



การศึกษาปัญหาและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดิน

นางสาวธัญชา วาณิชปัญญา

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาปัญหาและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดิน

นางสาวธัญชา วาณิชปัญญา

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การศึกษาปัญหาและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดิน

โดย นางสาวธนัชชา วาณิชปัญญา

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

หัวหน้าภาควิชา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ธนศรีสถิตย์)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

ประธานกรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นคร กกแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กวิน ตันติเสวี)

กรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชัยญา โปษะนันท์)

ชื่อ : นางสาวรัชชา วาณิชปัญญา
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การศึกษาปัญหาและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการ
 ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้ง
 บนพื้นดิน
 สาขาวิชา : การบริหารงานก่อสร้าง
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กวิน ตันติเสวี
 หลักสูตร :
 ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอัตราค่าไฟฟ้า และ อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ต้นทุนในการดำเนินธุรกิจต่างๆสูงขึ้น แนวทางที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ให้ความสนใจ คือ การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะนอกจากจะช่วยลดต้นทุนค่าไฟแล้ว ยังถือเป็นการสนับสนุน การใช้พลังงานสะอาดอีกด้วย ซึ่งในการติดตั้งที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันมี 2 รูปแบบ คือ ติดตั้งบนพื้นดิน และบนหลังคา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกิดขึ้นในงานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดินในพื้นที่ห่างไกล โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าที่แล้วเสร็จ ด้วยวิธีการรวบรวมเอกสารรายงานการทำงาน การสังเกต และการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการ โดยจำแนกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 1. การกำหนดความต้องการของโครงการ และศึกษาความเป็นไปได้ 2. การออกแบบและวางแผนโครงการ 3. ระยะเวลาก่อสร้างและติดตั้ง และ 4. การปิดโครงการ และนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุ และปรับปรุงกระบวนการทำงานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าใหม่ จากการศึกษาพบว่ากระบวนการที่เกิดปัญหาในการติดตั้งมากที่สุด คือ ระยะเวลาการก่อสร้างและติดตั้ง ซึ่งเกิดจากส่วนของการยื่นขออนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงขั้นตอนการเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สำหรับการติดตั้ง ทั้งนี้สร้างผลกระทบที่สำคัญทั้งในด้านเวลาและต้นทุนที่เพิ่มขึ้น โดยภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น และนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้พบว่าสามารถลดระยะเวลาการดำเนินโครงการลงได้ถึงร้อยละ 11.24 ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าการวิเคราะห์นี้เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงกระบวนการในอนาคตสำหรับโครงการที่มีลักษณะคล้ายกัน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนและดำเนินการมากขึ้น

(มีจำนวนทั้งสิ้น 81 หน้า)

คำสำคัญ : ปัญหา, งานติดตั้ง, ความล่าช้าในการติดตั้ง, ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, PDCA
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก



Name : Miss Thanatcha Vanichpanya
Independent Study Title : Study of problems and improvement methods in
installation of ground-mounted solar power generation
systems
Major Field : Construction Management
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Independent Study Advisor : Kevin Tantisevi
Academic Year : 2025

ABSTRACT

Nowadays, electricity rates and variable electricity rates tend to increase continuously, causing higher costs for various businesses. The solution that most entrepreneurs are interested in is installing solar power generation systems because not only to reduce electricity costs but also to support the use of clean energy. There are 2 popular installation types which are ground-mounted and rooftop-mounted. This research aims to study problems and improvement methods in installation of ground – mounted solar power generation systems by gathering data on problems in the installation of completed power generation systems by gathering work reports, observing, and interviewing people who involved in this project. which is divided into 4 stages: 1. Determining project requirements and studying feasibility, 2. Designing and planning the project, 3. Construction or installation period, and 4. Closing the project. The results are analyzed to find the causes and improve the process of installing a new power generation system. The process with the most problems in installation is the construction and installation period, which is caused by the application for permission from relevant agencies, including the steps of preparing the area and equipment for installation. This creates significant impacts in terms of time and increased costs. After gathering data, analyzing the problems that occurred, and applying the results, it was found that the project implementation period reduced by 11.24 percent. Therefore, the researcher believes that This analysis will be useful for

improving the process in the future for similar projects and help to increase the efficiency of planning and execution.

(Total 81 Pages)

Keywords: Problem, Installation, Delayed installation, Solar power generation, PDCA

Advisor



กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการแนะนำ และความช่วยเหลือจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ดร.กวิน ตันติเสวี อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการศึกษาย่างใกล้ชิดด้วยดีตลอดมาจนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ได้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วรรณวิทย์ แท้มทอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชัยญา โปษะนันท์ คณะกรรมการสอบที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะทางวิชาการ ข้อคิดเห็น และแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้จัดการโครงการ และคณะทำงาน ทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สละเวลาอันมีค่าในการให้สัมภาษณ์เชิงลึก และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาโครงการในครั้งนี้ รวมถึงรุ่นพี่ และเพื่อน ที่ให้การแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ เป็นกำลังใจแก่ผู้ศึกษา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณมารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาตั้งแต่เริ่มศึกษาจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้เอื้อนามไว้ ณ ที่นี้

ธัญชา วาณิชปัญญา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ซ
สารบัญ	ฅ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	3
2.2 หลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	3
2.3 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จำแนกตามสถานที่ติดตั้ง	4
2.4 อุปกรณ์หลักของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	5
2.5 รูปแบบสัญญาในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	10
2.6 กระบวนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบ	12
ของการติดตั้งบนพื้นดิน	
2.7 แนวคิดเกี่ยวกับความล่าช้า	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 แนวคิดเกี่ยวกับวงจรเดมมิง (PDCA, Deming Cycle).....	24
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	29
3.1 แนวทางดำเนินงานวิจัย	29
3.2 รายละเอียดกรณีศึกษา	30
3.3 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ	47
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	49
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	49
บทที่ 4 ผลของการวิจัย	50
4.1 ผลการเก็บข้อมูล	50
4.1.1 ผลการเก็บข้อมูลของฟาร์ม A	50
4.1.1.1 ปัญหาความล่าช้าและการวิเคราะห์สาเหตุฟาร์ม A	55
4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลของฟาร์ม B	58
4.1.2.1 ปัญหาความล่าช้าและการวิเคราะห์สาเหตุฟาร์ม B	63
4.2 แนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงาน	64
4.3 ผลการปรับปรุง	71
4.3.1 ผลการเก็บข้อมูลของฟาร์ม C	71
4.3.2 ผลการเก็บข้อมูลของฟาร์ม D	75
บทที่ 5 สรุปผล	79
5.1 สรุปผล	79
5.1.1 ปัญหาและอุปสรรค	79

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.2 แนวทางในการปรับปรุง.....	79
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	80
บรรณานุกรม.....	82
ประวัติผู้เขียน.....	84



สารบัญตาราง

	หน้า
2-1 ความแตกต่างระหว่างระหว่างสัญญารูปแบบ EPC และ PPA.....	12
2-2 รายการยื่นขออนุญาตติดตั้งระบบโซลาร์รูฟท็อป และโซลาร์ฟาร์ม.....	16
กรณีกำลังติดตั้งน้อยกว่า 1 เมกะวัตต์	
3-1 ภาพรวมรายละเอียดกรณีศึกษาทั้ง 4 โครงการ.....	31
3-2 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ A.....	35
3-3 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ A.....	35
3-4 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ B.....	38
3-5 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ B.....	39
3-6 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ C.....	43
3-7 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ C.....	43
3-8 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ D.....	46
3-9 รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ D.....	46
3-10 แผนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน.....	47
3-11 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของโครงการ.....	48
4-1 รายละเอียดกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม A.....	54
4-2 รายละเอียดกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม B.....	62
4-3 สรุปปัญหาจากการดำเนินงานฟาร์ม A และ B และแนวทางในการแก้ปัญหา.....	67
ความล่าช้าที่เกิดขึ้น	

สารบัญรูปภาพ

หน้า

2-1 หลักการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์.....	5
2-2 อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter).....	6
2-3 อุปกรณ์แบตเตอรี่ (Battery).....	6
2-4 อุปกรณ์จับยึดบนหลังคาชนิด L-Foot.....	7
2-5 การติดตั้งบนพื้นดินโดยใช้รากฐานเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก.....	8
2-6 รากฐานเสาเข็มเหล็ก.....	9
2-7 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำ.....	9
2-8 ผังโครงสร้างการบริหารรูปแบบสัญญา PPA.....	10
2-9 ผังโครงสร้างการบริหารรูปแบบสัญญา EPC.....	11
2-10 กระบวนการพัฒนาโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	13
2-11 การดำเนินโครงการขั้นตอนการสำรวจ Topographic Map ก่อนเริ่มติดตั้งโครงสร้าง.....	19
2-12 การดำเนินโครงการขั้นตอนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์.....	19
2-13 การดำเนินโครงการขั้นตอนการดับไฟเชื่อมต่อบริเวณ.....	19
2-14 รายละเอียดคู่มือการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	20
3-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา.....	30
3-2 ผังบริเวณของฟาร์ม A.....	32
3-3 งานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม A.....	33
3-4 งานติดตั้งห้องอินเวอร์เตอร์ ฟาร์ม A.....	34
3-5 ผังโครงสร้างการบริหารงานโครงการ A.....	34
3-6 ผังบริเวณของฟาร์ม B.....	36
3-7 งานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม B.....	37
3-8 งานติดตั้งห้องอินเวอร์เตอร์ ฟาร์ม B.....	37
3-9 ผังโครงสร้างการบริหารงานโครงการ B.....	38
3-10 ผังบริเวณของฟาร์ม C.....	40
3-11 บริเวณที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ฟาร์ม C.....	41
3-12 แบบ Drawing บริเวณที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ฟาร์ม C.....	41
3-13 แบบ Drawing ลักษณะโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์ฟาร์ม C.....	42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

3-14 ผังโครงสร้างการบริหารงานโครงการ C	42
3-15 ผังบริเวณของฟาร์ม D	44
3-16 แบบ Drawing บริเวณที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม D	45
3-17 ผังโครงสร้างการบริหารงานโครงการ D	45
4-1 แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม A	51
4-2 แผนการดำเนินงานแสดงรายละเอียดการล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม A	52
4-3 ภาพผังบริเวณในพื้นที่การติดตั้ง	55
4-4 เส้นทางเดินสายไฟ DC ฟาร์ม A	56
4-5 รูปตัดเสาวางรางสายไฟ DC	56
4-6 แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม B	59
4-7 แผนการดำเนินงานแสดงรายละเอียดการล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม B	60
4-8 บริเวณที่มีการติดตั้งโครงสร้างผลิตทำให้ต้องรื้อจุดติดตั้ง	64
4-9 แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม C	72
4-10 แผนการดำเนินงานในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการและการติดตั้ง ฟาร์ม C	73
4-11 บริเวณที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม C	75
4-12 แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม D	76
4-13 แผนการดำเนินงานในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการและการติดตั้ง ฟาร์ม D	77
4-14 บริเวณที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม D	78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอัตราค่าไฟฟ้า และ อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ต้นทุนในการดำเนินธุรกิจต่างๆสูงขึ้นในเวลาเดียวกัน แนวทางที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ให้ความสนใจ คือ การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เดิมทีพื้นที่ที่ได้รับความนิยมในการติดตั้ง จะเป็นพื้นที่บริเวณบนหลังคา เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุด แต่ในบางกลุ่มธุรกิจ ก็ไม่ได้มีพื้นที่บนหลังคามากนัก การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนภาคพื้นดิน จึงเป็นอีกแนวทางที่ได้รับความนิยมอย่างมาก

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดิน เป็นระบบการทำงานรูปแบบเดียวกันกับการติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) กล่าวคือ แผงโซลาร์เซลล์รับแสงอาทิตย์ เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้รับมา จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) ซึ่งจะถูกนำส่งโดยผ่านสายไฟ DC ที่เป็นสายไฟสำหรับให้กระแสตรงไหลผ่าน เข้าไปยังอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ทำหน้าที่รับไฟฟ้ากระแสตรง และเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) ซึ่งไฟฟ้ากระแสสลับ ก็จะถูกส่งต่อไปยังสายไฟ AC ที่เป็นสายไฟนำส่งสำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ และนำไปสู่เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในอุตสาหกรรม ซึ่งการเลือกใช้พื้นที่ในการติดตั้งโซลาร์ฟาร์ม จะแตกต่างจากโซลาร์รูฟท็อป โดยพื้นที่ในการติดตั้งโซลาร์ฟาร์มจะมีการระบุจุดติดตั้งถาวรที่เหมาะสม และสามารถเข้าถึงการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด และยาวนานที่สุด

จากข้อมูลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นดิน โดยจำแนกปัญหาตามผลกระทบด้านเวลา ตลอดจนหาแนวทางแก้ไข เพื่อลดปัญหาความล่าช้า โดยผลการศึกษารั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจเกี่ยวกับการติดตั้งดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรค ที่ส่งผลต่อความล่าช้า ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น และนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงโครงการในลักษณะเดียวกันให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- 1.3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เป็นพื้นที่บนพื้นดิน ขนาดไม่เกิน 300 กิโลวัตต์ ซึ่งอยู่ในพื้นที่นอกเขตกรุงเทพและปริมณฑล สำหรับติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน เพื่อการผลิตไฟฟ้าทดแทนนำมาใช้ภายในอุตสาหกรรม โดยไม่ขายคืนให้การไฟฟ้า
- 1.3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา พิจารณาถึงรายละเอียดและสาเหตุของปัญหา รวมไปถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อโครงการ
- 1.3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา พิจารณาจากโครงสร้างในลักษณะของ เสาเข็มเหล็ก (Screw Pile) ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน
- 1.4.2 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข และ ลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น กับงานติดตั้งในโครงการที่มีลักษณะเดียวกัน
- 1.4.3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเป็นแนวทางในการดำเนินงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตั้งให้ดีขึ้น

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หรือระบบโซลาร์เซลล์ เป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยหลักการทำงานนั้นเริ่มต้นจากแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งทำหน้าที่เก็บพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อแสงตกกระทบ เซลล์ในแผงโซลาร์เซลล์จะสร้างกระแสไฟฟ้า DC (Direct Current) จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในวัสดุซิลิกอน และ กระแสไฟฟ้า DC จะถูกส่งไปยังเครื่องแปลงไฟฟ้า (Inverter) เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้า AC (Alternating Current) ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม และเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าส่วนกลาง ซึ่งเครื่องแปลงไฟฟ้าจะทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 หลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

หลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

2.2.1 ระบบออนกริด (On Grid)

เป็นระบบที่ใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโซลาร์เซลล์ พร้อมกับใช้ไฟจากการไฟฟ้าคู่ขนานกัน โดยการใช้งานนั้น ระบบจะใช้กระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์ก่อน และหากไฟฟ้าไม่เพียงพอ จึงจะดึงไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาใช้เพิ่มเติม ซึ่งระบบออนกริดนี้ จะจ่ายไฟได้แค่ในช่วงกลางวัน เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่มีแบตเตอรี่ในการสำรองไฟ ดังนั้น เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด ระบบออนกริด จึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟในช่วงเวลากลางวัน และในปัจจุบันระบบออนกริด นับว่าเป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากต้นทุนถูกกว่าถูกกว่าระบบไฮบริด (Hybrid) ที่มีแบตเตอรี่เป็นส่วนหนึ่งของระบบ จึงทำให้การคืนทุนเกิดขึ้นเร็วที่สุด

2.2.2 ระบบออฟกริด (Off Grid)

เป็นระบบที่ไม่เชื่อมต่อการไฟฟ้า หรือเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า ระบบ Stand Alone โดยระบบออฟกริดจะมีแบตเตอรี่ที่ใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ เพื่อนำมาใช้ในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ หรือช่วงเวลากลางคืน ดังนั้น ระบบออฟกริด จึงเหมาะสำหรับพื้นที่ที่ห่างไกล ไม่มีการเข้าถึงของไฟฟ้าจากกริด

2.2.3 ระบบไฮบริด (Hybrid)

เป็นการนำระบบออนกริด (On Grid) และออฟกริด (Off Grid) มารวมกัน โดยระบบไฮบริด จะมีแบตเตอรี่เป็นส่วนหนึ่งของระบบ เพื่อกักเก็บไฟฟ้าไว้ใช้ในเวลากลางคืนเหมือนระบบ off grid แต่หากในเวลากลางคืน กระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่หมด ก็จะต้องดึงไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาช่วยเสริม ทำให้มีไฟใช้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปัจจุบัน แบตเตอรี่ที่มีมาตรฐาน

และมีความปลอดภัย ยังมีราคาสูงมาก ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนนาน จึงยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก

2.3 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จำแนกตามสถานที่ติดตั้ง

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีหลายประเภท โดยแต่ละประเภทสามารถจำแนกตามลักษณะของพื้นที่ในการติดตั้ง ดังต่อไปนี้

2.3.1 การติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop)

โซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคา หรือที่นิยมเรียกกันว่าโซลาร์รูฟท็อป (Solar Rooftop) เป็นหนึ่งในรูปแบบของการติดตั้งโซลาร์เซลล์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งาน โดยลักษณะการติดตั้งจะเป็นการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ไว้บนหลังคาของอาคาร เพื่อการใช้พื้นที่บนหลังคาให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังเพื่อลดการใช้ที่ดินใหม่ ทำให้เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับเมือง หรือพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งการติดตั้งในลักษณะนี้อาจมีข้อจำกัดด้านโครงสร้างของหลังคา เช่น ความแข็งแรงหรือมุมของหลังคาที่ไม่สามารถรับแสงแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2.3.2 การติดตั้งบนพื้นดิน (Ground Mount Solar)

เป็นการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนพื้นดิน หรือที่นิยมเรียกกันว่าโซลาร์ฟาร์ม (Solar Farm) โดยการติดตั้งในลักษณะนี้จะเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก แต่พื้นที่บนหลังคาอาจจะไม่เพียงพอ หรือไม่เหมาะสมแก่การติดตั้ง โดยแผงโซลาร์เซลล์ นั้น จะถูกนำมาจัดอยู่บนโครงสร้างที่มั่นคงบนพื้นดิน โดยมีการปรับมุมให้เหมาะสมกับทิศทางของแสงแดด เพื่อให้ได้รับพลังงานสูงสุดตลอดทั้งวัน อย่างไรก็ตาม การใช้ที่ดินสำหรับระบบนี้ ต้องมีการจัดการในเรื่องการระบายน้ำและการดูแลพื้นที่ให้เป็นระเบียบเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจเกิดขึ้น เช่น การกัดเซาะของดิน หรือการสะสมของน้ำฝนที่ไม่ได้รับการระบายอย่างถูกต้อง เป็นต้น

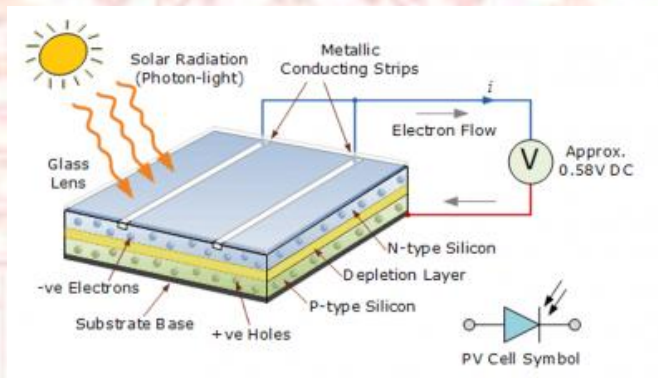
2.3.3 การติดตั้งแบบทุ่นลอยน้ำ (Solar Float)

เป็นการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไว้บนผิวน้ำ ด้วยการติดตั้งทุ่นพลาสติกบนพื้นที่ผิวน้ำเพื่อเป็นฐานให้กับแผงโซลาร์เซลล์ โดยไฟฟ้าที่ถูกผลิตจะถูกส่งผ่านสายไฟฟ้าที่อยู่ในน้ำขึ้นไปยังระบบไฟฟ้าควบคุมที่ตั้งอยู่ที่ฝั่ง ก่อนที่จะนำไปใช้งานตามปกติ เช่นเดียวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไปที่ใช้บนบก ซึ่งข้อดีของการติดตั้งแบบทุ่นลอยน้ำ คือสามารถลดอุณหภูมิให้กับแผงโซลาร์เซลล์ได้ แต่เนื่องจากการติดตั้งแบบทุ่นลอยน้ำ มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่สูงกว่าการติดตั้งแบบปกติ เนื่องจากต้องเลือกวัสดุที่ทนต่อการเกิดสนิมและกัดกร่อนมากกว่าแบบปกติ ในปัจจุบันจึงยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก หากเทียบกับการติดตั้งบนหลังคา และการติดตั้งบนพื้นดิน

2.4 อุปกรณ์หลักของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.4.1 แผงโซลาร์เซลล์ (PV Module or Photovoltaic Cell)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ โดยมีความสามารถในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ตกกระทบตัวสารกึ่งตัวนำ เพื่อเปลี่ยนมาเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC Current) ซึ่งหลักการทำงานนั้น จะเริ่มต้นจากการที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปกระทบกับสารกึ่งตัวนำของโซลาร์เซลล์ โดยพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำการถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปรวมตัวกันที่ขั้วลบของแผงโซลาร์เซลล์ และโฮล (Hole) จะถูกเติมเต็มด้วยอิเล็กตรอนจากขั้วบวกของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจากกระบวนการนี้ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ในที่สุด และสามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป



ภาพที่ 2-1: หลักการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

ที่มา: <https://legatool.com/wp/19654/>

2.4.2 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

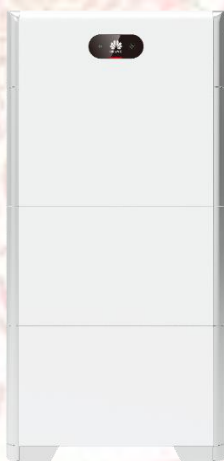
อินเวอร์เตอร์ในระบบของโซลาร์เซลล์ คือ อุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อส่งต่อพลังงานไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในอุตสาหกรรม ซึ่งการทำงาน ของอินเวอร์เตอร์โซลาร์เซลล์ เปรียบได้กับหม้อแปลงไฟฟ้า คือ มีหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ที่เป็นไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC) นำมา แปลงให้กลายเป็นไฟฟ้า กระแสสลับ (AC) จากนั้นจึงนำกระแสไฟฟ้าที่แปลงเสร็จแล้วมาจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยัง เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในอุตสาหกรรม



ภาพที่ 2-2: อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

2.4.3 แบตเตอรี่ (Battery)

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบโซลาร์เซลล์ ที่ผลิตได้ และใช้ไม่หมดในช่วงเวลากลางวัน เพื่อนำไปใช้ในช่วงที่แสงไม่พอต่อการผลิตไฟฟ้า หรือ ช่วงเวลากลางคืน



ภาพที่ 2-3: อุปกรณ์แบตเตอรี่ (Battery)

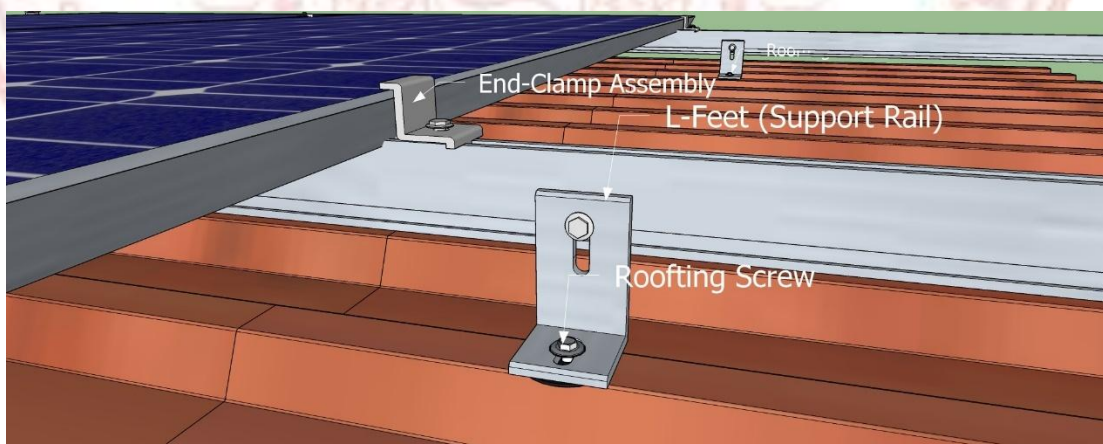
ที่มา: <https://solar.huawei.com/th/professionals/all-products/LUNA2000-5-10-15-S0>

2.4.4 อุปกรณ์จับยึด (Mounting)

เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีหน้าที่หลัก คือการจับยึดแผงโซลาร์เซลล์ให้มั่นคงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง หลักการทำงานของอุปกรณ์นี้ จะถูกออกแบบมาเพื่อรองรับน้ำหนักและแรงต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากสภาพอากาศ เช่น แรงแลม ซึ่งการยึดแผงโซลาร์เซลล์ให้มั่นคงจะช่วยลดความเสี่ยงที่อาจเกิดการเคลื่อนที่ของแผงได้ โดยในการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดแผงโซลาร์เซลล์จะมีลักษณะที่แตกต่างกันตามบริเวณที่ติดตั้ง ดังนี้

2.4.4.1 อุปกรณ์จับยึดบนหลังคา (Roof Mounting)

อุปกรณ์จับยึดแผงโซลาร์เซลล์ชนิดที่ติดตั้งบนหลังคาส่วนมากทำจากวัสดุอลูมิเนียมและเหล็กชุบกัลวานิซึม (Hot dip galvanize) เพื่อให้อุปกรณ์ไม่เป็นสนิมตลอดอายุการใช้งาน และง่ายต่อการติดตั้ง ซึ่งตัวอุปกรณ์จะมีน้ำหนักเบา เพื่อไม่เป็นการเพิ่มน้ำหนัก กับโครงหลังคาเดิม โดยองค์ประกอบหลักของอุปกรณ์จับยึดบนหลังคา จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) Rail หรือรางรองรับแผง เป็นส่วนประกอบหลักในการยึดแผงเข้ากับโครงสร้างรองรับ 2) Support Rail เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยจับยึดรางรองรับแผงเข้ากับสันหลังคา โดยในการติดตั้งจะต้อง พิจารณาถึงประเภทและขนาดของสันหลังคา เช่น หลังคาเมทัลชีทที่มีลักษณะแบน จะใช้อุปกรณ์ จับยึดเข้ากับสันหลังคาด้วยสกรู (L-Foot) หรือหลังคาเมทัลชีทที่มีลักษณะเป็นคลื่น ล็อก ก็จะใช้ อุปกรณ์เป็นแบบปีบตัวจับยึดเข้ากับสันหลังคา (Klip lock) 3) Clamp หรือตัวยึดแผงโซลาร์เซลล์ ให้ติดอยู่บนรางรองรับแผงโดยไม่เคลื่อนที่ โดยในการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดบนหลังคานั้น ควรมีการ รับรองตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มั่นใจว่ามีคุณภาพและปลอดภัยในการใช้งาน



ภาพที่ 2-4: อุปกรณ์จับยึดบนหลังคาชนิด L-Foot

ที่มา: <https://www.solarhub.co.th/solar-solutions/factory-solar/419-mounting-detail>

2.4.4.2 อุปกรณ์จับยึดติดตั้ง (Ground Mounting)

เป็นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน โดยไม่ต้องพึ่งพาการติดตั้งบนหลังคา ระบบนี้เหมาะสำหรับฟาร์มพลังงานขนาดใหญ่หรือพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินเพียงพอในการติดตั้งแผงเซลล์ และเนื่องด้วยการติดตั้งในลักษณะนี้เป็นการติดตั้งแบบถาวร จึงจำเป็นต้องทำรากฐาน ของโครงสร้างให้แข็งแรง ซึ่งโครงสร้างสำหรับรองรับแผงในลักษณะที่นิยมในปัจจุบัน มีดังนี้

1 ติดตั้งโดยใช้รากฐานเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และใช้โครงเป็นวัสดุอลูมิเนียมหรือเหล็กชุบสังกะสี ซึ่งลักษณะการติดตั้งรูปแบบนี้มีข้อดีคือ โครงสร้างจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสามารถทนทานต่อการกัดกร่อนเมื่อมีการออกแบบอย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การใช้รากฐานลักษณะนี้ อาจมีต้นทุนการก่อสร้างที่สูงกว่ารากฐานประเภทอื่น และอาจใช้เวลานานในการติดตั้งเพราะต้องรอให้คอนกรีตแห้ง และน้ำหนักของรากฐานคอนกรีตนั้น อาจจะไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีพื้นดินอ่อนหรือไม่มั่นคง การเลือกใช้รากฐานโซลาร์เซลล์แบบคอนกรีตเสริมเหล็กจึงควรพิจารณาให้ดี เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ติดตั้ง



ภาพที่ 2-5: การติดตั้งบนพื้นดินโดยใช้รากฐานเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

2 ติดตั้งโดยใช้รากฐานเป็นเสาเข็มเหล็ก (Screw Pile) ที่ผ่านการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Hot Dip Galvanize) เพื่อป้องกันสนิม โดยเสาเข็มชนิดนี้มีลักษณะเป็นเหล็กที่มีเกลียวที่ปลายซึ่งเป็นนวัตกรรมที่สามารถช่วยควบคุมเรื่องเวลาและต้นทุนของงานวางรากฐาน เนื่องจากสามารถติดตั้งได้ทั้งในการใช้ Machine Drive และ แรงงานคน โดยไม่ส่งเสียงรบกวน ขณะทำงาน รวมไปถึงยังไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับพื้นที่รอบๆ โดยการติดตั้งเสาเข็มเหล็กนั้น สามารถทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เนื่องจาก สามารถจัดการขั้นตอนทั้งหมดให้แล้วเสร็จได้ภายในเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ โดยจะเริ่มกระบวนการตั้งแต่การสำรวจและวางผัง ไปจนถึงการติดตั้งเสาเข็มแต่ละต้นให้แล้วเสร็จจนพร้อมใช้งาน



ภาพที่ 2-6: รากฐานเสาเข็มเหล็ก

2.4.4.3 อุปกรณ์จับยึดแผงโซลาร์เซลล์แบบลอยน้ำ (Floating)

เป็นการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไว้บนผิวน้ำ ด้วยการติดตั้งทุ่นพลาสติกบนพื้นที่ผิวน้ำเพื่อเป็นฐานให้กับแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งวัสดุตัวทุ่นมักทำมาจากเม็ดพลาสติก HDPE ที่ให้ความแข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานกลางแจ้ง ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเล็ต จากแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน โดยองค์ประกอบหลักแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1) ส่วนบอดี้หลัก หรือ Main Floating Unit ส่วนนี้ทำมาจากวัสดุ HDPE ทำหน้าที่รองรับแผงโซลาร์ 2) ส่วนทางเดิน หรือ Aisle Unit ทำหน้าที่เชื่อมต่อแถวของบอดี้หลักเข้าด้วยกัน 3) หมุดยึด หรือ Connection Pin ทำหน้าที่ยึดส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน



ภาพที่ 2-7: ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำ

ที่มา: https://www.pvsolarfirst.com/sf-floating-solar-mount-tgw01_p114.html

2.5 รูปแบบสัญญาในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ในยุคที่ใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุตสาหกรรมส่วนใหญ่จึงเริ่มให้ความสนใจกับการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น เพราะไม่เพียงแต่เพื่อตอบสนองต่อความต้องการด้านพลังงานที่ยั่งยืน แต่ยังช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือขององค์กร ในสายตาของผู้บริโภคและนักลงทุน อย่างไรก็ตาม การลงทุนในโครงการพลังงานแสงอาทิตย์มักต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับหลายธุรกิจ ดังนั้น

รูปแบบการทำสัญญาสำหรับโครงการพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีสองแบบหลัก คือ PPA (Power Purchase Agreement) และ EPC (Engineering, Procurement, and Construction) โดยแต่ละรูปแบบมีข้อดีและความเหมาะสมกับความต้องการที่แตกต่างกันของผู้ประกอบการ

2.5.1 การทำสัญญาในรูปแบบของ PPA (Power Purchase Agreement)

คือ ข้อตกลงการซื้อขายพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างผู้ผลิตพลังงาน และ ผู้ใช้พลังงาน โดยโมเดล PPA นี้ ผู้ผลิตพลังงานจะเป็นผู้ลงทุนในอุปกรณ์การติดตั้งรวมถึงดูแลและซ่อมแซมระบบ ส่วนผู้ซื้อพลังงานเพียงแค่อำนาจไฟฟ้า (ที่ผลิตจากแผงโซลาร์) รายเดือนตามระยะสัญญาเท่านั้น โดยอัตราไฟฟ้าจะคิดตามหน่วยที่ใช้ในอัตราต่อหน่วยเทียบเท่าหรือต่ำกว่าการไฟฟ้า จึงทำให้ในระยะยาวค่าไฟฟ้าจากโมเดล PPA ที่จ่าย จะถูกกว่าการจ่ายค่าไฟให้รัฐบาล



ภาพที่ 2-8: ผังโครงสร้างการบริหาร รูปแบบสัญญา PPA

2.5.2 การทำสัญญาในรูปแบบของ EPC (Engineering, Procurement and Construction)

คือ รูปแบบสัญญาที่ใช้ในโครงการก่อสร้าง ซึ่งผู้ใช้งานเป็นผู้ลงทุนเอง โดยการ จัดซื้อและจัดจ้างผู้รับเหมาในการดำเนินงานติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่ง ผู้รับเหมา EPC จะรับผิดชอบทั้งสามด้านหลัก ได้แก่

- 1) ด้านวิศวกรรม คือ การออกแบบระบบและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับโครงการ รวมถึงการจัดทำเอกสารวิศวกรรมและการประเมินเทคนิค เพื่อให้มั่นใจว่าโครงการสามารถ ดำเนินการได้ตามมาตรฐานที่กำหนด
- 2) ด้านการจัดซื้อ คือ การจัดหาอุปกรณ์ วัสดุ และบริการที่จำเป็นสำหรับการ ก่อสร้าง โดยผู้รับเหมา EPC จะต้องคัดเลือกผู้ขายและจัดการการสั่งซื้อให้มีประสิทธิภาพ
- 3) ด้านการก่อสร้าง คือ การดำเนินการก่อสร้างโครงการ ตั้งแต่การก่อสร้างพื้นฐาน จนถึงติดตั้งระบบต่าง ๆ โดยต้องปฏิบัติตามแผนงานที่กำหนดไว้และตามหลักวิศวกรรม



ภาพที่ 2-9: ผังโครงสร้างการบริหาร รูปแบบสัญญา EPC

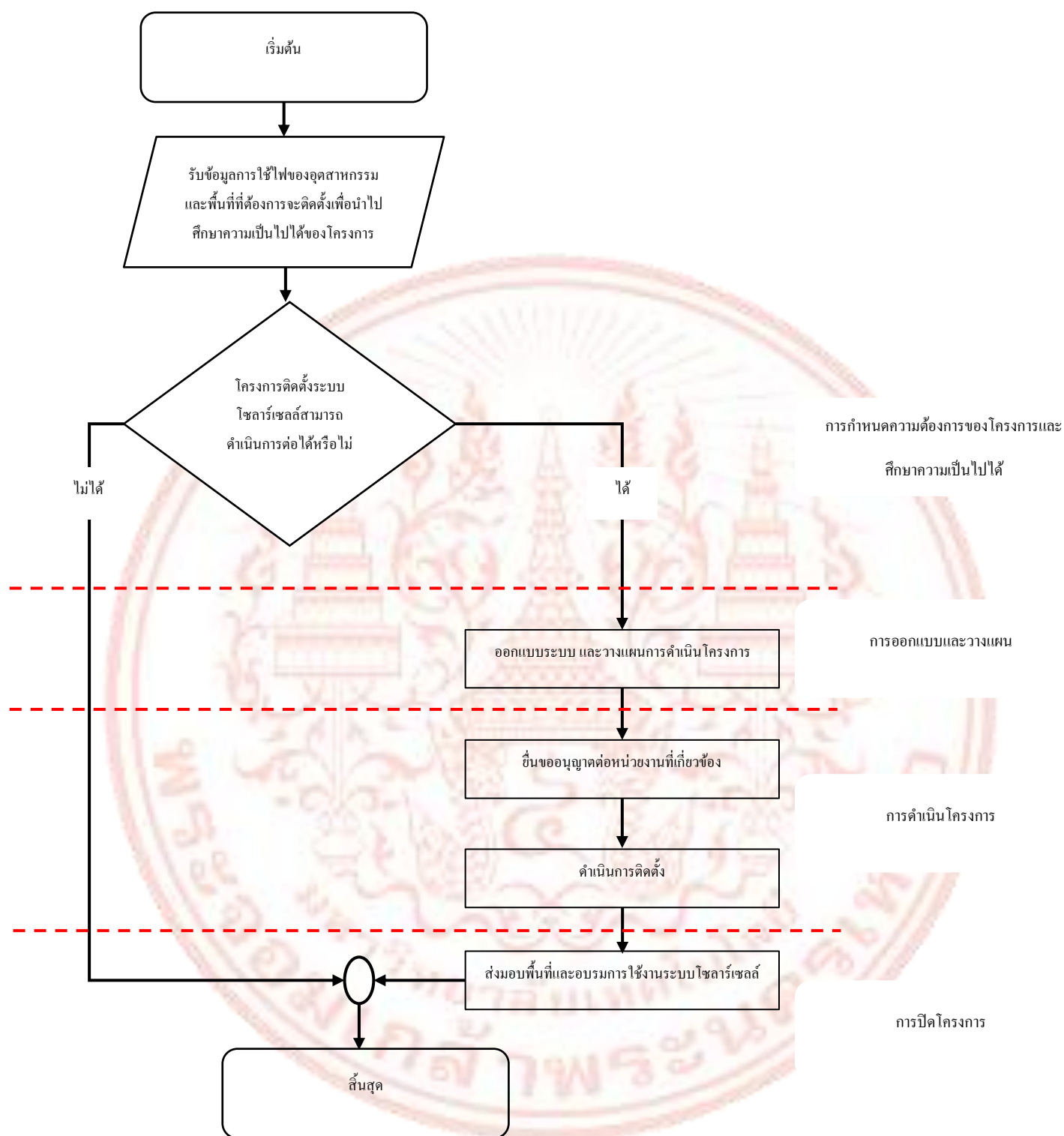
2.5.3 สรุปข้อแตกต่างระหว่างสัญญารูปแบบ PPA และ EPC

รายละเอียด	รูปแบบสัญญา	
	PPA	EPC
การลงทุน	บริษัทผู้ผลิตพลังงานเป็นผู้ลงทุน	ผู้ใช้พลังงานเป็นผู้ลงทุน
กรรมสิทธิ์การเป็นเจ้าของระบบ	บริษัทผู้ผลิตพลังงาน	ผู้ใช้พลังงาน
อัตราค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องจ่าย	ผู้ใช้พลังงานจ่ายค่าไฟฟ้ารายเดือนให้แก่บริษัทผู้ผลิตพลังงาน ตามสัดส่วนที่ใช้จริงจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในอัตราค่าไฟฟ้าที่เทียบเท่าหรือต่ำกว่าการไฟฟ้า ตามข้อตกลงที่ระบุในสัญญา	-

ตาราง 2-1: สรุปความแตกต่างระหว่างสัญญารูปแบบ EPC และ PPA

2.6 กระบวนการพัฒนาโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน

การพัฒนาโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่เริ่มต้น จนถึงสิ้นสุดโครงการสามารถแบ่งได้ 4 ระยะ คือ 1) การกำหนดความต้องการของโครงการและศึกษาความเป็นไปได้ 2) การออกแบบและวางแผนโครงการ 3) การดำเนินโครงการ และ 4) การปิดโครงการ โดยสามารถอธิบายได้ตามแผนภาพดังนี้ (วิสูตร จิระคำเกิด, 2552)



ภาพที่ 2-10: กระบวนการพัฒนาโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.6.1 การกำหนดความต้องการของโครงการและศึกษาความเป็นไปได้ (Project Initiation)

เป็นขั้นตอนการเริ่มโครงการ โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายของโครงการ การสำรวจพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การติดตั้ง รวมถึงการศึกษาข้อกำหนดและกฎหมายในการขออนุญาตกับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องในพื้นที่นั้นๆ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

2.6.1.1 การวิเคราะห์ความต้องการของพลังงาน

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดออนกริด (On-grid) เป็นระบบที่จะใช้ทั้งพลังงานแสงแดดและพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าร่วมกัน เพื่อช่วยให้มีพลังงานไฟฟ้าใช้ตลอดเวลา ซึ่งในช่วงเวลากลางวันระบบจะดึงพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ แต่หากเป็นช่วงเวลากลางคืน หรือช่วงเวลากลางวันที่ไม่มีแดด เช่น ช่วงฟ้าครึ้ม ฝนใกล้ตก ระบบก็จะสลับเปลี่ยนเป็นการดึงพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเข้ามาใช้แทน โซลาร์เซลล์ระบบออนกริดนี้จึงมักจะเหมาะสำหรับการติดตั้งในสถานที่ที่มีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าจำนวนมากในช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นก่อนการดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงควรมีการประเมินความต้องการของระบบก่อน เพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสียเปล่าในอนาคต โดยการคำนวณขนาดที่เหมาะสมของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (kW) สามารถทำได้ดังนี้

1 รวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้า โดยอาจใช้ข้อมูลจากระบบ AMR (Automatic Meter Reading) ซึ่ง สามารถตรวจสอบและดาวน์โหลดข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆผ่าน ทางเว็บไซต์ของกรมการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (<https://www.amr.pea.co.th>)

2 ตรวจสอบบิลค่าไฟฟ้าใน 12 เดือนล่าสุด เพื่อนำปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน (kWh) มาคำนวณค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้ารายวัน

3 อ้างอิงจากจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันในพื้นที่ของสถานที่ ติดตั้ง

2.6.1.2 การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ

การพิจารณาว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นคุ้มหรือไม่ สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์หลายปัจจัย เช่น ต้นทุนการติดตั้งหรือระยะเวลาในการคืนทุน ซึ่ง หนึ่งใน เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนคือ การประเมินอัตราผลตอบแทนคาดว่าจะได้รับการลงทุน หรือ IRR (Internal Rate of Return) ซึ่งเมื่อเราคำนวณ IRR แล้ว หากอัตราผลตอบแทนนี้สูงกว่าต้นทุนเงินทุน หรืออัตราผลตอบแทนที่เราต้องการ แสดงว่าการลงทุนนั้นมีความคุ้มค่า โดยการประเมิน IRR จะช่วยให้เรามองเห็นภาพรวมของการลงทุน ว่ามีแนวโน้มที่จะสร้างผลตอบแทนที่น่าพอใจในอนาคตหรือไม่ และช่วยในการตัดสินใจว่าโครงการนี้คุ้มค่าแก่การลงทุนหรือไม่

2.6.1.3 การเลือกพื้นที่ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน

การเลือกสถานที่ติดตั้งเป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า และต้นทุนในการติดตั้ง ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ควรพิจารณาต่อสถานที่ มีดังนี้

1. การรับแสงแดด โดยควรเลือกพื้นที่ที่มีแสงแดดเพียงพอตลอดทั้งปี รวมไปถึงจำนวน ชั่วโมงแสงแดดต่อวัน ก็มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า ดังนั้น ควรศึกษาข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่อย่างละเอียดก่อนดำเนินการติดตั้ง
2. ขนาดของพื้นที่ ควรเลือกพื้นที่ที่มีขนาดกว้างขวางพอสำหรับการติดตั้งโครงสร้างรองรับ แผงโซลาร์เซลล์ เพื่อป้องกันการเกิดเงาบัง (Shading)
3. ระยะทางใกล้ชิดกับกริด (Grid) การไฟฟ้า การเลือกพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับเส้นสายไฟฟ้าจะช่วยให้การเชื่อมต่อกับกริดทำได้ง่ายและลดต้นทุนการติดตั้ง
4. การประเมินข้อกำหนดและกฎหมาย เนื่องจากก่อนการติดตั้งต้องตรวจสอบกฎระเบียบการใช้ที่ดินในพื้นที่ เช่น การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร การอนุรักษ์ หรือที่อยู่อาศัย และนอกจากนี้ ควรเตรียมเอกสารสำหรับขออนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

2.6.1.4 การศึกษาข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการขออนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากในการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ออนกริด (On-Grid) ไม่ว่าจะในรูปแบบติดตั้งบนหลังคา หรือรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน จำเป็นต้องมีการดัดแปลงโครงสร้างของหลังคาให้มีความแข็งแรงเพื่อรองรับอุปกรณ์จับยึด (Mounting) และแผงโซลาร์เซลล์ ดังนั้น เพื่อความปลอดภัย ตามที่กฎหมาย พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ได้กำหนดไว้เจ้าของพื้นที่ที่มีการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ จึงต้องขออนุญาตกับหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถดูแลความปลอดภัยพื้นที่ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ไม่ให้เกิดปัญหาต่างๆ ในภายหลังได้ อีกทั้ง ยังสามารถเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากระบบโซลาร์เซลล์ เพื่อทำการวิจัย และปรับปรุงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย โดยในการยื่นขออนุญาตในการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์รูปแบบติดตั้งบนหลังคา (Rooftop) และรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดินมี ข้อกำหนดที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ลำดับที่	รายการใบอนุญาต	หน่วยงาน	การติดตั้งบนหลังคา	การติดตั้งบนพื้นดิน
1	ใบอนุญาตก่อสร้าง - อ.1 - แจ้งเพื่อทราบการติดตั้ง	หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานเขต สำนักงานเทศบาล เป็นต้น	✓	✓
2	ใบแจ้งประกอบกิจการ การผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการยกเว้น ฯ จากสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน	สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน	✓	✓
3	ขอเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	✓	✓
4	ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พ.ค.2)	สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน	✓	✓
5	ขอตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมโยธาธิการและผังเมือง	สำนักงานเทศบาลหรือสำนักงานที่เป็นที่ตั้งขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น	-	✓
6	ขออนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.4)	กรมโรงงานอุตสาหกรรม	-	✓

ตาราง 2-2: รายการยื่นขออนุญาตติดตั้งระบบโซลาร์รูฟท็อป และโซลาร์ฟาร์ม
กรณีกำลังการติดตั้งน้อยกว่า 1 เมกะวัตต์

2.6.2 การออกแบบและวางแผนโครงการ (Project Planning)

ในกระบวนการออกแบบและวางแผนโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถแบ่งรายละเอียดของงานที่ต้องดำเนินการได้ดังนี้

2.6.2.1 การออกแบบระบบ

ในกระบวนการออกแบบระบบสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1) งานไฟฟ้า จะมุ่งเน้นไปที่การเชื่อมต่อ และการจัดการพลังงาน โดยจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ที่เลือกใช้ การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ และระบบไฟฟ้าภายใน การจัดทำแผนผังเส้นเดียวระบบไฟฟ้า (Single Line Diagram) และการวางแผนการดับไฟเพื่อเชื่อมต่อกับระบบ เนื่องจากบางอุตสาหกรรมมีการทำงานของเครื่องจักรตลอด 24 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนการดับไฟเพื่อไม่ให้งานของอุตสาหกรรมนั้นๆขัดข้อง และเพื่อความปลอดภัยของผู้ดำเนินงานอีกด้วย

2) งานโยธา จะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน และการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อให้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยจะเริ่มตั้งแต่ การกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การติดตั้ง การออกแบบโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งต้องคำนึงถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้าง ให้เหมาะสมกับสภาพอากาศในพื้นที่ติดตั้ง และการจัดทำแบบผังบริเวณของโครงการ โดยในการออกแบบนั้นต้องปฏิบัติตามมาตรฐานการก่อสร้าง เพื่อให้การติดตั้งระบบโซลาร์มีความมั่นคงและปลอดภัยในระยะยาว

2.6.2.2 การจัดหาผู้รับจ้าง

การจัดหาผู้รับจ้างในโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ได้ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและความสามารถในการดำเนินงานตามความต้องการของโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเลือกผู้รับจ้างที่เหมาะสมจะช่วยลดความเสี่ยงในการติดตั้ง ทั้งในด้านความปลอดภัยและคุณภาพของงาน โดยการจัดหาผู้รับจ้างจะเริ่มต้นจากการจัดทำ TOR (Terms of Reference) เพื่อระบุขอบเขตและลักษณะของงานที่ต้องทำให้ชัดเจน เพื่อป้องกันความขัดแย้งระหว่างการทำงานภายหลัง โดยในการจัดทำ TOR ควรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

- 1) ความเป็นมาของโครงการ
- 2) วัตถุประสงค์
- 3) คุณสมบัติของผู้เสนอราคา
- 4) ขอบเขตของงาน
- 5) คุณลักษณะเฉพาะ (Specification) ของอุปกรณ์
- 6) ระยะเวลาในการดำเนินงาน
- 7) ระยะเวลาในการส่งมอบงาน
- 8) เงื่อนไขการชำระเงิน
- 9) การรับประกันความชำรุดบกพร่องของงาน

ซึ่งการพิจารณาปัจจัยเหล่านี้จะช่วยให้สามารถเลือกบริษัทผู้รับจ้างที่เหมาะสมและมีคุณภาพสำหรับโครงการได้

2.6.2.3 การจัดเตรียมเตรียมเอกสารเพื่อยื่นขออนุญาต

การจัดเตรียมเอกสารล่วงหน้าสำหรับการขออนุญาตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ นับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ช่วยให้ไม่เสียเวลาในการทำงานได้อย่างมาก เนื่องจากหน่วยงานราชการในแต่ละพื้นที่มักใช้เวลาในการดำเนินการ ดังนั้นหากมีการจัดเตรียมเอกสารที่ต้องใช้ไว้ล่วงหน้า จะช่วยให้สามารถจัดเตรียมได้อย่างครบถ้วนตั้งแต่ต้น

การมีเอกสารพร้อม จะทำให้กระบวนการอนุมัติเป็นไปอย่างรวดเร็ว และลดความยุ่งยาก ที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อความก้าวหน้าของโครงการ ทำให้โครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถดำเนินไปอย่างราบรื่นและเป็นไปตามแผนที่วางไว้

2.6.3 การดำเนินโครงการ (Project Execution)

เป็นขั้นตอนการดำเนินงานให้ตรงตามแบบแผนที่ออกแบบไว้ โดยกิจกรรมหลักในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย 1) การยื่นเอกสารขออนุญาตกับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง 2) การดำเนินการติดตั้ง 3) การติดตามผลการดำเนินงานเป็นระยะ เพื่อควบคุมคุณภาพให้เป็นไป ตามแผนงานที่วางไว้ และ 4) การแก้ไขปัญหาที่เจอระหว่างการดำเนินงาน รวมถึงข้อขัดแย้งต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้ ออกมาตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้



ภาพที่ 2-11: การดำเนินโครงการ ขั้นตอนสำรวจ Topographic Map ก่อนเริ่มติดตั้งโครงสร้าง



ภาพที่ 2-12: การดำเนินโครงการ ขั้นตอนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

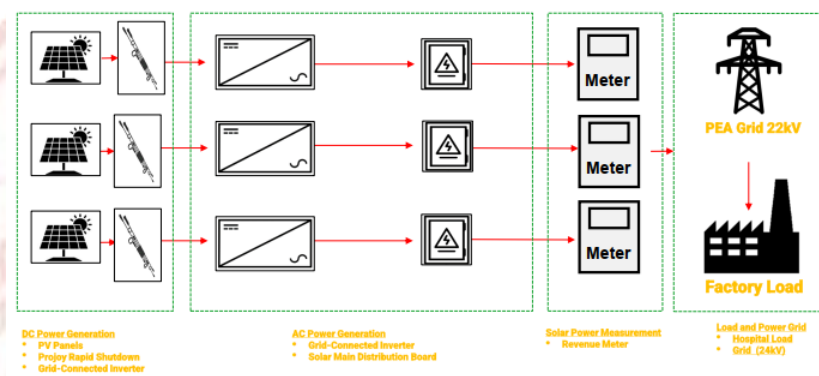


ภาพที่ 2-13: การดำเนินโครงการ ขั้นตอนการดับไฟเชื่อมต่อบระบบ

2.6.4 การปิดโครงการ (Project Closure)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของโครงการ โดยจะครอบคลุมตั้งแต่ การตรวจสอบระบบและส่งมอบพื้นที่ ในบางกรณีอาจมีการฝึกอบรมการใช้งาน โดยมีคู่มือวิธีการใช้งานประกอบด้วย ซึ่งในช่วงนี้ควรมีการจัดทำรายงานปิดโครงการ เพื่อเป็นการบันทึกปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น และการแก้ไขระหว่างการปฏิบัติโครงการ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับโครงการต่อไปในอนาคต

Solar PV System Overview



ภาพที่ 2-14: รายละเอียดคู่มือการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Solar PV System Overview

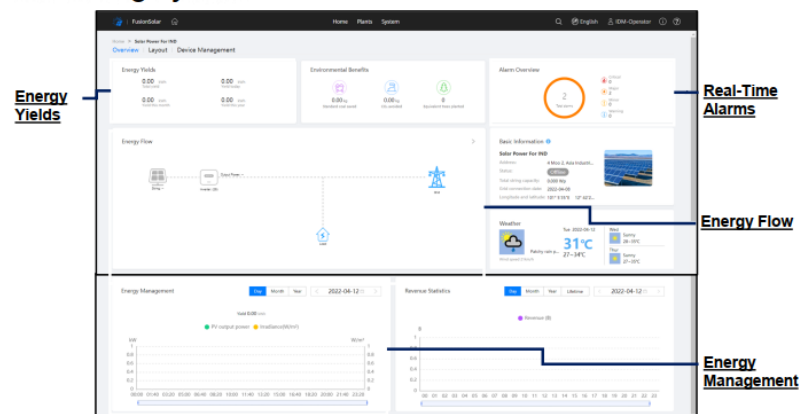
Photovoltaic Panel Mono Crystalline Half-Cell Type
 Brand : Jinko Solar, Model : JKM580M-72HL4
 Installation Capacity : 984 Panel (570.72 kWp)

Photovoltaic Panel Specification		
Maximum Power Output (PM)	590	Watt
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.71	Volt
Maximum Power Current (Imp)	13.50	Amp
Open-circuit Voltage (Voc)	52.63	Volt
Short-circuit Current (Isc)	14.07	Amp
Weight	27	kg
Dimensions	2278*1134*35	mm



ภาพที่ 2-14: รายละเอียดคู่มือการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ต่อ)

Monitoring System



ภาพที่ 2-14: รายละเอียดคู่มือการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ต่อ)

2.7 แนวคิดเกี่ยวกับความล่าช้า

Bramble & Callahan, (อ้างถึงในมารุต ขาวสวน, 2549) ได้ให้นิยามความ ล่าช้าไว้ว่า ความล่าช้าคือช่วงเวลาที่ขยายออกไป เนื่องจากงานบางส่วนยังไม่แล้วเสร็จจากการที่มีสิ่งที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้น (ภัสร์ธมธญา กุลละวณิชย์, 2561)

2.7.1 สาเหตุของความล่าช้า

งานก่อสร้างเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลาและทรัพยากรจำนวนมากแต่ความล่าช้าในงานก่อสร้างกลับเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อทั้งงบประมาณและระยะเวลาการดำเนินงานโดยทั่วไปแล้วปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างแบ่งตามหลักบริหารงานก่อสร้าง 5M สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. มนุษย์ (Man) งานก่อสร้างเป็นงานที่ต้องอาศัยกำลังคนในการทำงานเป็นส่วนใหญ่และกำลังคนที่ใช้แต่ละโครงการต้องใช้จำนวนมากเนื่องจากต้องประกอบด้วยผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในการหลายระดับซึ่งแบ่งได้ 4 ระดับดังนี้ บุคคลระดับวางแผนและนโยบาย (Profession) บุคคลระดับช่างเทคนิค (Technician) บุคคลระดับช่างฝีมือ (Skilled Labor) และบุคคลระดับแรงงาน (Labor) บุคคลที่กล่าวมานี้จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ที่เพียงพอและเหมาะสมกับงานและเป็นบุคลากรที่มีประสิทธิภาพสมรรถภาพมีวินัยและที่สำคัญ จะต้องเป็นบุคคลที่มีความรับผิดชอบในการทำงานหากบุคลากรที่มีอยู่ขาดคุณสมบัติข้างต้นแล้วนั้นย่อมทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงการ

2. วัสดุและอุปกรณ์ (Material) เป็นปัจจัยหลักอีกส่วนหนึ่งของงานก่อสร้างหากโครงการก่อสร้างใดขาดวัสดุและอุปกรณ์ในขณะดำเนินการอยู่นั้นย่อมเกิดผลเสียต่อโครงการได้เช่น การจัดส่งวัสดุเครื่องมือที่ล่าช้าทำให้แผนการทำงานที่ตั้งไว้เกิดความเสียหาย ส่งผลกระทบต่อให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เพื่อที่จะเร่งรัดงานให้ได้ตามแผนงาน

3. เงินทุน (Money) หมายถึง เงินสด (Cash) เงินผ่อน หรือเงินกู้ (Credit) เงินทุนเป็นปัจจัยสนับสนุนในการบริหารงานก่อสร้างที่สำคัญที่สุด เนื่องจากหากขาดทุนแล้วก็จะทำให้ปัจจัยตัวอื่น ๆ ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ด้วย เช่นกัน ดังนั้นผู้ประกอบการจะต้องจัดการสถานะทางการเงินให้มั่นคงเพียงพอที่จะหมุนเวียนให้เกิดสภาพคล่องมิฉะนั้น จะทำให้งานก่อสร้างต้องหยุดชะงักลง

4. เครื่องจักรในงานก่อสร้าง (Machine) หมายถึง เครื่องจักรหรือเครื่องทุ่นแรงที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างเพื่อตอบสนองการพัฒนาทางเทคโนโลยีเนื่องจากก่อสร้างบางโครงการหากมีเครื่องทุ่นแรงไม่เพียงพอหรือมีแต่ขาดประสิทธิภาพในการทำงานก็จะทำให้ไม่สามารถทำงานได้หรือหากทำได้ก็ทำได้ล่าช้า

5. ขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Method) หมายถึง ขั้นตอน วิธีการและเทคนิคในการก่อสร้าง โครงการก่อสร้างต่างๆ ย่อมต้องมีเทคนิคหรือขั้นตอนในการวางแผนงานในการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นโครงการประเภทใดก็ตาม ขั้นตอนเทคนิคและวิธีการก่อสร้างนั้นมักจะสัมพันธ์หรือมีความเกี่ยวเนื่องกับหลักในการบริหารงานก่อสร้างทุกข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเสมอ

2.7.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการติดตั้ง

2.7.2.1 ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ หมายถึง องค์ประกอบหรือสถานการณ์ ที่อาจมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ ซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุม เช่น

1. เกิดจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในทันทีทันใด ไม่เป็นไปตามฤดูกาล เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่อยู่เหนือการคาดคะเนได้ล่วงหน้า อันทำให้เกิดผลกระทบกับงานก่อสร้าง เช่น ฝนตกนอกฤดูจนทำให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ เป็นต้น

2. เกิดจากเหตุการณ์ไม่ปกติของสภาวะบ้านเมือง-เศรษฐกิจ เช่น การเกิดปฏิวัติ-รัฐประหาร การจลาจล หรือภาวะสงคราม เป็นต้น

3. การมีคำสั่งหยุด และ/หรือให้ชะลอโครงการของเจ้าของ ในบางโครงการในระหว่าง การติดตั้ง เจ้าของโครงการอาจมีคำสั่งให้หยุด และ/หรือให้ชะลอการติดตั้งเนื่องมาจากสาเหตุที่จำเป็น เช่น เจ้าของโครงการประสบกับปัญหาทางการเงิน มีการเปลี่ยนผู้ถือหุ้น ฯลฯ เป็นต้น

4. จากการที่ขาดวัสดุบางส่วนที่เกี่ยวข้องในงานติดตั้ง ส่งผลให้งานติดตั้งล่าช้าเนื่องจากอุปกรณ์หลักของงานติดตั้งมีการผลิตจากต่างประเทศ ซึ่งมีปัจจัยในเรื่องของการผลิตของโรงงาน และการขนส่งเข้ามาเกี่ยวข้อง

5. ปัญหาด้านกฎหมายและการขออนุญาตก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สามารถทำให้โครงการเกิดความล่าช้าได้ ความล่าช้าในการขออนุญาตหรือปัญหาทางกฎหมายสามารถทำ

ให้โครงการไม่สามารถดำเนินการได้ตามกำหนด การตรวจสอบและปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมายตั้งแต่เริ่มต้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

2.7.2.2 ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้

ในการดำเนินงาน ความสำเร็จของโครงการมักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน โดยปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ในงานก่อสร้าง อาจรวมไปถึงการวางแผนที่มีประสิทธิภาพ การเลือกผู้รับเหมาและทีมงานที่มีคุณภาพ การจัดการทรัพยากรต่าง ๆ อย่างเหมาะสม และการสร้างระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถดำเนินโครงการก่อสร้างได้อย่างราบรื่นและบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยการพิจารณาและการจัดการปัจจัยเหล่านี้จะมีส่วนช่วยในการเพิ่มโอกาสในการประสบความสำเร็จของโครงการก่อสร้าง

1. ประสบการณ์ในการทำงาน หากผู้ปฏิบัติงานมีประสบการณ์หน้าสนามไม่เพียงพอจะทำให้ขาดความมั่นใจในการทำงาน ซึ่งเป็นผลทำให้งานบางอย่างล่าช้าออกไป ดังนั้นผู้บริหารโครงการและ ผู้ควบคุมงานต้องทำการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมตลอดเวลา หากไม่แน่ใจต้องสอบถามจากผู้มีประสบการณ์ หรือสังเกตจากโครงการต่างๆ ที่มีโอกาสได้ไปศึกษาหรือเยี่ยมชม

2. ความไม่มีคุณภาพของผู้รับเหมาช่วง (Sub-Contractor) ผู้รับเหมาบางรายมีคุณภาพต่ำ ทำให้ผลงานที่ออกมาไม่ได้มาตรฐาน และมีการแก้ไขงานอยู่เสมอ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน โดยปัญหาความล่าช้าดังกล่าวมีแนวทางแก้ไขปัญหาคือ การพิจารณาเลือกผู้รับเหมาที่มีคุณภาพ โดยอาจพิจารณาจาก ประสบการณ์ ผลงานที่ผ่านมา ใบอนุญาต ความสามารถในการสื่อสาร การบริหารจัดการ รวมไปถึง ความมั่นคงทางการเงิน ซึ่งจะช่วยให้มั่นใจว่าผู้รับเหมาที่เลือกนั้นมีความสามารถและสามารถดำเนินงานได้ตามมาตรฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งการตัดสินใจในขั้นตอนนี้จะมีผลต่อความสำเร็จของโครงการในระยะยาว

2.8 แนวคิดเกี่ยวกับวงจรเดมมิง (PDCA, Deming Cycle)

วงจรเดมมิง (Deming Cycle) หรือที่รู้จักกันในชื่อวงจร PDCA เป็นแนวคิดในการบริหารจัดการที่สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการบริหารกิจการ การพัฒนาชีวิตส่วนบุคคล ให้ประสบความสำเร็จ การเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงาน ตลอดจนการบริหารงานในองค์กรทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โครงสร้างของการบริหารงานให้บรรลุผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตามหลักวงจร PDCA ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญดังนี้ (ณัฐพันธุ์ อ่างถึงใน ยุทธนา เกื้อกุล, 2560 : 129 – 160)

1. **การวางแผน (Plan)** เป็นกระบวนการกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน รวมถึงวิธีการและขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลตามที่ตั้งไว้ การวางแผนที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยความเข้าใจอย่างชัดเจนในเป้าหมายและวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งต้องสอดคล้องกับนโยบาย วิสัยทัศน์ และพันธกิจขององค์กร เพื่อให้เกิดการพัฒนาในทิศทางเดียวกันทั่วทั้งองค์กร นอกจากนี้ ในบางกรณีอาจต้องกำหนดมาตรฐานของวิธีการทำงานควบคู่ไปด้วย เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบและประเมินผลการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ทั้งนี้ การวางแผนยังช่วยให้ผู้บริหารสามารถรับรู้สภาพปัจจุบัน รวมถึงคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยประสบการณ์ ทักษะ และความรู้ที่มีอยู่เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ
2. **การปฏิบัติ (Do)** เป็นกระบวนการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยก่อนการปฏิบัติงานจำเป็นต้องศึกษาข้อมูล เงื่อนไข และลักษณะของงานให้เข้าใจ เพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ในกรณีที่เป็นการปฏิบัติงานประจำหรือมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว อาจใช้วิธีการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองได้ แต่หากเป็นงานใหม่หรืองานขนาดใหญ่ที่ต้องอาศัยบุคลากรจำนวนมาก ควรจัดให้มีการฝึกอบรมก่อนการปฏิบัติงานจริง การปฏิบัติงานต้องดำเนินไปตามแผน วิธีการ และขั้นตอนที่ได้วางไว้ พร้อมทั้งจัดให้มีการเก็บรวบรวมและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้ ความสำเร็จของการปฏิบัติงานขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ โดยผู้บริหารต้องสามารถแบ่งภาระงานสู่ระบบย่อยและมอบหมายความรับผิดชอบอย่างชัดเจนให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน ภายใต้โครงสร้างการดำเนินงานที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งการจัดระบบงานอย่างเหมาะสมจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานตระหนักถึงหน้าที่ของตน และสามารถพัฒนาแนวทางการทำงานให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง
3. **การตรวจสอบ (Check)** เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการดำเนินงานว่ามีความสอดคล้องกับแผนที่กำหนดไว้หรือไม่ รวมถึงการตรวจหาปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงาน ขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากในการดำเนินงานมักเกิดปัญหาหรือเหตุแทรกซ้อนที่ส่งผลให้ผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ซึ่งอาจกระทบต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของงาน ดังนั้น การติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการดำเนินงานจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้ การตรวจสอบควรคำนึงถึงสอดคล้องกับมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินประสิทธิภาพของการดำเนินงานและยกระดับคุณภาพของงานให้ดียิ่งขึ้น

4. **การปรับปรุง (Action)** เป็นขั้นตอนในการดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการตรวจสอบผลการดำเนินงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น การปรับปรุงอาจเป็นการแก้ไขเฉพาะหน้าอย่างเร่งด่วน หรือการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำในอนาคต ผลลัพธ์จากการปรับปรุงสามารถนำไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานการทำงานใหม่ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นเมื่อดำเนินงานในรอบถัดไปของวงจร PDCA โดยการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงานในองค์กรอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานในการพัฒนาและยกระดับมาตรฐานขององค์กร ทั้งนี้ การแก้ไขข้อบกพร่องให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดถือเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการประเมินผลและตรวจสอบ เพื่อให้ทราบถึงระดับมาตรฐานของงานที่เหมาะสม การทำงานย่อมมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาด แต่ควรนำข้อผิดพลาดนั้นมาเป็นบทเรียนในการพัฒนา เพื่อไม่ให้เกิดซ้ำและส่งเสริมการเติบโตอย่างยั่งยืนขององค์กร

วงจร PDCA (Plan-Do-Check-Act) เป็นแนวทางที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยมีขั้นตอนสำคัญคือการวางแผน (Plan) ลงมือทำ (Do) ตรวจสอบผล (Check) และปรับปรุงแก้ไข (Act) ข้อดีของ PDCA คือช่วยให้การบริหารงานเป็นระบบระเบียบมากขึ้น ลดข้อผิดพลาด และทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ได้กับทุกองค์กรและทุกระบวนการ อย่างไรก็ตาม วงจร PDCA ก็มีข้อเสียเช่นกัน เนื่องจากต้องใช้เวลาและทรัพยากรเพื่อให้เห็นผลที่ชัดเจน นอกจากนี้หากไม่มีการติดตามผลหรือปรับปรุงอย่างจริงจัง วงจรนี้อาจไม่ได้สร้างการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริง อีกทั้งการดำเนินงานตาม PDCA ต้องการความร่วมมือจากหลายฝ่าย ซึ่งอาจทำให้เกิดความล่าช้าในบางขั้นตอน

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กณวรรณ (2556) ศึกษาปัจจัยความล่าช้าระหว่างผู้รับเหมางานโครงสร้างและสถาปัตย์ กับผู้รับเหมางานระบบในงานก่อสร้างอาคารอุตสาหกรรม โดยมีแบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากการศึกษาพบว่าปัจจัยความล่าช้าที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันตามมุมมองของผู้รับเหมางานโครงสร้างและสถาปัตย์ กับผู้รับเหมาระบบ ซึ่งแบ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยหลัก เกิดจากการสื่อสารข้อมูลล่าช้าไม่ทันท่วงที การขาดเอกสารในการสื่อสารทำให้ความเข้าใจคลาดเคลื่อน และการวางแผนที่ไม่สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการทำงาน 2) ปัจจัยย่อย เกิดจากการที่บุคลากรขาดทักษะที่ดีในการติดต่อสื่อสารและประสานงาน การไม่ให้ความร่วมมือขณะปฏิบัติงาน และ ผู้บริหารโครงการมีประสบการณ์ในการทำงานไม่เพียงพอ จากผลการวิจัยจะเห็นว่าปัจจัยที่พบสามารถทำการป้องกันได้ในช่วง 2 ช่วงของการดำเนินการ คือ 1) ช่วงก่อนเริ่มโครงการ/ ช่วงกำหนดและวางแผนโครงการ โดยในช่วงนี้ควรมีการจัดสรรบุคลากรที่มีความสามารถที่ตรงกับสายงานมาบริหารเพื่อลดปัญหาดังกล่าว 2) ช่วงดำเนินโครงการ โดยในช่วงนี้

ควรจัดให้มีการประชุมติดตามความก้าวหน้า และปัญหาที่เกิดขึ้นของโครงการ เพื่อลดผลกระทบที่จะตามมาในภายหลังทั้งทางด้านการเงิน และเวลา

ภัสร์มลญา (2561) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการ กรณีศึกษาบริษัทพลังงาน แสงอาทิตย์แห่งหนึ่ง เพื่อหาแนวทางในการป้องกันสาเหตุที่ก่อให้เกิดความล่าช้าในงานโครงการ โดยมี การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) ตัวแปรต้น ในที่นี้หมายถึง ปัจจัยที่มีผลต่อ ความล่าช้าในงานโครงการ ได้แก่ ปัจจัยด้านคน ปัจจัยด้านการบริหาร และปัจจัยด้านทำเลที่ตั้ง 2) ตัว แปรตาม ในที่นี้หมายถึง ความล่าช้าในงานโครงการ จากการศึกษา พบว่าสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความ ล่าช้าของโครงการเกิดจาก 1) ผู้ควบคุมงานมีสายการบังคับบัญชาหลายขั้นตอน ทำให้เกิดการ ตัดสินใจล่าช้า ซึ่งจัดอยู่ในปัจจัยด้านการบริหาร 2) การติดตั้งไม่เป็นไปตามแบบที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งจัด อยู่ในปัจจัยด้านคน และด้านการบริหาร ซึ่งแนวทางการป้องกันความล่าช้า สามารถทำได้โดยการ จัดทำแผนบริหารความเสี่ยง และลดระดับสายการบังคับบัญชาและขั้นตอนการอนุมัติเพื่อลดขั้นตอน การขออนุมัติ โดยจากเดิมต้องได้รับการอนุมัติจากผู้บริหารอาจลดขั้นตอนโดยให้ระดับวิศวกรที่มี ความรู้เป็นผู้ตรวจสอบและอนุมัติแทน

ณภัตชา (2564) ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าจากการบริหารงานก่อสร้างของ ผู้รับเหมาในโครงการสนามบิน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยแบ่งการวิเคราะห์ ออกเป็น 3 หัวข้อ คือ 1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบที่เป็น ปัจจัยทำให้เกิดความล่าช้าจากการบริหารงานก่อสร้างของผู้รับเหมา 3) ค่าความแปรปรวนเพื่อ ตรวจสอบสมมติฐานความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านบุคคลากร มีค่า ระดับความสำคัญมากที่สุด โดยสาเหตุเกิดจาก มีการวางแผนงานที่ไม่สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการ ทำงาน จนทำให้การมอบหมายงานให้กับคนงานไม่เหมาะสมกับลักษณะงาน โดยด้านที่ร้องลงมา คือด้าน วัสดุ ด้านเครื่องจักร และ ขั้นตอนการทำงาน ตามลำดับ ซึ่งแนวทางในการป้องกันสามารถทำได้โดย การแบ่งออกเป็น 3 ฝ่ายคือ 1) ฝ่ายเจ้าของโครงการ ควรมีการติดตามแผนงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อ ติดตามความก้าวหน้า และทราบถึงปัญหาที่พบระหว่างการทำงาน จะได้แก้ไขได้ทันที่ 2) ฝ่ายที่ ปรึกษา ควรมีการกำหนดความต้องการของเจ้าของโครงการให้ชัดเจน และสื่อสารระหว่างทีมงาน เพื่อให้เข้าใจในระบบและวางแผนอย่างรอบคอบ และ 3) ควรศึกษาปริมาณงานให้ละเอียดก่อนการ เริ่มงาน เพื่อปรับเปลี่ยนแผนงานให้เสร็จทันเวลา และควรคัดเลือกแรงงานที่มีคุณภาพในการเข้า ทำงาน

ธนวัฒน์ (2565) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าในการส่งมอบระบบสุขาภิบาลและ ดับเพลิงอาคารสูง และอาคารขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 3 โครงการ ด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก เอกสารและการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการ โดยได้แบ่งกระบวนการของการดำเนินงานเป็น 3

กระบวนการ คือ 1) การผลิตและการจัดเตรียม 2) การติดตั้งและทดสอบ 3) การส่งมอบงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบทั้งหมด 2 ประเภท คือ ผลกระทบด้านเวลาในการดำเนินโครงการ และ ผลกระทบด้านต้นทุนโครงการ จากการศึกษาพบว่า ปัญหาด้านการบวนการติดตั้งและทดสอบ มีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนโครงการและผลกระทบด้านเวลามากที่สุด ลำดับถัดไป คือ ปัญหาจากกระบวนการผลิตและจัดเตรียม และ ปัญหาจากกระบวนการส่งมอบงาน จากมากไปน้อยตามลำดับ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจเกิดความเสียหายต่อบริษัททางด้านชื่อเสียงและความคาดหวังของลูกค้าต่อบริษัท ซึ่งปัญหาเหล่านี้อาจส่งผลต่อการได้รับงานประมูลโครงการอื่นๆในอนาคตได้

พรทิวา และ สุชัยญา (2566) เป็นการศึกษาปัญหาในการบริหารงานก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าประเภทยอมรับไม่ได้ ของงานโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา โดยได้แบ่งกระบวนการศึกษาเป็น 2 ระยะ คือ 1) ระยะดำเนินงานโครงการ 2) ระยะปิดโครงการ โดยมีการเก็บข้อมูลจาก 1) ข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วย รายงานความก้าวหน้า และ เอกสารตอบโต้ระหว่างกลุ่มบริหารโครงการก่อสร้าง และ บริษัทคู่สัญญาตั้งแต่เริ่มต้นงานก่อสร้างจนถึงระยะปิดโครงการ 2) ข้อมูลปฐมภูมิ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคคลที่มีความรู้และทำงานในด้านบริหารงานโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า ความล่าช้าประเภทยอมรับไม่ได้ที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่ในระยะดำเนินงานโครงการคือ การติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ และทดสอบระบบนานกว่าแผนงานที่กำหนดไว้ ส่วนความล่าช้าประเภทยอมรับไม่ได้ที่เกิดขึ้นในระยะปิดโครงการคือ การแก้ไขซ่อมแซมงานก่อสร้างนานกว่าแผนงานที่กำหนดไว้ โดยความล่าช้าของทั้ง 2 ระยะ ล้วนเกิดจากปัจจัยในการบริหารโครงการด้านขั้นตอนและการจัดการเนื่องจาก 1) ขาดการประสานงานทำให้ใช้วิธีก่อสร้างที่ไม่เหมาะสม 2) ความเข้าใจที่ไม่ตรงกันในแบบก่อสร้างทำให้ก่อสร้างผิดไปจากแบบ 3) การจัดหาแรงงานไม่เพียงพอต่อปริมาณงาน

ศุภกิจ (2567) ศึกษาปัญหาในกระบวนการติดตั้งและการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์บนหลังคากรณีศึกษาห้างธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ จำนวน 3 โครงการที่มีลักษณะเดียวกัน ซึ่งแต่ละโครงการมีสถานะการดำเนินงานที่แตกต่างกัน 3 สถานะ ได้แก่ งานที่ติดตั้งแล้วเสร็จ งานที่รออยู่ระหว่างการติดตั้งแต่ประสบปัญหาความล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญ และงานที่ถูกปรับแผนให้ชะลอโครงการเนื่องจากมีสิ่งที่จะต้องพิจารณาเพิ่มเติม ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุความล่าช้าโดยรวมเกิดจาก 1) การออกแบบและวางแผนในการทำงาน 2) ความล่าช้าในการขนส่งและการติดตั้งล่าช้า 3) สภาพอากาศไม่อำนวยต่อการติดตั้งอุปกรณ์ 4) การสื่อสารระหว่างผู้รับเหมาหลัก และ ผู้รับเหมาช่วงผิดพลาด 5) ขาดการควบคุมและตรวจสอบงานอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนทำให้ต้องแก้ไขงาน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาและอุปสรรค ที่ส่งผลต่อความล่าช้า ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข และ ลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น อีกทั้งยังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตั้งให้ดีขึ้นกับงานติดตั้งในโครงการที่มีลักษณะเดียวกันในอนาคต

3.1 แนวทางดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินการศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในระบบติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน โดยมีกรณีศึกษาจำนวน 4 โครงการ ที่มีสถานะการดำเนินงานที่แตกต่างกัน 2 สถานะ ได้แก่ งานที่ติดตั้งแล้วเสร็จ และงานที่อยู่ในระหว่างการติดตั้ง โดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลเป็นแผนการดำเนินงานเทียบกับการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง โดยหลังจากได้ข้อมูลและปัญหาของแต่ละโครงการจึงนำมาจัดลำดับหาสาเหตุของปัญหา เพื่อนำไปปรับปรุง และ หาแนวทางแก้ไขของปัญหาที่พบเจอ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการบริหารงานตามวงจร PDCA (Plan – Do – Check – Act) ที่มุ่งเน้นการวางแผนอย่างเป็นระบบ การดำเนินการตามแผนที่วางไว้ การตรวจสอบผลการดำเนินงาน และการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้โครงการสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้ โดยในการดำเนินการศึกษามีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3-1: แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา

3.2 รายละเอียดกรณีศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโครงการการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีกรณีศึกษา 4 โครงการ ซึ่งทั้ง 4 โครงการนั้น เป็นการติดตั้งแบบระบบ ออนกริด (On Grid) ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดินขนาดไม่เกิน 300 กิโลวัตต์ ซึ่งอยู่ในพื้นที่นอกเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยไม่มีการจำหน่ายคืนให้การไฟฟ้า และเป็นการทำสัญญาในรูปแบบของ PPA (Power Purchase Agreement) โดยเจ้าของโครงการ (ผู้ผลิตพลังงาน) เป็นผู้ลงทุนในอุปกรณ์ และการติดตั้ง รวมถึงซ่อมแซมดูแลระบบ ตลอดระยะเวลาที่ระบุในสัญญา 10 ปี



โครงการ	รายละเอียดโครงการ	รายละเอียดการติดตั้ง	สถานะโครงการ
ฟาร์ม A	ฟาร์มกุ่ม จังหวัดสตูล	- ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 600 W จำนวน 200 แผ่น โดยใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 2,500 ตรม. - ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ ขนาด 110kW จำนวน 1 ตัว - ก่อสร้าง Inverter Station บริเวณห้องควบคุมไฟฟ้า	ส่งมอบพื้นที่ และเปิดใช้ระบบเรียบร้อยแล้ว
ฟาร์ม B	ฟาร์มกุ่ม จังหวัดตรัง	- ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 600 W จำนวน 200 แผ่น โดยใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 2,500 ตรม. - ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ ขนาด 110kW จำนวน 1 ตัว - ก่อสร้าง Inverter Station บริเวณห้องควบคุมไฟฟ้า	ส่งมอบพื้นที่ และเปิดใช้ระบบเรียบร้อยแล้ว
ฟาร์ม C	ฟาร์มกุ่ม จังหวัดตรัง	- ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 600 W จำนวน 200 แผ่น โดยใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 2,500 ตรม. - ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ ขนาด 110kW จำนวน 1 ตัว - ก่อสร้าง Inverter Station บริเวณห้องควบคุมไฟฟ้า	เริ่มเข้าหน้างานวันที่ 7 พฤศจิกายน 2567
ฟาร์ม D	ฟาร์มกุ่ม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	- ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 600 W จำนวน 400 แผ่น โดยใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 5,200 ตรม. - ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ ขนาด 110kW จำนวน 2 ตัว และ ขนาด 40kW 1 ตัว - ก่อสร้าง Inverter Station บริเวณห้องควบคุมไฟฟ้า	เริ่มเข้าหน้างานวันที่ 15 มกราคม 2568

ตาราง 3-1: ภาพรวมรายละเอียดกรณีศึกษาทั้ง 4 โครงการ

โครงการที่ 1 ฟาร์มกุ้ง A จังหวัดสตูล

1.1 รายละเอียดโครงการฟาร์มกุ้ง A จังหวัดสตูล พื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 291,661 ตร.ม. และใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 1,200 ตร.ม.

1.2 ลักษณะการติดตั้งโดยใช้เสาเข็มเหล็ก (Screw Pile)

1.3 ค่าใช้จ่ายในโครงการดำเนินงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการขอใบอนุญาต ประมาณ อยู่ที่ 3,260,650 บาท

1.4 สถานะโครงการ: ส่งมอบพื้นที่ และ เปิดใช้งานระบบเรียบร้อยแล้ว



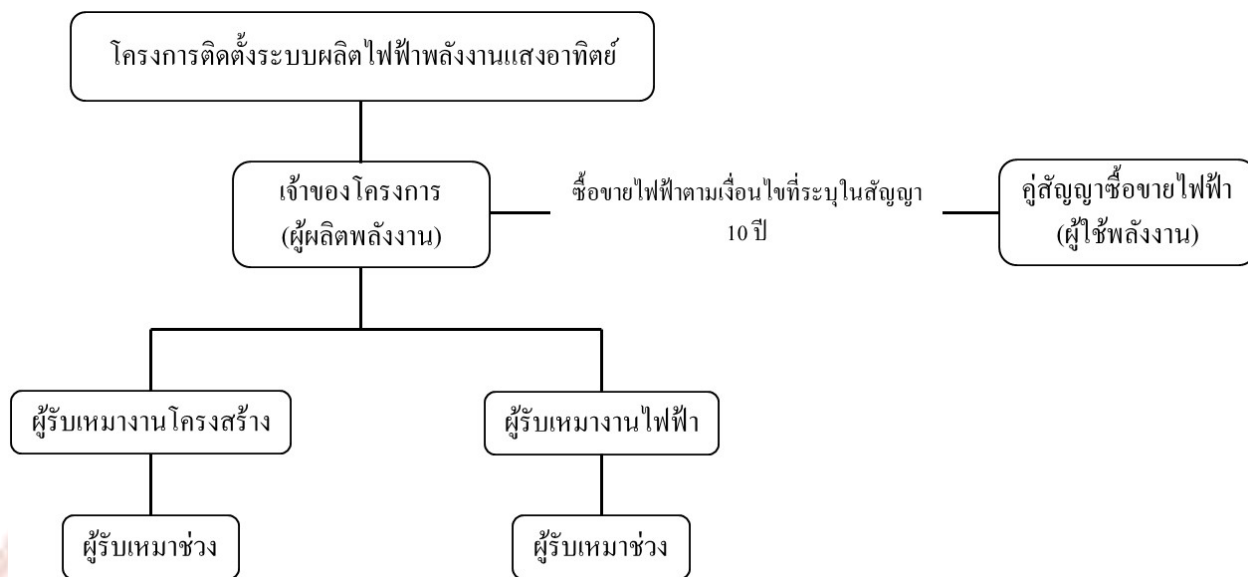
ภาพที่ 3-2: ผังบริเวณของฟาร์ม A



ภาพที่ 3-3: งานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ฟาร์ม A



ภาพที่ 3-4: งานติดตั้งห้องอินเวอร์เตอร์ ฟาร์ม A



ภาพที่ 3-5: ผังโครงสร้างการบริหารงาน โครงการ A

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	50%	ชำระเมื่อผู้ว่าจ้างลงนามในใบสั่งซื้อ
งวดที่ 2	20%	ชำระเมื่อดำเนินการส่งอุปกรณ์ถึงหน่วยงานสภาพสมบูรณ์ และจัดเก็บในพื้นที่ที่เหมาะสม
งวดที่ 3	30%	ชำระเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ พร้อมเอกสารส่งมอบงานติดตั้ง

ตาราง 3-2: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ A

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	30%	ชำระในวันที่ผู้ว่าจ้าง และ ผู้รับจ้างลงลายมือชื่อในสัญญาฉบับนี้สมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว
งวดที่ 2	60%	ชำระเมื่อเอกสารขออนุญาตก่อสร้างหรือตัดแปลงอาคารได้รับการอนุมัติ และได้หลักฐานการรับเรื่องในส่วนของการไฟฟ้าฯ สำนักงานกำกับกิจการพลังงาน งานติดตั้งแผงระบบแล้วเสร็จ ทดสอบระบบ และ ตรวจสอบการทำงานออนไลน์เสร็จสิ้น พร้อมเอกสารทดสอบระบบ As Built เอกสารส่งมอบงานก่อสร้าง และ คู่มือการใช้งาน
งวดที่ 3	10%	ชำระเมื่อดำเนินการทำงานตามรายการงานแก้ไขแล้วเสร็จ พร้อมส่งมอบงานติดตั้ง ดำเนินการยื่นขออนุญาตและทำการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจนเสร็จสิ้น และได้รับอนุมัติใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องครบถ้วน

ตาราง 3-3: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ A

โครงการที่ 2 ฟาร์มกุ้ง B จังหวัดตรัง

1.1 รายละเอียดโครงการฟาร์มกุ้ง B จังหวัดตรัง พื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 486,900 ตร.ม. และใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 1,200 ตร.ม.

1.2 ลักษณะการติดตั้งโดยใช้เสาเข็มเหล็ก (Screw Pile)

1.3 ค่าใช้จ่ายในโครงการดำเนินงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการขอใบอนุญาต ประมาณ อยู่ที่ 2,767,650 บาท

1.4 สถานะโครงการ: ส่งมอบพื้นที่ และ เปิดใช้งานระบบเรียบร้อยแล้ว



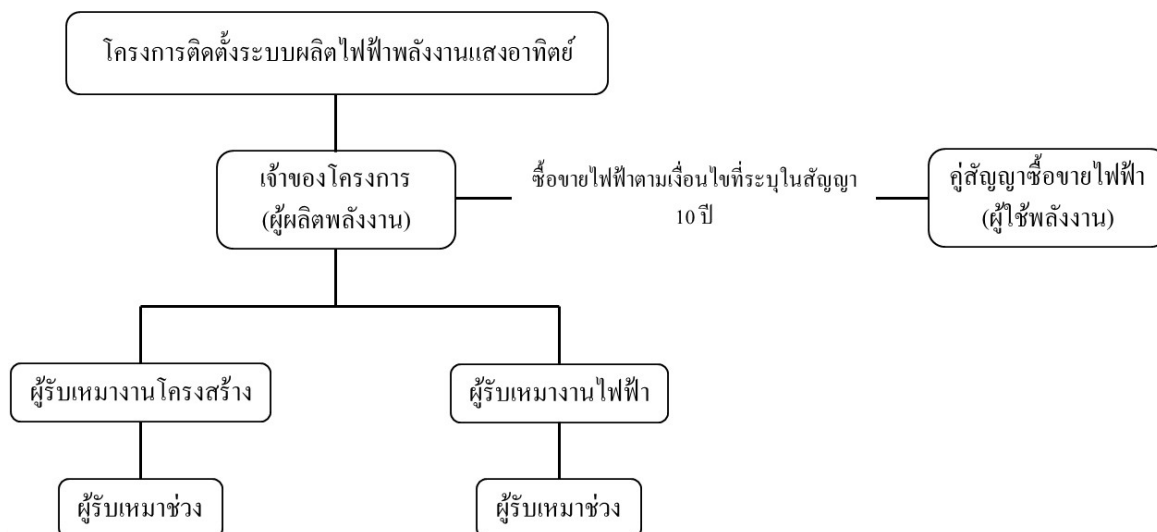
ภาพที่ 3-6: ผังบริเวณของฟาร์ม B



ภาพที่ 3-7: งานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ฟาร์ม B



ภาพที่ 3-8: งานติดตั้งห้องอินเวอร์เตอร์ ฟาร์ม B



ภาพที่ 3-9: ผังโครงสร้างการบริหารงาน โครงการ B

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	50%	ชำระเมื่อผู้ว่าจ้างลงนามในใบสั่งซื้อ
งวดที่ 2	20%	ชำระเมื่อดำเนินการส่งอุปกรณ์ถึงหน่วยงานสภาพสมบูรณ์ และจัดเก็บในพื้นที่ที่เหมาะสม
งวดที่ 3	30%	ชำระเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ พร้อมเอกสารส่งมอบงานติดตั้ง

ตาราง 3-4: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ B

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	30%	ชำระในวันที่ผู้ว่าจ้าง และ ผู้รับจ้างลงลายมือชื่อในสัญญาฉบับนี้สมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว
งวดที่ 2	60%	ชำระเมื่อเอกสารขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารได้รับการอนุมัติ และได้หลักฐานการรับเรื่องในส่วนของการไฟฟ้าฯ สำนักงานกำกับกิจการพลังงาน งานติดตั้งแผงระบบแล้วเสร็จ ทดสอบระบบ และ ตรวจสอบการทำงานออนไลน์เสร็จสิ้น พร้อมเอกสารทดสอบระบบ As Built เอกสารส่งมอบงานก่อสร้าง และ คู่มือการใช้งาน
งวดที่ 3	10%	ชำระเมื่อดำเนินการทำงานตามรายการงานแก้ไขแล้วเสร็จ พร้อมส่งมอบงานติดตั้ง ดำเนินการยื่นขออนุญาตและทำการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจนเสร็จสิ้น และได้รับอนุมัติใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องครบถ้วน

ตาราง 3-5: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ B

โครงการที่ 3 ฟาร์มกุ้ง C จังหวัดตรัง

2.1 รายละเอียดโครงการฟาร์มกุ้ง A จังหวัดตรัง พื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 246,500 ตร.ม. และใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 1,200 ตร.ม.

2.2 ลักษณะการติดตั้งโดยใช้เสาเข็มเหล็ก (Screw Pile)

2.3 ค่าใช้จ่ายในโครงการดำเนินงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการขอใบอนุญาต ประมาณ อยู่ที่ 2,750,900 บาท

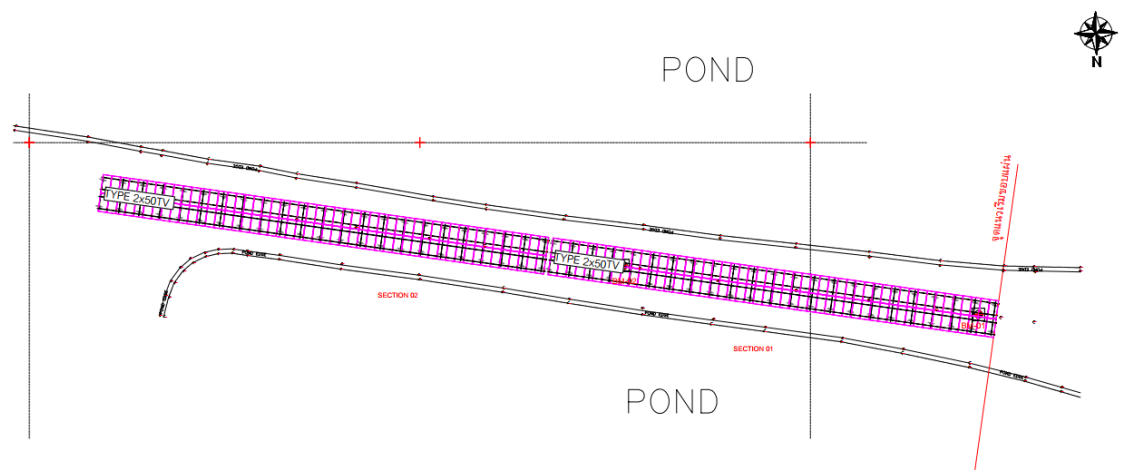
2.4 สถานะโครงการ: เริ่มเข้าทำงานวันที่ 7 พฤศจิกายน 2567



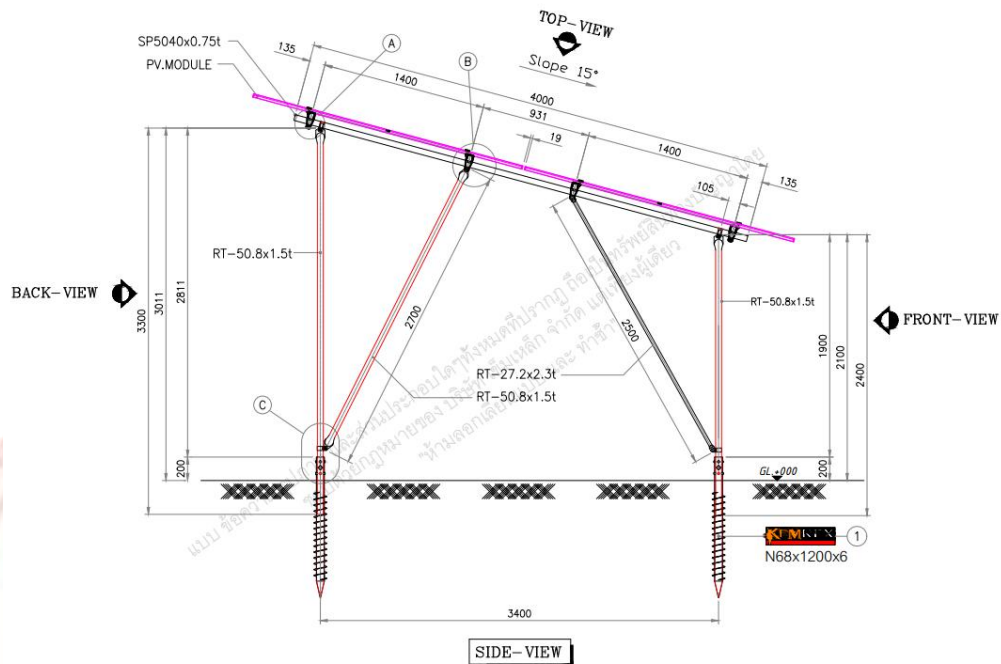
ภาพที่ 3-10: ผังบริเวณของฟาร์ม C



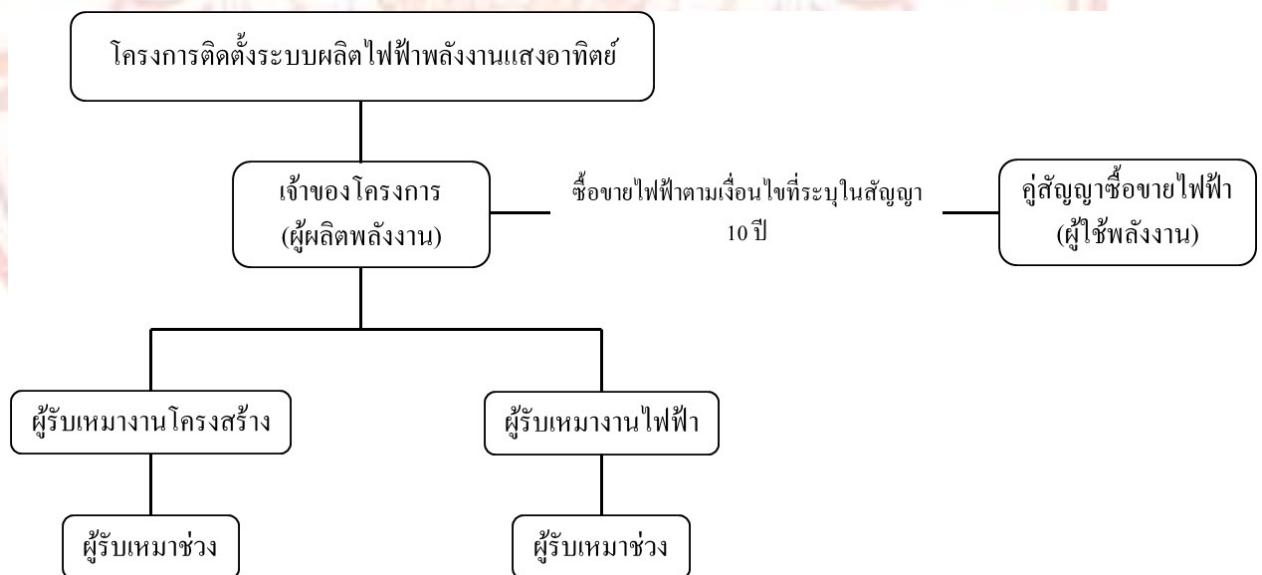
ภาพที่ 3-11: บริเวณที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม C



ภาพที่ 3-12: แบบ Drawing บริเวณที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม C



ภาพที่ 3-13: แบบ Drawing ลักษณะโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์ ฟาร์ม C



ภาพที่ 3-14: ผังโครงสร้างการบริหารงาน โครงการ C

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	50%	ชำระเมื่อผู้ว่าจ้างลงนามในใบสั่งซื้อ
งวดที่ 2	30%	ชำระเมื่อดำเนินการส่งมอบสินค้าถึงหน่วยงานสภาพสมบูรณ์ และจัดเก็บในพื้นที่ที่เหมาะสม และนำส่งเอกสารรายการคำนวณเรียบร้อย
งวดที่ 3	20%	ชำระเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ พร้อมเอกสารส่งมอบงาน

ตาราง 3-6: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ C

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	10%	ชำระเมื่อผู้ว่าจ้างได้รับเอกสารดังต่อไปนี้ - แผนการดำเนินงานโครงการ - แบบแสดงรายละเอียด (Shop Drawing) - Organization Chart ของทีมงานทำงานในโครงการ
งวดที่ 2	20%	ชำระเมื่อดำเนินการติดตั้งรางเดินสายไฟฟ้า, ตู้ไฟฟ้าระบบโซลาร์ และอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์
งวดที่ 3	30%	ชำระเมื่อดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์แล้วเสร็จ ทดสอบระบบ และตรวจสอบการทำงานออนไลน์เสร็จสิ้น พร้อมเอกสารการทดสอบระบบ และเอกสารส่งมอบงานก่อสร้าง และ คู่มือการใช้งานเรียบร้อย
งวดที่ 4	20%	ชำระเมื่อระบบเปิดใช้งานหลังจากการทดสอบระบบการทำงานเต็มระบบแล้ว 15 วัน ได้อย่างปกติต่อเนื่อง และดำเนินการแก้ไขงานติดตั้งที่ไม่เรียบร้อยครบถ้วน
งวดที่ 5	10%	ชำระเมื่อได้เอกสารใบรับเรื่องยื่นขออนุญาตก่อสร้าง/ ดัดแปลงอาคาร
งวดที่ 6	10%	ชำระเมื่อดำเนินการยื่นขออนุญาตและ ทำการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้รับการอนุมัติจนเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมด

ตาราง 3-7: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ C

โครงการที่ 4 ฟาร์มกุ้ง D จังหวัดสุราษฎร์ธานี

4.1 รายละเอียดโครงการฟาร์มกุ้ง E จังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 506,146 ตร.ม. และใช้พื้นที่ในการติดตั้งประมาณ 3,200 ตร.ม.

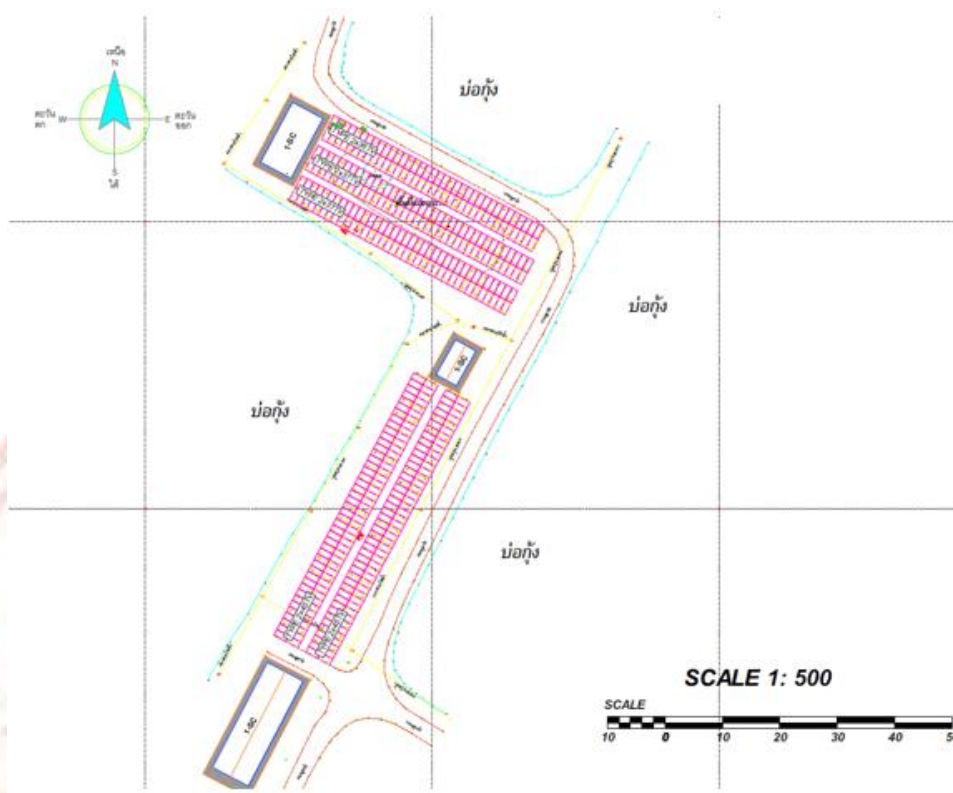
4.2 ลักษณะการติดตั้งโดยใช้เสาเข็มเหล็ก (Screw Pile)

4.2 ค่าใช้จ่ายในโครงการดำเนินงาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการขอใบอนุญาต ประมาณ อยู่ที่ 3,568,000 บาท

4.3 สถานะโครงการ: เริ่มเข้าหน้างานวันที่ 15 มกราคม 2568



ภาพที่ 3-15: ผังบริเวณของฟาร์ม D



ภาพที่ 3-16: แบบ Drawing บริเวณที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม D



ภาพที่ 3-17: ผังโครงสร้างการบริหารงาน โครงการ D

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	50%	ชำระเมื่อผู้ว่าจ้างลงนามในใบสั่งซื้อ
งวดที่ 2	30%	ชำระเมื่อดำเนินการส่งมอบสินค้าถึงหน่วยงานสภาพสมบูรณ์ และจัดเก็บในพื้นที่ที่เหมาะสม และนำส่งเอกสารรายการคำนวณเรียบร้อยแล้ว
งวดที่ 3	20%	ชำระเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ พร้อมเอกสารส่งมอบงาน

ตาราง 3-8: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานโครงสร้าง โครงการ D

งวด	สัดส่วน	เงื่อนไข
งวดที่ 1	20%	ชำระเมื่อผู้ว่าจ้างได้รับเอกสารดังต่อไปนี้ - แผนการดำเนินงานโครงการ - แบบแสดงรายละเอียด (Shop Drawing) - Organization Chart ของทีมงานทำงานในโครงการ
งวดที่ 2	10%	ชำระเมื่อดำเนินการติดตั้งรางเดินสายไฟฟ้า, ตู้ไฟฟ้าระบบโซลาร์ และอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์
งวดที่ 3	30%	ชำระเมื่อดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์แล้วเสร็จ ทดสอบระบบ และตรวจสอบการทำงานออนไลน์เสร็จสิ้น พร้อมเอกสารการทดสอบระบบ และเอกสารส่งมอบงานก่อสร้าง และ คู่มือการใช้งานเรียบร้อยแล้ว
งวดที่ 4	20%	ชำระเมื่อระบบเปิดใช้งานหลังจากการทดสอบระบบการทำงานเต็มระบบแล้ว 15 วัน ได้อย่างปกติต่อเนื่อง และดำเนินการแก้ไขงานติดตั้งที่ไม่เรียบร้อยครบถ้วน
งวดที่ 5	10%	ชำระเมื่อได้เอกสารใบรับเรื่องยื่นขออนุญาตก่อสร้าง/ ดัดแปลงอาคาร
งวดที่ 6	10%	ชำระเมื่อดำเนินการยื่นขออนุญาตและ ทำการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้รับการอนุมัติจนเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมด

ตาราง 3-9: รายละเอียดการชำระเงินแก่ผู้รับเหมางานไฟฟ้า โครงการ D

โครงการ	แผนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน			
	พัฒนาโครงการ	ออกแบบและวางแผน	ดำเนินการติดตั้ง	ปิดโครงการ
ฟาร์ม A	ม.ค. 2567 – ก.พ. 2567	ก.พ. 2567 – มี.ย. 2567	มี.ย. 2567 – ก.ค. 2567	ก.ค. 2567
ฟาร์ม B	ม.ค. 2567 – ก.พ. 2567	ก.พ. 2567 – มี.ย. 2567	มี.ย. 2567 – ก.ค. 2567	ก.ค. 2567
ฟาร์ม C	ก.ค. 2567 – ส.ค. 2567	ก.ย. 2567 – ต.ค. 2567	พ.ย. 2567 – ธ.ค. 2567	ม.ค. 2568
ฟาร์ม D	พ.ย. 2567 – ธ.ค. 2567	ธ.ค. 2567 – ม.ค. 2568	ม.ค. 2568 – มี.ค. 2568	มี.ค. 2568

ตาราง 3-10: แผนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

3.3 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาแบบพหุกรณี โดยจะมีการเปรียบเทียบระหว่างโครงการที่สำเร็จไปแล้ว และโครงการที่กำลังดำเนินงานโดยผู้วิจัยได้มีการกำหนดแนวทางของข้อมูลที่ต้องการศึกษาเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1. ปัญหา และสาเหตุของปัญหา 2. ผลกระทบที่ส่งผลต่อโครงการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่อโครงการ และ 3 แนวทางการแก้ไขปัญหา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินโครงการที่มีลักษณะเดียวกันที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

ตำแหน่งผู้ที่เกี่ยวข้อง	สังกัด	บทบาท	กระบวนการที่เกี่ยวข้อง
คู่สัญญา (ผู้ใช้งบประมาณ)	เจ้าของ พื้นที่	เป็นผู้ใช้งานหลังจากปิดโครงการ	การปิดโครงการ
ผู้จัดการโครงการวิศวกร	เจ้าของ โครงการ	จัดทำรายละเอียดตามความต้องการของ โครงการ	การกำหนดความต้องการ ของโครงการ
		จัดจ้างผู้รับเหมา รวมถึงประเมินราคาในงาน ติดตั้ง	การออกแบบและ วางแผนโครงการ
		ตรวจสอบแบบ และวัสดุที่ต้องใช้ ก่อนสั่งซื้อ สินค้า	
		ตรวจสอบเอกสารก่อนดำเนินการติดตั้ง	
		วางแผนการดำเนินงาน	การติดตั้ง
		ติดตามความคืบหน้าของโครงการ	
วิศวกรผู้ออกแบบ	เจ้าของ โครงการ	ตรวจสอบความเรียบร้อยของโครงการก่อน ดำเนินการส่งมอบพื้นที่ และปิดโครงการ	การปิดโครงการ
		ออกแบบระบบไฟฟ้าและงานติดตั้ง โดยอ้างอิง จากความต้องการของโครงการ	การออกแบบและ วางแผนโครงการ
วิศวกรสนาม	เจ้าของ โครงการ	ตรวจสอบแบบ รายการคำนวณ เพื่อยื่นขอ อนุมัติ	
		วางแผนการดำเนินงาน	การออกแบบและ วางแผนโครงการ
		ควบคุมงานติดตั้งและทดสอบระบบ	การติดตั้ง
		ติดตามความคืบหน้าของโครงการ	
วิศวกรผู้ออกแบบ	ผู้รับเหมา	ตรวจสอบความเรียบร้อยของโครงการก่อน ดำเนินการส่งมอบพื้นที่ และปิดโครงการ	การปิดโครงการ
		สั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ให้มาถึงทันแผนงานที่ต้องใช้ อุปกรณ์	การติดตั้ง
วิศวกรผู้ออกแบบ	ผู้รับเหมา	จัดทำแบบ และรายการคำนวณ ให้ตรงตาม ความต้องการของเจ้าของโครงการ	การออกแบบและ วางแผนโครงการ
วิศวกรสนาม	ผู้รับเหมา	ควบคุมงานติดตั้งให้เป็นไปตามความต้องการ ของเจ้าของโครงการ	การติดตั้ง
		ตรวจสอบความเรียบร้อยของโครงการก่อน ดำเนินการส่งมอบพื้นที่ และปิดโครงการ	การปิดโครงการ

ตาราง 3-11: รายละเอียดผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการเก็บรวบรวมปัญหา และอุปสรรคที่พบตั้งแต่ช่วงพัฒนาและริเริ่มโครงการ ออกแบบและวางแผน ดำเนินการติดตั้ง ไปจนถึงช่วงปิดโครงการ จากแผนการดำเนินงานเทียบกับการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่พบเจอ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการบริหารงานตามวงจร PDCA (Plan – Do – Check – Act) โดยแบ่งหัวข้อในการเก็บข้อมูลเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) ปัญหาที่พบเจอขณะดำเนินงาน 2) หน่วยงานที่ก่อให้เกิดปัญหา 3) ผลกระทบที่ตามมาจากปัญหาดังกล่าว

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากได้ข้อมูลปัญหาและอุปสรรคที่พบเจอขณะดำเนินงานในแต่ละโครงการนำมา วิเคราะห์ของปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ผล และจัดลำดับสาเหตุของ ปัญหา เพื่อนำไปปรับปรุง และ หาแนวทางแก้ไขของปัญหาที่พบเจอต่อไป

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

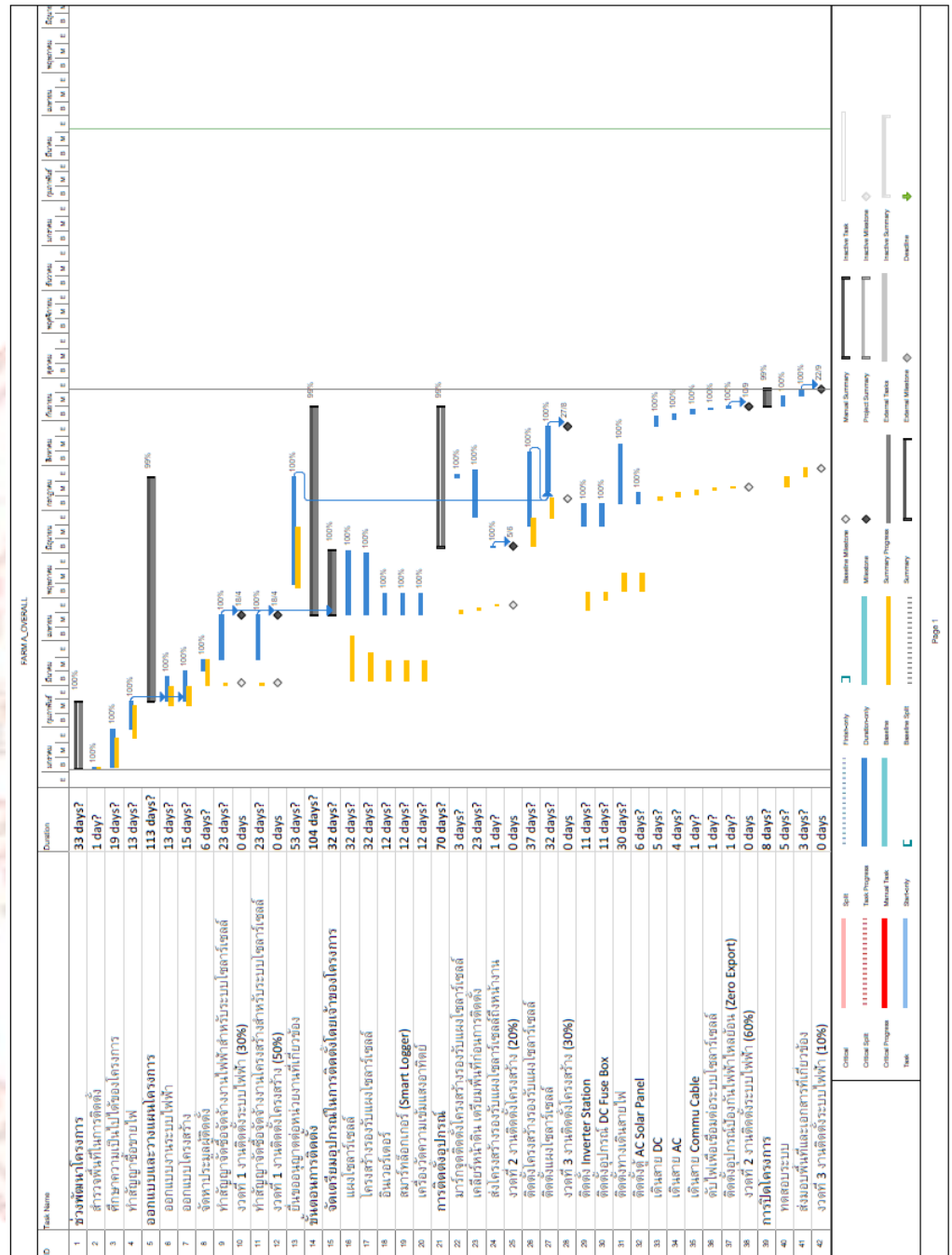
4.1 ผลการเก็บข้อมูล

ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลของฟาร์มที่ดำเนินการติดตั้งระบบแล้วเสร็จ และมีการเปิดใช้งานแล้วคือ ฟาร์ม A และ B และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุ อุปสรรค และวิธีการแก้ปัญหา หลังจากนั้นจึงนำไปปรับใช้กับโครงการ C และ D ตามลำดับ

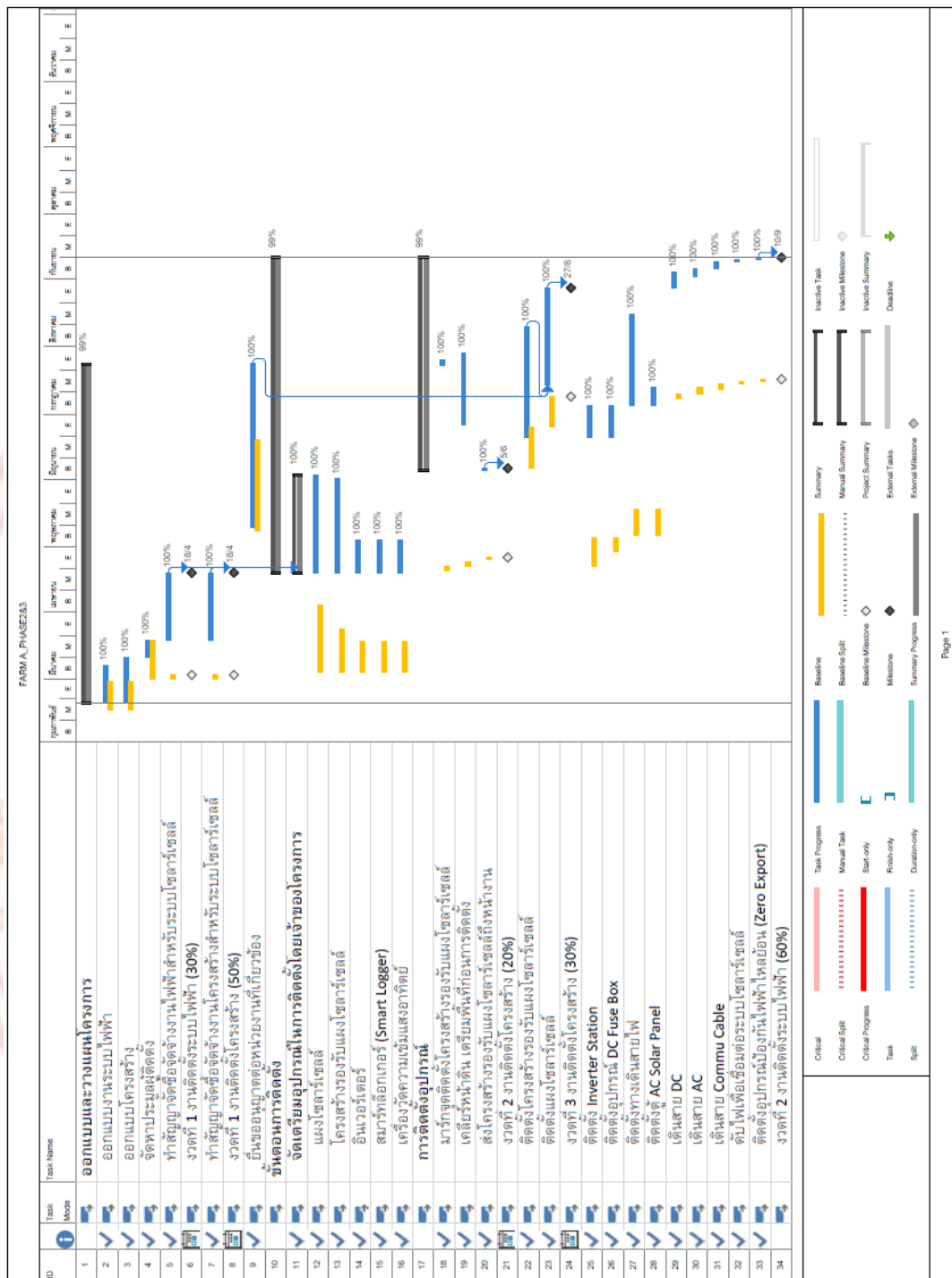
4.1.1 ผลการเก็บข้อมูลของ ฟาร์ม A

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานติดตั้งของฟาร์ม A ตั้งแต่กระบวนการพัฒนาโครงการ ออกแบบและวางแผน ดำเนินการติดตั้ง ไปจนถึงการปิดโครงการ โดยระยะเวลาในการดำเนินงานของฟาร์ม A ใช้เวลาทั้งหมด 9 เดือน (มกราคม 2567 - กันยายน 2567) ซึ่งล่าช้าจากแผนการดำเนินงานไป 2 เดือน ดังข้อมูลในภาพที่ 4-1





ภาพที่ 4-1: แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม A



ภาพที่ 4-2 : แผนการดำเนินงานงานแสดงรายละเอียดการล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม A

จากการพิจารณาภาพรวมของโครงการ พบว่าช่วงที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินงาน ได้แก่ ช่วงการออกแบบและวางแผน และ ช่วงการติดตั้งอุปกรณ์ ทั้งนี้ กิจกรรมที่เป็นปัจจัยให้แผนงานเกิดความล่าช้าถูกนำเสนอใน แผนงาน 4-2 และ ตาราง 4-1 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ช่วงของการออกแบบและวางแผน พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของแผนงานมากที่สุดคือ ขั้นตอนการยื่นขออนุญาตต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยสาเหตุหลักของความล่าช้าในการได้รับเอกสารอนุมัติ ได้แก่

1. การไม่ครบถ้วนหรือความไม่ถูกต้องของเอกสาร ส่งผลให้ต้องมีการแก้ไขและดำเนินการยื่นเรื่องใหม่
2. ความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการติดตั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการตรวจสอบความเข้ากันได้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าในพื้นที่
3. ปัญหาด้านการประสานงาน ระหว่างผู้รับเหมา ที่ปรึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการยื่นขออนุญาต
4. ระยะเวลาการพิจารณาเอกสารของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจใช้เวลานานกว่าที่คาดการณ์

นอกจากนี้ ช่วงการติดตั้งอุปกรณ์ยังได้รับผลกระทบจากสาเหตุดังกล่าว จึงทำให้แผนงานเกิดความล่าช้า ดังนี้

1. ความล่าช้าในการสั่งซื้อวัสดุและอุปกรณ์ รวมถึงปัญหาด้านการขนส่ง
2. ระยะเวลาการผลิตโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์ที่นานกว่ากำหนด เนื่องจากมีการปรับแก้แบบ
3. การที่วิศวกรสนามผู้ควบคุมงานไม่ดูรายละเอียดของแบบให้ชัดเจน ส่งผลให้ต้องมีการรื้อถอนและแก้ไขงานติดตั้ง

รายการดำเนินงาน	Plan			Actual			หมายเหตุ
	วันที่เริ่มต้น	วันที่สิ้นสุด	ระยะเวลา ดำเนินงาน (วัน)	วันที่เริ่มต้น	วันที่สิ้นสุด	ระยะเวลา ดำเนินงาน (วัน)	
ช่วงพัฒนาโครงการ							
ทำสัญญาซื้อขายไฟ	24/1/2567	15/2/2567	17	31/1/2567	18/2/2567	19	เกิดความล่าช้าในขั้นตอนการพิจารณาสัญญา และเนื่องจากสัญญาอยู่ต่างจังหวัด ส่งผลให้กระบวนการส่งเอกสารเพื่อดำเนินการตามเกิดความล่าช้าเพิ่มเติม
ออกแบบและวางแผนโครงการ							
จัดหาอุปกรณ์ผู้ติดตั้ง	1/3/2567	18/3/2567	12	11/3/2567	18/3/2567	6	เนื่องจากการเริ่มต้นงานที่ช้ากว่าแผนงานที่กำหนด ทำให้ระยะเวลาในการพิจารณาผู้ใช้ร่วมโครงการเสนอราคา เพื่อให้ทันตามแผนงาน
ทีมขออนุญาตก่อนดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง	8/5/2567	18/6/2567	30	10/5/2567	23/7/2567	53	การเตรียมเอกสาร ในการยื่นขออนุญาต ไม่ครบถ้วนเนื่องจากวิศวกรผู้ออกแบบไม่เช็คข้อกำหนดของการใช้พื้นที่ให้ถี่ ทำให้อาจมีการแก้ไขแบบในการติดตั้ง
ขั้นตอนการติดตั้ง							
จัดเตรียมอุปกรณ์ในการติดตั้งโดยเจ้าของโครงการ							
แม่ข่ายเซิร์ฟเวอร์	3/3/2567	3/4/2567	30	19/4/2567	2/6/2567	42	ล่าช้าเนื่องจากการขนส่งและรอติดตั้งของออกอากาศ์
โครงสร้างรับรองรับแม่ข่ายเซิร์ฟเวอร์	3/3/2567	23/3/2567	20	19/4/2567	31/5/2567	31	รออนุมัติแบบขึ้นและการปรับแก้แบบ ส่งผลให้ระยะเวลาในการส่งของและการผลิตใช้เวลา นานกว่าที่กำหนด
การติดตั้งอุปกรณ์							
มาร์กจุดติดตั้งโครง มรับรองรับแม่ข่ายเซิร์ฟเวอร์	20/4/2567	21/4/2567	2	23/7/2567	25/7/2567	2	การได้เอกสาร ในการยื่นขออนุญาตล่าช้า ส่งผลให้ได้ เริ่มงานขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้างช้าไปด้วย
ติดตั้งโครง มรับรองรับแม่ข่ายเซิร์ฟเวอร์	6/6/2567	24/6/2567	14	20/6/2567	9/8/2567	38	ผู้ควบคุมหน้างานติดตั้งแบบ ไม่ชัดเจน ทำให้ไม่ทันติดตั้งส่งผลให้อุปกรณ์ออกนอกและ ปากมุดในไม่เนื่องจากระยะที่ปักห่างจากทางเดินสายไฟเกินไป
ติดตั้งแม่ข่ายเซิร์ฟเวอร์	24/6/2567	6/7/2567	14	14/7/2567	27/8/2567	12	การติดตั้งโครงสร้างล่าช้า ส่งผลให้การเริ่มติดตั้งแม่ข่ายเซิร์ฟเวอร์ไม่ได้
ติดตั้งทางเดินสายไฟ	5/5/2567	17/5/2567	14	5/7/2567	15/8/2567	30	การที่วิศวกรผู้ออกแบบ ไม่เช็คข้อกำหนดของงานใช้พื้นที่ให้ถี่ เนื่องจากบริเวณการติดตั้งยังมีการขยับพื้นที่ที่สาธารณชนมีติดตั้งแล้วเสร็จ มาเช็คข้อมูลในภายหลังส่งผลให้ ต้องมีการรื้อบางส่วนที่มีการติดตั้งไปแล้ว และติดตั้งใหม่เพื่อให้ถูกต้องต่อข้อกำหนด

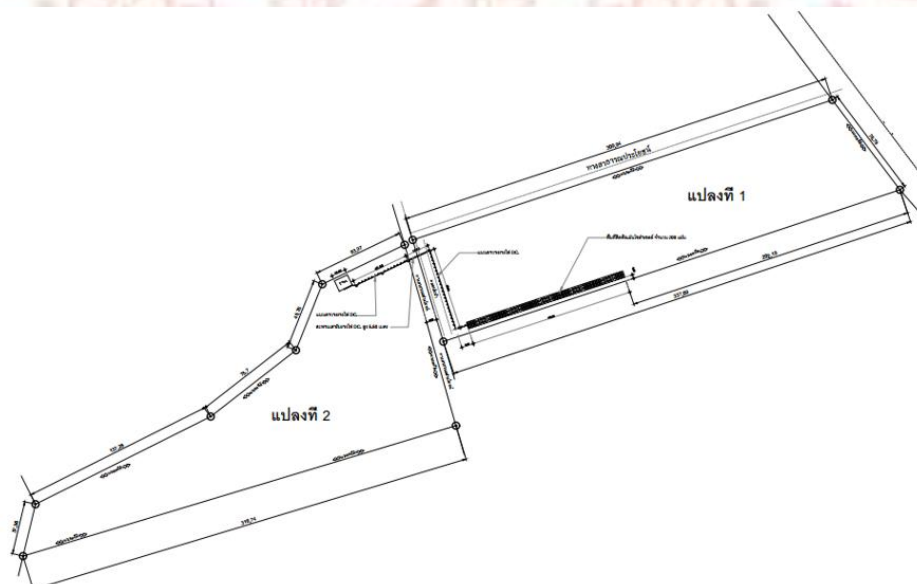
ตาราง 4-1 : รายละเอียดกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม A

4.1.1.1 ปัญหาความล่าช้าและการวิเคราะห์สาเหตุ ฟาร์ม A

จากปัญหาความล่าช้าทั้งหมดที่เกิดขึ้นใน ฟาร์ม A ดังแสดงในแผนงาน 4-2 และ ตาราง 4-3 ตามลำดับข้างต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และระบุสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาดังกล่าว พร้อมทั้งดำเนินการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุตามระดับผลกระทบที่มีต่อปัญหา ตั้งแต่สาเหตุที่ส่งผลกระทบมากที่สุดไปจนถึงสาเหตุที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุด ดังนี้

4.1.1.2.1 ความผิดพลาดจากการเตรียมเอกสารไม่ครบถ้วน และการไม่ศึกษาข้อกำหนดของพื้นที่ติดตั้ง ให้ชัดเจน

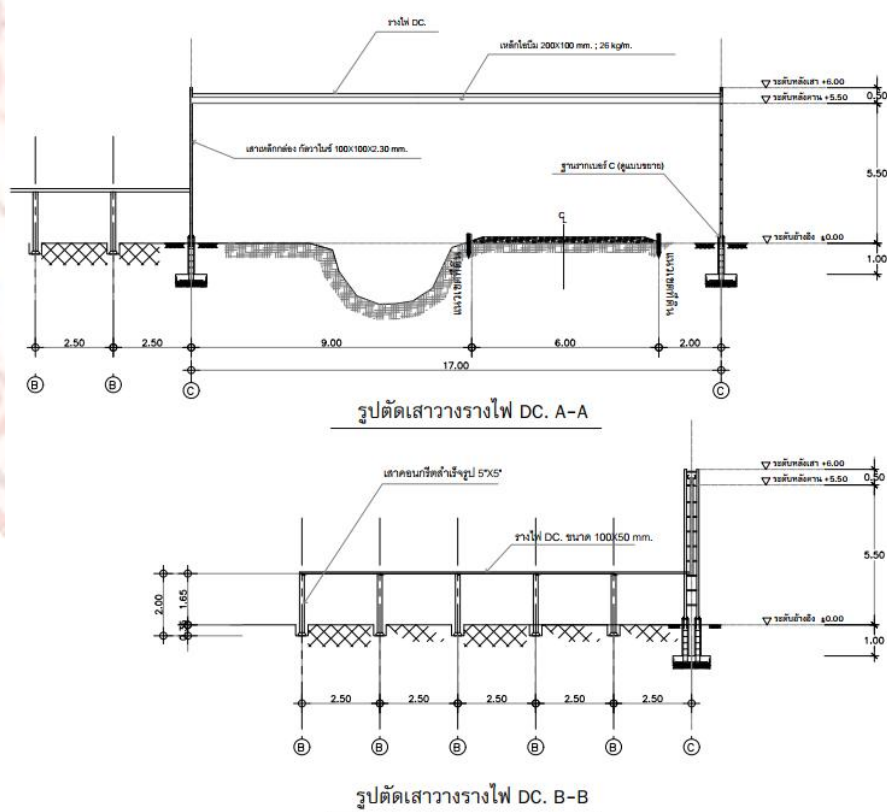
โดยปัญหาที่พบเกิดจากการที่ทีมวิศวกรผู้ออกแบบระบบ ไม่ตรวจสอบข้อกำหนดหรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องก่อนยื่นคำขออนุญาต ส่งผลให้ผู้ยื่นคำขอต้องดำเนินการแก้ไขแบบเพิ่มเติมภายหลัง และทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการ ส่งผลให้ระยะเวลาในการได้รับเอกสารในการอนุมัติล่าช้าออกไป โดยในการทำงานโครงการของฟาร์ม A นั้นทางทีมวิศวกรผู้ออกแบบมาทราบในภายหลัง ว่าพื้นที่ในการติดตั้งทางเดินสายไฟนั้นเป็นพื้นที่ที่ผ่านทางของสาธารณะ และในการดำเนินงานแต่ละพื้นมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน จากการไม่ศึกษาข้อกำหนดให้ดีตั้งแต่แรกทำให้ต้องมีการแก้ไขแบบ ส่งผลให้ระยะเวลาในการยื่นขออนุญาตล่าช้ากว่ากำหนด 22 วัน และส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่โครงสร้างทางเดินสายไฟ ที่ต้องทำเป็นโครงสร้างยกสูง 5.5 เมตร โดยมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมาประมาณ 75,000 บาท คิดเป็น 2.3% ของมูลค่าโครงการ



ภาพที่ 4-3 : ภาพผังบริเวณในพื้นที่การติดตั้ง



ภาพที่ 4-4: เส้นทางเดินสายไฟ DC ฟาร์ม A



ภาพที่ 4-5 : รูปตัดเสวารางสายไฟ DC

4.1.1.2.2 การที่วิศวกรผู้ควบคุมงานขาดความรอบคอบและความชำนาญในการควบคุมงาน

การที่วิศวกรผู้ควบคุมงานขาดความรอบคอบและความชำนาญในการควบคุมงานส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งระยะในการปิดหมุดคลาดเคลื่อนซึ่งนับว่าระยะห่างจากรางสายไฟค่อนข้างเยอะ โดยหลังจากที่ทีมผู้ติดตั้ง และวิศวกรผู้ออกแบบประชุมหาแนวทางแก้ไขร่วมกันแล้ว พบว่าการถอนหมุดและติดตั้งใหม่ มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการซื้อโครงสร้างเหล็กเพื่อทำทางเดินสายไฟเพิ่ม ดังนั้นจึงนำไปสู่การรื้อถอนและติดตั้งใหม่ ปัญหาดังกล่าวไม่เพียงส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงาน แต่ยังทำให้ต้นทุนของโครงการเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมทั้งในส่วนของคุณค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องจักรสำหรับการรื้อถอนและติดตั้งใหม่ โดยมีมูลค่าความเสียหายรวมประมาณ 12,000 บาท

โดยคิดเป็น 0.4% ของมูลค่าโครงการ นอกจากนี้ ความผิดพลาดดังกล่าวยังส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการติดตั้งโดยตรง เนื่องจากต้องใช้เวลาทำการรื้อถอนอุปกรณ์ที่ติดตั้งผิดพลาด ซึ่งทำให้ระยะเวลาการติดตั้งอุปกรณ์คลาดเคลื่อนจากแผนงานเดิมไปถึง 38 วัน ความล่าช้านี้อาจส่งผลกระทบต่อแผนงานในขั้นตอนอื่น ๆ ของโครงการ และทำให้เกิดความล่าช้าต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลกระทบต่อกำหนดการส่งมอบงานโดยรวม

4.1.1.2.3 ความล่าช้าที่มาจากงานก่อนหน้า ส่งผลกระทบต่อกำหนดการดำเนินงานใน ขั้นตอนถัดไป

ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะเห็นว่ามีรายการดำเนินงานบางขั้นตอนที่ต้องรอการดำเนินการจากกิจกรรมก่อนหน้า เช่นการที่จะติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ได้ ต้องได้รับใบอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต่อให้อุปกรณ์อื่นจะดำเนินการติดตั้งก่อนได้ แต่หากไม่มีใบอนุญาต ก็ไม่สามารถติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ได้ และหากยังไม่ได้ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ก็ไม่สามารถเดินสาย DC และ AC รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ตลอดจนการดับไฟเพื่อเชื่อมต่อบรรยากาศได้

4.1.1.2.3.4 ปัญหาจากการสั่งซื้อ และการขนส่งอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในโครงการ

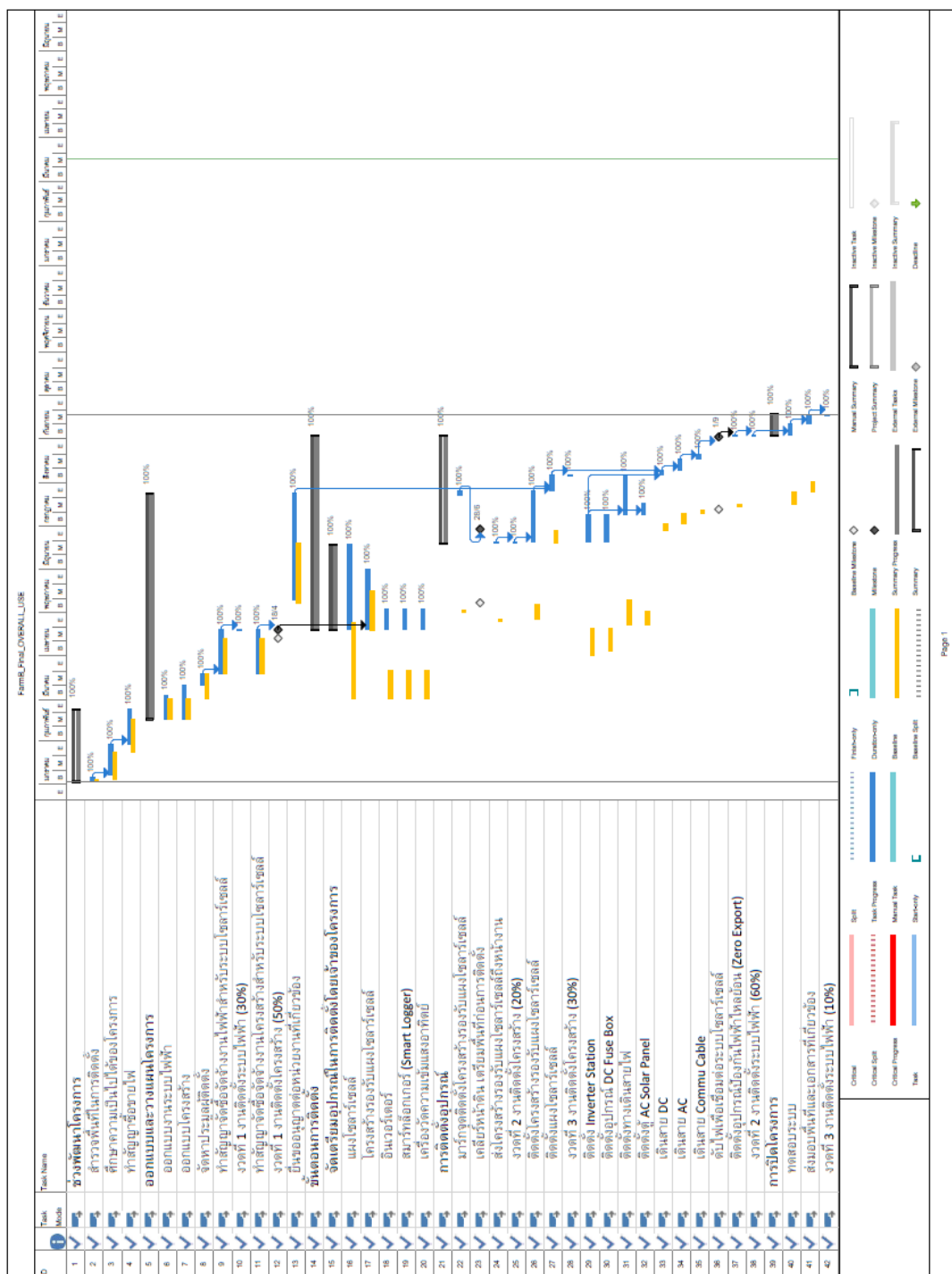
เกิดจากการจัดเตรียมอุปกรณ์ของเจ้าของโครงการ ที่เลือกใช้อุปกรณ์ และวัสดุในการติดตั้งที่ผลิตจากต่างประเทศ เช่น แผงโซลาร์เซลล์ เนื่องจากมีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง และราคาถูกกว่าการผลิตภายในประเทศ โดยความไม่แน่นอนของกระบวนการขนส่งวัสดุ ส่งผลให้เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการ รวมถึงการรอคอยโดยไม่จำเป็น จากแผนงานพบว่า การสั่งซื้อวัสดุสามารถดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการประมูลผู้รับเหมา ทั้งที่ในขั้นตอนการ

ออกแบบได้มีการกำหนดสเปกของอุปกรณ์เบื้องต้นไว้แล้ว ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าโดยไม่จำเป็นต่อภาพรวมของโครงการในที่สุด

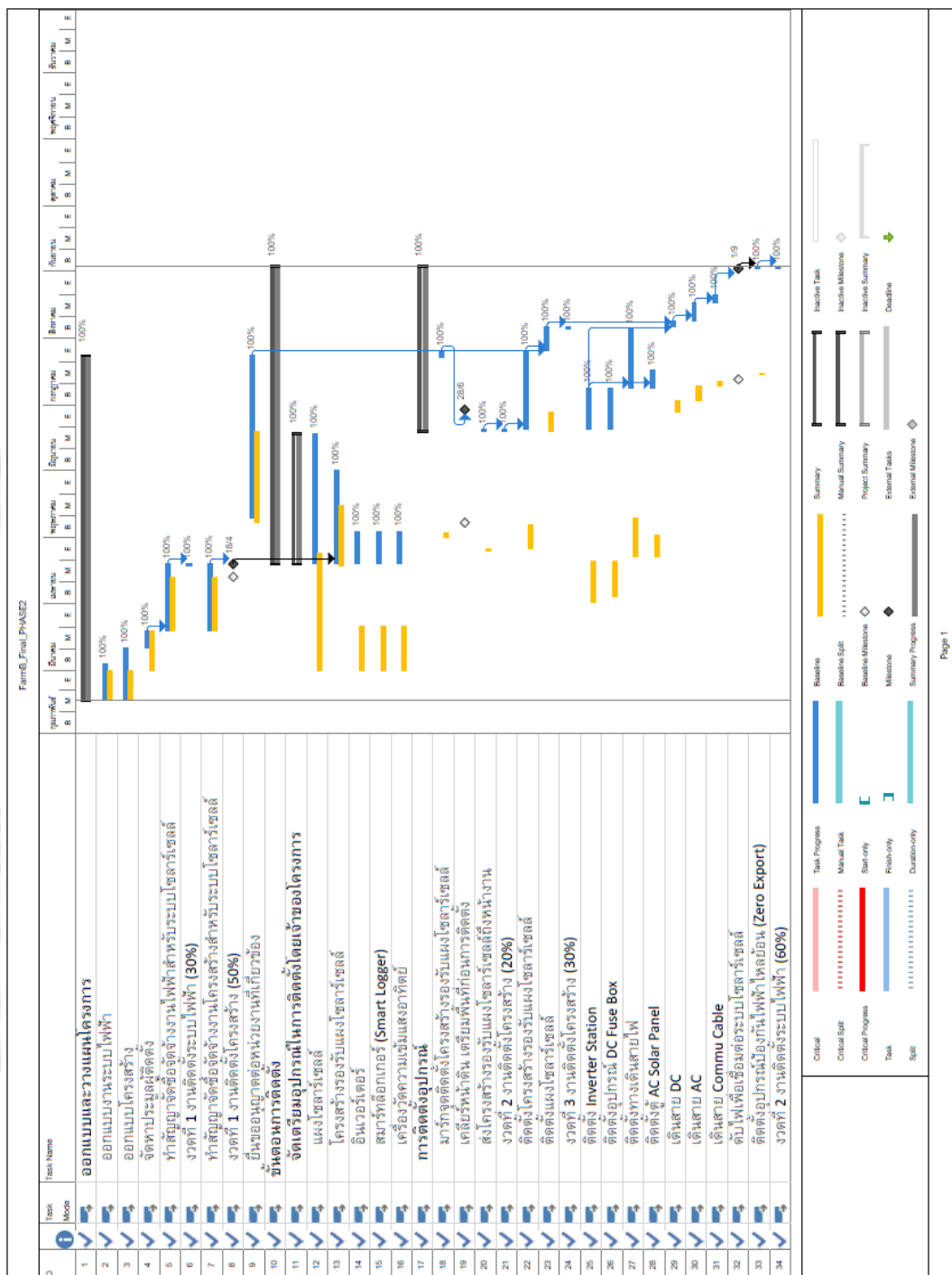
4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลของ ฟาร์ม B

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานติดตั้งของฟาร์ม B ตั้งแต่กระบวนการพัฒนาโครงการ ออกแบบและวางแผน ดำเนินการติดตั้ง ไปจนถึงการปิดโครงการ โดยระยะเวลาในการดำเนินงานของฟาร์ม B ใช้เวลาทั้งหมด 9 เดือน (มกราคม 2567 - กันยายน 2567) ซึ่งล่าช้าจากแผนการดำเนินงานไป 2 เดือน ดังข้อมูลในภาพที่ 4-6





ภาพที่ 4-6: แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม B



ภาพที่ 4-7: แผนการดำเนินงานงานแสดงรายละเอียดสาเหตุการล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม B

จากการพิจารณาภาพรวมของโครงการ พบว่าช่วงที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินงาน ได้แก่ ช่วงการออกแบบและวางแผน และ ช่วงการติดตั้งอุปกรณ์ ทั้งนี้กิจกรรมที่เป็นปัจจัยให้แผนงานเกิดความล่าช้าถูกนำเสนอใน ภาพที่ 4-7 และ ตาราง 4-2 ตามลำดับ โดยเมื่อผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ช่วงของการออกแบบและวางแผน พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของแผนงานมากที่สุดคือ ขั้นตอนการยื่นขออนุญาตต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยสาเหตุหลักของความล่าช้าในการได้รับเอกสารอนุมัติ ได้แก่

1. การไม่ครบถ้วนหรือความไม่ถูกต้องของเอกสาร ส่งผลให้ต้องมีการแก้ไขและดำเนินการยื่นเรื่องใหม่
2. ระยะเวลาการพิจารณาเอกสารของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจใช้เวลานานกว่าที่คาดการณ์

นอกจากนี้ ช่วงการติดตั้งอุปกรณ์ยังได้รับผลกระทบจากสาเหตุดังกล่าว จึงทำให้แผนงานเกิด ความล่าช้า ดังนี้

1. ความล่าช้าในการสั่งซื้อวัสดุและอุปกรณ์ รวมถึงปัญหาด้านการขนส่ง
2. ระยะเวลาการผลิตโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์ที่นานกว่ากำหนด เนื่องจากการปรับแก้แบบ
3. การที่วิศวกรสนามผู้ควบคุมงานไม่ดูรายละเอียดของแบบให้ชัดเจน ส่งผลให้ต้องมีการรื้อถอนและแก้ไขงานติดตั้ง

รายการดำเนินงาน	Plan			Actual			หมายเหตุ
	วันที่เริ่มต้น	วันที่สิ้นสุด	ระยะเวลาดำเนินงาน (วัน)	วันที่เริ่มต้น	วันที่สิ้นสุด	ระยะเวลาดำเนินงาน (วัน)	
วางแผนโครงการ							
ทำสัญญาเช่าพาไป	24/1/2567	15/2/2567	17	31/1/2567	18/2/2567	19	เกิดความล่าช้าในขั้นตอนการพิจารณาสัญญา และเนื่องจากผู้ถือหุ้นอยู่ต่างจังหวัด ส่งผลให้กระบวนการส่งเอกสารเพื่อดำเนินการลงนามเกิดความล่าช้าเพิ่มเติม
ออกแบบและวางแผนโครงการ							
จัดหาประมุขผู้คิด	1/3/2567	18/3/2567	12	11/3/2567	18/3/2567	6	เนื่องจากการเริ่มต้นงานที่ช้ากว่าแผนงานที่กำหนด ทำให้ระยะเวลาในการพิจารณาผู้ใช้ร่วมการเสนอราคาเพื่อให้ทันตามแผนงาน
ยื่นขออนุญาตต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	8/5/2567	18/6/2567	30	10/5/2567	23/7/2567	53	การเตรียมเอกสารในการยื่นขออนุญาตไม่ครบถ้วนเนื่องจากวิทยากรผู้ออกแบบไม่จัดทำข้อกำหนดของการใช้พื้นที่ให้ชัดเจน ทำให้ต้องมีการแก้ไขแบบในการติดตั้ง
ขั้นตอนการติดตั้ง							
จัดเตรียมอุปกรณ์ในการติดตั้งโดยเจ้าของโครงการ							
แผนโครงการ	3/3/2567	3/4/2567	30	19/4/2567	2/6/2567	42	ล่าช้าเนื่องจากงานส่งและรอติดตั้งของออกกาท่อ
โครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์	3/3/2567	23/3/2567	20	19/4/2567	31/5/2567	31	รออนุมัติแบบและมีการปรับแก้แบบ ส่งผลให้ระยะเวลาในการส่งของและการติดตั้งยาวนานกว่าที่กำหนด
การติดตั้งอุปกรณ์							
นำวัสดุติดตั้งโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์	20/4/2567	21/4/2567	2	23/7/2567	25/7/2567	2	การได้เอกสารในการยื่นขออนุญาตล่าช้า ส่งผลให้ดำเนินการขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้างช้าไป
ติดตั้งโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์	6/6/2567	24/6/2567	14	20/6/2567	25/7/2567	25	วิศวกรคำนวณความดันของระบบไม่ชัดเจน ทำให้ไปกันติดตั้งส่งผลให้ต้องรื้อถอนและไปกันใหม่ เนื่องจากพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการติดตั้ง
ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	24/6/2567	6/7/2567	14	26/7/2567	15/8/2567	19	การติดตั้งโครงสร้างล่าช้า ส่งผลให้การเริ่มติดตั้งแผงล่าช้าตามไปด้วย

ตาราง 4-2 : รายละเอียดกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้ากว่าแผนงานของฟาร์ม B

4.1.2.1 ปัญหาความล่าช้าและการวิเคราะห์สาเหตุ ฟาร์ม B

จากปัญหาความล่าช้าทั้งหมดที่เกิดขึ้นใน ฟาร์ม B ดังแสดงในแผนงาน 4-4 และ ตาราง 4-2 ตามลำดับข้างต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และระบุสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาดังกล่าว พร้อมทั้งดำเนินการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุตามระดับผลกระทบที่มีต่อปัญหา ตั้งแต่สาเหตุที่ส่งผลกระทบมากที่สุดไปจนถึงสาเหตุที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุด ดังนี้

4.1.2.2.1 การเตรียมข้อมูลในการยื่นขออนุญาต ไม่ครบถ้วนทำให้เกิดการแก้ไข

ในการดำเนินงานติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จำเป็นต้องมีการจัดทำและระบุรายละเอียดของแผนผังเส้นเดี่ยวระบบไฟฟ้า (Single Line Diagram) อย่างถูกต้องและครบถ้วน เนื่องจากระบบดังกล่าวต้องมีการเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด ส่งผลให้หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน อาจต้องมีการแก้ไขและปรับปรุงให้สมบูรณ์ก่อนที่จะสามารถดำเนินการต่อไปได้ โดยกระบวนการแก้ไขเอกสารดังกล่าวทำให้ระยะเวลาในการพิจารณาเอกสารล่าช้าออกไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการได้รับเอกสารการอนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และกระทบต่อแผนงานโดยรวมของโครงการ โดยเฉพาะกิจกรรมที่ต้องดำเนินการหลังจากได้รับการอนุมัติ เช่น การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ จำเป็นที่จะต้องเลื่อนออกไปตามระยะเวลาที่ล่าช้าของกระบวนการอนุมัติ

4.1.2.2.2 การที่วิศวกรผู้ควบคุมงานขาดความรอบคอบและความชำนาญในการควบคุมงาน

ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ฟาร์ม B ได้ดำเนินการในรูปแบบการติดตั้งเป็น 3 ช่วง โดยมีบ่อคอนกรีตคั่นกลางในแต่ละช่วง ในระหว่างขั้นตอนการดำเนินงาน ตั้งแต่การมาร์กจุดติดตั้งโครงสร้าง พบว่ามีความบกพร่องในการควบคุมงานของวิศวกรผู้ควบคุมงาน ส่งผลให้การมาร์กจุดติดตั้งบริเวณช่วงกลางระหว่างบ่อคอนกรีตเกิดความคลาดเคลื่อน ส่งผลให้ไม่สามารถติดตั้งโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์เซลล์ได้ตามแบบ จากปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องดำเนินการรื้อถอนหมดและดำเนินการติดตั้งใหม่ ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วน of ค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรสำหรับการติดตั้งใหม่ เป็นจำนวนเงินประมาณ 15,000 บาท โดยคิดเป็น 0.5% ของมูลค่าโครงการ



ภาพที่ 4-8: บริเวณที่มีการติดตั้งโครงสร้างผิดทำให้ต้องรื้อจุดติดตั้ง

4.1.2.2.3 ปัญหาจากการสั่งซื้อและการขนส่งอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในโครงการ

เกิดจากการจัดเตรียมอุปกรณ์ของเจ้าของโครงการ ที่เลือกใช้อุปกรณ์ และวัสดุในการติดตั้งที่ผลิตจากต่างประเทศ เช่น แผงโซลาร์เซลล์ เนื่องจากมีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง และราคาถูกกว่าการผลิตภายในประเทศ โดยความไม่แน่นอนของกระบวนการขนส่งวัสดุ ส่งผลให้เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการ รวมถึงการรอคอยโดยไม่จำเป็น จากแผนงานพบว่า การสั่งซื้อวัสดุสามารถดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการประมูลผู้รับเหมา ทั้งที่ในขั้นตอนการออกแบบได้มีการกำหนดสเปกของอุปกรณ์เบื้องต้นไว้แล้ว ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าโดยไม่จำเป็นต่อภาพรวมของโครงการในที่สุด

4.2 แนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

จากการดำเนินงานในสองโครงการที่ผ่านมา ทางผู้วิจัยได้มีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงแนวทางการดำเนินโครงการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในตาราง 4-3

โดยจากการเก็บข้อมูลพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบด้านต้นทุนโครงการเกิดขึ้นในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการ และการติดตั้งมากที่สุด โดยสามารถแก้ไขได้เบื้องต้นดังนี้

1. การไม่ศึกษาข้อกำหนดของพื้นที่ติดตั้ง ให้ชัดเจนโดยปัญหาที่พบเกิดจากการที่ทีมวิศวกรผู้ออกแบบระบบ ไม่ตรวจสอบข้อกำหนดหรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องก่อนยื่นคำขออนุญาต ส่งผลให้ผู้ยื่นคำขอต้องดำเนินการแก้ไขแบบเพิ่มเติมภายหลัง และทำให้มีค่าใช้จ่ายในส่วน of โครงสร้างเหล็กสำหรับติดตั้งทางเดินสายไฟรวมถึงค่าแรงงานที่เพิ่มเติมจากในแบบ สามารถแก้ไขได้โดยการจัดทำเอกสาร Checklist เพื่อใช้ตั้งแต่ขั้นตอนสำรวจพื้นที่ติดตั้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบรายการข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม รวมถึงเอกสาร

ที่เจ้าของพื้นที่ต้องจัดเตรียม เพื่อให้ทีมวิศวกรผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ในการจัดทำแบบและดำเนินการขออนุญาต นอกจากนี้ ยังมีการตรวจสอบเอกสารอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการยื่นขออนุญาตว่ามีความครบถ้วนหรือไม่ และในการจัดทำเอกสาร Checklist ดังกล่าว ได้มีการแบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดสำหรับสำรวจหน้างาน และ ชุดสำหรับรวบรวมข้อมูล (Survey Report) ดังที่แสดงในภาคผนวก ก และ ภาคผนวก ข ซึ่งการนำ Checklist มาใช้ช่วยให้การดำเนินงานเป็นระบบระเบียบมากขึ้น ลดความผิดพลาดและลดระยะเวลาในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การที่วิศวกรผู้ควบคุมงานขาดความรอบคอบและความชำนาญในการควบคุมงาน รวมถึงการจัดจ้างแรงงานที่ไม่มีความชำนาญ ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วนของค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรสำหรับการติดตั้งใหม่ โดยแนวทางการแก้ไขสามารถทำได้โดย อาจมีการกำหนดเกณฑ์คัดเลือกผู้รับเหมาอย่างรอบคอบ โดยพิจารณาคุณสมบัติที่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด รวมถึงประเมินผลงานที่ผ่านมา เพื่อให้มั่นใจว่าผู้รับเหมา มีประสบการณ์และศักยภาพเพียงพอในการบริหารและควบคุมงาน อีกทั้งต้องมีความรับผิดชอบต่อปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากหน่วยงานของตนเอง

และปัจจัยที่ส่งผลกระทบทางด้านเวลาส่วนมากเกิดขึ้นในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการ และการติดตั้ง โดยสาเหตุที่เกิดขึ้นเกิดจาก

1. การเตรียมข้อมูลในการยื่นขออนุญาต ไม่ครบถ้วนทำให้เกิดการแก้ไข เกิดจากการที่ทีมวิศวกรผู้ออกแบบระบบ สังกัดเจ้าของโครงการ และผู้รับเหมา ไม่ตรวจสอบข้อกำหนดหรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องก่อนยื่นคำขออนุญาต ส่งผลให้เมื่อยื่นขออนุญาตนั้นไม่ผ่านในครั้งแรก และต้องดำเนินการแก้ไขแบบเพิ่มเติมโดยสามารถแก้ปัญหาก็ได้โดยการศึกษาข้อกำหนดของแต่ละพื้นที่ให้ชัดเจนทุกครั้งก่อนการดำเนินงาน เนื่องจาก ต่อให้เป็นการดำเนินงานในลักษณะเดียวกัน แต่ในแต่ละพื้นที่ย่อมมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรหาข้อมูลให้ชัดเจนก่อนการเริ่มงานทุกครั้ง และอาจมีการจัดทำเอกสาร Checklist เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบว่า เอกสารที่เราได้รับนั้นครบถ้วนหรือไม่ เพื่อไม่ให้เป็นการเสียเวลาในขั้นตอนการเตรียมเอกสาร
2. เนื่องจากงวดการจ่ายเงินของผู้รับเหมางานไฟฟ้าทั้งของฟาร์ม A และ ฟาร์ม B มีงวดการจ่ายเงินเพียง 3 งวด โดยสัดส่วนเป็นดังตาราง 3-3 และ 3-5 โดยสัดส่วนของงวดที่ 3 มีมูลค่าเพียง 10% ชำระเมื่อดำเนินการทำงานตามรายการงานแก้ไขแล้วเสร็จ พร้อมส่งมอบงานติดตั้ง ดำเนินการยื่นขออนุญาตและทำการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจนเสร็จสิ้น และได้รับอนุมัติใบอนุญาตที่เกี่ยวข้องครบถ้วน ซึ่งจากการที่งวดงานของงวดสุดท้ายมีมูลค่าและสัดส่วนที่น้อยกว่างวดอื่นๆ จึงทำให้ผู้รับเหมาเกิดความชะล่าใจในการดำเนินงานเกี่ยวกับการติดตาม

เอกสารในการขออนุญาต โดยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว อาจมีการปรับแก้กฎงานเพื่อให้ผู้รับเหมามีความกระตือรือร้นในการทำงานมากขึ้น

3. ปัญหาจากการขนส่งอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ผลิตจากต่างประเทศ จากการจัดเตรียมอุปกรณ์ของเจ้าของโครงการ ที่เลือกใช้อุปกรณ์ และวัสดุในการติดตั้งที่ผลิตจากต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาทางด้านการขนส่ง สามารถทำได้โดยการวางแผนการขนส่งล่วงหน้าเพื่อลดความล่าช้า และศึกษากฎระเบียบในการนำเข้าอุปกรณ์ รวมถึงเตรียมเอกสารให้ครบถ้วนเพื่อป้องกันปัญหาการนำเข้า



ลำดับ	ปัญหาที่พบ	หน่วยงานที่ก่อให้เกิดผลกระทบ	สังกัด	ช่วงที่เกิดผลกระทบ	รายละเอียดของปัญหา	รายละเอียดของผลกระทบเชิงปริมาณ		ระดับของความเสี่ยง	แนวทางในการแก้ปัญหา
						ผลกระทบด้านเวลา	ผลกระทบด้านต้นทุน		
1	การไม่ศึกษาข้อกำหนดในการยื่นขออนุญาตของพื้นที่ที่จะดำเนินการยื่นขออนุญาตให้ชัดเจน	วิศวกรผู้ออกแบบ	เจ้าของโครงการ	การออกแบบและวางแผนโครงการ	ทีมวิศวกรผู้ออกแบบระบบ ไม่ตรวจสอบข้อกำหนดและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง ให้ดีก่อนยื่นคำขออนุญาต	ในขั้นตอนการขออนุญาตฟาร์ม A ลำบากกว่าแผนงานเป็นเวลา 22 วัน ส่งผลให้กิจกรรมถัดไปไม่สามารถเริ่มต้นได้ตามกำหนด (การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์) และส่งผลกระทบต่อแผนงานโดยรวมของโครงการ	มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากต้นทุนของโครงการ เนื่องจากต้องทำการติดตั้งทางเดินสายไฟเพิ่มมูลค่าประมาณ 75,000 บาท	วิกฤต	ศึกษาข้อกำหนดของแต่ละพื้นที่ให้ชัดเจนทุกครั้งก่อนการดำเนินงาน เนื่องจาก ต่อให้เป็นการดำเนินงานในลักษณะเดียวกัน แต่ในแต่ละพื้นที่ย่อมมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรหาข้อมูลให้ชัดเจนก่อนการเริ่มงานทุกครั้ง
		วิศวกรผู้ออกแบบ	ผู้รับเหมา			ในขั้นตอนการขออนุญาตฟาร์ม B ลำบากกว่าแผนงานเป็นเวลา 23 วัน ส่งผลให้กิจกรรมถัดไปไม่สามารถเริ่มต้นได้ตามกำหนด (การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์) และส่งผลกระทบต่อแผนงานโดยรวมของโครงการ	-		มีการจัดทำรายการ Check list เพื่อตรวจสอบเช็คความครบถ้วนของข้อมูล ตั้งแต่ในช่วงสำรวจพื้นที่

ตาราง 4--3 : สรุปปัญหาจากการดำเนินงานฟาร์ม A และ B และแนวทางในการแก้ปัญหาความล่าช้าที่เกิดขึ้น

ลำดับ	ปัญหาที่พบ	หน่วยงานที่ก่อให้เกิดผลกระทบ	สังกัด	ช่วงที่เกิดผลกระทบ	รายละเอียดของปัญหา	รายละเอียดของผลกระทบเชิงปริมาณ		ระดับของความรุนแรง	แนวทางในการแก้ปัญหา
						ผลกระทบด้านเวลา	ผลกระทบด้านต้นทุน		
2	การที่วิศวกรผู้ควบคุมงานขาดความรอบคอบและความชำนาญในการควบคุมงาน	วิศวกรสนาม	เจ้าของโครงการ	การติดตั้ง	วิศวกรสนามผู้ควบคุมงานฟาร์ม A มีการคอนเฟิร์มระยะติดตั้งหมุดผิดเนื่องจากขาดความรอบคอบในการควบคุมงาน ส่งผลให้ทำการรื้อถอนอุปกรณ์ที่ติดตั้งผิดพลาดรวมถึงจัดเตรียมวัสดุและดำเนินการติดตั้งใหม่	เนื่องจากต้องใช้เวลาทำการรื้อถอนอุปกรณ์ที่ติดตั้งผิดพลาดรวมถึงจัดเตรียมวัสดุและดำเนินการติดตั้งใหม่ซึ่งทำให้ระยะเวลาการติดตั้งอุปกรณ์คลาดเคลื่อนจากแผนงานเดิมไปถึง 37 วัน ความล่าช้านี้อาจส่งผลกระทบต่อแผนงานในขั้นตอนอื่นๆ ของโครงการและทำให้เกิดความล่าช้าต่อเนื่องซึ่งส่งผลกระทบต่อกำหนดการส่งมอบงานโดยรวม	มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากต้นทุนของโครงการมูลค่าประมาณ 12,000 บาท	วิกฤต	มีการประชุมก่อนเริ่มโครงการ (Pre-Installation Meeting) ทุกครั้งเพื่อให้ทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการเข้าใจแผนงานรายละเอียดของงานรวมถึงแนวทางการดำเนินงานที่ถูกต้อง

		วิศวกร สนาม	ผู้รับเหมา	ในระหว่าง ขั้นตอนการ ดำเนินงาน ฟาร์ม B ตั้งแต่การ มาร์กจุด ติดตั้ง โครงสร้าง พบว่ามีความ บกพร่องใน การควบคุม งานของ วิศวกรผู้ ควบคุมงาน ส่งผลให้การ มาร์กจุด ติดตั้ง บริเวณช่วง กลาง ระหว่างบ่อ คอนกรีตเกิด ความ คลาดเคลื่อน ส่งผลให้ไม่ สามารถ ติดตั้ง โครงสร้าง รองรับแผง โซลาร์เซลล์ ได้ตามแบบ	จากปัญหา ดังกล่าว จำเป็นต้อง ดำเนินการ รื้อถอนหมด และ ดำเนินการ ติดตั้งใหม่ ซึ่ง คลาดเคลื่อน จาก แผนงานเดิม ไป 17 วัน ซึ่งส่งผลให้ กิจกรรม ถัดไปไม่ สามารถ เริ่มต้นได้ ตามกำหนด (การติดตั้ง แผงโซลาร์ เซลล์) และ ส่งผล กระทบต่อ แผนงาน โดยรวมของ โครงการ	มี ค่าใช้จ่าย เพิ่มขึ้น จากต้นทุน ของ โครงการ มูลค่า ประมาณ 15,000 บาท	มาก	มีการกำหนด เกณฑ์ คัดเลือก ผู้รับเหมา อย่าง รอบคอบ โดยพิจารณา คุณสมบัติที่ เป็นไปตาม มาตรฐานที่ กำหนด รวมถึง ประเมินผล งานที่ผ่านมา เพื่อให้มั่นใจ ว่าผู้รับเหมา มี ประสบการณ์ และศักยภาพ เพียงพอใน การบริหาร และควบคุม งาน อีกทั้ง ต้องมีความ รับผิดชอบต่อ ปัญหาที่อาจ เกิดขึ้นจาก หน่วยงาน ของตนเอง
--	--	----------------	------------	--	---	---	------------	---

ตาราง 4--3 : สรุปปัญหาจากการดำเนินงานฟาร์ม A และ B และแนวทางในการแก้ปัญหาความ
ล่าช้าที่เกิดขึ้น (ต่อ)

ลำดับ	ปัญหาที่พบ	หน่วยงาน ที่ ก่อให้เกิด ผลกระทบ	สังกัด	ช่วงที่ เกิดผล กระทบ	รายละเอียด ของปัญหา	รายละเอียดของ ผลกระทบเชิงปริมาณ		ระดับ ของ ความ รุนแรง	แนวทางใน การแก้ปัญหา
						ผลกระทบ ด้านเวลา	ผลกระทบ ด้านต้นทุน		
3	ปัญหาจาก การขนส่ง อุปกรณ์และ วัสดุที่ใช้ ผลิตจาก ต่างประเทศ	ผู้จัดการ โครงการ วิศวกร	เจ้าของ โครงการ	การติดตั้ง (การ จัดเตรียม อุปกรณ์ โดย เจ้าของ โครงการ)	ในการติดตั้งมี การเลือกใช้ อุปกรณ์ และ วัสดุที่ผลิต จาก ต่างประเทศ โดยความไม่ แน่นอนของ กระบวนการ ขนส่งวัสดุ และการรอ เคลียร์ของ ออกจาก ท่าเรือใช้ เวลานานกว่า ที่ประเมินไว้	จากปัญหา ดังกล่าว แผงโซลาร์ เซลล์มีการ ขนส่งถึง หน้างานช้า กว่า กำหนด 4 วัน และ โครงสร้าง รองรับแผง โซลาร์ เซลล์มีการ ผลิตที่นาน กว่า กำหนด เป็น ระยะเวลา 11 วัน	-	น้อย	วางแผนการ ขนส่งล่วงหน้า เพื่อลดความ ล่าช้า และ ศึกษา กฎระเบียบ ศุลกากรรวมถึง เตรียมเอกสาร ให้ครบถ้วนเพื่อ ป้องกันปัญหา การนำเข้า
		ฝ่ายจัดซื้อ			ในการติดตั้งมี การเลือกใช้ อุปกรณ์ และ วัสดุที่ผลิต จาก ต่างประเทศ โดยความไม่ แน่นอนของ กระบวนการ ขนส่งวัสดุ และการรอ เคลียร์ของ ออกจาก ท่าเรือใช้ เวลานานกว่า ที่ประเมินไว้		-		มีการกำหนด เกณฑ์คัดเลือก ผู้รับเหมาย่าง รอบคอบ โดย พิจารณา คุณสมบัติที่ เป็นไปตาม มาตรฐานที่ กำหนด รวมถึง ประเมินผลงาน ที่ผ่านมา เพื่อให้มั่นใจว่า ผู้รับเหมามี ประสบการณ์ และศักยภาพ เพียงพอในการ บริหารและ ควบคุมงาน อีกทั้ง ทั้งต้องมีความ รับผิดชอบต่อ ปัญหาที่อาจ เกิดขึ้นจาก หน่วยงานของ ตนเอง

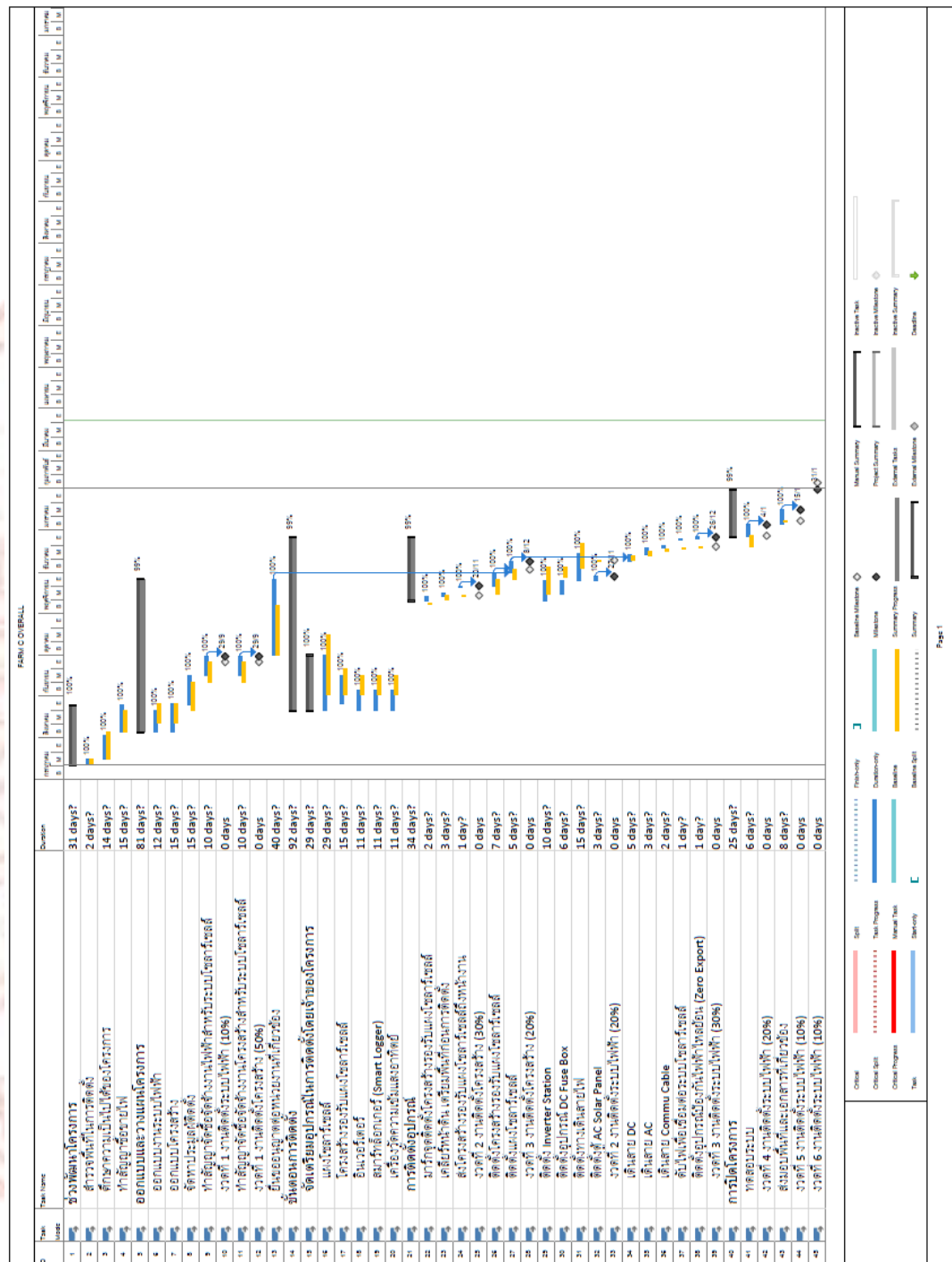
ตาราง 4-3 : สรุปปัญหาจากการดำเนินงานฟาร์ม A และ B และแนวทางในการแก้ปัญหาความ
ล่าช้าที่เกิดขึ้น (ต่อ)

4.3 ผลการปรับปรุง

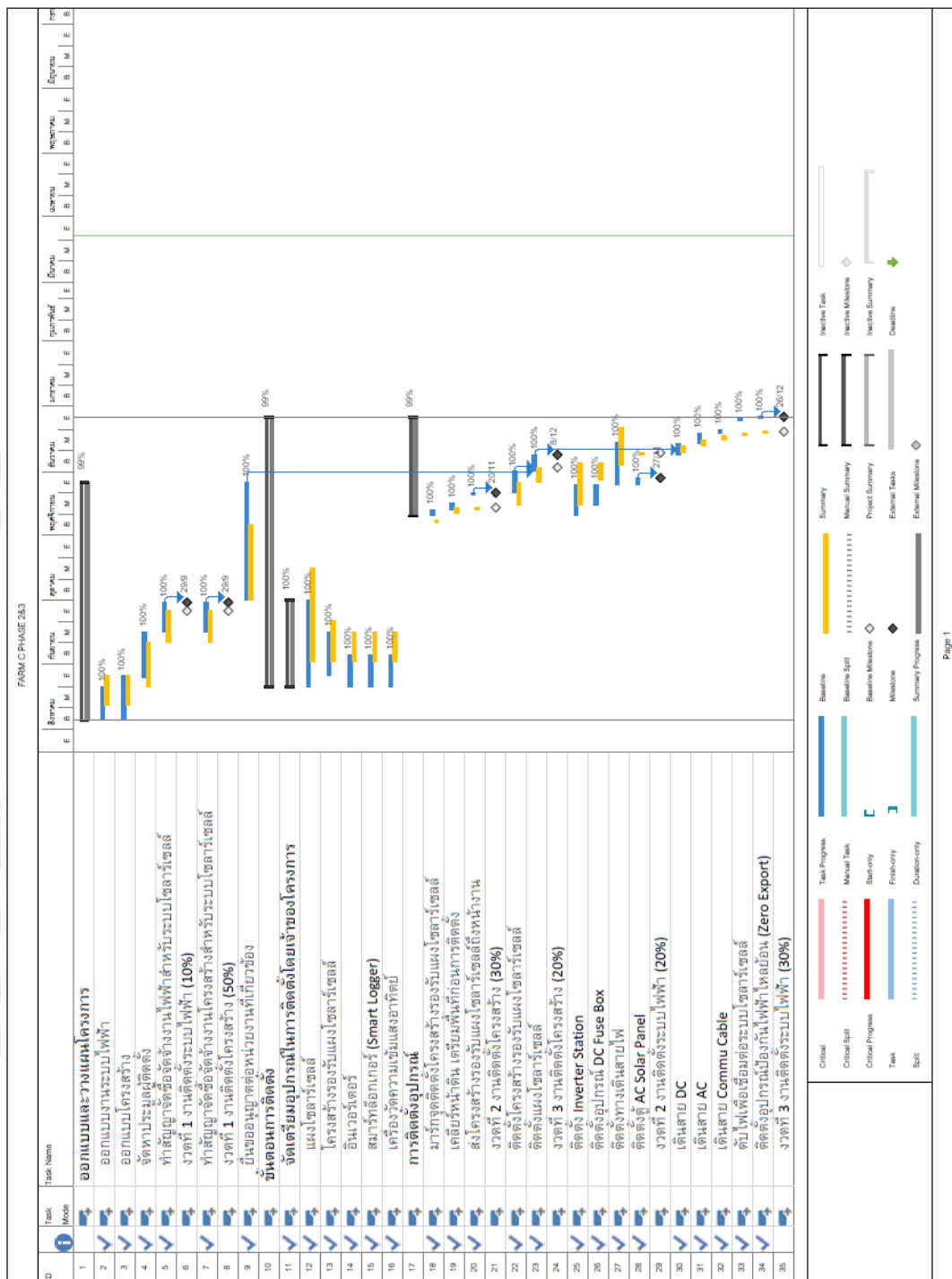
4.3.1 ผลการเก็บข้อมูลของ ฟาร์ม C

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานติดตั้งของฟาร์ม C ตั้งแต่กระบวนการพัฒนาโครงการ ออกแบบและวางแผน ดำเนินการติดตั้ง ไปจนถึงการปิดโครงการ โดยระยะเวลาในการดำเนินงาน ใช้เวลาทั้งหมด 6 เดือน (กรกฎาคม 2567 - มกราคม 2568) ซึ่งนับว่าระยะเวลาการทำงานที่เกิดขึ้นจริง สอดคล้องกับแผนการดำเนินงานที่คาดการณ์ไว้ ดังข้อมูลในภาพที่ 4-9





ภาพที่ 4-9: แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม C



ภาพที่ 4-10: แผนการดำเนินงาน ในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการและการติดตั้ง ของ ฟาร์ม C

จากการพิจารณาภาพรวมของโครงการ พบว่า ระยะเวลาการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริงสอดคล้องกับแผนงานที่คาดการณ์ไว้ โดยมีบางกิจกรรมที่ยังคงใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานนานกว่าที่คาดการณ์ไว้ ดังนี้

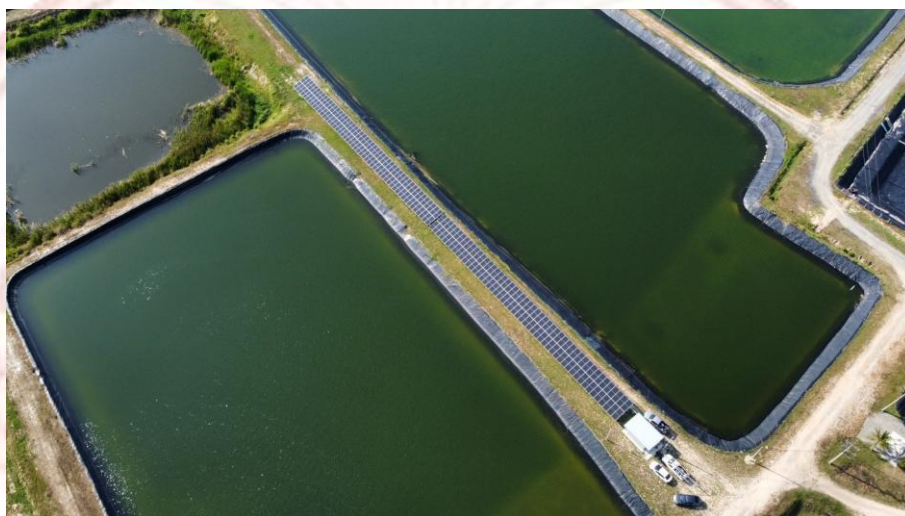
- 1 การสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้เวลานานกว่าที่กำหนดไว้เนื่องจากการรอนส่งสินค้าจากบริษัทผู้ผลิต แต่ความล่าช้าดังกล่าวยังไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการติดตั้งจึงนับว่าเป็นความล่าช้าที่สามารถยอมรับได้
- 2 เนื่องจากจากประสบการณ์ที่ผ่านมาของฟาร์ม A และฟาร์ม B พบว่าปัญหาบางประการเกิดจากวิศวกรสนามผู้ควบคุมงาน ซึ่งสังกัดผู้รับเหมา ขาดความรอบคอบและความชำนาญในการควบคุมงานติดตั้ง รวมถึงการขาดประสบการณ์ในการดำเนินการขออนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น ในขั้นตอนการพิจารณาคัดเลือกผู้ติดตั้ง จึงมีการดำเนินการอย่างเข้มงวดและใช้ระยะเวลานานกว่าที่คาดการณ์ไว้ โดยได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาที่รอบคอบยิ่งขึ้น เช่น การตรวจสอบประสบการณ์การทำงานที่ผ่านมา การพิจารณาผลงานที่เคยดำเนินการในโครงการอื่น ๆ และการสัมภาษณ์วิศวกรสนามของผู้รับเหมาเพื่อประเมินความสามารถและความเข้าใจในระบบ

และในการดำเนินงานที่ผ่านมาของฟาร์ม A และ B ได้มีการนำการวิเคราะห์ผลมาปรับใช้ ดังนี้

- 1 มีการปรับเปลี่ยนงวดของการชำระเงินเพื่อให้มั่นใจว่าผู้รับเหมาจะสามารถดำเนินงานได้ตามมาตรฐานและแผนงานที่กำหนด
- 2 มีการนำเอกสาร Checklist มาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนสำรวจพื้นที่ติดตั้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบรายการข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม รวมถึงเอกสารที่เจ้าของพื้นที่ต้องจัดเตรียม เพื่อให้ทีมวิศวกรผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ในการจัดทำแบบและดำเนินการขออนุญาต นอกจากนี้ ยังมีการตรวจสอบเอกสารอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการยื่นขออนุญาตว่ามีความครบถ้วนหรือไม่ และในการจัดทำเอกสาร Checklist ดังกล่าว ได้มีการแบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดสำหรับสำรวจหน้างาน และ ชุดสำหรับรวบรวมข้อมูล (Survey Report) ซึ่งการนำ Checklist มาใช้ช่วยให้การดำเนินงานเป็นระบบระเบียบมากขึ้น ลดความผิดพลาด และลดระยะเวลาในการดำเนินงานภาพรวมโครงการ คิดเป็น 11.24% เมื่อเทียบกับระยะเวลาการดำเนินโครงการของฟาร์ม A และ B
- 3 ขั้นตอนการพิจารณาคัดเลือกผู้ติดตั้ง มีการดำเนินการอย่างเข้มงวด โดยการตรวจสอบประสบการณ์การทำงานที่ผ่านมา การพิจารณาผลงานที่เคย

ดำเนินการในโครงการอื่น ๆ และการสัมภาษณ์วิศวกรสนามของผู้รับเหมา เพื่อประเมินความสามารถและความเข้าใจในระบบ

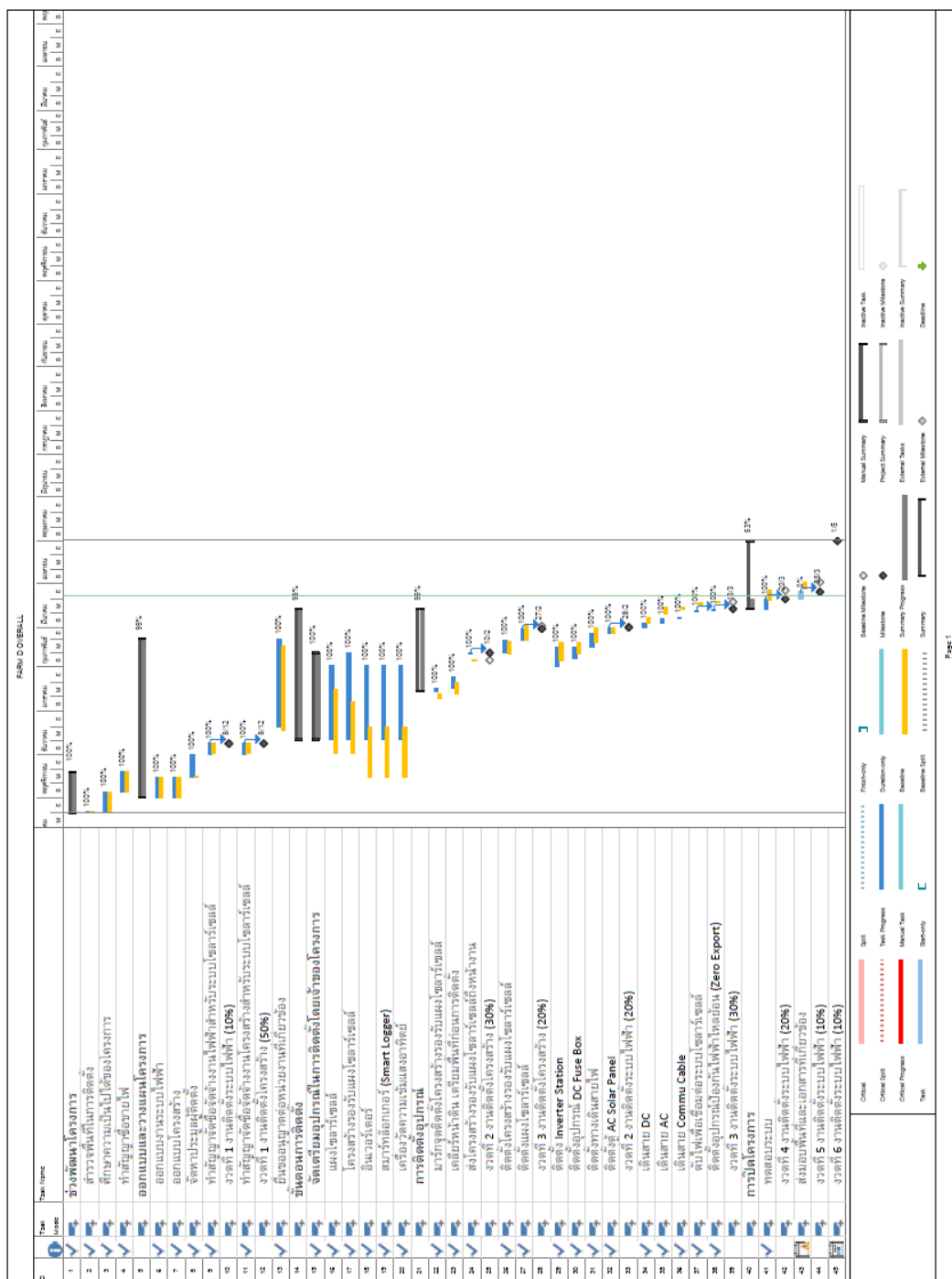
- 4 ในขั้นตอนการ ติดตั้งอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์และ DC Fuse Box เป็นกิจกรรมที่สามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องรอให้กิจกรรมก่อนหน้านี้เสร็จสิ้นก่อน ในขั้นตอนการติดตั้งผู้วิจัยจึงได้ให้ทีมผู้ติดตั้งดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ก่อนล่วงหน้า โดยเมื่อแผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งเสร็จ จะสามารถดำเนินงานเดินสาย DC และ AC ได้อย่างต่อเนื่อง



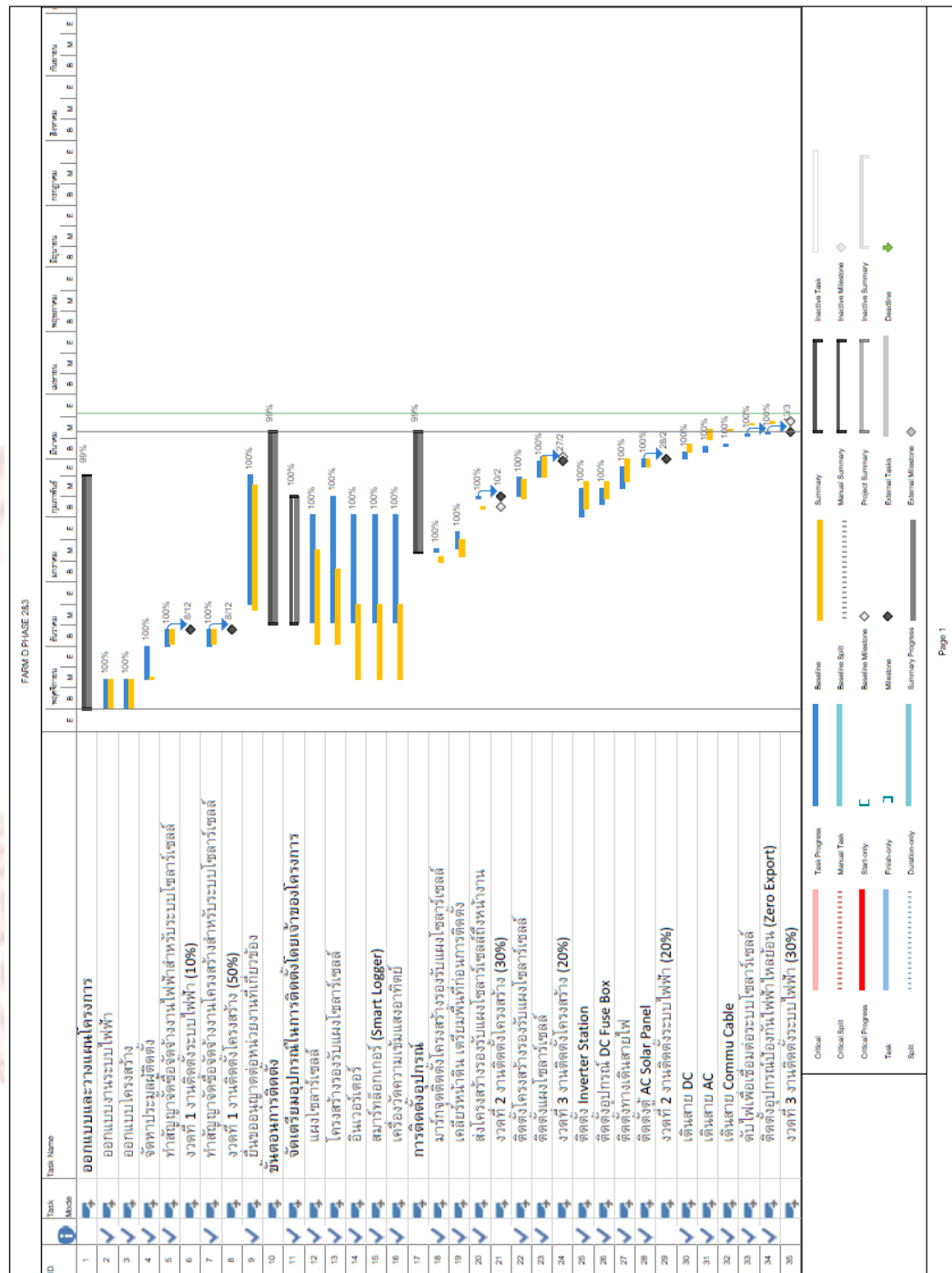
ภาพที่ 4-11: รูปภาพแสดงบริเวณที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม C

4.3.2 ผลการเก็บข้อมูลของ ฟาร์ม D

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานติดตั้งของฟาร์ม D ตั้งแต่กระบวนการพัฒนาโครงการ ออกแบบและวางแผน ดำเนินการติดตั้ง ไปจนถึงการปิดโครงการ โดยระยะเวลาในการดำเนินงาน ใช้เวลาทั้งหมด 5 เดือน (กลางเดือน ต.ค. 2567 - กลางเดือนมีนาคม 2568) ซึ่งนับว่าระยะเวลาการทำงานที่เกิดขึ้นจริง สอดคล้องกับแผนการดำเนินงานที่คาดการณ์ไว้ ดังข้อมูลในภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10: แผนการดำเนินงาน Plan เทียบกับ Actual ของฟาร์ม D



ภาพที่ 4-11 : แผนการดำเนินงาน ในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการและการติดตั้ง ของ ฟาร์ม D

จากการดำเนินงานในฟาร์มทั้งสามแห่งที่ผ่านมา ได้มีการนำแนวทางและวิธีการดำเนินงานมาปรับใช้กับฟาร์ม D เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น โดยภาพรวมระยะเวลาในการทำงานของฟาร์ม D พบว่าใช้ระยะเวลาในการทำงานน้อยลง คิดเป็น 22.09% เมื่อเทียบกับระยะเวลาการดำเนินโครงการของฟาร์ม A และ B ซึ่งส่วนหนึ่งของการที่ระยะเวลาในการดำเนินงานน้อยลง เพราะผู้รับเหมาที่ทำงานติดตั้งโครงสร้าง และงานไฟฟ้า เป็นผู้รับเหมาชุดเดียวกัน ซึ่งการทำงานในลักษณะซ้ำๆ ย่อมทำให้เกิดการเรียนรู้ ส่งผลให้ระยะเวลาการดำเนินงานฟาร์ม D สอดคล้องกับแผนที่วางไว้



รูปภาพ 4-5: รูปภาพแสดงบริเวณที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ฟาร์ม D

บทที่ 5

สรุปผล

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรค ที่ส่งผลต่อความล่าช้า ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของการติดตั้งบนพื้นดิน เพื่อวิเคราะห์ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้น และนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงงานติดตั้งที่มีลักษณะเดียวกัน ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้วิจัยได้เลือกโครงการกรณีศึกษามาทั้งหมด 4 ฟาร์ม โดยแบ่งเป็นฟาร์ม ที่ติดตั้งแล้วเสร็จและเปิดใช้ระบบเรียบร้อยแล้วจำนวน 2 ฟาร์ม และฟาร์มที่กำลังจะดำเนินการติดตั้งอีก เป็นจำนวน 2 ฟาร์ม โดยงานวิจัยนี้เป็นการเก็บรวบรวมปัญหา และอุปสรรคที่พบตั้งแต่ช่วงพัฒนา และริเริ่มโครงการ ออกแบบและวางแผน ดำเนินการติดตั้ง ไปจนถึงช่วงปิดโครงการ จากแผนการ ดำเนินงานเทียบกับการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง

5.1 สรุปผล

5.1.1 ปัญหาและอุปสรรค

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4 พบว่า ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อภาพรวมของ โครงการมากที่สุดเกิดขึ้นในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการ รวมถึงช่วงการติดตั้ง ตามลำดับ สำหรับปัญหาในช่วงของการออกแบบและวางแผนโครงการ พบว่าเกิดขึ้นใน กระบวนการออกแบบระบบ โดยสาเหตุหลักมาจากการตรวจสอบข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ เกี่ยวข้องไม่รอบคอบก่อนดำเนินการยื่นคำขออนุญาต ตลอดจนการจัดเตรียมเอกสารเพื่อยื่น ขออนุญาตต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อตรงทั้งในด้าน ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ ในส่วนของช่วงการติดตั้ง ปัญหาหลักเกิดจากความ บกพร่องของวิศวกรผู้ควบคุมงาน ทั้งจากฝ่ายเจ้าของโครงการและฝ่ายผู้รับเหมา ซึ่งขาด ความรอบคอบและความชำนาญในการกำกับดูแลงาน รวมถึงการไม่สื่อสารกันให้ดีในการ ทำงาน ส่งผลให้เกิดความล่าช้าและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อภาพรวมของโครงการน้อยที่สุดเกิดจากกระบวนการจัดเตรียมอุปกรณ์ของเจ้าของ โครงการ โดยเฉพาะการเลือกใช้อุปกรณ์และวัสดุที่ผลิตจากต่างประเทศ เช่น แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งความไม่แน่นอนของกระบวนการขนส่งวัสดุทำให้เกิดความล่าช้าในระยะเวลาของโครงการ

5.1.2 แนวทางในการปรับปรุง

โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ได้ถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการดำเนิน โครงการ C และ D ที่กำลังจะเกิดขึ้น เพื่อให้สามารถลดอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น และเพิ่ม ประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ดังนี้

- 1 จากปัญหาการไม่ศึกษาข้อกำหนดของพื้นที่ติดตั้ง ให้ชัดเจน สามารถแก้ไขได้โดยการ จัดทำเอกสาร Checklist ใช้ตั้งแต่ขั้นตอนสำรวจพื้นที่ติดตั้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ตรวจสอบรายการข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม รวมถึงเอกสารที่เจ้าของพื้นที่ต้อง

จัดเตรียม เพื่อให้ทีมวิศวกรผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ในการจัดทำแบบและดำเนินการขออนุญาต นอกจากนี้ ยังมีการตรวจสอบเอกสารอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการยื่นขออนุญาตว่ามีความครบถ้วนหรือไม่ ซึ่งการนำ Checklist มาใช้ช่วยให้การดำเนินงานเป็นระบบระเบียบมากขึ้น ลดความผิดพลาด และลดระยะเวลาในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- 2 จากการที่วิศวกรผู้ควบคุมงานขาดความรอบคอบและความชำนาญในการควบคุมงาน รวมถึงการจัดจ้างแรงงานที่ไม่มีความชำนาญ ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วนของค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรสำหรับการติดตั้งใหม่ โดยแนวทางการแก้ไขสามารถทำได้โดย การกำหนดเกณฑ์คัดเลือกผู้รับเหมาอย่างรอบคอบ โดยพิจารณาคุณสมบัติที่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด รวมถึงประเมินผลงานที่ผ่านมา เพื่อให้มั่นใจว่าผู้รับเหมา มีประสบการณ์และศักยภาพเพียงพอในการบริหารและควบคุมงาน อีกทั้งต้องมีความรับผิดชอบต่อปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากหน่วยงานของตนเอง และ ในการจัดทำวงเงินจ่ายอาจมีการปรับแก้วงเงินเพื่อให้ผู้รับเหมา มีความกระตือรือร้นในการทำงานมากขึ้น
- 3 ปัญหาจากการขนส่งอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ผลิตจากต่างประเทศ จากการจัดเตรียมอุปกรณ์ของเจ้าของโครงการ ที่เลือกใช้อุปกรณ์ และวัสดุในการติดตั้งที่ผลิตจากต่างประเทศ เพื่อป้องกันปัญหาทางด้านการขนส่ง สามารถทำได้โดยการวางแผนการขนส่งล่วงหน้าเพื่อลดความล่าช้า และศึกษากฎระเบียบในการนำเข้าอุปกรณ์รวมถึงเตรียมเอกสารให้ครบถ้วนเพื่อป้องกันปัญหาการนำเข้า

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการการศึกษาปัญหาและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดิน จำนวน 4 โครงการ ผู้วิจัยมีแนวทางในการเสนอแนะพัฒนาองค์กรเพื่อแก้ไขปัญหาที่ส่งผลต่อการดำเนินโครงการ ดังนี้

1 การศึกษาข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการขออนุญาตอย่างสม่ำเสมอ

ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องปฏิบัติตามกฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องอย่างปฏิเสธไม่ได้ เช่น พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร การขออนุญาตก่อสร้างจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และการขอเชื่อมต่อระบบกับการไฟฟ้า ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางกฎหมายหรือระเบียบข้อบังคับอาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา หากไม่มีการติดตามข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน อาจทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินงาน โดยสามารถติดตามข้อมูลได้ผ่านทางเว็บไซต์ของระบบบริหารจัดการข้อมูลผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (<https://ppim.pea.co.th/project/solar/detail>) หรือในบางกรณีอาจต้องมีการแก้ไขแบบแปลนใหม่ ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น องค์กรควรกำหนดให้มีทีมงานเฉพาะด้านกฎหมายและการอนุญาตที่คอยศึกษาและติดตามข้อมูลล่าสุด รวมถึงจัดทำคู่มือหรือแนวปฏิบัติที่ชัดเจนเกี่ยวกับการขออนุญาตในแต่ละพื้นที่ เพราะการมีฐานข้อมูลของกฎหมายและ

ระเบียบที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกระบวนการขออนุญาตในแต่ละเขตพื้นที่ จะช่วยให้สามารถวางแผนการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาความล่าช้า และเพิ่มความน่าเชื่อถือขององค์กรในสายตาของลูกค้าและหน่วยงานกำกับดูแล

2 การควบคุมตรวจสอบงานอย่างสม่ำเสมอ

การควบคุมคุณภาพและตรวจสอบงานติดตั้งเป็นสิ่งสำคัญในการลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับโครงการ การละเลยการตรวจสอบอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดด้านเทคนิคหรือปัญหาด้านความปลอดภัย ซึ่งอาจส่งผลให้ต้องมีการแก้ไขซ้ำซ้อน ทำให้เกิดต้นทุนที่สูงขึ้นและระยะเวลาการติดตั้งที่ยาวนานขึ้น ควรกำหนดให้มีการตรวจสอบเป็นระยะ เช่น การตรวจสอบคุณภาพของวัสดุและอุปกรณ์ก่อนติดตั้ง การตรวจสอบโครงสร้างรองรับแผงโซลาร์ให้มั่นคงแข็งแรง รวมถึงการตรวจสอบความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าหลังการติดตั้ง การจัดทำแผนการตรวจสอบที่ครอบคลุมทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ การติดตั้ง ไปจนถึงการทดสอบระบบไฟฟ้า จะช่วยให้สามารถระบุปัญหาได้ตั้งแต่เนิ่นๆ และแก้ไขได้ทันที นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยี เช่น ซอฟต์แวร์บริหารโครงการมาใช้ในการติดตามความคืบหน้าและตรวจสอบคุณภาพงานจะเพิ่มความแม่นยำ ลดโอกาสเกิดข้อผิดพลาด และปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3 การแก้ไขปัญหาด้านการประสานงานระหว่างสังกัด

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เกี่ยวข้องกับหลายฝ่าย เช่น เจ้าของโครงการ วิศวกรออกแบบ ผู้รับเหมา หน่วยงานราชการ และการไฟฟ้า หากการสื่อสารและการประสานงานไม่มีประสิทธิภาพ อาจทำให้เกิดความเข้าใจผิด และการทำงานที่ไม่สอดคล้องกับแผนที่วางไว้ ตัวอย่างของปัญหาด้านการประสานงาน เช่น ข้อมูลแบบแปลนหรือสเปคของอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง การไม่ได้รับอนุมัติจากหน่วยงานกำกับดูแลตามกำหนด หรือความล่าช้าในการสั่งซื้ออุปกรณ์ ควรมีการประชุมติดตามความคืบหน้าโครงการอย่างสม่ำเสมอ และมีแพลตฟอร์มกลางสำหรับการสื่อสารระหว่างทีมงาน และอาจมีการกำหนดผู้รับผิดชอบแต่ละส่วนงานให้ชัดเจนและมีแผนการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดปัญหาด้านการประสานงาน และเพิ่มความคล่องตัวในการดำเนินโครงการ

บรรณานุกรม

- [1] วิสูตร จิระดำเกิง, 2552. การบริหารงานก่อสร้าง. สำนักพิมพ์วรรณกิจ, หน้า ที่ 19-40
- [2] กณวรรธ มุลพฤษ, 2556. การศึกษาปัจจัยความล่าช้าระหว่างผู้รับเหมางานโครงสร้างและสถาปัตยกรรมกับผู้รับเหมางานระบบในงานก่อสร้างอาคารอุตสาหกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมและการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] ภัทร์มลญา กุลละวณิชย์, 2561. ปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในงานโครงการ กรณีศึกษา บริษัทพลังงานแสงอาทิตย์แห่งหนึ่ง, การค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [4] ณภัตชา วัตรวิสัย, 2564. การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าจากการบริหารงานก่อสร้างของผู้รับเหมาในโครงการสนามบิน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมและการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [5] ธนวัฒน์ เลิศกิจจานุวัฒน์, 2565. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าในการส่งมอบระบบสุขาภิบาลและดับเพลิงอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ, การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [6] พรทิวา บัวแดง และ สุชญญา โปษะนันทน์, 2566. ปัญหาในการบริหารงานก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของงานโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้า, การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [7] ศุภกิจ ยุติมิตร, 2567. การศึกษาปัญหาในกระบวนการติดตั้งและการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์บนหลังคา กรณีศึกษาห้างธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่, การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [8] ณัฐณพัชร์ อ่อนตาม, 2562. เทคนิคบริหารงานแบบ PDCA (Deming Cycle), วารสารสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษาแห่งประเทศไทย

[9] เอสซีจีสมาร์ทลิฟวิ่ง (2567). [ออนไลน์] โซลาร์ (Solar) มีกี่ระบบ ต่างกันยังไง ติดหลังคา โซลาร์ต้องใช้แบบไหน? [สืบค้นวันที่ 8 ตุลาคม 2567] จาก

[10] โอริกซ์. (2566). [ออนไลน์] Private PPA หรือ ลงทุนเองดี? [สืบค้นวันที่ 16 ตุลาคม 2567] จาก <https://www.orix.co.th/th/private-ppa-or-self-investment-solar-lease/energy-saving/>



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวรัชชา วาณิชปัญญา
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การศึกษาปัญหาและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนพื้นดิน
สาขาวิชา	การบริหารงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
ประวัติ	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (หลักสูตรนานาชาติ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

