Inverter) 15
2.4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 15
2.4.1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone System) ... 15
2.4.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (PV Grid Connected System) 16
2.4.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System) 17
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 18
2.5.1 ความเข้มแสงอาทิตย์ 18
2.5.2 อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 18
2.5.3 ทิศและมุมเอียงของการติดตั้ง 19
2.5.4 ประเภทแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 19
2.5.5 ฝุ่นและความสกปรกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 19
2.5.6 Maximum Power Point Tracking (MPPT) 19
2.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ 20
2.6.1 งบกระแสเงินสด (Cash Flow) 20
2.6.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 21
2.6.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 22
2.6.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 23
2.6.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ (Sensitivity Analysis) 23
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
2.8 นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 27
3.1 ศึกษาระเบียบ และประกาศที่เกี่ยวข้องกับการรับซื้อไฟฟ้า 27
3.2 กำหนดพื้นที่ศึกษาโครงการ 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ศึกษาระเบียบ และหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าพื้นที่รับผิดชอบ 27
3.4 ศึกษาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุน 28
3.5 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ 28
3.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 28
3.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ 28
บทที่ 4 ผลการวิจัย 29
4.1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย 29
4.1.1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลักดังนี้ 29
4.1.2 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า 30
4.1.3 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 30
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ 31
4.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 32
4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ 35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 38
5.1 สรุปผลการวิจัย 38
5.2 ข้อเสนอแนะ 39
บรรณานุกรม 40
ภาคผนวก ก คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 43
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ 46
ภาคผนวก ค ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) 54
ประวัติผู้เขียน 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ 11

ตารางที่ 2-2 รายละเอียดโครงการรับซื้อไฟฟ้า 26

ตารางที่ 4-1 ราคาเฉลี่ยชุดติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย.. 30

ตารางที่ 4-2 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย 30

ตารางที่ 4-3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา 32

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 33

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า.. 35

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย .. 36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายเดือน 6
รูปที่ 2-2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี 7
รูปที่ 2-3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ 7
รูปที่ 2-4 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสงอาทิตย์ 8
รูปที่ 2-5 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสงอาทิตย์ 8
รูปที่ 2-6 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงอาทิตย์และเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า 9
รูปที่ 2-7 โครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางต่างชนิดกัน 10
รูปที่ 2-8 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 12
รูปที่ 2-9 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม 12
รูปที่ 2-10 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน 13
รูปที่ 2-11 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสม 13
รูปที่ 2-12 ตัวอย่างเซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ 14
รูปที่ 2-13 ตัวอย่างสตริงอินเวอร์เตอร์ 15
รูปที่ 2-14 ตัวอย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ 16
รูปที่ 2-15 ตัวอย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบไฟฟ้าฯ 16
รูปที่ 2-16 ตัวอย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน 17
รูปที่ 2-17 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดัน 18
รูปที่ 2-18 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่อุณหภูมิต่างๆ 18
รูปที่ 2-19 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยได้จัดทำแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 (Power Development Plan: PDP2018) [1] ได้ให้ความสำคัญ ด้านความมั่นคงทางพลังงาน, ด้านเศรษฐกิจ และด้านสิ่งแวดล้อม โดยสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้า ทั้งด้านการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้า ซึ่งได้กำหนดสัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่จากโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP) ในช่วงปี 2561 - 2580 ปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญา 20,766 MW จากสัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ทั้งหมด 56,431 MW โดยแบ่งเป็นโรงไฟฟ้าตามนโยบายการส่งเสริมของภาครัฐ (โรงไฟฟ้าขยะ และโรงไฟฟ้าชีวมวลประชารัฐในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้) กำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญารวม 520 MW และโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ กำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญารวม 18,176 MW ซึ่งมีเป้าหมายการจัดหากำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ กำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญารวม 10,000 MW โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 55 ของเป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญารวมของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ ในช่วงปี 2561 - 2580 ทั้งนี้ จะมีการดำเนินโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์ภาคประชาชน) ปีละ 100 MW เป็นระยะเวลา 10 ปี กอปรกับคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้ออกระเบียบ กกพ. ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562 [2] และประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 [3] ส่งเสริมให้ประชาชนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาประเภทบ้านอยู่อาศัย (สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1) ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 10 kWp โดยในปี 2562 มีเป้าหมายการจัดหาไฟฟ้ากำลังการผลิตติดตั้ง 100 MWp แบ่งเป็นพื้นที่การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) 30 MWp และพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 70 MWp อัตรารับซื้อไฟฟ้า 1.68 บาท/หน่วย (รูปแบบ Net Billing) ระยะเวลารับซื้อไฟฟ้า 10 ปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองเป็นหลัก เมื่อมีพลังงานไฟฟ้าส่วนเหลือจึงจำหน่ายผ่านระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย อีกทั้งในปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถผลิตไฟฟ้าต่อพื้นที่ได้มากขึ้น และมีแนวโน้มราคาต่ำลง รวมถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้มีศักยภาพทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ โดยในเดือนเมษายนเป็นช่วงเวลาที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด สำหรับการกระจายตาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นที่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด (18 - 20 MJ/m^2-day) อยู่ในบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออก เฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทำการเฉลี่ยค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 17.6 MJ/m^2-day [4] จึงทำให้มีผู้สนใจติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น ในขณะเดียวกันยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาความเป็นไปได้เกี่ยวกับการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562

1.2.2 เพื่อศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายของภาครัฐ เพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp

1.3.2 ประเมินพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp

1.3.3 ประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 โดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) โดยพิจารณาเกณฑ์การลงทุน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) โดยทำการเปรียบเทียบลักษณะการใช้ไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้า 3 ลักษณะ ประกอบด้วย ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร, ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารและจำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการใช้เข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย และผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

1.3.4 วิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ของปัจจัยหรือตัวแปรที่สนใจ ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจลงทุน เช่น อัตรารับซื้อไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาระเบียบ และประกาศที่เกี่ยวข้องกับการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562

1.4.2 ศึกษาข้อมูล งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย และการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

1.4.3 ศึกษาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp

1.4.4 ออกแบบและวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp โดยการจำลอง (Simulation) ด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software) ทางด้านระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น โปรแกรม PVSyst

1.4.5 กำหนดสมมติฐานลักษณะการใช้ไฟฟ้า และกำหนดสมมติฐานการลงทุน

1.4.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) ในการพิจารณาเกณฑ์การลงทุน ได้แก่ NPV, IRR และ PB ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

1.4.7 วิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน เช่น อัตรารับซื้อไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

1.4.8 รวบรวมข้อมูลและสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย และการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการตามนโยบายรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562

1.5.2 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาการดำเนินนโยบายของภาครัฐ เพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย

1.5.3 ทราบถึงปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจลงทุน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ตามโครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย ปี 2560 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) พบว่า การกระจายตามพื้นที่ของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือนได้รับอิทธิพลของลมมรสุมและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ โดยในเดือนเมษายนเป็นช่วงเวลาที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด สำหรับการกระจายตามพื้นที่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดในช่วง 18 - 20 MJ/m^2-day อยู่ในบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วยจังหวัดสิงห์บุรี, ลพบุรี, อ่างทอง, สุรินทร์, อุบลราชธานี, ศรีสะเกษ, บุรีรัมย์ และร้อยเอ็ด และเมื่อทำการเฉลี่ยค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 17.6 MJ/m^2-day

จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายเดือน ดังรูปที่ 2-1 พบว่า ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาในรอบปี สรุปได้ดังนี้

1) เดือนมกราคม บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยจะมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่าภาคอื่นๆ ถึงแม้ว่าจะเป็นช่วงฤดูหนาว สภาพท้องฟ้าโดยทั่วไปมีเมฆน้อย แต่ความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์บนพื้นผิวโลกด้วย ในเดือนมกราคมดวงอาทิตย์จะอยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าประมาณ 20 องศา ทางซีกฟ้าใต้ ทำให้ค่ามุมตกกระทบรังสีบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยจะมีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่ำกว่าภาคอื่นๆ

2) เดือนกุมภาพันธ์ จะมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคม

3) เดือนมีนาคม ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ในแนวเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า และเป็นช่วงฤดูร้อน มีเมฆน้อย พื้นที่โดยทั่วไปจึงได้รับรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น

4) เดือนเมษายน มุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันจะตั้งฉากหรือเกือบตั้งฉากกับพื้นผิวโลกทั่วทั้งประเทศไทย และเป็นช่วงฤดูร้อน มีเมฆน้อย ทำให้มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงทั่วทั้งประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จะมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูง เนื่องจากเป็นบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรมากกว่าบริเวณภาคอื่นๆ

5) เดือนพฤษภาคม - เดือนสิงหาคม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ส่งผลให้ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมและฝนตก ทำให้ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

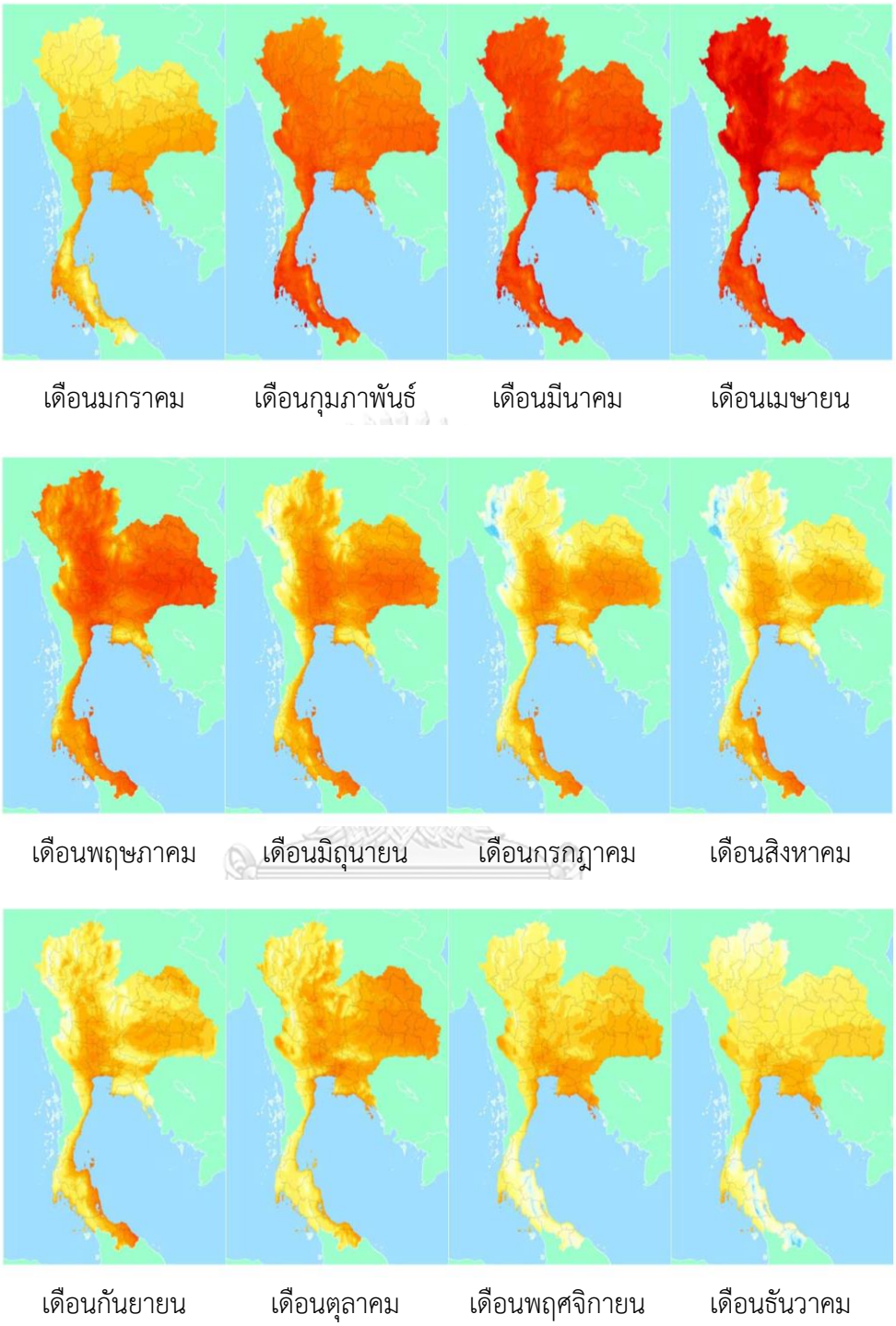
6) เดือนกันยายน ถึงแม้ว่าดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ในแนวเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า แต่ยังคงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่งผลให้ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม ทำให้ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง

7) เดือนตุลาคม - เดือนพฤศจิกายน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก ทำให้ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง

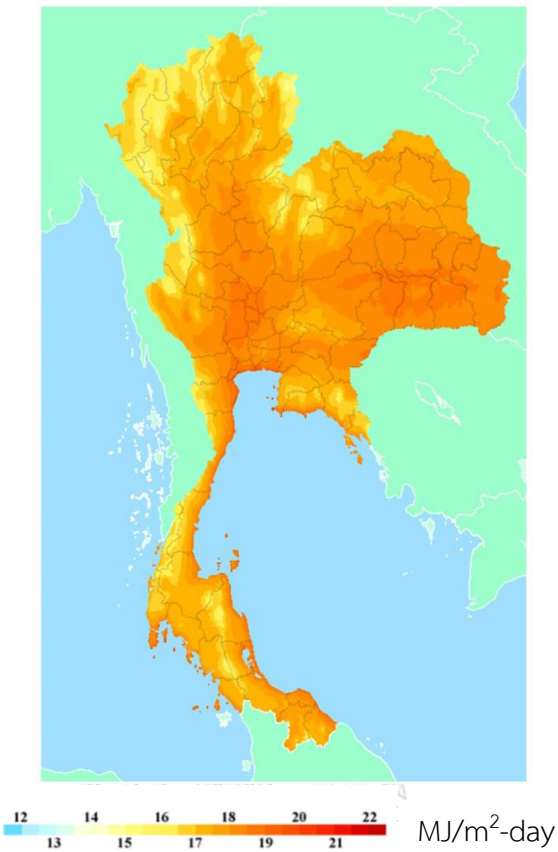
8) เดือนธันวาคม โลกจะหันขั้วใต้เข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวไปอยู่ทางตอนใต้ของเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ามากที่สุด ทำให้รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวโลกบริเวณประเทศไทยมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลงจากเดือนพฤศจิกายน โดยเป็นผลมาจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์

สำหรับการกระจายของรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยตลอดปีซึ่งแสดงในรูปแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี ดังรูปที่ 2-2 จะเห็นว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของทุกภาคทั่วประเทศไทยมีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในช่วง 17 - 20 MJ/m^2-day โดยมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 17.6 MJ/m^2-day

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-1 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายเดือน [4]



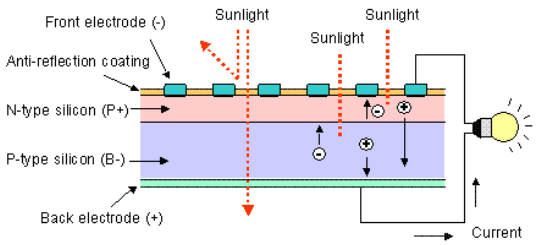
รูปที่ 2-2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี [4]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

2.2.1 หลักการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์

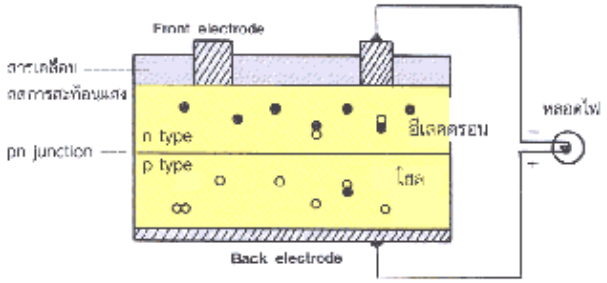
เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทำจากสารกึ่งตัวนำ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงหรือโฟตอนให้เป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง [5] โดยอาศัยกระบวนการโฟโตวาอิก (Photovoltaic Effect) ซึ่งเกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในสารกึ่งตัวนำมีค่าแตกต่างกัน เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ [6]

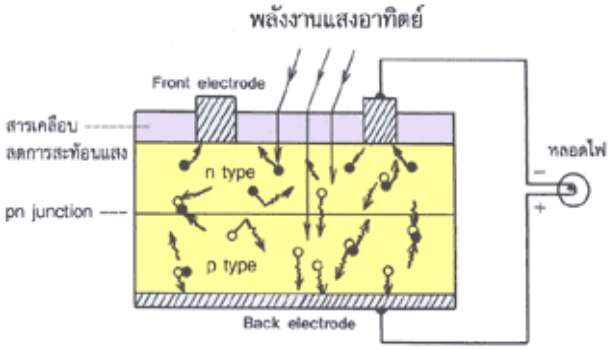
เซลล์แสงอาทิตย์ โดยส่วนมากเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิคอน ประกอบสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็น (N-Type) และสารกึ่งตัวนำประเภทพี (P-Type) โดยซิลิคอนประเภทเอ็น (N-Type) ถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ (Dope) ด้วยสารฟอสฟอรัส ทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอน เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ และซิลิคอนประเภทพี (P-Type) ถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ (Dope) ด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิดมาประกบต่อกันด้วย p-n junction จึงทำให้เกิดเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด N-Type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อยและบริเวณด้านหน้าของ N-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน P-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านล่างของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านล่างของ P-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่รวบรวมโฮล ดังรูปที่ 2-4



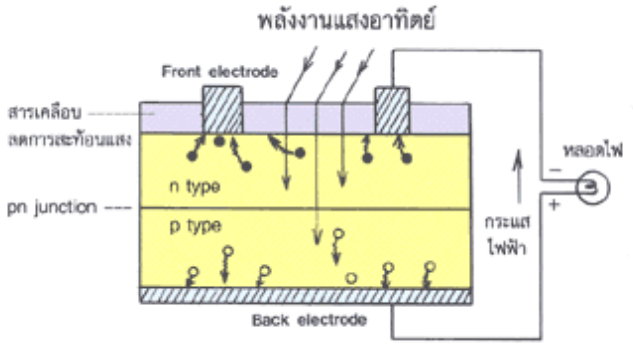
รูปที่ 2-4 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสงอาทิตย์ [6]

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น N-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P-type ดังรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสงอาทิตย์ [6]

อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน ดังรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงอาทิตย์และเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า [6]

2.2.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้ในประเทศไทยมี 3 ชนิด ดังนี้

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Monocrystalline) ทำจากผลึกเดี่ยวของซิลิคอนบริสุทธิ์พิเศษ (mono-Si) หรือเรียกว่า single crystalline (single-Si) โดยนำมาหลอมละลายพร้อมกับใส่สารเจือปนโบรอน เพื่อทำให้เกิดเป็น P-Type ซิลิคอน และผ่านกระบวนการผลิตจนได้เป็นแท่งผลึกเดี่ยวทรงกระบอก จากนั้นนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบางๆ เรียกว่า “เวเฟอร์” โดยเวเฟอร์เหล่านี้จะถูกตัดด้านข้างออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสตัดมุม และนำไปเจือสารฟอสฟอรัส เพื่อทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ จากนั้นนำไปพิมพ์วงจรลงบนเซลล์ ที่ผิวบนเป็นขั้วลบ และผิวล่างเป็นขั้วบวก นำเซลล์ที่ได้ไปประกอบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Monocrystalline) โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีลักษณะสีเข้มและมีประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงถึง 15 - 20 % และมีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากผลิตจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์มากที่สุด

2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Polycrystalline หรือ Multicrystalline) ทำจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์น้อยกว่าซิลิคอนที่ใช้ในการทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Monocrystalline) โดยนำมาหลอมละลายและเทลงในเบ้าโมลด์ให้เป็นแท่งแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้าๆ หลังจากนั้นนำมาตัดให้เป็นแผ่นบางๆ เรียกว่า “เวเฟอร์” และนำไปทำกระบวนการ p-n junction จนได้เซลล์ที่พร้อมประกอบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Polycrystalline) โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีลักษณะโทนสีที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากผลึกเล็กๆ หลายผลึกในแผ่นเซลล์ และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว ประมาณ 2 - 3% และมีราคาถูกกว่า

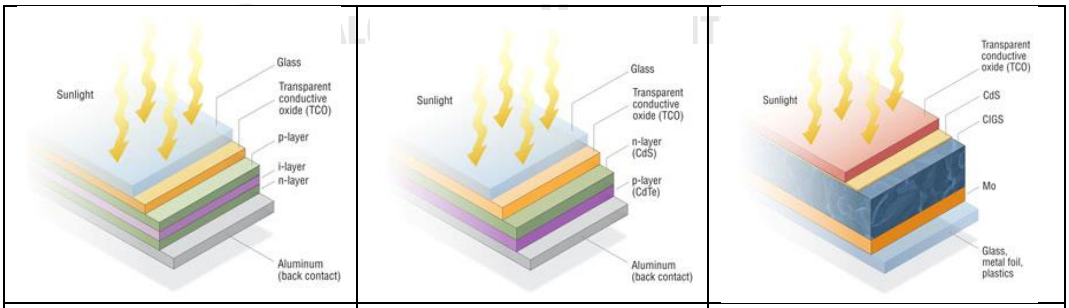
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว และผลึกรวม มีการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพสูงขึ้น โดยใช้เทคโนโลยี PERC (Passivated Emitter Rear Cell: PERC) ซึ่งสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นและทำงานได้ดีในสภาวะที่มีแสงน้อยและอุณหภูมิสูง, เทคโนโลยี Bifacial PV Module ซึ่งสามารถรับแสงและผลิตไฟฟ้าได้ทั้งสองด้านของแผง (ด้านหน้าและด้านหลัง) ส่งผลให้แผงสามารถผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้ถึง 20% ของแผงปกติ และเทคโนโลยี Half-Cut Cell โดยลดขนาดเซลล์ลงครึ่งหนึ่ง เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ที่เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้าจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง และความต้านทานภายในแผง

3) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin film) มีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกอย่างสิ้นเชิง โดยจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิคอน (Amorphous Silicon: a-Si) ที่เจือ (Dope) ด้วยสารฟอสฟอรัสและโบรอน เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type) และชนิดพี (P-Type) ตามลำดับ ลงบนแผ่นฐานรอง ส่วนใหญ่จะเป็นกระจก โลหะ หรือพลาสติกซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสง และบิดงอได้ ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง และใช้งานได้หลากหลาย

นอกจากนี้ ยังสามารถใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type) เช่น สังกะสีออกไซด์ (ZnO) มาสร้างแผ่นฟิล์มบางทับลงไปบนชั้นของสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-Type) เช่น โลหะผสมของแคดเมียมเทลลูไรด์ (Cadmium telluride: CdTe) หรือคอปเปอร์อินเดียมแกลเลียมเซเลไนด์ (Copper indium gallium selenide: CIGS) เป็นต้น โดยมีชั้นของแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) คั่นอยู่ระหว่างกลางชั้นของโลหะผสม ทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนพลังงานจากแสงอาทิตย์ (absorber) และเหนี่ยวนำให้เกิดการถ่ายเทของอิเล็กตรอน เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin film) มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 8 - 10 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทเซลล์ เช่น a-Si, CdTe และ CIGS ดังรูปที่ 2-7

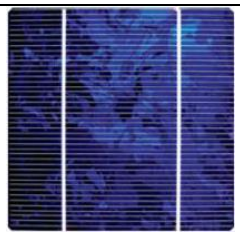
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Thin Film (a-Si)	Thin Film (CdTe)	Thin Film (CIGS)

รูปที่ 2-7 โครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางต่างชนิดกัน [7]

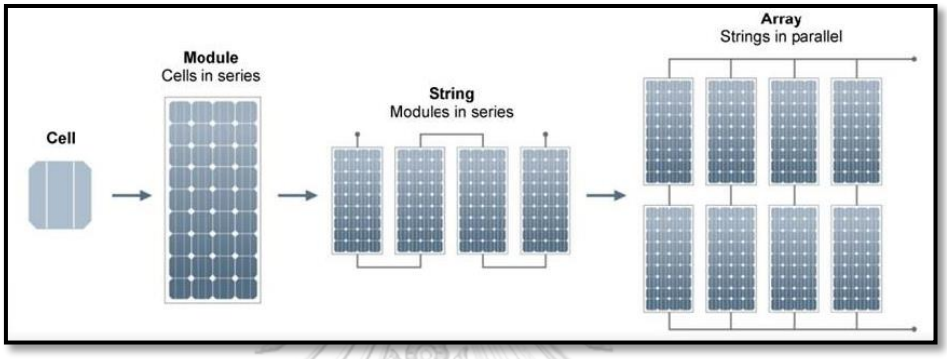
ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

รายละเอียด			
ชนิดเซลล์แสงอาทิตย์	Monocrystalline	Polycrystalline	Thin Film
ประสิทธิภาพ	15-20%	13-16%	8-10%
ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าต่อพื้นที่	สูงสุด	ต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว	ต่ำ
การผลิตไฟฟ้า	ในสภาวะแสงน้อย สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าแบบผลึกรวม	สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าแบบผลึกเดี่ยวเล็กน้อย	มีความไวแสงสูง ในสภาวะแสงน้อย สามารถผลิตไฟฟ้าได้ดี และใช้งานที่อุณหภูมิสูงๆ มีผลกระทบน้อยกว่าแบบอื่น
อายุการใช้งาน	25 ปี	25 ปี	น้อยกว่าแบบผลึกซิลิคอน
ราคา	แพงกว่าแบบผลึกรวมเล็กน้อย	ถูกกว่าแบบผลึกเดี่ยว	ถูก
อื่นๆ	ในกระบวนการผลิตมีเศษแผ่นเวเฟอร์ซิลิคอนที่เหลือจากการตัดมุมทั้ง 4 ด้าน เป็นจำนวนมาก	- ในประเทศไทยใช้งานมากที่สุด - ผลิตง่ายกว่าแบบผลึกเดี่ยว - กระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน - ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้อยกว่า - ปริมาณของเสียซิลิคอนน้อยกว่า	- ใช้วัสดุในการผลิตน้อย - สามารถผลิตได้ในปริมาณมากๆ - ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย - ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานในบ้านอยู่อาศัย เนื่องจากมีพื้นที่จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.3 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Module) จะประกอบด้วยเซลล์ (Cell) หลายๆ เซลล์ แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียง 1 แผง ไม่เพียงพอต่อการใช้งานและไม่สามารถทำให้อินเวอร์เตอร์ทำงานได้ จึงต้องนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ แผ่นมาต่อเรียงกัน เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นโดยหากนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่ออนุกรมกัน จะเรียกว่า สตริง (String) และนำสตริงหลายๆ สตริงมาต่อขนานกัน เรียกว่า อาเรย์ (Array) ดังรูปที่ 2-8

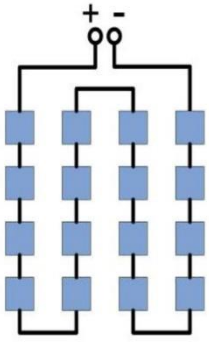


รูปที่ 2-8 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [8]

ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มี 3 รูปแบบดังนี้ [9]

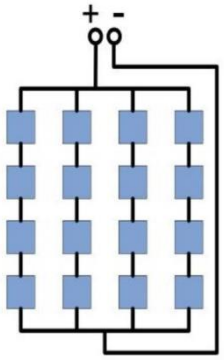
1) การต่อแบบอนุกรม คือ การนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่ออนุกรมกัน เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 2-9 โดยแผงที่นำมาต่อนั้นควรมีแรงดันวงจรเปิด (V_{OC}) และกระแสไฟฟ้า (I) เท่ากัน ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าของการต่อแบบอนุกรมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง ส่วนกระแสไฟฟ้าจะมีค่าเท่าเดิม การต่อแบบอนุกรมสามารถต่อเพื่อให้มีค่าแรงดันเพิ่มสูงขึ้นตามความต้องการของผู้ออกแบบ แต่ต้องไม่สูงเกินค่า Maximum System Voltage ของอินเวอร์เตอร์

ข้อควรระวัง สำหรับการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ในกรณีที่นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดกระแสไฟฟ้า (I) ไม่เท่ากันมาต่อร่วมกัน กระแสไฟฟ้ารวมที่ได้จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จ่ายได้ต่ำที่สุด



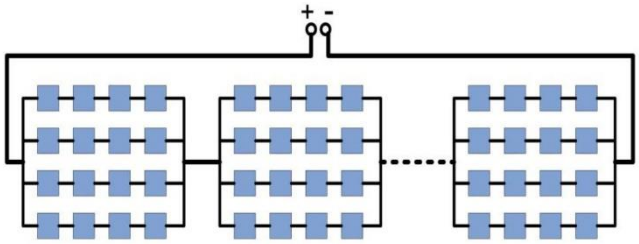
รูปที่ 2-9 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม [10]

2) การต่อแบบขนาน คือ การนำแต่ละสตริงที่ต่ออนุกรมกัน เพื่อเพิ่มแรงดันมาต่อขนานกัน เพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2-10 โดยแผงที่นำมาต่อนั้นควรมีแรงดันวงจรเปิด (Voc) และกระแสไฟฟ้า (I) เท่ากัน ผลรวมของกระแสไฟฟ้าของการต่อแบบขนานจะมีค่าเท่ากับ ผลรวมค่ากระแสของทุกสตริงที่นำมาต่อขนานกัน



รูปที่ 2-10 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน [10]

3) การต่อแบบผสม เป็นการต่อร่วมกันระหว่างแบบอนุกรมและขนาน เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-11 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสม [10]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) สำหรับใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป โดยมีระดับแรงดัน 380/220โวลต์ (V) ความถี่ 50 เฮิรตซ์ (Hz) โดยอินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานมี 3 ประเภทดังนี้

2.3.1 เซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ (Central Inverter)

เป็นอินเวอร์เตอร์แบบออนกริด (On Grid) ขนาดใหญ่ โดยจะต้องเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง) ซึ่งผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ซึ่งปัจจุบันมีขนาดตั้งแต่ 500 - 1,250 kW ดังรูปที่ 2-12 โดยเซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ (Central Inverter) ส่วนใหญ่ใช้สำหรับ

โครงการขนาดใหญ่ ที่มีกำลังผลิตติดตั้งหลายๆ เมกะวัตต์ ซึ่งอาจเป็นโครงการที่เอกชนลงทุนเองหรือที่มีสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (Power Purchase Agreement: PPA) กับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย เพื่อกำหนดปริมาณ, ราคา และระยะเวลาซื้อขายไฟฟ้าระหว่างผู้ลงทุนโครงการกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย แต่อาจมีข้อด้อยสำหรับการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ (Central Inverter) เนื่องจากมีขนาดใหญ่ หากชำรุด เสียหาย เซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ (Central Inverter) ชุดนั้นจะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เลย จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโครงการลดลง

รูปที่ 2-12 ตัวอย่างเซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ [11]

2.3.2 สตริงอินเวอร์เตอร์ (String Inverter)

เป็นอินเวอร์เตอร์แบบออนกริด (On Grid) ขนาดเล็ก โดยจะต้องเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง) ซึ่งผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ซึ่งปัจจุบันมีขนาดตั้งแต่ 2 - 185 kW ดังรูปที่ 2-13 โดยสตริงอินเวอร์เตอร์ (String Inverter) ส่วนใหญ่ใช้สำหรับโครงการที่มีขนาดเล็ก - ขนาดใหญ่ ตั้งแต่บ้านอยู่อาศัย, สำนักงาน โรงงาน และโครงการขนาดใหญ่ ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการเลือกใช้งานมากกว่าผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์แบบเซ็นทรัลอินเวอร์เตอร์ (Central Inverter) และนิยมใช้ติดตั้งร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ของหลังคา เช่น การติดตั้งอุปกรณ์บนหลังคา, ทิศของหลังคาในแต่ละด้าน และความลาดชันหลังคาทำให้ทิศทาง, มุมการติดตั้ง และรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบไม่เท่ากันในแต่ละด้านของหลังคา จึงต้องมีการออกแบบระบบให้เหมาะสมและแยกชุดอินเวอร์เตอร์กัน

รูปที่ 2-13 ตัวอย่างสตริงอินเวอร์เตอร์ [12]

2.3.3 ไฮบริดอินเวอร์เตอร์ (Hybrid Inverter)

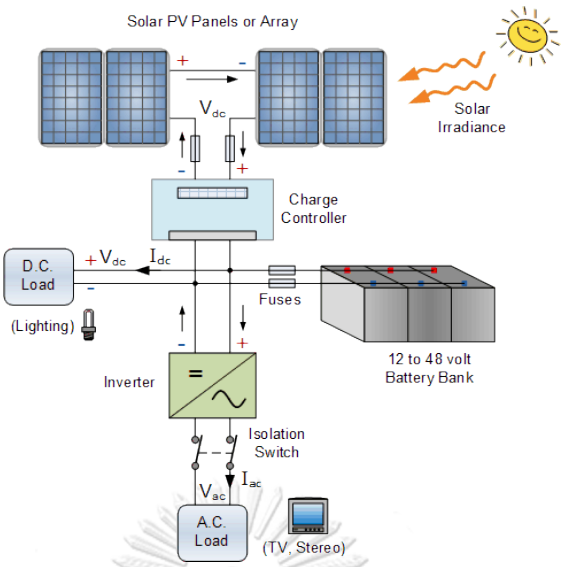
เป็นอินเวอร์เตอร์แบบออนกริด (On Grid) และออฟกริด (Off Grid) มารวมกัน โดยสามารถใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หรือไม่เชื่อมต่อก็ได้ โดยส่วนมากผู้ใช้งานที่เลือกใช้ระบบไฮบริดอินเวอร์เตอร์จะมีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปริมาณที่เพียงพอกับภาระโหลดที่ใช้งาน โดยในสภาวะปกติจะใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก และหากมีพลังงานส่วนที่เหลือจะติดตั้งร่วมกับแบตเตอรี่ เพื่อเก็บสะสมพลังงานส่วนที่เหลือ เพื่อใช้งานในช่วงที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ และหากพลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอกับภาระโหลดที่ใช้งานจะใช้ไฟจากระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ทั้งนี้ หากมีการเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้จะต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

2.4.1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone System)

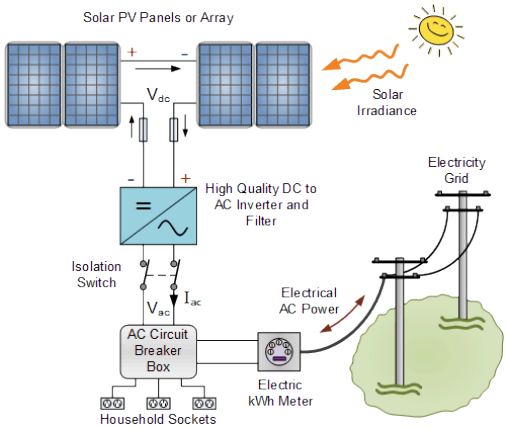
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับนำไปใช้งานแบบติดตั้งอิสระ โดยสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งแบบไฟฟ้ากระแสตรง และ/หรือกระแสสลับ เหมาะสำหรับทุกพื้นที่ที่ระบบไฟฟ้าเข้าไม่ถึง (Off Grid) อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge Controller) แบตเตอรี่ (Batteries อาจจะมีหรือไม่ก็ได้ แล้วแต่การใช้งาน) และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ (Inverter) เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป [13] ซึ่งแสดงตัวอย่างการต่อของระบบ ดังรูปที่ 2-14



รูปที่ 2-14 ตัวอย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ [13]

2.4.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (PV Grid Connected System)

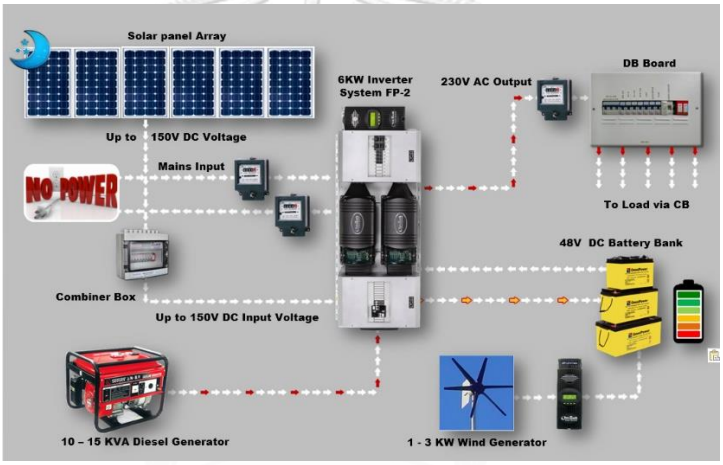
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) ที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (On Grid) เพื่อใช้งานภายในบ้านอยู่อาศัย สำนักงาน โรงงาน หรือจ่ายเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า กล่าวคือต้องเป็นพื้นที่ที่มีระบบไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (Inverter) (อาจมี Batteries ต่อร่วมก็ได้ แล้วแต่การใช้งาน) โดยผลิตภัณฑ์ Inverter ต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายก่อน ถึงจะสามารถนำไปใช้งานและติดตั้งได้ ซึ่งแสดงตัวอย่างการต่อของระบบ ดังรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-15 ตัวอย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบไฟฟ้าฯ [13]

2.4.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าระบบอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม เครื่องยนต์ดีเซล แบตเตอรี่ (Batteries) หรือระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบของระบบจะขึ้นอยู่กับศักยภาพของพื้นที่ หรือออกแบบตามวัตถุประสงค์ของโครงการ อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (Inverter) อาจใช้งานร่วมกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซล แบตเตอรี่ (Batteries) ทั้งนี้ หากมีการเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ผลิตภัณฑ์ Inverter ต้องผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายก่อน ถึงจะสามารถนำไปใช้งานและติดตั้งได้ ซึ่งแสดงตัวอย่างการต่อของระบบดังรูปที่ 2-16



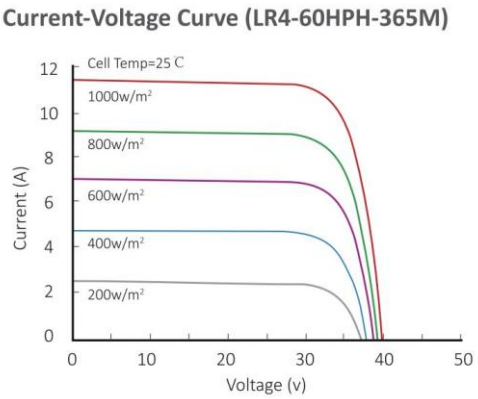
รูปที่ 2-16 ตัวอย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน [14]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.1 ความเข้มแสงอาทิตย์

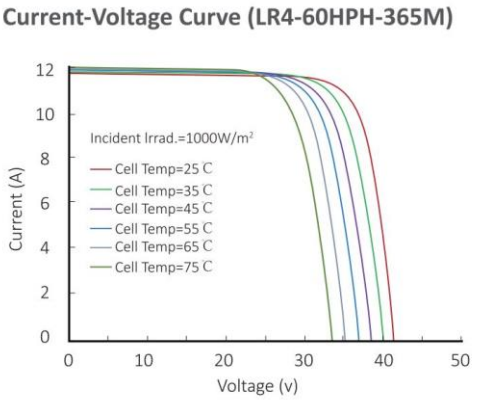
เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มแสง กล่าวคือเมื่อมีความเข้มแสงอาทิตย์สูง กระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าสูง ซึ่งจะทำให้ผลิตไฟฟ้าได้สูงขึ้น ดังรูปที่ 2-17



รูปที่ 2-17 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ [15]

2.5.2 อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากสภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส (°C) แรงดันไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง แต่ไม่ทำให้กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยข้อมูลที่ระบุในรายละเอียดทางเทคนิค (Specification) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นข้อมูลที่ระบุ ณ สภาวะห้องทดสอบ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (°C) และความเข้มแสงอาทิตย์ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าจะลดลง ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงอีกด้วย ดังรูปที่ 2-18



รูปที่ 2-18 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่อุณหภูมิต่างๆ [15]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.3 ทิศและมุมเอียงของการติดตั้ง

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องคำนึงถึงทิศในการติดตั้ง และความลาดเอียงจากพื้นราบกี่องศา เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ทางซีกโลกเหนือละติจูดที่ 6 - 20 องศา โดยดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกโดยเคลื่อนที่แบบอ้อมทิศใต้ ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรที่จะหันหน้าไปยังทิศใต้ เพื่อที่จะได้รับแสงอาทิตย์มากที่สุด และควรติดตั้งแผ่นเอียง 15 องศา จากระดับพื้นราบ สำหรับพื้นที่ภาคกลาง เพื่อให้แสงอาทิตย์กระทบตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันให้มากที่สุด ทั้งนี้ สำหรับพื้นที่ในภาคอื่นๆ ให้พิจารณาตามองศาละติจูดของภาคนั้นๆ [16]

2.5.4 ประเภทแผงเซลล์แสงอาทิตย์

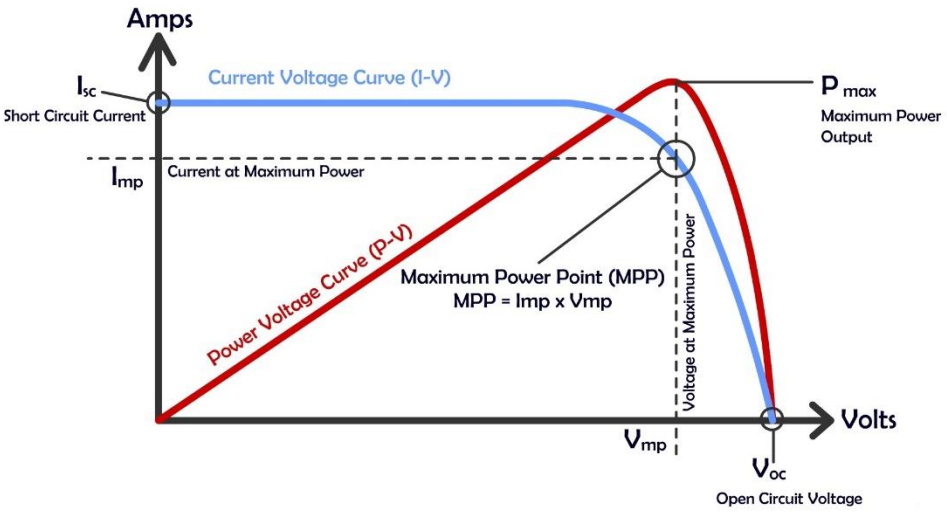
การเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Monocrystalline) ทำจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงที่สุด และแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Polycrystalline) และฟิล์มบาง (Thin Film) มีประสิทธิภาพลดลงมาตามลำดับ

2.5.5 ฝุ่นและความสกปรกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อใช้ไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะมีฝุ่นละอองที่ปนเปื้อนมากับอากาศสะสมที่บริเวณด้านหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ส่งผลให้ความสามารถในการรับแสงอาทิตย์น้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงตั้งแต่ 2 - 40% ขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของฝุ่นที่เกาะอยู่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.6 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

ระบบควบคุมแบบ MPPT ภายในอินเวอร์เตอร์ ได้รับการออกแบบให้ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์สำหรับทำการตรวจสอบกำลังไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ค่ากำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power) ในแต่ละช่วงเวลาตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้รับในรูปของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 2-19 ด้วยขั้นตอนวิธีของ MPPT ที่จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น หากตรวจสอบแล้วพบว่า กลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกสูงกว่า อินเวอร์เตอร์จะย้ายจุดควบคุมไปยังแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกของกลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น เพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้ระบบโดยรวมมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพมากขึ้น



รูปที่ 2-19 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [17]

2.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ

การตัดสินใจเลือกลงทุนในแต่ละโครงการขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าของโครงการ [18] ซึ่งวัดได้จากการเปรียบเทียบกันระหว่างผลประโยชน์กับต้นทุนโครงการ โดยนำมาคำนวณ หาตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าเวลา เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) เป็นต้น ซึ่งตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมากที่บ่งบอกว่าโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ โดยในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการในการศึกษานี้ใช้หลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ 3 หลักเกณฑ์ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

2.6.1 งบกระแสเงินสด (Cash Flow)

กระแสเงินสด (Cash Flow) ของโครงการ คือ รายจ่ายและรายรับที่เกิดขึ้นในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ โดยจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ลงทุนโครงการทราบถึงรายจ่าย-รายรับของโครงการ และทราบถึงปัญหาพร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขล่วงหน้า ในกรณีที่รายรับไม่เพียงพอกับรายจ่าย เพื่อป้องกันการเกิดวิกฤตทางการเงิน (Financial Crisis) ซึ่งในกรณีที่ประสงค์จะยื่นขอกู้เงินจากสถาบันการเงินนั้น สถาบันการเงินจะให้ความสำคัญกับงบกระแสเงินสดมาก เพื่อให้ทราบถึงสภาพคล่องทางการเงินของโครงการ [19]

1) รายจ่าย (Cost) ประกอบด้วย ต้นทุนการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ โดยต้นทุนการลงทุน ได้แก่ เงินที่ใช้ในการลงทุนโครงการ เช่น ค่าที่ดิน, แผงเซลล์แสงอาทิตย์, อินเวอร์เตอร์, หม้อแปลงกำลังไฟฟ้า, อุปกรณ์ประกอบทางไฟฟ้า, ค่าก่อสร้างงานโยธา, ยานพาหนะ, เครื่องจักร และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ได้แก่ ค่าวัสดุสิ้นเปลือง, ค่าจ้างงาน, ค่าบำรุงรักษา (Maintenance), ค่าภาษี, ค่าประกันวินาศภัย, ค่าเสื่อมราคา นอกจากนั้น ต้นทุนเหล่านี้จะต้องระบุแหล่งที่มาและสัดส่วนเงินที่ได้มา ว่ามาจากผู้ประกอบการหรือสถาบันการเงิน เนื่องจากมีผลต่อค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับดอกเบี้ย

2) ประโยชน์หรือรายรับ (Benefit) สำหรับโครงการพลังงานทดแทน สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ประโยชน์ทางตรงทางการเงิน และประโยชน์ทางอ้อม โดยประโยชน์ทางตรงทางการเงิน ได้แก่ รายได้จากการขายพลังงานไฟฟ้าตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้าระหว่างโครงการกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หรือการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า (ลดภาระค่าไฟฟ้า) และประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ การขาย Carbon Credit อันเนื่องมาจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามโครงการลดก๊าซเรือนกระจก ภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) และโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.)

2.6.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการซึ่งสามารถคำนวณได้โดยการแปลงกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน หรือคำนวณ NPV จากผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ของโครงการตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของโครงการซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - C_0$$

โดยที่ B_t = มูลค่าผลตอบแทนของโครงการ ในปีที่ 1, 2, ..., n

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการ ในปีที่ 1, 2, ..., n

C_0 = ต้นทุนโครงการในปีแรก (ปีที่ 0)

i = อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของทุน (อัตราคิดลด : Discount Rate)

t = ปีของโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, ..., n

n = อายุโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจ

NPV < 0 : ไม่ควรลงทุนในโครงการนี้ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุโครงการ มีค่าน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ

NPV = 0 : ตัดสินใจลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ

NPV > 0 : ควรลงทุนในโครงการนี้ เนื่องจากโครงการสร้างผลประโยชน์สุทธิเป็นมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ

2.6.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

ใช้ในการประเมินการลงทุนโครงการว่าโครงการให้อัตราผลตอบแทนเท่าไร โดยอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ คือ อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุนตลอดอายุโครงการ เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการโครงการตลอดอายุโครงการ โดยการคำนวณ IRR มีสมมติฐานว่า กระแสเงินสดรับจากการดำเนินการโครงการในแต่ละปีนั้นนำไปลงทุนต่อทุกปีจนถึงปีสุดท้ายของโครงการ โดยได้รับอัตราผลตอบแทนเท่ากับอัตรา IRR ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} - C_0 = 0$$

โดยที่ B_t = มูลค่าผลตอบแทนของโครงการ ในปีที่ 1, 2, ..., n

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการ ในปีที่ 1, 2, ..., n

C_0 = ต้นทุนโครงการในปีแรก (ปีที่ 0)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

t = ปีของโครงการ คือ ปีที่ 1, 2, ..., n

n = อายุโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์การตัดสินใจ

เปรียบเทียบค่า IRR ที่คำนวณได้กับต้นทุนเงินทุนหรืออัตราคิดลด (Discount Rate) ซึ่งอาจใช้อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำของธุรกิจที่ยอมรับได้ในการลงทุน หรืออัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงินในการอ้างอิง โดยมีรายละเอียดดังนี้

IRR < ต้นทุนของเงินทุน : ไม่ควรลงทุนในโครงการนี้ เนื่องจากให้อัตราผลตอบแทนน้อยกว่าต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราคิดลด (Discount Rate)

IRR = ต้นทุนของเงินทุน : ตัดสินใจลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้ เนื่องจากให้อัตราผลตอบแทนเท่ากับต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราคิดลด (Discount Rate)

IRR > ต้นทุนของเงินทุน : ควรลงทุนในโครงการนี้ เนื่องจากให้อัตราผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราคิดลด (Discount Rate) และมีความคุ้มค่าในการลงทุน

2.6.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นการหาระยะเวลาที่คุ้มทุนของการลงทุนโครงการ คือระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับเงินลงทุนของโครงการ โดยวิธีนี้ไม่คำนึงถึงค่าของเงินตามเวลา โดยมีวิธีคำนวณดังนี้ [20]

<u>กรณีกระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากันทุกปี</u>

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PB)} = \frac{\text{กระแสเงินสดจ่ายในการลงทุนเริ่มต้นโครงการ}}{\text{กระแสเงินสดรับสุทธิรายปี (Annual Cash Inflow)}}$$

<u>กรณีกระแสเงินสดรับสุทธิในแต่ละปีไม่เท่ากัน</u>

วิธีนี้ต้องคำนวณกระแสเงินสดสะสม (Cumulative Cash Flows) ก่อนการคำนวณ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PB)} = \text{จำนวนปีก่อนที่จะได้คืนทุน} + \frac{\text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดรับสุทธิในปีที่คืนทุน (Cash Inflow)}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>เกณฑ์การตัดสินใจ</u>

มีระยะเวลาคืนทุนที่สั้นที่สุด โดยโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะเป็นโครงการที่ดีกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนยาว และระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่นานกว่าอายุการใช้งานของโครงการ

2.6.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ใช้ในการประเมินงบกระแสเงินสด (Cash Flow) และพิจารณาความคุ้มค่าของโครงการต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆ เช่น ตัวแปรทางด้านการเงิน, ตัวแปรเกี่ยวกับระบบที่ทำการศึกษาโครงการ เป็นต้น ดังนั้น จึงต้องทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ซึ่งตัวแปรต่างๆ อาจมีผลกระทบต่ออัตราผลตอบแทน หรือระยะเวลาคืนทุนของโครงการ เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจการลงทุนในแต่ละโครงการต่อไป

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยนี้ จะทำการหาต้นทุนการติดตั้ง, การประเมินความคุ้มค่าโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน

ต้นทุนการติดตั้ง

ในปี พ.ศ. 2557 พิมพ์พรรณ กาเยนนท์ [21] ได้ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 22 kWp พบว่า ค่าใช้จ่ายการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา มีค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่สูงมาก เช่น มูลค่าของอินเวอร์เตอร์ และค่าเครื่องวัด และในปี พ.ศ. 2561 สุรกิจ ทองสุก และอรรถพล เง่าพิทักษ์กุล [22] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา พบว่า ต้นทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 20 kWp มีค่าใช้จ่ายโดยรวมประมาณ 1,121,500 บาท หรือคิดเป็นมูลค่าบาทต่อกิโลวัตต์ kWp เท่ากับ 56,000 บาท/kWp

การประเมินความคุ้มค่า และความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนของโครงการ

ในปี พ.ศ. 2557 ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ [23] จากผลการประเมินศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาของกลุ่มอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเป็นหลัก ผลรวมการศึกษาศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ ที่อัตราคิดลด 7.08% พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 26,744,616.98 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 15% และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) อยู่ระหว่าง 7 - 8 ปี และผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ในปัจจัยด้านต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกำหนดให้ต้นทุนมีสัดส่วนลดลงร้อยละ 5 และเมื่อกำหนดอัตราคิดลดที่ 3 % ต่อปี พบว่า มีค่า IRR เท่ากับ 16% และระยะเวลาคืนทุนของโครงการอยู่ระหว่าง 7 - 8 ปี ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 มานิตย์ ศรีคงแก้ว และพาสิทธิ์ หล่อธีรพงศ์ [24] ได้ทำการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ของบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5 kWp ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าของภาครัฐ ในอัตรา Feed-in Tariff (FiT) อัตรารับซื้อไฟฟ้า 6.96 บาท/หน่วย (kWh) โดยคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) โดยพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) พบว่า เป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยมีค่า IRR เท่ากับ 10.91% และระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 8.5 ปี นอกจากนี้ยังทำการศึกษาความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่า ความคุ้มค่า

ของระบบมีความไวสูงต่ออัตราการลดลงของสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าต่อปี ดังนั้นการเลือกซื้ออุปกรณ์ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และมาตรฐานการติดตั้งระบบ ตลอดจนตำแหน่งที่ติดตั้ง เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อความคุ้มค่าในการลงทุน และภายหลังมาตรการรับซื้อไฟฟ้าดังกล่าว ภาครัฐมีแนวทางที่จะปรับเปลี่ยนนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าเป็นรูปแบบโซล่าร์รูฟเสรี โดยในปี พ.ศ. 2560 สถาบันวิจัยพลังงานและคณะ [25] ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์โครงการนำร่องการส่งเสริมติดตั้งโซล่าร์รูฟเสรี ในด้านเศรษฐศาสตร์, ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายและประชาชน และผลกระทบทางเทคนิคต่อระบบไฟฟ้า โดยการศึกษาดังกล่าวได้ประเมินความคุ้มค่าระบบการรับซื้อส่วนเกิน (Net Billing) ในกลุ่มบ้านอยู่อาศัย, กิจการขนาดเล็ก กลุ่มอาคารและโรงงาน โดยกำหนดสมมติฐาน อัตราเงินเฟ้อ 2.5 % ต่อปี, อัตราคิดลด 2.67 % ต่อปี (สำหรับบ้านอยู่อาศัย) และ 6.62 % (สำหรับกิจการขนาดกลางและใหญ่), อัตราการเสื่อมสภาพ 0.5 % ต่อปี ระยะเวลาโครงการ 25 ปี และคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) โดยพิจารณาเกณฑ์การลงทุน ได้แก่ อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) ในแต่ละรูปแบบประเภทกิจการ จากผลการศึกษาพบว่า IRR มีค่าเท่ากับ 7 - 10% และระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่าง 10 - 14 ปี ทั้งนี้ จากการประเมินความคุ้มค่าและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 5.25 kWp ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานประเภทแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (Lead-acid battery) และชนิดลิเธียมไอออน (Lithium-ion battery) ในปี พ.ศ. 2560 จารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์ [26] พบว่า เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนแบตเตอรี่สูง ทำให้โครงการยังไม่มีความคุ้มค่ากับการลงทุนในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 (Power Development Plan: PDP2018) ได้กำหนดสัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่จากโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP) ในช่วงปี 2561 - 2580 ในปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญา 20,766 MW จากสัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ทั้งหมด 56,431 MW คิดเป็นสัดส่วนของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญารวม 10,000 MW โดยจะมีการดำเนินโครงการพลังงานแสงอาทิตย์ (โซลาร์ภาคประชาชน) ปีละ 100 MW เป็นระยะเวลา 10 ปี [1]

ในปี พ.ศ. 2562 คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้ออกระเบียบ กกพ. ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562 [2] และประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 [3] โดยส่งเสริมให้ประชาชนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย โดยมีรายละเอียดโครงการดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 รายละเอียดโครงการรับซื้อไฟฟ้า

รายการ	**รายละเอียดโครงการ**	
วัตถุประสงค์โครงการ	เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองเป็นหลัก เมื่อมีพลังงานไฟฟ้าส่วนเหลือจึงจำหน่ายผ่านระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย	
ประเภทเชื้อเพลิง	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (ภาคครัวเรือน ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย ประเภทที่ 1 ตามประกาศอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย)	
เป้าหมายการจัดหาพลังงานไฟฟ้า	พื้นที่การไฟฟ้านครหลวง	พื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
	กำลังผลิตติดตั้ง 30 MWp	กำลังผลิตติดตั้ง 70 MWp
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง	ไม่เกิน 10 kWp	
อัตรารับซื้อไฟฟ้า	1.68 บาท/หน่วย	
รูปแบบการรับซื้อไฟฟ้า	Net Billing	
ระยะเวลารับซื้อไฟฟ้า	10 ปี	

หมายเหตุ :

1. พื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้านครหลวง ประกอบด้วย 3 จังหวัด กรุงเทพมหานคร, นนทบุรี และสมุทรปราการ

2. พื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประกอบด้วย 74 จังหวัด ที่อยู่นอกพื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้านครหลวง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ทำการประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุน ประเมินพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ และประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.1 ศึกษาระเบียบ และประกาศที่เกี่ยวข้องกับการรับซื้อไฟฟ้า

ศึกษารายละเอียดโครงการรับซื้อไฟฟ้าตามระเบียบและประกาศดังนี้

1) ระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562 ประกาศ ณ วันที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2562

2) ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562 ประกาศ ณ วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2562

โครงการรับซื้อไฟฟ้าดังกล่าว คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานเป็นผู้ออกระเบียบและประกาศฉบับดังกล่าว สรุปรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการดังกล่าวได้ดังตารางที่ 2-2

3.2 กำหนดพื้นที่ศึกษาโครงการ

พิจารณาพื้นที่ที่จะทำการศึกษาโครงการ โดยพิจารณาจากข้อมูลศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พบว่า พื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีสูงสุด ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ดังนั้น จึงกำหนดพื้นที่ที่จะทำการศึกษาในบริเวณจังหวัดลพบุรี (อยู่ในพื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) โดยในเดือนเมษายนได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีสูงสุด ในช่วง 18 - 20 MJ/m^2-day

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ศึกษาระเบียบ และหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าพื้นที่รับผิดชอบ

เนื่องจากพื้นที่ที่จะทำการศึกษาโครงการอยู่ในบริเวณจังหวัดลพบุรี ซึ่งอยู่ในพื้นที่ดำเนินการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังนั้น จึงทำการศึกษาระเบียบ และหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง พบว่า ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณกำลังไฟฟ้ารับซื้อจากผู้ผลิตไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

1) ผู้ผลิตไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 220 V (ระบบ 1 เฟส) : สามารถเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบ 1 เฟส กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดไม่เกิน 5 kWp/ราย

2) ผู้ผลิตไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 380/220 V (ระบบ 3 เฟส) : สามารถเชื่อมต่อระบบผลิตไฟฟ้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบ 3 เฟส กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดไม่เกิน 10 kWp/ราย

3.4 ศึกษาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ศึกษาค้นคว้าค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp ซึ่งเป็นไปตามประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้า และระเบียบ หลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้

ออกแบบและวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้จากระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp โดยการจำลอง (Simulation) ด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software) ทางด้านระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น โปรแกรม PVSyst

3.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) ในการพิจารณาเกณฑ์การลงทุนโครงการ ประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) โดยทำการเปรียบเทียบความคุ้มค่าโครงการ จำนวน 3 รูปแบบดังนี้

1) ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านอยู่อาศัยเป็นหลัก

2) ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านอยู่อาศัย และจำหน่ายไฟฟ้าส่วนที่เหลือเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

3) ผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายเป็นหลัก

3.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์

ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน เช่น อัตารับซื้อไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ผู้วิจัยทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp โดยเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Polycrystalline) ขนาด 330 Wp และอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ขนาด 2 kW, 3.3 kW และ 8.5 kW ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามระเบียบและประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้า ที่กำหนดให้มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 10 kWp และตามระเบียบ หลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่กำหนดให้มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 5 kWp (สำหรับระบบจำหน่าย 220 V (ระบบ 1 เฟส)) และไม่เกิน 10 kWp (สำหรับระบบจำหน่าย 380/220V (ระบบ 3 เฟส))

4.1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนโครงการระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ประกอบด้วย ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลักดังนี้

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์

2) อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

3) อุปกรณ์โครงสร้าง เช่น โครงสร้างอลูมิเนียมและอุปกรณ์จับยึดที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และรางเดินสายไฟ

4) อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ระบบมอนิเตอร์ (Electrical System & Monitoring System)

5) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลราคาชุดติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ของผู้ประกอบกิจการธุรกิจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่ และมีบริการหลังการขายและรับประกันแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ ตามเงื่อนไขที่บริษัทกำหนด จากข้อมูลราคาที่แสดงบนเว็บไซต์ เป็นราคาจ้างเหมารวมค่าอุปกรณ์ ค่าติดตั้ง และค่าทดสอบระบบ ตามขนาดกำลังการผลิตติดตั้งของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งไม่ได้แสดงรายละเอียดราคาของแต่ละอุปกรณ์หรือแต่ละงาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำราคาของผู้ประกอบกิจการมาเฉลี่ย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง บาท/kWp ดังตารางที่ 4-1 เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp โดยแสดงข้อมูลในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 ราคาเฉลี่ยชุดติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

รายละเอียด	**ราคา* (บาท/kWp)**
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp	79,910.71
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp	71,941.43
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp	53,958.46

หมายเหตุ : * ราคาเฉลี่ยจากผู้ประกอบกิจการธุรกิจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 4 ราย (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2563)

ตารางที่ 4-2 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

รายละเอียด	**ราคา (บาท)**
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp	184,593.74
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp	284,888.06
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp	534,188.75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า

ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า การตรวจสอบระบบอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องตามประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้า 8,500 บาท ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

4.1.3 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปจะรับประกันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 10 ปี และรับประกันประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 25 ปี โดยประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ณ ปีที่ 25 ลดลงไม่เกิน 80%

2) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยทั่วไปรับประกันอายุการใช้งาน 5 - 10 ปี

3) ค่าบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วย

- ค่าบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น การทำความสะอาดแผง, การตรวจเช็คสภาพแผง (รอยร้าว รอยแตก)

- ค่าบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เช่น ตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์

- ค่าบำรุงรักษาระบบสายไฟและการเชื่อมต่อต่างๆ เช่น การตรวจสอบสายไฟฟ้าและสายคอนโทรล (รอยร้าว รอยแตก ฉนวนเสื่อมสภาพ), การต่อลงดิน, การตรวจสอบโครงสร้างและอุปกรณ์จับยึดแผง, การตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอยู่อาศัย, การตรวจสอบจุดร้อนด้วยกล้อง Thermoscan

ในงานวิจัยนี้กำหนดสมมติฐานอายุโครงการ 25 ปี ดังนั้น จึงไม่มีการเปลี่ยนอุปกรณ์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยกเว้นกรณีอุปกรณ์ชำรุด/เสียหาย จนเป็นเหตุทำให้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ และในส่วนของอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) อาจจะต้องดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่เพื่อทดแทนอุปกรณ์เดิม จำนวน 1 - 2 ครั้ง (ราคา 50,000 บาท/เครื่อง) ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานของอุปกรณ์สภาพแวดล้อมการใช้งาน ทั้งนี้ อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ในบางผลิตภัณฑ์สามารถขยายระยะเวลารับประกันอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ได้ และในส่วนของการบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ควรหมั่นตรวจสอบเป็นประจำอย่างน้อยปีละครั้ง เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อความปลอดภัยผู้ใช้ไฟฟ้าด้วย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงไม่นำค่าใช้จ่ายในส่วนของการเปลี่ยนอุปกรณ์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) มาพิจารณาในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ โดยจะพิจารณาเฉพาะค่าบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ประจำปี โดยผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานค่าบำรุงรักษา 2,000 บาท/ปี และเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อ 3 % ต่อปี

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้

ทำการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี โดยการจำลอง (Simulation) ด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software) ทางด้านระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยโปรแกรม PVSyst พบว่า มีค่าสมรรถนะระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio: PR) เท่ากับ 77.89%, 78.60% และ 79.62% ตามลำดับ โดยมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้ารายเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4-3 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh) เป็นพลังงานที่ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ในช่วงที่มีแสงแดด เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดภายในบ้านอยู่อาศัยเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หรือเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายเพื่อขายไฟฟ้าตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า จากข้อมูลตามตารางที่ 4-3 จะเห็นได้ว่า ในช่วงเดือน มีนาคม - พฤษภาคม ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเดือนอื่นๆ ในรอบปี เนื่องจากเป็นช่วงฤดูร้อนและเป็นช่วงเวลาที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา

เดือน	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)		
	ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp	ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp	ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp
มกราคม	296.4	512	1,298
กุมภาพันธ์	264.8	458	1,159
มีนาคม	305	527	1,335
เมษายน	296.8	513	1,299
พฤษภาคม	300.8	521	1,318
มิถุนายน	289.4	501	1,270
กรกฎาคม	295.2	511	1,294
สิงหาคม	265.7	460	1,166
กันยายน	256	444	1,123
ตุลาคม	264.8	458	1,160
พฤศจิกายน	266.5	461	1,166
ธันวาคม	290.2	501	1,270
รวม	**3,391.6**	**5,867**	**14,858**

4.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ทำการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กำหนดสมมติฐานทางการเงิน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

1) อายุโครงการ 25 ปี (รูปแบบการผลิตไฟฟ้าที่ 1 และ 2) และอายุโครงการ 10 ปี (รูปแบบการผลิตไฟฟ้าที่ 3)

2) อัตรารับซื้อไฟฟ้า 1.68 บาท/หน่วย เป็นระยะเวลา 10 ปี

3) อัตราค่าไฟฟ้า 4 บาท/หน่วย โดยเพิ่มขึ้น 1% ในแต่ละปี

4) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยเฉลี่ยของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ข้อมูลตามตารางที่ 4-1

5) ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า การตรวจสอบระบบอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องตามประกาศ กกพ. 8,500 บาท ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

6) ค่าบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 2,000 บาท/ปี โดยเพิ่มขึ้นในแต่ละปีตามอัตราเงินเฟ้อ (กรณีศึกษา อัตราเงินเฟ้อ 3%)

7) ภาษีเงินได้ หัก ณ ที่จ่าย (Withholding Tax) 1% (จากการขายไฟฟ้า)

8) เจ้าของบ้านหรืออาคาร เป็นผู้ลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เงินส่วนของเจ้าของ 100%

9) อัตราคิดลด (Discount Rate) 3% ต่อปี

<u>กำหนดสมมติฐานรูปแบบการผลิตไฟฟ้า</u> เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

<u>รูปแบบที่ 1</u> ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า

<u>รูปแบบที่ 2</u> ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40%

<u>รูปแบบที่ 3</u> ผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายละเอียด	**ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์**		
	NPV	IRR	Payback Period
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp			
1) ผลิตเพื่อใช้ภายใน 100%	0 บาท	3%	17 ปี 2 เดือน
2) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ
3) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp			
1) ผลิตเพื่อใช้ภายใน 100%	76,382 บาท	5.21%	14 ปี 9 เดือน
2) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	-58,897 บาท	0.91%	22 ปี 12 เดือน
3) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp			
1) ผลิตเพื่อใช้ภายใน 100%	469,095 บาท	9.60%	9 ปี 5 เดือน
2) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	126,515 บาท	5.14%	13 ปี 3 เดือน
3) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ

จากข้อมูลในตารางที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp จำนวน 3 รูปแบบการผลิตไฟฟ้า โดยผลการศึกษา กรณีติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp พบว่า การติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลักโดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับศูนย์ กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนตลอดอายุโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ เนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 3% เท่ากับอัตราคิดลด (Discount Rate) ของโครงการ และใช้ระยะเวลานานในการคืนทุน 17 ปี 2 เดือน และการลงทุนติดตั้งในรูปแบบการผลิตไฟฟ้าอื่น ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน และกรณีติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp พบว่า การติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลักโดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 76,382 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 5.21% และระยะเวลาคืนทุน 14 ปี 9 เดือน และการติดตั้งเพื่อใช้ภายในและมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ติดลบ อัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลด (Discount Rate) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 0.91% และใช้ระยะเวลานานในการคืนทุน 22 ปี 12 เดือน และการติดตั้งเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน และกรณีติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp พบว่า การติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 469,095 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 9.60% และระยะเวลาคืนทุน 9 ปี 5 เดือน และการติดตั้งเพื่อใช้ภายในและมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 126,515 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 5.14% และใช้ระยะเวลานานในการคืนทุน 13 ปี 3 เดือน และการติดตั้งเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp, 3.96 kWp และ 9.90 kWp ตามนโยบายรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

(Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ของการติดตั้งเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้ามีค่ามากกว่าการติดตั้งเพื่อใช้ภายในและมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบ และการติดตั้งเพื่อจำหน่ายเป็นหลัก ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนโครงการเร็วกว่าการติดตั้งในรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด และช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากระบบซึ่งมีอัตราค่าไฟฟ้าสูงกว่าอัตรารับซื้อไฟฟ้าของโครงการ และสำหรับการลงทุนติดตั้งเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคามีต้นทุนสูงแต่อัตรารับซื้อไฟฟ้าที่กำหนดโดยภาครัฐมีราคาต่ำ

4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน โดยเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้าของโครงการ จากเดิมราคา 1.68 บาท/หน่วย ปรับเพิ่มขึ้นจากอัตรารับซื้อไฟฟ้าเดิม 2 เท่า เป็นราคา 3.36 บาท/หน่วย เพื่อพิจารณาผลตอบแทนโครงการที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า

รายละเอียด	ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์		
	NPV	IRR	Payback Period
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp			
1) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ
2) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp			
1) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	-26,614 บาท	2.03%	19 ปี 7 เดือน
2) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp			
1) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	208,268 บาท	6.66%	10 ปี 5 เดือน
2) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	-	-	มากกว่าอายุโครงการ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 4-5 พบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นจำนวน 2 เท่า โครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp และ 9.90 kWp มีอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) ของโครงการสูงขึ้น และระยะเวลาคืนทุนโครงการเร็วขึ้น แต่สำหรับโครงการขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ยังคงติดลบอยู่ เนื่องจากอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลด (Discount Rate) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 2.05% และสำหรับโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

นอกจากนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน โดยเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย เพื่อพิจารณาหาจุดคุ้มทุนของโครงการ ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับศูนย์ โดยมีผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย

รายละเอียด	ราคา (บาท/kWp)	ราคา (บาท)
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp		
1) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	46,000 บาท/kWp	106,260 บาท
2) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	7,850 บาท/kWp	18,133.5 บาท
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp		
1) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	57,060 บาท/kWp	225,957.6 บาท
2) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	13,180 บาท/kWp	52,192.8 บาท
ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp		
1) ผลิตใช้ภายใน 60% จำหน่าย 40%	66,720 บาท/kWp	660,528 บาท
2) ผลิตเพื่อจำหน่าย 100%	17,760 บาท/kWp	175,824 บาท

จากผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ดังแสดงในตารางที่ 4-6 พบว่า โครงการจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าค่าใช้จ่ายตามตารางที่ 4-6 เช่น ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp สำหรับการติดตั้งเพื่อใช้ภายในและมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า โครงการจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบต่ำกว่าราคา 46,000 บาท/kWp หรือ 106,260 บาท และสำหรับการติดตั้งเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก ต้องมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบต่ำกว่าราคา 7,850 บาท/kWp หรือ 18,133.5 บาท โครงการจึงจะมีความคุ้มค่าในการลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนและความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้ายังคงมีราคาสูง และขึ้นอยู่กับขนาดกำลังการผลิตติดตั้งของโครงการ โดยโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งน้อยจะมีต้นทุน (บาท/kWp) สูงกว่าโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งขนาดใหญ่ ตามหลักการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) และโครงการจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนสำหรับบ้านอยู่อาศัยที่มีรูปแบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก เช่น การติดตั้งขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 220 V (ระบบ 1 เฟส) มีอัตราผลตอบแทน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 76,382 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) เท่ากับ 5.21% และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) เท่ากับ 14 ปี 9 เดือน และการติดตั้งขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 380/220 V (ระบบ 3 เฟส) มีอัตราผลตอบแทน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เท่ากับ 469,095 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) เท่ากับ 9.60% และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) เท่ากับ 9 ปี 5 เดือน โดยอัตราผลตอบแทนของการลงทุนรูปแบบนี้มีความคุ้มค่าอยู่ในระดับที่น่าสนใจลงทุนติดตั้ง สำหรับบ้านอยู่อาศัยที่มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมากๆ หรือประกอบกิจการธุรกิจ ส่วนการลงทุนติดตั้งในรูปแบบอื่น อัตราผลตอบแทนจะลดน้อยลง และใช้ระยะเวลาในการคืนทุนสูงขึ้นตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ต้นทุนการลงทุน อัตราค่าไฟฟ้า อัตรารับซื้อไฟฟ้า ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า สัดส่วนการผลิตและการใช้ไฟฟ้า และรวมถึงปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ สภาพแวดล้อมพื้นที่ติดตั้ง อุณหภูมิ สภาพอากาศ ฝุ่นและความสกปรกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีผลต่ออัตราผลตอบแทนของโครงการและมีผลต่อการตัดสินใจเลือกลงทุน นอกจากนี้ อัตราผลตอบแทนของโครงการมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบมากกว่าอัตรารับซื้อไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ปัจจุบันราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลง แต่ด้วยหลักการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) ทำให้โครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งน้อย มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนโครงการสูงกว่าโครงการที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมาก จึงทำให้โครงการที่มีขนาดใหญ่หรือมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า มีอัตราผลตอบแทนโครงการที่ดีกว่าโครงการที่มีขนาดเล็กหรือมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งน้อยกว่า ดั้งนั้น หากในอนาคตต้นทุนค่าใช้จ่ายในการลงทุนโครงการมีราคาถูกลงจะทำให้ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการเปลี่ยนแปลงไป

2) อัตรารับซื้อไฟฟ้าของโครงการรับซื้อไฟฟ้าในปัจจุบัน เท่ากับ 1.68 บาท/หน่วย และมีรูปแบบการคิดเงินสัดส่วนระหว่างการใช้และผลิตไฟฟ้า ในรูปแบบ Net Billing หากในอนาคตมีการเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า, รูปแบบการคิดเงิน หรือปัจจัยอื่นๆ ของโครงการ ซึ่งอาจมีผลทำให้ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการเปลี่ยนแปลงไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 (*PDP*2018). 2562.
2. สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, ระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ว่าด้วย การจัดหาไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชน พ.ศ. 2562. 2562.
3. สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย พ.ศ. 2562. 2562.
4. สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับประเทศไทย ปี 2560. 2560.
5. กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์.
6. กองพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์. Available from: http://www4.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm.
7. Energyinformative. *Best Thin Film Solar Panels – Amorphous, Cadmium Telluride or CIGS ?* ; Available from: https://energyinformative.org/best-thin-film-solar-panels-amorphous-cadmium-telluride-cigs/.
8. คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. การเพิ่มกำลังไฟฟ้าในระบบ. 2559; Available from: https://www.facebook.com/thaisolarelectricityhandbook/photos/a.445226795624892/693911767423059/?type=3&theater.
9. นพดล รุ่งสวาท, การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (*Solar Cell)*.
10. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์.
11. ABB Solar Inverters. *Central Inverters (PVS*800 - 500 *to* 1000 *kW)*. 2560; Available from: https://library.e.abb.com/public/4736ece73ecf4e3aa2bb7a6ec7f0ee6d/PVS800_central_inverters_flyer_3AUA0000057380_RevN_EN_lowres.pdf.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12. Premier Products Public Company Limited. *Inverter Solar (Huawei SUN*2000-100*KTL-M*1). Available from: http://www.premier-products.co.th/product/huawei-sun2000-100ktl-m1-inverter-solar/.
13. นรงฤทธิ์ เสนาจิตร. ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (*The Solar Power Generation System)*. 2561; Available from: http://www.mut.ac.th/research-detail-246.
14. *Solar PV Hybrid System*. 2560; Available from: http://solarpvyashichiko.blogspot.com/2017/06/solar-pv-hybrid-system.html.
15. LONGi Solar. *Solar PV Module (LR*4-60*HPH* 350-380*M)*. Available from: https://en.longi-solar.com/uploads/attach/20200423/5ea0f91d33235.pdf.
16. สุรเชษฐ ย่านวารี. หลักการออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้น สำหรับบ้านเรือน. 2559; Available from: https://ienergyguru.com/2016/06/%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B9%8C/.
17. Green Sarawak. *Going Solar Chapter* 8 : *Know Your Solar PV Cells and Panels*. Available from: https://greensarawak.com/things-to-know-before-going-solar/going-solar-chapter-8-know-your-solar-pv-cells-and-panels/.
18. วิภา เล็กกุลวัฒน์, การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการเข้าร่วมโครงการนำร่อง การส่งเสริมการติดตั้งโซล่าร์รูฟอย่างเสรี กรณีศึกษาในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง. 2559, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
19. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์. 2554.
20. TerraBKK คลังความรู้. *Financial Ratio* 6 : *Payback Period (PB)* นานเท่าไหร่ กว่าการลงทุนครั้งนี้ จะคืนทุน *?* 2560; Available from: https://www.terrabkk.com/articles/27111/financial-ratio-6-payback-period-pb-%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B9%88-%E0%B8%81%E0%B8%A7%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B8%99%E

0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B9%89-%E0%B8%88%E0%B8%B0%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B8%99-.

21. พิมพ์พรรณ กาเยนนท์, การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. 2557, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
22. สุรกิจ ทองสุก และอรรถพล เง่าพิทักษ์กุล, การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), มกราคม - มิถุนายน 2561. ปีที่ 10 ฉบับที่ 19.
23. ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์ และโสภิตสุดา ทองโสภิต, การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วารสารวิจัยพลังงาน, กรกฎาคม - ธันวาคม 2558. ปีที่ 12 ฉบับที่ 2.
24. มานิตย์ ศรีคงแก้ว และพาสิทธิ์ หล่อธีรพงศ์, การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของบ้านอยู่อาศัย. วารสารวิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), มกราคม - มีนาคม 2558. ปีที่ 26 ฉบับที่ 1.
25. ดร.โสภิตสุดา ทองโสภิต และคณะ, โครงการศึกษาวิเคราะห์โครงการนำร่อง การส่งเสริมติดตั้งโซล่าร์รูฟเสรี ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและผลการวิเคราะห์จากโครงการวิจัย. 2560.
26. จารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์, การประเมินระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ร่วมกับการกักเก็บพลังงาน สำหรับบ้านอยู่อาศัยในประเทศไทย. 2560, สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

www.jinkosolar.com

JinKO Solar
Building Your Trust in Solar

Eagle 72P
320-340 Watt
POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015、ISO14001:2015、OHSAS18001 certified factory.

IEC61215、IEC61730、UL1703 certified products.

(5BB)

KEY FEATURES

5 Busbar Solar Cell:
5 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 340Wp.

PID RESISTANT:
Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed 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.

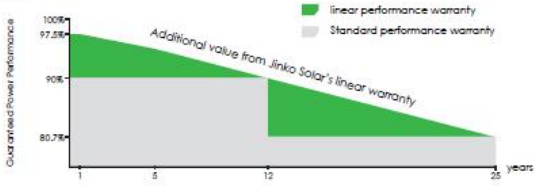
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

PV CYCLE · CE · POSITIVE QUALITY · CLEAN ENERGY COUNCIL MEMBER

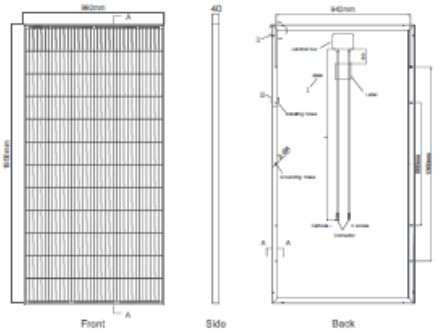
Nomenclature:
JKMxxxPP-60/72-V

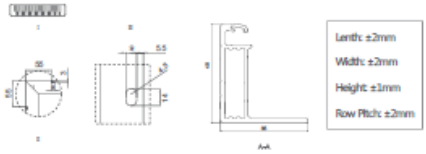
Code	Cell	Code	Certification
null	Full	null	1000V
H	Half	V	1500V



คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ต่อ)

Engineering Drawings



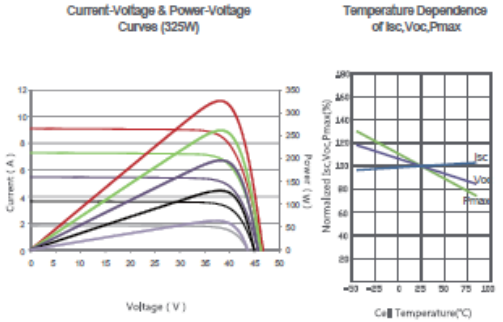


Packaging Configuration

(Two pallets=One stack)

27pcs/pallet, 54pcs/stack, 648 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 157×157mm (6 inch)
No.of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs.)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm², Length: 1200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320PP-72 JKM320PP-72-V		JKM325PP-72 JKM325PP-72-V		JKM330PP-72 JKM330PP-72-V		JKM335PP-72 JKM335PP-72-V		JKM340PP-72 JKM340PP-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.38%/℃									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/℃									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/℃									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2℃									

STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM320-340PP-(V)-72-A3.1-EN

ภาคผนวก ข
คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 2.31 kWp และ 3.96 kWp

SOLAR INVERTERS

ABB string inverters

UNO-DM-1.2/2.0/3.3/4.0/4.6/5.0-TL-PLUS
1.2 to 5.0 kW

The new UNO-DM-PLUS single-phase inverter family, with power ratings from 1.2 to 5.0 kW, is the optimal solution for residential installations.

01

—
01 UNO-DM-1.2/2.0/3.3/4.0/4.6/5.0-TL-PLUS outdoor string inverter

One size fits all
The new design wraps ABB's quality and engineering into a lightweight and compact package thanks to technological choices optimized for installations with different orientation.

All power ratings share the same overall volume, allowing higher performance in a minimum space, and have a dual Maximum Power Point Tracker (2 MPPT).

Easy to install, fast to commission
The presence of Plug and Play connectors, both on the DC and AC side, as well as the wireless communication, enable a simple, fast and safe installation without the need of opening the front cover of the inverter.

The featured easy commissioning routine removes the need for a long configuration process, resulting in lower installation time and costs.
Improved user experience thanks to a build in User Interface (UI), which enables access to features such as advanced inverter configuration settings, dynamic feed-in control and load manager, from any WLAN enabled devices (smartphone, tablet or PC).

Smart capabilities
The embedded logging capabilities and direct transferring of the data to Internet (via Ethernet or WLAN) allow customers to enjoy the whole Aurora Vision® remote monitoring experience.
The advanced communication interfaces (WLAN, Ethernet, RS485) combined with an efficient Modbus (RTU/TCP) communication protocol, Sunspec compliant, allow the inverter to be easily integrated within any smart environment and with third party monitoring and control systems.
A complete set of control functions with the embedded efficient algorithm, enabling dynamic control of the feed-in (i.e. zero injection), make the inverter suitable for worldwide applications in compliance with regulatory norms and needs of the utilities.
The future-proof and flexible design enables integration with current and future devices for smart building automation.

Highlights
- Wireless access to the embedded Web User Interface
- Easy commissioning capability
- Future-proof with embedded connectivity for smart building and smart grid integration
- Dynamic feed-in control (for instance "zero injection")
- Remote Over The Air (OTA) firmware upgrade for inverter and components
- Modbus TCP/RTU Sunspec compliant
- Remote monitoring via Aurora Vision® cloud
- Dual input section with independent MPPT

คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 2.31 kWp และ 3.96 kWp (ต่อ)

ABB string inverters

UNO-DM-1.2/2.0/3.3/4.0/4.6/5.0-TL-PLUS

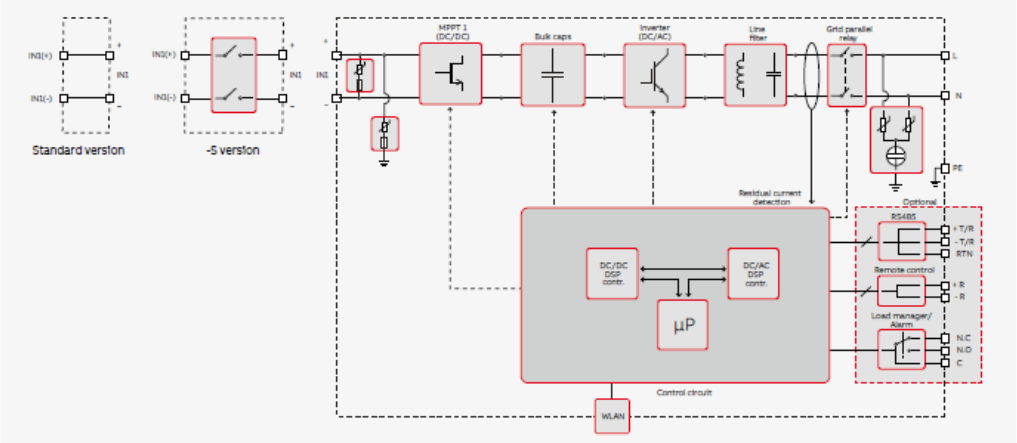
1.2 to 5.0 kW

Technical data and types

Type code	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	UNO-DM-2.0-TL-PLUS	UNO-DM-3.3-TL-PLUS
Input side			
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,abs}$)		600 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})	120 V (adj. 100...150 V)	150 V (adj. 100...250 V)	200 V (adj. 120...350 V)
Operating DC input voltage range (V_{dcmin}...V_{dcmax})		0.7 x V_{start}...580 V (min 90 V)	
Rated DC input voltage (V_{dcr})	185 V	300 V	360 V
Rated DC input power (P_{dcr})	1500 W	2500 W	3500 W
Number of independent MPPT	1	1	2
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{MPPTmax}$)	1500 W	2500 W	2000 W
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{acr}	100...530 V	210...530 V	170...530 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	N/A	N/A	Linear derating from Max to Null [530 V≤V_{MPPT}≤580 V]
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{acr}, max unbalance example	N/A	N/A	2000 W [200 V≤V_{MPPT}≤530 V] the other channel: P_{dcr}-2000 W [112 V≤V_{MPPT}≤530 V]
Maximum DC input current (I_{dcmax}) / for each MPPT ($I_{MPPTmax}$)	10.0 A	10.0 A	20.0 / 10.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	12.5 A	12.5 A	12.5 / 25.0 A
Number of DC input pairs for each MPPT		1	
DC connection type [1]		Quick Fit PV Connector	
Input protection			
Reverse polarity protection		Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT-varistor		Yes	
Photovoltaic array isolation control		According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)		25 A / 600 V	
Output side			
AC grid connection type		Single-phase	
Rated AC power (P_{acr} @cosϕ=1)	1200 W	2000 W	3300 W
Maximum AC output power (P_{acmax} @cosϕ=1)	1200 W	2000 W	3300 W
Maximum apparent power (S_{max})	1200 VA	2000 VA	3300 VA
Rated AC grid voltage ($V_{ac,r}$)		230 V	
AC voltage range [3]		180...264 V	
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	5.5 A	10.0 A	14.5 A
Contributory fault current	10.0 A	12.0 A	16.0 A
Rated output frequency (f_r) [4]		50/60 Hz	
Output frequency range (f_{min}...f_{max}) [4]		47...53/57...63 Hz	
Nominal power factor and adjustable range		> 0.995, adj. ± 0.1 - 1 (over/under excited)	
Total current harmonic distortion		< 3.5%	
AC connection type		Female connector from panel	
Output protection			
Anti-islanding protection		According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	10.0 A	16.0 A	20.0 A
Output overvoltage protection - varistor		2 (L - N / L - PE)	

คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 2.31 kWp และ 3.96 kWp (ต่อ)

ABB UNO-DM-1.2/2.0-TL-PLUS string inverter block diagram



Technical data and types

Type code	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	UNO-DM-2.0-TL-PLUS	UNO-DM-3.3-TL-PLUS
Operating performance			
Maximum efficiency (η_{max})	94.8%	96.7%	97.0%
Weighted efficiency (EURO/CEC)	92.0%	95.0%	96.5% / -
Feed in power threshold		8 W	
Night consumption		<0.4 W	
Embedded communication			
Embedded communication interface [5]		Wireless	
Embedded communication protocol		ModBus TCP (SunSpec)	
Commissioning tool		Web User Interface, Display, Aurora Manager Lite	
Monitoring		Plant Portfolio Manager, Plant Viewer, Plant Viewer for Mobile	
Optional board UNO-DM-COM kit			
Optional communication interface		RS485 (use with meter for dynamic feed-in control), Alarm/Load manager relay, Remote ON/OFF	
Optional communication protocol		ModBus RTU (SunSpec), Aurora Protocol	
Optional board UNO-DM-PLUS Ethernet COM kit			
Optional communication interface		Ethernet, RS485 (use with meter for dynamic feed-in control), Alarm/Load manager relay, Remote ON/OFF	
Optional communication protocol		ModBus TCP (SunSpec), ModBus RTU (SunSpec), Aurora Protocol	
Environmental			
Ambient temperature range	-25...+60°C /-13...140°F with derating above 50°C/122°F	-25...+60°C /-13...140°F with derating above 50°C/122°F	-25...+60°C /-13...140°F with derating above 50°C/122°F
Relative humidity		0...100 % condensing	
Maximum operating altitude without derating		2000 m / 6560 ft	
Physical			
Environmental protection rating		IP 65	
Cooling		Natural	
Dimension (H x W x D)		553 x 418 x 175 mm / 21.8" x 16.5" x 6.9"	
Weight		15 kg / 33 lbs	
Mounting system		Wall bracket	
Safety			
Isolation level		Transformerless	
Marking		CE, RCM	
Safety and EMC standard		EN 50178, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, AS/NZS 3100, EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3	
Grid standard (check your sales channel for availability) [7]		CEI 0-21, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G83/2, G59/3, RD 413, ITC-BT-40, AS/NZS 4777.2, C10/11, IEC 61727, IEC 62116	
Available products variants			
Standard	UNO-DM-1.2-TL-PLUS-B	UNO-DM-2.0-TL-PLUS-B	UNO-DM-3.3-TL-PLUS-B
With DC switch	UNO-DM-1.2-TL-PLUS-SB	UNO-DM-2.0-TL-PLUS-SB	UNO-DM-3.3-TL-PLUS-SB

[1] "Refer to the document "String Inverter – Product Manual appendix" available at www.abb.com/solarinverters to know the brand and the model of the quick fit connector"
[2] For UK G83/2 setting, maximum output current limited to 16 A up to a maximum output Pacr of 3600 W and a maximum apparent power of 3600 VA
[3] The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard
[4] The Frequency range may vary depending on specific country grid standard; CE is valid for 50Hz only
[5] As per IEEE 802.11 b/g/n standard
[6] Pacr = 4200 W @ 45°C/113°F
[7] Further grid standard will be added, please refer to ABB Solar page for further details
Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 9.90 kWp

SOLAR INVERTERS

ABB string inverters

TRIO-5.8/7.5/8.5-TL-OUTD
5.8 to 8.5 kW

The all-in-one residential three-phase TRIO-5.8, 7.5 and 8.5 kW inverters deliver performance, ease of use and installation, monitoring and control. With their 98% peak efficiency and wide input voltage range, the residential TRIO inverter means flexible installations and powerful output.

— TRIO-5.8/7.5/8.5-TL-OUTD outdoor string inverter

Commercial grade engineering at residential scale
The topology of the larger, commercial TRIO inverters has been redesigned to ensure that the TRIO-5.8/7.5/8.5 models also enjoy high conversion efficiency across a wide range of input voltages. Optional integrated dataloggers and smart grid functionality, remote firmware updating and elegantly simple sliding front covers make these all-in-one devices easy to install and maintain. In short, they are commercial grade engineering at residential scale.

Inverters packed with powerful features
The double maximum power point tracker (MPPT) gives maximum installation flexibility for an optimal energy production (TRIO-7.5/8.5 models). This line of inverters can integrate power control, monitoring functionalities and environmental sensor inputs, without requiring external components.

TCP/IP connectivity can be also added by plugging in an optional expansion board (Ethernet or Wi-Fi) for providing data logging functionality for monitoring the main parameters of the plant as well as advanced O&M operations both locally (with the integrated webserver) and remotely (with the AV Plant Portfolio Manager portal), via a LAN connection.

The outer cover with its natural cooling mechanism qualifies at IP65 environmental protection level for external use. It provides maximum reliability and ease of installation, with a sliding front panel giving access to the connection and configuration area without requiring the complete removal of the cover.

Highlights
- Three-phase bridge topology for DC/ AC output converter
- Transformerless topology
- Two independent MPPT channels for TRIO-7.5/8.5 allow optimal energy harvesting from two sub-arrays oriented in different directions (one MPPT channel for TRIO-5.8)
- Flat efficiency curves ensure high efficiency at all output levels enabling consistent and stable performance across the entire input voltage and output power range
- Wide input voltage range
- Remote inverter upgrade
- Reactive power management
- DC switch version available (-S)
- Natural convection cooling for maximum reliability
- Outdoor enclosure for unrestricted use under any environmental conditions (IP65)
- Sliding cover for the easiest installation and maintenance
- Data logger and smart grid functionalities integrated on expansion cards:
  - PMU expansion card option, with external sensor inputs for monitoring environmental conditions and additional RS-485 for Modbus protocol
  - Ethernet or VSN300 Wifi Logger card (optional) with integrated web server
  - Availability of auxiliary DC output voltage (24 V, 100 mA)

คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 9.90 kWp (ต่อ)

ABB string inverters

TRIO-5.8/7.5/8.5-TL-OUTD

5.8 to 8.5 kW

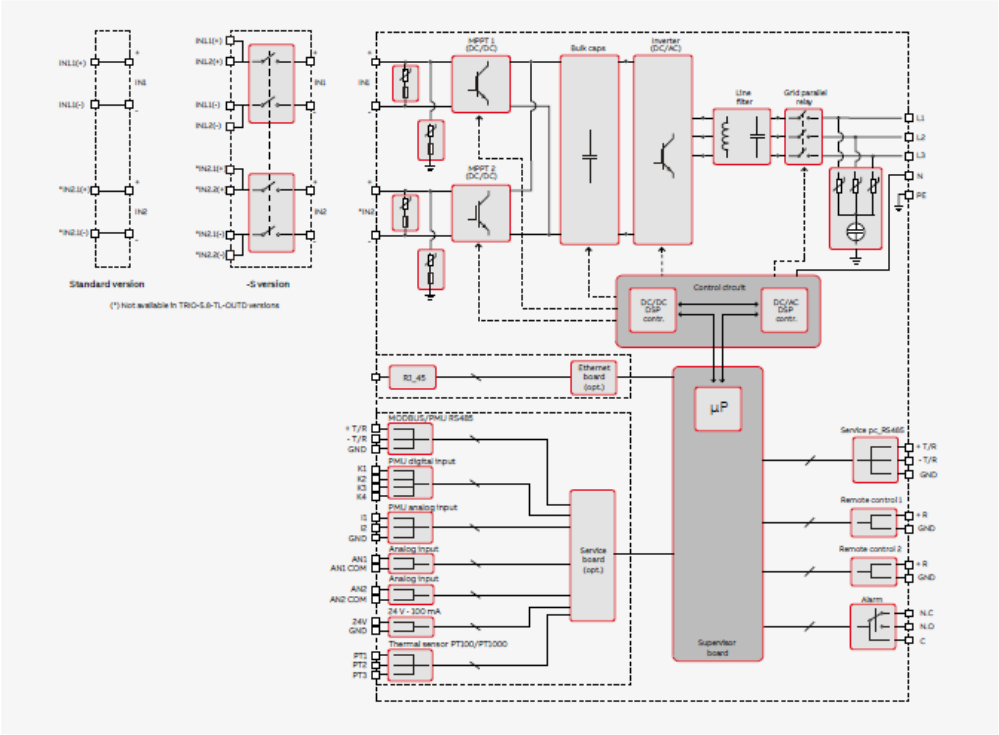
Technical data and types

Type code	TRIO-5.8-TL-OUTD	TRIO-7.5-TL-OUTD	TRIO-8.5-TL-OUTD
Input side			
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,abs}$)		1000 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})		350 V (adj. 200...500 V)	
Operating DC input voltage range (V_{dcmin}...V_{dcmax})		0.7 x V_{start}...950 V (min 200 V)	
Rated DC input voltage (V_{dcr})		620 V	
Rated DC input power (P_{dcr})	5950 W	7650 W	8700 W
Number of independent MPPT	1	2	2
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{MPPTmax}$)	6050 W Linear derating from max to null [800 V≤V_{MPPT}≤950 V]	4800 W	4800 W
MPPT input DC voltage range ($V_{MPPTmin}$ ... $V_{MPPTmax}$) at P_{acr}	320...800 V	-	-
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{acr}	-	320...800 V	320...800 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	-	Linear derating from max to null [800 V≤V_{MPPT}≤950 V]	
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{acr}, max unbalance example	-	4800 W [320 V≤V_{MPPT}≤800 V] the other channel: P_{dcr}-4800 W [215 V≤V_{MPPT}≤800 V]	4800 W [320 V≤V_{MPPT}≤800 V] the other channel: P_{dcr}-4800 W [290 V≤V_{MPPT}≤800 V]
Maximum DC input current (I_{dcmax}) / for each MPPT ($I_{MPPTmax}$)	18.9 A	30.0 A / 15.0 A	30.0 A / 15.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	24.0 A	20.0 A	20.0 A
Number of DC input pairs for each MPPT		2 (-S version)	
DC connection type		PV quick fit connector [3] on -S version / Screw terminal block on standard version	
Input protection			
Reverse polarity protection		Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT - varistor		Yes, 4	
Photovoltaic array isolation control		According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)		16 A /1000 V, 25 A / 800 V	
Output side			
AC grid connection type		Three-phase 3W+PE or 4W+PE	
Rated AC power (P_{acr} @cosϕ=1)	5800 W	7500 W	8500 W
Maximum apparent power (S_{max})	5800 VA	7500 VA	8500 VA
Rated AC grid voltage ($V_{ac,r}$)		400 V	
AC voltage range		320...480 V [1]	
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	10.0 A	12.5 A	14.5 A
Contributory fault current	12.0 A	14.5 A	16.5 A
Rated output frequency (f_r)		50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range (f_{min}...f_{max})		47...53 Hz / 57...63 Hz [2]	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with P_{acr} =5.22 kW, ± 0.8 with max 5.8 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with P_{acr} =6.75 kW, ± 0.8 with max 7.5 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with P_{acr} =7.65 kW, ± 0.8 with max 8.5 kVA
Total current harmonic distortion		< 2%	
AC connection type		Screw terminal block, cable gland M32	
Output protection			
Anti-islanding protection		According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	16.0 A	16.0 A	20.0 A
Output overvoltage protection - varistor		4 plus gas arrester	
Operating performance			
Maximum efficiency (η_{max})		98.0%	
Weighted efficiency (EURO/CEC)	97.4% / -	97.5% / -	97.5% / -
Feed in power threshold	32 W	36 W	36 W
Night consumption		< 3 W	

คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 9.90 kWp (ต่อ)

PRODUCT FLYER FOR TRIO-5.8/7.5/8.5-TL-OUTD ABB SOLAR INVERTERS

ABB TRIO-5.8/7.5/8.5-TL-OUTD string inverter block diagram



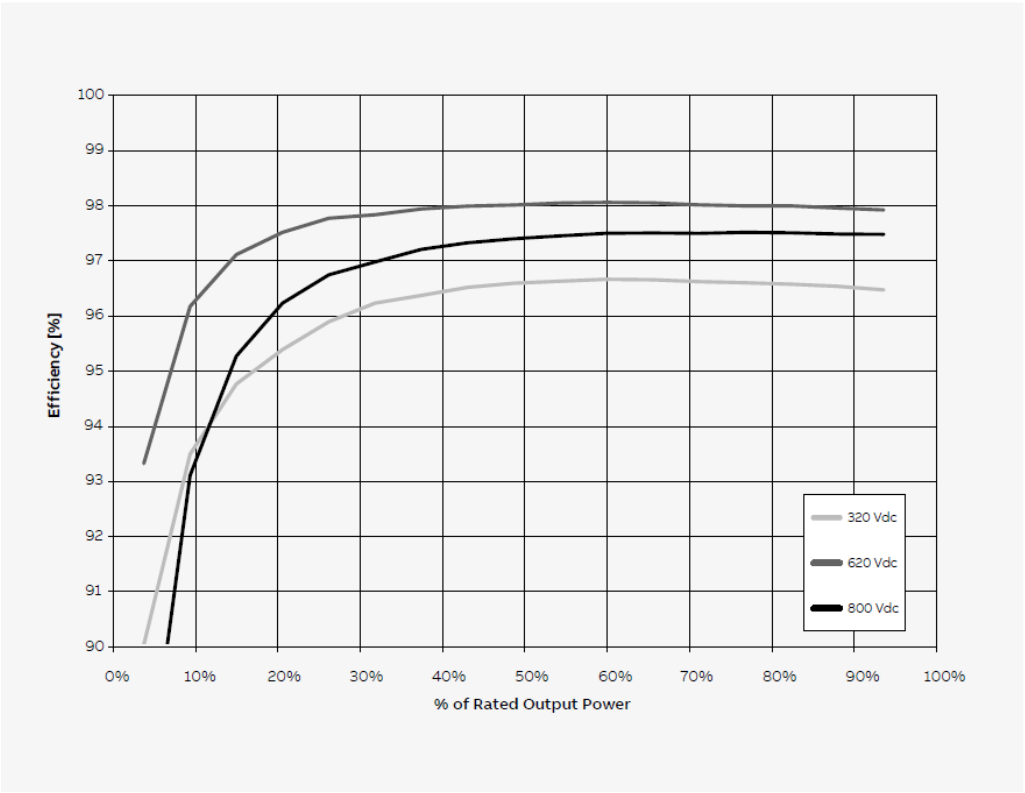
Technical data and types

Type code	TRIO-5.8-TL-OUTD	TRIO-7.5-TL-OUTD	TRIO-8.5-TL-OUTD
Communication			
Wired local monitoring	Ethernet card with webserver (opt.), PVI-USB-RS232_485 (opt.)		
Remote monitoring	Ethernet card (opt.), VSN300 Wifi Logger Card (opt.), VSN700 Data Logger (opt.)		
Wireless local monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.)		
User interface	Graphic display		
Environmental			
Ambient temperature range	-25...+60°C /-13...140°F with derating above 50°C/122°F		
Relative humidity	0...100% condensing		
Sound pressure level, typical	50 dBA @ 1 m		
Maximum operating altitude without derating	2000 m / 6560 ft		
Physical			
Environmental protection rating	IP65		
Cooling	Natural		
Dimension (H x W x D)	641mm x 429 mm x 220 mm/ 25.2" x 16.9" x 8.7" (855 mm x 429 mm x 237 mm/ 33.7" x 16.9" x 9.3" with open front cover)		
Weight	25.0 kg / 55.1 lbs	28.0 kg / 61.7 lbs	28.0 kg / 61.7 lbs
Mounting system	Wall bracket		
Safety			
Isolation level	Transformerless		
Marking	CE (50 Hz only), RCM		
Safety and EMC standard	EN 62109-1, EN 62109-2, AS/NZS3100, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3		
Grid standard (check your sales channel for availability)	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G83/2, G59/3, RD 1699, RD 413, NRS-097-2-1, AS 4777, IEC 61727, IEC 62116, VFR 2014		
Available products variants			
Standard	TRIO-5.8-TL-OUTD-400	TRIO-7.5-TL-OUTD-400	TRIO-8.5-TL-OUTD-400
With DC switch	TRIO-5.8-TL-OUTD-S-400	TRIO-7.5-TL-OUTD-S-400	TRIO-8.5-TL-OUTD-S-400

1) The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard)
2) The Frequency range may vary depending on specific country grid standard
3) Please refer to the document "String Inverters – Product manual appendix" available at www.abb.com/solarinverters for information on the quick-fit connector brand and model used in the inverter
Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง 9.90 kWp (ต่อ)

Efficiency curves of TRIO-8.5-TL-OUTD



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด
(Discounted Cash Flow Model)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 2.31 kWp

Project Definition

		THB/Wp : ฿83.85	
Total Investment	100%	฿193,687	THB
Capital E	100%	฿193,687	THB
Loan D	0%	฿0	THB
Working Capital		฿0.00	THB
D/E ratio		0.00	

PV System

Operating Date	365	days
Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	78%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y. 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)	-฿0 THB
Internal Rate of Return (IRR)	3.00% per year
	17 years
PBP	2 months

	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)		1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
% Degradation (2.5% at 1Y. 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)		3,391.73	3,367.37	3,343.02	3,318.67	3,294.32	3,269.97	3,245.62	3,221.27	3,196.92	3,172.57
PEA's average price (price up rate) 1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB) 1.68		฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed 100%		฿13,566.90	฿13,604.19	฿13,640.88	฿13,676.93	฿13,712.34	฿13,747.09	฿13,781.17	฿13,814.55	฿13,847.22	฿13,879.16
Roof Owner sale 0%		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total Revenue		฿13,566.90	฿13,604.19	฿13,640.88	฿13,676.93	฿13,712.34	฿13,747.09	฿13,781.17	฿13,814.55	฿13,847.22	฿13,879.16
Expense											
Maintenance Cost	฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax) 1.0% Revenue Sale	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total O&M Expenses -19% in average -฿72,918.53	฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
EBITDA ฿275,830 in total	฿0.00	฿11,566.90	฿11,544.19	฿11,519.08	฿11,491.48	฿11,461.32	฿11,428.54	฿11,393.06	฿11,354.80	฿11,313.68	฿11,269.62
Working Cap ฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project ฿193,687	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿193,687	฿11,566.90	฿11,544.19	฿11,519.08	฿11,491.48	฿11,461.32	฿11,428.54	฿11,393.06	฿11,354.80	฿11,313.68	฿11,269.62
Cumulative Free Cash Flow	-฿193,687	-฿182,120	-฿170,575	-฿159,056	-฿147,565	-฿136,104	-฿124,675	-฿113,282	-฿101,927	-฿90,614	-฿79,344

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
Annual Yield (kWh/kWp)	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
% Degradation	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
Net Energy (kWh)	3,148.22	3,123.87	3,099.52	3,075.16	3,050.81	3,026.46	3,002.11	2,977.76	2,953.41	2,929.06	2,904.71	2,880.36	2,856.01	2,831.66	2,807.31
PEA's average price (price up rate)	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
PEA buy price (1.68THB)	฿13,910.36	฿13,940.80	฿13,970.45	฿13,999.30	฿14,027.33	฿14,054.52	฿14,080.85	฿14,106.30	฿14,130.86	฿14,154.49	฿14,177.19	฿14,198.92	฿14,219.67	฿14,239.41	฿14,258.13
Roof Owner consumed	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
Roof Owner sale	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total Revenue	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
Expense															
Maintenance Cost	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Other (Withholding Tax)	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
Total O&M Expenses	฿11,225.53	฿11,172.33	฿11,118.92	฿11,062.23	฿11,002.15	฿10,938.58	฿10,871.44	฿10,800.61	฿10,725.99	฿10,647.48	฿10,564.96	฿10,478.33	฿10,387.46	฿10,292.24	฿10,192.54
EBITDA	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Working Cap															
Project	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	฿11,225.53	฿11,172.33	฿11,118.92	฿11,062.23	฿11,002.15	฿10,938.58	฿10,871.44	฿10,800.61	฿10,725.99	฿10,647.48	฿10,564.96	฿10,478.33	฿10,387.46	฿10,292.24	฿10,192.54
Cumulative Free Cash Flow	-฿868.121	-฿695.949	-฿843.830	-฿34.768	-฿23.766	-฿12.827	-฿1.956	฿8.845	฿19.571	฿30.218	฿40.783	฿51.262	฿61.649	฿71.941	฿82.134

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40%)

Solar PV Rooftop : 2.31 kWp

Project Definition

Total Investment	100%	193,687	THB	
Capital	E 100%	193,687	THB	
Loan	D 0%	0	THB	
Working Capital		80.00	THB	
D/E ratio		0.00		

THB/Wp 83.85

PV System

Operating Date		
Sun Hours		
Performance Ratio		
PV System Availability		
% Degrade of Module		

365 days
5.35 Hrs / Day
78%
99%
(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)

Net Present Value (NPV) -78,292 THB
Internal Rate of Return (IRR) -1.70% per year
PBP #REF! years #REF! months

	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)		1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
% Degradation (2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)		3,391.73	3,367.37	3,343.02	3,318.67	3,294.32	3,269.97	3,245.62	3,221.27	3,196.92	3,172.57
PEA's average price (price up rate) 1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB) 1.68		฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
		฿8,140.14	฿8,162.52	฿8,184.53	฿8,206.16	฿8,227.40	฿8,248.25	฿8,268.70	฿8,288.73	฿8,308.33	฿8,327.50
Roof Owner consumed 60%		฿2,279.24	฿2,262.88	฿2,246.31	฿2,230.15	฿2,213.78	฿2,197.42	฿2,181.06	฿2,164.69	฿2,148.33	฿2,131.97
Roof Owner sale 40%		฿10,419.38	฿10,425.30	฿10,431.04	฿10,436.31	฿10,441.19	฿10,445.68	฿10,449.76	฿10,453.42	฿10,456.66	฿10,459.46
Total Revenue											
Expense											
Maintenance Cost		฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax) 1.0% Revenue Sale			-฿22.79	-฿22.63	-฿22.47	-฿22.30	-฿22.14	-฿21.97	-฿21.81	-฿21.65	-฿21.48	-฿21.32
Total O&M Expenses -28% in average		฿0.00	-฿2,022.79	-฿2,082.63	-฿2,144.27	-฿2,207.76	-฿2,273.16	-฿2,340.52	-฿2,409.92	-฿2,481.39	-฿2,555.02	-฿2,630.87
EBITDA	-฿73,139.09	฿158,166	฿8,396.59	฿8,342.76	฿8,286.77	฿8,228.55	฿8,168.03	฿8,105.15	฿8,039.84	฿7,972.03	฿7,901.64	฿7,828.60
Working Cap in total		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
		฿193,687									
Project		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿193,687	฿8,396.59	฿8,342.76	฿8,286.77	฿8,228.55	฿8,168.03	฿8,105.15	฿8,039.84	฿7,972.03	฿7,901.64	฿7,828.60
Cumulative Free Cash Flow		-฿193,687	-฿185,290	-฿176,947	-฿168,660	-฿160,432	-฿152,264	-฿144,159	-฿136,119	-฿128,147	-฿120,245	-฿112,417

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
	3,148.22	3,123.87	3,099.52	3,075.16	3,050.81	3,026.46	3,002.11	2,977.76	2,953.41	2,929.06	2,904.71	2,880.36	2,856.01	2,831.66	2,807.31
		฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
		฿8,346.22	฿8,364.48	฿8,382.27	฿8,399.58	฿8,416.40	฿8,432.71	฿8,448.51	฿8,463.78	฿8,478.51	฿8,492.70	฿8,506.31	฿8,519.35	฿8,531.80	฿8,543.65	฿8,554.88
		฿8,346.22	฿8,364.48	฿8,382.27	฿8,399.58	฿8,416.40	฿8,432.71	฿8,448.51	฿8,463.78	฿8,478.51	฿8,492.70	฿8,506.31	฿8,519.35	฿8,531.80	฿8,543.65	฿8,554.88
		-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
		-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
		฿5,658.38	฿5,596.01	฿5,530.75	฿5,462.51	฿5,391.22	฿5,316.78	฿5,239.10	฿5,158.09	฿5,073.65	฿4,985.68	฿4,894.09	฿4,798.76	฿4,699.59	฿4,596.48	฿4,489.29
		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
		Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
		฿5,658.38	฿5,596.01	฿5,530.75	฿5,462.51	฿5,391.22	฿5,316.78	฿5,239.10	฿5,158.09	฿5,073.65	฿4,985.68	฿4,894.09	฿4,798.76	฿4,699.59	฿4,596.48	฿4,489.29
		-฿106.78	-฿101.163	-฿95.631	-฿90.169	-฿84.778	-฿79.461	-฿74.222	-฿69.064	-฿63.990	-฿59.004	-฿54.110	-฿49.312	-฿44.612	-฿40.016	-฿35.526

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก)

Solar PV Rooftop : 2.31 kWp

Project Definition			THB/Wp : ฿83.85	
Total Investment		100%	฿193,687	THB
Capital	E	100%	฿193,687	THB
Loan	D	0%	฿0	THB
Working Capital			฿0.00	THB
D/E ratio			0.00	

PV System		
Operating Date	365	days
Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	78%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)		-166,455	THB
Internal Rate of Return (IRR)		-24.83%	per year
PBP	#REF! years	#REF!	months

				Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)					1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
% Degradetion	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)				97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)					3,391.73	3,367.37	3,343.02	3,318.67	3,294.32	3,269.97	3,245.62	3,221.27	3,196.92	3,172.57
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years				฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68				฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	0%				฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Roof Owner sale	100%				฿5,698.10	฿5,657.19	฿5,616.28	฿5,575.37	฿5,534.46	฿5,493.55	฿5,452.64	฿5,411.73	฿5,370.82	฿5,329.91
Total Revenue					฿5,698.10	฿5,657.19	฿5,616.28	฿5,575.37	฿5,534.46	฿5,493.55	฿5,452.64	฿5,411.73	฿5,370.82	฿5,329.91
Expense														
Maintenance Cost				฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale				-฿56.98	-฿56.57	-฿56.16	-฿55.75	-฿55.34	-฿54.94	-฿54.53	-฿54.12	-฿53.71	-฿53.30
Total O&M Expenses	-92% in average	-฿73,469.93		฿0.00	-฿2,056.98	-฿2,116.57	-฿2,177.96	-฿2,241.21	-฿2,306.36	-฿2,373.48	-฿2,442.63	-฿2,513.87	-฿2,587.25	-฿2,662.85
EBITDA	-฿18,330	in total		฿0.00	฿3,641.12	฿3,540.62	฿3,438.32	฿3,334.16	฿3,228.10	฿3,120.07	฿3,010.01	฿2,897.87	฿2,783.58	฿2,667.07
Working Cap	฿0.00	in total		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project	฿193,687			Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿193,687			-฿193,686.57	฿3,641.12	฿3,540.62	฿3,438.32	฿3,334.16	฿3,228.10	฿3,120.07	฿3,010.01	฿2,897.87	฿2,783.58	฿2,667.07
Cumulative Free Cash Flow	-฿193,687			-฿193,686.57	-฿190,045	-฿186,505	-฿183,067	-฿179,732	-฿176,504	-฿173,384	-฿170,374	-฿167,476	-฿164,693	-฿162,026

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 3.96 kWp

THB/Wp : ฿74.24

Project Definition				PV System					
Total Investment		100%	฿293,979	THB	Operating Date			365	days
Capital	E	100%	฿293,979	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day
Loan	D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			79%	
Working Capital			฿0.00	THB	PV System Availability			99%	
D/E ratio			0.00		% Degrade of Module		(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)		

Net Present Value (NPV)	76,382 THB
Internal Rate of Return (IRR)	5.21% per year
	14 years
PBP	9 months

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			5,867.94	5,825.81	5,783.68	5,741.55	5,699.42	5,657.29	5,615.16	5,573.03	5,530.91	5,488.78
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68		฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	100%		฿23,471.74	฿23,536.26	฿23,599.72	฿23,662.10	฿23,723.36	฿23,783.48	฿23,842.44	฿23,900.19	฿23,956.71	฿24,011.98
Roof Owner sale	0%		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total Revenue			฿23,471.74	฿23,536.26	฿23,599.72	฿23,662.10	฿23,723.36	฿23,783.48	฿23,842.44	฿23,900.19	฿23,956.71	฿24,011.98
Expense												
Maintenance Cost		฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total O&M Expenses	-11% in average	-฿72,918.53	฿0.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
EBITDA		฿530,426 in total	฿0.00	฿21,471.74	฿21,476.26	฿21,477.92	฿21,476.64	฿21,464.93	฿21,454.33	฿21,440.44	฿21,423.17	฿21,402.43
Working Cap		฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project		฿293,979	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿293,979	-฿293,978.26	฿21,471.74	฿21,476.26	฿21,477.92	฿21,476.64	฿21,472.34	฿21,464.93	฿21,454.33	฿21,440.44	฿21,423.17	฿21,402.43
Cumulative Free Cash Flow		฿293,979	-฿293,978.26	-฿272,507	-฿251,031	-฿229,553	-฿208,076	-฿186,604	-฿165,139	-฿143,684	-฿122,244	-฿100,821	-฿79,418

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
	5,446.65	5,404.52	5,362.39	5,320.26	5,278.13	5,236.00	5,193.88	5,151.75	5,109.62	5,067.49	5,025.36	4,983.23	4,941.10	4,898.97	4,856.85
	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
	฿24,065.95	฿24,118.60	฿24,169.90	฿24,219.82	฿24,268.31	฿24,315.35	฿24,360.91	฿24,404.95	฿24,447.43	฿24,488.32	฿24,527.58	฿24,565.18	฿24,601.08	฿24,635.24	฿24,667.62
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿21,378.12	฿21,350.14	฿21,318.38	฿21,282.75	฿21,243.13	฿21,199.42	฿21,151.50	฿21,099.25	฿21,042.56	฿20,981.30	฿20,915.36	฿20,844.59	฿20,768.87	฿20,688.06	฿20,602.03
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	฿21,378.12	฿21,350.14	฿21,318.38	฿21,282.75	฿21,243.13	฿21,199.42	฿21,151.50	฿21,099.25	฿21,042.56	฿20,981.30	฿20,915.36	฿20,844.59	฿20,768.87	฿20,688.06	฿20,602.03
	-฿58,040	-฿36,690	-฿15,372	฿5,911	฿27,154	฿48,354	฿69,505	฿90,604	฿111,647	฿132,628	฿153,544	฿174,388	฿195,157	฿215,845	฿236,447

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40%)

Solar PV Rooftop : 3.96 kWp

THB/Wp : ฿74.24

Project Definition				PV System		
Total Investment	100%	฿293,979	THB	Operating Date	365	days
Capital E	100%	฿293,979	THB	Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio	79%	
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability	99%	
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)	-58,897 THB
Internal Rate of Return (IRR)	0.91% per year
PBP	22 years 12 months

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			5,867.94	5,825.81	5,783.68	5,741.55	5,699.42	5,657.29	5,615.16	5,573.03	5,530.91	5,488.78
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68 THB)	1.68		฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	60%		฿14,083.05	฿14,121.76	฿14,159.83	฿14,197.26	฿14,234.02	฿14,270.09	฿14,305.46	฿14,340.11	฿14,374.03	฿14,407.19
Roof Owner sale	40%		฿3,943.25	฿3,914.94	฿3,886.63	฿3,858.32	฿3,830.01	฿3,801.70	฿3,773.39	฿3,745.08	฿3,716.77	฿3,688.46
Total Revenue			฿18,026.30	฿18,036.70	฿18,046.46	฿18,055.58	฿18,064.03	฿18,071.79	฿18,078.85	฿18,085.19	฿18,090.80	฿18,095.64
Expense												
Maintenance Cost		฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale		-฿39.43	-฿39.15	-฿38.87	-฿38.58	-฿38.30	-฿38.02	-฿37.73	-฿37.45	-฿37.17	-฿36.88
Total O&M Expenses	-16% in average	-฿73,300.11	-฿2,039.43	-฿2,099.15	-฿2,160.67	-฿2,224.04	-฿2,289.32	-฿2,356.57	-฿2,425.84	-฿2,497.20	-฿2,570.71	-฿2,646.43
EBITDA		฿336,865 in total	฿15,986.87	฿15,937.55	฿15,885.80	฿15,831.54	฿15,774.71	฿15,715.22	฿15,653.01	฿15,587.99	฿15,520.09	฿15,449.21
Working Cap		฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project		฿293,979	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿293,979	-฿293,978.52	฿15,986.87	฿15,937.55	฿15,885.80	฿15,831.54	฿15,774.71	฿15,715.22	฿15,653.01	฿15,587.99	฿15,520.09	฿15,449.21
Cumulative Free Cash Flow		-฿293,979	-฿293,978.52	-฿277,992	-฿262,054	-฿246,168	-฿230,337	-฿214,562	-฿198,847	-฿183,194	-฿167,606	-฿152,086	-฿136,637

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
	5,446.65	5,404.52	5,362.39	5,320.26	5,278.13	5,236.00	5,193.88	5,151.75	5,109.62	5,067.49	5,025.36	4,983.23	4,941.10	4,898.97	4,856.85
	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
	฿14,439.57	฿14,471.16	฿14,501.94	฿14,531.89	฿14,560.99	฿14,589.21	฿14,616.55	฿14,642.97	฿14,668.46	฿14,692.99	฿14,716.55	฿14,739.11	฿14,760.65	฿14,781.14	฿14,800.57
	฿14,439.57	฿14,471.16	฿14,501.94	฿14,531.89	฿14,560.99	฿14,589.21	฿14,616.55	฿14,642.97	฿14,668.46	฿14,692.99	฿14,716.55	฿14,739.11	฿14,760.65	฿14,781.14	฿14,800.57
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿11,751.74	฿11,702.70	฿11,650.42	฿11,594.82	฿11,535.81	฿11,473.28	฿11,407.13	฿11,337.27	฿11,263.59	฿11,185.98	฿11,104.32	฿11,018.52	฿10,928.44	฿10,833.97	฿10,734.98
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	฿11,751.74	฿11,702.70	฿11,650.42	฿11,594.82	฿11,535.81	฿11,473.28	฿11,407.13	฿11,337.27	฿11,263.59	฿11,185.98	฿11,104.32	฿11,018.52	฿10,928.44	฿10,833.97	฿10,734.98
	-฿124.885	-฿113.182	-฿101.532	-฿89.937	-฿78.401	-฿66.928	-฿55.521	-฿44.183	-฿32.920	-฿21.734	-฿10.629	฿389	฿11,317	฿22,151	฿32,886

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก)

Solar PV Rooftop : 3.96 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿74.24		**PV System**																	
Total Investment	100%	฿293,979	THB	Operating Date			365	days													
Capital E	100%	฿293,979	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day													
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			79%														
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%														
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module		(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)															
					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Annual Yield (kWh/kWp)						1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80						
% Degradation	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)					97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%						
Net Energy (kWh)						5,867.94	5,825.81	5,783.68	5,741.55	5,699.42	5,657.29	5,615.16	5,573.03	5,530.91	5,488.78						
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years						฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37					
PEA buy price (1.68THB)	1.68						฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68					
Roof Owner consumed	0%						฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00					
Roof Owner sale	100%						฿9,838.13	฿9,787.36	฿9,716.58	฿9,645.80	฿9,575.03	฿9,504.25	฿9,433.47	฿9,362.70	฿9,291.92	฿9,221.15					
Total Revenue							฿9,838.13	฿9,787.36	฿9,716.58	฿9,645.80	฿9,575.03	฿9,504.25	฿9,433.47	฿9,362.70	฿9,291.92	฿9,221.15					
Expense																					
Maintenance Cost					฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55						
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale					-฿98.38	-฿97.87	-฿97.17	-฿96.46	-฿95.75	-฿95.04	-฿94.33	-฿93.63	-฿92.92	-฿92.21						
Total O&M Expenses	-54% in average		-฿73,872.49		฿0.00	-฿2,098.38	-฿2,157.87	-฿2,218.97	-฿2,281.91	-฿2,346.77	-฿2,413.59	-฿2,482.44	-฿2,553.37	-฿2,626.46	-฿2,701.76						
EBITDA			฿21,524	in total	฿0.00	฿7,759.55	฿7,629.48	฿7,497.61	฿7,363.89	฿7,228.26	฿7,090.66	฿6,951.03	฿6,809.32	฿6,665.46	฿6,519.39						
Working Cap			฿0.00	in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Project			฿293,979																		
					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Free Cash Flow to Equity (FCFE)			-฿293,979		-฿293,978.53	฿7,759.55	฿7,629.48	฿7,497.61	฿7,363.89	฿7,228.26	฿7,090.66	฿6,951.03	฿6,809.32	฿6,665.46	฿6,519.39						
Cumulative Free Cash Flow			-฿293,979		-฿293,978.53	-฿286,219	-฿278,589	-฿271,092	-฿263,728	-฿256,500	-฿249,409	-฿242,458	-฿235,649	-฿228,983	-฿222,464						

Net Present Value (NPV)	-332,689 THB
Internal Rate of Return (IRR)	-20.25% per year
PBP	#REF! years #REF! months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคารเป็นหลัก โดยไม่มีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 9.90 kWp

Project Definition

Total Investment	100%	THB/Wp - ฿54.87	
Capital	100%	฿543,193	THB
Loan	0%	฿543,193	THB
Working Capital		฿0	THB
D/E ratio		฿0.00	THB
		0.00	

PV System

Operating Date		
Sun Hours	365	days
	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	80%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y; 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)	469,093	THB
Internal Rate of Return (IRR)	9.60%	per year
PBP	9 years	5 months

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
% Degradation	(2.5% at 1Y ; 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			14,859.93	14,753.25	14,646.56	14,539.87	14,433.19	14,326.50	14,219.81	14,113.13	14,006.44	13,899.75
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years			฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68			฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	100%		฿59,439.74	฿59,603.12	฿59,763.83	฿59,921.79	฿60,076.93	฿60,229.18	฿60,378.47	฿60,524.73	฿60,667.87	฿60,807.82
Roof Owner sale	0%		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total Revenue			฿59,439.74	฿59,603.12	฿59,763.83	฿59,921.79	฿60,076.93	฿60,229.18	฿60,378.47	฿60,524.73	฿60,667.87	฿60,807.82
Expense												
Maintenance Cost		฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total O&M Expenses	-4% in average	฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
EBITDA	฿1,454,988 in total	฿0.00	฿57,439.74	฿57,543.12	฿57,642.03	฿57,736.33	฿57,825.91	฿57,910.64	฿57,990.37	฿58,064.98	฿58,134.33	฿58,198.28
Working Cap	฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Project	฿543,193											
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿543,193	-฿543,193.20	฿57,439.74	฿57,543.12	฿57,642.03	฿57,736.33	฿57,825.91	฿57,910.64	฿57,990.37	฿58,064.98	฿58,134.33	฿58,198.28
Cumulative Free Cash Flow	-฿543,193	-฿543,193.20	-฿485,753	-฿428,210	-฿370,568	-฿312,832	-฿255,006	-฿197,095	-฿139,105	-฿81,040	-฿22,906	฿35,293

		Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
Annual Yield (kWh/kWp)		1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
% Degradation	(2.5% at 1Y ; 0.7% at 2Y - 25Y)	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
Net Energy (kWh)		13,793.07	13,686.38	13,579.69	13,473.01	13,366.32	13,259.63	13,152.95	13,046.26	12,939.57	12,832.89	12,726.20	12,619.51	12,512.83	12,406.14	12,299.45
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
PEA buy price (1.68THB)	1.68	฿60,944.51	฿61,077.84	฿61,207.75	฿61,334.15	฿61,456.96	฿61,576.09	฿61,691.46	฿61,802.97	฿61,910.55	฿62,014.10	฿62,113.53	฿62,208.74	฿62,299.65	฿62,386.16	฿62,468.17
Roof Owner consumed	100%	฿60,944.51	฿61,077.84	฿61,207.75	฿61,334.15	฿61,456.96	฿61,576.09	฿61,691.46	฿61,802.97	฿61,910.55	฿62,014.10	฿62,113.53	฿62,208.74	฿62,299.65	฿62,386.16	฿62,468.17
Roof Owner sale	0%	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total Revenue		฿60,944.51	฿61,077.84	฿61,207.75	฿61,334.15	฿61,456.96	฿61,576.09	฿61,691.46	฿61,802.97	฿61,910.55	฿62,014.10	฿62,113.53	฿62,208.74	฿62,299.65	฿62,386.16	฿62,468.17
Expense																
Maintenance Cost		-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Total O&M Expenses	-4% in average	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
EBITDA	฿1,454,988 in total	฿58,256.67	฿58,309.38	฿58,356.23	฿58,397.09	฿58,431.78	฿58,460.16	฿58,482.04	฿58,497.28	฿58,505.69	฿58,507.09	฿58,501.31	฿58,488.16	฿58,467.45	฿58,438.99	฿58,402.58
Working Cap	฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00

		Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
Project	฿543,193															
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿543,193	฿58,256.67	฿58,309.38	฿58,356.23	฿58,397.09	฿58,431.78	฿58,460.16	฿58,482.04	฿58,497.28	฿58,505.69	฿58,507.09	฿58,501.31	฿58,488.16	฿58,467.45	฿58,438.99	฿58,402.58
Cumulative Free Cash Flow	-฿543,193	฿93,549	฿151,859	฿210,215	฿268,612	฿327,044	฿385,504	฿443,986	฿502,483	฿560,989	฿619,496	฿677,997	฿736,485	฿794,953	฿853,392	฿911,794

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40%)

Solar PV Rooftop : 9.90 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿54.87		PV System					
Total Investment	100%	฿543,193	THB	Operating Date			365	days	
Capital E	100%	฿543,193	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day	
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			80%		
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%		
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module		(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)			

Net Present Value (NPV)	126,515 THB
Internal Rate of Return (IRR)	5.14% per year
FBP	13 years 3 months

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			14,859.93	14,753.25	14,646.56	14,539.87	14,433.19	14,326.50	14,219.81	14,113.13	14,006.44	13,899.75
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years			฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68			฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	60%			฿35,663.84	฿35,761.87	฿35,858.30	฿35,953.07	฿36,046.16	฿36,137.51	฿36,227.08	฿36,314.84	฿36,400.72	฿36,484.69
Roof Owner sale	40%			฿9,985.88	฿9,914.18	฿9,842.49	฿9,770.80	฿9,699.10	฿9,627.41	฿9,555.71	฿9,484.02	฿9,412.33	฿9,340.63
Total Revenue				฿45,649.72	฿45,676.05	฿45,700.78	฿45,723.87	฿45,745.26	฿45,764.92	฿45,782.80	฿45,798.86	฿45,813.05	฿45,825.33
Expense													
Maintenance Cost			฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale			-฿99.86	-฿99.14	-฿98.42	-฿97.71	-฿96.99	-฿96.27	-฿95.56	-฿94.84	-฿94.12	-฿93.41
Total O&M Expenses	-6% in average	-฿73,884.85	฿0.00	-฿2,099.86	-฿2,159.14	-฿2,220.22	-฿2,283.16	-฿2,348.01	-฿2,414.82	-฿2,483.66	-฿2,554.59	-฿2,627.66	-฿2,702.95
EBITDA		฿939,491	in total	฿43,549.86	฿43,516.91	฿43,480.56	฿43,440.70	฿43,397.25	฿43,350.10	฿43,299.14	฿43,244.27	฿43,185.39	฿43,122.38
Working Cap		฿0.00	in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
				Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Project		฿543,193												
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿543,193		-฿543,193.20	฿43,549.86	฿43,516.91	฿43,480.56	฿43,440.70	฿43,397.25	฿43,350.10	฿43,299.14	฿43,244.27	฿43,185.39	฿43,122.38
Cumulative Free Cash Flow		-฿543,193		-฿543,193.20	-฿499,643	-฿456,126	-฿412,646	-฿369,205	-฿325,808	-฿282,458	-฿239,159	-฿195,914	-฿152,729	-฿109,607

Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
13,793.07	13,686.38	13,579.69	13,473.01	13,366.32	13,259.63	13,152.95	13,046.26	12,939.57	12,832.89	12,726.20	12,619.51	12,512.83	12,406.14	12,299.45
฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
฿36,566.70	฿36,646.71	฿36,724.65	฿36,800.49	฿36,874.18	฿36,945.65	฿37,014.87	฿37,081.78	฿37,146.33	฿37,208.46	฿37,268.12	฿37,325.25	฿37,379.79	฿37,431.70	฿37,480.90
฿36,566.70	฿36,646.71	฿36,724.65	฿36,800.49	฿36,874.18	฿36,945.65	฿37,014.87	฿37,081.78	฿37,146.33	฿37,208.46	฿37,268.12	฿37,325.25	฿37,379.79	฿37,431.70	฿37,480.90
-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
฿33,878.87	฿33,878.24	฿33,873.13	฿33,863.42	฿33,849.00	฿33,829.72	฿33,805.46	฿33,776.09	฿33,741.46	฿33,701.45	฿33,655.89	฿33,604.66	฿33,547.59	฿33,484.52	฿33,415.31
฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
฿33,878.87	฿33,878.24	฿33,873.13	฿33,863.42	฿33,849.00	฿33,829.72	฿33,805.46	฿33,776.09	฿33,741.46	฿33,701.45	฿33,655.89	฿33,604.66	฿33,547.59	฿33,484.52	฿33,415.31
-฿75,728	-฿41,850	-฿7,976	฿25,887	฿59,736	฿93,566	฿127,371	฿161,147	฿194,889	฿228,590	฿262,246	฿295,851	฿339,398	฿362,883	฿396,298

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp (กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก)

Solar PV Rooftop : 9.90 kWp

Project Definition			THB/Wp - ฿54.87		**PV System**																
Total Investment		100%	฿543,193	THB	Operating Date			365	days												
Capital	E	100%	฿543,193	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day												
Loan	D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			80%													
Working Capital			฿0.00	THB	PV System Availability			99%													
D/E ratio			0.00		% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)															

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			14,859.93	14,753.25	14,646.56	14,539.87	14,433.19	14,326.50	14,219.81	14,113.13	14,006.44	13,899.75
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years			฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68			฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	0%			฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Roof Owner sale	100%			฿24,964.69	฿24,785.46	฿24,606.22	฿24,426.99	฿24,247.75	฿24,068.52	฿23,889.29	฿23,710.05	฿23,530.82	฿23,351.59
Total Revenue				฿24,964.69	฿24,785.46	฿24,606.22	฿24,426.99	฿24,247.75	฿24,068.52	฿23,889.29	฿23,710.05	฿23,530.82	฿23,351.59
Expense													
Maintenance Cost		฿0.00		-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,183.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Witholding Tax)	1.0% Revenue Sale			-฿249.65	-฿247.85	-฿246.06	-฿244.27	-฿242.48	-฿240.69	-฿238.89	-฿237.10	-฿235.31	-฿233.52
Total O&M Expenses	22% in average	฿75,334.34		-฿2,249.65	-฿2,307.85	-฿2,367.86	-฿2,429.72	-฿2,493.50	-฿2,559.23	-฿2,697.00	-฿2,696.85	-฿2,768.85	-฿2,843.06
EBITDA		฿166,247	**in total**	฿22,715.04	฿22,477.60	฿22,238.36	฿21,997.26	฿21,754.26	฿21,509.29	฿21,262.29	฿21,013.21	฿20,761.97	฿20,508.52
Working Cap		฿0.00	**in total**	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project		฿543,193		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿543,193		-฿543,193.20	฿22,715.04	฿22,477.60	฿22,238.36	฿21,997.26	฿21,754.26	฿21,509.29	฿21,262.29	฿21,013.21	฿20,761.97	฿20,508.52
Cumulative Free Cash Flow		-฿543,193		-฿543,193.20	-฿520.478	-฿498.001	-฿475.762	-฿453.765	-฿432.011	-฿410.501	-฿389.239	-฿368.226	-฿347.464	-฿326.955

Net Present Value (NPV)	-358,229 THB
Internal Rate of Return (IRR)	-14.17% per year
PBP #REF! years	#REF! months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40% (กรณีเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 2.31 kWp

Project Definition

Total Investment	100%	THB/Wp : $83.85		
Capital	100%	$193,687	THB	
	E	$193,687	THB	
Loan	0%	$0	THB	
	D			
Working Capital		$0.00	THB	
D/E ratio		0.00		

PV System

Operating Date		365	days
Sun Hours		5.35	Hrs / Day
Performance Ratio		78%	
PV System Availability		99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)		

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
Annual Yield (kWh/kWp)			1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
% Degradation	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
Net Energy (kWh)			3,391.73	3,367.37	3,343.02	3,318.67	3,294.32	3,269.97	3,245.62	3,221.27	3,196.92	3,172.57	3,148.22	3,123.87	3,099.52	3,075.16	3,050.81	3,026.46	3,002.11	2,977.76	2,953.41	2,929.06	2,904.71	2,880.36	2,856.01	2,831.66	2,807.31
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years		$4.00	$4.04	$4.08	$4.12	$4.16	$4.20	$4.25	$4.29	$4.33	$4.37	$4.42	$4.46	$4.51	$4.55	$4.60	$4.64	$4.69	$4.74	$4.78	$4.83	$4.88	$4.93	$4.98	$5.03	$5.08
PEA's buy price (1.68THB)	3.36		$3.36	$3.36	$3.36	$3.36	$3.36	$3.36	$3.36	$3.36	$3.36	$3.36	$8,346.22	$8,364.48	$8,382.27	$8,399.58	$8,416.40	$8,432.71	$8,448.51	$8,463.78	$8,478.51	$8,492.70	$8,506.31	$8,519.35	$8,531.80	$8,543.65	$8,554.88
Roof Owner consumed	60%		$8,140.14	$8,162.52	$8,184.53	$8,206.16	$8,227.40	$8,248.25	$8,268.70	$8,288.73	$8,308.33	$8,327.50															
Roof Owner sale	40%		$4,558.48	$4,525.75	$4,493.02	$4,460.30	$4,427.57	$4,394.84	$4,362.11	$4,329.39	$4,296.66	$4,263.93															
Total Revenue			$12,698.62	$12,688.27	$12,677.55	$12,666.45	$12,654.97	$12,643.10	$12,630.81	$12,618.12	$12,604.99	$12,591.43	$8,346.22	$8,364.48	$8,382.27	$8,399.58	$8,416.40	$8,432.71	$8,448.51	$8,463.78	$8,478.51	$8,492.70	$8,506.31	$8,519.35	$8,531.80	$8,543.65	$8,554.88
Expense																											
Maintenance Cost		$0.00	-$2,000.00	-$2,060.00	-$2,121.80	-$2,185.45	-$2,251.02	-$2,318.55	-$2,388.10	-$2,459.75	-$2,533.54	-$2,609.55	-$2,687.83	-$2,768.47	-$2,851.52	-$2,937.07	-$3,025.18	-$3,115.93	-$3,209.41	-$3,305.70	-$3,404.87	-$3,507.01	-$3,612.22	-$3,720.59	-$3,832.21	-$3,947.17	-$4,065.59
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale		-$45.58	-$45.26	-$44.93	-$44.60	-$44.28	-$43.95	-$43.62	-$43.29	-$42.97	-$42.64	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00
Total O&M Expenses	-25% in average	$0.00	-$2,045.58	-$2,105.26	-$2,166.73	-$2,230.06	-$2,295.29	-$2,362.50	-$2,431.73	-$2,503.04	-$2,576.51	-$2,652.19	-$2,687.83	-$2,768.47	-$2,851.52	-$2,937.07	-$3,025.18	-$3,115.93	-$3,209.41	-$3,305.70	-$3,404.87	-$3,507.01	-$3,612.22	-$3,720.59	-$3,832.21	-$3,947.17	-$4,065.59
EBITDA	$179,996 in total	$0.00	$10,653.04	$10,583.01	$10,510.82	$10,436.46	$10,359.68	$10,280.60	$10,199.09	$10,115.07	$10,028.48	$9,939.24	$5,658.38	$5,596.01	$5,530.75	$5,462.51	$5,391.22	$5,316.78	$5,239.10	$5,158.09	$5,073.63	$4,985.68	$4,894.09	$4,798.76	$4,699.59	$4,596.48	$4,489.29
Working Cap	$0.00 in total	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00
Project	$193,687																										
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-$193,687	-$193,686.57	$10,653.04	$10,583.01	$10,510.82	$10,436.46	$10,359.68	$10,280.60	$10,199.09	$10,115.07	$10,028.48	$9,939.24	$5,658.38	$5,596.01	$5,530.75	$5,462.51	$5,391.22	$5,316.78	$5,239.10	$5,158.09	$5,073.63	$4,985.68	$4,894.09	$4,798.76	$4,699.59	$4,596.48	$4,489.29
Cumulative Free Cash Flow	-$193,687	-$193,686.57	-$183,034	-$172,451	-$161,940	-$151,503	-$141,144	-$130,863	-$120,664	-$110,549	-$100,520	-$90,581	-$84,923	-$79,327	-$73,796	-$68,333	-$62,942	-$57,625	-$52,386	-$47,228	-$42,155	-$37,169	-$32,275	-$27,476	-$22,777	-$18,180	-$13,691

Net Present Value (NPV)	-59,652 THB
Internal Rate of Return (IRR)	-0.67% per year
PBP #REF! years	#REF! months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก (กรณีเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 2.31 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿83.85		**PV System**																	
Total Investment	100%	฿193,687	THB	Operating Date			365	days													
Capital E	100%	฿193,687	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day													
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			78%														
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%														
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module			(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)														
					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Annual Yield (kWh/kWp)						1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93						
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)					97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%						
Net Energy (kWh)						3,391.73	3,367.37	3,343.02	3,318.67	3,294.32	3,269.97	3,245.62	3,221.27	3,196.92	3,172.57						
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years					฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37						
PEA buy price (1.68THB)	3.36					฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36						
Roof Owner consumed	0%					฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Roof Owner sale	100%					฿11,396.20	฿11,314.38	฿11,232.56	฿11,150.74	฿11,068.92	฿10,987.10	฿10,905.29	฿10,823.47	฿10,741.65	฿10,659.83						
Total Revenue						฿11,396.20	฿11,314.38	฿11,232.56	฿11,150.74	฿11,068.92	฿10,987.10	฿10,905.29	฿10,823.47	฿10,741.65	฿10,659.83						
Expense																					
Maintenance Cost				฿0.00		-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55						
Other (Withholding Tax)	1.0%	Revenue Sale				-฿113.96	-฿113.14	-฿112.33	-฿111.51	-฿110.69	-฿109.87	-฿109.05	-฿108.23	-฿107.42	-฿106.60						
Total O&M Expenses	4%	in average	-฿74,021.33		฿0.00	-฿2,113.96	-฿2,173.14	-฿2,234.13	-฿2,296.96	-฿2,361.71	-฿2,428.43	-฿2,497.16	-฿2,567.98	-฿2,640.96	-฿2,716.14						
EBITDA			฿36,259	in total	฿0.00	฿9,282.24	฿9,141.24	฿8,998.44	฿8,853.78	฿8,707.22	฿8,558.68	฿8,408.13	฿8,255.48	฿8,100.69	฿7,943.68						
Working Cap			฿0.00	in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Project			฿193,687																		
					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Free Cash Flow to Equity (FCFE)			-฿193,687		-฿193,686.57	฿9,282.24	฿9,141.24	฿8,998.44	฿8,853.78	฿8,707.22	฿8,558.68	฿8,408.13	฿8,255.48	฿8,100.69	฿7,943.68						
Cumulative Free Cash Flow			-฿193,687		-฿193,686.57	-฿184.404	-฿175.263	-฿166.265	-฿157.411	-฿148.704	-฿140.145	-฿131.737	-฿123.481	-฿115.381	-฿107.437						

Net Present Value (NPV)	-119,805 THB
Internal Rate of Return (IRR)	-12.78% per year
PBP #REF! years	#REF! months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40% (กรณีเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน)

Solar PV Rooftop : 2.31 kWp

Project Definition

Total Investment	100%	฿115,354	THB	
Capital	E 100%	฿115,354	THB	
Loan	D 0%	฿0	THB	
Working Capital		฿0.00	THB	
D/E ratio		0.00		

THB/Wp : ฿49.94

PV System

Operating Date	365	days
Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	78%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)	

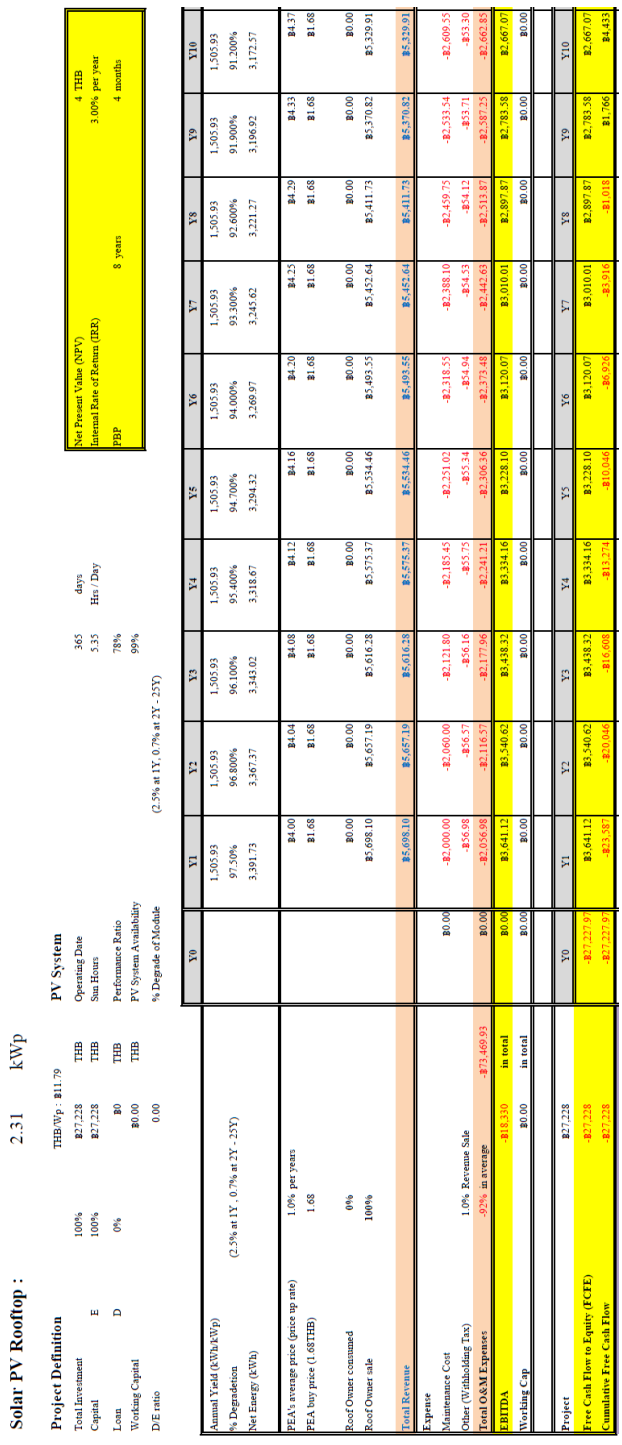
Net Present Value (NPV)	40 THB
Internal Rate of Return (IRR)	3.00% per year
PBP	16 years 3 months

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			3,391.73	3,367.37	3,343.02	3,318.67	3,294.32	3,269.97	3,245.62	3,221.27	3,196.92	3,172.57
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years			฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68			฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	60%			฿8,140.14	฿8,162.52	฿8,184.53	฿8,206.16	฿8,227.40	฿8,248.25	฿8,268.70	฿8,288.73	฿8,308.33	฿8,327.50
Roof Owner sale	40%			฿2,279.24	฿2,262.88	฿2,246.51	฿2,230.15	฿2,213.78	฿2,197.42	฿2,181.06	฿2,164.69	฿2,148.33	฿2,131.97
Total Revenue				฿10,419.38	฿10,425.39	฿10,431.04	฿10,436.31	฿10,441.19	฿10,445.68	฿10,449.76	฿10,453.42	฿10,456.66	฿10,459.46
Expense													
Maintenance Cost			฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale			-฿22.79	-฿22.63	-฿22.47	-฿22.30	-฿22.14	-฿21.97	-฿21.81	-฿21.65	-฿21.48	-฿21.32
Total O&M Expenses	-28% in average		฿0.00	-฿2,022.79	-฿2,082.63	-฿2,144.27	-฿2,207.76	-฿2,273.16	-฿2,340.52	-฿2,409.92	-฿2,481.39	-฿2,555.02	-฿2,630.87
EBITDA			฿0.00	฿8,396.59	฿8,342.76	฿8,286.77	฿8,228.55	฿8,168.03	฿8,105.15	฿8,039.84	฿7,972.03	฿7,901.64	฿7,828.60
Working Cap		in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
		in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project	฿115,354		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿115,354		-฿115,354.40	฿8,396.59	฿8,342.76	฿8,286.77	฿8,228.55	฿8,168.03	฿8,105.15	฿8,039.84	฿7,972.03	฿7,901.64	฿7,828.60
Cumulative Free Cash Flow	฿115,354		฿115,354.40	-฿106,958	-฿98,615	-฿90,328	-฿82,100	-฿73,932	-฿65,827	-฿57,787	-฿49,815	-฿41,913	-฿34,085

Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93
90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
3,148.22	3,123.87	3,099.52	3,075.16	3,050.81	3,026.46	3,002.11	2,977.76	2,953.41	2,929.06	2,904.71	2,880.36	2,856.01	2,831.66	2,807.31
฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
฿8,346.22	฿8,364.48	฿8,382.27	฿8,399.58	฿8,416.40	฿8,432.71	฿8,448.51	฿8,463.78	฿8,478.51	฿8,492.70	฿8,506.31	฿8,519.35	฿8,531.80	฿8,543.65	฿8,554.88
฿8,346.22	฿8,364.48	฿8,382.27	฿8,399.58	฿8,416.40	฿8,432.71	฿8,448.51	฿8,463.78	฿8,478.51	฿8,492.70	฿8,506.31	฿8,519.35	฿8,531.80	฿8,543.65	฿8,554.88
-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
฿5,658.38	฿5,596.01	฿5,530.75	฿5,462.51	฿5,391.22	฿5,316.78	฿5,239.10	฿5,158.09	฿5,073.65	฿4,985.68	฿4,894.09	฿4,798.76	฿4,699.59	฿4,596.48	฿4,489.29
฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
฿5,658.38	฿5,596.01	฿5,530.75	฿5,462.51	฿5,391.22	฿5,316.78	฿5,239.10	฿5,158.09	฿5,073.65	฿4,985.68	฿4,894.09	฿4,798.76	฿4,699.59	฿4,596.48	฿4,489.29
-฿28,426	-฿22,830	-฿17,299	-฿11,837	-฿6,446	-฿1,129	฿4,110	฿9,268	฿14,342	฿19,328	฿24,222	฿29,021	฿33,720	฿38,317	฿42,806

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.31 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก (กรณีเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน)



Solar PV Rooftop : 2.31 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿11.79		**PV System**																	
Total Investment	100%	฿27,228	THB	Operating Date			365	days													
Capital E	100%	฿27,228	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day													
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			78%														
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%														
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module			(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)														
Annual Yield (kWh/kWp)					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)					1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93	1,505.93						
Net Energy (kWh)						97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%						
						3,391.73	3,367.37	3,343.02	3,318.67	3,294.32	3,269.97	3,245.62	3,221.27	3,196.92	3,172.57						
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years						฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37					
PEA buy price (1.68THB)	1.68						฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68					
							฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00					
Roof Owner consumed	0%						฿5,698.10	฿5,657.19	฿5,616.28	฿5,575.37	฿5,534.46	฿5,493.55	฿5,452.64	฿5,411.73	฿5,370.82	฿5,329.91					
Roof Owner sale	100%																				
Total Revenue						฿5,698.10	฿5,657.19	฿5,616.28	฿5,575.37	฿5,534.46	฿5,493.55	฿5,452.64	฿5,411.73	฿5,370.82	฿5,329.91						
Expense																					
Maintenance Cost					฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55						
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale					-฿56.98	-฿56.57	-฿56.16	-฿55.75	-฿55.34	-฿54.94	-฿54.53	-฿54.12	-฿53.71	-฿53.30						
Total O&M Expenses	-.02% in average	-฿73,469.93			฿0.00	-฿2,056.98	-฿2,116.57	-฿2,177.96	-฿2,241.21	-฿2,306.36	-฿2,373.48	-฿2,442.63	-฿2,513.87	-฿2,587.25	-฿2,662.85						
EBITDA	-฿18,330	in total			฿0.00	฿3,641.12	฿3,540.62	฿3,438.32	฿3,334.16	฿3,228.10	฿3,120.07	฿3,010.01	฿2,897.87	฿2,783.58	฿2,667.07						
Working Cap	฿0.00	in total			฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Project	฿27,228				Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿27,228				-฿27,227.97	฿3,641.12	฿3,540.62	฿3,438.32	฿3,334.16	฿3,228.10	฿3,120.07	฿3,010.01	฿2,897.87	฿2,783.58	฿2,667.07						
Cumulative Free Cash Flow	฿27,228				-฿27,227.97	-฿23,587	-฿20,046	-฿16,608	-฿13,274	-฿10,046	-฿6,926	-฿3,916	-฿1,018	฿1,766	฿4,433						

Net Present Value (NPV)	4 THB
Internal Rate of Return (IRR)	3.00% per year
PBP	8 years 4 months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40% (กรณีเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 3.96 kWp

Project Definition

Total Investment		100%	฿293,979	THB
Capital	E	100%	฿293,979	THB
Loan	D	0%	฿0	THB
Working Capital			฿0.00	THB
D/E ratio			0.00	

THB/Wp : ฿74.24

PV System

Operating Date	365	days
Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	79%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)	-26,614 THB
Internal Rate of Return (IRR)	2.03% per year
PBP	19 years 7 months

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
% Degradation	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			5,867.94	5,825.81	5,783.68	5,741.55	5,699.42	5,657.29	5,615.16	5,573.03	5,530.91	5,488.78
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years			฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	3.36			฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36
Roof Owner consumed	60%			฿14,083.05	฿14,121.76	฿14,159.83	฿14,197.26	฿14,234.02	฿14,270.09	฿14,305.46	฿14,340.11	฿14,374.03	฿14,407.19
Roof Owner sale	40%			฿7,886.51	฿7,829.88	฿7,773.26	฿7,716.64	฿7,660.02	฿7,603.40	฿7,546.78	฿7,490.16	฿7,433.54	฿7,376.92
Total Revenue				฿21,969.55	฿21,951.64	฿21,933.10	฿21,913.90	฿21,894.04	฿21,873.49	฿21,852.24	฿21,830.27	฿21,807.57	฿21,784.10
Expense													
Maintenance Cost			฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale			-฿78.87	-฿78.30	-฿77.73	-฿77.17	-฿76.60	-฿76.03	-฿75.47	-฿74.90	-฿74.34	-฿73.77
Total O&M Expenses	-15% in average	-฿73,681.70	฿0.00	-฿2,078.87	-฿2,138.10	-฿2,199.53	-฿2,262.62	-฿2,327.62	-฿2,394.58	-฿2,463.57	-฿2,534.65	-฿2,607.88	-฿2,683.32
EBITDA	in total	฿664,642	฿0.00	฿19,890.69	฿19,813.34	฿19,733.56	฿19,651.28	฿19,566.42	฿19,478.91	฿19,388.67	฿19,295.62	฿19,199.69	฿19,100.79
Working Cap	in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project		฿293,979	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿293,979	-฿293,979.32	฿19,890.69	฿19,813.34	฿19,733.56	฿19,651.28	฿19,566.42	฿19,478.91	฿19,388.67	฿19,295.62	฿19,199.69	฿19,100.79
Cumulative Free Cash Flow		฿293,979	฿293,979.32	-฿274,088	-฿254,274	-฿234,541	-฿214,890	-฿195,323	-฿175,844	-฿156,456	-฿137,160	-฿117,960	-฿98,860

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
	5,446.65	5,404.52	5,362.39	5,320.26	5,278.13	5,236.00	5,193.88	5,151.75	5,109.62	5,067.49	5,025.36	4,983.23	4,941.10	4,898.97	4,856.85
	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
	฿14,439.57	฿14,471.16	฿14,501.94	฿14,531.89	฿14,560.99	฿14,589.21	฿14,616.55	฿14,642.97	฿14,668.46	฿14,692.99	฿14,716.55	฿14,739.11	฿14,760.65	฿14,781.14	฿14,800.57
	฿14,439.57	฿14,471.16	฿14,501.94	฿14,531.89	฿14,560.99	฿14,589.21	฿14,616.55	฿14,642.97	฿14,668.46	฿14,692.99	฿14,716.55	฿14,739.11	฿14,760.65	฿14,781.14	฿14,800.57
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿11,751.74	฿11,702.70	฿11,650.42	฿11,594.82	฿11,535.81	฿11,473.28	฿11,407.13	฿11,337.27	฿11,263.59	฿11,185.98	฿11,104.32	฿11,018.52	฿10,928.44	฿10,833.97	฿10,734.98
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	฿11,751.74	฿11,702.70	฿11,650.42	฿11,594.82	฿11,535.81	฿11,473.28	฿11,407.13	฿11,337.27	฿11,263.59	฿11,185.98	฿11,104.32	฿11,018.52	฿10,928.44	฿10,833.97	฿10,734.98
	-฿87,108	-฿75,405	-฿63,755	-฿52,160	-฿40,624	-฿29,151	-฿17,744	-฿6,406	฿4,857	฿16,043	฿27,148	฿38,166	฿49,094	฿59,928	฿70,663

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก (กรณีเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 3.96 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿74.24		**PV System**																	
Total Investment	100%	฿293,979	THB	Operating Date			365	days													
Capital E	100%	฿293,979	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day													
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			79%														
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%														
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module			(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)														
					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Annual Yield (kWh/kWp)						1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80						
% Degradation	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)					97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%						
Net Energy (kWh)						5,867.94	5,825.81	5,783.68	5,741.55	5,699.42	5,657.29	5,615.16	5,573.03	5,530.91	5,488.78						
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years					฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37						
PEA buy price (1.68THB)	3.36					฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36						
Roof Owner consumed	0%					฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Roof Owner sale	100%					฿19,716.26	฿19,574.71	฿19,433.16	฿19,291.61	฿19,150.05	฿19,008.50	฿18,866.95	฿18,725.40	฿18,583.84	฿18,442.29						
Total Revenue						฿19,716.26	฿19,574.71	฿19,433.16	฿19,291.61	฿19,150.05	฿19,008.50	฿18,866.95	฿18,725.40	฿18,583.84	฿18,442.29						
Expense																					
Maintenance Cost					฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55						
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale					-฿197.16	-฿195.75	-฿194.33	-฿192.92	-฿191.50	-฿190.09	-฿188.67	-฿187.25	-฿185.84	-฿184.42						
Total O&M Expenses	-27% in average		-฿74,826.46		฿0.00	-฿2,197.16	-฿2,255.75	-฿2,316.13	-฿2,378.37	-฿2,442.52	-฿2,508.63	-฿2,576.77	-฿2,647.00	-฿2,719.38	-฿2,793.97						
EBITDA		in total	฿115,966		฿0.00	฿17,519.10	฿17,318.96	฿17,117.03	฿16,913.24	฿16,707.54	฿16,499.87	฿16,290.17	฿16,078.39	฿15,864.46	฿15,648.32						
Working Cap		in total	฿0.00		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Project			฿293,979																		
Free Cash Flow to Equity (FCFE)			-฿293,979		-฿293,978.53	฿17,519.10	฿17,318.96	฿17,117.03	฿16,913.24	฿16,707.54	฿16,499.87	฿16,290.17	฿16,078.39	฿15,864.46	฿15,648.32						
Cumulative Free Cash Flow			-฿293,979		-฿293,978.53	-฿276,459	-฿259,140	-฿242,023	-฿225,110	-฿208,403	-฿191,903	-฿175,613	-฿159,534	-฿143,670	-฿128,021						

Net Present Value (NPV)	151,982 THB
Internal Rate of Return (IRR)	-9.39% per year
PBP #REF! years	#REF! months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40% (กรณีเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน)

Solar PV Rooftop : 3.96 kWp

Project Definition

Total Investment		100%	฿235,054	THB
Capital	E	100%	฿235,054	THB
Loan	D	0%	฿0	THB
Working Capital			฿0.00	THB
D/E ratio			0.00	

THB/Wp : ฿59.36

PV System

Operating Date	365	days
Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	79%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)	28 THB
Internal Rate of Return (IRR)	3.00% per year
	17 years
PBP	8 months

	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)		1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
% Degradation (2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)		5,867.94	5,825.81	5,783.68	5,741.55	5,699.42	5,657.29	5,615.16	5,573.03	5,530.91	5,488.78
PEA's average price (price up rate) 1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB) 1.68		฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed 60%		฿14,083.05	฿14,121.76	฿14,159.83	฿14,197.26	฿14,234.02	฿14,270.09	฿14,305.46	฿14,340.11	฿14,374.03	฿14,407.19
Roof Owner sale 40%		฿3,943.25	฿3,914.94	฿3,886.63	฿3,858.32	฿3,830.01	฿3,801.70	฿3,773.39	฿3,745.08	฿3,716.77	฿3,688.46
Total Revenue		฿18,026.30	฿18,036.70	฿18,046.46	฿18,055.58	฿18,064.03	฿18,071.79	฿18,078.85	฿18,085.19	฿18,090.80	฿18,095.64
Expense											
Maintenance Cost	฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax) 1.0% Revenue Sale		-฿39.43	-฿39.15	-฿38.87	-฿38.58	-฿38.30	-฿38.02	-฿37.73	-฿37.45	-฿37.17	-฿36.88
Total O&M Expenses -16% in average -฿73,300.11	฿0.00	-฿2,039.43	-฿2,099.15	-฿2,160.67	-฿2,224.04	-฿2,289.32	-฿2,356.57	-฿2,425.84	-฿2,497.20	-฿2,570.71	-฿2,646.43
EBITDA ฿236,865 in total	฿0.00	฿15,986.87	฿15,937.55	฿15,885.80	฿15,831.54	฿15,774.71	฿15,715.22	฿15,653.01	฿15,587.99	฿15,520.09	฿15,449.21
Working Cap ฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project ฿235,054	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE) -฿235,054	-฿235,053.72	฿15,986.87	฿15,937.55	฿15,885.80	฿15,831.54	฿15,774.71	฿15,715.22	฿15,653.01	฿15,587.99	฿15,520.09	฿15,449.21
Cumulative Free Cash Flow -฿235,054	-฿235,053.72	-฿219,067	-฿203,129	-฿187,244	-฿171,412	-฿155,637	-฿139,922	-฿124,269	-฿108,681	-฿93,161	-฿77,712

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80
	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
	5,446.65	5,404.52	5,362.39	5,320.26	5,278.13	5,236.00	5,193.88	5,151.75	5,109.62	5,067.49	5,025.36	4,983.23	4,941.10	4,898.97	4,856.85
	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
	฿14,439.57	฿14,471.16	฿14,501.94	฿14,531.89	฿14,560.99	฿14,589.21	฿14,616.55	฿14,642.97	฿14,668.46	฿14,692.99	฿14,716.55	฿14,739.11	฿14,760.65	฿14,781.14	฿14,800.57
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿11,751.74	฿11,702.70	฿11,650.42	฿11,594.82	฿11,535.81	฿11,473.28	฿11,407.13	฿11,337.27	฿11,263.59	฿11,185.98	฿11,104.32	฿11,018.52	฿10,928.44	฿10,833.97	฿10,734.98
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	฿11,751.74	฿11,702.70	฿11,650.42	฿11,594.82	฿11,535.81	฿11,473.28	฿11,407.13	฿11,337.27	฿11,263.59	฿11,185.98	฿11,104.32	฿11,018.52	฿10,928.44	฿10,833.97	฿10,734.98
	฿65,669	฿54,357	฿42,707	฿31,113	฿19,578	฿8,105	฿3,404	฿14,741	฿26,005	฿37,191	฿48,295	฿59,314	฿70,243	฿81,076	฿91,811

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.96 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก (กรณีเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน)

Solar PV Rooftop : 3.96 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿15.48		**PV System**																	
Total Investment	100%	฿61,289	THB	Opening Date			365	days													
Capital E	100%	฿61,289	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day													
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			79%														
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%														
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module			(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)														
					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Annual Yield (kWh/kWp)						1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80	1,519.80						
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)					97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%						
Net Energy (kWh)						5,867.94	5,825.81	5,783.68	5,741.55	5,699.42	5,657.29	5,615.16	5,573.03	5,530.91	5,488.78						
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years					฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37						
PEA buy price (1.68THB)	1.68					฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68						
						฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Roof Owner consumed	0%					฿9,858.13	฿9,787.36	฿9,716.58	฿9,645.80	฿9,575.03	฿9,504.25	฿9,433.47	฿9,362.70	฿9,291.92	฿9,221.15						
Roof Owner sale	100%																				
Total Revenue						฿9,858.13	฿9,787.36	฿9,716.58	฿9,645.80	฿9,575.03	฿9,504.25	฿9,433.47	฿9,362.70	฿9,291.92	฿9,221.15						
Expense																					
Maintenance Cost					฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55						
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale					-฿98.58	-฿97.87	-฿97.17	-฿96.46	-฿95.75	-฿95.04	-฿94.33	-฿93.63	-฿92.92	-฿92.21						
Total O&M Expenses	-54% in average	-฿73,872.49			฿0.00	-฿2,098.58	-฿2,157.87	-฿2,218.97	-฿2,281.91	-฿2,346.77	-฿2,413.59	-฿2,482.44	-฿2,553.37	-฿2,626.46	-฿2,701.76						
EBITDA		฿21,524	in total		฿0.00	฿7,759.55	฿7,629.48	฿7,497.61	฿7,363.89	฿7,228.26	฿7,090.66	฿6,951.03	฿6,809.32	฿6,665.46	฿6,519.39						
Working Cap		฿0.00	in total		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Project		฿61,289			Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿61,289			-฿61,288.92	฿7,759.55	฿7,629.48	฿7,497.61	฿7,363.89	฿7,228.26	฿7,090.66	฿6,951.03	฿6,809.32	฿6,665.46	฿6,519.39						
Cumulative Free Cash Flow		-฿61,289			-฿61,288.92	-฿53,529	-฿45,900	-฿38,402	-฿31,038	-฿23,810	-฿16,719	-฿9,768	-฿2,959	฿3,706	฿10,226						

Net Present Value (NPV)	0 THB
Internal Rate of Return (IRR)	3.00% per year
PBP	8 years 5 months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40% (กรณีเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 9.90 kWp

Project Definition

Total Investment	100%	THB/Wp : ฿54.87		
Capital	100%	฿543,193	THB	
E		฿543,193	THB	
Loan	0%	฿0	THB	
D				
Working Capital		฿0.00	THB	
D/E ratio		0.00		

PV System

Operating Date	365	days
Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	80%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)	208,268 THB
Internal Rate of Return (IRR)	6.66% per year
	10 years
PBP	5 months

	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)		1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
% Degradation (2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)		14,859.93	14,753.25	14,646.56	14,539.87	14,433.19	14,326.50	14,219.81	14,113.13	14,006.44	13,899.75
PEA's average price (price up rate) 1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB) 3.36		฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36
Roof Owner consumed 60%		฿35,663.84	฿35,761.87	฿35,858.30	฿35,953.07	฿36,046.16	฿36,137.51	฿36,227.08	฿36,314.84	฿36,400.72	฿36,484.69
Roof Owner sale 40%		฿19,971.75	฿19,828.36	฿19,684.98	฿19,541.59	฿19,398.20	฿19,254.82	฿19,111.43	฿18,968.04	฿18,824.66	฿18,681.27
Total Revenue		฿55,635.59	฿55,590.24	฿55,543.27	฿55,494.66	฿55,444.36	฿55,392.33	฿55,338.51	฿55,282.88	฿55,225.38	฿55,165.96
Expense											
Maintenance Cost ฿0.00		-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Witholding Tax) 1.0% Revenue Sale		-฿199.72	-฿198.28	-฿196.85	-฿195.42	-฿193.98	-฿192.55	-฿191.11	-฿189.68	-฿188.25	-฿186.81
Total O&M Expenses -6% in average	-฿74,851.18	฿0.00	-฿2,199.72	-฿2,258.28	-฿2,318.65	-฿2,380.87	-฿2,445.00	-฿2,511.10	-฿2,579.22	-฿2,649.43	-฿2,721.79	-฿2,796.36
EBITDA	฿1,035,158 in total	฿0.00	฿53,435.87	฿53,331.95	฿53,224.62	฿53,113.79	฿52,999.36	฿52,881.23	฿52,759.30	฿52,633.45	฿52,503.59	฿52,369.60
Working Cap ฿0.00	in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project	฿543,193	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿543,193	-฿543,193.20	฿53,435.87	฿53,331.95	฿53,224.62	฿53,113.79	฿52,999.36	฿52,881.23	฿52,759.30	฿52,633.45	฿52,503.59	฿52,369.60
Cumulative Free Cash Flow	-฿543,193	-฿543,193.20	-฿489,757.33	-฿436,425.38	-฿383,200.76	-฿330,087.00	-฿277,087.64	-฿224,206.41	-฿171,447.11	-฿118,813.66	-฿66,310.07	-฿13,940.47

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
	13,793.07	13,686.38	13,579.69	13,473.01	13,366.32	13,259.63	13,152.95	13,046.26	12,939.57	12,832.89	12,726.20	12,619.51	12,512.83	12,406.14	12,299.45
	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
	฿36,566.70	฿36,646.71	฿36,724.65	฿36,800.49	฿36,874.18	฿36,945.65	฿37,014.87	฿37,081.78	฿37,146.33	฿37,208.46	฿37,268.12	฿37,325.25	฿37,379.79	฿37,431.70	฿37,480.90
	฿36,566.70	฿36,646.71	฿36,724.65	฿36,800.49	฿36,874.18	฿36,945.65	฿37,014.87	฿37,081.78	฿37,146.33	฿37,208.46	฿37,268.12	฿37,325.25	฿37,379.79	฿37,431.70	฿37,480.90
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿33,878.87	฿33,878.24	฿33,873.13	฿33,863.42	฿33,849.00	฿33,829.72	฿33,805.46	฿33,776.09	฿33,741.46	฿33,701.45	฿33,655.89	฿33,604.66	฿33,547.59	฿33,484.52	฿33,415.31
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	฿33,878.87	฿33,878.24	฿33,873.13	฿33,863.42	฿33,849.00	฿33,829.72	฿33,805.46	฿33,776.09	฿33,741.46	฿33,701.45	฿33,655.89	฿33,604.66	฿33,547.59	฿33,484.52	฿33,415.31
	฿19,938	฿53,817	฿87,690	฿121,553	฿155,402	฿189,232	฿223,037	฿256,814	฿290,555	฿324,256	฿357,912	฿391,517	฿425,065	฿458,549	฿491,964

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก (กรณีเปลี่ยนแปลงอัตรารับซื้อไฟฟ้า)

Solar PV Rooftop : 9.90 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿54.87		**PV System**																	
Total Investment	100%	฿543,193	THB	Operating Date			365	days													
Capital E	100%	฿543,193	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day													
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			80%														
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%														
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module			(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)														
					Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Annual Yield (kWh/kWp)						1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49						
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)					97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%						
Net Energy (kWh)						14,859.93	14,753.25	14,646.56	14,539.87	14,433.19	14,326.50	14,219.81	14,113.13	14,006.44	13,899.75						
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years					฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37						
PEA buy price (1.68THB)	3.36					฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36	฿3.36						
Roof Owner consumed	0%					฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Roof Owner sale	100%					฿49,929.38	฿49,570.91	฿49,212.44	฿48,853.98	฿48,495.51	฿48,137.04	฿47,778.57	฿47,420.11	฿47,061.64	฿46,703.17						
Total Revenue						฿49,929.38	฿49,570.91	฿49,212.44	฿48,853.98	฿48,495.51	฿48,137.04	฿47,778.57	฿47,420.11	฿47,061.64	฿46,703.17						
Expense																					
Maintenance Cost					฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55						
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale					-฿499.29	-฿495.71	-฿492.12	-฿488.54	-฿484.96	-฿481.37	-฿477.79	-฿474.20	-฿470.62	-฿467.03						
Total O&M Expenses	11% in average		฿77,750.16		฿0.00	฿2,499.29	฿2,555.71	฿2,613.97	฿2,673.99	฿2,735.97	฿2,799.92	฿2,865.89	฿2,933.95	฿3,004.16	฿3,076.58						
EBITDA			฿405,413	in total	฿0.00	฿47,430.08	฿47,015.20	฿46,598.52	฿46,179.98	฿45,759.54	฿45,337.12	฿44,912.68	฿44,486.16	฿44,057.48	฿43,626.59						
Working Cap			฿0.00	in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00						
Project			฿543,193		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10						
Free Cash Flow to Equity (FCFE)			-฿543,193		-฿543,193.20	฿47,430.08	฿47,015.20	฿46,598.52	฿46,179.98	฿45,759.54	฿45,337.12	฿44,912.68	฿44,486.16	฿44,057.48	฿43,626.59						
Cumulative Free Cash Flow			-฿543,193		-฿543,193.20	-฿495,763	-฿448,748	-฿402,149	-฿355,969	-฿310,210	-฿264,873	-฿219,960	-฿175,474	-฿131,416	-฿87,790						

Net Present Value (NPV)	-153,847 THB
Internal Rate of Return (IRR)	-3.12% per year
PBP #REF! years	#REF! months

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในบ้านหรืออาคาร 60% และมีส่วนเหลือจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้า 40% (กรณีเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน)

Solar PV Rooftop : 9.90 kWp

Project Definition

Total Investment	100%	฿669,616	THB	
Capital	E 100%	฿669,616	THB	
Loan	D 0%	฿0	THB	
Working Capital		฿0.00	THB	
D/E ratio		0.00		

THB/Wp : ฿67.64

PV System

Operating Date	365	days
Sun Hours	5.35	Hrs / Day
Performance Ratio	80%	
PV System Availability	99%	
% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)	

Net Present Value (NPV)	92 THB
Internal Rate of Return (IRR)	3.00% per year
PBP	17 years 12 months

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
% Degradation	(2.5% at 1Y , 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			14,859.93	14,753.25	14,646.56	14,539.87	14,433.19	14,326.50	14,219.81	14,113.13	14,006.44	13,899.75
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68		฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	60%		฿35,663.84	฿35,761.87	฿35,858.30	฿35,953.07	฿36,046.16	฿36,137.51	฿36,227.08	฿36,314.84	฿36,400.72	฿36,484.69
Roof Owner sale	40%		฿9,985.88	฿9,914.18	฿9,842.49	฿9,770.80	฿9,699.10	฿9,627.41	฿9,555.71	฿9,484.02	฿9,412.33	฿9,340.63
Total Revenue			฿45,649.72	฿45,676.05	฿45,700.78	฿45,723.87	฿45,745.26	฿45,764.92	฿45,782.80	฿45,798.86	฿45,813.05	฿45,825.33
Expense												
Maintenance Cost		฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale		-฿99.86	-฿99.14	-฿98.42	-฿97.71	-฿96.99	-฿96.27	-฿95.56	-฿94.84	-฿94.12	-฿93.41
Total O&M Expenses	-6% in average	฿0.00	-฿2,099.86	-฿2,159.14	-฿2,220.22	-฿2,283.16	-฿2,348.01	-฿2,414.82	-฿2,483.66	-฿2,554.59	-฿2,627.66	-฿2,702.95
EBITDA	฿9539.491 in total	฿0.00	฿43,549.86	฿43,516.91	฿43,480.56	฿43,440.70	฿43,397.25	฿43,350.10	฿43,299.14	฿43,244.27	฿43,185.39	฿43,122.38
Working Cap	฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project	฿669,616	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)	-฿669,616	-฿669,616.20	฿43,549.86	฿43,516.91	฿43,480.56	฿43,440.70	฿43,397.25	฿43,350.10	฿43,299.14	฿43,244.27	฿43,185.39	฿43,122.38
Cumulative Free Cash Flow	-฿669,616	-฿669,616.20	-฿626,066	-฿582,549	-฿539,069	-฿495,628	-฿452,231	-฿408,881	-฿365,582	-฿322,337	-฿279,152	-฿236,030

	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
	90.500%	89.800%	89.100%	88.400%	87.700%	87.000%	86.300%	85.600%	84.900%	84.200%	83.500%	82.800%	82.100%	81.400%	80.700%
	13,793.07	13,686.38	13,579.69	13,473.01	13,366.32	13,259.63	13,152.95	13,046.26	12,939.57	12,832.89	12,726.20	12,619.51	12,512.83	12,406.14	12,299.45
	฿4.42	฿4.46	฿4.51	฿4.55	฿4.60	฿4.64	฿4.69	฿4.74	฿4.78	฿4.83	฿4.88	฿4.93	฿4.98	฿5.03	฿5.08
	฿36,566.70	฿36,646.71	฿36,724.65	฿36,800.49	฿36,874.18	฿36,945.65	฿37,014.87	฿37,081.78	฿37,146.33	฿37,208.46	฿37,268.12	฿37,325.25	฿37,379.79	฿37,431.70	฿37,480.90
	฿36,566.70	฿36,646.71	฿36,724.65	฿36,800.49	฿36,874.18	฿36,945.65	฿37,014.87	฿37,081.78	฿37,146.33	฿37,208.46	฿37,268.12	฿37,325.25	฿37,379.79	฿37,431.70	฿37,480.90
	-฿2,687.83	-฿2,768.47	-฿2,851.52	-฿2,937.07	-฿3,025.18	-฿3,115.93	-฿3,209.41	-฿3,305.70	-฿3,404.87	-฿3,507.01	-฿3,612.22	-฿3,720.59	-฿3,832.21	-฿3,947.17	-฿4,065.59
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	฿2,687.83	฿2,768.47	฿2,851.52	฿2,937.07	฿3,025.18	฿3,115.93	฿3,209.41	฿3,305.70	฿3,404.87	฿3,507.01	฿3,612.22	฿3,720.59	฿3,832.21	฿3,947.17	฿4,065.59
	฿33,878.87	฿33,878.24	฿33,873.13	฿33,863.42	฿33,849.00	฿33,829.72	฿33,805.46	฿33,776.09	฿33,741.46	฿33,701.45	฿33,655.89	฿33,604.66	฿33,547.59	฿33,484.52	฿33,415.31
	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
	฿33,878.87	฿33,878.24	฿33,873.13	฿33,863.42	฿33,849.00	฿33,829.72	฿33,805.46	฿33,776.09	฿33,741.46	฿33,701.45	฿33,655.89	฿33,604.66	฿33,547.59	฿33,484.52	฿33,415.31
	-฿202.131	-฿168.273	-฿134.399	-฿100.536	-฿66.687	-฿32.857	฿948	฿34,724	฿68,466	฿102,167	฿135,823	฿169,428	฿202,975	฿236,460	฿269,875

ตารางแบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด

ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.90 kWp กรณีผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าเป็นหลัก (กรณีเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน)

Solar PV Rooftop : 9.90 kWp

Project Definition		THB/Wp : ฿18.68		**PV System**				Net Present Value (NPV)			52	THB	
Total Investment	100%	฿184,912	THB	Operating Date			365	days	Internal Rate of Return (IRR)		3.01%	per year	
Capital E	100%	฿184,912	THB	Sun Hours			5.35	Hrs / Day					
Loan D	0%	฿0	THB	Performance Ratio			80%		PBP	8 years	6	months	
Working Capital		฿0.00	THB	PV System Availability			99%						
D/E ratio		0.00		% Degrade of Module	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)								

		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Annual Yield (kWh/kWp)			1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49	1,539.49
% Degradation	(2.5% at 1Y, 0.7% at 2Y - 25Y)		97.50%	96.800%	96.100%	95.400%	94.700%	94.000%	93.300%	92.600%	91.900%	91.200%
Net Energy (kWh)			14,859.93	14,753.25	14,646.56	14,539.87	14,433.19	14,326.50	14,219.81	14,113.13	14,006.44	13,899.75
PEA's average price (price up rate)	1.0% per years		฿4.00	฿4.04	฿4.08	฿4.12	฿4.16	฿4.20	฿4.25	฿4.29	฿4.33	฿4.37
PEA buy price (1.68THB)	1.68		฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68	฿1.68
Roof Owner consumed	0%		฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Roof Owner sale	100%		฿24,964.69	฿24,785.46	฿24,606.22	฿24,426.99	฿24,247.75	฿24,068.52	฿23,889.29	฿23,710.05	฿23,530.82	฿23,351.59
Total Revenue			฿24,964.69	฿24,785.46	฿24,606.22	฿24,426.99	฿24,247.75	฿24,068.52	฿23,889.29	฿23,710.05	฿23,530.82	฿23,351.59
Expense												
Maintenance Cost		฿0.00	-฿2,000.00	-฿2,060.00	-฿2,121.80	-฿2,185.45	-฿2,251.02	-฿2,318.55	-฿2,388.10	-฿2,459.75	-฿2,533.54	-฿2,609.55
Other (Withholding Tax)	1.0% Revenue Sale		-฿249.65	-฿247.85	-฿246.06	-฿244.27	-฿242.48	-฿240.69	-฿238.89	-฿237.10	-฿235.31	-฿233.52
Total O&M Expenses	-22% in average	-฿75,334.34	฿0.00	-฿2,249.65	-฿2,307.85	-฿2,367.86	-฿2,429.72	-฿2,493.50	-฿2,559.23	-฿2,627.00	-฿2,696.85	-฿2,768.85	-฿2,843.06
EBITDA		฿166,247 in total	฿0.00	฿22,715.04	฿22,477.60	฿22,238.36	฿21,997.26	฿21,754.26	฿21,509.29	฿21,262.29	฿21,013.21	฿20,761.97	฿20,508.52
Working Cap		฿0.00 in total	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00	฿0.00
Project		฿184,912	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Free Cash Flow to Equity (FCFE)		-฿184,912	-฿184,912.30	฿22,715.04	฿22,477.60	฿22,238.36	฿21,997.26	฿21,754.26	฿21,509.29	฿21,262.29	฿21,013.21	฿20,761.97	฿20,508.52
Cumulative Free Cash Flow		฿184,912	-฿184,912.30	-฿162,197	-฿139,720	-฿117,481	-฿95,484	-฿73,730	-฿52,220	-฿30,958	-฿9,945	฿10,817	฿31,326

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายอิทธิเดช ภู่นันทพงษ์
วัน เดือน ปี เกิด	27 มกราคม 2533
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่อยู่ปัจจุบัน	100/116 หมู่ที่ 3 ถนนรัตนาธิเบศร์ ตำบลไทรม้า อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี รหัสไปรษณีย์ 11000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University