



การลดข้อผิดพลาดการติดตั้งงานระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

The Reduction of Errors in Installing Solar Rooftop Electrical Systems

นายอเนชา เพชรารูธ

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม



ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

เรื่อง การลดข้อผิดพลาดการติดตั้งงานระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

The Reduction of Errors in Installing Solar Rooftop Electrical Systems

ผู้วิจัย นายอเนชา เพชราวุธ

Mr. Anecha Pechrawut

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

วทิต ไรดาโน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วทิต ไรดาโน)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 11 เดือน ๕-๕ พ.ศ. ๒๕๕๕...

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การลดข้อผิดพลาดการติดตั้งงานระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา
โดย : นายอนชา เพชรารูธ
ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา :
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตร โยม)
.....1.1...../.....1.2...../.....6.5.....

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา รวมถึงการกำหนดแนวทางในการลดข้อผิดพลาดดังกล่าวอย่างเป็นระบบ โดยใช้กรอบแนวคิด PDCA ร่วมกับ Lean (MUDA) และการวิเคราะห์ SWOT การเก็บข้อมูลใช้วิธีการสังเกตการณ์ภาคสนาม การสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง และการวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง จากกรณีศึกษาโครงการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาขนาด 309 kWp ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงกระบวนการช่วยให้โครงการมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ทั้งในด้านเวลา ค่าใช้จ่าย และคุณภาพ โดยระยะเวลาโครงการลดลงจาก 306 วัน เหลือ 274 วัน หรือลดลงประมาณ 10.46% ขณะที่ค่าใช้จ่ายด้านการบริหารโครงการลดลง 11.68% นอกจากนี้การกำหนดมาตรการด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบที่เข้มข้นขึ้นยังช่วยลดความเสี่ยงและยกระดับคุณภาพของงานติดตั้งได้อย่างเป็นระบบ ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนถึงความสำคัญของการจัดการเชิงรุกและการใช้เครื่องมือคุณภาพในการพัฒนาโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาให้ได้มาตรฐานและตอบสนองความต้องการของผู้ว่าจ้างอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา การลดข้อผิดพลาด PDCA, Lean (MUDA), SWOT Analysis การบริหารโครงการ การติดตั้งระบบไฟฟ้า

Abstract

Title : The Reduction of Errors in Installing Solar Rooftop Electrical Systems
By : Mr. Anecha Pechrawut
Degree : Master of Engineering
Major : Engineering Management
Advisor : 
 (Asst. Prof. Dr. Arthit Sode-Yome)
 11 12 25

This research aimed to investigate the causes and errors in the installation process of solar rooftop electrical systems, as well as to propose systematic approaches to reduce such errors by applying the PDCA framework in combination with Lean (MUDA) and SWOT analysis. Data were collected through field observations, semi-structured interviews, and document analysis from a case study of a 309 kWp solar rooftop project in the central region of Thailand.

The findings revealed that process improvement significantly enhanced project performance in terms of time, cost, and quality. The overall project duration was reduced from 306 days to 274 days, representing a decrease of approximately 10.46%, while project management costs were reduced by 11.68%. Moreover, stricter safety measures and more frequent inspections effectively minimized risks and improved the quality of the installation process. These outcomes highlight the importance of proactive management and the application of quality tools to ensure standardized, efficient, and customer-oriented solar rooftop installation projects.

Keyword: Solar Rooftop, Error Reduction, PDCA, Lean (MUDA), SWOT Analysis, Project Management, Electrical Installation

Approved by



Director

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ด้วยการได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.อาทิตย์ โสทรโยม อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและชี้แจงจุดบกพร่องต่าง ๆ รวมถึงช่วยตรวจสอบและแก้ไขเพื่อความสมบูรณ์ถูกต้องมากขึ้น จนกระทั่งสารนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ประจำบัณฑิตวิทยาลัย รองศาสตราจารย์.ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร ผศ.พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง และอาจารย์ ดร.วีระกาส ดอกจันทร์ ที่คอยหมั่นดูแล และให้คำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างสูงมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ผู้ประสานงานหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสยาม ที่คอยช่วยเหลืองานเอกสารและประสานงานต่างๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

ท้ายสุดนี้ หากสารนิพนธ์นี้ มีส่วนดี และก่อให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนรวม ผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งปวงนี้ให้ บิดา มารดา และ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้วิจัย มีความรู้และความสามารถจนทุกวันนี้

อนชา เพชรารุช
ผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ของการศึกษา.....	3
1.6 นิยามคำศัพท์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 Kaizen.....	4
2.1.2 SWOT Analysis.....	10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	
3.1 การศึกษากระบวนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop.....	15
3.2 การศึกษาสภาพการดำเนินงาน.....	17
3.3 การเก็บข้อมูลภาคสนาม.....	19

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.1 แหล่งข้อมูล (Data Sources).....	19
3.3.2 วิธีการเก็บข้อมูล (Data Collection Methods).....	20
3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล (Instruments).....	20
3.3.4 การประมวลผลข้อมูล (Data Processing).....	21
3.4 การเฝ้าติดตามศึกษาแต่ละกระบวนการ.....	24
3.4.1 วิธีการเฝ้าติดตาม (Monitoring Methods).....	24
3.4.2 การใช้ข้อมูลจำลองและผลการติดตาม.....	25
3.4.3 ตัวอย่างกิจกรรมการติดตามหน้างาน.....	29
3.5 การวิเคราะห์ปัญหาที่ศึกษา.....	45
3.6 สรุปข้อมูลที่ศึกษา.....	47
 บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ผลการศึกษาปัญหากระบวนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ของโครงการ กรณีศึกษา.....	48
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop.....	51
4.3 แนวทางแก้ไขปัญหาและข้อผิดพลาดในกระบวนการ.....	53
4.3.1 ปัญหาด้านการบริหารจัดการ.....	53
4.3.2 ปัญหาด้านบุคคลและการฝึกอบรม.....	56
4.3.3 ปัญหาด้านการจัดซื้อจัดจ้างและการเงิน.....	59
4.3.4 ปัญหาด้านความปลอดภัย.....	62
4.4 ผลสรุปข้อมูลที่ศึกษาก่อนการปรับปรุงกระบวนการและหลังการปรับปรุงกระบวนการ	64
 บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 ปัญหาที่พบและการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ.....	69
5.2 ผลการปรับปรุงและการเปรียบเทียบก่อน-หลัง การปรับปรุง.....	70
5.3 สรุปผลการศึกษา.....	70

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.4 ผลการวิจัย.....	71
5.5 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ.....	71
บรรณานุกรม.....	72
ประวัติผู้วิจัย.....	74



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การประยุกต์แนวคิด MUDA กับการติดตั้ง Solar Rooftop.....	9
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop.....	18
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลระบบ Solar Rooftop.....	29
ตารางที่ 3.3 Monitoring Matrix ของโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop.....	44
ตารางที่ 3.4 สรุปปัญหา และแนวทางแก้ไข (Problem – Cause – Solution).....	45
ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	49
ตารางที่ 4.2 ปัญหาโครงการตามขั้นตอนการดำเนินงาน.....	52
ตารางที่ 4.3 ขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสารขออนุญาตการติดตั้ง Solar Cell ใน นิคมอุตสาหกรรม.....	54
ตารางที่ 4.4 การขอรับใบอนุญาตแยกตามการติดตั้งเครื่องจักร Solar Rooftop.....	55
ตารางที่ 4.5 แผนจัดเตรียมกำลังคนประจำสัปดาห์ Manpower Plan.....	58
ตารางที่ 4.6 การควบคุมค่าใช้จ่ายบริหารโครงการ.....	60
ตารางที่ 4.7 การประเมินความก้าวหน้าของงานโครงการ.....	61
ตารางที่ 4.8 สรุปปัญหา-แนวทางแก้ไข-ผลลัพธ์ที่คาดหวัง.....	63
ตารางที่ 4.9 ขั้นตอนการดำเนินงาน ก่อนปรับปรุง.....	65
ตารางที่ 4.10 ขั้นตอนการดำเนินงาน หลังปรับปรุง.....	66
ตารางที่ 4.11 สรุปผลการเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง.....	68

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ตารางวิเคราะห์ SWOT Analysis	10
ภาพที่ 3.1 แสดงลำดับกระบวนการติดตั้ง 7 ขั้นตอนหลัก.....	16
ภาพที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการทำงานในกระบวนการติดตั้ง 13 ขั้นตอน.....	22
ภาพที่ 3.3 ผลการจำลองพลังงานจากโปรแกรม PVsyst.....	27
ภาพที่ 3.4 ผลการจำลองพลังงานจากโปรแกรม PVsyst แสดง Loss Diagram ของระบบ....	28
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างตารางแผนงานหลัก.....	31
ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างตารางแผนงานย่อย.....	31
ภาพที่ 3.7 ภาพตัดด้านข้างของอาคาร พร้อมตำแหน่งการติดตั้งระบบ Solar Rooftop บนหลังคา.....	32
ภาพที่ 3.8 แบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณสำหรับติดตั้งระบบ Solar Rooftop	32
ภาพที่ 3.9 แบบจำลองทางเดินตรวจสอบบนหลังคาพร้อมราวกันตกเพื่อความปลอดภัยใน การปฏิบัติงานติดตั้งและบำรุงรักษาระบบ Solar Rooftop.....	33
ภาพที่ 3.10 รายละเอียดทางเดินตรวจสอบบนหลังคา (Walkway) สำหรับระบบ Solar Rooftop และระยะติดตั้ง.....	33
ภาพที่ 3.11 ผังตำแหน่งติดตั้งแผง Solar Rooftop และจุดติดตั้งอุปกรณ์หลัก (MDB และ Inverter Station) บนอาคาร.....	34
ภาพที่ 3.12 แบบรายละเอียดโครงสร้างยึดแผงโซลาร์เซลล์แบบ Bolt Type (PV Mounting Structure – Bolt Type).....	34
ภาพที่ 3.13 ผังระบบไฟฟ้าแบบ Single Line Diagram สำหรับระบบ Solar Rooftop.....	35
ภาพที่ 3.14 การจัดเก็บและกั้นเขตวัสดุแผงโซลาร์เซลล์ในพื้นที่โครงการ.....	36
ภาพที่ 3.15 การใช้ครนติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อปในพื้นที่จำกัด.....	36
ภาพที่ 3.16 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาเมทัลชีท.....	37
ภาพที่ 3.17 การตรวจสอบแรงบิดของสกรูยึดโครงสร้างแผงโซลาร์เซลล์.....	37
ภาพที่ 3.18 การติดตั้งและตรวจสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter).....	38
ภาพที่ 3.19 การติดตั้งอุปกรณ์วัดรังสีอาทิตย์ (Pyranometer) และกล่องพักสายบนหลังคา...	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.20 การใช้เครื่องมือ Solar PV Analyzer สำหรับทดสอบและบันทึกค่า	
ประสิทธิภาพของระบบแผงโซลาร์เซลล์ในขั้นตอนการตรวจสอบหน้างาน.....	39
ภาพที่ 3.21 การประชุมติดตามและประเมินผลการทำงานของระบบโซลาร์เซลล์	
ในห้องควบคุม.....	39
ภาพที่ 3.22 เจ้าหน้าที่จากการไฟฟ้านครหลวง (MEA) กำลังตรวจสอบและทดสอบ	
การทำงานของอินเวอร์เตอร์ในห้องควบคุมระบบไฟฟ้า.....	40
ภาพที่ 3.23 แบบฟอร์มรายงานการตรวจสอบการปิดระบบไฟฟ้าและเชื่อมต่อกับ MDB...	41
ภาพที่ 3.24 ตัวอย่างรายงานการตรวจสอบตู้สวิตช์เกียร์แรงต่ำ (LV Switchgear/SMDB)...	42
ภาพที่ 3.25 แบบฟอร์มรายงานการตรวจสอบ DC Box และ Inverter.....	43
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างเอกสารประเมินความก้าวหน้า.....	62
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างเอกสารตรวจสอบความปลอดภัย.....	63
ภาพที่ 4.3 กราฟแท่งเปรียบเทียบจำนวนวันทำงาน.....	67
ภาพที่ 4.4 กราฟแท่งเปรียบเทียบค่าแรงใช้จ่ายบริหารโครงการ.....	67

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบัน การใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถติดตั้งและใช้งานได้อย่างสะดวก มีความปลอดภัย และช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานให้บริการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Rooftop) จึงเป็นบริการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน โดยการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) บนพื้นที่สูง เช่น หลังคาบ้าน อาคารพาณิชย์ หรือโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ภายในหน่วยงาน หรือส่งขายให้แก่หน่วยงานของรัฐตามนโยบายการส่งเสริมพลังงานสะอาดของประเทศ

การให้บริการติดตั้งระบบ Solar Rooftop ต้องให้ความสำคัญทั้งในด้านคุณภาพ ความปลอดภัย การบำรุงรักษาในระยะยาว ตลอดจนความเชี่ยวชาญของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้และทักษะในเทคโนโลยีสมัยใหม่ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิศวกรรมกับสถานการณ์จริง รวมถึงรับมือกับสภาพแวดล้อมการทำงานที่ท้าทาย เพื่อให้กระบวนการติดตั้งเป็นไปอย่างสมบูรณ์ มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด

ทั้งนี้ การลดข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบ Solar Rooftop เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จของโครงการและความพึงพอใจของผู้ว่าจ้าง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมักมีสาเหตุมาจากการขาดการวางแผนที่ดี การประสานงานที่ไม่ราบรื่น หรือการบริหารจัดการภายในองค์กรที่ยังไม่เป็นระบบ จึงมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และพัฒนาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยยึดหลักมาตรฐานความปลอดภัย ความเป็นระบบ และการให้บริการที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ว่าจ้าง

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากบริษัทรับเหมางานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ขนาดเล็กและขนาดกลางจำนวนมากไม่น้อยยังขาดระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดปัญหาระหว่างการดำเนินงานในหลายขั้นตอนไม่ว่าจะเป็นด้านเอกสาร แบบก่อสร้าง การขออนุมัติ การจัดซื้อจัดจ้าง ตลอดจนกระบวนการติดตั้งและการส่งมอบงาน ซึ่งนำไปสู่ความล่าช้า ความไม่พึงพอใจของผู้ว่าจ้าง และส่งผลต่อภาพลักษณ์และความน่าเชื่อถือขององค์กรโดยตรง

นอกจากนี้ ยังพบว่าปัญหาหลายอย่างเกิดซ้ำบ่อยครั้งและยังไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเป็นระบบ เช่น การจัดทำแบบ Shop Drawing ที่ไม่ถูกต้อง การขออนุมัติวัสดุที่ล่าช้า การจัดซื้ออุปกรณ์

ผิดสเปก ปัญหาด้านแรงงานในการปฏิบัติงานบนที่สูง การตรวจงานที่ไม่มีมาตรฐานกลาง และการส่งมอบงานที่ไม่เป็นไปตามกำหนดเวลา ปัญหาเหล่านี้ไม่เพียงแต่ทำให้เกิดการล่าช้า แต่ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพงานและต้นทุนของโครงการโดยรวม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสาเหตุและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop
2. เพื่อกำหนดแนวทางในการลดข้อผิดพลาดในการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขั้นตอนการศึกษา

การดำเนินการศึกษาในงานวิจัยนี้มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการดำเนินงานของโครงการ
2. ศึกษาสภาพแวดล้อมของการปฏิบัติงานจริง
3. ศึกษาทฤษฎีและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานติดตั้งระบบ Solar Rooftop
4. เก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงาน
5. เฝ้าติดตามและสังเกตการณ์ในขั้นตอนการติดตั้งต่าง ๆ
6. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและติดตามผล
7. สรุปผลการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษารั้งนี้ครอบคลุมโครงการติดตั้งระบบ Solar Rooftop ระหว่างปี พ.ศ. 2566 – 2567 โดยเน้นการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1. การจัดทำแบบสำหรับติดตั้ง (Shop Drawing)
2. การขออนุมัติแบบ วัสดุ และอุปกรณ์
3. การจัดซื้อจัดจ้างวัสดุอุปกรณ์
4. กระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop
5. การจัดหาแรงงานสำหรับงานบนที่สูง
6. การตรวจสอบงานที่ติดตั้งในพื้นที่สูง
7. การส่งมอบงานแก่ผู้ว่าจ้าง

1.5 ประโยชน์ของการศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาค้นคว้า ได้แก่

1. โครงการสามารถนำแนวทางการจัดการปัญหาไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานจริง
2. เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารและควบคุมโครงการติดตั้งระบบ Solar Rooftop
3. สร้างเสริมทัศนคติที่ดีและยกระดับทักษะของบุคลากรในองค์กร
4. เป็นต้นแบบหรือแนวทางอ้างอิงในการลดข้อผิดพลาดของงานติดตั้งระบบ Solar Rooftop ในโครงการอื่น ๆ

1.6 นิยามคำศัพท์

เพื่อให้การศึกษาในครั้งนี้มีความเข้าใจตรงกัน จึงกำหนดความหมายของคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย ดังนี้

1. **Shop Drawing** หมายถึง แบบรายละเอียดสำหรับใช้ในการติดตั้งจริงที่ผ่านการอนุมัติจากผู้ควบคุมงานหรือเจ้าของโครงการ
2. **การลดข้อผิดพลาด** หมายถึง การลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน และการจัดปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินงาน
3. **การเพิ่มประสิทธิภาพ** หมายถึง การดำเนินงานให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุดภายใต้ทรัพยากรและเวลาที่จำกัด
4. **งานบนที่สูง** หมายถึง งานที่ดำเนินการในพื้นที่ที่สูงจากระดับพื้นดินตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไป ซึ่งมีความเสี่ยงด้านความปลอดภัย
5. **Solar Rooftop** หมายถึง ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ที่สามารถติดตั้งได้บนหลังคาที่พักอาศัย อาคารสำนักงาน หลังคาที่จอดรถ เพื่อใช้เองหรือส่งขายให้กับหน่วยงานของรัฐ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการลดข้อผิดพลาดในการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop จำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีหลักการ และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนปรับปรุงกระบวนการทำงาน แนวคิดสำคัญที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการจัดการคุณภาพ ทฤษฎีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง แนวคิดการจัดการพลังงาน การจัดการคลังสินค้า รวมถึงการศึกษาวิจัยจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้า Solar Rooftop การนำเสนอในบทนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวทางการลดข้อผิดพลาดของงานติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ใช้หลักการและทฤษฎี ดังต่อไปนี้

1. KAIZEN
2. SWOT ANALYSIS

2.1.1 Kaizen

ความหมายของไคเซ็น มีผู้ให้นิยามไว้หลายท่าน ดังนี้

นิตยา เงินประเสริฐศรี(2541) กล่าวว่า ไคเซ็น คือ การเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ เพื่อให้เกิดผลดีขึ้น เป็นการปรับปรุงวิธีการทำงานอย่างต่อเนื่องค่อยเป็นค่อยไป โดยเน้นการมีส่วนร่วมในการทำงานของพนักงานในองค์กร เพื่อร่วมกันปรับปรุงวิธีการทำงานให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา

ปารดา บัณชุนิพิท (2555) กล่าวว่า Kaizen มาจากคำ 2 คำ คำว่า “Kai” แปลว่าการเปลี่ยนแปลง (change) และ “Zen” แปลว่า ดี (good) ซึ่งเมื่อนำมารวมกัน จะหมายถึง การเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ดีขึ้นหรือการปรับปรุงให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

อดิเรก เพ็ชรรัตน์ และ พุทธกาล รัชชร (2554) ได้กล่าวว่า การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Kaizen) หมายถึง การปรับปรุงเล็กๆ น้อยๆ ที่เกิดขึ้นจากความพยายามอย่างต่อเนื่อง ค่อยเป็นค่อยไป

Knechtges & Decker (2014) อธิบายว่า Kaizen เป็นคำในภาษาญี่ปุ่น ที่มีความหมายว่า “การเปลี่ยนแปลงที่ดี (good change) หรือ การปรับปรุง (improvement) เน้นการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

จากความหมายของไคเซ็นข้างต้น สรุปได้ว่า ไคเซ็น (Kaizen) เป็นคำศัพท์ภาษาญี่ปุ่น หมายถึง การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ไม่ใช่เปลี่ยนแปลงใหม่ทั้งหมด แต่เป็นการปรับปรุง เพื่อให้ทำงานได้ง่ายขึ้นและสะดวกขึ้น ปรับปรุงทีละเล็กทีละน้อย โดยมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคน เพื่อพัฒนากระบวนการทำงานที่มีอยู่เดิมให้ดียิ่งขึ้น หัวใจสำคัญอยู่ที่ต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุด (Continuous Improvement)

ก. องค์ประกอบของ Kaizen

1. การมีจิตสำนึกในการปรับปรุง
2. การลดต้นทุนและการขจัดความสูญเปล่า
3. การส่งเสริมให้องค์กรเป็นแหล่งเรียนรู้
4. การถ่ายทอดองค์ความรู้ภายในองค์กร

ข. เครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ใน Kaizen

1. วงจร PDCA (Plan-Do-Check-Act)
2. หลัก 5ส (สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ สร้างนิสัย)
3. Suggestion Scheme (ระบบข้อเสนอแนะ)
4. Quality Control Circles (QCC)
5. Just in Time (JIT)
6. Total Quality Management (TQM)

ข.1 วงจร PDCA (Plan-Do-Check-Act)

PDCA Cycle เป็นเครื่องมือสำคัญพื้นฐานของ Kaizen ที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย

- Plan (วางแผน) กำหนดเป้าหมาย วิเคราะห์ปัญหา และวางแผนวิธีแก้ไข
- Do (ปฏิบัติ) ทดลองดำเนินการตามแผนในขอบเขตเล็ก
- Check (ตรวจสอบ) เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับเป้าหมายที่วางไว้

○ Act (ปรับปรุง) ดำเนินการปรับมาตรฐาน หรือปรับแก้ให้ดียิ่งขึ้น
แล้วนำไปใช้ในวงกว้าง
PDCA เป็นเครื่องมือที่ใช้ได้กับทุกระดับองค์กร ตั้งแต่การปรับปรุง
หน้างานไปจนถึงการพัฒนาเชิงกลยุทธ์ของบริษัท

ข.2 หลัก 5ส (สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ สร้างนิสัย)

5ส เป็นระบบการจัดระเบียบสถานที่ทำงานซึ่งเป็นพื้นฐานของการ
ปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

- สะสาง (Seiri) แยกของจำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกัน
- สะดวก (Seiton) จัดวางสิ่งของให้เหมาะสมหยิบใช้งานง่าย
- สะอาด (Seiso) ทำความสะอาดพื้นที่ทำงานอยู่เสมอ
- สุขลักษณะ (Seiketsu) รักษามาตรฐานของ 3 ส แรกให้คงอยู่
- สร้างนิสัย (Shitsuke) ฝึกวินัย ปฏิบัติตามอย่างสม่ำเสมอ

5ส เป็นแนวทางที่เน้นวัฒนธรรมองค์กร และช่วยลด MUDA
(ความสูญเปล่า) ได้โดยตรง

ข.3 Suggestion Scheme (ระบบข้อเสนอแนะ)

ระบบข้อเสนอแนะ คือระบบที่เปิดโอกาสให้พนักงานในทุกระดับ
เสนอแนวทางในการปรับปรุงการทำงาน หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยมีการรับฟังและนำ
ข้อเสนอเหล่านั้นไปพิจารณาและทดลองใช้จริงมีประโยชน์ดังนี้

- กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์จากพนักงาน
- เสริมสร้างความรู้สึกรับผิดชอบในกระบวนการทำงาน
- ทำให้องค์กรได้รับแนวทางพัฒนาจากคนที่อยู่หน้างานจริง

ข.4 Quality Control Circles (QCC)

QCC หรือ วงจรควบคุมคุณภาพ เป็นกลุ่มพนักงานขนาดเล็ก (4-10
คน) ที่ร่วมมือกันวิเคราะห์ปัญหาในการทำงานและวางแผนปรับปรุงมีขั้นตอนดังนี้

- เลือกหัวข้อปัญหาที่ต้องการแก้ไข
- เก็บข้อมูล วิเคราะห์หาสาเหตุ
- สร้างแนวทางแก้ไขและทดลองปรับปรุง
- สรุปผล และนำเสนอผลลัพธ์

QCC เป็นรูปแบบการประยุกต์ใช้ Kaizen ในระดับหน้าที่ได้รับความนิยมนสูงในโรงงานอุตสาหกรรมไทย

ข.5 Just in Time (JIT)

แนวคิด JIT คือ การผลิตหรือจัดส่งสิ่งของในเวลาที่ต้องการและในปริมาณที่จำเป็น โดยไม่มีการผลิตหรือสต็อกเกินความจำเป็นมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- ลดต้นทุนสินค้าคงคลัง
- ลดความสูญเสียจากการเก็บรักษาวัสดุ
- เพิ่มประสิทธิภาพของ Supply Chain

ในงานติดตั้ง เช่น Solar Rooftop JIT จะช่วยลดพื้นที่เก็บอุปกรณ์ลดเวลาในการจัดเตรียมงาน และลดความเสียหายจากการเก็บวัสดุนานเกินไป

ข.6 Total Quality Management (TQM)

TQM เป็นแนวคิดในการบริหารจัดการที่เน้นการมีส่วนร่วมของทุกคนในองค์กรเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพสูงสุดของผลิตภัณฑ์หรือบริการมีหลักการสำคัญดังนี้

- มุ่งเน้นลูกค้า (Customer Focus)
- การมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกระดับ (Employee Involvement)
- การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement)
- การตัดสินใจจากข้อเท็จจริง (Fact-based Decision Making)
- การบริหารอย่างเป็นระบบ (Process Approach)

TQM เป็นกรอบการบริหารที่เชื่อมโยง Kaizen กับวิธีคิดแบบองค์กรคุณภาพอย่างแท้จริง

ค. แนวคิด 5W1H

5W 1H หมายถึง เครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการค้นหาปัญหาด้วยการถามคำถาม เพื่อหาสาเหตุจากปัญหาในกระบวนการทำงาน แล้วนำมาค้นหาแนวทางการปรับปรุงให้กระบวนการทำงานดียิ่งขึ้นซึ่ง 5W 1H ประกอบด้วย (พนิดา หวานเพชร, 2555) ดังนี้

What เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้ทราบถึงจุดประสงค์ของการทำงาน แนวคิดที่เป็นกรอบในการตั้งคำถามได้แก่ จะทำอะไร ทำอย่างไร ใดหรือไม่

When เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้ทราบถึงเวลาในการทำงานที่เหมาะสม แนวคิดที่เป็นกรอบในการตั้งคำถามได้แก่ ทำเมื่อไร ทำไมต้องทำตอนนั้น ทำเวลาอื่นได้หรือไม่

Where เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้ทราบว่าสถานที่ทำงานมีความเหมาะสมหรือไม่ และเหตุใดต้องทำตอนนั้น แนวคิดที่เป็นกรอบในการตั้งคำถามได้แก่ ทำที่ไหน ทำไมต้องทำที่นั่น ทำที่อื่นได้หรือไม่

Who เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้ทราบว่าบุคคลใดที่เหมาะสมสำหรับงาน แนวคิดที่เป็นกรอบในการตั้งคำถามได้แก่ ใครเป็นคนทำ ทำไมต้องเป็นคนนั้นทำ คนอื่นทำได้หรือไม่

Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อทบทวนว่า ความคิดนั้น ถูกต้องหรือไม่ เพื่อหาสาเหตุที่ต้องทำ

How เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้ทราบว่าวิธีการที่เหมาะสมกับงาน แนวคิดที่เป็นกรอบในการตั้งคำถาม ได้แก่ ทำอย่างไร ทำไมต้องทำอย่างนั้น ทำวิธีอื่นได้หรือไม่

ง. แนวคิด MUDA (ความสูญเปล่า)

แนวคิด MUDA คือแนวคิดที่ระบุถึงความสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่ง Mr. Shigeo Shingo และ Mr. Taiichi Ohno จากบริษัท Toyota ได้พัฒนาแนวคิดนี้เพื่อใช้ในระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดความสูญเสีย 7 ประการ ได้แก่

1. การผลิตเกินความต้องการ
2. วัสดุคงคลังเกินความจำเป็น
3. การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น
4. การขนส่งที่ไม่จำเป็น
5. งานเสีย
6. การรอคอย
7. ขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

การประยุกต์แนวคิด MUDA เข้ากับการติดตั้ง Solar Rooftop ช่วยลดต้นทุน เพิ่มความเร็ว และลดความผิดพลาดจากการทำงานซ้ำ

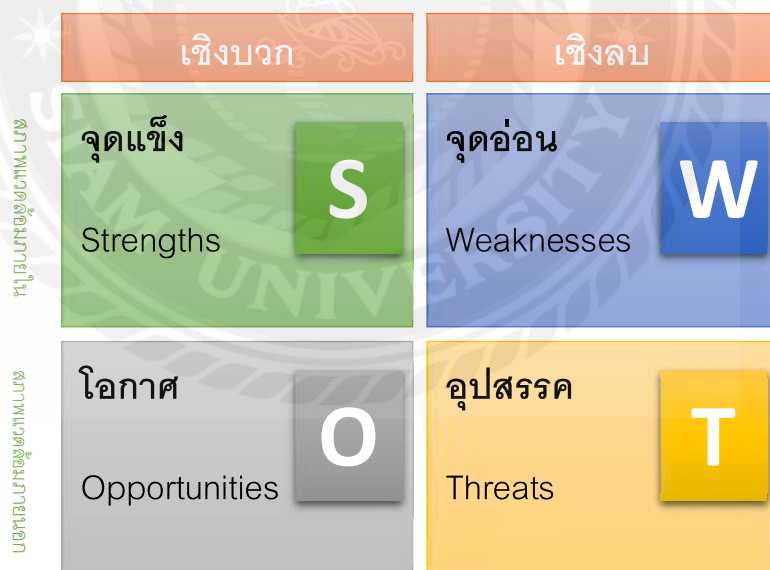
ตารางที่ 2.1 การประยุกต์แนวคิด MUDA กับการติดตั้ง Solar Rooftop

ประเภท MUDA	ความหมาย	ตัวอย่างในงานติดตั้ง Solar Rooftop	แนวทางการลด MUDA
1. Overproduction (ผลิตเกินความจำเป็น)	การทำงานเกินกว่าที่ต้องการ	สั่งแผงโซลาร์เกินจำนวนเพราะคำนวณผิด หรือเผื่อไว้มากเกินไป	ตรวจสอบความต้องการจริงจากแบบแปลนและโหลดไฟฟ้าจริง
2. Inventory (คงคลังเกินความจำเป็น)	การสต็อกวัสดุโดยไม่จำเป็น	เก็บสายไฟ อินเวอร์เตอร์ หรือราง อลูมิเนียมจำนวนมากเกินไป	วางแผนการจัดซื้อและจัดส่งให้ตรงตามลำดับการติดตั้ง
3. Waiting (รอคอย)	การรอที่ทำให้เสียเวลา	ทีมช่างรออุปกรณ์ที่ยังไม่จัดส่ง หรือรอแบบอนุมัติจากวิศวกร	จัดลำดับกิจกรรมล่วงหน้า ใช้ Gantt Chart เพื่อลดช่วงว่าง
4. Transportation (ขนส่งเกินความจำเป็น)	การเคลื่อนย้ายวัสดุซ้ำซ้อน	ย้ายแผงจากโกดังไปหน้าไซต์แล้วขนย้ายเข้าไปยังจุดติดตั้ง	วางแผนเคลื่อนย้ายให้ชัดเจน ใช้แผนผัง Logistic
5. Motion (เคลื่อนไหวเกินจำเป็น)	การเคลื่อนไหวที่ไม่สร้างมูลค่า	ช่างเดินไปเดินมาเพื่อหยิบเครื่องมือ เนื่องจากไม่มีการจัดเตรียม	จัดเครื่องมือให้พร้อม ณ จุดติดตั้ง ใช้ Tool Box บนหลังคา
6. Overprocessing (กระบวนการเกินจำเป็น)	ทำซ้ำหรือทำมากเกินไป	ตรวจสอบงานซ้ำโดยไม่มีมาตรฐานกลาง หรือทำแบบฟอร์มมากเกินไป	สร้าง Checklist กลาง และกำหนดจุดตรวจที่ชัดเจน
7. Defects (ของเสีย)	งานเสีย/ติดตั้งผิดพลาด	เดินสายผิดช่อง, จับคอนเนกเตอร์ผิดขั้ว, แผงได้รับความเสียหาย	ตรวจสอบตามมาตรฐาน MEA/NEC และอบรมช่างติดตั้ง

2.1.2 SWOT Analysis

SWOT Analysis เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินสถานการณ์ขององค์กร โครงการ หรือกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเข้าใจจุดแข็ง (Strengths) จุดอ่อน (Weaknesses) โอกาส (Opportunities) และอุปสรรค (Threats) ที่มีผลต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวของสิ่งที่กำลังวิเคราะห์ การวิเคราะห์ SWOT Analysis ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย อัลเบิร์ต เอส. ฮัมฟรีย์ (Albert S. Humphrey) ซึ่งเป็นนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วงคริสต์ทศวรรษที่ 1960 โดยมีการใช้ครั้งแรกกับบริษัทในกลุ่ม Fortune 500 เพื่อวางแผนกลยุทธ์องค์กร

SWOT Analysis เป็นหนึ่งในเครื่องมือสำคัญในการวางแผนเชิงกลยุทธ์ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งในภาครัฐ ภาคเอกชน ตลอดจนระดับโครงการ เช่น การติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ที่ต้องอาศัยการพิจารณาองค์ประกอบหลายด้านทั้งจากปัจจัยภายในและภายนอก เพื่อให้สามารถวางแผนกลยุทธ์ดำเนินงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2.1 การวิเคราะห์ SWOT Analysis

ก. องค์ประกอบของการวิเคราะห์ SWOT Analysis

การวิเคราะห์ SWOT Analysis แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1. Strengths (จุดแข็ง) คือปัจจัยภายในที่ส่งเสริมให้องค์กรหรือโครงการมีความได้เปรียบเหนือคู่แข่ง เช่น ความเชี่ยวชาญของบุคลากร เครื่องมือทันสมัย แบนด์เป็นที่รู้จัก ฯลฯ

2. Weaknesses (จุดอ่อน) คือข้อจำกัดหรือปัจจัยภายในที่อาจทำให้โครงการไม่สามารถดำเนินงานได้เต็มประสิทธิภาพ เช่น บุคลากรขาดทักษะเฉพาะ การจัดการเวลาไม่ดี ไม่มีระบบติดตามความคืบหน้า

3. Opportunities (โอกาส) คือปัจจัยภายนอกที่สามารถส่งเสริมให้เกิดความสำเร็จหรือขยายขอบเขตของโครงการ เช่น นโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทน ราคาตลาดแผงโซลาร์ลดลง เทคโนโลยีใหม่ ๆ

4. Threats (อุปสรรค) คือปัจจัยภายนอกที่อาจสร้างความเสี่ยง หรือเป็นอุปสรรคต่อความสำเร็จ เช่น ภัยธรรมชาติ ข้อจำกัดด้านกฎหมาย การแข่งขันจากคู่แข่ง

จุดเด่นของ SWOT Analysis

- เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่ายและยืดหยุ่น
- ช่วยให้เห็นภาพรวมของสถานการณ์ในทุกมิติ
- สามารถนำไปใช้วางแผนกลยุทธ์เชิงรุกหรือเชิงรับได้
- ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายในองค์กร

ข้อจำกัดของ SWOT Analysis

- ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลและความซื่อสัตย์ของผู้วิเคราะห์
- ไม่สามารถวัดเชิงปริมาณหรือความน่าจะเป็นได้
- ผลลัพธ์ขึ้นกับความสามารถในการตีความข้อมูลของผู้วิเคราะห์

ข. การประยุกต์ใช้ SWOT Analysis ในบริบทของโครงการ

ในการดำเนินโครงการติดตั้งระบบ Solar Rooftop การนำ SWOT Analysis มาใช้จะช่วยให้สามารถวางแผนรับมือกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นล่วงหน้า และเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการทรัพยากร เช่น

- ใช้จุดแข็ง (S) เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือในการเสนอราคาหรือเจรจากับผู้ว่าจ้าง
- แก้ไขจุดอ่อน (W) โดยใช้ระบบ Software บริหารโครงการหรือการอบรมเพิ่ม

- ใช้โอกาส (O) เพื่อเสนอ Package ที่ตรงกับนโยบายรัฐ หรือองค์กรนั้นๆ
- ลดความเสี่ยงจากอุปสรรค (T) โดยทำงานร่วมกับผู้ผลิตที่มีการรับประกันและเงื่อนไขชัดเจน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างกรอบแนวคิดและระเบียบวิธีสำหรับการวิจัย โดยมีงานวิจัยที่ผ่านมาหลากหลายซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดข้อผิดพลาดการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ดังนี้

ภัสร์ธมลญา กุลละวณิช (2561) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ ปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในงานโครงการก่อสร้างระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้กรณีศึกษาจากบริษัทผู้พัฒนาและติดตั้งระบบ Solar PV ในประเทศไทย งานวิจัยมุ่งวิเคราะห์สาเหตุของความล่าช้าที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการดำเนินงานโครงการ ตั้งแต่การออกแบบ การจัดซื้อจัดจ้าง การติดตั้ง ไปจนถึงการส่งมอบงานผลการศึกษาพบว่า สาเหตุหลักของความล่าช้าเกิดจากการบริหารจัดการโครงการที่ไม่เป็นระบบ และการขาดการประสานงานที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในขั้นตอนการขออนุมัติแบบและเอกสารกับหน่วยงานราชการที่ใช้เวลานานเกินกว่าที่วางแผนไว้ อีกทั้งยังพบว่าการจัดซื้ออุปกรณ์และวัสดุมีความล่าช้า เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสเปกอุปกรณ์กลางคัน การขาดแรงงานที่มีทักษะเฉพาะด้าน และการตรวจสอบคุณภาพงานติดตั้งที่ไม่รัดกุม ทำให้โครงการไม่สามารถดำเนินการได้เสร็จสิ้นตามกำหนดเวลา งานวิจัยยังได้เสนอแนวทางการปรับปรุง เช่น การจัดทำแผนงาน (Schedule) ที่มีความยืดหยุ่น การใช้ Checklist ในการควบคุมคุณภาพ การอบรมบุคลากรด้านทักษะการติดตั้งระบบไฟฟ้า และการเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบงานก่อสร้าง ซึ่งช่วยให้สามารถลดความเสี่ยงต่อความล่าช้าและยกระดับมาตรฐานการดำเนินโครงการได้ ดังนั้นงานวิจัยของ ภัสร์ธมลญา (2561) ถือเป็นงานที่มีความสำคัญ เพราะชี้ให้เห็นว่าความล่าช้าและข้อผิดพลาดส่วนใหญ่ในงานติดตั้งระบบ Solar Rooftop มิได้เกิดจากปัจจัยทางเทคนิคเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับ การบริหารจัดการโครงการ การจัดซื้อจัดจ้าง และความพร้อมของบุคลากร ซึ่งเป็นประเด็นที่สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่มุ่งเน้นการหาวิธีการลดข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมและการจัดการ เช่น PDCA, Kaizen และ Lean

จักรทิพย์ ทวีวิทยารักษ์ (2566) ได้จัดทำ แผนธุรกิจตัวแทนติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ในระดับโรงงานและที่พักอาศัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางธุรกิจของการเป็นผู้ให้บริการติดตั้งระบบ Solar Rooftop ทั้งในภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้

ครอบคลุมทั้งด้านการตลาด การเงิน และการจัดการโครงการ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยสนับสนุนการดำเนินธุรกิจพลังงานทดแทนในประเทศไทย ผลการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยความสำเร็จของการดำเนินธุรกิจติดตั้ง Solar Rooftop ได้แก่ การบริหารจัดการต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างความเชื่อมั่นด้านคุณภาพงานติดตั้ง การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน และการให้บริการหลังการขายที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้งานวิจัยยังได้เสนอว่าผู้ประกอบการควรมีการวางแผนทางการเงินที่รอบคอบ รวมถึงการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (PPA) ที่ชัดเจนกับการไฟฟ้า เพื่อให้โครงการสามารถดำเนินไปได้โดยไม่เกิดความเสียหายสูง

ศุภกิจ ยุติมิตร และ กวิน ดันติเสวี (2567) ได้ศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) โดยใช้กรณีศึกษาห้างค้าปลีกสมัยใหม่ที่มีการติดตั้งระบบดังกล่าวเพื่อสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน งานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลจากโครงการจริง 3 แห่ง และแบ่งกระบวนการติดตั้งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ (1) การกำหนดความต้องการโครงการ (2) การออกแบบและวางแผน (3) การขนส่งและติดตั้ง และ (4) การปิดโครงการ ผลการวิจัยพบว่า ปัญหาสำคัญที่สุดเกิดขึ้นในขั้นตอนการออกแบบและการวางแผน รวมถึงการควบคุมงานติดตั้งและการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าและต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ปัญหาที่พบบ่อย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างในระหว่างดำเนินงาน การปรับโครงสร้างโครงการไปสู่รูปแบบสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (Power Purchase Agreement: PPA) การขาดข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับโครงสร้างอาคารเดิม และความยุ่งยากในการขออนุญาตจากหน่วยงานราชการ งานวิจัยยังเสนอว่า ความสำเร็จของการติดตั้ง Solar Rooftop มีได้ขึ้นอยู่กับเฉพาะเทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ที่ใช้ แต่ต้องพึ่งพาการบริหารจัดการโครงการที่เป็นระบบ การตรวจสอบคุณภาพในแต่ละขั้นตอน และการบูรณาการระหว่างเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ ที่ปรึกษา และผู้รับเหมา เพื่อให้สามารถลดความเสี่ยงด้านเวลาและต้นทุน ตลอดจนสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

เรวัตติ อินทศิริ (2567) ได้ศึกษาการลงทุนในระบบ Solar Rooftop โดยใช้เกณฑ์ทางการเงิน เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนในโครงการพลังงานทดแทน ผลการวิจัยชี้ว่าการติดตั้ง Solar Rooftop ในภาคอุตสาหกรรมมีความคุ้มค่าในระยะยาว และแนะนำให้พิจารณาควบคู่กับมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐ รวมทั้งการบริหารต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้เน้นการลงทุน แต่สะท้อนถึงความสำคัญของการวางแผนที่รอบด้าน เพื่อลดความเสี่ยงและความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

Marzouk & El-Rasas (2014) ได้วิเคราะห์สาเหตุของความล่าช้าในโครงการก่อสร้างในประเทศอียิปต์ โดยใช้วิธีการสำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญและคำนวณดัชนีความถี่และความรุนแรง ผลการวิจัยพบว่าปัญหาหลักมาจากความล่าช้าในการอนุมัติ การจัดซื้อจัดจ้างที่ไม่มีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงแบบ และการขาดแรงงานที่มีทักษะ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่ใกล้เคียงกับการติดตั้ง Solar Rooftop ในประเทศไทย โดยเฉพาะด้านเอกสาร การจัดซื้อ และแรงงาน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวิเคราะห์ปัญหาโครงการปัจจุบัน

Hameed et al. (2024) ได้ศึกษาและพยากรณ์สมรรถนะและความน่าเชื่อถือของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในสภาพภูมิอากาศที่รุนแรง (กรณีศึกษา: อียิปต์) ตีพิมพ์ในวารสาร Renewable Energy การวิจัยมุ่งเน้นไปที่การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ความร้อนสูงและฝุ่น ส่งผลต่อประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบโดยตรง ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาในการติดตั้ง Solar Rooftop ในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมที่มีสภาพแวดล้อมท้าทาย

Alsehaimi et al. (2025) ได้ศึกษาเรื่องการบูรณาการ Building Information Modeling (BIM) ในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างขนาดเล็ก โดยใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติแบบ SEM (Structural Equation Modeling) ผลวิจัยแสดงว่า BIM มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความโปร่งใส การควบคุมเวลา ต้นทุน และคุณภาพงานก่อสร้าง งานนี้สะท้อนว่าหากมีการประยุกต์ BIM ควบคู่กับ Lean และ PDCA ในโครงการ Solar Rooftop จะสามารถลดข้อผิดพลาดและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานได้อย่างมาก

Ibrahim, Zayed & Lafhaj (2025) ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับ Lean Construction ในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ (Megaprojects) โดยชี้ให้เห็นแนวโน้ม (Trends) และช่องว่าง (Gaps) ของการประยุกต์ใช้ Lean เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่า การนำ Lean Tools มาใช้ช่วยลดความสูญเปล่า เพิ่มคุณภาพ และสร้างมาตรฐานในการจัดการโครงการที่ซับซ้อน งานวิจัยนี้สามารถนำมาปรับใช้ในโครงการ Solar Rooftop ได้ โดยเฉพาะในด้านการจัดการทรัพยากรและการควบคุมกระบวนการ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพแบบกรณีศึกษาเชิงลึก (Single Embedded Case Study) โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ขนาด 309 kWp บนหลังคาโรงงานผลิตชิ้นส่วนนาฬิกาในภาคกลางของประเทศไทย การดำเนินการติดตั้งเกิดขึ้นระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566-พฤษภาคม พ.ศ. 2567 โดยใช้ผู้รับเหมาช่วงในการดำเนินงาน ลักษณะการติดตั้งเป็นระบบยกลอยสูงจากแผ่นเมทัลชีท 25 เซนติเมตร และเชื่อมต่อระบบ On-grid เข้าสู่การไฟฟ้า ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

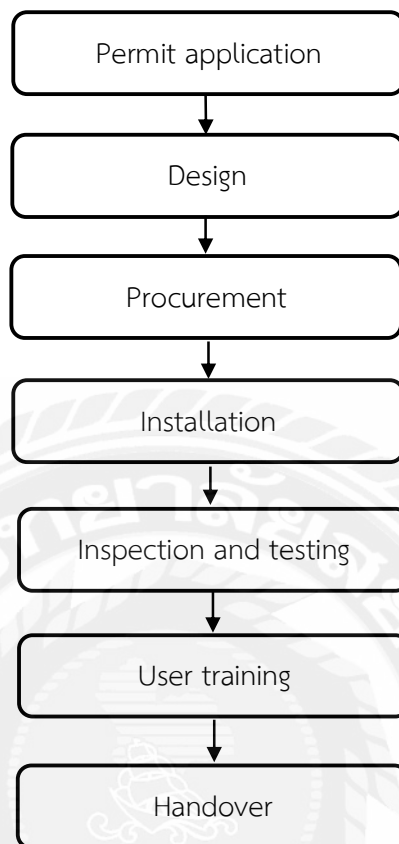
1. การศึกษากระบวนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop
2. การศึกษาสภาพแวดล้อมการดำเนินงาน
3. การเก็บข้อมูลภาคสนาม
4. การเฝ้าติดตามศึกษาแต่ละกระบวนการ
5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษา
6. สรุปข้อมูลที่ศึกษา

3.1 การศึกษากระบวนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop

การศึกษานี้เริ่มต้นด้วยการทบทวนและทำความเข้าใจกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ โดยจัดทำ Flow Chart เพื่อจำแนกขั้นตอนและระบุจุดที่มีความเสี่ยงต่อข้อผิดพลาด พร้อมทั้งอ้างอิงมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น IEC 60364-7-712 (Requirements for Solar PV Power Supply Systems), IEC 62446-1 (System Testing and Documentation) และข้อกำหนดจากการไฟฟ้านครหลวง/การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

วัตถุประสงค์ของการ Flow Chart ขั้นตอนการติดตั้ง คือ

1. ระบุจุดที่มีโอกาสเกิดความผิดพลาด (Error-Prone Points)
2. ตรวจสอบความสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ
3. สร้างฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงลึกด้วยแนวคิด PDCA, MUDA และ SWOT



ภาพที่ 3.1 ลำดับกระบวนการติดตั้ง 7 ขั้นตอนหลัก

จากภาพที่ 3.1 (Flow Chart) แสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนหลัก เรียงลำดับจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของกระบวนการ ดังนี้

1. Permit Application (การยื่นขออนุญาต) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของกระบวนการติดตั้ง โดยผู้รับเหมาหรือผู้พัฒนาโครงการต้องดำเนินการจัดเตรียมและยื่นเอกสารประกอบการขออนุญาตจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือ การไฟฟ้านครหลวง
2. Design (การออกแบบ) หลังจากได้รับอนุญาตแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบระบบโดยละเอียด ซึ่งรวมถึงการจัดทำแบบทางไฟฟ้า แบบแปลนการติดตั้ง และแบบ Shop Drawing ที่สามารถนำไปใช้ในหน้างานจริงได้
3. Procurement (การจัดซื้อจัดจ้าง) เมื่อแบบได้รับการอนุมัติ จะเริ่มกระบวนการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น ซึ่งต้องเป็นไปตามมาตรฐาน และการจัดจ้างแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญ เพื่อให้การติดตั้งแล้วเสร็จตามแผนงานที่กำหนด

4. Installation (การติดตั้ง) เป็นขั้นตอนการดำเนินการติดตั้งจริง ณ พื้นที่โครงการ ซึ่งประกอบด้วยการติดตั้งแผงโซลาร์ อินเวอร์เตอร์ ระบบสายไฟ ระบบป้องกันไฟฟ้า และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดต้องเป็นไปตามแบบที่ได้รับอนุมัติ

5. Inspection and Testing (การตรวจสอบและทดสอบระบบ) ภายหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของระบบไฟฟ้า และดำเนินการทดสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

6. User Training (การอบรมผู้ใช้งาน) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง และดูแลรักษาระบบเบื้องต้นได้ จะมีการจัดการอบรม รวมถึงมอบคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาให้แก่เจ้าของโครงการ

7. Handover (การส่งมอบงาน) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการติดตั้ง โดยมีการส่งมอบระบบพร้อมเอกสารที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นทางการ เช่น As-built Drawing, Test Report, Safety Certificate และ Warranty Document

การจัดลำดับกระบวนการทั้ง 7 ขั้นตอนนี้ทำให้ผู้วิจัยสามารถ กำหนดจุดเสี่ยงต่อข้อผิดพลาดและแนวทางตรวจสอบได้อย่างเป็นระบบ และนำไปใช้ในการศึกษาสภาพแวดล้อมการดำเนินงาน

3.2 การศึกษาสภาพแวดล้อมการดำเนินงาน

การศึกษาศภาพการดำเนินงานของโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการดำเนินงานจริงที่เกิดขึ้น ณ หน่วยงาน รวมถึงการสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จและข้อบกพร่องที่อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในแต่ละขั้นตอน โดยผู้วิจัยได้ทำการสังเกตการณ์ ลงพื้นที่ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้เกี่ยวข้อง เช่น วิศวกรโครงการ ผู้รับเหมา และเจ้าของโครงการ

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการดำเนินงานสามารถแบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอนหลัก ตั้งแต่การสำรวจพื้นที่หน้างาน ไปจนถึงการส่งมอบงาน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	ความเสี่ยง/ข้อผิดพลาดที่อาจพบ
1	สำรวจพื้นที่หน้างาน	ตรวจสอบสภาพหลังคา ทิศทางแดด โครงสร้างอาคาร และพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์	เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบที่เหมาะสม	ข้อมูลหน้างานไม่ครบ/ผิดพลาด อาจทำให้การออกแบบคลาดเคลื่อน
2	กำหนดขอบเขตและข้อกำหนดโครงการ	จัดทำ TOR, สัญญา และกำหนดมาตรฐานการทำงาน พร้อมประชุมร่วมกับผู้เกี่ยวข้อง	เพื่อให้ทุกฝ่ายมีความเข้าใจตรงกัน	ข้อกำหนดไม่ชัดเจน อาจทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างผู้ว่าจ้าง-ผู้รับเหมา
3	ตรวจสอบ Shop Drawing	ตรวจสอบแบบและรายละเอียดติดตั้ง และ Material Approval ก่อนส่งเจ้าของโครงการ	เพื่อให้มั่นใจว่าแบบตรงตามมาตรฐานและใช้งานได้จริง	แบบไม่ครบถ้วน หรือไม่ตรงตามข้อกำหนด
4	อนุมัติและจัดซื้อวัสดุ	จัดทำเอกสารอนุมัติวัสดุ และสรุปรายการจัดซื้อกับร้านค้า	เพื่อให้ได้วัสดุที่ตรงสเปกและส่งมอบทันเวลา	วัสดุไม่ได้มาตรฐานหรือส่งล่าช้า
5	จัดการพื้นที่เก็บวัสดุ	จัดเตรียมสถานที่เก็บอุปกรณ์และเครื่องมือที่หน้างาน	เพื่อป้องกันความเสียหายและความสูญหายของวัสดุ	การจัดเก็บไม่เหมาะสม ทำให้วัสดุเสียหายหรือสูญหาย
6	ควบคุมการติดตั้ง	กำกับแรงงานและผู้รับเหมาช่วงให้ทำงานตามแบบและแผนงาน	เพื่อให้งานเป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรม	การเบี่ยงเบนจากแบบการทำงานไม่ตามมาตรฐาน
7	ตรวจสอบความปลอดภัย	ควบคุมมาตรการความปลอดภัย เช่น PPE, งานบนที่สูง	เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัย	ไม่ปฏิบัติตามมาตรการ / เสี่ยงต่ออุบัติเหตุ

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	รายละเอียดการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	ความเสี่ยง/ข้อผิดพลาดที่อาจพบ
8	ตรวจสอบคุณภาพงานติดตั้ง	ตรวจสอบความถูกต้องตามแบบและคุณภาพงานในแต่ละขั้นตอน	เพื่อยืนยันคุณภาพการติดตั้ง	ข้อบกพร่องด้านการต่อสายไฟ, ยึดโครงสร้างไม่แข็งแรง
9	การทดสอบระบบ	ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบไฟฟ้า และ การเชื่อมต่อ On-grid	เพื่อยืนยันประสิทธิภาพและความปลอดภัยของระบบ	ระบบไม่ผ่านการทดสอบหรือเกิด Fault
10	การส่งมอบงาน	จัดทำเอกสารส่งมอบ เช่น As-built, Test Report, คู่มือ พร้อมส่งมอบให้เจ้าของโครงการ	เพื่อยืนยันความสมบูรณ์ของโครงการ	เอกสารไม่ครบ ส่งมอบล่าช้า หรือระบบไม่พร้อมใช้งาน

จากการศึกษาสภาพการดำเนินงาน พบว่าขั้นตอนแต่ละช่วงมีความสำคัญและมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดแตกต่างกันไป หากไม่มีการควบคุมที่ดีอาจส่งผลต่อคุณภาพ ความปลอดภัย และระยะเวลาของโครงการ การทำความเข้าใจในกระบวนการเหล่านี้จึงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของข้อผิดพลาดและการกำหนดแนวทางในการปรับปรุงที่เหมาะสม

3.3 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาคสนามในงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลที่ต้องการครอบคลุม และสะท้อนสภาพการดำเนินงานจริงของโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อผิดพลาดและพัฒนากลยุทธ์การปรับปรุงกระบวนการติดตั้ง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการเก็บข้อมูลภาคสนามดังต่อไปนี้

3.3.1 แหล่งข้อมูล (Data Sources)

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

- การสังเกตการณ์โดยตรง (Direct Observation) ในทุกขั้นตอนการติดตั้งระบบไฟฟ้า

- การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) กับผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ วิศวกรโครงการ ช่างผู้ปฏิบัติงาน และผู้รับเหมาช่วง
- การเก็บบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง เช่น ความล่าช้า การแก้ไขงาน และอุบัติเหตุ

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

- เอกสารประกอบโครงการ เช่น แบบก่อสร้าง (Construction Drawing), Shop Drawing, BOQ และ TOR
- เอกสารบันทึกการประชุมโครงการ
- รายงานความก้าวหน้า (Progress Report) และรายงานตรวจสอบคุณภาพ (QA/QC Report)

3.3.2 วิธีการเก็บข้อมูล (Data Collection Methods)

1. การสังเกตการณ์ (Observation Method)

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ติดตามการดำเนินงานจริง ตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ การเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า จนถึงขั้นตอนการทดสอบและส่งมอบ โดยมีการบันทึกข้อมูลในรูปแบบฟอร์ม Checklist ที่พัฒนาขึ้นเองและที่เป็นมาตรฐานเพื่อใช้ตรวจสอบข้อผิดพลาดในแต่ละกิจกรรม

2. การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview)

ใช้คำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลสามารถเล่าประสบการณ์ ปัญหา และแนวทางแก้ไข เช่น คำถามเกี่ยวกับสาเหตุความผิดพลาดที่พบบ่อย ความท้าทายในการทำงานบนที่สูง และการประสานงานระหว่างทีมงาน

3. การวิเคราะห์เอกสาร (Documentary Analysis)

ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เช่น รายงานความก้าวหน้า รายงานความปลอดภัย และบันทึกการแก้ไขงาน เพื่อใช้ยืนยันความถูกต้องและเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการสังเกตและสัมภาษณ์

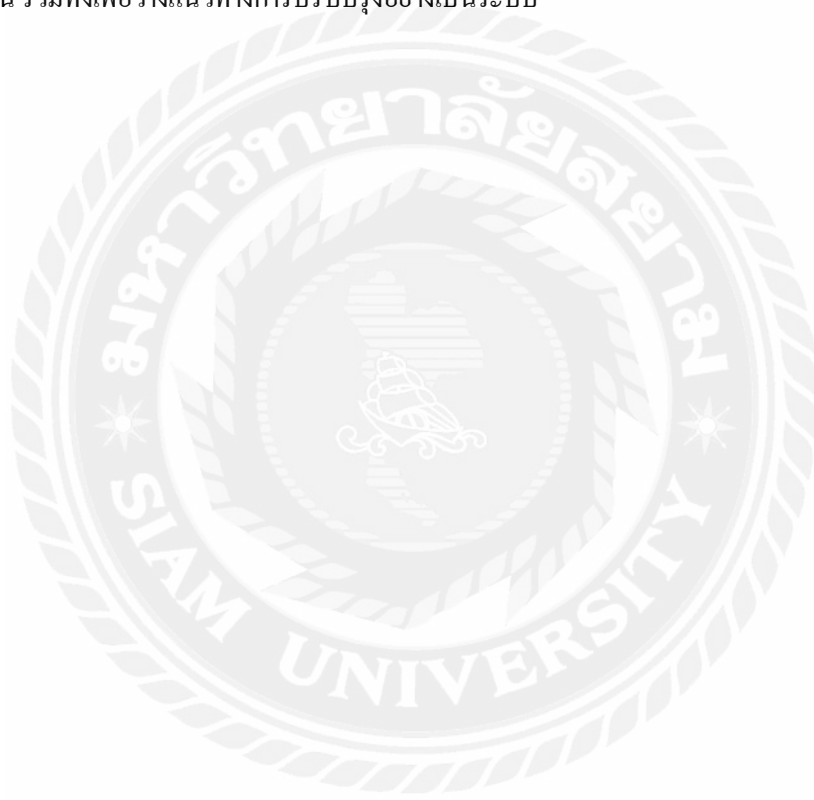
3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล (Instruments)

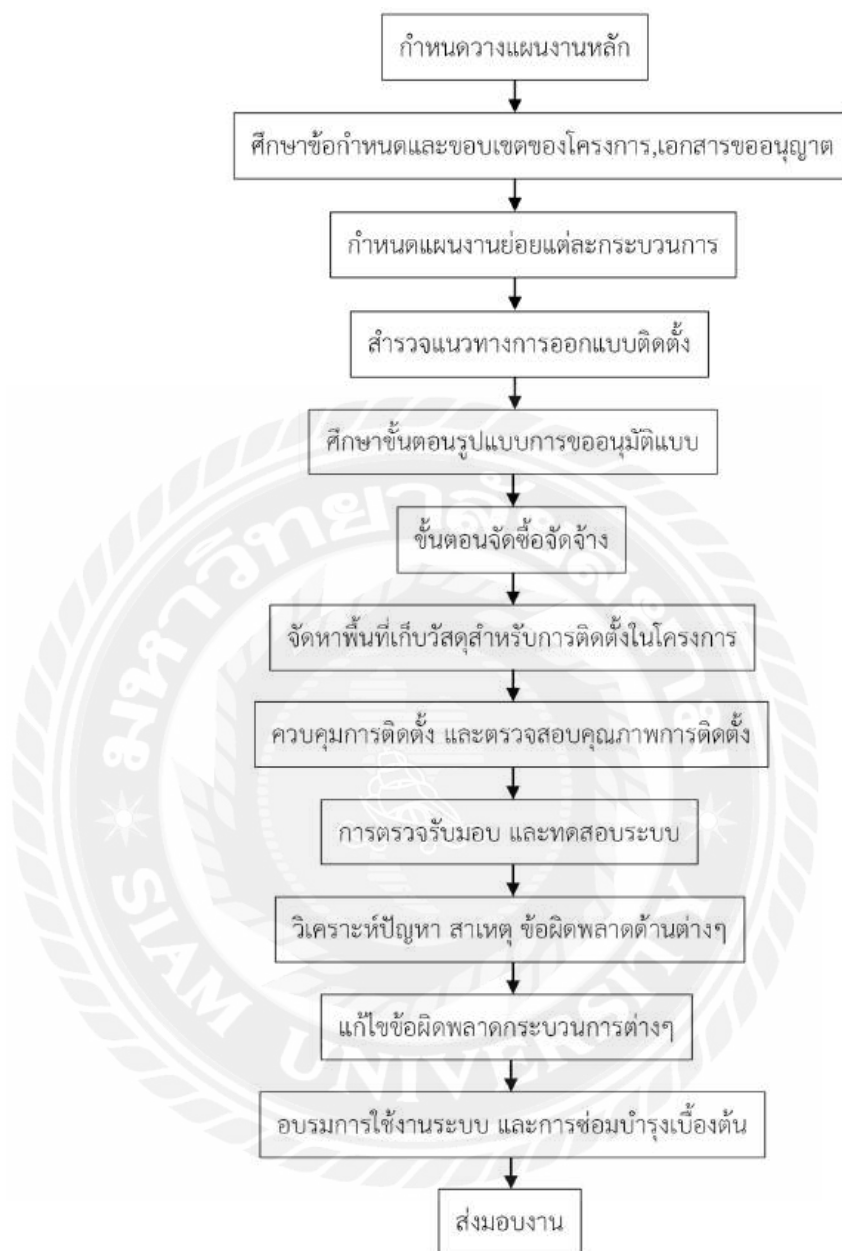
- แบบฟอร์ม Checklist ตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละกิจกรรมติดตั้ง
- แบบฟอร์ม Cost Variance Analysis เพื่อตรวจสอบความเบี่ยงเบนด้านต้นทุนและเวลา
- Timeline Template ใช้ติดตามความก้าวหน้าและการเปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง

- เครื่องมือบันทึกข้อมูลภาคสนาม เช่น สมุดบันทึก กล้องถ่ายภาพ และแอปพลิเคชันติดตามโครงการ

3.3.4 การประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

ข้อมูลที่ได้จากภาคสนามจะนำมาจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยแบ่งตามกิจกรรมหลัก 13 ขั้นตอนการติดตั้งดังภาพที่ 3.2 พร้อมเชื่อมโยงกับ แนวคิด PDCA, MUDA, Kaizen และ SWOT Analysis เพื่อตรวจสอบกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่า (Non-value Added) และข้อผิดพลาดที่ซ้ำซ้อน รวมทั้งเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงอย่างเป็นระบบ





ภาพที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการทำงานในกระบวนการติดตั้ง 13 ขั้นตอน

จากภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยแบ่งเป็นลำดับขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่ต้นจนจบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจชัดเจนในเชิงระบบ และสามารถนำไปใช้บริหารจัดการโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ รายละเอียดแต่ละขั้นตอนสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กำหนดความแผนงานหลัก เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการบริหารโครงการ โดยกำหนดระยะเวลา เป้าหมายหลัก ผู้รับผิดชอบ และขอบเขตของงานทั้งหมด
2. ศึกษาข้อกำหนดและขอบเขตของโครงการ, เอกสารขออนุญาต ศึกษากฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆ เช่น มาตรฐานการติดตั้ง, แบบก่อสร้าง, ขั้นตอนการขออนุญาตจากหน่วยงานราชการ (MEA/PEA) และระเบียบการเชื่อมต่อบระบบไฟฟ้า
3. กำหนดแผนงานย่อยแต่ละกระบวนการ แยกย่อยงานออกเป็นขั้นตอน เช่น งานออกแบบงานจัดซื้อจัดจ้าง งานติดตั้ง งานตรวจรับ เพื่อวางแผนระยะเวลาให้เหมาะสม
4. สำรวจแนวทางการออกแบบติดตั้ง ทำการสำรวจพื้นที่หน้างาน ตรวจสอบโครงสร้างหลังคา ทิศทางแสงแดด ความชัน และตำแหน่งการวางแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อเตรียมแบบติดตั้งจริง
5. ศึกษาขั้นตอนรูปแบบการขออนุมัติแบบ ศึกษารูปแบบเอกสารการขออนุมัติ เช่น Shop Drawing, BOQ และรายการอุปกรณ์ เพื่อให้ผ่านเกณฑ์หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
6. ขั้นตอนจัดซื้อจัดจ้าง ดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์และวัสดุ เช่น แผงโซลาร์เซลล์ อินเวอร์เตอร์ สายไฟ เบรกเกอร์ และจัดจ้างแรงงานติดตั้ง
7. จัดหาพื้นที่เก็บวัสดุสำหรับการติดตั้งในโครงการ จัดพื้นที่เก็บอุปกรณ์ให้ปลอดภัย อยู่ใกล้จุดติดตั้ง และมีการจัดการโลจิสติกส์ที่เหมาะสม
8. ควบคุมการติดตั้ง และตรวจสอบคุณภาพการติดตั้ง ดำเนินการติดตั้งระบบตามแบบที่ได้รับอนุมัติ ควบคุมให้ถูกต้องตามมาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้า (เช่น IEC, TIS, NEC) และตรวจสอบงานระหว่างทาง
9. การตรวจรับมอบ และทดสอบระบบ ทดสอบระบบไฟฟ้า เช่น การจ่ายไฟ การเชื่อมโยงกับระบบจำหน่าย ทดสอบ Isc, Voc, ตรวจฉนวน และตรวจรับงานจากผู้รับเหมาร่วมกับผู้ควบคุมงาน
10. วิเคราะห์ปัญหา สาเหตุ ข้อผิดพลาดด้านต่าง ๆ หากมีปัญหาเกิดขึ้น เช่น การเบี่ยงเบนเวลา งานผิดแบบ อุปกรณ์ผิดสเปค ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ เพื่อนำไปสู่การแก้ไข
11. แก้ไขข้อผิดพลาดกระบวนการต่างๆ ปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน ลด MUDA ลดเวลาสูญเสีย เปล่า อัปเดตแบบหรือเปลี่ยนผู้รับผิดชอบหากจำเป็น
12. อบรมการใช้งานระบบ และการซ่อมบำรุงเบื้องต้น จัดการอบรมให้เจ้าของงาน/ผู้ใช้งาน เช่น การอ่านค่าจาก Inverter การดูผลผลิตไฟฟ้าผ่านแอป การทำความสะอาด และการตรวจเช็คระบบเบื้องต้น

13. ส่งมอบงาน ส่งมอบเอกสาร เช่น แบบ As-built, ใบรับรองการติดตั้ง, เอกสารคู่มือ และจดหมายส่งงานอย่างเป็นทางการ

การเก็บข้อมูลภาคสนามในครั้งนี้เป็นการผสมผสานข้อมูลเชิงคุณภาพและเอกสารประกอบโครงการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่รอบด้านและสะท้อนปัญหาได้อย่างแท้จริง ทั้งนี้ เครื่องมือที่ใช้ เช่น Checklist และ Cost Variance Analysis ได้รับการออกแบบเฉพาะ เพื่อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการศึกษาการลดข้อผิดพลาดในการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop

3.4 การเฝ้าติดตามศึกษาแต่ละกระบวนการ

การเฝ้าติดตามศึกษาแต่ละกระบวนการเป็นขั้นตอนสำคัญของงานวิจัย เนื่องจากช่วยให้ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อเท็จจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยมีได้อาศัยเพียงข้อมูลจากเอกสารหรือแบบแผนงาน แต่ยังรวมถึงการสังเกตเชิงพฤติกรรมและสภาพแวดล้อมหน้างานอย่างเป็นระบบ ข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าติดตามนำมาวิเคราะห์ร่วมกับกรอบแนวคิด PDCA และ Kaizen เพื่อระบุจุดบกพร่อง สาเหตุเชิงราก และแนวทางการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

3.4.1 วิธีการเฝ้าติดตาม (Monitoring Methods)

ในการเฝ้าติดตามการดำเนินงาน ผู้วิจัยใช้วิธีการที่หลากหลายเพื่อให้ได้ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ดังนี้

1. **การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation)** ผู้วิจัยเข้าร่วมประชุมประจำวัน ตรวจสอบหน้างาน และสื่อสารกับผู้ควบคุมงาน ช่างเทคนิค และผู้จัดการโครงการ เพื่อรับทราบปัญหาที่เกิดขึ้นแบบเรียลไทม์ ทำให้สามารถสะท้อนทั้งปัญหาทางเทคนิคและปัญหาด้านการบริหารจัดการได้ตรงประเด็น
2. **การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)** มีการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง ได้แก่ วิศวกรควบคุมงาน หัวหน้าช่าง ผู้ออกแบบ และเจ้าของโครงการ เพื่อให้เข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้า ข้อผิดพลาด และการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา
3. **การใช้เครื่องมือทางการบริหารคุณภาพ (Quality Tools)** ผู้วิจัยนำเครื่องมือ เช่น ตารางการไหล (Flow Process Chart) และแบบตรวจสอบ (Checklist) มาใช้เพื่อวิเคราะห์ลำดับการทำงานและจุดบกพร่องที่เกื้อหนุน ทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเชิงกระบวนการกับการปฏิบัติงานได้อย่างเป็นระบบ

4. การบันทึกเวลาและขั้นตอนการทำงาน (Time-Tracking & Work Log) ผู้วิจัยทำการบันทึกเวลาในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอนเพื่อเปรียบเทียบกับแผนงานที่กำหนดไว้ ข้อมูลนี้ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนและหาสาเหตุของการล่าช้าได้อย่างเป็นรูปธรรม
5. การรวบรวมหลักฐานทางภาพถ่ายและเอกสาร มีเก็บภาพถ่ายการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน พร้อมทั้งเอกสารสำคัญ เช่น ใบอนุมัติแบบฟอร์มตรวจสอบ และบันทึกการอบรม เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการวิเคราะห์
6. การประชุมสรุปความคืบหน้า (Weekly Summary & Review) ผู้วิจัยเข้าร่วมประชุมสรุปผลประจำสัปดาห์ของโครงการ โดยเน้นการติดตามความก้าวหน้า การแก้ปัญหา และการกำหนดแนวทางแก้ไขร่วมกับทีมงาน

การเฝ้าติดตามมิใช่เพียงการเก็บข้อมูลเชิงตัวเลขหรือเอกสารประกอบ แต่ยังครอบคลุมถึงการสังเกตเชิงพฤติกรรม-การบริหารจัดการ-การใช้ทรัพยากร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ เพื่อให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำและสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้เฝ้าติดตามทั้งแบบ On-site และ Off-site ครอบคลุมทุกช่วงของวงจรชีวิตโครงการ ตั้งแต่การออกแบบจนถึงการทดสอบระบบและการส่งมอบงาน

3.4.2 การใช้ข้อมูลจำลองและผลการติดตาม

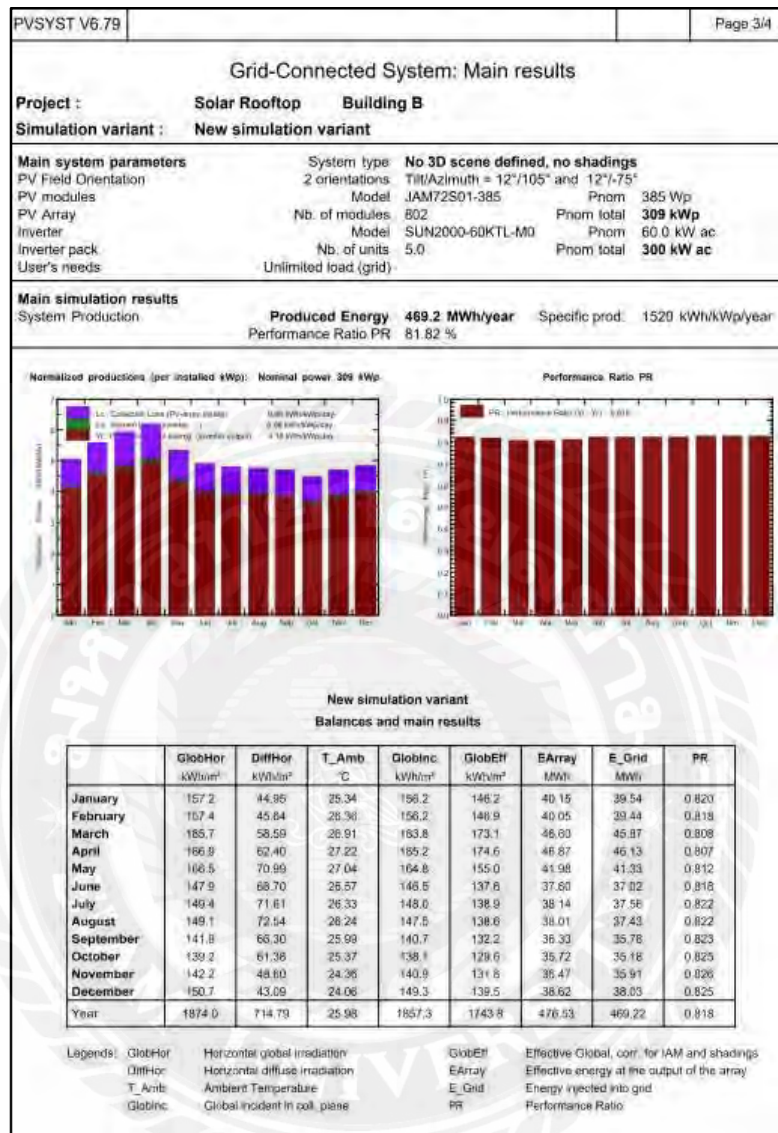
เพื่อให้การวิเคราะห์โครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ ผู้วิจัยได้นำ ข้อมูลเชิงจำลอง (Simulation Data) และ ข้อมูลภาคสนามที่ได้จากการเฝ้าติดตาม (Monitoring Data) มาประกอบกัน โดยเน้นการเปรียบเทียบเชิงปริมาณและการชี้จุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจริง ดังนี้

ซอฟต์แวร์ PVsyst นำมาใช้จำลองศักยภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบ โดยตั้งค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลโครงการจริง เช่น ขนาดกำลังการผลิต 309 kWp, ประเภทโมดูล, อินเวอร์เตอร์, มุมเอียง และทิศทางการติดตั้ง ผลลัพธ์จากการจำลองถูกแสดงในภาพที่ 3.3–3.4 และ ตารางที่ 3.2 ซึ่งให้ค่าที่คาดการณ์ด้านพลังงาน (Energy Yield), ค่าประสิทธิภาพระบบ (Performance Ratio: PR), รวมถึงการสูญเสียพลังงาน (Loss Diagram) ในแต่ละปัจจัย

การวิเคราะห์จุดสูญเสีย (Loss Analysis) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นจุดสูญเสียที่สำคัญได้แก่

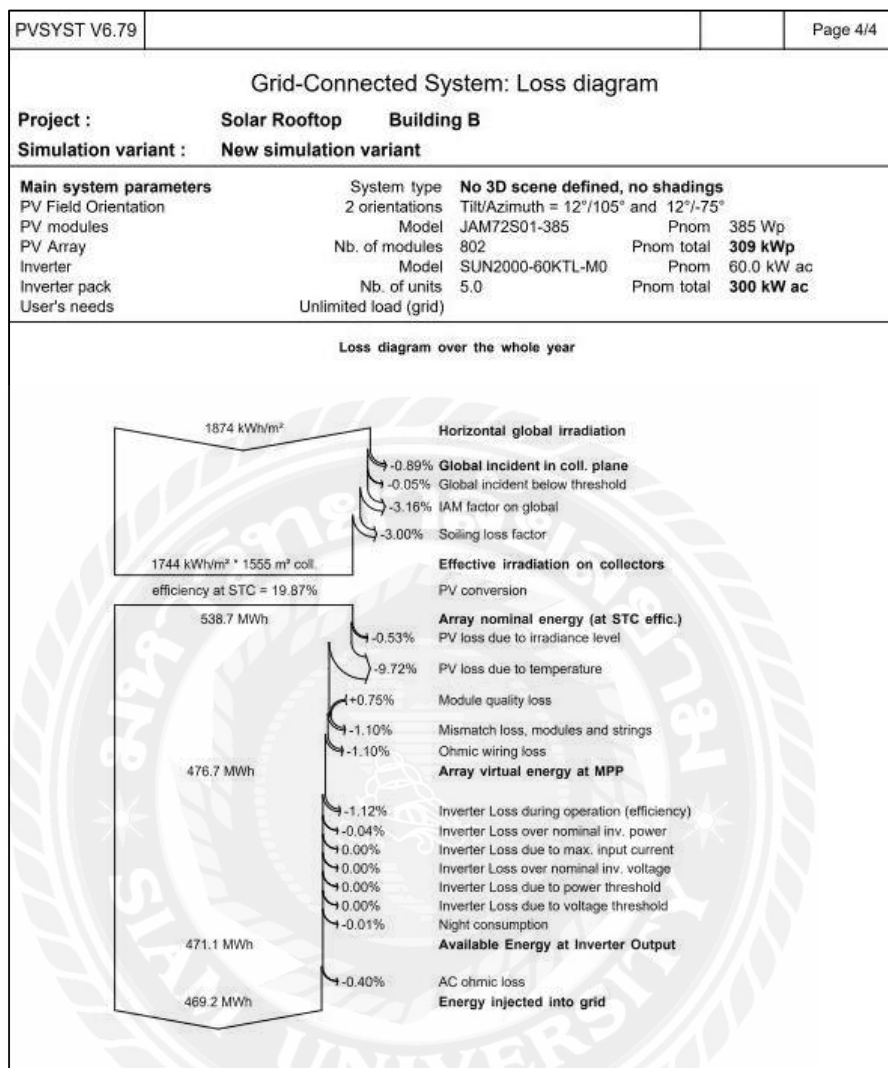
- Soiling Loss (การสกปรกของแผง) เกิดจากฝุ่นละอองและคราบสกปรกที่ลดประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า
- Temperature Loss (การสูญเสียจากอุณหภูมิ) เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมสูงส่งผลต่อค่า Efficiency ของแผง
- AC Loss และ System Loss อื่น ๆ เช่น การสูญเสียในสายไฟ การสูญเสียในอินเวอร์เตอร์ และการสูญเสียจากอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า

การวิเคราะห์เหล่านี้ช่วยชี้ชัดว่า ปัญหาไม่ได้เกิดเพียงจากกระบวนการติดตั้งเท่านั้น แต่ยังรวมถึงเงื่อนไขแวดล้อมและการบำรุงรักษาที่ไม่สม่ำเสมอ การผสมผสานข้อมูลจาก PVsyst และข้อมูลเฝ้าติดตามจริง ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบความสอดคล้องของการออกแบบและการดำเนินงาน รวมทั้งสามารถระบุจุดสูญเสียที่เป็นข้อจำกัดของโครงการได้อย่างแม่นยำ ข้อมูลเหล่านี้จึงถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์เชิงลึกในขั้นตอนการปรับปรุงตามกรอบ PDCA และแนวคิด Kaizen



ภาพที่ 3.3 ผลการจำลองพลังงานจากโปรแกรม PVSyst

จากภาพที่ 3.3 พลังงานที่ผลิตได้ (469.2 MWh/ปี) ค่าประสิทธิภาพระบบ PR = 81.82%
 ค่าเฉลี่ยพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี: 1,520 kWh/kWp/ปี และตารางแสดงค่ารังสี พลังงาน และ PR รายเดือน



ภาพที่ 3.4 ผลการจำลองพลังงานจากโปรแกรม PVSyst แสดง Loss Diagram ของระบบ

จากภาพที่ 3.4 แสดงการสูญเสียพลังงาน (Energy Loss) ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1. พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยแนวราบ (Global Horizontal Irradiation: GHI) เท่ากับ 1,874 kWh/m²/y หลังพิจารณาทิศทางการเอียงและผลกระทบจากฝุ่นละออง (Soiling Loss = 3.00%) และมุมตกกระทบแสง (IAM = 3.16%) ค่ารังสีที่มีประสิทธิภาพบนระนาบแผง (Effective Irradiation on Collector Plane) ลดลงเหลือ 1,744 kWh/m²/y

2. พลังงานที่เข้าสู่โมดูลโซลาร์เซลล์ พื้นที่รวมของแผงเท่ากับ 1,555 m²ประสิทธิภาพแผงที่ STC = 19.87% คำนวณได้ว่าพลังงานที่เข้าสู่ระบบโมดูลรวมตลอดทั้งปีเท่ากับ 538.7 MWh

3. การสูญเสียภายในระบบโมดูล PV (PV Array Losses) การสูญเสียจากระดับรังสีต่ำ (Irradiance Level Loss) -0.53% การสูญเสียจากอุณหภูมิสูง (Temperature Loss) -9.72% คุณภาพแผง (+0.75%) เป็นค่าชดเชยที่ช่วยลดการสูญเสีย ผลลัพธ์พลังงานสุทธิหลังผ่านแผง PV เหลือ 476.7 MWh

4. การสูญเสียที่ Inverter สูญเสียจากประสิทธิภาพขณะทำงาน (Efficiency Loss) -1.12% ไม่มีการสูญเสียจากโหลดเกินพิกัด หรือปัญหาทางไฟฟ้าแรงดัน/เฟส (ค่าทั้งหมด = 0%) ผลลัพธ์พลังงานที่จ่ายออกจากอินเวอร์เตอร์เข้าสู่ระบบ AC เท่ากับ 471.1 MWh

5. การสูญเสียทางสาย AC (AC Ohmic Loss) การสูญเสียเนื่องจากสายไฟ AC (แรงดันตกคร่อม) -0.40% ผลลัพธ์สุดท้ายพลังงานที่สามารถส่งเข้าสู่ระบบ (Energy Injected into Grid) เท่ากับ 469.2 MWh

จากผลการจำลองพบว่า ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวม 469.2 MWh/ปี และมีค่า Performance Ratio (PR) อยู่ที่ 81.82% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับประสิทธิภาพที่ดีเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ประกอบการติดตามและวิเคราะห์กระบวนการติดตั้งระบบ เพื่อหาจุดอ่อน จุดแข็ง และปรับปรุงประสิทธิภาพในโครงการ

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลระบบ Solar Rooftop

รายการ	รายละเอียด
กำลังติดตั้ง (kWp)	309 kWp
จำนวนแผง	802 แผง
ทิศทางการหัน	หัน East-West
มุมเอียงหลังคา	ประมาณ 15° (ตามแนวหลังคาเดิม)
ความสูงติดตั้ง	>20 cm จากแผ่นหลังคา เพื่อระบายความร้อน
ชนิดแผง	Mono PERC, 385 Wp, ประสิทธิภาพ >19.5%
Inverter	Huawei 60 kW, ประสิทธิภาพ 98.9%

3.4.3 ตัวอย่างกิจกรรมการติดตามหน้างาน

การเฝ้าติดตามโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ไม่ได้จำกัดเพียงการเก็บข้อมูลเชิงตัวเลข แต่ยังรวมถึงการเก็บรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence-based Data) ที่สะท้อนถึงขั้นตอนการทำงานจริงในแต่ละช่วง ทั้งในรูปแบบ ภาพถ่าย, เอกสาร, และแบบแผนงาน โดยกิจกรรมที่ดำเนินการมีดังนี้

1. แบบแผนงานหลัก/ย่อยและแบบไฟฟ้า (ภาพที่ 3.5–3.13)

ผู้วิจัยใช้ แผนงานโครงการ (Master Plan & Detail Schedule) และ แบบไฟฟ้า Single Line Diagram (SLD) เป็นเครื่องมืออ้างอิงในการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ โดยเปรียบเทียบระหว่าง

- แผนงานที่วางไว้กับความก้าวหน้าที่ตรวจพบจริง
- แบบไฟฟ้าที่ออกแบบไว้กับการติดตั้งจริงในพื้นที่

การติดตามในลักษณะนี้ช่วยให้สามารถตรวจสอบทั้งความถูกต้องเชิงเทคนิคและความสมบูรณ์ของการดำเนินการในเชิงเวลา

2. การบันทึกภาพถ่ายการติดตั้ง (ภาพที่ 3.14–3.22)

ผู้วิจัยทำการบันทึกภาพถ่ายการติดตั้งในขั้นตอนสำคัญ เช่น

- การยกและติดตั้งโครงสร้างอลูมิเนียมบนหลังคา
- การจัดเรียงและยึดโมดูลแผงโซลาร์
- การเดินสายไฟฟ้า DC/AC และการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า
- การติดตั้งและทดสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์

ภาพถ่ายเหล่านี้ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องตามแบบ (Shop Drawing) และตรวจสอบความสอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัย

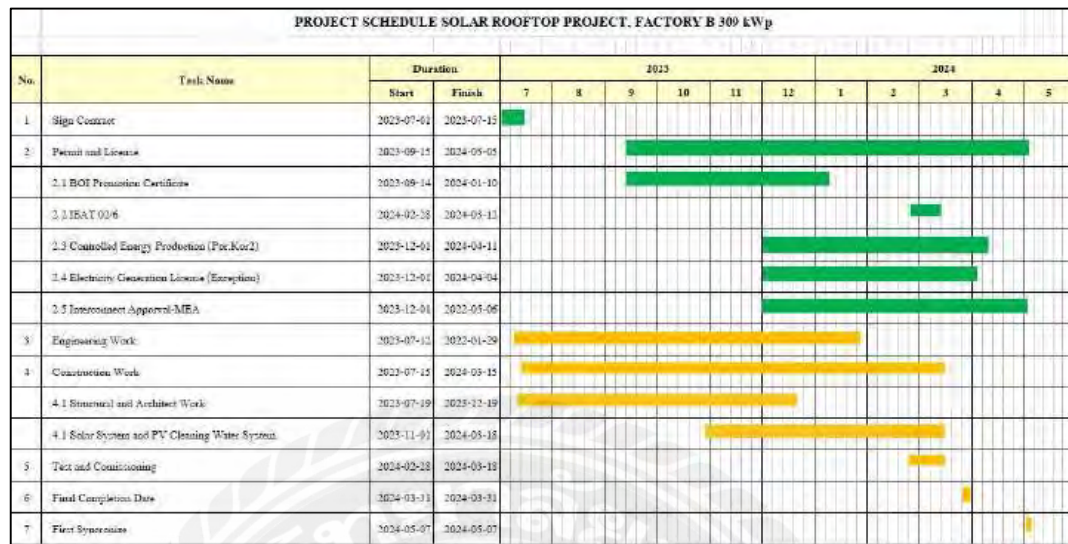
3. เอกสารตรวจสอบงาน (ภาพที่ 3.23–3.25)

ในทุกขั้นตอนการดำเนินงาน มีการใช้แบบฟอร์มและเอกสารกำกับ เช่น

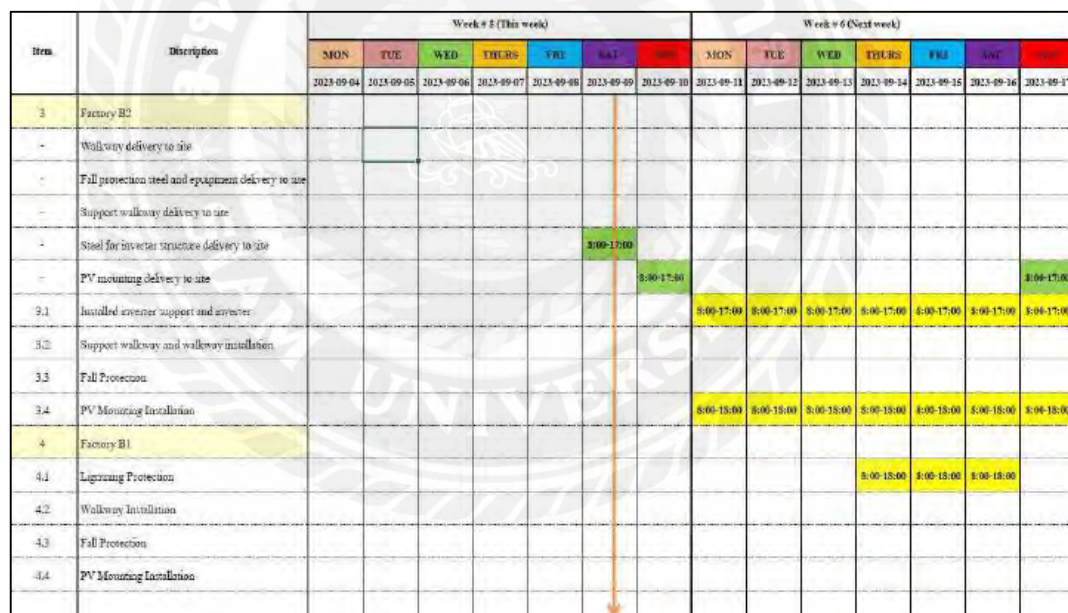
- ใบอนุมัติแบบและวัสดุ (Material Approval Sheet)
- แบบตรวจสอบความปลอดภัย (Safety Checklist)
- แบบฟอร์มตรวจสอบคุณภาพการติดตั้ง (Installation Quality Inspection Form)

เอกสารเหล่านี้ช่วยให้การตรวจสอบมีความเป็นระบบ สามารถบันทึกข้อบกพร่องและการแก้ไขในแต่ละช่วงได้อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร

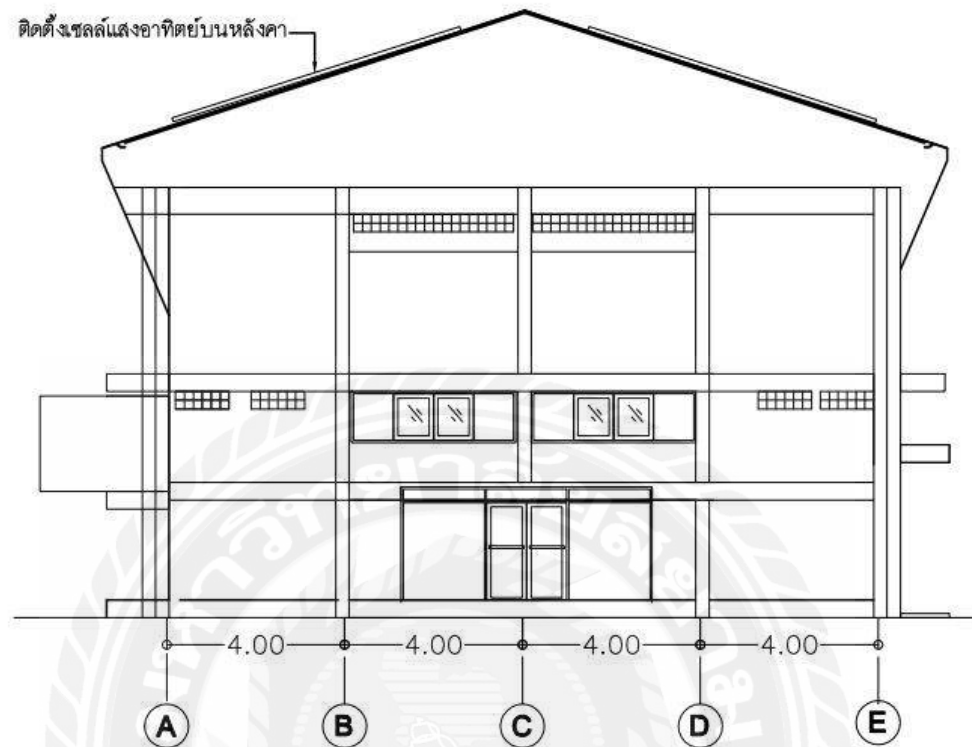
กิจกรรมการติดตามหน้างานในรูปแบบภาพถ่าย เอกสาร และแบบแผนงาน ไม่เพียงแต่ช่วยยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่เก็บรวบรวม แต่ยังเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ทำให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและตรวจสอบย้อนกลับได้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์ข้อสรุปเชิงวิจัยในขั้นตอนต่อไป



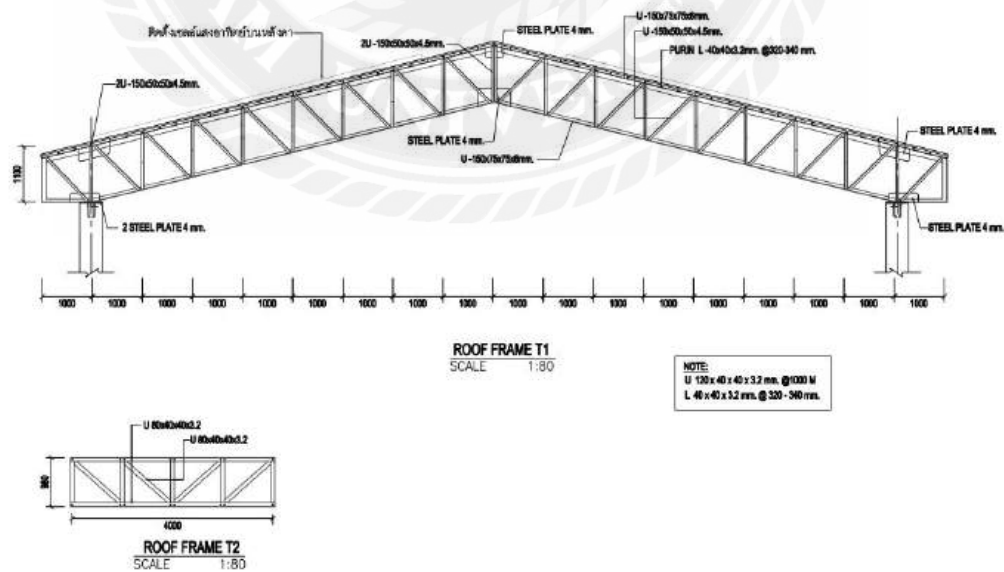
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างตารางแผนงานหลัก



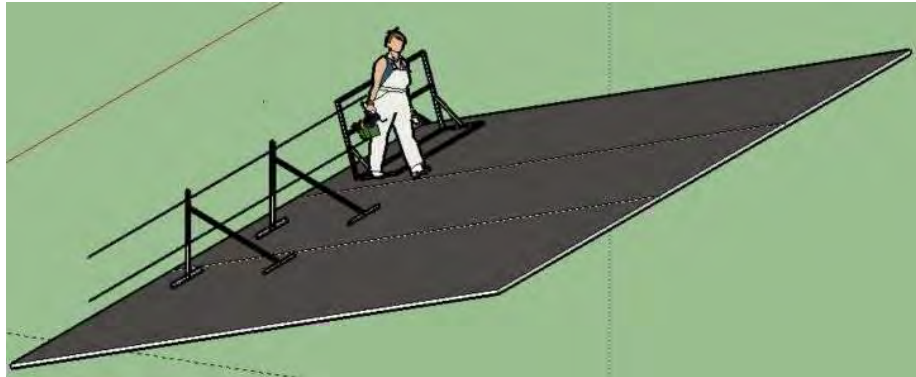
ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างตารางแผนงานย่อย



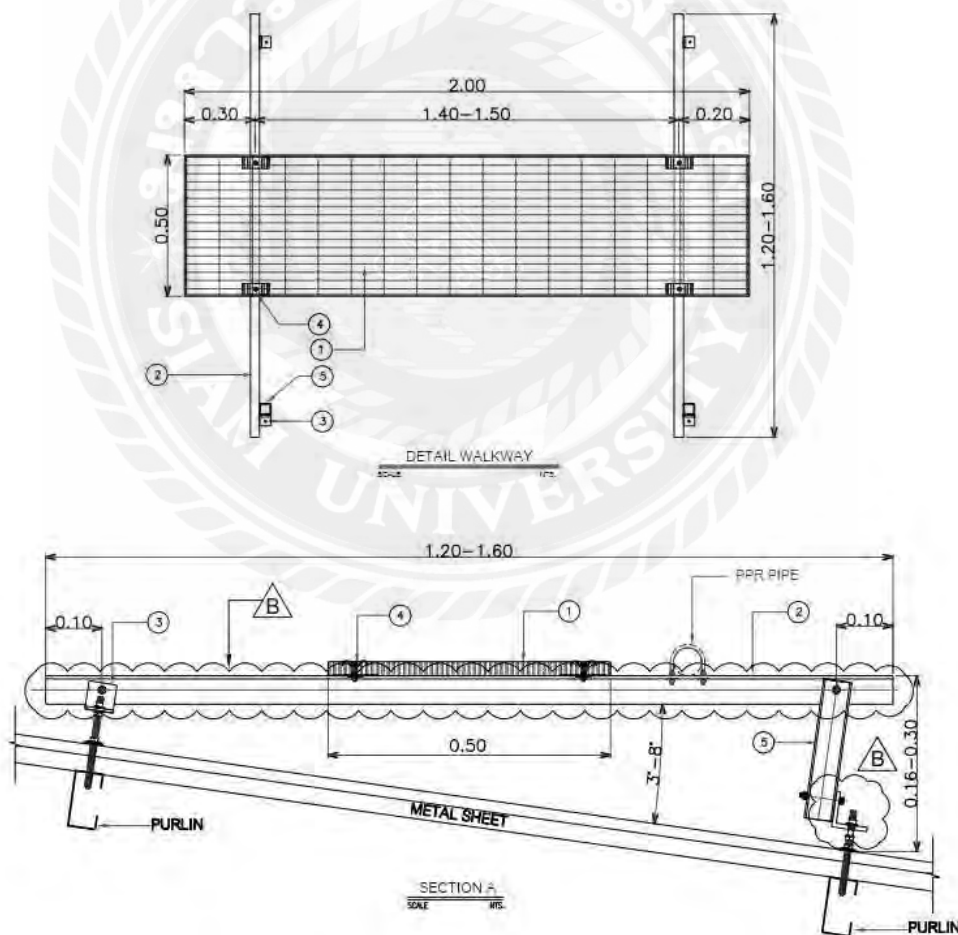
ภาพที่ 3.7 ภาพตัดด้านข้างของอาคาร พร้อมตำแหน่งการติดตั้งระบบ Solar Rooftop บนหลังคา



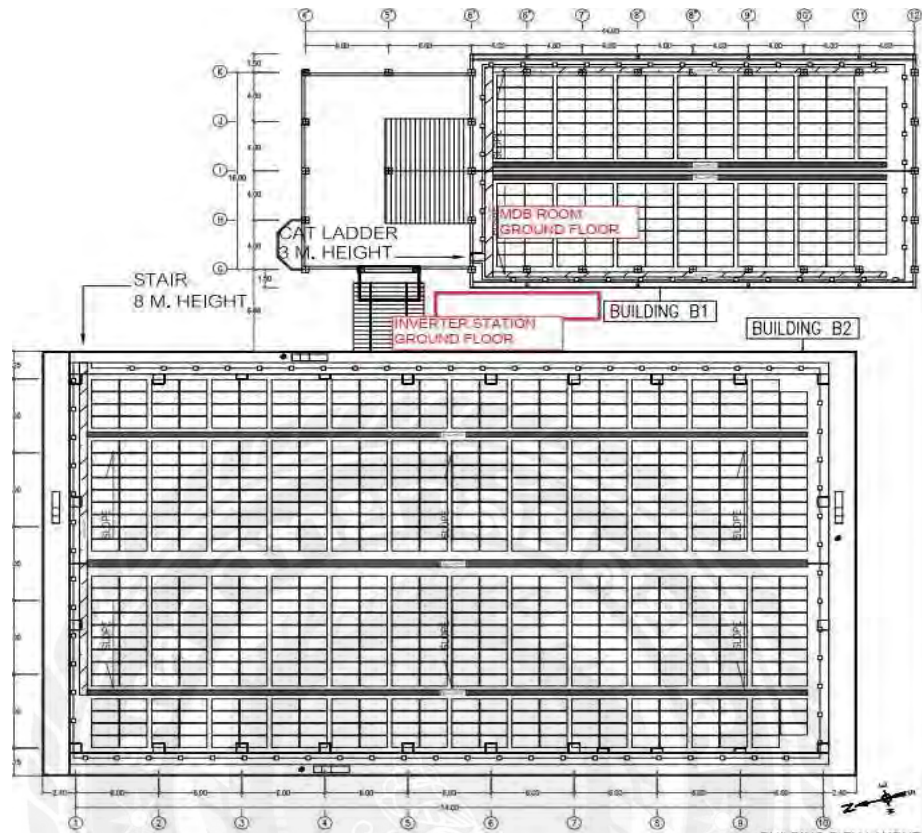
ภาพที่ 3.8 แบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณสำหรับติดตั้งระบบ Solar Rooftop



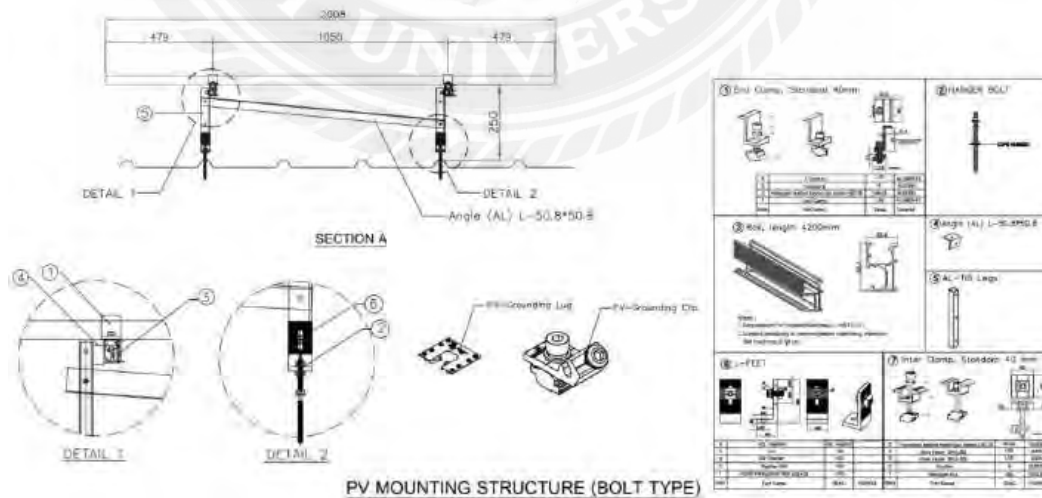
ภาพที่ 3.9 แบบจำลองทางเดินตรวจสอบบนหลังคาพร้อมราวกันตกเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงานติดตั้งและบำรุงรักษาระบบ Solar Rooftop



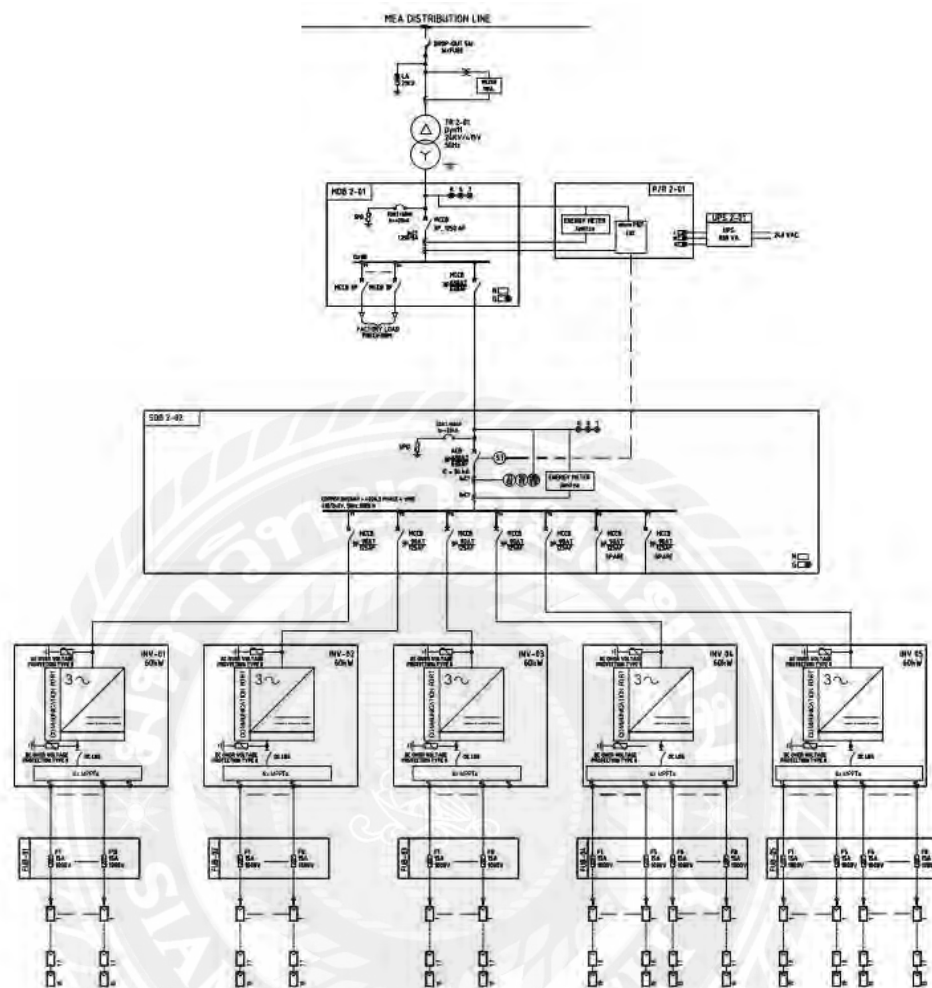
ภาพที่ 3.10 รายละเอียดทางเดินตรวจสอบบนหลังคา (Walkway) สำหรับระบบ Solar Rooftop และระยะติดตั้ง



ภาพที่ 3.11 แผนผังติดตั้งแผง Solar Rooftop และจุดติดตั้งอุปกรณ์หลัก (MDB และ Inverter Station) บนอาคาร



ภาพที่ 3.12 แบบรายละเอียดโครงสร้างยึดแผงโซลาร์เซลล์แบบ Bolt Type
(PV Mounting Structure – Bolt Type)

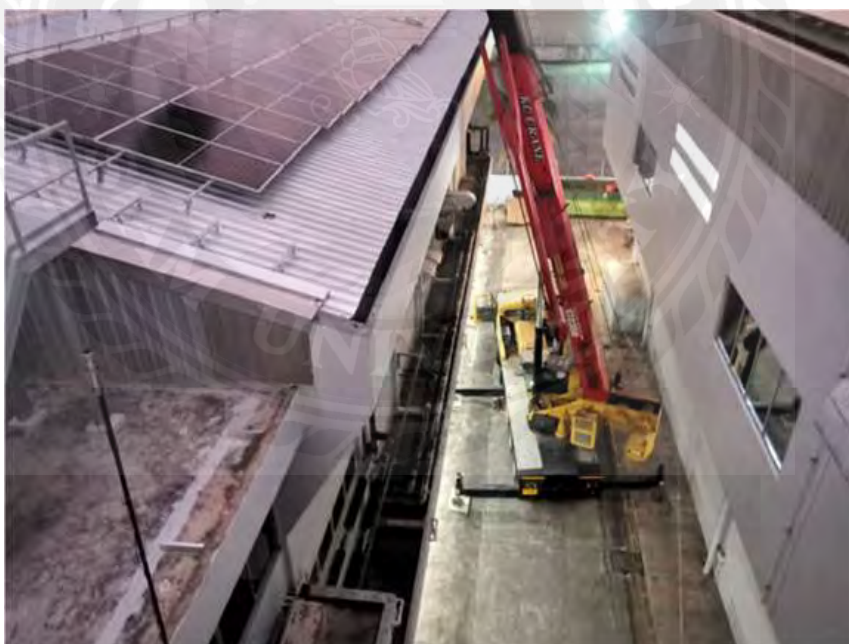


ภาพที่ 3.13 ผังระบบไฟฟ้าแบบ Single Line Diagram สำหรับระบบ Solar Rooftop

จากภาพที่ 3.13 แบบ Single Line Diagram แสดงลำดับการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างโมดูลโซลาร์เซลล์ (PV Modules) จำนวน 802 แผง เชื่อมต่อเข้าสู่อินเวอร์เตอร์แบบ 3 เฟสจำนวน 5 เครื่องผ่านสายไฟ DC พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินและฟิวส์ DC ระบบ AC ด้านออกจากอินเวอร์เตอร์จะถูกส่งผ่านเบรกเกอร์ MCCB และเชื่อมเข้ากับตู้เมน MDB โดยมีการวัดพลังงานด้วยตู้ Meter ก่อนเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านอกจากนี้ยังมีการติดตั้งระบบกราวด์และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากในทั้งฝั่ง DC และ AC ตามมาตรฐานความปลอดภัย



ภาพที่ 3.14 การจัดเก็บและกั้นเขตวัสดุแผงโซลาร์เซลล์ในพื้นที่โครงการ



ภาพที่ 3.15 การใช้เครนติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าโซลาร์รูฟท็อปในพื้นที่จำกัด



ภาพที่ 3.16 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาเมทัลชีท



ภาพที่ 3.17 การตรวจสอบแรงบิดของสกรูยึด โครงสร้างแผงโซลาร์เซลล์



ภาพที่ 3.18 การติดตั้งและตรวจสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)



ภาพที่ 3.19 การติดตั้งอุปกรณ์วัดรังสีอาทิตย์ (Pyranometer) และกล่องพักสายบนหลังคา



ภาพที่ 3.20 การใช้เครื่องมือ Solar PV Analyzer สำหรับทดสอบและบันทึกค่าประสิทธิภาพของระบบแผงโซลาร์เซลล์ในขั้นตอนการตรวจสอบหน้างาน



ภาพที่ 3.21 การประชุมติดตามและประเมินผลการทำงานของระบบโซลาร์เซลล์ในห้องควบคุม



ภาพที่ 3.22 เจ้าหน้าที่จากการไฟฟ้านครหลวง (MEA) กำลังตรวจสอบและทดสอบการทำงานของอินเวอร์เตอร์ในห้องควบคุมระบบไฟฟ้า

**Inspection Report of Electrical
Shutdown and Connection to MDB**

GENERAL EQUIPMENT& INSPECTION ITEMS (อุปกรณ์ที่ใช้และรายการตรวจสอบ)	Match to SLD (Y/N) (ตรงกันแบบ) (ใช่/ไม่ใช่)	Ready to Implement (Y/N) พร้อมใช้งาน (ใช่/ไม่ใช่)	Work Done (Y/N) งานเสร็จแล้ว (ใช่/ไม่ใช่)	COMMENTS
Equipment, Tool, Machine & Manpower (อุปกรณ์, เครื่องมือ, เครื่องจักรและกำลังคน)				
1. Medium-Voltage side / แรงดันไฟฟ้าปานกลาง				
1.1 Insulators for 33kV or 22 kV / ชุดฉนวน 33kV หรือ 22 kV				
1.2 ** Set of 2 Cores CT (Measuring Class 0.5 & Protection Class SP20) Standard : IEC 61869-3 / (3 ชุด หม้อแปลงวัดกระแสไฟฟ้า 2 แกน การวัดแม่นยำ 0.5 และการป้องกันคลาส SP20 มาตรฐาน: IEC 61869-3)				
1.3 ** Set of VT Class (Measuring Class Class 0.5 & Protection Class 3P) Standard : IEC 61869-3 (1 ชุด หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า การวัด แม่นยำชั้น 0.5 และ ป้องกันชั้น 3P) มาตรฐาน: IEC 61869-3				
1.4 Dropout Fuses (ฟิวส์)				
1.5 Surge Arrester (อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก)				
1.6** Protection Relay (Complied with PEA's Regulation on the Interconnection Code 2016) (ชุดป้องกัน สอดคล้องกับข้อกำหนดของ กก. ในด้านการเชื่อมต่อโครงข่าย 2559)				
1.7** Power Quality Meter (เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า)				
2. Low-Voltage side (ด้านความถี่ต่ำ)				
2.1 Additional Busbar (เพิ่มบัสบาร์)				
2.2 Cable Lug Included nut&washer (ชุดหางแป้นแฉก)				
3. Tool (เครื่องมือ)				
3.1 Torque wrench: Low to medium / (ประแจแรงบิดต่ำถึงปานกลาง)				
3.2 Drilling and Saw tool: (Battery) (สว่าน, เลื่อย แบบใช้แบตเตอรี่)				
3.3 Lighting (Battery) (หลอดไฟแบบใช้แบตเตอรี่)				
3.4 Hydraulic rammer tool (เครื่องอัดแบบใช้ลมอัด)				
3.5 Pliers (คีม)				
3.6 Joint and Cut tool: เครื่องมือสำหรับตัด เจาะ				
4. Machine (อุปกรณ์อื่น ๆ)				
4.1 Mobile Crane with Cage (เครนเคลื่อนที่พร้อมกรง)				
5. Manpower (กำลังคน)				
5.1** Worker Have certificated to do the work properly (Engineering License or Electrical Certificated) (ใบอนุญาตปฏิบัติงานของช่างไฟฟ้าที่ได้ผ่านการสอบ ใบอนุญาตวิศวกรรมไฟฟ้าใบประกอบวิชาชีพ)				
Comments (หมายเหตุ) :				

ภาพที่ 3.23 แบบฟอร์มรายงานการตรวจสอบการปิดระบบไฟฟ้าและเชื่อมต่อกับ MDB

LV SWITCHGEAR (SMDB) INSPECTION REPORT								
Project Name :				Report No. :				
Owner :				Sheet No. :				
Owner :				Date :				
EPC :				LV SWITCHGEAR (SMDB) :				
Item	Description	Inspection	Picture	Requirement		Inspection Result		
				Spec	Check	Pass	Not Pass	N/A
1	Line L1 Insulation Test	INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT (1000 Vdc) ค่า > 4 (GΩ)						
2	Line L2 Insulation Test	INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT (1000 Vdc) ค่า > 4 (GΩ)						
3	Line L3 Insulation Test	INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT (1000 Vdc) ค่า > 4 (GΩ)						
4	Line 1/1 Insulation Test	INSULATION RESISTANCE MEASUREMENT (1000 Vdc) ค่า > 4 (GΩ)						

ภาพที่ 3.24 ตัวอย่างรายงานการตรวจสอบตู้สวิตช์เกียร์แรงต่ำ (LV Switchgear/SMDB)

ตารางที่ 3.3 Monitoring Matrix ของโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop

ลำดับ	กิจกรรม/ขั้นตอน	วิธีการติดตาม (Method)	เครื่องมือที่ใช้ (Tools)	ผลการติดตาม (Findings)
1	การเตรียมพื้นที่ และโครงสร้าง รองรับ	การสังเกตหน้า งาน / ถ่ายภาพ	Checklist, Work Log, Photo Record	พบการล่าช้าจากการ ขนส่งวัสดุและข้อจำกัด พื้นที่เก็บของ
2	การติดตั้ง โครงสร้างยึดแผง	การสังเกตมีส่วนร่วม + Time Log	Torque Meter, Flow Process Chart	พบปัญหาการขัน Torque ไม่ได้มาตรฐาน / ปรับปรุง ด้วยการเทรนนิ่งพนักงาน
3	การติดตั้งแผง PV	การบันทึกเวลา + ภาพถ่าย	Checklist, Work Log, Photo Record	ระยะเวลาติดตั้งเฉลี่ยเร็ว กว่ากำหนด 1 วัน/แถว หลังปรับวิธีการขนย้าย
4	การติดตั้ง Inverter	การสัมภาษณ์ หัวหน้าช่าง + สังเกต	Work Log, Interview Form	ไม่มี Delay สำคัญ แต่พบ ข้อควรแก้อุปกรณ์ การจัดการ สายไฟ AC
5	การเดินสายและ เชื่อมต่อระบบ	การสังเกต + Weekly Review	Single Line Diagram (SLD), Checklist	พบข้อผิดพลาดในการต่อ สายผิด Phase แก้ไขก่อน ทดสอบ
6	การตรวจสอบ ระบบ (Commissioning)	Observation + Test Report	Measuring Tools, Checklist, Test Log	ระบบผ่านมาตรฐานการ ไฟฟ้า, ค่า PR = 81.82%
7	การประชุมสรุป รายสัปดาห์	Weekly Summary & Review	Meeting Minutes, Flow Chart	ปัญหา วัสดุส่งล่าช้า และ แบบเปลี่ยนกะทันหันถูก ยกเป็นหัวข้อแก้ไข
8	การส่งมอบงาน	Observation + Document Review	Final Report, Acceptance Form	การส่งมอบเสร็จภายใน ระยะเวลา 274 วัน (เร็วกว่ากำหนด 32 วัน)

จากการติดตามผลตามตาราง พบว่ามีทั้งประเด็นที่เป็นข้อบกพร่อง เช่น การล่าช้าในการขนส่งวัสดุ การขึ้น Torque ไม่ได้มาตรฐาน และการต่อสายผิด Phase แต่ด้วยการใช้เครื่องมือในการติดตามและประชุมสรุปอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ทันทั่วทั้งที่ เช่น การจัดการอบรมหน้างาน การปรับปรุงวิธีขนย้าย การสื่อสารกับผู้ตรวจรับงาน และการประชุมสรุปรายสัปดาห์ ส่งผลให้โครงการสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งมอบงานได้เร็วกว่ากำหนดเวลา

3.5 การวิเคราะห์ปัญหาที่ศึกษา

การวิเคราะห์ปัญหาที่พบในการดำเนินโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop นับเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ เนื่องจากช่วยให้สามารถระบุสาเหตุที่แท้จริงของข้อผิดพลาด วางมาตรการเชิงป้องกัน และกำหนดแนวทางการปรับปรุงที่เป็นระบบ การวิเคราะห์ดังกล่าวจึงมีการนำเสนอในรูปแบบตารางเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) สาเหตุ (Cause) และแนวทางแก้ไข (Solution) อย่างชัดเจน โดยแบ่งตามลำดับขั้นตอนของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สรุปปัญหาสาเหตุ และแนวทางแก้ไข (Problem – Cause – Solution)

ลำดับ	ขั้นตอน	ปัญหา (Problem)	สาเหตุ (Cause)	แนวทางแก้ไข (Solution)
1	การขออนุญาต	การขออนุญาตล่าช้า	เอกสารไม่ครบถ้วน	จัดทำ Checklist เอกสารให้ครบก่อนยื่น และติดตามความคืบหน้าเป็นระยะ
2	การออกแบบและแบบสำหรับติดตั้งจริง	แบบติดตั้งไม่ถูกต้อง / ตำแหน่งไม่ชัดเจน	การตรวจสอบแบบไม่รอบคอบ / ขาดการสื่อสารกับผู้ว่าจ้าง	ตรวจสอบแบบร่วมกับผู้ว่าจ้างก่อนเริ่มงาน, จัดอบรมพนักงานเขียนแบบเดือนละ 2 ครั้ง, กำหนดมาตรการทางวินัยสำหรับความผิดซ้ำ
3	การจัดซื้อจัดจ้างแรงงานและวัสดุอุปกรณ์	วัสดุและแรงงานไม่ตรงตามแผน ส่งผลให้ล่าช้า	แผนการจัดซื้อไม่สอดคล้องกับแผนงานหลัก	จัดทำแผนจัดซื้อสอดคล้องกับแผนงานหลัก, ใช้ Shop Drawing เป็นเกณฑ์, จัดหาแรงงานที่ผ่านการอบรม

ตารางที่ 3.4 สรุปปัญหาสาเหตุ และแนวทางแก้ไข (Problem – Cause – Solution) (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	ปัญหา (Problem)	สาเหตุ (Cause)	แนวทางแก้ไข (Solution)
4	การติดตั้ง	การติดตั้งไม่เป็นไปตามแบบ / มาตรฐาน	การควบคุมงานไม่เข้มงวด, ใช้อุปกรณ์ผิดสเปก	จัด Morning Talk ก่อนเริ่มงาน, ผู้ควบคุมงานตรวจสอบงานทุกครั้ง
5	ความปลอดภัยในการทำงาน	เสี่ยงอันตรายจากการทำงานบนที่สูง	ขาดอุปกรณ์ป้องกัน / ความรู้ด้านความปลอดภัย	จัด Morning Talk เรื่องความปลอดภัย, จัดหาอุปกรณ์ป้องกัน (เข็มขัดนิรภัย, หมวก, นั่งร้าน, ราวกันตก)
6	การตรวจสอบตรวจรับงานและทดสอบระบบ	การตรวจสอบไม่ละเอียด ทำให้ตรวจรับงานล่าช้า	ขาดการประสานงานกับผู้ตรวจรับงาน	ประสานงานและแจ้งความพร้อมล่วงหน้า, เตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดให้พร้อม
7	การอบรมการใช้งานและซ่อมบำรุง	ผู้ใช้งานไม่ได้รับการอบรมเพียงพอ	ไม่มีการจัดอบรมหรือคู่มือที่ครบถ้วน	จัดทำคู่มือการใช้งาน, จัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้ผู้ใช้งาน
8	การส่งมอบงาน	การส่งมอบงานล่าช้า	ปัญหาสะสมจากกระบวนการก่อนหน้า	จัดทำแผนเร่งรัด เช่น เพิ่มแรงงาน เร่งนำเข้าสินค้า หรือทำงานล่วงเวลา

จากการวิเคราะห์สรุปในตารางที่ 3.4 พบว่าปัญหาส่วนใหญ่มีรากฐานมาจากการวางแผน การจัดการเอกสาร การประสานงาน และการควบคุมคุณภาพที่ยังไม่ครอบคลุมเพียงพอ ปัญหาเหล่านี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการเสริมสร้างระบบการติดตามตรวจสอบ การสื่อสารระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และการยกระดับทักษะบุคลากร แนวทางแก้ไขที่นำเสนอ เช่น การจัดทำ Checklist ที่เป็นมาตรฐาน การประชุม Morning Talk เพื่อเน้นย้ำรายละเอียดงาน การอบรมบุคลากรอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการวางแผนการทางวินัยและการจัดทำแผนงานเร่งรัด ถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้สามารถลดข้อผิดพลาด ป้องกันการเกิดซ้ำ และยกระดับประสิทธิภาพการดำเนินโครงการได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการทั้งในด้านคุณภาพ เวลา และความปลอดภัย

3.6 สรุปข้อมูลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า กระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop มีความซับซ้อนและมีหลายขั้นตอน ตั้งแต่การขออนุญาต ออกแบบ จัดซื้อจัดจ้าง ติดตั้ง ไปจนถึงการตรวจสอบ ส่งมอบ และการอบรมการใช้งาน แต่ละขั้นตอนล้วนมีความเสี่ยงต่อการเกิดข้อผิดพลาดและความล่าช้า หากปราศจากการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

การใช้ SWOT Analysis ช่วยให้เห็นจุดแข็ง เช่น ความเชี่ยวชาญทางเทคนิคของทีมงาน และจุดอ่อน เช่น การจัดการเวลาและทรัพยากรที่ยังไม่เพียงพอ ตลอดจนโอกาสและอุปสรรคที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการ ขณะเดียวกัน การวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึก (Root Cause Analysis) พบว่าสาเหตุสำคัญ ได้แก่ การจัดเตรียมเอกสารไม่ครบถ้วน การจัดการวัสดุอุปกรณ์ไม่เป็นระบบ การวางแผนไม่รัดกุม และการขาดมาตรการด้านความปลอดภัยที่ชัดเจน

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ปัญหาและการกำหนดแนวทางแก้ไขเชิงระบบ มีบทบาทสำคัญในการยกระดับประสิทธิภาพการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ซึ่งไม่เพียงช่วยลดข้อผิดพลาดและความล่าช้า แต่ยังสนับสนุนให้โครงการบรรลุเป้าหมายทั้งในด้านคุณภาพ เวลา และความปลอดภัยได้อย่างเป็นรูปธรรม

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นการสำรวจ วิเคราะห์ และประเมินปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม การสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ และการตรวจสอบเอกสาร และนำข้อมูลที่รวบรวมมาวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อหาสาเหตุของข้อผิดพลาดและความล่าช้า ตลอดจนกำหนดแนวทางการแก้ไขและปรับปรุงที่เหมาะสม ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. ผลการศึกษาปัญหากระบวนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ของโครงการกรณีศึกษา
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop
3. แนวทางแก้ไขปัญหาและข้อผิดพลาดในกระบวนการ
4. ผลสรุปข้อมูลที่ศึกษาก่อนการปรับปรุงกระบวนการและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

4.1 ผลการศึกษาปัญหากระบวนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ของโครงการกรณีศึกษา

จากการศึกษากระบวนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ในโครงการกรณีศึกษาพบว่ามีปัญหาและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลายขั้นตอนของการดำเนินงาน โดยเฉพาะด้านบุคลากรที่ขาดความรู้และประสบการณ์ในการติดตั้งระบบ รวมทั้งการบริหารจัดการโครงการที่ยังไม่เป็นระบบเพียงพอ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้เกิด ความล่าช้าในการดำเนินงาน การแก้ไขซ้ำซ้อน และต้นทุนการดำเนินงานที่สูงกว่าที่วางแผนไว้ นอกจากนี้ ยังพบว่ามีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและคุณภาพของงานติดตั้งที่ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบในระยะยาว

การวิเคราะห์เชิงลึกแสดงให้เห็นว่า ปัญหาส่วนใหญ่เกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นของโครงการ เช่น การจัดเตรียมเอกสารขออนุญาตที่ไม่ครบถ้วน และการสำรวจพื้นที่ที่ยังไม่รัดกุม ส่งผลต่อการออกแบบการจัดซื้อจัดจ้าง และการติดตั้งตามมาเป็นลูกโซ่ โดยสามารถสรุปปัญหาหลักที่พบได้ 3 กลุ่ม ได้แก่

1. ด้านการบริหารจัดการ (Management Issues)

- การขออนุญาตล่าช้าเพราะเอกสารไม่ครบถ้วน
- การจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ไม่สอดคล้องกับกำหนดการหลักของโครงการ

- การประสานงานระหว่างฝ่ายไม่ต่อเนื่อง

2. ด้านบุคลากร (Human Resource Issues)

- พนักงานขาดความรู้ความเข้าใจในแบบแปลนและขั้นตอนการติดตั้ง
- ข้อผิดพลาดซ้ำซ้อนจากการติดตั้งที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น Torque การยึดโครงสร้างไม่ถูกต้อง
- ผู้ใช้งานปลายทางไม่ได้รับการอบรมที่เพียงพอ

3. ด้านเทคนิคและความปลอดภัย (Technical & Safety Issues)

- การแก้ไขแบบกะทันหันในช่วงติดตั้งจริง
- ขาดการตรวจสอบความปลอดภัยอย่างเข้มงวด
- อุปกรณ์ป้องกันการทำงานบนที่สูงไม่เพียงพอ

เพื่อให้เห็นภาพรวมการดำเนินงานและประเด็นที่เกี่ยวข้อง ตารางที่ 4.1 ได้นำเสนอรายละเอียดของ ขั้นตอนการดำเนินงานในโครงการ ตั้งแต่การขออนุญาตจนถึงการส่งมอบงาน พร้อมทั้งระยะเวลาที่ใช้ ตัวชี้วัดความสำเร็จ (KPI) และฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา (วัน)	KPI	ฝ่ายที่เกี่ยวข้อง
1	งานเอกสารขออนุญาต - ขออนุญาตเชื่อมต่อระบบ โครงข่ายไฟฟ้า - แจ้งตรวจสอบระบบไฟฟ้า	120 10	ระยะเวลา $\leq$ แผนที่กำหนด	ฝ่ายประสานงาน
2	งานสำรวจและออกแบบ - สำรวจพื้นที่ - งานโยธาโครงสร้าง - งานระบบเครื่องกล - งานระบบไฟฟ้า - รวบรวมแบบอนุมัติ ชี้แจงแบบ เพื่อก่อสร้าง	1 15 10 14 10	ระยะเวลา $\leq$ แผนที่กำหนด, ถูกต้องตามความ ต้องการลูกค้า	ฝ่ายออกแบบ

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา (วัน)	KPI	ฝ่ายที่เกี่ยวข้อง
3	งานจัดซื้อจัดจ้าง - โครงสร้างรองรับแผง Solar Cell - โครงสร้างห้องเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า - แผง Solar Cell Solar inverter เซ็นเซอร์วัดแสงและอุปกรณ์ Monitoring แสดงผล - อุปกรณ์ไฟฟ้าและอื่นๆ - จัดส่งไปยังหน้างาน	30 30 45 20 45	ซื้อของตรงตาม คุณสมบัติได้คุณภาพ และราคาถูก ภายในเวลา $\leq$ ตามแผนกำหนด	ฝ่ายจัดซื้อจัดจ้าง
4	งานก่อสร้างและติดตั้ง - งานเตรียมพื้นที่เก็บของและพื้นที่ติดตั้ง - โครงสร้างห้องเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า - โครงสร้างรองรับแผง Solar Cell - ติดตั้งระบบ Solar Cell - งานติดตั้งระบบระบบไฟฟ้า - ติดตั้ง Monitoring แสดงผล - ติดตั้งระบบเครื่องกล น้ำล้างแผง	7 30 30 45 15 7 14	ติดตั้งแล้วเสร็จ $\leq$ ตามระยะเวลาที่ กำหนด	ฝ่ายติดตั้ง
5	งานความปลอดภัย - ตั้งนั่งร้าน - ติดตั้งเชือกช่วยชีวิตบนพื้นที่ทำงานที่สูง - อบรมงานงานที่สูง	14 10 1	ติดตั้งแล้วเสร็จ ปลอดภัย $\leq$ ตาม ระยะเวลาที่กำหนด	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการ ทำงานวิชาชีพ

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา (วัน)	KPI	ฝ่ายที่เกี่ยวข้อง
6	การตรวจรับงานและการทดสอบระบบ	15	ติดตั้งเป็นไปตามแบบและเงื่อนไขคุณภาพที่กำหนด	ฝ่ายประสานงานโครงการและแผนกติดตั้ง
7	งานอบรมการใช้งานและดูแล	7	ผู้ดูแลระบบสามารถทำแบบทดสอบได้เกิน 80%	ฝ่ายควบคุม
8	การส่งมอบ	2	ใช้งานระบบ Solar Cell 100 %	ฝ่ายโครงการและงานวิศวกรรม

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการกำหนดขั้นตอน ระยะเวลา KPI และฝ่ายที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน ช่วยให้โครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop สามารถดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบและตรวจสอบได้ง่าย ลดความซ้ำซ้อนและข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังช่วยให้สามารถติดตามและประเมินผลได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้การบริหารจัดการโครงการมีความแม่นยำมากขึ้น ลดความเสี่ยงในการล่าช้า และส่งเสริมให้การส่งมอบงานเป็นไปตามกำหนดเวลาและมาตรฐานที่กำหนดไว้

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar

Rooftop

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นปัญหาที่สำคัญซึ่งเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินงาน โดยสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 3 มิติหลัก ได้แก่ ด้านการบริหาร ด้านบุคคล และด้านการเงิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ปัญหาโครงการตามขั้นตอนการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียดของปัญหา	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
1	งานเอกสารขออนุญาต	เอกสารไม่ครบถ้วนไม่ได้รับอนุญาต จากหน่วยงานราชการ	ด้านการบริหาร
2	การสำรวจและ ออกแบบ	การทำความเข้าใจกับลูกค้าใช้ระยะ เวลานาน	บุคคล/การบริหาร
3	การจัดซื้อจัดจ้าง	ราคาสินค้าแปรผันตามตลาด, ส่ง สินค้าไม่ทันตามกำหนด, จัดจ้าง แรงงานไม่เพียงพอ	ด้านการบริหาร/เงิน
4	การก่อสร้างและติดตั้ง	แบบสำหรับงานติดตั้งไม่แล้วเสร็จ และไม่ถูกต้อง, แก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบ	บุคคล/การบริหาร
5	งานความปลอดภัย	ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันงานบนที่สูง	บุคคล/การบริหาร
6	งานการตรวจรับงาน และการทดสอบระบบ	การนัดหมายระหว่างผู้ตรวจ, การติดตั้ง ไม่ตรงตามแบบ, เครื่องมือในการ ทดสอบไม่พร้อม	บุคคล/การบริหาร
7	งานอบรมการใช้งาน และดูแล	ผู้ใช้งานไม่มีความรู้พื้นฐานทางด้าน ระบบไฟฟ้า, จัดเตรียมคู่มือการใช้งาน ล่าช้า	บุคคล/การบริหาร
8	การส่งมอบ	ส่งมอบไม่ทันตามกำหนด	บุคคล/การบริหาร

ผลการวิเคราะห์

1. ด้านการบริหาร

- ปัญหาหลักมาจากการจัดการที่ไม่เป็นระบบ เช่น เอกสารขออนุญาต
ไม่ครบถ้วน การจัดซื้อจัดจ้างล่าช้า และการประสานงานไม่ชัดเจน
- ส่งผลให้เกิด ความล่าช้าแบบลูกโซ่ ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้น (การอนุญาต)
จนถึงการส่งมอบ
- สาเหตุเชิงราก คือ การขาดระบบตรวจสอบเอกสารที่มีมาตรฐาน (Checklist)
และการขาดช่องทางสื่อสารที่ชัดเจนระหว่างฝ่าย

2. ด้านบุคลากร

- ปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการขาดทักษะและประสบการณ์ของบุคลากร เช่น การทำความเข้าใจกับลูกค้าไม่ตรงประเด็น การติดตั้งไม่เป็นไปตามแบบ และการอบรมผู้ใช้งานที่ไม่ครอบคลุม
- การฝึกอบรมและการพัฒนาทักษะบุคลากรยังไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการแก้ไขซ้ำซ้อน (Rework) ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพงานและต้นทุนโครงการ

3. ด้านการเงิน

- ปัญหาหลักคือราคาสินค้าที่แปรผันและแรงงานไม่เพียงพอ ส่งผลต่อการวางแผนจัดซื้อและจัดจ้าง
- สถานการณ์นี้สะท้อนถึง ความเสี่ยงด้านต้นทุน (Cost Variance) ซึ่งหากไม่มีการสำรองงบประมาณและแรงงานที่เหมาะสม อาจทำให้โครงการล่าช้าและค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่วางแผนไว้

จากผลการวิเคราะห์ปัญหาพบว่า ข้อผิดพลาดเชื่อมโยงกันทั้งสามด้าน โดย การบริหารจัดการที่ไม่เป็นระบบ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้บุคลากรทำงานผิดพลาดและงบประมาณบานปลาย ในขณะที่การขาดทักษะของบุคลากรและความผันผวนด้านการเงินเป็นปัจจัยเสริมที่ซ้ำเติมความล่าช้า ดังนั้น การปรับปรุงกระบวนการควรยึดตาม วงจร PDCA และ Kaizen เพื่อลดความสูญเปล่า (MUDA) และสร้างระบบการติดตามผลที่เข้มแข็ง

4.3 แนวทางแก้ไขปัญหาและข้อผิดพลาดในกระบวนการ

จากผลการวิเคราะห์ปัญหาและข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ผู้ศึกษาได้สรุปแนวทางแก้ไขและปรับปรุงที่สามารถนำไปปฏิบัติจริงได้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านหลัก ได้แก่ การบริหารจัดการ บุคลากรและการฝึกอบรม การจัดซื้อจัดจ้างและการเงิน และด้านความปลอดภัย ดังนี้

4.3.1 ปัญหาด้านการบริหารจัดการ

ปัญหา

- เอกสารไม่ครบถ้วน ส่งผลให้การขออนุญาตล่าช้า
- การประสานงานระหว่างหน่วยงานไม่ต่อเนื่อง

แนวทางแก้ไข

- จัดทำ Checklist เอกสาร และตรวจสอบโดยผู้จัดการ โครงการก่อนส่งหน่วยงานราชการ
- จัดทำ แผนการประชุม/ติดตามงาน อย่างสม่ำเสมอ และใช้ Project Management Software เพื่อลดความผิดพลาด

ตารางที่ 4.3 ขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสารขออนุญาตการติดตั้ง Solar Cell ในนิคมอุตสาหกรรม

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะเวลาโดยประมาณ
1	ตรวจสอบการใช้ที่ดินตามข้อกำหนด กนอ. 03/5 $\Rightarrow$ 03/6	แบบฟอร์ม กนอ. 03/5, 03/6	การนิคมอุตสาหกรรม (กนอ.)	5–10 วัน
2	ยื่นคำขออนุญาตตัดแปลงอาคาร	แบบฟอร์ม 02/1, 02/2	กนอ. / ฝ่ายโยธา	7–15 วัน
3	รับรองการก่อสร้างอาคาร	แบบฟอร์ม 02/5, 02/6	กนอ. / วิศวกรโยธา	15–30 วัน
4	ยื่นขออนุญาตโรงงาน (ร.ง.4 ลำดับที่ 88) (ถ้าเกินเกณฑ์กำหนด)	ร.ง.4	กนอ. / กรมโรงงานอุตสาหกรรม	15–30 วัน
5	จัดทำ Mini CoP ระบบ $\leq 1,000$ kWp	รายงาน Mini CoP, SLD, ใบรับรองอุปกรณ์	วิศวกรไฟฟ้า / กนอ.	10–15 วัน
6	จัดทำและยื่นเอกสาร พ.ค.2	แบบฟอร์ม พ.ค.2	กกพ. / สำนักงานพลังงานจังหวัด	5–10 วัน
7	ยื่นขออนานไฟฟ้า (Grid Connection)	แบบคำร้องขานานไฟฟ้า, SLD	การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) / การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)	30–60 วัน
8	ตรวจสอบเอกสาร + ตรวจหน้างาน	รายงานการตรวจสอบ, แบบการติดตั้ง	กนอ. + กฟน./กฟภ.	15–20 วัน

ตารางที่ 4.3 ขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสารขออนุญาตการติดตั้ง Solar Cell ในนิคมอุตสาหกรรม
(ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	เอกสารที่เกี่ยวข้อง	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะเวลาโดยประมาณ
9	อนุมัติและเชื่อมต่อระบบ พร้อมใช้งาน	หนังสืออนุมัติขานไฟฟ้า	กฟน./กฟภ.	-

ตารางที่ 4.3 แสดง ขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสารเพื่อขออนุญาตติดตั้งระบบ Solar Cell ภายในนิคมอุตสาหกรรม โดยแต่ละขั้นตอนมีการกำหนดเอกสารที่เกี่ยวข้อง หน่วยงานที่รับผิดชอบ และระยะเวลาโดยประมาณในการดำเนินการ การดำเนินงานลักษณะนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญของโครงการเนื่องจากเอกสารและใบอนุญาตแต่ละฉบับมีความเชื่อมโยงกับกฎหมายและข้อบังคับของหน่วยงานราชการ เช่น การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) และการไฟฟ้า (กฟน./กฟภ.)

จากข้อมูลในตาราง จะเห็นว่าขั้นตอนที่ใช้เวลานานที่สุดคือ การยื่นขออนุญาตไฟฟ้า (Grid Connection) ซึ่งอาจใช้เวลา 30–60 วัน เนื่องจากต้องมีการตรวจสอบเอกสารและตรวจหน้างานโดยละเอียดก่อนการอนุมัติ ขณะที่ขั้นตอนอื่น เช่น การตรวจสอบการใช้ที่ดิน หรือการยื่นขออนุญาตตัดแปลงอาคาร ใช้เวลาเพียง 5–15 วันเท่านั้น ดังนั้น การจัดเตรียมเอกสารให้ครบถ้วนและถูกต้องตั้งแต่ต้น จะช่วยลดความเสี่ยงในการล่าช้าของโครงการ และยังเพิ่มความมั่นใจว่าการดำเนินการจะเป็นไปตามกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.4 การขอรับใบอนุญาตแยกตามการติดตั้งเครื่องจักร Solar Rooftop

ขนาดกำลังผลิต PV และ Inverter	ผลิตไฟฟ้า (ใบอนุญาต กกพ.)	Co (Mini CoP)	ร.ง.4 (ลำดับที่ 88)	อ.1 (ควบคุมอาคาร)	พ.ค.2
PV < 200 kWp Inverter < 200 kVA	แจ้งยกเว้น	Mini	X	✓ (ถ้าเป็นอาคารโรงงาน/พาณิชย์)	X
PV < 200 kWp Inverter $\geq$ 200 kVA	แจ้งยกเว้น	Mini	X	✓	✓

ตารางที่ 4.4 การขอรับใบอนุญาตแยกตามการติดตั้งเครื่องจักร Solar Rooftop (ต่อ)

ขนาดกำลังผลิต PV และ Inverter	ผลิตไฟฟ้า (ใบอนุญาต กกพ.)	Co (Mini CoP)	ร.ง.4 (ลำดับที่ 88)	อ.1 (ควบคุมอาคาร)	พ.ค.2
$200 \text{ kWp} \leq \text{PV} < 1,000 \text{ kWp}$ Inverter < 200 kVA	แจ้งยกเว้น	Mini	X	✓	✓
$200 \text{ kWp} \leq \text{PV} < 1,000 \text{ kWp}$ $200 \text{ kVA} \leq$ Inverter < 1,000 kVA	แจ้งยกเว้น	Mini	X	✓	✓
$\text{PV} \geq 1,000 \text{ kWp}$ Inverter < 1,000 kVA	✓ ต้องขอ	✓	✓	✓	✓
$\text{PV} \geq 1,000 \text{ kWp}$ Inverter $\geq 1,000 \text{ kVA}$	✓ ต้องขอ	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.4 แสดง ข้อกำหนดการขอรับใบอนุญาตที่แตกต่างกันตามขนาดกำลังผลิต (PV kWp) และขนาด Inverter (kVA) โดยเป็นเกณฑ์สำคัญที่ผู้ประกอบการต้องปฏิบัติตามเพื่อให้โครงการติดตั้ง Solar Rooftop สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย

- แจ้งยกเว้น หมายถึง กรณีที่ไม่ต้องขอใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าเต็มรูปแบบ แต่ยังคงจัดทำ Mini CoP เพื่อยืนยันมาตรฐานความปลอดภัย
- Mini CoP (Mini Code of Practice) ใช้สำหรับระบบที่มีกำลังการผลิตไม่เกิน 1,000 kWp และเป็นเอกสารที่วิศวกรไฟฟ้าต้องจัดทำเพื่อยืนยันความถูกต้องของการออกแบบและการติดตั้ง
- ร.ง.4 (ลำดับที่ 88) ต้องยื่นกรณีเป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิต $\geq 1,000 \text{ kWp}$
- อ.1 (ควบคุมอาคาร) ต้องยื่นในกรณีที่ติดตั้งบนอาคาร โรงงานหรืออาคารพาณิชย์ เพื่อให้มั่นใจว่าโครงสร้างรองรับได้ตามกฎหมายควบคุมอาคาร
- พ.ค.2 ใช้ในกรณีที่ Inverter $\geq 200 \text{ kVA}$ ต้องยื่นคำร้องต่อสำนักงาน กกพ.

จากตารางจะเห็นว่า ขนาดของ PV และ Inverter มีผลโดยตรงต่อเอกสารที่ต้องใช้และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ยกตัวอย่างเช่น ระบบที่มีขนาด PV $\geq 1,000 \text{ kWp}$ และ Inverter $\geq 1,000 \text{ kVA}$ จะต้องยื่นเอกสารครบทุกประเภท (ผลิตไฟฟ้า, Mini CoP, ร.ง.4, อ.1, พ.ค.2) ซึ่งซับซ้อนและ

ใช้เวลานานกว่าโครงการขนาดเล็ก ดังนั้นการเข้าใจเกณฑ์นี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนโครงการ เพื่อหลีกเลี่ยงการล่าช้าและค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น

4.3.2 ปัญหาด้านบุคลากรและการฝึกอบรม

ปัญหา

- บุคลากรขาดทักษะในการสื่อสารและทำความเข้าใจกับลูกค้า
- การติดตั้งบางขั้นตอนผิดจากแบบ
- ผู้ใช้งานไม่ได้รับการอบรมที่เพียงพอ

แนวทางแก้ไข

- จัดอบรมพนักงานในด้าน การสื่อสาร การอ่านแบบ และการควบคุมคุณภาพ
- จัดโปรแกรม ฝึกอบรมเทคนิคการติดตั้ง อย่างสม่ำเสมอ
- จัดทำ คู่มือการใช้งาน (User Manual) ที่เข้าใจง่าย และอบรมผู้ใช้งานเชิงปฏิบัติจริง

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านบุคลากร นอกจากการอบรมและพัฒนาแล้ว ยังต้องให้ความสำคัญกับ การวางแผนกำลังคน (Manpower Plan) ที่สอดคล้องกับความต้องการของงานในแต่ละวัน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการขาดแคลนแรงงานหรือตำแหน่งที่ไม่จำเป็น ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดแผนการจัดเตรียมบุคลากรประจำสัปดาห์แรกของการดำเนินโครงการ โดยเปรียบเทียบระหว่างจำนวนชั่วโมงทำงานที่วางแผนไว้ (Man Hour Plan) และชั่วโมงการทำงานจริง (Man Hour Actual) ของแต่ละตำแหน่ง

ตารางที่ 4.5 แผนจัดเตรียมกำลังคนประจำสัปดาห์ Manpower Plan

Manpower plan		Manpower					
		Week # 1					
		7 Jan 24		8 Jan 24		9 Jan 24	
Item	Manpower/ผู้ปฏิบัติงาน	Man Hour Plan	Man Hour Actual	Man Hour Plan	Man Hour Actual	Man Hour Plan	Man Hour Actual
1	Project manager	0		0		0	
2	Assist Project Manager	0		0		0	
3	Site Manager	1		1		1	
4	Engineer	1		1		1	
5	Technician	0		0		0	
6	Draftsman	0		0		0	
7	Safety	1		1		1	
8	Guard	0		0		0	
9	Supervisor	0		0		0	
10	Foreman	1		1		1	
11	Administrator	0		0		0	
12	Maid	0		0		0	
13	Electrician	3		3		3	
14	Driver	0		0		0	
15	Crane Operator	0		0		0	
16	Material Control	1		1		1	
17	Field Control	0		0		0	
18	Welder	0		0		0	
19	Worker	10		10		10	
Total		18	0	18	0	18	0

จากตารางที่ 4.5 พบว่า การจัดเตรียมกำลังคนในสัปดาห์แรกมีจำนวนรวม 18 คนต่อวัน โดยบุคลากรหลักที่ถูกใช้งานจริง ได้แก่ Site Manager, Engineer, Safety, Foreman, Electrician และ Worker ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแผนการจัดสรรสอดคล้องกับความต้องการของโครงการและไม่มี ความคลาดเคลื่อนระหว่างแผนกับผลการปฏิบัติงานจริง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าบทบาทของ แรงงานหน้างาน (Worker) มีสัดส่วนมากที่สุด คิดเป็นกว่า 55% ของกำลังคนทั้งหมด ซึ่งเหมาะสม กับลักษณะงานติดตั้งระบบไฟฟ้าที่ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก ส่วนตำแหน่งที่ไม่ได้ถูกใช้งาน เช่น Technician, Driver หรือ Welder สามารถเตรียมไว้เป็นกำลังเสริมในช่วงงานติดตั้งขั้นสูง ช่วยให้ โครงการมีความยืดหยุ่นและรองรับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

4.3.3 ปัญหาในการจัดซื้อจัดจ้างและการเงิน

ปัญหา

- ราคาวัสดุแปรผันตามตลาด ส่งผลให้การสั่งซื้อไม่ทันตามกำหนด
- แรงงานไม่เพียงพอในช่วงเร่งรัด

แนวทางแก้ไข

- จัดทำ สัญญาจัดซื้อระยะยาว กับผู้จำหน่ายที่มีความน่าเชื่อถือ
- วาง แผนกำลังคนล่วงหน้า และเตรียมแรงงานสำรอง
- วางแผนงบประมาณแบบ ยืดหยุ่น (Flexible Budget) เพื่อรองรับความผันผวนของตลาด

ในการบริหารจัดการ โครงการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop จำเป็นต้องมีการวางแผน ควบคุมต้นทุนทั้งด้านวัสดุ ค่าแรง และค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ เพื่อให้โครงการดำเนินไปได้อย่าง มีประสิทธิภาพ โดยตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดการแตกย่อยค่าใช้จ่าย (Breakdown Price) ของ โครงการขนาด 309 kWp ซึ่งครอบคลุมทั้งค่า Material (วัสดุ), Labor (ค่าแรง), Project Management, และ Overhead & Profit เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการติดตามและควบคุมงบประมาณของโครงการ

ตารางที่ 4.6 การควบคุมค่าใช้จ่ายบริหารโครงการ

BREAKDOWN PRICE - SUMMARY SOLAR ROOFTOP 309 kWp								
Item	Description	Qt'y	Unit	Material (THB)		Labor (THB)		Total(THB) Contract
				Unit	Amount	Unit	Amount	
A	Material and Labor				6,773,096.00		744,163.00	7,517,259.00
1	Electrical Power Generation	1	Lot		3,421,752.00		130,585.00	3,552,337.00
2	Balance Of System	1	Lot		1,083,420.00		199,330.00	1,282,750.00
3	Monitoring System	1	Lot		697,450.00		81,000.00	778,450.00
4	General Electrical System	1	Lot		482,330.00		80,300.00	562,630.00
5	Mechanical System	1	Lot		310,540.00		68,850.00	379,390.00
6	Architectural and Structure	1	Lot		45,000.00		15,000.00	60,000.00
7	Walk way, Lifeline and Fall Protection	1	Lot		513,060.00		112,098.00	625,158.00
8	Spare Part	1	Lot		27,544.00		0	27,544.00
9	Other	1	Lot		192,000.00		57,000.00	249,000.00
B	Project Management						360,000.00	360,000.00
		1	Lot		0		360,000.00	360,000.00
C	Overhead and Profit						665,000.00	665,000.00
D	Grand Total				6,773,096.00		1,769,163.00	8,542,259.00

การติดตามและประเมินความก้าวหน้าของงาน (Progress Monitoring) เป็นขั้นตอนสำคัญในการบริหารโครงการก่อสร้างระบบ Solar Rooftop เนื่องจากช่วยให้ผู้จัดการโครงการสามารถตรวจสอบความคืบหน้าจริง (Actual Progress) เทียบกับแผนงาน (Contract Progress) ได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อระบุปัญหาความล่าช้า และแนวทางแก้ไขได้ทันทั่วทั้ง ตารางที่ 4.7 จึงแสดงรายละเอียด เปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้า ของงานย่อยในแต่ละหมวด ทั้งด้านวัสดุ (Material) ค่าแรง (Labor) และความก้าวหน้ารวม (Total) เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแผนงานจริง

ตารางที่ 4.7 การประเมินความก้าวหน้าของงานโครงการ

Item	Description	Qty	Unit	Contract			Actual Progress		
				mat	labor	total	mat	labor	total
A	Material and Labour								
1	Electrical Power Generation	1	Lot	40.06%	1.53%	41.59%	40.06%	1.53%	41.59%
2	Balance Of System	1	Lot	12.68%	2.33%	15.02%	12.68%	2.23%	14.92%
3	Monitoring System	1	Lot	8.16%	0.95%	9.11%	2.60%	0.06%	2.66%
4	General Electrical System	1	Lot	5.65%	0.94%	6.59%	5.43%	0.75%	6.18%
5	Mechanical System	1	Lot	3.64%	0.81%	4.44%	0.00%	0.00%	0.00%
6	Architectural and Structure	1	Lot	0.53%	0.18%	0.70%	0.53%	0.18%	0.70%
7	Walk way, Lifeline and Fall Protection	1	Lot	6.01%	1.31%	7.32%	5.41%	1.18%	6.59%
8	Spare Part	1	Lot	0.32%	0.00%	0.32%	0.31%	0.00%	0.31%
9	Other	1	Lot	2.25%	0.67%	2.91%	2.25%	0.67%	2.91%
									0.00%
B	Project Management			0.00%	4.21%	4.21%	0.00%	2.95%	2.95%
		1	Lot	0.00%	4.21%	4.21%			0.00%
C	Overhead and Profit			0.00%	7.78%	7.78%	0.00%	5.45%	5.45%
D	Grand Total			79.29%	20.71%	100.00%	69.26%	15.00%	84.26%

จากตารางที่ 4.7 พบว่าโครงการมีความก้าวหน้าโดยรวม (Actual Total Progress) เท่ากับ 84.26% ในขณะที่ตามแผนงาน (Contract Total Progress) อยู่ที่ 100% แสดงให้เห็นว่ายังมี ความล่าช้า อยู่ประมาณ 15.74% ของงานทั้งหมด

งานที่มีความก้าวหน้าเป็นไปตามแผนได้แก่ Electrical Power Generation ซึ่งดำเนินการได้ครบถ้วนตามสัดส่วนที่กำหนด ขณะที่หมวดงานที่ยังล่าช้าคือ

- Monitoring System ความก้าวหน้าจริงเพียง 2.66% จากแผนที่ควรจะเป็น 9.11%
- Mechanical System ยังไม่เริ่มดำเนินการ (0%) ทั้งที่ควรดำเนินการได้แล้ว 4.44%

ผลการประเมินนี้สะท้อนว่าโครงการยังต้องเร่งรัดงานในบางส่วน โดยเฉพาะงานระบบประกอบและงานโครงสร้างทางกล เพื่อให้สามารถปิดงานได้ตามกำหนด นอกจากนี้การติดตามความก้าวหน้าในลักษณะนี้ยังช่วยชี้ให้เห็นถึง ปัจจัยเสี่ยง ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานล่าช้า และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนแก้ไข (Corrective Action) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Actual Work Checklist

Item	% of Completion		
	22/01/24	1/02/24	
1.Structural Works			
Inverter Support Structure	100	100	
Steel Walkway Completed with Lifeline	100	95	
Fall Protection	100	98	
PV Module Mounting Structure	100	100	
2.DC Power Generation			
PV Modules	100	100	
String Wiring	25	95	
Solar Cable Laying and Termination Plug	25	40	
Fuse Box	100	100	
Inverter	100	100	
DC Perforated Tray	90	98	
Ground	75	90	
3.AC Power Generation			
Solar MDB	100	95	
Solar Tie-In Panel	100	100	
AC Cable Tray	100	100	
AC Cable Laying and Termination	100	95	
Incoming Power Supply and Weather Sensor			
Consumer Unit	100	100	
LV Cable Laying	100	100	
Cable Raceway	100	100	
Lighting and Receptacle	100	100	
Sign Exit	100	100	
Weather Sensor	0	0	
Signal Cable Raceway (Weather Sensor/Meter)	33	50	
4.MV System			
CT/VT	95	95	
Meter Panel	95	100	
5.Lightning Protection			
Lightning Mast and Grounding System	100	100	
6.Mechanical System			
Fire Extinguisher	0	0	
Fire Alarm	0	100	

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างเอกสารประเมินความก้าวหน้า

4.3.4 ปัญหาด้านความปลอดภัย

ปัญหา

- ขาดอุปกรณ์ป้องกันการงานบนที่สูง
- พนักงานไม่มีความรู้เรื่องความปลอดภัย

แนวทางแก้ไข

- จัดหาอุปกรณ์ป้องกันครบถ้วนตามมาตรฐาน (หมวกนิรภัย, เข็มขัดนิรภัย, ราวกันตก ฯลฯ)
- จัดอบรม ความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูง เป็นประจำ
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ก่อนใช้งานทุกครั้ง

ตารางที่ 4.8 สรุปปัญหา-แนวทางแก้ไข-ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (ต่อ)

ลำดับ	ประเภทปัญหา	ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
4	ความปลอดภัย	ขาดอุปกรณ์นิรภัย / ไม่มีการฝึกอบรม	จัดหาอุปกรณ์ครบถ้วน , อบรมความปลอดภัย บนที่สูง	ลดอุบัติเหตุ / สร้างความปลอดภัยให้บุคลากรและภาพลักษณ์องค์กร

การเสนอแนวทางแก้ไขข้างต้นเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงในโครงการ โดยมีการวางแผนทั้งในเชิงโครงสร้าง (Process), เชิงบุคลากร (People), และเชิงงบประมาณ (Cost) อย่างครบถ้วน ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินงานติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop สามารถลดข้อผิดพลาด ลดความล่าช้า และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของโครงการได้อย่างเป็นรูปธรรม

4.4 ผลสรุปข้อมูลที่ศึกษาก่อนการปรับปรุงกระบวนการและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

จากการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยใช้แนวคิด PDCA, SWOT และ Lean (MUDA) พบว่าผลลัพธ์ของโครงการมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้าน เวลา ค่าใช้จ่าย และคุณภาพการควบคุมงาน ซึ่งสามารถสรุปได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงดังนี้

1. ด้านระยะเวลา

ก่อนการปรับปรุง โครงการใช้เวลารวม 306 วัน หลังการปรับปรุงลดลงเหลือ 274 วัน คิดเป็นการลดลง 32 วัน หรือประมาณ 10.46% ของระยะเวลาเดิม ความล่าช้าในขั้นตอนต่าง ๆ ลดลงจาก 4 ครั้ง เหลือ 2 ครั้ง และการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็นลดจาก 2 ครั้ง เหลือ 1 ครั้ง ขณะที่จำนวนการตรวจสอบเพิ่มขึ้นจาก 6 ครั้ง เป็น 7 ครั้ง แสดงถึงการควบคุมคุณภาพที่เข้มข้นขึ้น

2. ด้านค่าใช้จ่าย

ต้นทุนค่าแรงงานการบริหารโครงการเดิมอยู่ที่ 1,769,163 บาท หลังปรับปรุงลดลงเหลือ 1,562,545.42 บาท สามารถประหยัดได้ 206,617.58 บาท หรือคิดเป็น 11.68% การจัดทำงานประมาณแบบยืดหยุ่นและการทำสัญญาจัดซื้อระยะยาวมีส่วนช่วยลดผลกระทบจากความผันผวนของราคาวัสดุและแรงงาน

3. ด้านคุณภาพและความปลอดภัย

การตรวจสอบถี่ขึ้นและการใช้ Checklist กลางช่วยลดข้อผิดพลาดและการติดตั้งผิดแบบ ขณะเดียวกันมีการจัดหาอุปกรณ์ป้องกันครบถ้วน เช่น เชือกกันตก หมวกนิรภัย และรองเท้านิรภัย รวมถึงการจัดอบรมพนักงานด้านความปลอดภัยและผู้ใช้งานระบบโดยตรง ทำให้ระดับความ

ปลอดภัยเพิ่มขึ้นและลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ

4. ด้านการบริหารจัดการ

การใช้เครื่องมือ เช่น Gantt Chart, การประชุมติดตามงาน และการประสานงานผ่านซอฟต์แวร์บริหารโครงการ ช่วยให้แต่ละฝ่ายปฏิบัติงานสอดคล้องและต่อเนื่อง ลดความซ้ำซ้อนของงาน และทำให้สามารถตอบสนองต่อปัญหาได้รวดเร็วมากขึ้น

เพื่อแสดงให้เห็นรายละเอียดของการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ตารางที่ 4.9 และ 4.10 แสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

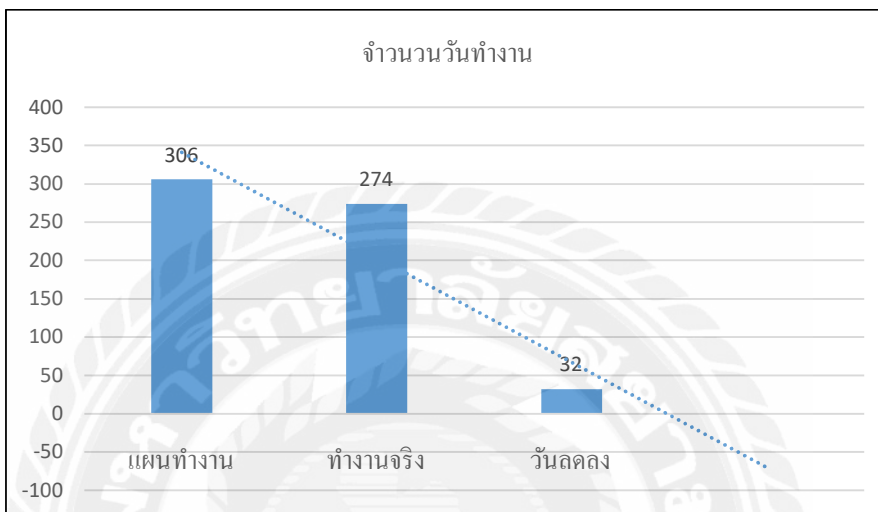
ตารางที่ 4.9 ขั้นตอนการดำเนินงาน ก่อนปรับปรุง

กิจกรรม			สัญลักษณ์				
การปฏิบัติงาน เคลื่อนย้าย ลำช้า ตรวจสอบ จัดเก็บ			□	○	●	■	◇
ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน (ก่อนปรับปรุง)	ระยะเวลา (วัน)	□	○	●	■	◇
1	งานเอกสารขออนุญาต	130	□		●	■	
2	งานสำรวจและออกแบบ	15	□	○		■	
3	งานจัดซื้อจัดจ้าง	45		○	●		◇
4	งานก่อสร้างและติดตั้ง	67	□		●		◇
5	งานความปลอดภัย	25	□			■	
6	การตรวจรับงานและการทดสอบระบบ	15			●	■	
7	งานอบรมการใช้งานและดูแล	7				■	
8	การส่งมอบ	2				■	
	รวม	306	4	2	4	6	2

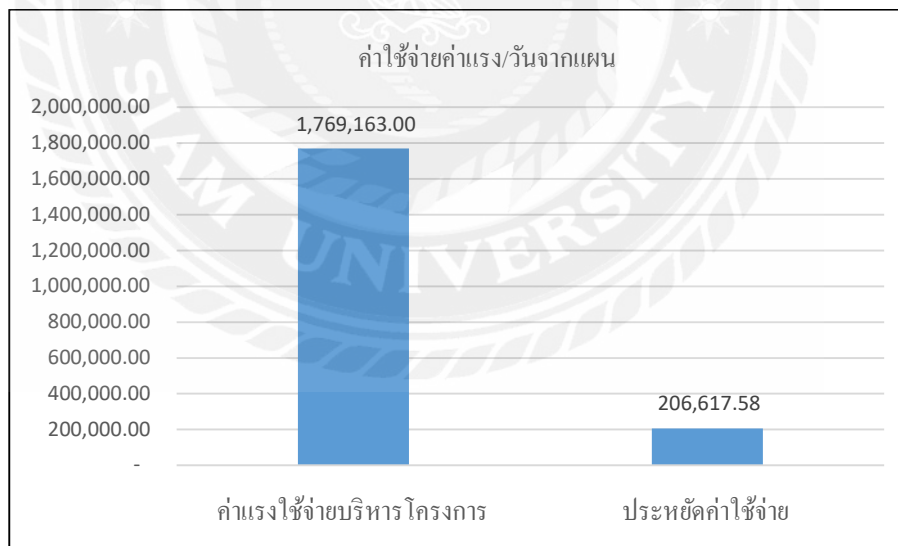
ตารางที่ 4.10 ขั้นตอนการดำเนินงาน หลังปรับปรุง

กิจกรรม			สัญลักษณ์ (ครั้ง)				
การปฏิบัติงาน เคลื่อนย้าย ลำช้า ตรวจสอบ จัดเก็บ			□	○	●	■	◇
ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน (หลังปรับปรุง)	ระยะเวลา (วัน)	□	○	●	■	◇
1	งานเอกสารขออนุญาต	110	□			■	
2	งานสำรวจและออกแบบ	14	□			■	
3	งานจัดซื้อจัดจ้าง	45		○	●		◇
4	งานก่อสร้างและติดตั้ง	60	□			■	◇
5	งานความปลอดภัย	24	□			■	
6	การตรวจรับงานและการทดสอบระบบ	14			●	■	
7	งานอบรมการใช้งานและดูแล	5				■	
8	การส่งมอบ	2				■	
	รวม	274	4	1	2	7	2

จากตารางข้างต้นสามารถแสดงผลในรูปแบบกราฟเพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนวันทำงาน และภาพที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงและค่าใช้จ่ายการบริหารโครงการ



ภาพที่ 4.3 กราฟแท่งเปรียบเทียบจำนวนวันทำงาน



ภาพที่ 4.4 กราฟแท่งเปรียบเทียบค่าแรงใช้จ่ายบริหารโครงการ

เพื่อให้เห็นผลรวมอย่างเป็นระบบ ตารางที่ 4.11 แสดงการสรุปผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.11 สรุปผลการเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

เกณฑ์	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลลัพธ์
ระยะเวลาโครงการรวม	306 วัน	274 วัน	ลดลง 32 วัน (10.46%)
ความล่าช้า (●)	4 ครั้ง	2 ครั้ง	ลดลง 50%
การเคลื่อนย้าย (○)	2 ครั้ง	1 ครั้ง	ลดลง 1 ครั้ง
การตรวจสอบ (■)	6 ครั้ง	7 ครั้ง	เพิ่มขึ้น 1 ครั้ง
ค่าใช้จ่ายบริหารโครงการ	1,769,163 บาท	1,562,545.42 บาท	ลดลง 11.68%
ความปลอดภัย	อุปกรณ์ไม่ครบ/ อบรมไม่ทั่วถึง	อุปกรณ์ครบ/ อบรมเข้มข้น	ความเสี่ยงลดลง

การปรับปรุงกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ช่วยเพิ่มทั้ง ประสิทธิภาพ (Efficiency) ในการใช้เวลาและต้นทุน และเพิ่ม ประสิทธิภาพ (Effectiveness) ในการส่งมอบงานที่มีคุณภาพและปลอดภัยมากขึ้น ทำให้โครงการสามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้ สร้างความเชื่อมั่นแก่ลูกค้าและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสามารถเป็นแนวทางอ้างอิงสำหรับการปรับปรุงโครงการในอนาคตได้

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์และลดข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ขนาด 309 kWp บนหลังคาโรงงานในภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลการติดตามภาคสนาม การสัมภาษณ์ และเอกสารประกอบโครงการ ผลการศึกษาในบทที่ 4 สะท้อนปัญหา แนวทางแก้ไข และผลการปรับปรุงที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน บทที่ 5 เป็นการอภิปรายผลการศึกษาเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิดทางวิชาการและผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

5.1 ปัญหาที่พบและการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปัญหาหลักในกระบวนการติดตั้งสามารถแบ่งได้เป็น สามมิติสำคัญ ได้แก่

1. ด้านการบริหารจัดการ (Management Issues)

- เอกสารขออนุญาตไม่ครบถ้วน ทำให้การอนุมัติล่าช้า
- การประสานงานระหว่างฝ่ายไม่ต่อเนื่อง และขาดระบบติดตามงานที่มีประสิทธิภาพ
- การจัดซื้อจัดจ้างไม่ตรงตามแผน ส่งผลให้เกิดการรอวัสดุและแรงงาน

2. ด้านบุคลากร (Human Resource Issues)

- พนักงานขาดความรู้ความเข้าใจในแบบและมาตรฐานการติดตั้ง
- การอบรมผู้ใช้งานไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถดูแลระบบได้อย่างเหมาะสม
- ข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงาน เช่น Torque ไม่ได้มาตรฐาน, หลังการั่ว หรือแก้ไขงานซ้ำซ้อน

3. ด้านการเงินและต้นทุน (Financial Issues)

- ราคาวัสดุแปรผันตามตลาด ทำให้การวางแผนงบประมาณไม่แน่นอน
- การจัดจ้างแรงงานไม่เพียงพอในช่วงเร่งรัด ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเกินงบประมาณ

จากการเชื่อมโยง พบว่า สาเหตุราก (Root Cause) ส่วนใหญ่เกิดจากการขาดระบบการบริหารที่ชัดเจนและขาดการใช้เครื่องมือวิเคราะห์เชิงป้องกัน เช่น Checklist และ Gantt Chart ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี PDCA และ Kaizen ที่เน้นการวางแผนและการปรับปรุงต่อเนื่อง

5.2 ผลการปรับปรุงและการเปรียบเทียบก่อน–หลัง การปรับปรุง

หลังการนำแนวคิด PDCA, Lean (MUDA) และ SWOT มาใช้ในการปรับปรุง พบว่ามีผลลัพธ์ที่ชัดเจนดังนี้

- **ระยะเวลาโครงการ** ลดลงจาก 306 วัน เหลือ 274 วัน หรือลดลงประมาณ 10.46% ความล่าช้าที่เกิดขึ้นลดลงครั้งหนึ่ง (จาก 4 ครั้ง เหลือ 2 ครั้ง) และการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็นลดลงจาก 2 ครั้ง เหลือ 1 ครั้ง
- **ค่าใช้จ่าย** ค่าใช้จ่ายด้านการบริหารค่าแรงงานโครงการลดลง 206,617.58 บาท คิดเป็น 11.68% ของค่าใช้จ่ายเดิม แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการทำสัญญาจัดซื้อระยะยาวและการใช้งบประมาณแบบยืดหยุ่น
- **คุณภาพและความปลอดภัย** การตรวจสอบเพิ่มขึ้นจาก 6 ครั้ง เป็น 7 ครั้ง ทำให้การควบคุมคุณภาพเข้มงวดขึ้น พร้อมทั้งการจัดหาอุปกรณ์ความปลอดภัยครบถ้วน (PPE, เชือกกันตก, Lifeline) และการอบรมผู้ปฏิบัติงาน ส่งผลให้ความเสี่ยงด้านอุบัติเหตุลดลง

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศที่ระบุว่า การใช้ Lean Construction และการจัดการด้วย PDCA สามารถช่วยลด Waste และลดเวลาได้อย่างเป็นรูปธรรม (Anvari et al., 2011; Marzouk & El-Rasas, 2014)

5.3 สรุปผลการศึกษา

1. การใช้ PDCA ทำให้โครงการมีการวางแผน (Plan) ที่รัดกุมขึ้น โดยมีการตรวจสอบและทบทวนงานทุกระยะ ส่งผลให้การแก้ปัญหาทำได้ทันเวลาที่ (Check–Act)
2. การประยุกต์ MUDA ช่วยชี้ชัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า เช่น การรอคอย (Waiting) และการเคลื่อนย้ายเกินจำเป็น (Motion) ซึ่งเมื่อถูกกำจัดออกไปทำให้โครงการราบรื่นขึ้น
3. การใช้ SWOT Analysis ทำให้เห็นถึงจุดแข็ง เช่น ความพร้อมด้านอุปกรณ์ และโอกาสจากการสนับสนุนเชิงนโยบายของภาครัฐ ขณะเดียวกันก็ระบุจุดอ่อนและภัยคุกคาม เช่น ข้อจำกัดด้านบุคลากร และความผันผวนของราคาอุปกรณ์

5.4 ผลการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop โดยใช้ PDCA, Lean (MUDA) และ SWOT แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการลดเวลาและค่าใช้จ่าย พร้อมทั้งเพิ่มคุณภาพการควบคุมงานและความปลอดภัย สอดคล้องกับทฤษฎีการจัดการสมัยใหม่และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในโครงการลักษณะเดียวกัน และเป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนามาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า Solar Rooftop ในอนาคต

5.5 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ

1. ควรพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพมาตรฐาน (Standardized Checklist) เพื่อใช้ในทุกโครงการ
2. ควรมีการจัดทำฐานข้อมูลการติดตั้งและการแก้ไขข้อผิดพลาด (Error Database) เพื่อใช้วิเคราะห์ซ้ำในอนาคต
3. ควรใช้ซอฟต์แวร์ Project Management ในการติดตามความก้าวหน้าและปรับแผนแบบ Real-time
4. ในเชิงปฏิบัติ ควรส่งเสริม การฝึกอบรมบุคลากรเชิงลึก (Technical Training) โดยเฉพาะด้านความปลอดภัยและมาตรฐานสากล เช่น IEC, NEC

บรรณานุกรม

- จักรทิพย์ ทวีวิทยารักษ์. (2566). *แผนธุรกิจตัวแทนติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ในระดับโรงงานและที่พักอาศัย* (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์). [ฐานข้อมูลงานวิจัย \(Digital.library.tu.\)](#).
- นิตยา เงินประเสริฐศรี. (2541). *ทฤษฎีองค์การ: แนวการศึกษาเชิงบูรณาการ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปารดา บัณฑูรนิพิท. (2555). ไคเซ็นกับการบริหารทรัพยากรมนุษย์. *วารสารนักบริหาร*, 32(1), 138–143.
- พนิดา หวานเพชร. (2555). *การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้แนวคิดไคเซ็น: กรณีศึกษาแผนกบัญชีค่าใช้จ่าย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี). [ฐานข้อมูลงานวิจัย \(Repository.rmutt.\)](#).
- ภัทร์ธมลญา กุลละวณิชย์. (2561). *ปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในงานโครงการ: กรณีศึกษาบริษัทพลังงานแสงอาทิตย์แห่งหนึ่ง* (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์). [ฐานข้อมูลงานวิจัย \(Ethesisarchive.library.tu.\)](#).
- เรวัต อินทศิริ. (2567). *การวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทนระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา: กรณีศึกษาอาคารคอนโดมิเนียมลุมพินีเพลส พระราม 8* (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม). [ฐานข้อมูลงานวิจัย \(E-research.siam.\)](#).
- ศุภกิจ ยุติมิตร และ กวิน ตันติเสวี. (2567). การศึกษาปัญหาในกระบวนการติดตั้งและการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์บนหลังคา: กรณีศึกษาห้างธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่. ใน *สุรภาพ แก้วสวัสดิ์วงศ์ (บ.ก.), รายงานสืบเนื่องจาก การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29* (น. CEM54-1-CEM54-8). วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อดิเรก เพ็ชรรัตน์ และ พุทธกาล รัชชร. (2554). ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (ไคเซ็น) ของพนักงานฝ่ายการผลิต บริษัท ทีซีแอล ทอมสัน อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 3(5), 185–198.

- Alsehaimi, A., Baarimah, A. O., Ramu, M. B., Alajmi, M., & Ahmed, W. (2025). Integration of BIM in project management phases for achieving sustainable success in small construction projects: A SEM-based approach. *Ain Shams Engineering Journal*, 16 (10), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2025.103649>
- Anvari, A., Zulkifli, N., Yusuff, R. M., Hojjati, S. M. H., & Ismail, M. Y. (2011). A proposed dynamic model for a lean roadmap. *African Journal of Business Management*, 5(16), 6727–6737.
- Hameed, M. A., Kaaya, I., Al-Jbory, M., Matti, Q., Scheer, R., & Gottschalg, R. (2024). Analysis and prediction of the performance and reliability of PV modules installed in harsh climates: Case study Iraq. *Renewable Energy*, 228, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120577>
- Ibrahim, A., Zayed, T., & Lafhaj, Z. (2025). Trends and gaps in lean construction practices for construction of megaprojects: A critical review. *Alexandria Engineering Journal*, 118, 174–193. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.01.046>
- Knechtges, P., & Decker, M. C. (2014). Application of Kaizen methodology to foster departmental engagement in quality improvement. *Journal of the American College of Radiology*, 11(12), 1126–1130.
- Marzouk, M. M., & El-Rasas, T. I. (2014). Analyzing delay causes in Egyptian construction projects. *Journal of Advanced Research*, 5(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2012.11.005>
- PVsyst SA. (2023). *PVsyst 7.x user's guide: Photovoltaic system design & simulation software*. PVsyst SA.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายอเนชา เพชรารุช
วัน เดือน ปีเกิด	26 มีนาคม 2534
สถานที่เกิด	สมุทรสาคร
อีเมล	Anecha21engineer@gmail.com
ประวัติการศึกษา	- กำลังศึกษาอยู่ในระดับ ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม (Engineering Management) มหาวิทยาลัยสยาม - สำเร็จการศึกษาระดับ ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า(กำลัง) มหาวิทยาลัยสยาม - สำเร็จการศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
สถานที่ทำงาน	A.O. Power Engineering (Freelance) ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ/วิศวกรอิสระ ออกแบบและตรวจสอบระบบไฟฟ้า ประมาณราคาและจัดทำ BOQ บริหารงานติดตั้งระบบไฟฟ้าอาคาร/โรงงาน