Supported by:
CASE for Southeast Asia
Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action
IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE
on the basis of a decision by the German Bundestag

ข้อเสนอแนะด้านนโยบายและกฎระเบียบเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
SGtech Naresuan University

สารบัญ

1. บทนำ

1.1 ที่มาของแนวคิดการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Agrivoltaics) 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5

1.3 คำนิยามและขอบเขต 5

1.4 ภาพรวมของรายงาน 5

2. กรอบแนวคิดด้านนโยบาย กฎระเบียบและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับ Agrivoltaics ของประเทศไทย

2.1 ภาคเกษตรกรรม 8

2.2 ภาคพลังงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 11

2.3 ภาคการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดที่ดิน 17

3. บทเรียนจากต่างประเทศ

3.1 เอเชีย 25

3.2 ยุโรป 51

3.3 สหรัฐอเมริกา 70

4. แนวทางการส่งเสริมและสนับสนุน Agrivoltaics เพื่อลดช่องว่างและอุปสรรคด้านเกษตรกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดิน และพลังงาน 80

5. ข้อเสนอแนะด้านนโยบาย กฎระเบียบและข้อบังคับของ Agrivoltaics

5.1 กรอบนโยบายในการส่งเสริมและสนับสนุน 87

5.2 แนวทางการกำหนดกฎระเบียบและข้อบังคับในการกำกับและดูแล 89

5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 91

เอกสารอ้างอิง 92

Image: Sun'Agri

จัดจ้างโดย :

องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ)

บริบทของ CASE :

โครงการพลังงานสะอาดเข้าถึงได้ และมั่นคงภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือ Clean Affordable and Secure Energy for Southeast Asia (CASE) ภายใต้การดำเนินงานขององค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) ได้รับทุนสนับสนุนจากกระทรวงเศรษฐกิจและการดำเนินการด้านสภาพภูมิอากาศ สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี (BMWK) ให้ดำเนินงานโดยมีเป้าหมายเพื่อขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงในภาคพลังงานในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อมุ่งสู่การบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โครงการนี้มุ่งเน้นไปที่ 4 ประเทศที่มีประชากรมากที่สุดในภูมิภาค ได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย เวียดนาม ไทย และฟิลิปปินส์ ผ่านการเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่อิงหลักฐานเชิงประจักษ์ให้กับผู้กำหนดนโยบายที่กำลังเผชิญหน้าความท้าทาย และสร้างการสนับสนุนทางสังคมต่อวิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้นในภูมิภาค โดยใช้แนวทางการค้นหาข้อเท็จจริงร่วมกัน เพื่อลดขอบเขตของความเห็นต่างผ่านการมีส่วนร่วมของการวิเคราะห์และอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้ CASE ยังมุ่งสนับสนุนการประสานงานในภาคพลังงานของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยให้การสนับสนุนด้านเทคนิคและนโยบาย และสนับสนุนการหารือเชิงนโยบายเกี่ยวกับประเด็นด้านพลังงาน

ผู้เขียน :

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนเรศวร (SGtech)

จัดทำโดย :

รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ เกตุจ้อย
รองศาสตราจารย์ ดร.ประพิธาร์ ธนารักษ์
ดร.บงกช ประสิทธิ์
นายวิกานต์ วันสูงเนิน
นายสาธิต บรรทึก
นางสาวอันธิกา เพชรี
นายธีระพล ปานโพธิ์
นายสุรนาท แซ่ย่าง
นางสาวเต็มสิริ พรมพุก

ติดต่อโครงการ:

Sascha Oppowa (GIZ)
sascha.oppowa@giz.de

กิตติกรรมประกาศ :

คณะนักวิจัยขอขอบคุณ โครงการ CASE ประเทศไทยที่สนับสนุนการศึกษาในหัวข้อ Agrivoltaics นี้ และขอขอบพระคุณผู้มีเกียรติ ตัวแทนจากภาคส่วนต่างๆ ที่เข้าร่วมในการประชุมกลุ่มย่อยขนาดเล็ก การประชุมกลุ่มย่อย และการร่วมแสดงความคิดเห็นทวนสอบสิ่งที่ได้จากการศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงลึกที่มีความสำคัญในการสนับสนุนงานวิจัยนี้ โดยมีรายนามหน่วยงาน ดังต่อไปนี้ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม (สส.) กรมพัฒนาที่ดิน (พ.ด.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กรมโยธาธิการและผังเมือง กรมวิชาการเกษตร (กวก) กรมส่งเสริมการเกษตร (กสก.) กลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานหมุนเวียน สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (ทีดีอาร์ไอ) สมาคมพลังงานหมุนเวียนไทย (อาร์อี100) สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) และหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

คณะนักวิจัยโครงการขอขอบคุณทีมงาน และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ร่วมให้ข้อมูลเชิงลึก ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณศิรินุช ระย้า (GIZ), คุณปิ่น ยั่งยืนตระกูล (GIZ) และคุณฐิติกร ศรีชมภู (GIZ)

ช่องทางการติดต่อ CASE

https://caseforsea.org/
https://www.facebook.com/CASEforSEA
https://twitter.com/CASEforSEA
https://www.linkedin.com/company/caseforsea

คำชี้แจง :

การตีความ สรุปผลการศึกษา ความคิดเห็นและมุมมองที่ปรากฏในรายงานฉบับนี้ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลของคณะนักวิจัย (SGtech) ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นจากข้อคิดเห็นของผู้ให้ทุน และ GIZ ทั้งนี้ ผู้ให้ทุนและ GIZ ไม่รับประกันความถูกต้องหรือความครบถ้วนของข้อมูลในรายงานฉบับนี้ และไม่รับผิดชอบต่อข้อผิดพลาด หรือข้อเสียหายที่เกิดขึ้น

1

บทนำ

1.1 ที่มาของแนวคิดการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Agrivoltaics)

Agrivoltaics คือ การบูรณาการการทำเกษตรกรรม[1][1] ร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหนือพื้นที่หรือระหว่างพื้นที่ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการผลักดันประเทศไทยไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ในฐานะประเทศเกษตรกรรม [2] ที่มีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์ [3] การบูรณาการพื้นที่นั้นจึงเป็นหนึ่งในทางเลือกเพื่อส่งเสริมการผลิตทางการเกษตรและการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตตย์ในพื้นที่การเกษตรยังเป็นนวัตกรรมที่สามารถจัดการกับความท้าทายหลายประการที่ประเทศกำลังเผชิญ เช่น ความไม่แน่นอนของผลผลิตทางการเกษตร การเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานหรือทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับภาคการเกษตร ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความต้องการพลังงานหมุนเวียน และความเสี่ยงต่างๆ ที่เกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การนำ Agrivoltaics ไปใช้ ให้ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าแก่เกษตรกร การสนับสนุนการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ และการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ นับได้ว่า **นวัตกรรมนี้เป็นหนึ่งในนวัตกรรมที่ประเทศไทยควรให้ความสำคัญ** อย่างไรก็ดีประเด็นสำคัญสำหรับประเทศไทยนั้น คือ การพัฒนาให้เกิดความรู้ ความเข้าใจด้านประโยชน์ของ Agrivoltaics แก่ประชาชน โดยเฉพาะเกษตรกร หรือผู้ที่ทำอาชีพด้านเกษตรกรรม[3] ทางคณะวิจัยยังเล็งเห็นว่านอกจาก Agrivoltaics จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเปลี่ยนมาใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แทนการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งการไฟฟ้า หรือเครื่องปั่นไฟที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในระยะยาว เพราะเกษตรกรสามารถผลิตไฟฟ้าได้เองในพื้นที่ การบูรณาการนี้นับเป็นหนึ่งในแนวทางที่ช่วยให้ผู้คนเข้าถึงไฟฟ้าได้มากขึ้น และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะพืชที่ไม่ชอบแสง อีกทั้งช่วยลดปริมาณการให้น้ำกับพืชได้ [4] รายละเอียดดังต่อไปนี้

[1] เกษตรกรรม หมายถึง การใช้ที่ดินเพาะปลูกพืชต่างๆ รวมทั้งการเลี้ยงสัตว์ การประมง และการป่าไม้ (เกษตรผสมผสาน)

การใช้ที่ดินแบบคู่ขนาน : การจัดการที่ดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เกิดประสิทธิภาพ

ถึงประเทศไทยไม่มีปัญหาที่ดินจำกัด แต่งานวิจัยจากประเทศอื่นๆ ชี้ให้เห็นว่า Agrivoltaics สามารถช่วยลดปัญหาการใช้ที่ดินอย่างไม่มีประสิทธิภาพ [5] เช่น การใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมทางเกษตรกรรมเพียงอย่างเดียว ดังนั้น Agrivoltaics จึงเป็นหนึ่งในแนวทางสำหรับการใช้ที่ดินให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่ การดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การส่งเสริมการใช้ที่ดินแบบคู่ขนานนี้ช่วยให้ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาพลังงานหมุนเวียน : สนับสนุนการเปลี่ยนผ่านพลังงาน

เนื่องจากประเทศไทยมีเป้าหมายในการเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 [6] และมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทางคณะวิจัยจึงเห็นว่าการส่งเสริมโครงการ Agrivoltaics มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เหล่านี้ โดยมุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านการใช้พลังงานในภาคเกษตรกรรม จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือไฟฟ้าจากสายส่ง มาเป็นการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่บนพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้ การดำเนินโครงการ Agrivoltaics ยังสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้แก่ประเทศได้อีกด้วย

การบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Agrivoltaics ยังมีบทบาทสำคัญที่สามารถส่งเสริมการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้ เช่น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการเพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนและการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง นอกจากนี้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเหนือพื้นที่เกษตรกรรมยังสามารถช่วยลดการระเหยของน้ำจากดิน ช่วยลดความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านไปที่ผิวดินโดยตรง [7] และยังสามารถติดตั้งที่รองรับน้ำที่ขอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเก็บน้ำค้างหรือน้ำฝนจากแผงเซลล์ฯ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในภูมิภาคที่เสี่ยงต่อภาวะแห้งแล้ง เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือตอนบน [8] ด้วยเหตุนี้ ประโยชน์ของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการช่วยรักษาความชื้นในดิน ทำให้ Agrivoltaics เป็นทางเลือกที่ยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับภาคเกษตรกรรมของประเทศไทย

ประโยชน์ทางเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกร : การยกระดับความเป็นอยู่

สำหรับเกษตรกรไทย Agrivoltaics ถือเป็นโอกาสในการเพิ่มแหล่งรายได้ โดยเกษตรกรสามารถจัดการที่ดินของตนเองให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ยกตัวอย่างเช่น การให้เช่าที่ดิน หรือร่วมลงทุนกับภาคเอกชนหรือภาครัฐเพื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ของตน การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้เองเป็นการลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรด้านค่าไฟฟ้าแทนการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หรือแทนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการสูบน้ำในกิจกรรมทางเกษตรกรรม ทั้งนี้ อาจรวมถึงรายได้เสริมจากการขายไฟฟ้าคืนให้กลับการไฟฟ้าส่วนจำหน่าย ทั้งหมดนี้คือ ประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้พื้นที่เพื่อดำเนินโครงการ Agrivoltaics

ทางคณะวิจัยเล็งเห็นว่า การบูรณาการการทำเกษตรกรรม ร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ควรเริ่มจากพื้นที่ที่มีผลผลิตเกษตรกรรมต่อพื้นที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ซึ่งข้อมูลนี้สามารถอ้างอิงได้จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [9] ที่มีการรวบรวมข้อมูลไว้ โดยสาเหตุของผลผลิตเกษตรกรรมต่อพื้นที่ที่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตอาจเกิดจากปัจจัย เช่น ราคาตลาดที่ผันผวนหรือสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย เพราะฉะนั้นการลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรทางด้านพลังงานหรือการมีรายได้เสริมจากการขายไฟฟ้า จาก Agrivoltaics อาจเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นทางเศรษฐกิจของเกษตรกรในระยะยาวได้

ผลผลิตทางเกษตรกรรมที่ดีขึ้น :ประโยชน์ต่อการผลิตทางการเกษตร

หากมีการเลือกกิจกรรมทางเกษตรกรรมที่เหมาะสม เช่น ประเภทและชนิดของพืช อาจทำให้ Agrivoltaics ส่งผลดีต่อการผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพอากาศที่ร้อนและมีแดดจัดของประเทศไทย การบังแดดบางส่วนจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถปกป้องพืชผลหรือสัตว์จากความร้อนที่มากเกินไป ลดความเครียดของพืชและสัตว์จากการสูญเสียน้ำ และสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะแก่การเจริญเติบโต เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อพืชที่ไม่ต้องการอุณหภูมิสูงหรือแดดจัด ดังนั้นการใช้ Agrivoltaics จะทำให้พืชเหล่านี้มีผลผลิตทางการเกษตรที่ดีขึ้น

การพัฒนาชนบท : การส่งเสริมโครงสร้างพื้นฐานและคุณภาพชีวิต

Agrivoltaics เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้เกิดการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ชนบทผ่านการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งนำไปสู่การเข้าถึงไฟฟ้าในพื้นที่ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้านี้ยังให้ผลเชิงบวกต่อคุณภาพชีวิตของผู้คนในพื้นที่ชนบทได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยีและแนวปฏิบัติเข้ามาใช้ ยังสามารถกระตุ้นการพัฒนาเศรษฐกิจและนวัตกรรมในพื้นที่ เช่น การพัฒนาพื้นที่ของ Agrivoltaics ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น

การสนับสนุนนโยบายและโอกาสในการวิจัย

Agrivoltaics สามารถสร้างโอกาสในการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเกษตรกรรมซึ่งเป็นภาคส่วนสำคัญของประเทศไทย ความร่วมมือระหว่างเกษตรกร นักวิชาการ ภาคอุตสาหกรรม และภาครัฐจะช่วยขับเคลื่อนความก้าวหน้าทั้งในด้านการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอาจส่งผลให้ประเทศไทยเป็นผู้นำในด้านการเกษตรที่ยั่งยืนและการใช้พลังงานหมุนเวียน

ด้วยเหตุนี้ ภาครัฐควรต้องตระหนักถึงศักยภาพของ Agrivoltaics และควรสนับสนุนผ่านนโยบายและสิ่งจูงใจต่างๆ ที่มุ่งส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน การสนับสนุนนโยบายเหล่านี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำ Agrivoltaics ไปใช้อย่างแพร่หลายทั่วประเทศไทย

โดยสรุป Agrivoltaics เป็นทางเลือกที่ครอบคลุมสำหรับการแก้ไขความท้าทายเร่งด่วนหลายประการของประเทศไทย อันได้แก่ การบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การจัดการที่ดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาพลังงานหมุนเวียน การเพิ่มผลผลิตทางเกษตรกรรม การเพิ่มประโยชน์ทางเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกร และการเติบโตทางเศรษฐกิจในชนบท ขณะเดียวกัน ประเทศไทยยังสามารถดำเนินการตามเป้าหมายการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานและการพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้น Agrivoltaics จึงมีบทบาทสำคัญในการกำหนดอนาคตของภาคเกษตรกรรมและพลังงาน

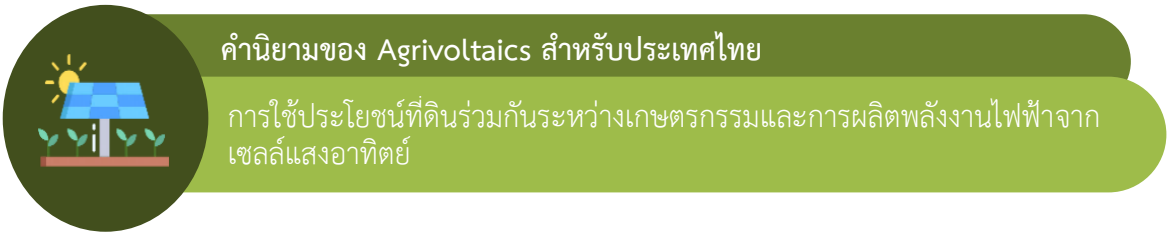
สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ ทางโครงการพลังงานสะอาด เข้าถึงได้ และมั่นคงภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือ Clean Affordable and Secure Energy for Southeast Asia (CASE) ภายใต้การดำเนินงานขององค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) พร้อมทั้งคณะวิจัยเล็งเห็นว่าประเทศไทยยังขาดข้อมูลและมีโอกาสในการพัฒนาด้านนโยบาย และกฎระเบียบที่ส่งเสริมการบูรณาการการทำเกษตรกรรมร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในรายงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการเสนอแนะทางด้านนโยบายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการบูรณาการการทำเกษตรกรรมร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Agrivoltaics)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเตรียมความพร้อมและหาแนวทางในการพัฒนานโยบาย กฎระเบียบ และข้อบังคับ สำหรับการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Agrivoltaics) ของประเทศไทย

1.3 คำนิยามและขอบเขต

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดคำนิยามและขอบเขตของ Agrivoltaics คณะวิจัยอ้างอิงคำนิยามของต่างประเทศ [3] และนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยที่เน้นกิจกรรมของเกษตรกรรม



ขอบเขตของ Agrivoltaics

ระบบเดิม (Brownfield) – เป็นการส่งเสริมการใช้พื้นที่เดิมที่มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเลือกเกษตรกรรมที่เหมาะสมกับพื้นที่ ไม่สร้างผลกระทบและไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหรือทำให้เกิดการลงทุนเพิ่มกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เดิม

ระบบใหม่ (Greenfield) – เป็นการส่งเสริมระบบ Agrivoltaics โดยเลือกจากพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมอยู่แล้ว หรือเลือกจากพื้นที่ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน

โดย Agrivoltaics ควรมีการกำหนดสัดส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินทางเกษตรกรรมที่มากกว่าการผลิตพลังงาน โดยยกตัวอย่างเช่น สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีซึ่งมีการกำหนดสัดส่วนพื้นที่เกษตรกรรมต่อพลังงานอยู่ที่ร้อยละ 66 ต่อร้อยละ 34 หรือ สาธารณรัฐอิตาลีที่ร้อยละ 70 ต่อร้อยละ 30 เป็นต้น

1.4 ภาพรวมของรายงาน

รายงานฉบับนี้ประกอบด้วยบทนำที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและความพร้อมในการส่งเสริม Agrivoltaics ของประเทศไทย ในบทที่ 2 เป็นการนำเสนอนโยบายและมาตรการต่างๆ ทางด้านเกษตรกรรม การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอยู่ในปัจจุบัน บทที่ 3 เป็นการศึกษาบทเรียนจากต่างประเทศที่มีการใช้ Agrivoltaics บทที่ 4 เป็นการเสนอแนวทางในการการส่งเสริมและสนับสนุน Agrivoltaics จากการลดช่องว่างและอุปสรรคที่เกี่ยวข้อง และบทที่ 5 ข้อเสนอแนะทางด้านนโยบาย กฎระเบียบและข้อบังคับสำหรับประเทศไทย

2

กรอบแนวคิดด้านนโยบาย กฎระเบียบและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับ Agrivoltaics ของประเทศไทย

การส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Agrivoltaics) ในประเทศไทย เกี่ยวข้องกับนโยบาย กฎระเบียบ ข้อบังคับและมาตรการในสามภาคส่วนหลัก ได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคพลังงาน และ ภาคการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยในการศึกษานี้ได้มีการรวบรวมกรอบแนวคิดด้านนโยบาย กฎระเบียบและข้อบังคับในปัจจุบันที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนา Agrivoltaics ดังนี้

เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก ทุกประเทศจึงมีความพยายามในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประเทศไทยมีการกำหนดเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี พ.ศ. 2593 เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี พ.ศ. 2608 และแสดงเจตนารมณ์ “การมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด” หรือ Nationally Determined Contributions (NDCs) อันเป็นกลไกสำคัญในการวางข้อกำหนดแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ซึ่งประเทศไทยจำเป็นต้องแจ้งข้อมูลบัญชีแสดงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ เพื่อรายงานความคืบหน้าต่อสำนักเลขาธิการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ทุกๆ 2 ปี [10] นอกจากนี้ องค์การสหประชาชาติมีการจัดทำเป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนหรือ Sustainable Development Goals (SDGs) ทั้งหมด 17 เป้าหมาย โดยเป้าหมายหลักที่เกี่ยวข้องกับ Agrivoltaics ได้แก่ เป้าหมายที่ 2 คือ ยุติความหิวโหย บรรลุความมั่นคงทางอาหารและยกระดับโภชนาการ และส่งเสริมเกษตรกรรมที่ยั่งยืน ซึ่งมีเป้าประสงค์ที่ 2.4 คือ สร้างหลักประกันระบบการผลิตที่ยั่งยืนและสามารถนำไปปรับใช้ในระบบการเกษตรที่สามารถเพิ่มผลผลิตและการผลิตได้ ช่วยรักษาระบบนิเวศที่เพิ่มความเข้มแข็งในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สภาพอากาศที่รุนแรง ความแห้งแล้ง น้ำท่วมและภัยพิบัติอื่นๆ ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อคุณภาพพื้นที่และดิน ภายในปี พ.ศ. 2573 [11]

เป้าหมายที่ 7 การสร้างหลักประกันว่าทุกคนเข้าถึงพลังงานสมัยใหม่ในราคาที่สามารถซื้อหาได้ เชื่อถือได้และยั่งยืน โดยมีเป้าประสงค์ย่อย 7.2 คือ เพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนในสัดส่วนพลังงานของโลก (global energy mix) ภายในปี พ.ศ. 2573 และเป้าหมายที่ 13 ปฏิบัติการอย่างเร่งด่วนเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งเป้าประสงค์ที่ 13.2 บูรณาการมาตรการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในนโยบาย ยุทธศาสตร์และการวางแผนระดับชาติ

ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจก 373,000,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2e) โดยภาคพลังงานและขนส่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ร้อยละ 70 รองลงมาคือ ภาคเกษตรกรรม ร้อยละ 15 [10, 12] ประเทศไทยได้แสดงความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคพลังงานและภาคเกษตรกรรม สำหรับ Agrivoltaics นั้น ถือเป็นการดำเนินกิจกรรมที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน จากการศึกษายังพบว่า ภาคพลังงานมีการบรรจุการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นส่วนหนึ่งในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP) และนโยบายด้านพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย [13]

สำหรับภาคการเกษตร ตามข้อเสนอแนะมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจไทย ซึ่งเป็นผลการศึกษาจากการดำเนินงานของโครงการไทยไรซ์ นามา (Thai Rice NAMA) หนึ่งในโครงการความร่วมมือระหว่างกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) ประจำประเทศไทย ร่วมกับสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI) [14] ได้แบ่งแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีประสิทธิภาพควรดำเนินควบคู่กับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร โดยแบ่งมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ระยะ ตามความพร้อมและต้นทุนทางด้านเทคโนโลยี ประกอบด้วยหนึ่ง มาตรการระยะสั้น ซึ่งเป็นมาตรการที่ดำเนินการได้ทันทีและคืนทุนเร็ว เช่น การนำมูลสัตว์มาทำก๊าซชีวภาพในภาคเกษตร การใช้พลังงานหมุนเวียนผลิตไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ในอาคาร เป็นต้น สอง มาตรการระยะกลาง ซึ่งในปัจจุบันยังมีต้นทุนสูง แต่จะคุ้มทุนในอนาคตเนื่องจากต้นทุนทางด้านเทคโนโลยีมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว เช่น การปรับสูตรอาหารสัตว์เพื่อลดก๊าซมีเทนในภาคเกษตร เป็นต้น และ สาม มาตรการระยะยาว ซึ่งต้องรอพัฒนาการทางเทคโนโลยี เช่น การพัฒนาพันธุ์สัตว์หรือวัคซีนเพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทนในภาคเกษตร เป็นต้น ทั้งนี้ **คณะวิจัยพิจารณาว่า Agrivoltaics จะสามารถถูกจัดเข้ามาเป็นหนึ่งในมาตรการระยะสั้นได้** รายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 5

จะเห็นได้ว่า Agrivoltaics เป็นหนึ่งในนวัตกรรมที่สามารถเข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การผลักดันด้านนโยบาย กฎระเบียบข้อบังคับและมาตรการในปัจจุบัน เพื่อหาแนวทางสนับสนุนและส่งเสริมการนำ Agrivoltaics มาใช้ในประเทศไทย

จึงจำเป็นยิ่ง ในบทที่ 2 นี้ ทางคณะวิจัยทำการศึกษาด้านนโยบาย กฎระเบียบข้อบังคับ และมาตรการจากทางภาครัฐที่เกี่ยวข้องและมีอยู่แล้ว ณ วันที่จัดทำรายงาน ในแต่ละภาคส่วนที่ส่งเสริมให้มี Agrivoltaics ได้แก่

2.1 ภาคเกษตรกรรม

นโยบายปัจจุบันทางด้านเกษตรกรรมมีส่วนสนับสนุนการดำเนินโครงการ Agrivoltaics ดังนี้ **นโยบายสำคัญด้านเกษตรกรรม ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประกาศเมื่อ พ.ศ. 2566** [15] ได้แก่

นโยบาย: เน้นการสร้างวิธีการทำงานสู่การปฏิบัติ ได้แก่

1) การจัดตั้งศูนย์บริการประชาชนภาคการเกษตร โดยเป็นศูนย์บริการร่วมที่ครอบคลุมทุกจังหวัด เพื่ออำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรและประชาชน ในการติดต่อสอบถาม และรับเรื่องร้องเรียน คลายทุกข์ให้แก่เกษตรกร ณ ศูนย์บริการร่วมเพียงแห่งเดียว

ข้อเสนอแนะต่อนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ เสนอนแนะให้มีการรวบรวมข้อมูลข่าวสารหรือ เบอร์ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ ช่าง หรือฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการดูแลโครงการ Agrivoltaics และจัดเตรียมข้อมูลเหล่านี้ไว้ที่ศูนย์บริการประชาชนภาคเกษตร

2) สร้างครอบครัวเกษตร บูรณาการงานเข้มแข็ง เน้นการทำงานแบบครอบครัวภายใต้การดูแลของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่เข้มแข็ง โดยเน้นการทำงานเป็นทีมแบบบูรณาการที่มีประสิทธิภาพ ด้วยความมุ่งมั่น ร่วมแรงร่วมใจเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน

ข้อเสนอแนะต่อนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน เสนอแนะให้หน่วยงานภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีการนำแนวคิดหรือโครงการ Agrivoltaics มาเป็นหนึ่งในหัวข้อที่มีการแลกเปลี่ยนให้ความรู้ แบ่งปันข้อมูล การวิจัย แนวทางปฏิบัติและจัดทำเป็นโครงการในรูปแบบสหกรณ์ในอนาคตก็เป็นได้

3) ขับเคลื่อนภารกิจการกำกับดูแลสินค้าเกษตรด้วยการยกระดับ “นายสินค้าเกษตร” โดยสินค้าเกษตรทุกชนิดต้องมีผู้รับผิดชอบหลักที่สามารถทำงานเชิงรุก แก้ปัญหาได้ถูกจุดตั้งแต่ต้นทาง กลางทาง และปลายทาง

ข้อเสนอแนะต่อนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน เสนอแนะให้สินค้าเกษตรจากโครงการ Agrivoltaics มีผู้รับผิดชอบหลักในการกำกับและดูแลเพื่อให้มั่นใจว่าสินค้าเกษตรของโครงการผ่านมาตรฐานและข้อกำหนดความปลอดภัยของผลผลิตเกษตรกรรมและข้อกังวลของเกษตรกร เช่น การใช้สารเคมีในการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์

นโยบาย : การรับมือภัยธรรมชาติ

มีการวางแผนมาตรการต่าง ๆ อย่างชัดเจน เพื่อรับมือตั้งแต่การป้องกัน การแก้ไข และการฟื้นฟู เมื่อประสบเหตุภัยแล้ง หรือภัยพิบัติทางธรรมชาติทุกชนิด

ทางคณะวิจัยเห็นว่าโครงการ Agrivoltaics สามารถจัดเป็นหนึ่งในการดำเนินงานภายใต้นโยบายนี้ จากการที่โครงการฯ สามารถช่วยบรรเทาภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นกับการดำเนินกิจกรรมทางเกษตรกรรมได้ เช่น การช่วยรักษาความชื้นของดินในช่วงภัยแล้ง หรือลดความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่ส่องไปที่พืชหรือสัตว์โดยตรง เป็นต้น

นโยบาย : การยกระดับสินค้าเกษตร เสริมศักยภาพเกษตรกร ได้แก่

1) ผลักดันสินค้าเกษตรและบริการมูลค่าสูง ด้วยการสร้าง 1 ท้องถิ่น 1 สินค้าเกษตรมูลค่าสูง สร้างแบรนด์หรือเรื่องราว ของจังหวัด/อำเภอ โดยเน้นการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตร

ข้อเสนอแนะต่อนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพิ่มให้สินค้าเกษตรที่ได้จากโครงการ Agrivoltaics เป็นสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าสูง หรือพัฒนาโครงการฯ บนพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการสินค้าเกษตรมูลค่าสูง

2) ส่งเสริมเกษตรกร สถาบันเกษตรกรเป็นผู้ให้บริการทางการเกษตรครบวงจร ให้การสนับสนุนเกษตรกร สถาบันเกษตรกรให้มีเครื่องมือ เครื่องจักรกลของตนเอง นโยบายนี้ช่วยเตรียมความพร้อมให้เกษตรกรฯเป็นผู้ให้บริการทางการเกษตรด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย ซึ่งตอบโจทย์กลุ่มประชากรภาคเกษตรยุคใหม่

ข้อเสนอแนะต่อนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน ส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Agrivoltaics) หรือพัฒนารูปแบบธุรกิจของการดำเนินโครงการ ฯ

นโยบาย : การอำนวยความสะดวกด้านการเกษตร

การพัฒนาระบบการประกันภัยภาคการเกษตรเป็นอีกหนึ่งในนโยบายสำคัญของการพัฒนาภาคการเกษตรอย่างยั่งยืน การประกันภัยภาคเกษตรเป็นการบริหารจัดการความเสี่ยงอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรได้มีรายได้ที่แน่นอน สามารถเดินหน้าต่อยอดทางเกษตรกรรมได้อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะต่อนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน เสนอแนะให้ผลผลิตภาคการเกษตรของโครงการฯ ได้รับการสนับสนุนจากระบบการประกันภัยภาคการเกษตรเพื่อลดความเสี่ยงทางการเงินของเกษตรกรและสร้างแรงจูงใจในการเริ่มดำเนินโครงการ ฯ

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9000-2564 เกษตรอินทรีย์ เป็นมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ที่ครอบคลุมตั้งแต่การผลิต การแปรรูป การแสดงฉลาก และการจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์อินทรีย์ มาตรฐานสินค้านี้ควบคุมโดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [16] ที่มุ่งเน้นการจัดการแบบอินทรีย์โดยจำกัดการใช้ปัจจัยการผลิตสังเคราะห์อย่างเคร่งครัดในทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่อุปทาน จำกัดการได้รับสัมผัสสารเคมีที่คงอยู่ที่อาจเป็นอันตรายต่อคน และสิ่งแวดล้อม และช่วยลดมลพิษและความเสื่อมโทรมของหน่วยผลิตและแปรรูป รวมถึงสภาพแวดล้อมโดยรอบจากกิจกรรมการผลิตและการแปรรูป นอกจากนี้ระบบการผลิตแบบอินทรีย์ จะไม่รวมเทคโนโลยีบางอย่างที่ไม่ผ่านการพิสูจน์ผิดธรรมชาติ (Unnatural proof) และเป็นอันตรายไว้ในระบบ

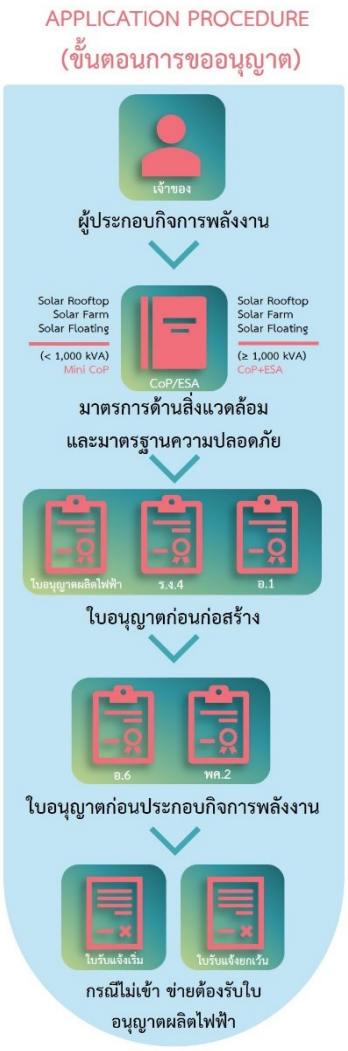
ข้อเสนอแนะต่อมาตรการที่มีอยู่ในปัจจุบัน ควรมีการจัดทำแผนและดำเนินการตามแผนเพื่อหลีกเลี่ยง หรือลดการสูญเสียต่อสินค้าเกษตรและลดการปล่อยมลพิษโดยกำหนดให้มีการรีไซเคิลของเสียกลับมาใช้ใหม่ส่วนของเสียที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น แบตเตอรี่ ฟอยล์พลาสติก และอื่นๆ ต้องกำจัดอย่างเหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนในฟาร์มอินทรีย์ ต้องมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนในการใช้อุปกรณ์รวมทั้งการทำความสะอาด ซึ่งรวมถึง การทำความสะอาดอุปกรณ์ทำความสะอาด และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และบันทึกการทำความสะอาด [16] และส่งเสริมให้มีการจัดการทำเกษตรอินทรีย์ร่วมกับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Agrivoltaics

เกษตรคาร์บอนต่ำสู่การเกษตรที่ยั่งยืน (Sustainable Agricultural Products) โดยระบบเกษตรกรรมยั่งยืนหมายถึง ระบบการผลิตทางการเกษตร การแปรรูป การจัดจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตร และรวมถึงคำนึงถึงวิถีการดำเนินชีวิตของเกษตรกรที่คำนึงและรักษาไว้ซึ่งระบบนิเวศ สภาพแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อก่อให้เกิดความมั่นคงและความปลอดภัยอาหาร สร้างความสมดุลความเป็นธรรมทางเศรษฐกิจ

สังคม สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ อีกทั้ง ส่งเสริมการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรและผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการดำเนินโครงการ Agrivoltaics และจำเป็นต้องมีการกำกับ ติดตามและดูแล เพื่อให้สามารถดำเนินการโครงการได้โดยไม่มีผลกระทบในระยะยาว

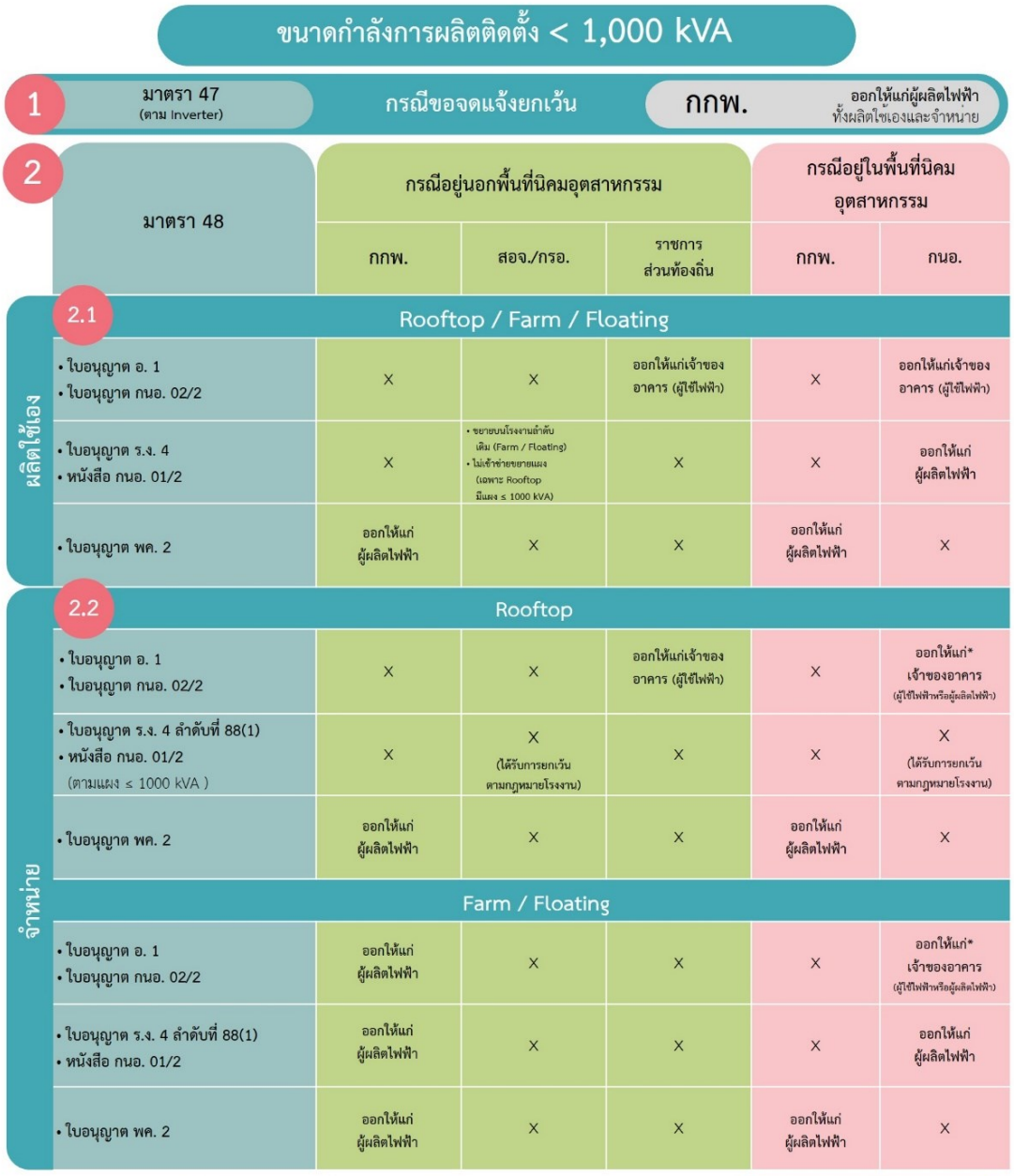
ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาคเกษตรกรรมมีแนวทางของการสนับสนุนและส่งเสริมเกษตรกรรม หากสามารถปรับปรุงนโยบาย**สนับสนุนการเกษตร**เพื่อรวมระบบAgrivoltaics เป็นส่วนหนึ่งของแนวทางปฏิบัติด้าน**การเกษตรที่ยั่งยืน** ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการให้ความช่วยเหลือทางเทคนิค การวิจัย การฝึกอบรม และการสนับสนุนทางการเงินแก่เกษตรกรที่นำเทคโนโลยี Agrivoltaics มาใช้ โดยข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสามารถติดตามได้ในบทที่ 5

2.2 ภาคพลังงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

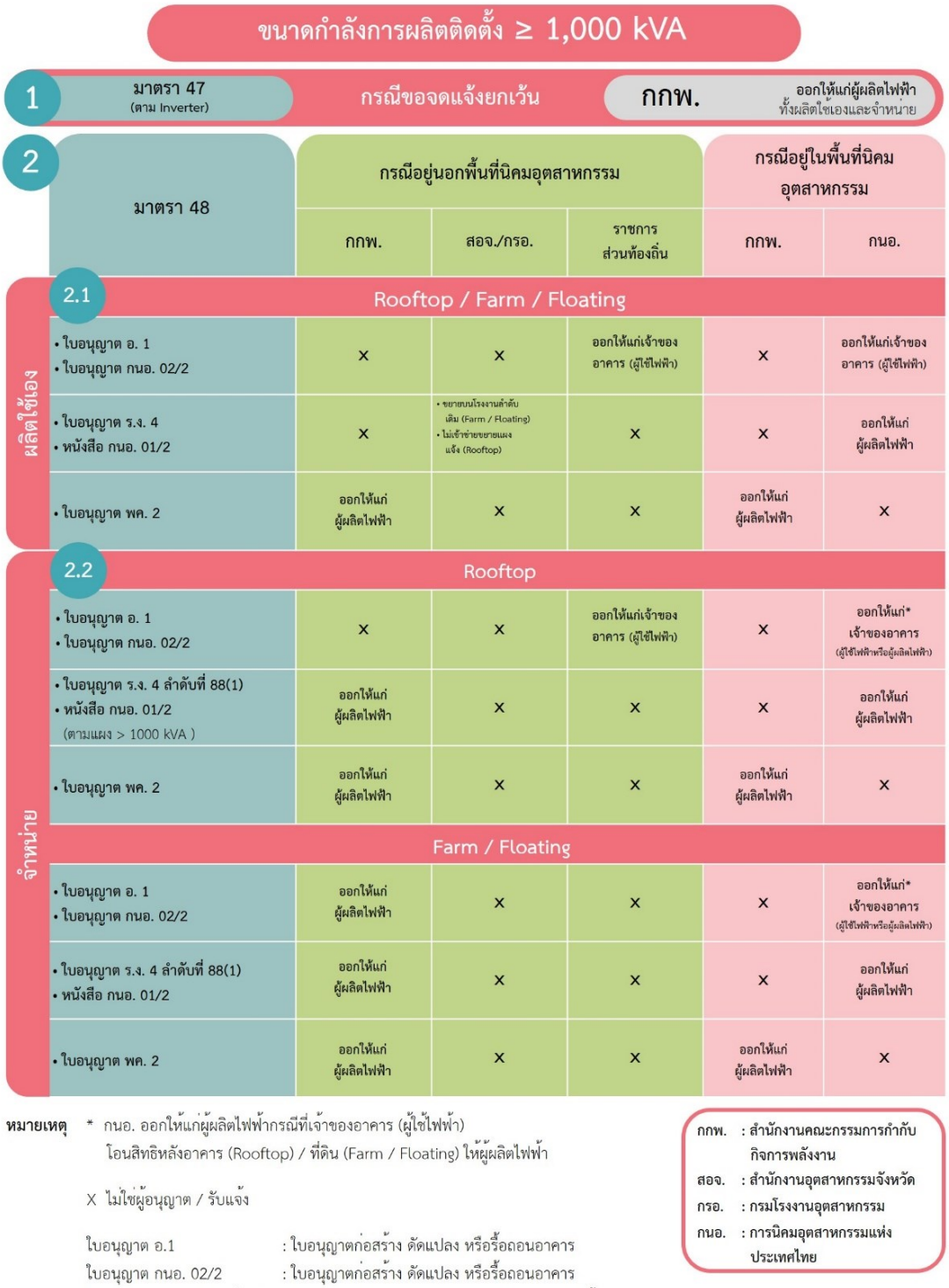


นโยบายปัจจุบันทางด้านพลังงานนั้นเอื้อในการส่งเสริมการดำเนินโครงการ Agrivoltaics โดย**นโยบายเร่งด่วนของกระทรวงพลังงาน** [17] คือ การลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้แก่ประชาชนอันเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและเศรษฐกิจ รัฐบาลจะสนับสนุนให้เกิดการบริหารจัดการราคาพลังงานทั้งค่าไฟฟ้า ค่าก๊าซหุงต้ม และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมในทันที นอกจากนี้ รัฐบาลจะปรับเปลี่ยนโครงสร้างการใช้พลังงานของประเทศ โดยวางแผนความต้องการและสนับสนุนการจัดหาแหล่งพลังงานอย่างเหมาะสม ส่งเสริมการผลิตและการใช้พลังงานสะอาดและพลังงานหมุนเวียน เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน เร่งเจรจาการใช้พลังงานในพื้นที่อ้างสิทธิกับประเทศข้างเคียงและสำรวจแหล่งพลังงานเพิ่มเติม [17] รวมถึงการสนับสนุนให้เกิดการจัดหาแหล่งพลังงานใหม่ๆ ภายใต้กลไกตลาด เพื่อให้มั่นใจว่าประเทศไทยจะมีความมั่นคงทางพลังงานที่จะขับเคลื่อนประเทศต่อไป ดังนั้นนโยบายทางด้านพลังงานจะสอดคล้องกับการส่งเสริมโครงการการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งขอบเขตของโครงการที่สามารถให้การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอยู่เดิมและโครงการ Agrivoltaics ใหม่ ทำให้เกษตรกรได้เข้าถึงไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น ส่วนประเด็นการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และจำหน่ายไฟฟ้า สำหรับโครงการใหม่สามารถดำเนินการได้ แต่หาก

ยังไม่มีการกำหนดนโยบายส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากโครงการ Agrivoltaics อาจทำให้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการฯ ไม่สามารถเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าได้ โดยรายละเอียดของการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้านั้น สำนักงานกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้จัดทำรายละเอียดขั้นตอนซึ่งสามารถศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากคู่มือขั้นตอนการขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า [18-19] โดยการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นการประกอบกิจการโรงงาน ประเภทที่ 3 ลำดับที่ 88 ซึ่งต้องมีการขอใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (ร.ง.4) หนังสืออนุญาตให้ใช้ที่ดิน ใบอนุญาตก่อสร้างอาคาร ดัดแปลงหรือรื้อถอนอาคาร (อ.1) ใบอนุญาตผลิตพลังงานควบคุม (พค.2) แสดงรายละเอียดดัง**รูปที่ 1** การขออนุญาตฯ ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 1,000 kVA และ **รูปที่ 2** การขออนุญาตฯ ที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า 1,000 kVA



รูปที่ 1 การขออนุญาตประกอบกิจการพลังงานที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 1,000 kVA



รูปที่ 2 การขออนุญาตประกอบกิจการพลังงานที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า 1,000 kVA

อ้างอิง พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 ในหมวดที่ 1 เรื่องการประกอบกิจการโรงงาน [20-21]

ในมาตราที่ 7 มีการแบ่งประเภทการประกอบกิจการโรงงาน โดยคำนึงถึงความจำเป็นในการควบคุมดูแลและป้องกันเหตุเดือดร้อนรำคาญ การป้องกันความเสียหาย และการป้องกันอันตรายตามระดับความรุนแรงของผลกระทบที่จะมีต่อประชาชนหรือสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งออกเป็นดังนี้

1) **โรงงานจำพวกที่ 1** ได้แก่ โรงงานประเภท ชนิด และขนาดที่สามารถประกอบกิจการโรงงานได้ทันทีตามความประสงค์ของผู้ประกอบการกิจการโรงงาน

2) **โรงงานจำพวกที่ 2** ได้แก่ โรงงานประเภท ชนิด และขนาดที่เมื่อจะประกอบกิจการโรงงานต้องแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อน

3) **โรงงานจำพวกที่ 3** ได้แก่ โรงงานประเภท ชนิด และขนาดที่การตั้งโรงงานจะต้องได้รับใบอนุญาตก่อนจึงจะดำเนินการได้

รูปที่ 3 ประเภทการประกอบกิจการโรงงาน

อ้างอิง กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดประเภท ชนิด และขนาดของโรงงาน พ.ศ. 2563 และบัญชีท้ายกฎกระทรวงกำหนดประเภท ชนิด และขนาดของโรงงาน พ.ศ.2563 [22]

ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงกำหนดประเภท ชนิด และขนาดของโรงงาน พ.ศ.2563 มีการกำหนดประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 88 [23] ระบุความว่าโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1) โรงงานที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ยกเว้น ที่ติดตั้งบนหลังคา ดาดฟ้าหรือส่วนหนึ่งส่วนใดบนอาคารซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือใช้สอยได้ โดยมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดรวมกันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิน 1,000 กิโลวัตต์

2) โรงงานที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน

3) โรงงานที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ ยกเว้นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากเขื่อนหรืออ้างเก็บน้ำขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 15 เมกะวัตต์ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำแบบสูบกลับ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำท้ายเขื่อน การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากฝาย หรือการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากคลองส่งน้ำ

พิจารณากับขนาดของโรงงานทุกขนาดให้กำหนดเป็น **โรงงานจำพวกที่ 3** ดังนั้น โรงงานที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีกำลังการติดตั้งทุกขนาด กำหนดประเภทโรงงานให้เป็น **โรงงานจำพวกที่ 3** และหากไม่มีการเปลี่ยนกฎหมาย โครงการ Agrivoltaics จะถูกจัดอยู่ในประเภท**โรงงานจำพวกที่ 3**

อ้างอิง กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 พ.ศ.2535 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 หมวดที่ 1 เรื่อง ที่ตั้ง สภาพแวดล้อม ลักษณะอาคารและลักษณะภายในของโรงงาน [24]

ในข้อความระบุข้อห้ามการตั้ง **โรงงานจำพวกที่ 3** ในบริเวณดังต่อไปนี้

1) บ้านจัดสรรเพื่อการพักอาศัยอาคารชุดพักอาศัย และบ้านแถวเพื่อการพักอาศัย

2) ภายในระยะ 100 เมตร จากเขตติดต่อสาธารณะได้แก่ โรงเรียนหรือสถาบันการศึกษา วัดหรือศาสนสถาน โรงพยาบาล โบราณสถาน และสถานที่ทำการงานของหน่วยรัฐ ไม่หมายความรวมถึงสถานที่ทำการงาน โดยเฉพาะเพื่อการควบคุมกำกับดูแลอำนวยความสะดวกหรือให้บริการแก่การประกอบกิจการโรงงานนั้นๆ

นอกจากข้อห้ามดังกล่าวแล้ว โรงงานจำพวกที่ 3 ยังต้องตั้งอยู่ในทำเลและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีบริเวณเพียงพอที่จะประกอบกิจการอุตสาหกรรมตามขนาดและประเภทหรือชนิดโรงงาน โดยไม่อาจก่อให้เกิดอันตราย เหตุรำคาญ หรือความเสียหายต่อบุคคลหรือทรัพย์สินของผู้อื่นด้วย

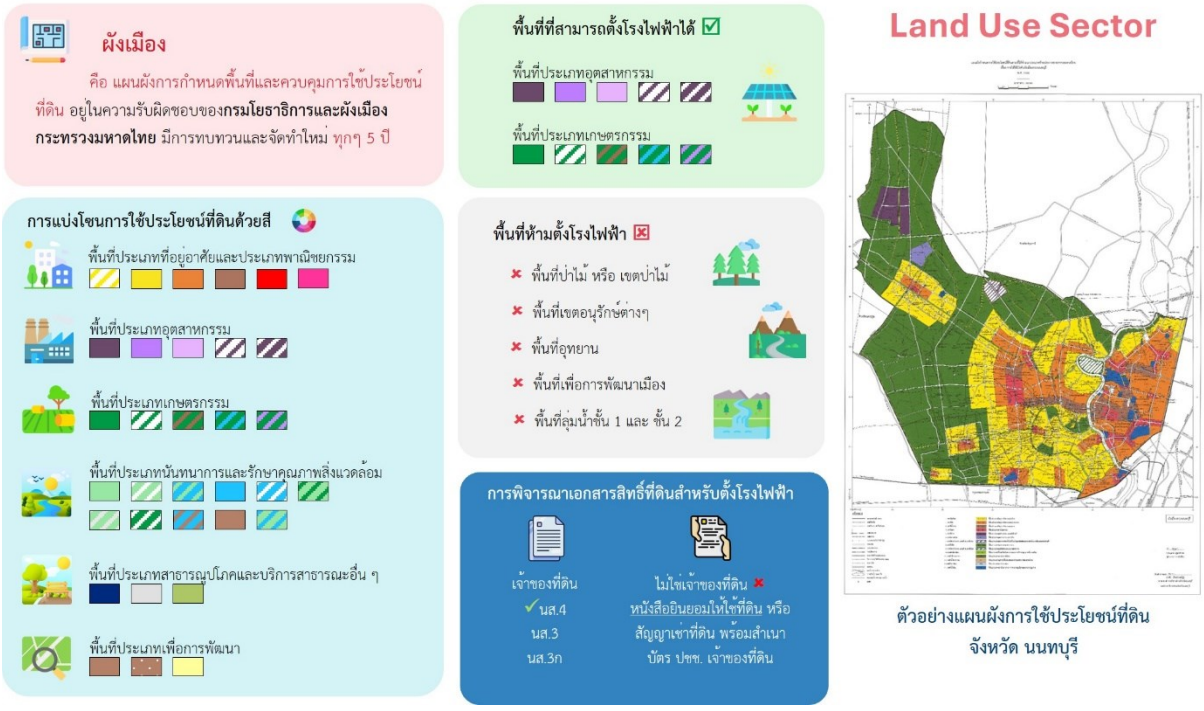
การ**สนับสนุนโครงการ Agrivoltaics** จำเป็นจะต้องจัดลำดับความสำคัญ คณะวิจัยเห็นว่า ภาครัฐควรจัดให้โครงการ Agrivoltaics เป็นหนึ่งในแนวทางการเพิ่มสัดส่วนการใช้และผลิตพลังงานสะอาด เป็นอันดับแรก หรือ ส่งเสริมผ่านการอนุญาติให้เชื่อมต่อกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายได้ นอกจากนี้ยังควรกำหนดแนวทางการติดตามและวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยเฉพาะสำหรับผู้ผลิตพลังงานจาก Agrivoltaics รวมถึงการสร้าง**กระบวนการในการขออนุญาตผลิตไฟที่มีความคล่องตัว**ขึ้น ทั้งนี้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสามารถติดตามได้ในบทที่ 5

2.3 ภาคการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดที่ดิน

ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันนโยบายและแผนที่เกี่ยวข้องกับการวางกรอบทิศทางการพัฒนาประเทศและการบริหารจัดการที่ดิน ได้กำหนดเป้าหมายและจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินไว้เพียงบางประเภทเท่านั้น โดยพื้นที่ที่ได้มีการระบุเป้าหมายการจำแนกประเภทที่ดินไว้อย่างชัดเจน คือ ร้อยละ 40 - 50 ของพื้นที่ประเทศ สำหรับสัดส่วนย่อยของการมีพื้นที่ป่าไม้ของประเทศนั้นแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ของนโยบายและแผนนั้นๆ ซึ่งในอนาคตควรมีการกำหนดสัดส่วนป่าไม้ในแต่ละนโยบายและแผนให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อเป็นกรอบชี้นำการพัฒนาประเทศ ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่เกษตร พื้นที่เมืองและชุมชน พื้นที่สาธารณะ พื้นที่อุตสาหกรรม เป็นต้น ยังไม่ได้มีการกำหนดสัดส่วนของการใช้ที่ดินไว้อย่างชัดเจนแต่อย่างใด

การบริหารจัดการภายใต้นโยบายและแผนการบริหารจัดการที่ดินและทรัพยากรดินของประเทศ (พ.ศ. 2566 - 2580) ของคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ (คทช.) [25] มุ่งให้ความสำคัญกับการจำแนกประเภทที่ดินของรัฐและที่ดินของเอกชนให้เกิดความชัดเจนของแนวเขตที่ดินเป็นลำดับแรกก่อน ซึ่งเมื่อกำหนดขอบเขตหรือแนวเขตที่ดินของรัฐและเอกชนให้เกิดความชัดเจนแล้ว ก็จะทำให้ง่ายต่อการบริหารจัดการเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคม ว่าพื้นที่ใดควรกำหนดเป็นพื้นที่สงวนหวงห้ามของรัฐเพื่อการใช้ประโยชน์ในกิจการของรัฐต่างๆ พื้นที่ใดควรกำหนดเป็นพื้นที่ป่าไม้เพื่อการอนุรักษ์และคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และรักษาความสมดุลและความหลากหลายทางธรรมชาติ และพื้นที่ส่วนที่เหลือควรกำหนดให้มีการใช้ประโยชน์อย่างไรให้มีประสิทธิภาพ มีความเหมาะสมกับสภาพและได้ใช้ศักยภาพของที่ดินสูงสุด ดังนั้น การพัฒนาเครื่องมือและกลไกในการกำหนดสัดส่วนการจำแนกประเภทจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ชัดเจนและสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศ และเพื่อให้ประเทศสามารถวางแผนการใช้ที่ดินที่ได้อย่างมีระบบ เป็นไปในทิศทางเดียวกันในแต่ละสาขา เป็นกรอบและแนวทางการปฏิบัติของหน่วยงานและภาคส่วนที่เกี่ยวข้องสำหรับนำไปดำเนินการต่อไป

อย่างไรก็ตาม การวางแผนการใช้ที่ดินของประเทศไทยผ่านการกำหนดสัดส่วนและจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรเป็นไปอย่างยืดหยุ่นและสามารถที่จะปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของทิศทางและแนวโน้มในการใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมในอนาคตที่มีพลวัตสูง ซึ่งต้องอาศัยการจัดวางกลไกหรือเครื่องมือที่สำคัญของภาครัฐที่จะใช้ในการส่งสัญญาณให้เจ้าของที่ดินสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลดีต่อการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยในระยะยาว [25] นโยบายดังกล่าวจะมีส่วนสำคัญต่อการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สามารถดำเนินการร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้



รูปที่ 4 ผังเมืองและการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดิน

พระราชบัญญัติการผังเมือง [26] คือ ข้อกำหนด กฎหมาย นโยบาย เกี่ยวกับการวางแผน การแบ่งประเภทพื้นที่และการจัดสรรการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อความเป็นระเบียบของบ้านเมืองและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นอยู่ของประชาชน โดยมอบหมายให้กรมโยธาธิการและผังเมืองซึ่งอยู่ภายใต้กระทรวงมหาดไทยเป็นหน่วยงานในการจัดทำผังนโยบายและผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละจังหวัดในประเทศไทยร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในแต่ละภาคส่วน เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และมีการปรับปรุงผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกๆ 5 ปี โดยพระราชบัญญัติการผังเมืองฉบับล่าสุดและมีผลบังคับใช้ในปัจจุบันได้แก่ พระราชบัญญัติการผังเมืองฉบับปี พ.ศ.2562 [27]

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการผังเมือง ได้แก่ กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมจังหวัด กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมเมือง กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมชุมชนและผังเมืองเฉพาะ รวมถึงประกาศกระทรวงมหาดไทยหรือข้อบัญญัติท้องถิ่น

ผังเมืองตามพระราชบัญญัติตามพระราชบัญญัติการผังเมืองแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. <u>ผังนโยบายการใช้ประโยชน์พื้นที่</u> คือ การกำหนดกรอบนโยบายและยุทธศาสตร์ของการพัฒนาประเทศในด้านการใช้พื้นที่เพื่อให้หน่วยงานของรัฐดำเนินการ และแบ่งเป็น 3 ระดับได้แก่
    1) ผังนโยบายระดับประเทศ
    2) ผังนโยบายระดับภาค
    3) ผังนโยบายระดับจังหวัด

2. <u>ผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน</u> คือ การกำหนดกรอบแนวทางและแผนงานการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ใดเพื่อการพัฒนาเมืองและการดำรงรักษาเมือง บริเวณที่เกี่ยวข้อง และชนบท แบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่

1) ผังเมืองรวม
2) ผังเมืองเฉพาะ

รายละเอียดการกำหนดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละจังหวัด มีการระบุข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่นั้นๆ และตารางสรุปการใช้พื้นที่สำหรับการทำกิจกรรมใดๆ หรือตั้งโรงงานแต่ละประเภทบนพื้นที่นั้นๆ ตามข้อกำหนดของแต่ละจังหวัด เช่น ตัวอย่างจังหวัดนนทบุรี [28] ได้กำหนดให้โรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นโรงงานจำพวกที่ 3 และสามารถขออนุญาตตั้งโรงงานได้ในพื้นที่ อ.2, อ.3 (ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม) และ ก.2, ก.3 (ที่ดินประเภทเกษตรกรรม)

กกพ. [29] จะพิจารณาทำเล ที่ตั้ง และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ยกเว้นที่ติดตั้งบนหลังคา ดาดฟ้า หรือส่วนใดส่วนหนึ่งบนอาคารซึ่งบุคคลเข้าอยู่หรือใช้สอยได้ ที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 1,000 กิโลวัตต์ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบการพิจารณาออกใบอนุญาตผลิตไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

1. กฎหมายว่าด้วยการผังเมือง ได้แก่ กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมจังหวัด กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมเมือง กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมชุมชนและผังเมืองเฉพาะ รวมถึงประกาศกระทรวงมหาดไทยหรือข้อบัญญัติท้องถิ่น ที่กำหนดหลักเกณฑ์การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกิจกรรมบนพื้นที่ ซึ่งแบ่งออกเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ดังนี้

(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินขั้นพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การอยู่อาศัย พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม โดยกำหนดเป็นสีสัญลักษณ์ในแผนผัง ดังนี้

1) ประเภทที่อยู่อาศัยและประเภทพาณิชยกรรม แบ่งประเภทย่อย ได้แก่
    ก) ที่ดินประเภทอนุรักษ์เพื่อการอยู่อาศัย (สีเหลืองมีเส้นทแยงสีขาว)
    ข) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย (สีเหลือง)
    ค) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง (สีส้ม)
    ง) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (สีน้ำตาล)
    จ) ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (สีแดง)
    ฉ) ที่ดินประเภทชุมชน (สีชมพู)
2) ประเภทอุตสาหกรรม แบ่งประเภทย่อย ได้แก่
    ก) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า (สีม่วง)

ข) ที่ดินประเภทอุสาหกรรมเฉพาะกิจ (สีม่วงอ่อน)

ค) ที่ดินประเภทคลังสินค้า (สีเม็ดมะปราง)

ง) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมทั่วไปที่ไม่เป็นผลพิษต่อชุมชนหรือสิ่งแวดล้อมและคลังสินค้า (สีขาวมีกรอบและเส้นทแยงสีม่วง)

จ) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้าและเกษตรกรรม (สีม่วงมีเส้นทแยงสีขาว)

3) ประเภทเกษตรกรรม แบ่งประเภทย่อย ได้แก่

ก) ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม (สีเขียว)

ข) ที่ดินประเภทอนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม (สีขาวมีกรอบและเส้นทแยงสีเขียว)

ค) ที่ดินประเภทปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม (สีเขียวมีกรอบและเส้นทแยงสีน้ำตาล)

ง) ที่ดินประเภทจัดรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (สีเขียวมีกรอบและเส้นทแยงสีฟ้า)

จ) ที่ดินประเภทชนบทและปศุสัตว์ (สีเขียวมีกรอบและเส้นทแยงสีม่วงอ่อน)

(ข) การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ กำหนดเป็นสีสัญลักษณ์ในแผนผัง ดังนี้

1) ประเภทนันทนาการและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม แบ่งประเภทย่อย ได้แก่

ก) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สีเขียวอ่อน)

ข) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการ การเลี้ยงสัตว์ และการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สีเขียวอ่อนมีกรอบและเส้นทแยงสีขาว)

ค) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเล (สีฟ้ามีเส้นทแยงสีเขียวอ่อน)

ง) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สีฟ้า)

จ) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและพื้นที่ชุ่มน้ำ (สีฟ้ามีเส้นทแยงสีขาว)

ฉ) ที่ดินประเภทที่สงวนเพื่อนันทนาการและการรักษาสิ่งแวดล้อม (สีเขียวอ่อนมีกรอบและเส้นทแยงสีเขียว)

ช) ที่ดินประเภทสงวนไว้เพื่อรักษาสภาพป่าชายเลน (สีเขียวอ่อนมีเส้นทแยงสีเทา)

ซ) ที่ดินประเภทที่ดินเพื่อการอนุรักษ์ป่าไม้ (สีเขียวอ่อนมีเส้นทแยงสีขาว)

ฌ) ที่ดินประเภทอนุรักษ์สภาพแวดล้อมเพื่อการท่องเที่ยว (สีเขียวมีกรอบและเส้นทแยงสีขาว)

ญ) ที่ดินประเภทอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเล (สีฟ้ามีเส้นทแยงสีน้ำตาลอ่อน)

ฎ) ที่ดินประเภทอนุรักษ์เพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมไทย (สีน้ำตาลอ่อน)

ฏ) ที่ดินประเภทเสี่ยงอุทกภัย (สีเขียวอ่อนมีเส้นทแยงสีฟ้า)

2) ประเภทสาธารณูปโภค สาธารณูปการ และบริการสาธารณะอื่น ๆ แบ่งย่อย ได้แก่

ก) ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ (สีน้ำเงิน)

ข) ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา (สีเทาอ่อน)

ค) ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา (สีเขียวมะกอก)

3) ประเภทเพื่อการพัฒนา แบ่งประเภทย่อย ได้แก่

ก) ที่ดินประเภทพัฒนาเมือง (สีน้ำตาลเข้ม)

ข) ที่ดินประเภทรองรับการพัฒนาเมือง (สีน้ำตาลอ่อนมีจุดขาว)

ค) ที่ดินประเภทพัฒนาเกษตรกรรมและการตั้งถิ่นฐาน (สีเหลืองอ่อน)

ห้ามมิให้ผู้ขอรับใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าตั้งโรงไฟฟ้าในที่ดินประเภท 1. (ก) 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก ประเภทที่อยู่อาศัยและประเภทพาณิชยกรรม และ 1. (ข) การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ ยกเว้นมีข้อกำหนดของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมืองเป็นอย่างอื่น

ในกรณีที่ผู้ขอรับใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าที่ประสงค์จะตั้งโรงไฟฟ้าในที่ดินประเภท 1. (ก) 2) และ 1. (ก) 3) ให้นำข้อกำหนดของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งระบุไว้ในบัญชีท้ายกฎกระทรวงว่าด้วยการผังเมืองนั้น ๆ ซึ่งรวมถึงแผนที่แสดงเขตของผังเมือง แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน และรายการประกอบแผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลบังคับใช้อยู่โดยปกติ มาใช้พิจารณาอนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการประกอบกิจการพลังงานโดยอนุโลม [30]

2. กฎหมายว่าด้วยโรงงาน หมายความรวมถึง กฎอื่นที่กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของโรงงาน จำนวน ขนาด และประเภทหรือชนิดของโรงงานที่จะให้ตั้งหรือขยาย

3. กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร หมายความรวมถึง กฎอื่นที่กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย

4. กฎหมายอื่น ที่กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของสถานประกอบกิจการ

5. กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

6. กฎหมายหรือมติคณะรัฐมนตรีที่เกี่ยวข้อง

ในกรณีที่กฎหมายว่าด้วยการผังเมือง มีการกำหนดรายละเอียดที่แตกต่างจากระเบียบนี้ ให้ กกพ. พิจารณาตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในกฎหมายว่าด้วยการผังเมือง

ในกรณีที่มีเหตุอันควรสงสัยว่าที่ตั้งโรงไฟฟ้าอาจขัดต่อกฎหมายหรือหลักเกณฑ์อื่นนอกเหนือจากที่กำหนดในระเบียบนี้ กกพ. จะพิจารณาอนุญาตก็ต่อเมื่อหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมายหรือหลักเกณฑ์อื่นนั้น ได้เห็นชอบ อนุมัติ อนุญาต หรือมีความเห็นให้สามารถตั้งโรงไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าวได้

ผู้ขอรับใบอนุญาตผลิตไฟฟ้า**ไม่สามารถ**ตั้งโรงไฟฟ้าในพื้นที่ซึ่งมีข้อกำหนดหรือเงื่อนไขห้ามตั้งโรงไฟฟ้าประเภทนั้น ๆ ในบริเวณพื้นที่ ดังนี้

1) อุทยานแห่งชาติ วนอุทยาน สวนพฤกษศาสตร์ สวนรุกขชาติ ตามกฎหมายว่าด้วย อุทยานแห่งชาติ
2) เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า
3) ป่าชุมชน ตามกฎหมายว่าด้วยป่าชุมชน
4) พื้นที่ป่าชายเลนอนุรักษ์ หรือพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ตลอดจนเขตอนุรักษ์ป่าชายเลนตามมติคณะรัฐมนตรี
5) พื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 และ ชั้น 2 ตามมติคณะรัฐมนตรี
6) พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ และระดับชาติตามมติคณะรัฐมนตรี
7) เขตอนุรักษ์น้ำดิบเพื่อการประปาตามมติคณะรัฐมนตรี
8) เขตป่าอนุรักษ์ตามกฎหมาย หรือพื้นที่ป่าอนุรักษ์เพิ่มเติมตามมติคณะรัฐมนตรี
9) พื้นที่อื่นที่มีกฎหมายหรือมติคณะรัฐมนตรีที่เกี่ยวข้องกำหนดเพิ่มเติม

ในกรณีที่การใช้พื้นที่เพื่อเป็นสถานที่ตั้งของโรงไฟฟ้า จำเป็นต้องได้รับความเห็นชอบการอนุมัติ หรือการอนุญาตเพื่อเข้าทำประโยชน์ในพื้นที่ตามกฎหมายอื่น ผู้ขอรับใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประกอบกิจการผลิตไฟฟ้า และจะต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในกฎหมายที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด

ในกรณีที่ปรากฏข้อเท็จจริงภายหลังที่มีการออกใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าว่ามิได้ดำเนินการให้เป็นไปตามความในวรรคหนึ่ง ให้สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ดำเนินการตามประกาศ กกพ. ที่เกี่ยวข้องกับหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการพักใช้และเพิกถอนใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน

ให้นำหลักเกณฑ์เรื่องการกำหนดสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าสำหรับการออกใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าตามระเบียบนี้มาใช้บังคับกับการพิจารณาอนุญาตในกรณีที่มีการขยายโรงไฟฟ้า ไม่ว่าจะกระทำบนที่ดินเดิมหรือที่ดินแปลงใหม่ด้วย

ระเบียบนี้ไม่ใช้บังคับกับผู้ขอรับใบอนุญาตผลิตไฟฟ้าซึ่งได้ใช้ประโยชน์ที่ดินมาก่อนตามว่ากฎหมายว่าด้วยการผังเมืองการวันที่ระเบียบนี้ใช้บังคับโดยจะต้องได้รับอนุญาต อนุมัติ หรือได้ดำเนินการตามที่กฎหมายกำหนดจากหน่วยงานหรือองค์กรที่มีอำนาจตามกฎหมายนั้น

สรุปการตั้งโรงไฟฟ้า สามารถตั้งในพื้นที่ของหมวด 1. (ก) 2) และ 1. (ก) 3) การใช้ประโยชน์ที่ดินหลักในประเภทอุตสาหกรรมและในประเภทเกษตรกรรมได้ แต่ต้องแนบข้อกำหนดการใช้ที่ดิน ซึ่งระบุไว้ในบัญชีท้ายกฎกระทรวงว่าด้วยการผังเมืองนั้น ๆ และรายการประกอบแผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มาใช้พิจารณาอนุญาตด้วย ส่วนในกรณีที่มีความประสงค์ตั้งโรงไฟฟ้าในที่ดิน 1. (ก) 1) และ 1. (ข) จะต้องดูข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมืองเป็นอย่างอื่น

กกพ. เป็นผู้มีอำนาจวินิจฉัยชี้ขาดปัญหาเกี่ยวกับการปฏิบัติตามระเบียบนี้ และคำวินิจฉัยของ กกพ. ให้เป็นที่สุด

การพิจารณาการใช้ที่ดิน ในส่วนของการพิจารณาและตรวจสอบการใช้ที่ดินหรือการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมืองจะอยู่ในลำดับขั้นตอนความรับผิดชอบของกระทรวงอุตสาหกรรม หลังจากที่สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดรับคำขอจากผู้ประสงค์ยื่นขอรับใบอนุญาตโรงงานลำดับที่ 88 พร้อมทั้งแนบเอกสารสิทธิ์การใช้ที่ดิน [31-34] โดยเอกสารแสดงการมีสิทธิ์การใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้องจะประกอบด้วย

1. <u>กรณีผู้ขออนุญาตเป็นผู้ถือกรรมสิทธิ์ที่ดิน</u> ให้แนบหนังสือแสดงกรรมสิทธิ์ที่ดิน คือ สำเนาโฉนดที่ดิน (น.ส.4) , หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ที่ดิน (น.ส.3 หรือ น.ส.3ก.)
2. <u>กรณีผู้ขออนุญาตไม่ได้เป็นผู้ถือกรรมสิทธิ์ที่ดิน</u>หรือมีผู้ถือกรรมสิทธิ์ร่วม ให้แนบหนังสือยินยอมให้ใช้ที่ดิน หรือสัญญาเช่าที่ดิน หรือสัญญาจะซื้อจะขายที่ดิน เพื่อขออนุญาตตั้งหรือขยายโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าจากผู้ถือกรรมสิทธิ์ที่ดิน พร้อมสำเนาบัตรประชาชนของผู้ถือกรรมสิทธิ์ที่ดิน
3. <u>กรณีเป็นที่ดินของรัฐ</u> ต้องได้รับอนุญาตให้ใช้ที่ดินเพื่ออนุญาตตั้งโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าจากหน่วยงานของรัฐที่กำกับดูแลที่ดินตามกฎหมาย
4. <u>กรณีที่ดินหลายแปลง</u> ในการขออนุญาต ให้แนบแผนผังรวมแปลงโฉนดที่ดิน โดยมีคำรับรองจากสำนักงานที่ดินในท้องที่ที่จะตั้งโรงงาน

ถึงแม้นโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบันจะส่งเสริมให้เจ้าของที่ดินสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ แต่ยังมีข้อจำกัดในการพัฒนาโครงการ Agrivoltaics โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ถือครองที่ดินจำเป็นที่จะต้องมีกรรมสิทธิ์เหนือที่ดินเพื่อดำเนินโครงการได้ นอกจากนี้ กฎหมายไทยในปัจจุบันยังไม่มีการจำแนกประเภทที่ดินสำหรับ Agrivoltaics อย่างชัดเจน ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรมีการกำหนดนโยบายการใช้ที่ดินและระเบียบการแบ่งเขตเพื่อ**อนุญาตและสนับสนุนการบูรณาการ**ระบบ Agrivoltaics อย่างชัดเจน รวมถึงการกำหนดคำจำกัดความ ประเภทการใช้ที่ดินสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรที่อนุญาตให้ใช้ที่ดินเพื่อประโยชน์จากกิจกรรมการเกษตรกรรมและการผลิตพลังงาน ข้อเสนอแนะ เพิ่มเติมสามารถติดตามได้ในบทที่ 5

3

บทเรียนจากต่างประเทศ

Agrivoltaics เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งกำลังได้รับความนิยมทั่วโลก แนวทางการพัฒนานี้ไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่านั้น แต่ยังช่วยเพิ่มความยั่งยืนของทั้งภาคเกษตรกรรมและภาคพลังงานอีกด้วย ในบทนี้จะเป็นการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สำคัญจากประเทศต่างๆ ได้แก่ ประเทศเยอรมนี สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน อินเดีย ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น เพื่อนำประเด็นสำคัญทั้งในด้านเทคนิค ด้านนโยบาย กฎระเบียบและมาตรการที่เกี่ยวข้องกับ Agrivoltaics ที่สามารถนำมาเป็นแนวทางปรับใช้สำหรับการส่งเสริมและสนับสนุน Agrivoltaics กับบริบทของประเทศไทย

3.1 เอเชีย

เอเชียเป็นทวีปที่ใหญ่ที่สุดและเป็นที่ตั้งของประเทศต่างๆ มากมาย รวมทั้งประเทศไทย ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา หลายประเทศในเอเชียได้มีการริเริ่มโครงการ Agrivoltaics ในเชิงนวัตกรรมแล้ว โดยมีขอบเขตและวัตถุประสงค์ที่หลากหลายแตกต่างกันไปตามบริบทของแต่ละประเทศ ซึ่งมีการดำเนินงานในระดับตั้งแต่โครงการวิจัยที่มุ่งเน้นการปรับปรุงเทคโนโลยี ไปจนถึงโครงการในระดับดำเนินการในเชิงพาณิชย์ผลิตทั้งอาหารและพลังงานสะอาด ตัวอย่างเช่น สาธารณรัฐประชาชนจีนที่มีโครงการ Agrivoltaics มากกว่า 500 โครงการ [35] ครอบคลุมกิจกรรมทางภาคเกษตรที่หลากหลายเช่น การปลูกพืชผล การเลี้ยงสัตว์ และการทำฟาร์มสัตว์น้ำ และในส่วนของประเทศญี่ปุ่นที่มีการดำเนินงานในรูปแบบของ solar sharing ก็มีความก้าวหน้าเป็นอย่างมากเช่นกัน โดยมีการติดตั้งระบบ Agrivoltaics ขนาด 200 MW ที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ในขณะที่ประเทศอื่นๆ เช่น อินเดียและเกาหลีใต้กำลังศึกษาโครงการที่คล้ายคลึงกัน โดยเน้นที่การมีส่วนร่วมของชุมชนและนวัตกรรมทางเทคโนโลยี การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินให้สูงสุดและส่งเสริมแนวทางการใช้พลังงานที่ยั่งยืน ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของ Agrivoltaics ที่เพิ่มมากขึ้นในการแก้ไขปัญหาทั้งด้านพลังงานและความมั่นคงทางอาหารในทวีปเอเชีย ซึ่งประเด็นสำคัญที่มีแนวโน้มสามารถนำมาปรับใช้กับการดำเนินงานในบริบทของประเทศไทยโดยกรณีศึกษาที่ได้จากประเทศตัวอย่างในทวีปเอเชีย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สาธารณรัฐประชาชนจีน

ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการดำเนินการทางด้านอุตสาหกรรมมีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกถึง 65% โดยจีนเป็นผู้ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด [36] ส่งผลให้เกิดความท้าทายที่สำคัญที่ต้องแก้ไข เช่น ปัญหามลพิษทางอากาศและมลพิษทางน้ำ สภาพอากาศที่รุนแรงสุดขั้ว ตลอดจนผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อภาคเกษตรกรรม ซึ่งในการรับมือกับปัญหาเหล่านี้ จีนจึงเพิ่มการใช้พลังงานสะอาดโดยเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าพลังงานดังกล่าวจะไม่ปล่อยมลพิษ แต่ก็อาจขัดแย้งกับการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรได้ ดังนั้นระบบ Agrivoltaics ซึ่งผสมผสานการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับภาคเกษตรกรรม เป็นวิธีแก้ปัญหาการใช้ที่ดินเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้สองรูปแบบ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในภูมิภาคต่างๆ ของจีน โดยพิจารณาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม การตลาด และในด้านการสนับสนุนในเชิงนโยบายต่างๆ

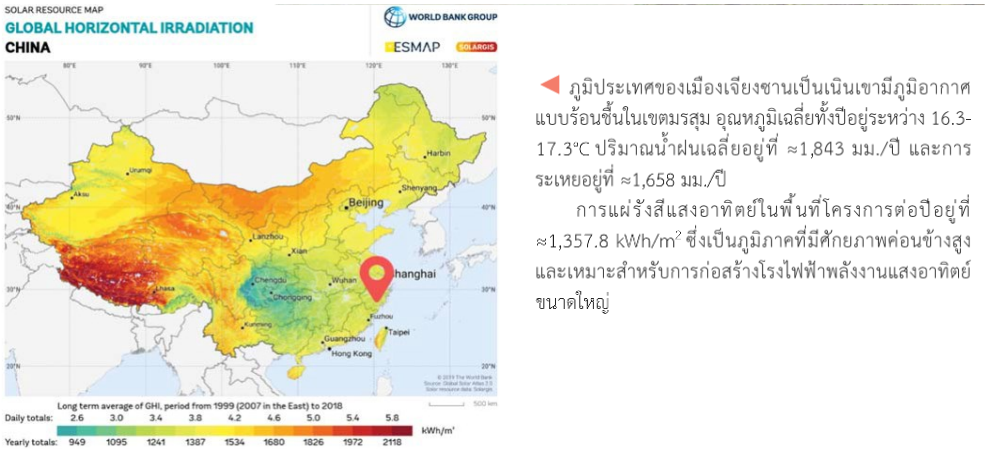
เทคโนโลยี Agrivoltaics ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วในประเทศจีนดังแสดงใน**รูปที่ 5** โดยเริ่มมีการสำรวจระบบการเกษตรแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ราวปี 2011 โดยในช่วงแรกเน้นที่การบูรณาการแผงโซลาร์เซลล์ (PV) เข้ากับการใช้งานทางด้านเกษตรกรรมรูปแบบต่างๆ เช่น การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การเพาะปลูกพืชน้ำ เกษตรกรรมในเรือนกระจก และสวนชา โดยรัฐบาลจีนได้มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริม Agrivoltaics ผ่านนโยบายที่สนับสนุนการพัฒนาโครงการพลังงานโดยเน้นความสำคัญของพลังงานหมุนเวียนและเป้าหมายสำหรับกำลังการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกที่มีพื้นที่จำกัดและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินให้ได้มากที่สุด ซึ่งจีนได้ดำเนินโครงการ Agrivoltaics แล้วมากกว่า 500 โครงการภายในปี 2024 [35] ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่สำคัญในการเพิ่มทั้งการผลิตอาหารและพลังงาน การแก้ไขข้อขัดแย้งในการใช้ที่ดิน และการส่งเสริมแนวทางการทำเกษตรกรรมแบบยั่งยืน

รูปที่ 5 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaics ของประเทศจีน

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศจีน

โครงการ Agrivoltaic Park ขนาด 200MW ในเจียงซาน

โครงการ Agrivoltaic Park ขนาด 200MW ในเจียงซาน (Jiangshan) ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท CHINT Solar Co. Ltd. เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 200 MW เป็นอุทยานพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใหญ่ที่สุดในจีนตะวันออก ตั้งอยู่บนพื้นที่เสื่อมโทรมเนื่องจากมีปัญหาการพังทลายของดินครอบคลุมพื้นที่ขนาด 4.2 ตารางกิโลเมตร โดยมีสภาพทางภูมิศาสตร์เป็นเนินเขา มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีอยู่ระหว่าง 16.3 ถึง 17.3 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของเจียงซานอยู่ที่ประมาณ 1,843 มิลลิเมตรต่อปี และการระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1,658 มิลลิเมตรต่อปี พื้นที่ดังกล่าวเป็นภูมิภาคที่มีศักยภาพในการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูงดังแสดงใน**รูปที่ 6** ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์รายปีในพื้นที่โครงการอยู่ที่ประมาณ 1,357.8 kWh/m^2 ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่โครงการนี้มีเป้าหมายแก้ปัญหาความเสื่อมโทรมของที่ดินดัง**รูปที่ 7** และช่วยแก้ปัญหาความต้องการไฟฟ้า เพิ่มผลกำไรทางการเกษตร และพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ และได้พัฒนารูปแบบธุรกิจเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน แม้ว่าในการดำเนินงานด้านการเกษตรอาจมีอุปสรรคจากร่มเงาที่เกิดจากโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงอยู่บ้าง อย่างไรก็ตาม โครงการดังกล่าวได้มอบผลประโยชน์เพิ่มเติมทางเศรษฐกิจและสังคมจากการผลิตพลังงานสะอาดช่วยสร้างสมดุลทางระบบนิเวศ ซึ่งช่วยเพิ่มการใช้ที่ดินให้สูงสุด เพิ่มมูลค่าที่ดินจากเดิมที่มีความเสื่อมโทรม เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ สร้างงานและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ตลอดจนผลพลอยได้ที่เอื้อประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวม [37]



◀ ภูมิประเทศของเมืองเจียงซานเป็นเนินเขามีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นในเขตมรสุม อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีอยู่ระหว่าง 16.3-17.3°C ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ที่ ≈1,843 มม./ปี และการระเหยอยู่ที่ ≈1,658 มม./ปี

การแผ่รังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่โครงการต่อปีอยู่ที่ ≈1,357.8 kWh/m^2 ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีศักยภาพค่อนข้างสูงและเหมาะสำหรับการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่

รูปที่ 6 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์และตำแหน่งที่ตั้งของโครงการ Agrivoltaic Park ในเจียงซา [37]

รูปที่ 7 ภูมิทัศน์ของพื้นที่โครงการ Agrivoltaic Park ในเจียงซาน ก่อน (ซ้าย) และหลัง (ขวา) ได้รับฟื้นฟูด้วยระบบ Agrivoltaics [37]

บริษัท CHINT Solar ได้มีการการวางแผนภูมิทัศน์ เพื่อฟื้นฟูความหลากหลายทางระบบทางนิเวศน์ของผืนดิน ในส่วนของการออกแบบในเชิงเทคนิค CHINT Solar ได้ตั้งบริษัท Jiangshan Longtai Agricultural Development Co., Ltd. เพื่อพัฒนาระบบ Agrivoltatic ของโครงการโดยจ้างช่างเทคนิคมืออาชีพมาจัดการที่ดิน ออกแบบการจัดวางเป็นโครงสร้าง ความสูงและระยะห่างของโมดูล PV ให้เหมาะกับพืชผลดังแสดงใน**รูปที่ 8** ทำให้เกิดพื้นที่ที่เหมาะสำหรับพืชและสมุนไพรจีนที่ชอบร่มเงาโดยมีการเพาะปลูกในระบบรางไม้ไผ่แสดงใน**รูปที่ 9** เช่น กล้วยไม้และต้นไป๋จี่ ในบริเวณใต้แผง PV ในขณะที่พืชที่ชอบแสงแดด เช่น ผักต่างๆ มีการปลูกอยู่บริเวณพื้นที่ระหว่างแผง PV โดยพื้นที่กิจกรรมทางด้าน Agrivoltaics ของโครงการแบ่งออกเป็น 5 โซน ได้แก่ โซนผัก โซนสมุนไพรจีน โซนชา โซนกีวี และโซนปศุสัตว์ [37] นอกจากนี้ผลกระจบที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งแผง PV ยังช่วยลดความร้อนและเพิ่ม ความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน ส่งผลให้มีพืชพรรณปกคลุมมากกว่า 90% ซึ่งช่วยลดการ พังทลายและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน

รูปที่ 8 การออกแบบระบบ Agrivoltaics และกิจกรรมทางการเกษตรภายในโครงการ Agrivoltaic Park [37]

รูปที่ 9 ต้นกล้าของต้นกล้วยไม้ที่เติบโตในภาชนะไม้ไผ่และมีเปลือกไม้เป็นวัสดุปลูก [37]

ข้อสรุปเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี Agrivoltaics จากกรณีศึกษาโครงการ Agrivoltaic Park ขนาด 200 MW ในเจียงซาน ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท CHINT Solar Co. Ltd. มีดังต่อไปนี้

- โครงการนี้มุ่งหวังในการสร้างรูปแบบธุรกิจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินจากพื้นที่เสื่อมโทรม อันเนื่องจากการกัดเซาะของดิน และมุ่งมั่นที่จะสร้างแบบจำลองที่ยั่งยืนที่สร้างสมดุลระหว่างการผลิตทางการเกษตรกับการผลิตพลังงานหมุนเวียนอีกด้วย จึงส่งผลดีต่อเศรษฐกิจในท้องถิ่น ความเป็นอยู่ที่ดีทางสังคม และการฟื้นฟูระบบนิเวศ
- การออกแบบความสูงของแผงโซลาร์เซลล์ถูกกำหนดโดยพิจารณาจากความสูงของต้นไม้และตำแหน่งเฉพาะของพืชผลเพื่อให้แน่ใจว่าได้รับแสงแดดและผลผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสมที่สุด สวนแห่งนี้แบ่งออกเป็นเขตเกษตรกรรมที่แตกต่างกัน 5 เขต ได้แก่ เขตปลูกผัก เขตปลูกสมุนไพรจีน เขตปลูกชา เขตปลูกกีวี และเขตเลี้ยงปศุสัตว์ซึ่งรวมถึงไก่ เป็ด และหมู
- แม้จะมีแนวทางที่สร้างสรรค์ แต่ผลผลิตผักในโครงการนี้ยังต่ำกว่าผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากอัตราค่าไฟฟ้าป้อนเข้า (FIT) ที่ 0.17 USD/kWh ซึ่งช่วยชดเชยความท้าทายทางเศรษฐกิจบางส่วนได้
- โครงการมุ่งมั่นที่จะสร้างแบบจำลองที่ยั่งยืนที่สร้างสมดุลระหว่างการผลิตทางการเกษตรกับการผลิตพลังงานหมุนเวียนอีกด้วย จึงส่งผลดีต่อเศรษฐกิจในท้องถิ่น ความเป็นอยู่ที่ดีทางสังคม และการฟื้นฟูระบบนิเวศ

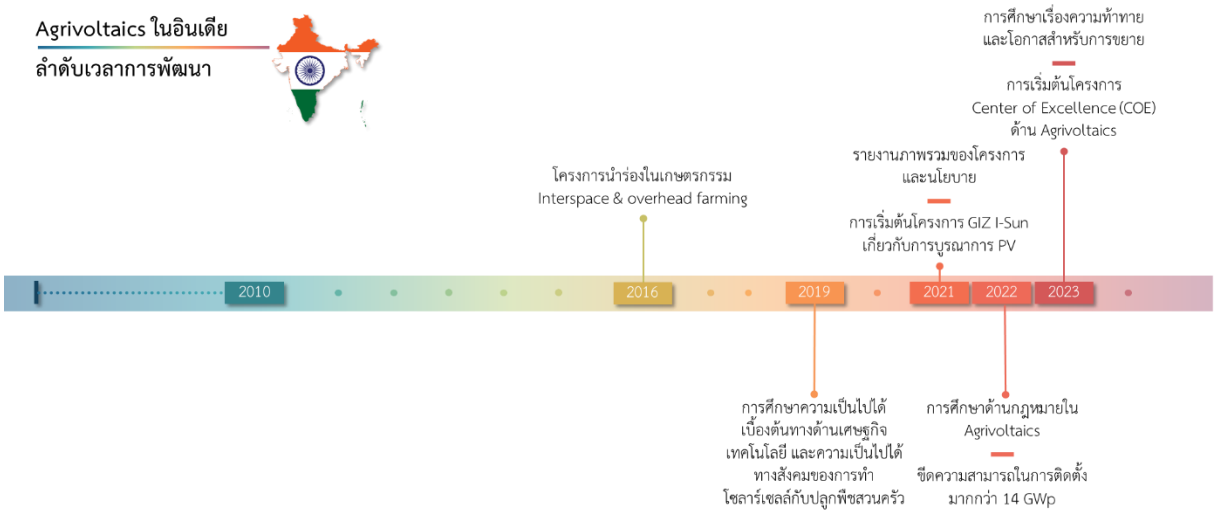
การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

การปรับแนวคิดการเกษตรแบบใช้ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ของจีนให้เข้ากับบริบทของไทยนั้นเกี่ยวข้องกับขั้นตอนสำคัญหลายประการ ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากแสงแดดที่อุดมสมบูรณ์ของไทยและแนวทางการเกษตรที่หลากหลายจะช่วยเพิ่มการทำงานร่วมกันระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และการเกษตรได้อย่างเต็มที่ การปรับแต่งระบบการเกษตรแบบใช้ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ให้เข้ากับพืชผลและวิธีการทำการเกษตรในท้องถิ่น เช่น นาข้าวและสวนผลไม้เมืองร้อน ถือเป็นสิ่งสำคัญ การสนับสนุนจากรัฐบาลผ่านนโยบายและแรงจูงใจที่คล้ายกับแนวทางของจีนสามารถผลักดันการนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ การร่วมมือกับมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยในท้องถิ่นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบระบบและแก้ไขปัญหาเฉพาะ เช่น รูปแบบสภาพอากาศมรสุมได้ การเน้นที่ด้านเหล่านี้จะทำให้ประเทศไทยสามารถบูรณาการการเกษตรแบบใช้ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มทั้งผลผลิตทางการเกษตรและการผลิตพลังงานหมุนเวียน

สาธารณรัฐอินเดีย

การเกษตรแบบใช้ Agrivoltaics ในอินเดียยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น โดยพัฒนาจากโครงการนำร่องในปี 2016 ไปสู่การนำไปใช้งานที่มีโครงสร้างมากขึ้น ดังที่แสดงใน**รูปที่ 10** ในระยะแรก Agrivoltaics ถูกจำกัดอยู่ในช่วงของการทดลองที่มุ่งเน้นทำความเข้าใจความเป็นไปได้ของการผสมผสานการเกษตรกับการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ (PV) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่เป็นไปได้ เช่น ประสิทธิภาพการใช้ที่ดินที่เพิ่มขึ้นและผลผลิตพืชผลที่ดีขึ้น เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์สามารถบังแสงแดดได้บางส่วน แม้จะมีความก้าวหน้าดังกล่าว แต่การนำการเกษตรแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในเชิงพาณิชย์ในอินเดียยังคงเผชิญกับความท้าทายหลาย

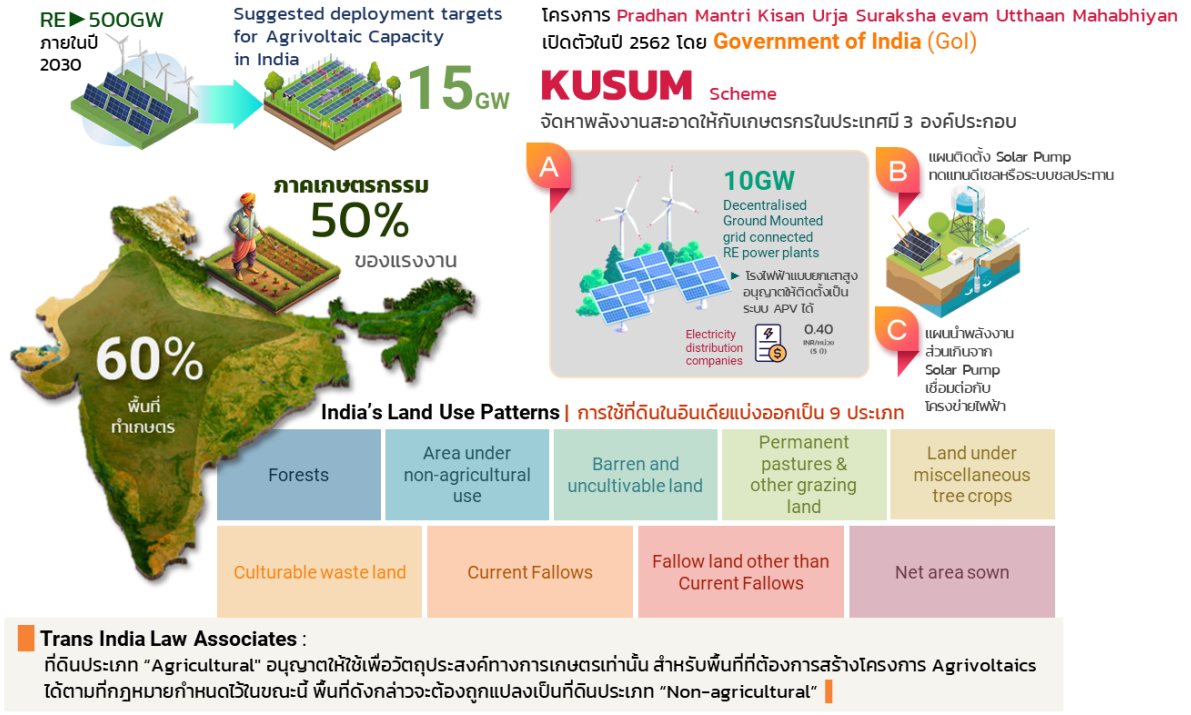
ประการ รวมถึงความจำเป็นในการมีแนวทางมาตรฐาน แรงจูงใจทางการเงิน และการสนับสนุนทางเทคนิคสำหรับเกษตรกร อย่างไรก็ตาม การวิจัยและโครงการนำร่องที่ดำเนินการอยู่ยังคงให้ข้อมูลที่มีค่า ซึ่งช่วยปูทางไปสู่การนำ Agrivoltaics มาใช้อย่างแพร่หลายในภาคส่วนพลังงานหมุนเวียนและการเกษตรของอินเดีย



รูปที่ 10 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaics ของประเทศอินเดีย

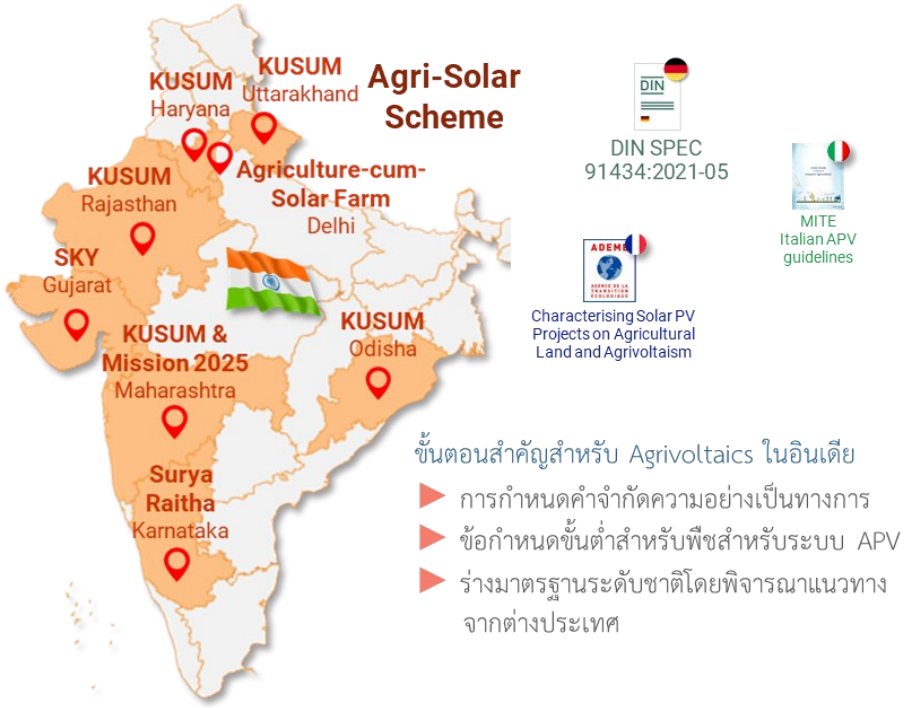
เพื่อตอบโจทย์ในความพยายามระหว่างประเทศในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนในภาคเศรษฐกิจ รัฐบาลอินเดียได้มีการตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียนไว้ที่ 500GW ของกำลังการผลิตติดตั้งภายในปี 2030 โดยมีสัดส่วนการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 300GW และให้บรรลุเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียนดังกล่าว รัฐบาลอินเดียจึงได้มีการนำเสนอโครงการ Kisan Urja Suraksha evam Uthaan Mahabhiyaan (KUSUM) หรือ Farmer Energy Security and Warranty Scheme ขึ้น โดยโครงการดังกล่าวประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดัง**รูปที่ 11** ที่มีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายศูนย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการ PM-KUSUM องค์ประกอบ-A ที่เกี่ยวกับการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินที่สามารถเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า โดยมีเป้าหมายสร้างกำลังการผลิตรวม 10 GW โดยโรงไฟฟ้าเหล่านี้มีขนาดตั้งแต่ 500 kW ไปจนถึง 2 MW สามารถติดตั้งได้ทั้งบนพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่แห้งแล้ง ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่โดยประมาณร้อยละ 60 ของประเทศ [38] และแรงงานภายในประเทศส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 50 อยู่ภาคการเกษตร อย่างไรก็ตาม การใช้ที่ดินในอินเดียยังคงมีความเข้มงวดและมีการกำหนดรูปแบบการใช้งานตามกฎหมายแบ่งออกเป็น 9 ประเภท และมีบางประเภทที่สามารถใช้พัฒนาระบบ Agrivoltaics ได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานหมุนเวียนใดๆ ถือเป็นกิจกรรมนอกภาคเกษตรกรรม มีขั้นตอนในการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันที่กำหนดไว้ในแต่ละรัฐ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการร้องขอจากฝ่ายบริหารเขตที่รับผิดชอบ การดำเนินกิจกรรมใดๆ ที่ไม่ใช่งานทางด้านเกษตรกรรมบนที่ดินเพื่อเกษตรกรรม โดยไม่มีการแปลงสภาพพื้นที่เหมาะสมส่งผลให้เจ้าของพื้นที่หรือผู้เช่าที่ดินได้รับโทษ หรืออีกนัยหนึ่งคือ พื้นที่เกษตรกรรมจะต้องถูกแปลงเป็นที่ดินไม่ใช่เพื่อเกษตรกรรมจึงจะสามารถสร้างโครงการ Agrivoltaics ได้ ดังนั้นการเลือกพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงต้องขับเคลื่อนด้วยโครงสร้างพื้นฐานและความต้องการเป็นหลัก ตลอดจนความพร้อมของแรงจูงใจจากรัฐบาลและความเต็มใจของเกษตรกรในการจัดทำโครงการบนที่ดินของตน

อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญคือต้องรับทราบว่าแนวทางนี้อาจก่อให้เกิดความท้าทายในการใช้ที่ดินระหว่างการผลิตพลังงานและการเพาะปลูกพืชผล เป็นผลให้การใช้พื้นที่ร่วมในการเพาะปลูกและการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์กำลังได้รับความท้าทายในด้านวิชาการ อุตสาหกรรม และการเมืองของอินเดีย



รูปที่ 11 ตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียนและการสนับสนุน Agrivoltaics ในอินเดีย

โครงการ PM-KUSUM ส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในภาคการเกษตรท่ามกลางกลยุทธ์อื่นๆ โครงการนี้ส่งเสริมการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อโครงข่ายแบบกระจายศูนย์ขนาดเล็กบนที่ดินของเกษตรกร แม้ว่าโครงการนี้จะกำหนดเป้าหมายไปที่พื้นที่แห้งแล้งและไม่สามารถเพาะปลูกได้เป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ยังคงมีการอนุญาตให้ตั้งโรงไฟฟ้าบนพื้นที่เกษตรกรรมได้โดยมีเงื่อนไขว่าแผงโซลาร์เซลล์จะต้องมีการติดตั้งแผงบนเสายกสูงและเว้นระยะห่างระหว่างแผงอย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถเพาะปลูกต่อไปได้ บทบัญญัตินี้ช่วยให้สามารถนำ Agrivoltaics มาใช้ภายใต้โครงการได้ ที่ผ่านมาโครงการ Agrivoltaics ในอินเดียอยู่ในขั้นตอนการสาธิตเทคโนโลยีนำร่องที่กระจายตัวอยู่ตามรัฐต่างๆ ทั่วประเทศ ดังแสดงใน**รูปที่ 12** โดยในเวลานี้การพัฒนา Agrivoltaics ยังคงเป็นแนวทางปฏิบัติในช่วงเริ่มต้น ที่ดำเนินการไปพร้อมกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง การออกแบบที่เหมาะสม และมาตรฐานที่ใช้ในการกำกับดูแลในการดำเนินงาน ซึ่งในปัจจุบันยังคงจำกัดอยู่ในพื้นที่โครงการนำร่องไม่กี่โครงการและยังพัฒนาไม่ถึงในระดับเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตาม แผนงานที่มีอยู่สามารถใช้เป็นแนวปฏิบัติในวงกว้างได้



Asian Power: https://asian-power.com/power-utility/analysis/three-reasons-why-agrivoltaics-could-be-key-re-sector-in-india
Saur Energy International:https://www.saurenergy.com/solar-energy-articles/agrivoltaics-make-their-case-for-india

รูปที่ 12 การสนับสนุน Agrivoltaics ของรัฐบาลที่กระจายตัวตามรัฐต่างๆ ทั่วประทศอินเดีย

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศอินเดีย

โครงการนำร่องในอินเดียทั้งหมดเป็นระบบเกษตรแบบเปิดพร้อมการเพาะปลูกพืช ส่วนใหญ่จะมีความแตกต่างกันตามโครงสร้าง 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 แบบ Ground-mounted panels หรือเรียกว่าแบบ Interspace ประเภทที่ 2 แบบ Slightly elevated panels การติดตั้งแผงยกขึ้นสูงเล็กน้อยเพื่อให้สามารถปลูกพืชได้บางส่วนใต้แผงและช่องว่างระหว่างแผง พื้นที่ใต้แผงจึงเหมาะสำหรับปลูกพืชชนิดชอบแสงรำไร (shade-loving crops) ทำให้ใช้ประโยชน์จากที่ดินได้สูงขึ้นเล็กน้อยและประเภทที่ 3 แบบ Fully elevated panels ที่สามารถทำการเกษตรและการเพาะปลูกด้วยเครื่องจักรขนาดเล็กในทุกส่วนของพื้นที่ สามารถพัฒนาปรับสภาพอากาศใหม่ทั้งหมดได้ ขึ้นอยู่กับจำนวนแผงที่ติดตั้งและการใช้งานในระบบชลประทานเพิ่มเติม ทำให้เกษตรกรสามารถปลูกพืชชนิดใหม่หรือพืชที่มีมูลค่าสูงกว่า ตลอดจนช่วยกระจายรายได้ให้เกษตรกร

เพื่อทำความเข้าใจการดำเนินงานและแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด สำหรับกำหนดแนวทางให้กับ Agrivoltaics ของอินเดีย จึงได้มีการศึกษาและตรวจสอบโครงการ Agrivoltaics ทั่วประเทศ ผู้เชี่ยวชาญของ National Solar Energy Federation of India (NSEFI) และ Indo-German Energy Forum Support Office (IGEF-SO) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า พืชผลที่เพาะปลูก หลักการปฏิบัติงานตลอดจนแง่มุมด้านเทคโนโลยีและเศรษฐกิจของอินเดียดังแสดงใน**รูปที่ 13** โดยภาพรวม Agrivoltaics ในอินเดียครอบคลุมโครงการที่กำลังดำเนินการ 23 โครงการ และโครงการที่กำลังจะเกิดขึ้นอีก 3 โครงการ โดยเจาะลึกด้านเทคนิค การเงิน และการเกษตร นอกจากนี้ยังประเมินนโยบายที่เกี่ยวข้องกับ Agrivoltaics ของ

อินเดีย ซึ่งทำหน้าที่เป็นรากฐานสำหรับการหารือเกี่ยวกับศักยภาพของโครงการ เน้นย้ำถึงความสำคัญของ Agrivoltaics ในการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่กำลังดำเนินอยู่ของประเทศ

รูปที่ 13 ภาพรวมโครงการ Agrivoltaics ในอินเดีย

ประเทศอินเดียได้ทดสอบแนวคิดเกี่ยวกับ Agrivoltaics เป็นในวงกว้าง โดยเกือบครึ่งหนึ่งของโครงการอยู่ในรัฐคุชราต (Gujarat) ซึ่งมีการดำเนินโครงการมาตั้งแต่ปี 2012 โดย Abellon Energy ร่วมกับบริษัท Jain Irrigation Systems Limited (JISL) จากรัฐมหาราษฏระ (Maharashtra) ซึ่งทั้งสองบริษัทเป็นผู้นำด้านเกษตรกรรมในอินเดีย นับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา Agrivoltaics ของอินเดียจึงได้มีการพัฒนา จนกระทั่งมีผู้ประกอบการเกิดขึ้นหลายราย ซึ่งปัจจุบันมีลักษณะโครงการที่แตกต่างกัน 3 ประเภทที่กำลังดำเนินการในอินเดีย ได้แก่ โครงการที่เน้นด้านการวิจัยและพัฒนา โครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล และโครงการเชิงพาณิชย์ที่พัฒนาโดยหน่วยงานเอกชน

เพื่อขับเคลื่อนการนำ Agrivoltaics ไปใช้ในอินเดีย จำเป็นต้องมีกรอบนโยบายเพื่อสร้างเงื่อนไขที่เหมาะสม จากประสบการณ์ของโครงการนำร่องที่มีอยู่และข้อมูลจากการอภิปรายในที่ประชุมกลุ่มย่อยเกี่ยวกับการเกษตรและภาคพลังงาน และการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสถาบันวิจัยและพัฒนาในท้องถิ่น ได้มีการระบุข้อเสนอแนะนโยบายที่เหมาะสมดัง**รูปที่ 14** และรายละเอียดข้อเสนอแนะแสดงดัง**ตารางที่ 1** [39]

รูปที่ 14 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย [39]

ตารางที่ 1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับ Agrivoltaics ในอินเดีย [39]

ข้อเสนอแนะ	แนวทาง
1. กำหนด Agriphotovoltaics	- อินเดียอาจเสนอมาตรฐานหรือข้อกำหนดอื่น ๆ โดยการประเมินและวิเคราะห์มาตรฐานจากต่างประเทศ เช่น มาตรฐาน DIN SPEC 91434:2021-05 [40] จากเยอรมัน, ADEME – Characterizing Solar PV Projects on Agricultural Land and Agrivoltaism ในฝรั่งเศสหรือ Guidelines for the Design, Construction and Operation of Agrivoltaics Plants จากประเทศอิตาลี - อนุญาตให้มีการพัฒนาโครงการบนพื้นที่เกษตรกรรม - อาจต้องรับประกันว่าพื้นที่พร้อมใช้งานและเพื่อการเกษตรกรรมขั้นต่ำร้อยละ 80 ของพื้นผิวทั้งหมด - อาจบังคับใช้แผนการเพาะปลูกพืช แนวคิดการทำความสะอาด และรายงานเป็นระยะๆ - คาดการณ์การปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมโดยอาศัยผลตอบรับอย่างต่อเนื่องจากเกษตรกรและผู้พัฒนาโครงการเพื่อปรับปรุงการออกแบบ - ปรึกษาหารือกับ Ministry for Agriculture & Farmers Welfare เพื่อให้แน่ใจว่าโครงสร้างความเป็นเจ้าของชัดเจนตั้งแต่เริ่มแรก
2. กำหนดเป้าหมายการใช้งานสำหรับ Agriphotovoltaics ในอีก 10 ปีข้างหน้า	- เริ่มต้นเป้าหมายการใช้งานประจำปีในระดับ MW สู่ระดับ GW ภายในปี 2030 - ภาครัฐเสนอขอให้ส่งเป้าหมายที่แน่ชัดในสิทธิการเป็นเจ้าของ - Ministry of Agriculture & Farmers Welfare ควรมีส่วนเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงความร่วมมือของภาคเกษตรกรรมและพลังงาน
3. จัดให้มีการประกวดราคานวัตกรรม “innovation tenders” สำหรับโครงการ Agriphotovoltaic ผ่าน SECI, NTPC, NHPC และหน่วยงานหลักอื่นๆ	- รัฐบาลควรมีการร่างแนวทางการประกวดราคาเพื่อสนับสนุนให้รัฐต่างๆ เพื่อปรับตัวให้เข้ากับเงื่อนไขของภูมิภาคได้ง่ายขึ้น - พิจารณาโครงสร้างต้นทุนของแนวคิด Agrivoltaics ประเภทต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยการกำหนดกลุ่มย่อยภายในแนวทางการประกวดราคา (แยกกันระหว่างผู้ประกวดราคาสำหรับ Vertical และ Horizontal Agrivoltaics) - สำรวจ Agrivoltaics farms ขนาด >10 MWp ในระดับระบบสาธารณูปโภค

ข้อเสนอแนะ	แนวทาง
	- พิจารณาเสนอเงินทุนทดแทนช่องว่างความสามารถในการดำรงชีวิตได้ประมาณ 25% สำหรับจำนวนกำลังการผลิตเริ่มต้นที่กำหนดไว้ล่วงหน้า - การสนับสนุนทางการเงินของธนาคารสำหรับโครงการ AgriPV โดยเฉพาะผ่านทาง IREDA, NABARD และอื่นๆ - หารือร่วมกับ Ministry of Agriculture & Farmers Welfare เพื่อสำรวจโอกาสในการทำงานร่วมกันในภาคส่วนพืชสวน เช่น การปลูกองุ่นหรือผลไม้และผักอื่นๆ ที่ต้องการการปกป้องอันตรายจากแสงแดดหรือสภาพอากาศสุดขั้วอื่นๆ
4. เสนอให้เพิ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่ 10 สำหรับการเกษตรโซลาร์เซลล์ (agriphotovoltaic land) ในการจำแนกประเภทที่ดินในปัจจุบันในอินเดีย	- ขึ้นอยู่กับการรายงานจาก Ministry of Statistics and Programme Implementation [41] - สร้างความเชื่อมั่นทางกฎหมายแก่เกษตรกรโดยการรับรองการถือครองที่ดินโดยเฉพาะ เกี่ยวกับผลผลิตที่ดินเพื่อเกษตรกรรมและกำหนดสิทธิในสัญญาเช่าอย่างชัดเจน - จัดหมวดหมู่เพื่อให้มั่นใจว่าผู้พัฒนาจะได้รับใบอนุญาตก่อสร้างทั้งหมดหากสอดคล้องกับข้อกำหนดของ Agriphotovoltaics - จัดทำแนวทางในการสนับสนุนรัฐเพื่อขยายขั้นตอนการอนุมัติทั่วไปในภูมิภาคของตน
5. จัดตั้งคณะรัฐมนตรีเพื่อเป็นกรรมการในการประสานการดำเนินงาน	- จัดตั้งคณะทำงานที่มีสมาชิกจาก MNRE, Ministry of Agriculture & Farmers Welfare และ Ministry of Science and Technology - สร้างการมีส่วนร่วมของกลุ่มผลประโยชน์จากอุตสาหกรรม การเกษตรและรัฐ
6. เสนอให้มีการมอบรางวัล Agrophotovoltaics Award of the Year	- ดำเนินการร่วมกับ NISE ในระดับชาติ
7. จัดทำโครงการวิจัยระดับชาติโดยเฉพาะเกี่ยวกับ Agriphotovoltaics	- สร้างบทสรุปของพืชเกษตรและพืชสวนที่เหมาะสม ขอบเขตของการเพิ่มผลผลิตตามเขตภูมิอากาศ ซึ่งจะช่วยในการออกแบบและพัฒนาโครงการ - เกี่ยวข้องกับ Ministry of Agriculture & Farmers Welfare
8. จัดทำโครงการพัฒนาทักษะและเสริมสร้างขีดความสามารถโดยเฉพาะ	- ตัวอย่างเช่น ร่วมมือกับสภาฝีมือแรงงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (Skill Council for Green Jobs)

จากกรณีศึกษาเกี่ยวกับ Agrivoltaics จากประเทศอินเดียได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

- Agrivoltaics เป็นแนวคิดที่เป็นประโยชน์สำหรับอินเดีย ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตพลังงานสะอาดสูง การใช้แนวคิดนี้ช่วยให้เกษตรกรในชนบทสามารถมีส่วนร่วมในการพัฒนาและ เป็นส่วนหนึ่งในการผลักดันความก้าวหน้าของประเทศ อีกทั้งยังเป็นแนวทางการบูรณาการการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพจากการเลี่ยงแรงกดดันจากความต้องการที่ดินที่เพิ่มขึ้น
- ปัจจุบันโครงการนำร่อง Agrivoltaics ที่ดำเนินงานอยู่มีกำลังการผลิตติดตั้งตั้งแต่ระดับกิโลวัตต์ไปจนถึงหลายเมกะวัตต์ ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การสำรวจ รวบรวมประสบการณ์และการวิจัย แต่ยังไม่มีโครงการนำร่องระดับสาธารณูปโภค (Utility-scale) เป็นผลให้ไม่มีผลการศึกษาด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และการเกษตรตามลำดับ
- จากกรณีศึกษาของอินเดียเห็นได้ว่ามีแนวโน้มการพัฒนาผังโครงการสำหรับ Agrivoltaics ในรูปแบบการติดตั้ง 3 ประเภท ได้แก่
  - ประเภท Ground-mounted panels ที่มีการติดตั้งระหว่างการปลูกพืช หรือเรียกว่าแบบ Interspace ปัจจุบันมีตัวอย่างโครงการอยู่ที่สนามบิน Cochin เป็นระบบที่ทันสมัยและใหญ่ที่สุดในอินเดีย
  - ประเภท Slightly elevated panels การติดตั้งแผงยกขึ้นสูงเล็กน้อยเพื่อให้สามารถปลูกพืชได้บางส่วนใต้แผงและช่องว่างระหว่างแผง พื้นที่ใต้แผงจึงเหมาะสำหรับปลูกพืชชนิดชอบแสงรำไร (shade-loving crops) ทำให้ใช้ประโยชน์จากที่ดินได้สูงขึ้นเล็กน้อย ตัวอย่างโครงการเช่น โครงการวิจัยของ CAZRI ในเมืองจ๊อดปูร์ (Jodhpur) และโครงการ (Gujarat Industries Power Company Ltd.(GIPCL) ใกล้กับพื้นที่เขตอัมรอล (Amrol)
  - ประเภท Fully elevated panels ที่สามารถทำการเกษตรและการเพาะปลูกด้วยเครื่องจักรขนาดเล็กในทุกส่วนของพื้นที่ สามารถพัฒนาปรับสภาพอากาศใหม่ทั้งหมดได้ ขึ้นอยู่กับจำนวนแผงที่ติดตั้งและการใช้การชลประทานเพิ่มเติม ทำให้เกษตรกรสามารถปลูกพืชชนิดใหม่หรือพืชที่มีมูลค่าสูงกว่าและช่วยกระจายรายได้ให้เกษตรกร ระบบประเภทนี้ได้รับการติดตั้งที่โครงการตัวอย่างใกล้ Parbhani นอกจากนี้การทำฟาร์มประเภทนี้ประสบความสำเร็จในเขตพื้นที่ Amrol ในระดับที่ใหญ่ที่สุดในอินเดีย โครงการ Junagadh และ Amity มีความโดดเด่นในเรื่องของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ โครงการ Jain Irrigation เป็นโครงการมีประสบการณ์ด้านนี้ยาวนานที่สุด
- แม้ว่าต้นทุนแผงจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่เนื่องจากโครงสร้างการติดตั้งระบบ Agrivoltaics ที่ยกสูงขึ้น การสะท้อนแสงที่ด้านหลังของแผงจึงเพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงมีแนวโน้มที่การใช้งานแผงประเภท Bifacial Panels เพิ่มมากขึ้น
- การส่งเสริมการทำงานร่วมกันและการสื่อสารที่ดีกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง จะทำให้โอกาสผิดพลาดในการประสานงานระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียลดน้อยลง ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

- สถานประกอบการที่มีอยู่ทั่วประเทศมีความพยายามอย่างต่อเนื่องในการประเมินความสมดุลระหว่างต้นทุนเพิ่มขึ้นในการรองรับ Agrivoltaics กับรายได้ที่สอดคล้องกันที่เกิดจากการเพาะปลูก การระบุต้นทุนของโครงสร้างที่เพิ่มขึ้นและการบำรุงรักษาตลอดจนการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์อย่างมีประสิทธิภาพเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญ สำหรับการวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและผลกระทบเชิงบวกของระบบ Agrivoltaics

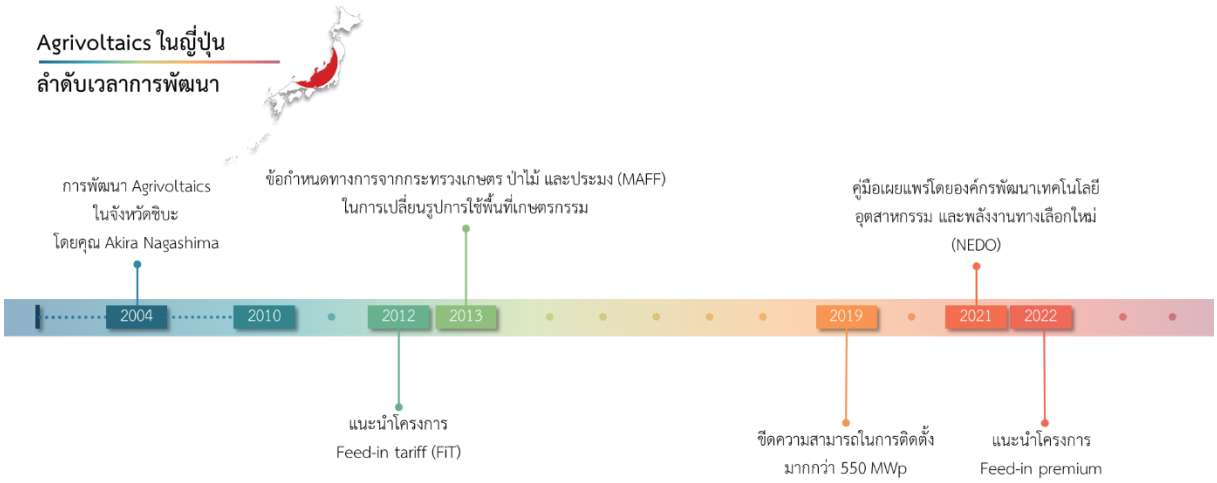
การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

การปรับใช้กรณีศึกษา Agrivoltaics ของอินเดีย ให้เข้ากับประเทศไทยสามารถทำได้โดย การกำหนดนโยบาย กฎระเบียบโดยเฉพาะด้านการใช้ที่ดินที่สนับสนุน Agrivoltaics ให้มีความยืดหยุ่น รวมถึงการสนับสนุนทางเทคนิคสำหรับการผสมผสานพืชผลและแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสม การสร้างแรงจูงใจให้กับเกษตรกรก็มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมโครงการฯเช่นกัน ทั้งนี้ ผลการศึกษาของอินเดียยังชี้นำว่า การดำเนินโครงการ Agrivoltaics ยังช่วยแก้ไขปัญหาท้องถิ่น เช่น ความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าและการจัดการน้ำ หากมีการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างหน่วยงานของรัฐ สถาบันวิจัย และชุมชนท้องถิ่น จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้

ประเทศญี่ปุ่น

ในประเทศญี่ปุ่น Agrivoltaics Farming หรือที่รู้จักในชื่อ Solar Sharing เป็นระบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) บนพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้สามารถผลิตพลังงานและเพาะปลูกพืชไปได้พร้อมๆ กันโดยการแบ่งปันสัดส่วนการใช้ประโยชน์แสงจากดวงอาทิตย์ โดยเริ่มต้นในปี 2004 ในจังหวัดชิบะ โดยอากิระ นากาชิมะ เป็นผู้ริเริ่ม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ประโยชน์จากพื้นที่เกษตรกรรมทั้งสำหรับการเพาะปลูกและการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนที่ดินและได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความอิ่มตัวของแสง (light saturation) ในการสังเคราะห์แสงของพืชเพื่อพัฒนาแนวคิดพื้นฐานของ Agrivoltaics โดยตั้งชื่อแนวคิดนี้ว่า "solar sharing" ซึ่งเป็นการการแบ่งสัดส่วนของแสงแดดแก่พืชตามความต้องการและการแบ่งปันแสงส่วนเกินให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้สามารถผลิตทั้งพืชผลและพลังงานไปพร้อมๆ กัน โดยที่เทคโนโลยี Agrivoltaics ในประเทศญี่ปุ่นมีพัฒนาการดังแสดงใน**รูปที่ 15** ซึ่งประโยชน์จากการขับเคลื่อนเทคโนโลยีนี้ไม่เพียงแต่เป็นทางออกสำหรับการผลิตพลังงานหมุนเวียนเท่านั้น แต่ยังเป็นกลยุทธ์ในการฟื้นฟูพื้นที่เกษตรที่ถูกทิ้งร้างและไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่อีกด้วย ซึ่งส่งผลดีต่อทั้งความมั่นคงด้านพลังงานและอาหาร

Solar Sharing: agricultural production in agrivoltaics relies on direct solar insulation

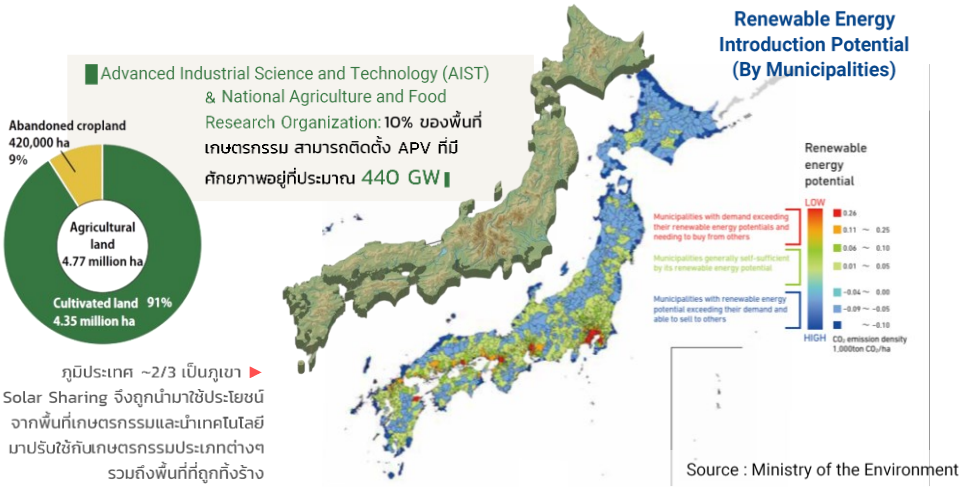


รูปที่ 15 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaics ของประเทศญี่ปุ่น

รัฐบาลญี่ปุ่นได้ตั้งเป้าหมายเชิงรุกในการเพิ่มส่วนแบ่งพลังงานหมุนเวียนของประเทศในภาคไฟฟ้าเป็น 36–38% ภายในปี 2573 ตามแผนพลังงานพื้นฐานฉบับที่ 6 (Sixth Strategic Energy Plan) ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งการเพิ่มสัดส่วนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเรื่องที่ท้าทายสำหรับประเทศญี่ปุ่นเนื่องจากมีพื้นที่ราบเพียง 34% และส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนาแล้วในช่วงที่มีการสนับสนุน Feed-In Tariff ในปี 2012 [42] สำหรับโครงการไฟฟ้าโซลาร์เซลล์บนไหล่เขาและในพื้นที่ป่าเผชิญกับการต่อต้านที่เพิ่มมากขึ้นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในท้องถิ่น เนื่องจากผลกระทบเกี่ยวกับปัญหาการตัดไม้ทำลายป่าและแผ่นดินถล่ม[43] ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องค้นหาพื้นที่ทางเลือกเพื่อพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ พลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ (หรือที่เรียกว่าพลังงานแสงอาทิตย์) จึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนา Regional Circular and Ecological Sphere (R-CES) [44] ซึ่งถูกใช้เป็นหลักในการชี้นำของนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมภายในประเทศ ทำให้โครงการผลิตพลังงานหมุนเวียนที่ดำเนินการในพื้นที่ชนบทมีความสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้น Agrivoltaic systems (AVSs) ไม่เพียงแต่สามารถปรับปรุงรายได้ของเกษตรกรเท่านั้น แต่ยังสามารถสร้างโอกาสในการฟื้นฟูจำนวนประชากรที่ลดลงและกิจกรรมทางเศรษฐกิจในพื้นที่ชนบทอีกด้วย [45] Agrivoltaics เป็นแนวคิดที่ถูกคาดว่าจะสามารถช่วยลดความขัดแย้งในการใช้ที่ดิน [46] และช่วยในการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกที่ถูกทิ้งร้างในญี่ปุ่น รายได้พิเศษจากระบบ Agrivoltaics สามารถเป็นแรงจูงใจให้คนกับรุ่นใหม่สามารถสานต่อธุรกิจการเกษตรให้ประสบผลสำเร็จในปัจจุบัน [47] แม้ว่าญี่ปุ่นจะเป็นผู้บุกเบิกด้าน Agrivoltaics แต่ยังคงมีส่วนแบ่งไม่ถึง 1% ของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยในญี่ปุ่น

เนื่องจากภูมิประเทศประมาณสองในสามของญี่ปุ่นเป็นภูเขา และด้วยพื้นที่ราบเพียงเล็กน้อย จึงมีความต้องการอย่างมากสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาและที่ดินที่ไม่ได้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยชุมชน Solar Sharing ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ประโยชน์จากพื้นที่เกษตรกรรมได้ดีขึ้น และคาดหวังการนำเทคโนโลยีเพาะปลูกนี้ (home-grown technology) มาใช้สำหรับการพึ่งพาตนเองมากขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรมประเภทต่างๆ รวมถึงพื้นที่ที่ถูกทิ้งร้าง ซึ่งศักยภาพของ Solar Sharing หากมีการขยายระบบ Solar Sharing เป็นอีก 10% ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดที่มีอยู่ประมาณ 4.77 ล้านเฮคเตอร์ในญี่ปุ่น

(ซึ่งมีพื้นที่เกษตรกรรมที่ถูกทิ้งร้างคิดเป็น 9% ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด) พลังงานที่ได้รับจะครอบคลุมความต้องการไฟฟ้าของประเทศประมาณ 37% [48]



รูปที่ 16 ภาพรวมที่มาของแรงขับเคลื่อนให้เกิด Agrivoltaics ในประเทศญี่ปุ่น

จากกรณีศึกษาของประเทศญี่ปุ่น ประโยชน์ของ Solar Sharing สามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่ญี่ปุ่นเผชิญอยู่ในด้านการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การปรับปรุงความพอเพียงด้านพลังงาน การพัฒนาความพอเพียงด้านอาหาร และการฟื้นฟูชุมชนท้องถิ่น [48] โดยมีรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

รูปที่ 17 แนวทางการนำ Solar Sharing มาช่วยแก้ไขปัญหาทั้ง 4 ด้านของญี่ปุ่น

การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Fighting climate change)

รัฐบาลญี่ปุ่นได้ตั้งเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกภายในปีประมาณ 2030 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปีงบประมาณ 2050 โดยมีเป้าหมายใช้พลังงานทดแทนเพื่อช่วยลดการปลดปล่อย CO_2 และการสร้างพื้นที่ที่ถูกทิ้งร้างหรือไม่ได้ใช้แล้วมาเพาะปลูกเพื่อทำให้เกิดแหล่งกักเก็บคาร์บอน [48]

การปรับปรุงความพอเพียงด้านพลังงาน (Improving energy self-sufficiency)

อัตราการพึ่งพาตนเองของพลังงานปฐมภูมิ (self-sufficiency rate for primary energy) ซึ่งมีสัดส่วนน้อยมากสำหรับประเทศอุตสาหกรรม ญี่ปุ่นยังพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นส่วนใหญ่ เช่น

น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ (LNG) โดยพลังงานทดแทนสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน และ Agrivoltaics จะช่วยให้เพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์จากภาคชุมชน [48]

การพัฒนาความพอเพียงด้านอาหาร (Improving food self-sufficiency)

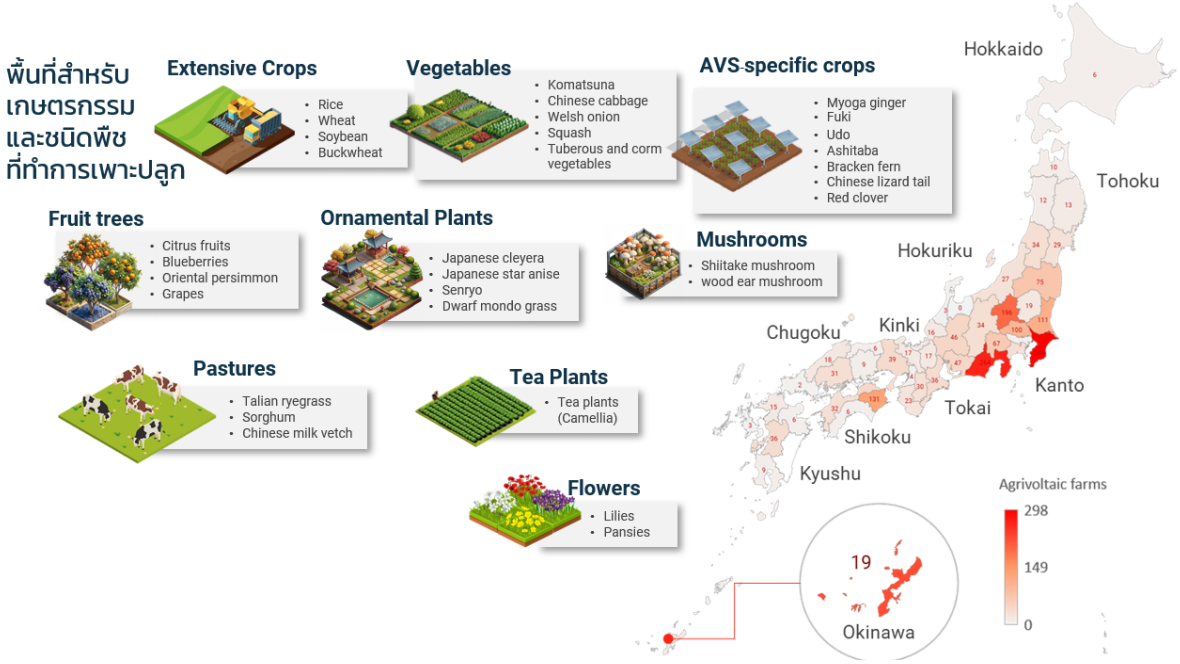
เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณแคลอรี่ที่ได้รับจากอัตราการพึ่งพาตนเองด้านอาหาร (food self-sufficiency rate) ในปี 2021 ของญี่ปุ่น มีสัดส่วนอยู่ที่ 38% ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ส่งผลให้การสร้างพื้นที่เกษตรกรรมจากที่ดินที่ถูกทิ้งร้างหรือไม่ได้ใช้สามารถช่วยปรับปรุงความพอเพียงด้านอาหารได้ และยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรและรักษากลุ่มเกษตรกรรุ่นใหม่ให้คงอยู่ต่อไป [48]

การฟื้นฟูชุมชนท้องถิ่น (Revitalizing local communities)

ญี่ปุ่นกำลังประสบกับปัญหาความหนาแน่นของประชากรซ่งส่วนใหญ่มีการย้ายไปยังเมืองใหญ่อย่างต่อเนื่อง ซึ่ง 35.4% ของจำนวนประชากรอาศัยอยู่ในพื้นที่ใจกลางมหานครโตเกียว และ 52.5% อาศัยอยู่ในพื้นที่รอบๆ โตเกียว โอซาก้า และนาโกย่า ทำให้พื้นที่อื่นๆ กำลังประสบปัญหาการลดจำนวนของประชากร[48] ซึ่ง Distributed energy สามารถนำมาใช้ภายในชุมชนได้ และการทำเกษตรกรรมเชิงรุกช่วยเพิ่มการพึ่งพาตนเองทางด้านอาหารในท้องถิ่นและฟื้นฟูชุมชน [48]

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศญี่ปุ่น

ปัจจุบันมีโครงการ Agrivoltaics กระจายตัวทั่วประเทศญี่ปุ่นประมาณ 1,992 แห่ง ดังแสดง**รูปที่ 18** ครอบคลุมพื้นที่ 560 เฮกตาร์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นระบบขนาดเล็ก โดยปกติจะมีพื้นที่น้อยกว่า 0.1 เฮกตาร์ ในญี่ปุ่นมีการปลูกพืชผลทางการเกษตรมากกว่า 120 ชนิดภายใต้ระบบ Agrivoltaics แม้ว่าการติดตั้งระบบเหล่านี้มักจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในประเภทของพืชผลที่ปลูก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อตลาดในท้องถิ่น อัตราการบังแดดในระบบ Agrivoltaics แตกต่างกันมาก โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับความต้องการแสงของพืช แต่โดยทั่วไปแล้ว อัตราการบังแดดที่สูงกว่าจะถูกเลือกเพื่อเพิ่มการผลิตไฟฟ้าให้สูงสุด [49]



รูปที่ 18 โครงการ Agrivoltaics กระจายตัวทั่วประเทศ และประเภทของพืชผลที่สามารถเพาะปลูกในญี่ปุ่น

กรอบนโยบายและกฎหมาย (Policy and Legal Framework)

กฎหมายและข้อบังคับมีบทบาทสำคัญในการแพร่กระจายของเทคโนโลยี รวมถึงการดำเนินการที่ไม่ซับซ้อนในระดับท้องถิ่นที่จะทำให้เกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว อุปสรรคต่อการแพร่กระจายของพลังงานหมุนเวียนที่พบบ่อยได้แก่ นโยบายพลังงานที่ไม่ชัดเจน กรอบกฎหมายที่ไม่เหมาะสม ระบบราชการที่ซับซ้อนในกระบวนการอนุมัติ ผลประโยชน์ที่ขัดแย้งกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการขาดการวิจัยและสถาบันต่างๆ [50] ที่อาจปัจจัยส่งผลเสียความเชื่อมั่นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการลงทุนในเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน ดังนั้นกฎหมายและข้อบังคับที่ออกแบบมาอย่างดีจึงมีความสำคัญต่อการสร้างสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและสามารถคาดการณ์ได้ รวมถึงมีความยืดหยุ่นสำหรับนวัตกรรมนี้ด้วย

กรณีของ Agrivoltaics มีความซับซ้อนมากกว่าเทคโนโลยีพลังงานทดแทนอื่นๆ เนื่องจากไม่เพียงส่งผลกระทบโดยตรงต่อพลังงาน แต่ยังรวมถึงภาคเกษตรกรรมด้วย นอกจากนี้ การมีส่วนร่วมของรัฐบาลทุกระดับยังเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิผล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีปฏิสัมพันธ์ด้านการกำกับดูแลหลายภาคส่วนและหลายระดับ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องบรรลุการบูรณาการนโยบายที่เหนือกว่าภาคส่วนนโยบายที่กำหนดไว้และเปิดใช้งานการแบ่งปันข้อมูล การสร้างความโปร่งใส และจุดมุ่งหมายในการเสริมนโยบายตามเป้าหมายเดียวกัน [51] นโยบายร่วมมือที่เป็นผลสามารถสร้างสถานการณ์ที่ได้ประโยชน์ทั้งสองฝ่ายสำหรับทุกภาคส่วน และควรเป็นเป้าหมายสำหรับ Agrivoltaics ดังนั้นการเสริมสร้างขีดความสามารถและการสร้างความตระหนักรู้ในระดับท้องถิ่นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ [52]

การนำระบบ Feed-in Tariff (FIT) มาใช้ในปี 2012 ช่วยส่งเสริมการพัฒนาการเกษตรแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างมีนัยสำคัญ โดยให้แรงจูงใจทางการเงินสำหรับโครงการพลังงานหมุนเวียน ทำให้โครงการเหล่านี้มีความคุ้มทุนมากขึ้น ในปี 2021 หน่วยงาน New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) ของญี่ปุ่น (NEDO) ได้ออกแนวปฏิบัติใหม่ ในการพัฒนาและสร้าง build ground-mounted agrivoltaic facilities ดัง**รูปที่ 19** ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้การกำกับดูแลของ Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งภาคพื้นดินที่บนพื้นที่เกษตรกรรม โดยเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการวางแผนโครงการเหล่านี้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทั้งทางการเกษตรและพลังงาน แนวทางเหล่านี้ยังรวมถึงข้อจำกัดด้านความสูงและข้อบังคับอื่นๆ เพื่อให้แน่ใจว่าการบูรณาการ Agrivoltaics เข้ากับภูมิทัศน์การเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นทางออกสำหรับการผลิตพลังงานหมุนเวียนเท่านั้น แต่ยังเป็นกลยุทธ์ในการฟื้นฟูพื้นที่เกษตรที่ถูกทิ้งร้างและไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่อีกด้วย ซึ่งส่งผลดีต่อทั้งความมั่นคงด้านพลังงานและอาหาร

ตารางที่ 2 กรอบนโยบายและกฎหมายที่สนับสนุน Agrivoltaics ของประเทศญี่ปุ่น

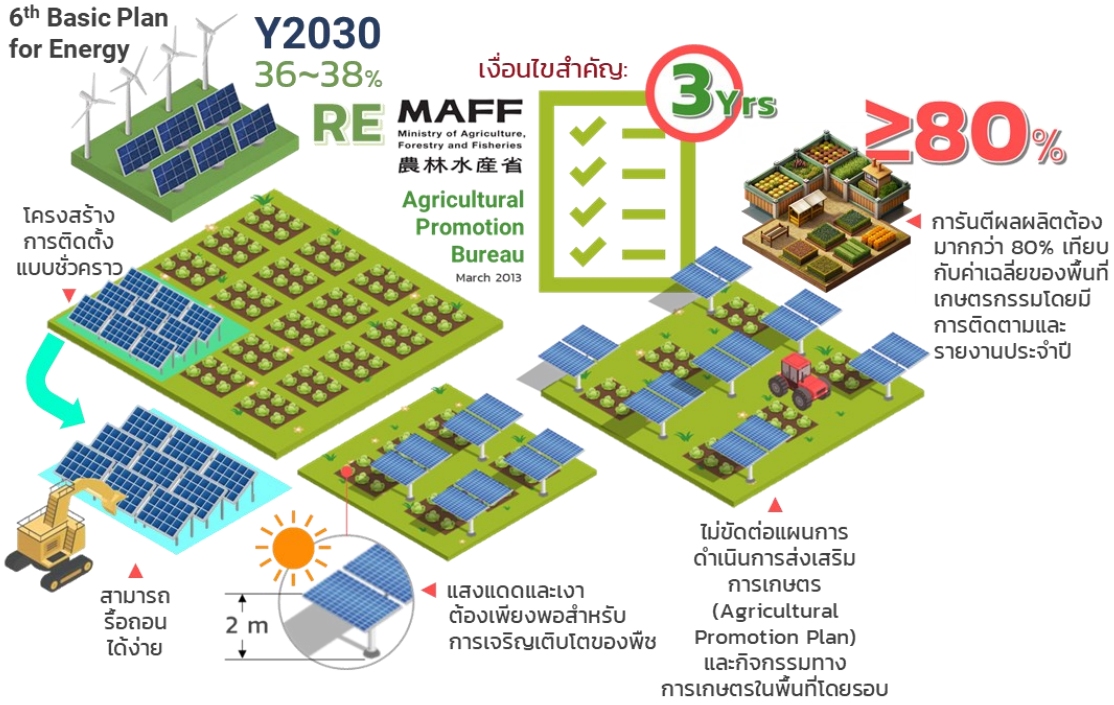
	Policy/Regulation	Function
Japan	• 6th Basic Plan for Energy • Basic Plan for Food, Agriculture, and Rural Areas • Design and construction guidelines for farming solar power generation systems	Agrivoltaics Planning Development, Authorisation, and Incentivisation

รูปที่ 19 แนวปฏิบัติที่นำมาใช้สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรของญี่ปุ่น

นับตั้งแต่ออกคำสั่งจาก Agricultural Promotion Bureau of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) ในเดือนมีนาคม 2013 [53] ระบบ Agrivoltaics ได้รับอนุญาตบนพื้นที่เกษตรกรรมทุกประเภทในญี่ปุ่น ซึ่งแตกต่างจากระบบ Ground-mounted PV systems แบบดั้งเดิมดัง**รูปที่ 20**

กฎระเบียบจากทั้งภาคเกษตรกรรมและภาคพลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินการโครงการ Agrivoltaics โดยในช่วงแรกอนุญาตได้เพียง 3 ปีเท่านั้น หลังจากนั้นต้องขอใบอนุญาตใหม่ โดยข้อกำหนดสำหรับการอนุมัติมีดังต่อไปนี้:

- โครงสร้างการติดตั้งเป็นแบบชั่วคราวเท่านั้นและถอดออกได้ง่าย
- อัตราการแรเงาทำให้มีแสงแดดเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช
- ความสูงของแผงขั้นต่ำคือ 2 เมตร
- ระบบไม่ควรขัดขวางการปฏิบัติทางการเกษตรในพื้นที่โดยรอบหรือส่งผลเสียต่อการดำเนินการตามแผนส่งเสริมการเกษตร (Agricultural Promotion Plan) และ
- ผลผลิตต้องลดลงไม่เกิน 20% เมื่อเทียบกับระดับเฉลี่ยของพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบ ซึ่งมีการติดตามโดยการรายงานประจำปี



รูปที่ 20 เงื่อนไข Agricultural Promotion Bureau สำหรับระบบ Agrivoltaics ออกโดย the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF)

ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการผลิตทางการเกษตรได้จะต้องยกเลิกระบบเกษตรโวลตาอิก ตามคำสั่ง (2nd directive on agrivoltaics) โดย MAFF ในเดือนพฤษภาคม 2018

เงื่อนไขในการรับใบอนุญาตเพิ่มเป็น 10 ปี

- เกษตรกรสามารถแสดงให้เห็นถึงความสามารถในแนวทางปฏิบัติและการจัดการทางการเกษตร หรือ
- มีการติดตั้งระบบบนพื้นที่เกษตรกรรมที่เสียหาย (devastated farmland) หรือ
- ระบบได้รับการติดตั้งบนพื้นที่เกษตรกรรมชั้นสองหรือชั้นสาม (second class or third class farmland)

คำสั่ง (3rd directive) ล่าสุดโดย MAFF ในเดือนมีนาคม 2021 อนุญาตให้มีข้อยกเว้นสำหรับกฎที่จัดตั้งขึ้นโดย

- ยกเว้นข้อกำหนดความสูง 2 เมตรสำหรับระบบเกษตรโวลตาอิกที่ติดตั้งในแนวตั้ง และ
- ยกเลิกความจำเป็นในการแปลงที่ดินชั่วคราวและข้อกำหนดด้านผลผลิตสำหรับเกษตรโวลตาอิกบนที่ดินที่ได้รับความเสียหาย (devastated land)

อย่างไรก็ตามพื้นที่ของโครงการ Agrivoltaics ต้องได้รับการอนุมัติสำหรับการแปลงการใช้ที่ดินบางส่วนในการใช้งานนอกการเกษตร (non-agricultural use) โดยสภาเกษตรท้องถิ่น (Agricultural Councils) ที่รับผิดชอบ แนวทางและข้อบังคับที่สำคัญ ได้แก่ ข้อจำกัดด้านความสูงสำหรับการติดตั้ง (ไม่เกิน 9 เมตร) [54] การยกเว้นสำหรับโครงการที่ใช้เครื่องติดตามหรือสิ่งอำนวยความสะดวกในโรงนาและเรือน

กระจก และการจัดการที่ดินที่ใช้สำหรับ Agrivoltaics เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งให้ผลประโยชน์ด้านภาษี แรงจูงใจในการพัฒนา ได้แก่ โครงการ Feed-in Tariff (FIT) ส่วนลดที่ครอบคลุม 50% ของต้นทุนโครงการ และแรงจูงใจสำหรับการผลิตเพื่อบริโภคเองหรือโครงการที่มีข้อตกลงการซื้อขายไฟฟ้า (PPA) การสนับสนุน นโยบายมีให้ผ่านคำสั่งจาก MAFF และการแก้ไขกฎหมาย FIT ข้อบังคับที่สำคัญครอบคลุมการวางแผนและ การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร ข้อกำหนดการแปลงที่ดิน การให้ร่มเงาและการ เลือกพืชผลเพื่อสร้างสมดุลระหว่างประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าจากการเกษตรและพลังงานแสงอาทิตย์

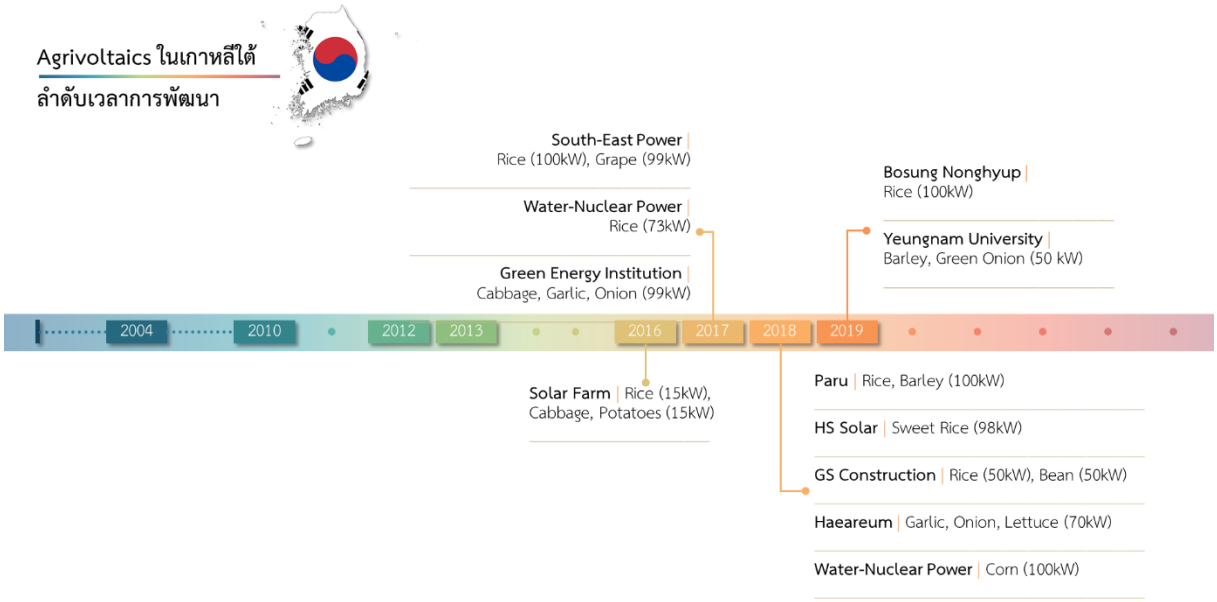
การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

เพื่อปรับกรณีศึกษาด้าน Agrivoltaics ของญี่ปุ่นให้เข้ากับบริบทของไทย ทำได้โดยติดตั้งแผงโซลาร์ เซลล์แบบยกสูง หรือติดตั้งโดยคำนึงให้แน่ใจว่าแผงโซลาร์เซลล์จะไม่กีดขวางกิจกรรมทางการเกษตร และยังให้ แสงแดดเพียงพอต่อพืชผล การเลือกพืชผลที่สามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้ร่มเงาบางส่วนถือเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ การบูรณาการระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของไทยควรสอดคล้องกับเป้าหมายด้าน พลังงานหมุนเวียนของไทย ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นในขณะที่ยังคงรักษาผลผลิตทางการเกษตรไว้ ได้ การติดตามและรายงานผลผลิตทางการเกษตรและพลังงานอย่างสม่ำเสมอถือเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้แน่ใจว่า ปฏิบัติตามข้อกำหนดและประเมินประสิทธิภาพของระบบ การปรับแนวทางปฏิบัติเหล่านี้ให้เหมาะสมกับ สภาพท้องถิ่นจะช่วยส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืนและพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย

สาธารณรัฐเกาหลี

พัฒนาการของ Agrivoltaics ในประเทศเกาหลีใต้ เริ่มต้นในปี 2016 ดังแสดงใน**รูปที่ 21** โดยบริษัท Solar Farm ได้ติดตั้งระบบ Agrivoltaics ที่เมืองโอช้าง (Ochang) ขนาด 15KW สำหรับข้าว และ 15KW สำหรับกะหล่ำปลีและมันฝรั่ง ตามการออกแบบฟาร์ม Solar Sharing จากประเทศญี่ปุ่น เพื่อดำเนินโครงการวิจัยของ Ministry of Agriculture, Food & Rural Affairs (MAFRA) ปัจจุบันมีระบบ Agrivoltaics ในประเทศเกาหลีใต้มีกำลังการผลิตติดตั้งประมาณ 3.2 MW [55] นับตั้งแต่ปี 2016 ถึง 2019 โดยส่วนใหญ่เป็นโครงการวิจัยและทดสอบดังแสดงใน**ตารางที่ 3** โดยมีผู้พัฒนาโครงการหลัก ได้แก่

- บริษัทไฟฟ้า: South-East Power Company, Water-Nuclear Power Company, East-West Power Company
- บริษัทเอกชน: Solar Farm, Paru, GS Construction, HS Solar, Haereum, Nonghyup
- สถาบันวิจัยและมหาวิทยาลัย: Green Energy Institute, Yeungnam University

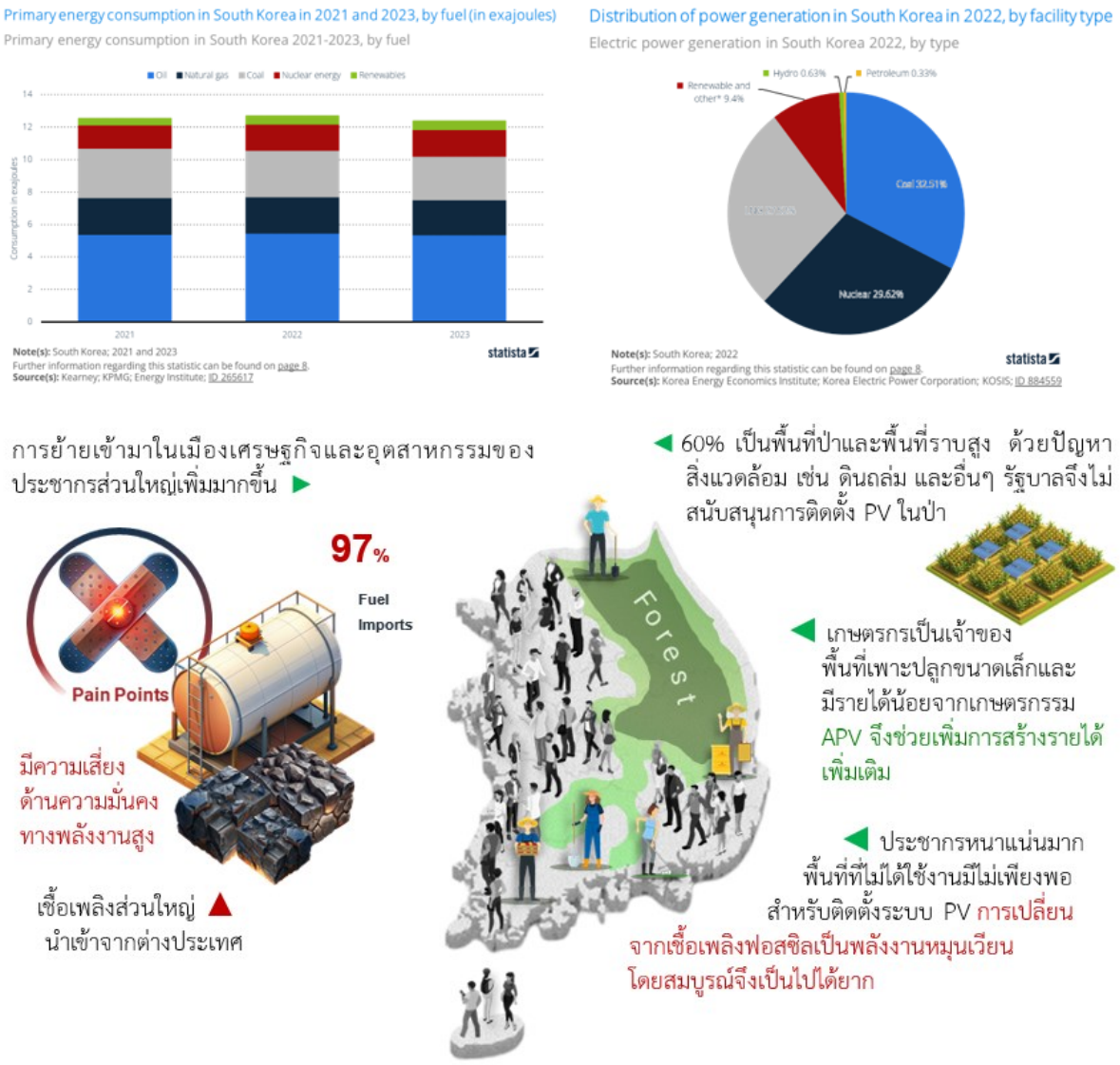


รูปที่ 21 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaics ของประเทศเกาหลีใต้

ตารางที่ 3 การติดตั้งระบบ Agrivoltaics ของเกาหลีตั้งแต่ปี 2016 ถึง 2019 [55]

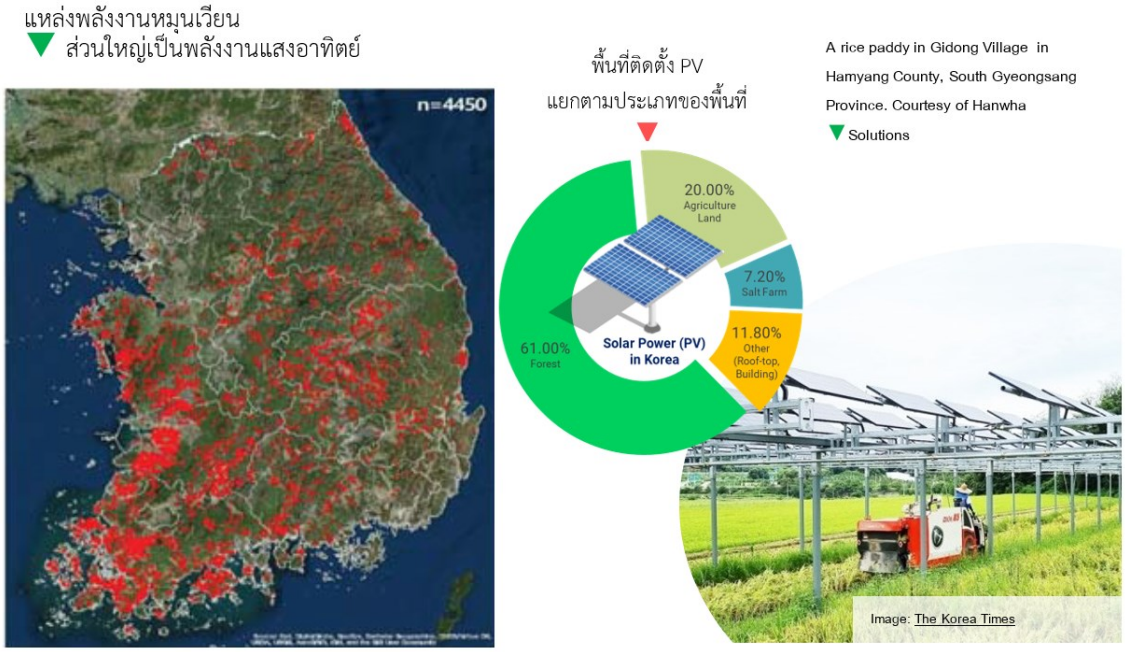
Year	Organization	Crop	Capacity (KW)	Cover Ratio (%)
2016	Solar Farm	Rice	15	29
	Solar Farm	Cabbage, Potatoes	15	29
2017	South-East Power	Rice	100	28, 32
	Water-Nuclear Power	Rice	73	-
	Green Energy Institution	Cabbage, Garlic, Onion	99	28, 30
	South-East Power	Grape	99	30
2018	Paru	Rice, Barley	100	-
	HS Solar	Sweet Rice	98	25, 30
	GS Construction	Rice	50	31.5
	GS Construction	Bean	50	31.5
	Haeareum	Garlic, Onion, Lettuce	70	31.5
	Water-Nuclear Power	Corn	100	-
2019	Bosung Nonghyup	Rice	100	31.6
	Yeungnam University	Barley, Green Onion	50	30

แรงจูงใจสำหรับ Agrivoltaics มีสาเหตุอันเนื่องมาจากเกาหลีใต้เป็นประเทศที่มีการนำเข้าพลังงานมากถึง 97% ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหินและน้ำมัน [56] จึงมีความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางพลังงานเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีการประกาศเป้าหมายความเป็นกลางให้คาร์บอนภายในปี 2050 เพื่อแก้ไขภาวะโลกร้อนและวิกฤติพลังงาน จึงมีความจำเป็นต่อการเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงาน จากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นพลังงานหมุนเวียน ซึ่งเกาหลีใต้มีแหล่งพลังงานทดแทนที่เพียงพอโดยส่วนใหญ่เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มาจากพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 22 ปริมาณการใช้พลังงานและแรงจูงใจสำหรับ Agrivoltaics ของประเทศเกาหลีใต้

เนื่องจากเกาหลีใต้เป็นประเทศที่มีประชากรหนาแน่นมาก พื้นที่ส่วนใหญ่จึงถูกจัดสรรเพื่อใช้สำหรับการอยู่อาศัย ส่งผลให้พื้นที่ดินว่างเปล่าสำหรับติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีไม่มากนัก จึงเป็นอุปสรรคต่อการเปลี่ยนผ่านพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลไปเป็นพลังงานหมุนเวียนได้อย่างสมบูรณ์ ในปี 2019 การติดตั้ง PV ในเกาหลีมีขนาดทั้งหมด 3.7 GW [55] โดยส่วนใหญ่อยู่ในป่าร้อยละ 61 ดังแสดงใน**รูปที่ 23** มีการติดตั้งบนพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นร้อยละ 20 ที่เหลือเป็นการติดตั้งบนพื้นที่ฟาร์มเกลือและอื่นๆ ร้อยละ 7.2 และ 11.8 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อม รัฐบาลเกาหลีจึงไม่สนับสนุนการติดตั้ง PV ในป่า ดังนั้น เพื่อตอบสนองความต้องการสำหรับการเปลี่ยนผ่านพลังงานของประเทศ ระบบ Agrivoltaics บนพื้นที่เกษตรกรรม จึงเป็นอีกวิธีการในการแก้ปัญหาแนวทางหนึ่งที่สามารถจัดหาพื้นที่เพียงพอในการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 23 การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ (PV) ในปัจจุบันในเกาหลี [55]

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศเกาหลีใต้

ความต้องการอีกประการหนึ่งของ Agrivoltaics ในเกาหลีใต้คือ เกษตรกรเกาหลีต้องการรายได้เพิ่มขึ้น เกษตรกรชาวเกาหลีโดยทั่วไปเป็นเจ้าของพื้นที่เพาะปลูกเพียงเล็กน้อย เศรษฐกิจภาคเกษตรกรรมจึงไม่ดีเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมการผลิตที่เฟื่องฟูในเมืองต่างๆ คนหนุ่มสาวส่วนใหญ่จากพื้นที่เกษตรกรรมย้ายไปอยู่ในเมือง ดั้งนั้น Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) จึงควรมีการจัดหาที่ดินสำหรับติดตั้งระบบ PV ซึ่ง Agrivoltaics บนพื้นที่เกษตรกรรมสามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดสรรที่ดินสำหรับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงาน รวมถึงการสร้างรายได้ที่เพิ่มขึ้นให้กับเกษตรกร

เพื่อฟื้นฟูเศรษฐกิจภาคเกษตรกรรม การสร้างรายได้ให้กับพื้นที่เพาะปลูกด้วย Agrivoltaics จึงเป็นสิ่งจำเป็น อย่างไรก็ตาม กฎหมายที่ดินเพื่อเกษตรกรรมของเกาหลีห้ามมิให้ใช้ที่ดินเกษตรกรรมเพื่อกิจจการอื่นนอกจากการทำเกษตรกรรมเท่านั้น อีกทั้งอุปสรรคของเกษตรกรเกาหลีที่ส่วนใหญ่เป็นเจ้าของพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็ก เศรษฐกิจในภาคเกษตรกรรมจึงไม่ดีเมื่อเทียบกับภาคอุตสาหกรรมการผลิต ประชากรวัยทำงานส่วนใหญ่มีการย้ายจากพื้นที่เกษตรกรรมไปอยู่ในเมืองที่มีการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจแทน

รูปที่ 24 อุปสรรคในการพัฒนา Agrivoltaics ของเกาหลีใต้

อย่างไรก็ตาม กฎหมายที่ดินเพื่อเกษตรกรรมยังคงมีข้อจำกัดอย่างมากสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งพื้นที่เกษตรกรรมของเกาหลีใต้ถูกจัดประเภทออกเป็นพื้นที่เกษตรกรรมสัมบูรณ์และพื้นที่เกษตรกรรมสัมพัทธ์ ในพื้นที่เกษตรกรรมสัมบูรณ์ ห้ามทำกิจกรรมใด ๆ ยกเว้นการทำฟาร์ม นอกจากนี้ยังห้ามมิให้มีการแปรสภาพเป็นที่ดินประเภทอื่น ยกเว้นพื้นที่เกษตรกรรมที่ถูกเรียกคืน โดยมีสาเหตุอันเนื่องมาจากมีความค่าเค็มในพื้นที่สูงกว่า 3,200 ppm เท่านั้นที่สามารถได้รับอนุญาตให้ใช้งานชั่วคราวเป็นเวลา 20 ปี เพื่อผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมสัมพัทธ์ อนุญาตให้ใช้ชั่วคราว 8 ปี (โดยแบ่งเป็น 5 ปี + 3 ปี) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวอนุญาตให้เปลี่ยนเป็นที่ดินนอกเกษตรกรรมได้ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบจากรายได้ที่ดีกว่าจากการผลิตพลังงานมากกว่าภาคการเกษตร รัฐบาลและเกษตรกรยังคงมีความกังวลเกี่ยวกับพื้นที่เกษตรกรรมที่อาจสูญหายไปในอนาคต ที่อาจส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหารที่ลดลงและก่อให้เกิดปัญหาความมั่นคงทางอาหาร

รูปที่ 25 ประเภทที่ดินเกษตรกรรมของเกาหลีใต้

ในส่วนของสถานะปัจจุบันของนโยบายด้าน Agrivoltaics ของเกาหลีใต้ รัฐบาลได้พยายามส่งเสริม Agrivoltaics โดยรัฐสภาเสนอให้มีการแก้ไขกฎหมายที่ดินเพื่อเกษตรกรรมหลายครั้ง โดยในเดือนมิถุนายน 2020 สมาชิกสภาคองเกรสได้มีการเสนอแก้ไขกฎหมายที่ดินเพื่อเกษตรกรรมต่อรัฐสภาเกาหลี โดยกำหนดให้ Agrivoltaics เป็นระบบผลิตไฟฟ้าตามกฎหมายพลังงานทดแทนใหม่ โดยเสนอให้สามารถใช้พื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด (รวมพื้นที่เกษตรกรรมสัมบูรณ์และพื้นที่เชิงสัมพัทธ์) เป็นเวลาขั้นต่ำ 10 ปี อย่างไรก็ตาม MAFRA ยังคงไม่สนับสนุนการแก้ไขดังกล่าว เนื่องจากความกังวลเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร นอกจากนี้ยังมีข้อกังวลบางประการจากนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเนื่องจากความเสียหายทางภูมิทัศน์ จนกระทั่งมีการเสนอแก้ไข

แบบประนีประนอมในเดือนมีนาคม 2021 โดยเสนอให้มีการทำ Agrivoltaics สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมสัมพัทธ์เท่านั้น โดยอนุญาตให้เกษตรกรแต่ละรายสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 100 KW และใช้งานได้ชั่วคราวเป็นเวลา 23 ปี รวมถึงการสนับสนุนทางการเงินจากรัฐบาลและสิทธิพิเศษในการซื้อไฟฟ้าจาก Agrivoltaics จึงทำให้ในท้ายที่สุด MAFRA ได้ยินยอมต่อการเสนอแก้ไขและคาดว่าจะผ่านขั้นตอนการแก้ไขกฎหมายในรัฐสภาเกาหลีในอนาคต [55]

ตารางที่ 4 กรอบนโยบายและกฎหมายที่สนับสนุน Agrivoltaics ของประเทศเกาหลีใต้

	Policy/Regulation	Function
Korea	• Korea's Farmland Act	• ภายใต้พระราชบัญญัติที่ดินเพื่อเกษตรกรรมของเกาหลี เกษตรกรสามารถใช้พื้นที่เพาะปลูกของตนเพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันได้เพียง 8 ปีเท่านั้น
	• The Measures of South Korea's Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs	• การขยายระยะเวลาใบอนุญาตสำหรับการใช้พื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่ได้ใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าจากการเกษตรจาก 8 ปี เป็น 23 ปี

จากกรณีศึกษาสำหรับ Agrivoltaics ของประเทศเกาหลีใต้สามารถสรุปความต้องการหลักๆ ได้ 2 ประเด็น คือ 1) การขยายพื้นที่สำหรับผลิตพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการตอบรับนโยบายในการเปลี่ยนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลไปเป็นพลังงานหมุนเวียน เพื่อแก้ไขวิกฤติพลังงานและภาวะโลกร้อนและความมั่นคงด้านพลังงาน โดย MOTIE มีแผนผลิต PV เกษตรกรรมขนาด 10 GW ภายในปี 2573 และ 2) การส่งเสริม Agrivoltaics เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร อย่างไรก็ตาม MAFRA ด้วยความกังวลเกี่ยวกับอัตราผลผลิตที่ลดลงในภาคการเกษตร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของประเทศ การใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมมีความสำคัญอย่างยิ่ง การเปิดตัว Agrivoltaics อย่างกะทันหันอาจต้องเผชิญกับการต่อต้าน ดังนั้น การลดอัตราการเก็บเกี่ยวของ Agrivoltaics ควรได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นที่ยอมรับ และไม่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของประเทศโดยอ้างอิงจากการวิจัยและข้อมูลจากโครงการที่ได้รับการทดสอบเป็นพื้นฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการโน้มน้าวภาคเกษตรกรรมและนักสิ่งแวดล้อมเพื่อให้มั่นใจว่าความเสียหายต่อความมั่นคงทางอาหารและภูมิทัศน์ของประเทศอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และนำไปสู่การปรับปรุงกฎหมายที่ดินเพื่อเกษตรกรรม โดยค่อยๆ นำ Agrivoltaics มาใช้เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมด เช่น รัฐบาล เกษตรกร และนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม [55]

การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

การนำแนวคิดการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์ของเกาหลีใต้มาปรับใช้กับบริบทของไทยนั้นเกี่ยวข้องกับขั้นตอนสำคัญหลายประการ ประการแรก การใช้แสงแดดที่อุดมสมบูรณ์ของไทยในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ในระดับความสูงและมุมที่เหมาะสมเพื่อให้ร่มเงาแก่พืชผล ซึ่งคล้ายกับแบบจำลองของเกาหลี ซึ่งจะช่วย

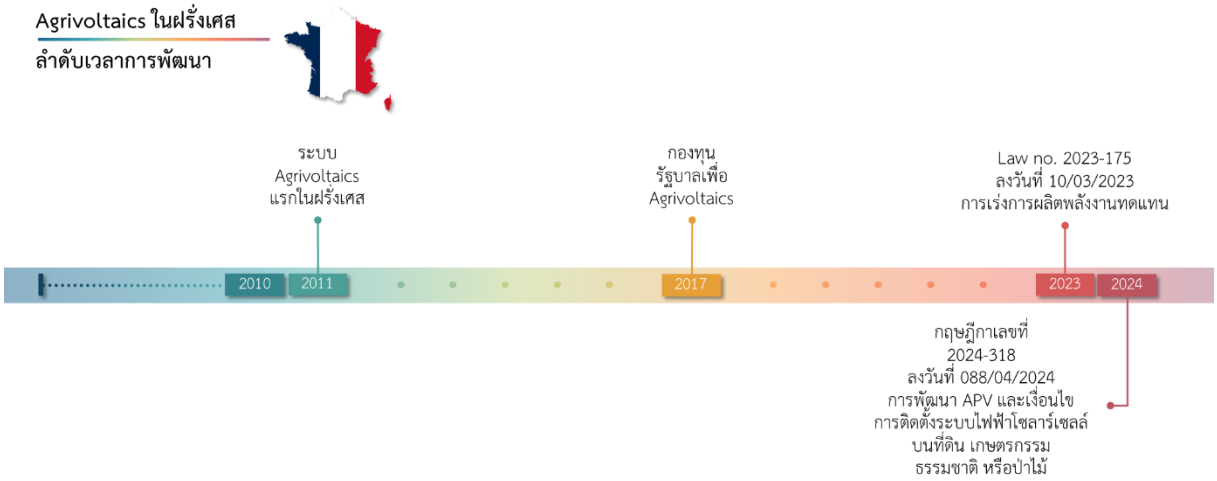
ปกป้องพืชผลจากความร้อนที่มากเกินไปและลดการระเหยของน้ำ ประการที่สอง การสนับสนุนนโยบายถือเป็นสิ่งสำคัญ ประเทศไทยสามารถจัดทำแรงจูงใจและโปรแกรมการฝึกอบรมสำหรับเกษตรกร ซึ่งคล้ายกับโครงการริเริ่มของเกาหลี เพื่อส่งเสริมการนำการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์มาใช้ นอกจากนี้ การบูรณาการใช้พื้นที่เพื่อกิจกรรมทางเกษตรกรรมพร้อมการใช้โซลาร์เซลล์ โดยปรับใช้กับพืชผลในท้องถิ่นที่เจริญเติบโตได้ดีภายใต้ร่มเงาบางส่วน เช่น ผักและสมุนไพรบางชนิด จะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ การติดตามและการมีส่วนร่วมของชุมชนอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้โครงการเหล่านี้มีความยั่งยืนและมีประสิทธิผล

3.2 ยุโรป

Agrivoltaics ในยุโรปมีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่งกับนโยบายที่มุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน เกษตรกรรมที่ยั่งยืน และการปกป้องสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของข้อตกลงสีเขียวของยุโรป [57] และเทคโนโลยีนี้เอื้อประโยชน์มากมาย เช่น การปรับปรุงผลผลิตของที่ดิน การอนุรักษ์น้ำ และผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกร ซึ่งทวีปยุโรปถือเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนอนาคตด้านพลังงานที่ยั่งยืนและ ยังคงมีการสำรวจและขยายสาขาที่เกี่ยวข้องกับ Agrivoltaics ในแนวโน้มการพัฒนาที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในส่วนนี้เป็นการยกตัวอย่างกรณีศึกษาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี Agrivoltaics ในทวีปยุโรปบางเทศที่มีความก้าวหน้าในเทคโนโลยีดังกล่าว โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

สาธารณรัฐฝรั่งเศส

ฝรั่งเศสได้เห็นความก้าวหน้าที่สำคัญในด้านการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ในช่วงแรก แนวคิดนี้เริ่มต้นจากโครงการเรือนกระจกขนาดเล็กในช่วงต้นทศวรรษปี 2000 ดังแสดงใน**รูปที่ 26** โดยมีเป้าหมายเพื่อรวมการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับกิจกรรมทางการเกษตร ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา รัฐบาลฝรั่งเศสได้สนับสนุนการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เสื่อมโทรม ผ่านแรงจูงใจ เช่น ค่าธรรมเนียมการป้อนไฟฟ้าที่รับประกัน และได้มีการนำกฎระเบียบและกฎหมายใหม่ๆ เช่น พระราชกฤษฎีกาหมายเลข 2024-318 มาปรับใช้เพื่อส่งเสริมการใช้ที่ดินทั้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์และแบบใช้โซลาร์เซลล์ร่วมกัน กฎระเบียบเหล่านี้ทำให้มั่นใจได้ว่าการติดตั้งเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์จะไม่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อศักยภาพของดินและผลผลิตทางการเกษตร ขณะเดียวกันก็สนับสนุนการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานและเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศอีกด้วย แม้ว่าการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์จะมีโอกาสมากมาย เช่น การเพิ่มศักยภาพทางการเกษตรของที่ดินเกษตรที่ไม่ได้ใช้ และมีส่วนสนับสนุนในการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคพลังงาน แต่การควบคุมการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์เกี่ยวข้องกับการกำหนดนโยบายที่ซับซ้อนและหลากหลายทั้งในระดับประเทศและระดับท้องถิ่น



รูปที่ 26 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaics ของประเทศฝรั่งเศส

France: electricity production facility using the sun's radiative energy, whose modules are located on an agricultural plot where they make a sustainable contribution to the establishment, maintenance or development of agricultural production

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศฝรั่งเศส

โครงการนำร่องและการวิจัย เช่น โครงการของ Sun'Agri, Ombrea, Reden Solar และ Akuo Energy มีบทบาทสำคัญในการติดตามประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ดัง**รูปที่ 27** โครงการเหล่านี้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพารามิเตอร์ต่างๆ รวมถึงการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิตพลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อแจ้งให้ทราบถึงแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดและการตัดสินใจด้านนโยบาย [58]

รูปที่ 27 ภาพตัวอย่างโครงการ Agrivoltaics ในฝรั่งเศส

กรอบนโยบายและกฎหมาย (Policy and Legal Framework)

รัฐบาลฝรั่งเศสได้ดำเนินการเชิงรุกในการบูรณาการการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับกิจกรรมทางการเกษตร โดยตระหนักถึงประโยชน์สองประการของการใช้ที่ดินเพื่อการผลิตพลังงานและการเกษตร แนวทางนี้แก้ไขปัญหาการขาดแคลนที่ดินในขณะที่ส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน ในเดือนเมษายน 2024 ฝรั่งเศสได้ออกข้อบังคับใหม่ภายใต้พระราชกฤษฎีกาหมายเลข 2024-318 ซึ่งกำหนดแนวทางที่ชัดเจนสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (PV) บนพื้นที่เกษตรดัง**ตารางที่ 5** บทบัญญัตินี้เน้นย้ำว่าการติดตั้งแบบใช้ไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ไม่ควรส่งผลกระทบเชิงลบต่อศักยภาพของดิน และต้องมั่นใจว่าผลผลิตทางการเกษตรจะสูญเสียไม่เกิน 10% นอกจากนี้ การติดตั้งโซลาร์เซลล์ยังถูกจำกัดให้ครอบคลุมพื้นที่แปลงเกษตรไม่เกิน 40% มาตรการเหล่านี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างสมดุลระหว่างการผลิตพลังงานกับผลผลิตทางการเกษตร เพื่อให้แน่ใจว่าหน้าที่หลักของที่ดินยังคงเป็นการเกษตร [59] รวมถึงเป้าหมายกำลังการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ 100 GW

ภายในปี 2050 ส่งผลให้บทบาทและศักยภาพในการมีส่วนสนับสนุนในการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานของ Agrivoltaics ทั้งในภาคส่วนพลังงานและการเกษตรของฝรั่งเศสอย่างมีนัยสำคัญ [60]

ตารางที่ 5 กรอบนโยบายและกฎหมายที่สนับสนุน Agrivoltaics ของประเทศฝรั่งเศส

	Policy/Regulation	Description
France	• Décret no° 2024-318 โดย Ministère De L'économie (8 เมษายน 2024) การพัฒนาระบบการเกษตรและเงื่อนไขในการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่เกษตรกรรม ธรรมชาติ หรือป่าไม้ • Law no. 2023-175	• บทบัญญัติใหม่ระบุว่า ระบบ Agrivoltaics ไม่ควรส่งผลเสียต่อศักยภาพของดิน และรับประกันการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรต้องน้อยกว่า 10% • สถานประกอบที่ติดตั้งระบบ Agrivoltaics ยกเว้นการเลี้ยงปศุสัตว์ ต้องแน่ใจว่าผลผลิตทางการเกษตรต้องไม่ต่ำกว่า 90% ต่อเฮกตาร์ เมื่อเทียบกับเขตควบคุมที่กำหนด การติดตั้งระบบ PV สามารถครอบคลุมพื้นที่ไม่เกิน 40% ของพื้นที่แปลงเกษตร เกณฑ์: Agrivoltaics ต้องให้บริการอย่างน้อยหนึ่งบริการต่อไปนี้เพื่อรับประกันผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญและรายได้ที่ยั่งยืนสำหรับเกษตรกร • การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • การป้องกันอันตรายจากธรรมชาติ • สวัสดิภาพสัตว์ • การปรับปรุงศักยภาพทางการเกษตร * บริการที่กล่าวมาข้างต้น กำหนดการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญและรายได้ที่ยั่งยืนสำหรับเกษตรกร เงื่อนไขในการปรับใช้และกำกับดูแล และจัดให้มีการตรวจสอบและควบคุมการดำเนินงาน ซึ่งอาจมีระบุลงพระราชกฤษฎีกาในอนาคต

ฝรั่งเศสได้จัดตั้งกลไกสำคัญหลายประการเพื่อติดตามและสนับสนุนการพัฒนา Agrivoltaics เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการเหล่านี้มีประสิทธิผลและยั่งยืนในหลายด้านดังต่อไปนี้

ด้านกรอบการกำกับดูแลและตรวจสอบการติดตาม

นอกเหนือจากพระราชกฤษฎีกาฉบับที่ 2024-318 แล้ว โครงการ Agrivoltaics ต้องได้รับการควบคุมตามกฎระเบียบทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ โดยเทคโนโลยีต่างๆ ในการติดตั้งระบบ Agrivoltaics ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดตามคำสั่งของรัฐมนตรีที่รับผิดชอบด้านพลังงานและการเกษตร และข้อมูลที่ได้จากกิจกรรม Agrivoltaics จะถูกจัดทำโดยมีพื้นฐานการวิเคราะห์จากความทันสมัยและสถิติที่รวบรวมโดยสำนักงานจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงาน เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการประเมินผลผลิตทางการเกษตร ในกรณีของการติดตั้งเกษตรกรรายใหม่ ถือว่ามีรายได้ที่ยั่งยืนเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่สังเกตได้จากฟาร์มอื่นประเภทเดียวกันในท้องถิ่น ดังนั้นโครงการ Agrivoltaics ต้องอยู่ภายใต้การติดตามประสิทธิภาพเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดด้านกฎระเบียบและบรรลุผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งรวมถึงการติดตามผลผลิตทางการเกษตร สุขภาพของดิน และการผลิตพลังงาน เพื่อประเมินผลกระทบโดยรวมของการติดตั้ง [59]

ด้านกลไกการสนับสนุน

- รัฐบาลฝรั่งเศสเสนอแรงจูงใจต่างๆ เพื่อสนับสนุนการนำระบบ Agrivoltaics มาใช้ เช่น การติดตั้งไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่มีกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 500 kW มีสิทธิ์ได้รับค่าธรรมเนียมการป้อนเข้าระบบ (feed-in tariffs) มีการร้องขอให้มีการประกวดราคาโดยเฉพาะ แรงจูงใจทางการเงินเหล่านี้ช่วยให้โครงการเกษตรไฟฟ้าโซลาร์เซลล์มีความคุ้มทุนสำหรับเกษตรกรและผู้ผลิตพลังงาน [61]
- การวิจัยและพัฒนา: องค์กรต่างๆ เช่น สำนักงาน French Environment and Energy Management Agency (ADEME) สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาด้าน Agrivoltaics โดย ADEME ได้เผยแพร่มาตรฐานและแนวปฏิบัติเพื่อช่วยกำหนดและจำแนกระบบ Agrivoltaicsc เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามเกณฑ์เฉพาะสำหรับทั้งการผลิตพลังงานและผลผลิตทางการเกษตร [62]
- สมาคมเกษตรไฟฟ้าโซลาร์เซลล์แห่งฝรั่งเศส: สมาคมนี้รวบรวมผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากภาคเกษตร พลังงาน การวิจัย การเงิน และเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมและพัฒนาภาคเกษตรไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ โดยได้จัดตั้งคณะกรรมการที่เน้นด้านการรับรอง กฎระเบียบ และกิจการระหว่างประเทศ เพื่อยกระดับมาตรฐานอุตสาหกรรมและสนับสนุนการเติบโตของเกษตรไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ในฝรั่งเศส [58]

ข้อจำกัดข้อจำกัดด้านสิ่งแวดล้อมและข้อจำกัดด้านการใช้งานพื้นที่

ข้อจำกัดด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับ Agrivoltaics ในประเทศฝรั่งเศส เมื่อมีการติดตั้งแล้วไม่ควรส่งผลกระทบเชิงลบต่อศักยภาพของดิน และต้องสามารถการรื้อถอนและฟื้นฟูพื้นที่ในท้องถิ่นได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม [62] ในส่วนของข้อจำกัดด้านการใช้งานพื้นที่ ระบบ Agrivoltaics สามารถดำเนินการได้บนพื้นที่เขตเกษตรกรรม ยกเว้นพื้นที่ที่มีการคุ้มครองและมีการดำเนินการพัฒนาที่ดินเพื่อเกษตรกรรมและป่าไม้ภายใต้กฎหมายการประมงในชนบทและทางทะเล พื้นที่สำหรับการอนุรักษ์และภูมิทัศน์ เขตคุ้มครองทางธรรมชาติและป่าไม้ของที่ราบสูง

กลไกเหล่านี้ร่วมกันทำให้แน่ใจได้ว่าโครงการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในฝรั่งเศสได้รับการควบคุม สนับสนุน และตรวจสอบอย่างดี ซึ่งจะช่วยให้บรรลุเป้าหมายของประเทศในด้านการเกษตรที่ยั่งยืนและการผลิตพลังงานหมุนเวียนดังแสดงใน**รูปที่** 28

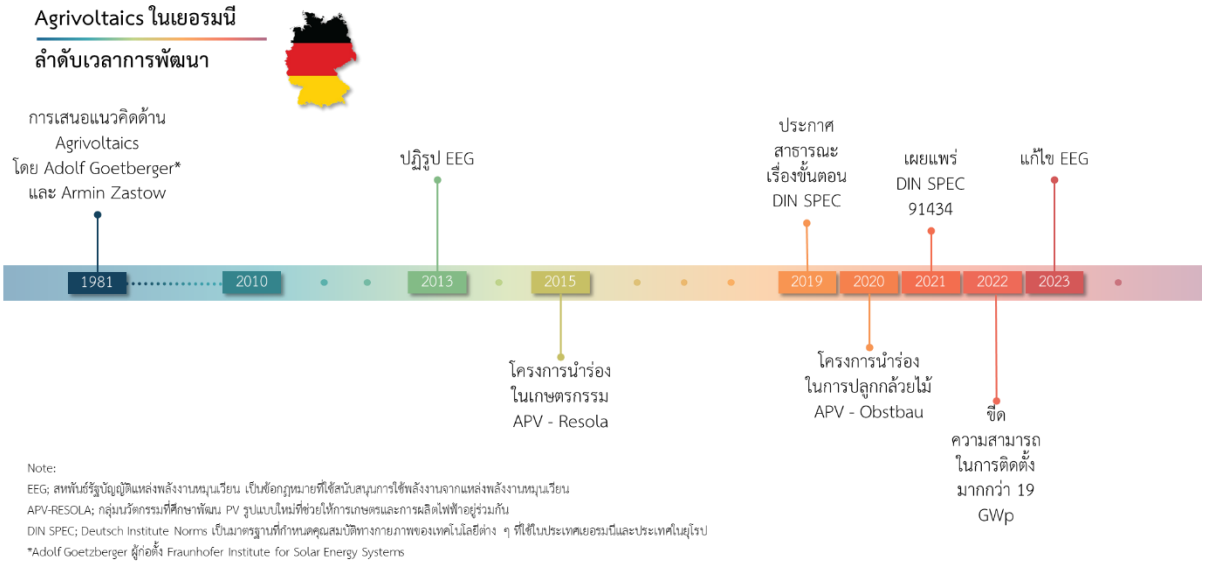
รูปที่ 28 กลไกสำคัญหลายประการเพื่อติดตามและสนับสนุนการพัฒนา Agrivoltaics ของฝรั่งเศส

การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

กรณีศึกษาด้าน Agrivoltaics ของฝรั่งเศสมุ่งเน้นการพัฒนาโครงการฯ ที่จะเพิ่มทั้งผลผลิตเกษตรกรรมและผลผลิตพืชผลสูงสุด ติดตาม ควบคุมให้เกิดผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรน้อยที่สุด โดยมีกฎระเบียบที่รับรองว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์จะไม่ทำให้ผลผลิตพืชผลลดลงเกิน 10% และครอบคลุมพื้นที่การเกษตรไม่เกิน 40% สำหรับประเทศไทย สามารถกำหนดแนวทางที่คล้ายคลึงกันได้เพื่อปกป้องผลผลิตทางการเกษตรไปพร้อมกับส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน นอกจากนี้ หากพิจารณาถึงสภาพอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย การเลือกพืชผลที่เจริญเติบโตได้ภายใต้ร่มเงาบางส่วนและการออกแบบระบบแผงโซลาร์เซลล์แบบปรับได้เพื่อปรับการกระจายแสงให้เหมาะสมที่สุดจะช่วยเพิ่มการทำงานร่วมกันระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และการเกษตรได้ ความร่วมมือกับเกษตรกรและนักวิจัยในท้องถิ่นเพื่อปรับแต่งระบบเหล่านี้ให้เหมาะกับความต้องการและพืชผลเฉพาะของแต่ละภูมิภาคจะเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการนำไปใช้งานที่ประสบความสำเร็จ

สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

เทคโนโลยี Agrivoltaics ในประเทศเยอรมนี ได้ผ่านการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เริ่มก่อตั้งในปี 1981 จนถึงปัจจุบัน โดยผสมผสานความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและนโยบายเข้าด้วยกัน โดยพระราชบัญญัติ EEG 2023 ได้สนับสนุนความก้าวหน้านี้อย่างมีนัยสำคัญด้วยการปรับปรุงกระบวนการประมูล การรับรองสิทธิ์ในการเข้าถึงโครงข่ายไฟฟ้า และการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าเข้าระบบ (feed-in tariffs) เพื่อจูงใจให้เกิดการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น [63] นอกจากนี้ ที่ดินที่ใช้สำหรับระบบ Agrivoltaics ยังคงมีสิทธิ์ได้รับเงินอุดหนุน 85% ของการชำระเงินโดยตรง (Direct payment) ภายใต้นโยบาย Common Agricultural Policy (CAP) ของสหภาพยุโรป [64] โดยมีเงื่อนไขว่าที่ดินอย่างน้อย 80% ต้องใช้สำหรับเกษตรกรรม และเพื่อให้มั่นใจถึงคุณภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ Agrivoltaics จึงได้มีการนำมาตรฐาน DIN SPEC 91434 มาใช้เป็นกรอบการทำงานสำหรับการกำกับดูแลและการรับรองคุณภาพ



รูปที่ 29 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaics ของประเทศเยอรมนี

จากรายงานเมื่อปี 2021 ประเทศเยอรมนีมีกำลังการผลิตติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ราว 59 GWp โดย 75 % มาจากระบบบนหลังคา และส่วนที่เหลือมาจากระบบบนพื้นดิน [65] แต่นั่นยังไม่เพียงพอ สถาบัน Fraunhofer ISE ได้ประมาณการว่าประเทศเยอรมนีต้องการกำลังการผลิตติดตั้งระหว่าง 300 ถึง 450 GWp ภายในปี 2045 [66] ซึ่งการนำเทคโนโลยีแผงโซลาร์เซลล์มาผสานกับอาคาร ยานพาหนะ และเส้นทางขนส่ง และนำมาใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม แหล่งน้ำ และพื้นที่ในเมือง จะช่วยปลดล็อกศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้มหาศาล

เยอรมนีได้จัดตั้งโครงการวิจัยหลายโครงการที่เน้นด้าน Agrivoltaics โครงการเหล่านี้สำรวจการผสมผสานแผงโซลาร์เซลล์กับพืชผลต่างๆ เช่น เบอร์รี่ แอปเปิล ธัญพืช และผัก รวมถึงการเลี้ยงสัตว์ มีการสนับสนุนโครงการ APV-RESOLA (Agrophotovoltaic - A Contribution to Resource-Efficient Land Use) ซึ่งนำโดย Fraunhofer ISE มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาและศึกษาเกี่ยวกับระบบโฟโตวอลตาอิค (PV) แบบใหม่ที่

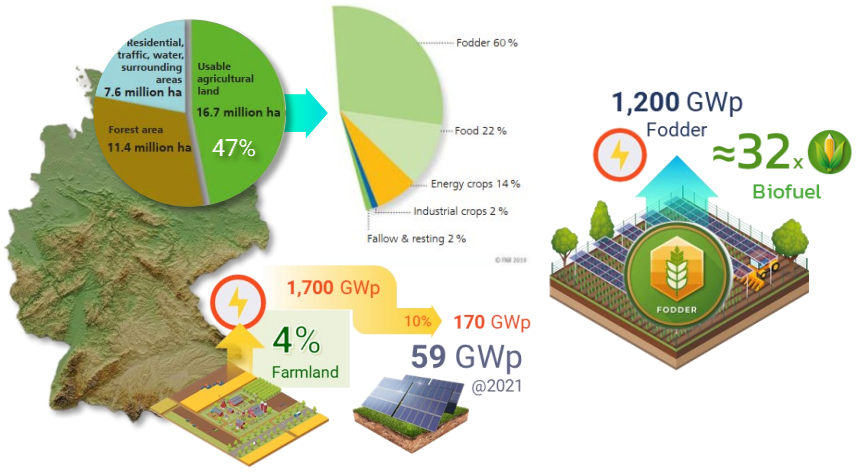
สามารถใช้พื้นที่เกษตรกรรมเพื่อผลิตพลังงานแสงอาทิตย์และปลูกพืชได้ โครงการนี้ดำเนินการตั้งแต่เดือนมีนาคม 2015 ถึงมกราคม 2021 โดยได้รับทุนจาก German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) และพันธมิตรที่เกี่ยวข้อง เช่น University of Hohenheim KIT's Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS) บริษัท Hofgemeinschaft Heggelbach บริษัท BayWa r.e. renewable energy GmbH และบริษัท EWS Vertriebs GmbH โครงการนี้มุ่งเน้นที่การประสานการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกับการผลิตไฟฟ้าบนที่ดินเดียวกัน โดยแก้ไขปัญหาการแข่งขันการใช้ที่ดิน โครงการแสดงให้เห็นว่าระบบเกษตรไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์สามารถลดการใช้น้ำ ปกป้องพืชผลจากสภาพอากาศที่เลวร้าย และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผ่านการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเน้นย้ำว่าระบบเกษตรไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์เป็นวิธีแก้ปัญหาที่ยั่งยืนสำหรับการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ

Fraunhofer ISE:
" Agrivoltaics is a combined use of an area for agricultural crop production (photosynthesis) and PV electricity production (photovoltaics)."

รูปที่ 30 โครงการ APV-RESOLA นำโดย Fraunhofer ISE และพันธมิตรที่เกี่ยวข้อง

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศเยอรมนี

สำหรับการประยุกต์ใช้ Agrivoltaics ในเยอรมนี สถาบัน Fraunhofer ISE ประมาณการว่าเยอรมนีสามารถผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ประมาณ 1,700 GWp โดยใช้พื้นที่การเกษตรเพียง 4% เท่านั้น ดังแสดงใน**รูปที่ 31** กำลังการผลิตดังกล่าวมาจากพืชที่ทนร่มและพืชที่ใช้ในการหมุนเวียนปลูกพืช การใช้ศักยภาพเพียง 10% ของกำลังการผลิตดังกล่าวจะทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ของเยอรมนีเพิ่มขึ้นเกือบสามเท่า ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่มีโมดูลโซลาร์เซลล์แบบสลับพื้นที่ช่วยให้พืชสามารถปลูกพืชระหว่างแถวได้ และหนึ่งเฮกตาร์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 0.25 MW การปลูกอาหารสัตว์บนทุ่งหญ้าถาวรจึงมีศักยภาพที่จะรองรับกำลังการผลิตอีก 1,200 GWp จากมุมมองของการผลิตไฟฟ้า ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพมากกว่าพืชพลังงานมาก โดยผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าข้าวโพดถึง 32 เท่าต่อเฮกตาร์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ ปัจจุบัน พืชพลังงานครอบครองพื้นที่การเกษตรของเยอรมนี 14% [65]



รูปที่ 31 การใช้ที่ดินในประเทศเยอรมนีและความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยี Agrivoltaics [65]

ประเทศเยอรมนีเป็นผู้นำด้านการวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ โดยผสมผสานการผลิตทางการเกษตร มีโครงการที่โดดเด่นหลายโครงการ ดังแสดงใน**รูปที่ 32** ซึ่งส่วนใหญ่มีการดำเนินงานในภูมิภาคทางตอนใต้และฝั่งตะวันตกของประเทศเยอรมนี ครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 7 รัฐ ได้แก่ บาวาเรีย (Bavaria) บาเดิน-เวือร์ทเทมเบิร์ก (Baden-Württemberg) ไรน์แลนด์-พาลาทิเนต (Rhineland-Palatinate) นอร์ธไรน์-เวสต์ฟาเลีย (North Rhine-Westphalia) ซาร์ลันด์ (Saarland) และ แซกโซนี (Saxony) โดยมีการเลือกชนิดการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ ตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่และมีกำลังการผลิตติดตั้งโดยรวมกันไม่ต่ำกว่า 9,492 kWp [67] ซึ่งแต่ละโครงการมีส่วนสนับสนุนให้เกิดความเข้าใจและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการ Agrivoltaics ในบริบททางการเกษตรที่แตกต่างกัน

รูปที่ 32 โครงการ Agrivoltaics ในรูปแบบการวิจัยและที่มีการดำเนินงานจริงประเทศเยอรมนี ที่ประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสมในการเกษตรของแต่ละพื้นที่

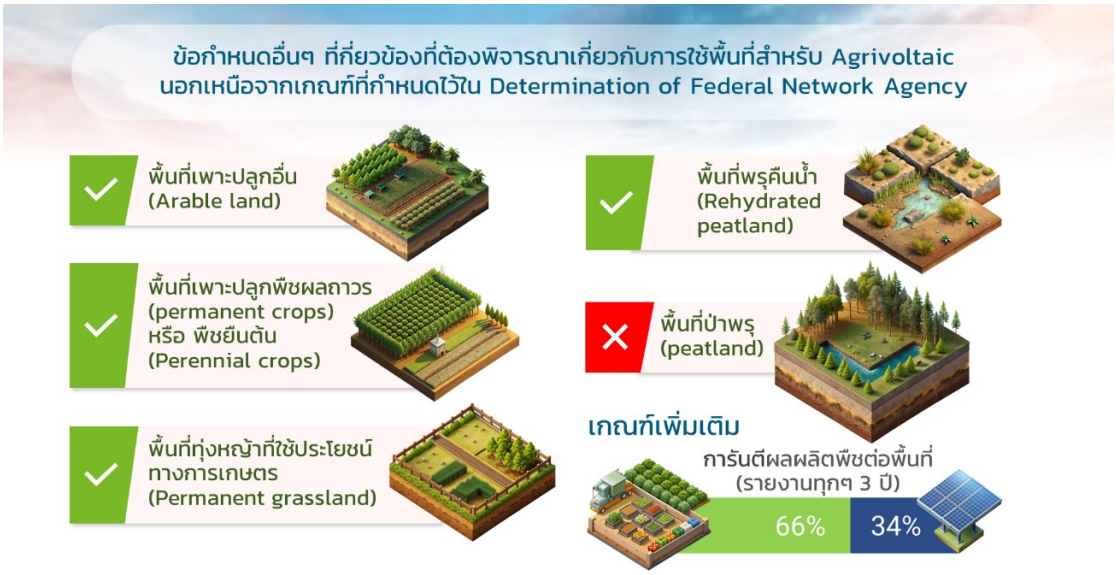
กรอบนโยบายและกฎหมาย (Policy and Legal Framework)

นโยบายสนับสนุน Agrivoltaics ในเยอรมนีมีความสอดคล้องกับ German Renewable Energy Sources Act (EEG) โดยมุ่งหวังที่จะเพิ่มสัดส่วนของพลังงานหมุนเวียนและป้องกันการชดเชยเกินควรของผู้ผลิต ซึ่งรวมถึงการประกวดราคาเพื่อกำหนดอัตราค่าป้อนเข้าสำหรับระบบ Agrivoltaics โดยเฉพาะ [67] โดยรายละเอียดการสนับสนุนแสดงดัง**ตารางที่ 6**

ตารางที่ 6 กรอบนโยบายและกฎหมายที่สนับสนุน Agrivoltaics ของประเทศเยอรมนี

	Policy/Regulation	Description
Germany	• พรบ. Renewable Energy Act (EEG 2023) • Determination of Federal Network Agency	Ground-mounted PV systems ถือเป็นโครงสร้างเข้าข่ายกับกฎหมายควบคุมอาคาร จะต้องมีใบอนุญาตเพื่อการก่อสร้างตาม 1. ที่ตั้งอยู่ใน Federal building Code (BauGB) ต้องไม่ทับกับแผนพัฒนา 2. ในกรณีที่ไม่มีแผนดังกล่าว การอนุญาตจะขึ้นอยู่กับว่าโครงการตั้งอยู่ในเขตเมืองหรือนอกเขตเมือง สามารถออกใบอนุญาตก่อสร้างได้เฉพาะในกรณีที่ไม่มีความขัดแย้งกับกฎหมายมหาชนด้านอื่น ๆ

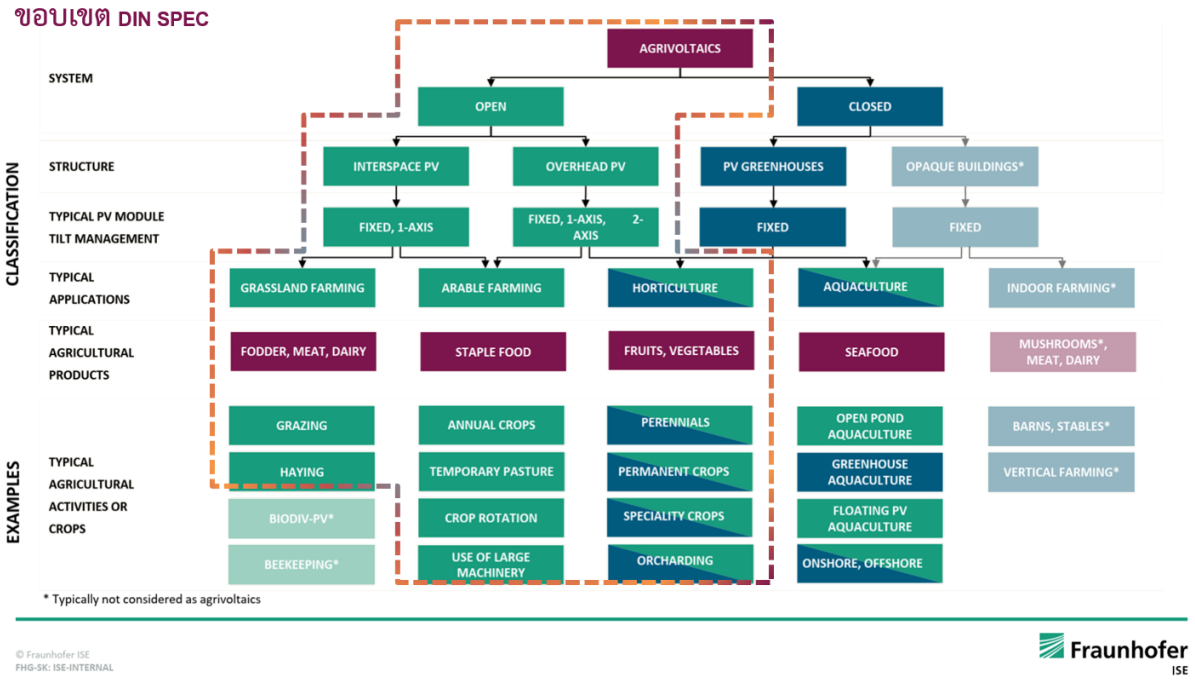
สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ในพื้นที่เกษตร จำเป็นต้องมีการประเมินศักยภาพพื้นที่โดยอ้างอิงตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยหน่วยงานเครือข่ายของรัฐบาลกลาง (Federal Network Agency) **รูปที่ 33** โดยเน้นที่พื้นที่เพาะปลูกเป็นหลัก พร้อมทั้งพิจารณาศักยภาพด้านการเกษตรของพื้นที่อื่น เช่น พื้นที่ป่าพรุสำหรับพืชผลประเภทต่างๆ และติดตามการใช้พื้นที่ดังกล่าวทุกๆ 3 ปี เพื่อการันตีสัดส่วนผลผลิตให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแนวทางเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนกับแนวทางปฏิบัติด้านการเกษตรที่ยั่งยืน



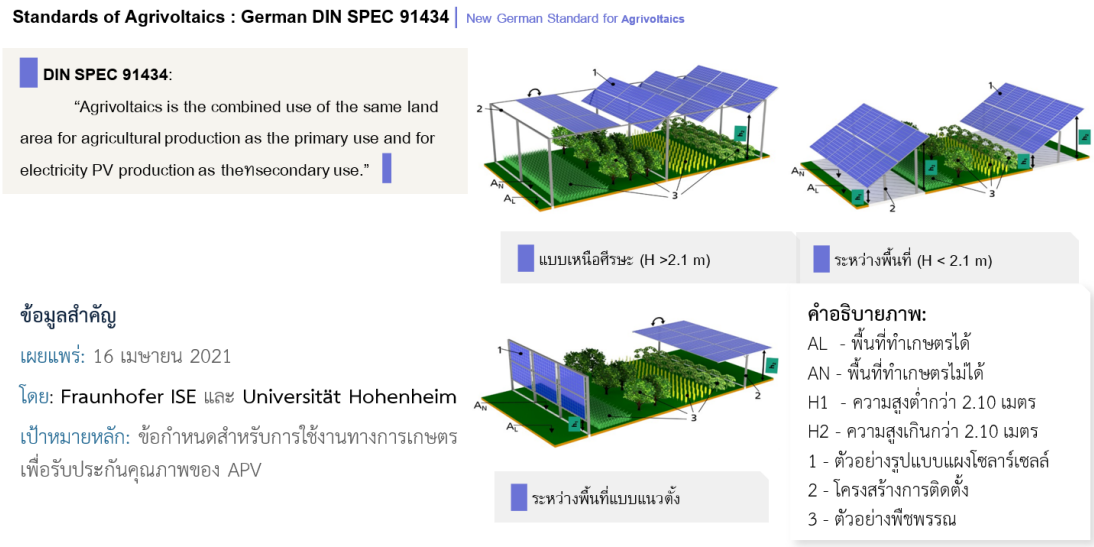
รูปที่ 33 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้พื้นที่สำหรับ Agrivoltaics นอกเหนือจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน Determination of Federal Network Agency

สำหรับโครงสร้างและการออกแบบระบบ PV ให้เข้ากับการเกษตรมีความหลากหลายในทางเทคนิค เช่นเดียวกับการเกษตรเอง การจำแนกเกษตรโวลตาอิกตามกิจกรรมการผลิตทางการเกษตร สามารถแบ่งออกได้อย่างกว้าง ๆ เป็นระบบเปิดและระบบปิด ดังรูป**รูปที่ 34** ระบบปิดส่วนใหญ่ครอบคลุมเรือนกระจก PV ในขณะที่ระบบการเกษตรแบบเปิดสามารถแบ่งย่อยได้เป็น แบบ PV ระดับพื้นดิน แบบระหว่างพื้นที่และ แบบ PV แบบยกพื้นเหนือศีรษะ โมดูล PV ในระบบเหนือศีรษะติดตั้งไว้สูงจากพื้นดินอย่างน้อย 2.1 เมตร ตามมาตรฐาน DIN SPEC 91434 กำหนดดัง**รูปที่ 35** ซึ่งครอบคลุมตามขอบเขตการใช้งานเฉพาะระบบเปิด ไม่รวมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมาตรฐาน DIN SPEC 91434 มีหลักเกณฑ์และข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- ผลผลิตทางการเกษตรอย่างน้อย 66% ของผลผลิตอ้างอิง
- พื้นที่สำหรับเกษตรกรรมต้องได้รับการรับประกัน
- การสูญเสียพื้นที่หลังการติดตั้งระบบโซลาเซลล์สูงสุดไม่เกิน 10% (Cat. I) หรือ 15% (Cat. II)
- หลีกเลี่ยงการพังทลายและทพลายหน้าดิน (การก่อสร้าง, การทอดสมอ, และ การจัดการน้ำ)
- การรื้อถอนจะต้องเป็นไปได้โดยไม่มีความเสียหายใหญ่หลวงต่อดินและเศษซากจากการก่อสร้าง



รูปที่ 34 การจำแนกประเภทของระบบเกษตรโวลตาอิกขอบเขตของ DIN SPEC 91434



รูปที่ 35 มาตรฐาน DIN SPEC 91434 สำหรับ Agrivoltaics

DIN SPEC 91434:
"Agrivoltaics is the combined use of the same land area for agricultural production as the primary use and for electricity PV production as the secondary use."

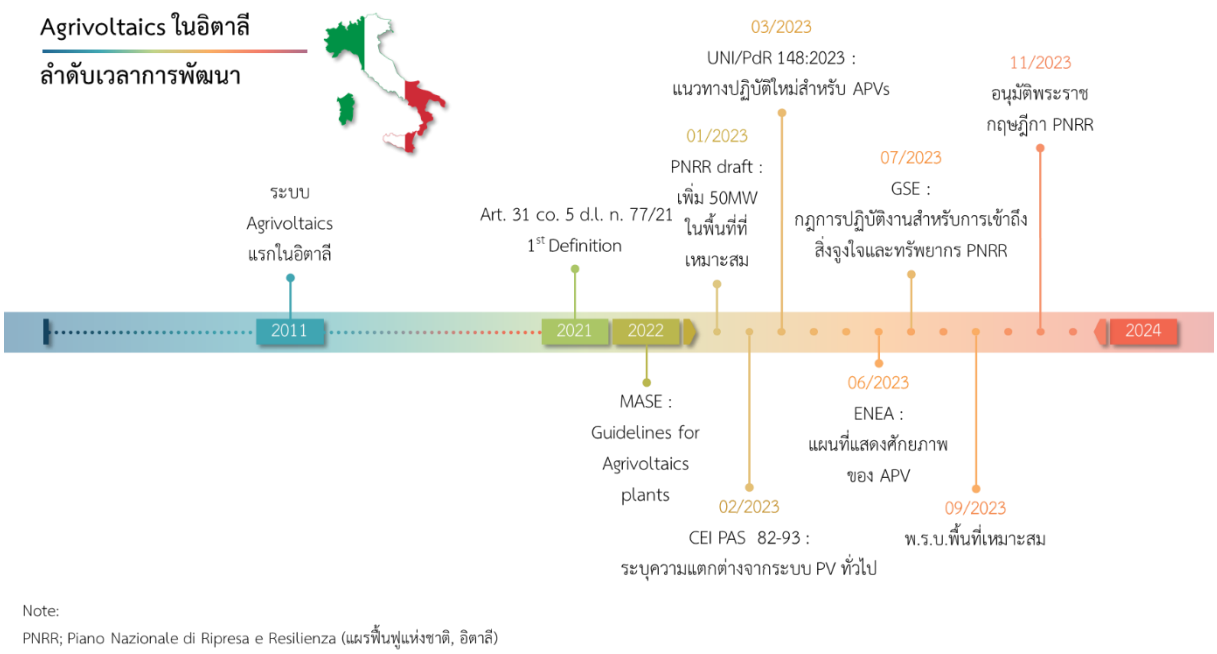
มาตรฐาน DIN SPEC 91434 รับรองคุณภาพของระบบ Agrivoltaics ซึ่งถือเป็นก้าวสำคัญในการปรับปรุงวิธีการสนับสนุนนโยบายเพื่อบูรณาการการผลิตทางการเกษตรกับการผลิตพลังงานหมุนเวียน มาตรการเหล่านี้ร่วมกันสนับสนุนและเป็นแรงจูงใจในการพัฒนา Agrivoltaics ในเยอรมนี

การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

การนำผลการศึกษาด้าน Agrivoltaics ของเยอรมนีมาใช้ในบริบทของไทย สามารถทำได้โดยการชูประโยชน์หลักของโครงการ Agrivoltaics ได้แก่ การใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพผ่านการส่งเสริม การลดการระเหยน้ำจากดินได้ และรายได้เพิ่มเติมสำหรับเกษตรกร

นอกจากนี้ การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในทุกขั้นตอนตั้งแต่การวางแผน จนถึงการดำเนินงาน และการสนับสนุนจากรัฐบาล เช่น การอุดหนุนจากหน่วยงานภาครัฐ จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการใช้พื้นที่เพื่อทำโครงการฯมากขึ้น ทั้งนี้ไทยยังคงต้องมีการปรับแต่งเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับพืชผลและสภาพภูมิอากาศเฉพาะของไทย รวมถึงการให้การฝึกอบรมและการสนับสนุนทางการเงินที่เหมาะสมแก่เกษตรกร เป็นอีกหนึ่งสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การนำ Agrivoltaics ไปใช้งานได้ประสบความสำเร็จ และสร้างประโยชน์สูงสุดแก่ประเทศ

สาธารณรัฐอิตาลี



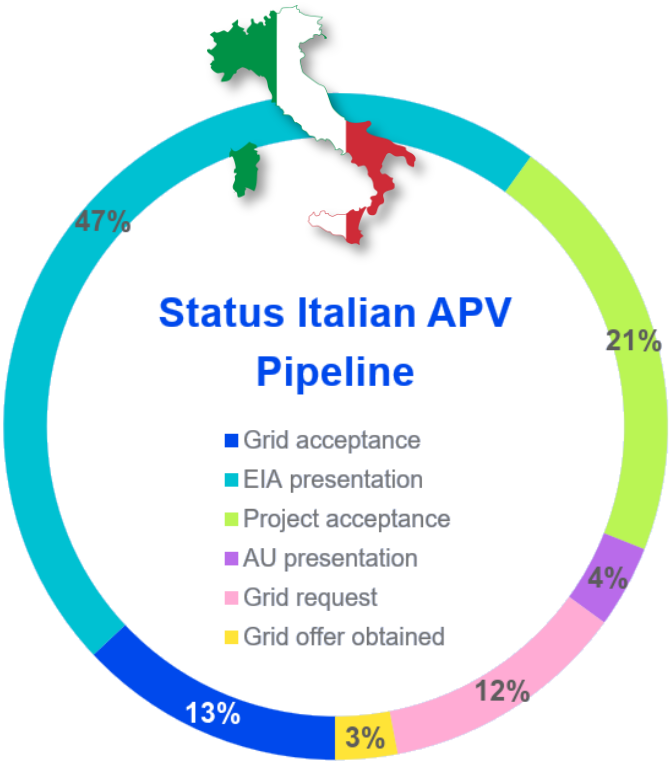
รูปที่ 36 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaicsของประเทศอิตาลี

ระบบ Agrivoltaicsในอิตาลีได้รับการพัฒนาตลอดช่วงต้นทศวรรษปี 2000 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีการพัฒนาใกล้เคียงกับประเทศอื่นๆ ในยุโรป โดยได้รับการสนับสนุนด้านกฎระเบียบและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ในช่วงแรก เน้นที่การบูรณาการระบบโซลาร์เซลล์ (PV) เข้ากับกิจกรรมทางการเกษตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินให้สูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการบังคับใช้พระราชกฤษฎีกาต่างๆ ซึ่งสนับสนุนการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนพื้นที่เกษตร แนวทางนี้ช่วยให้สามารถผลิตไฟฟ้าและเพาะปลูกพืชผลทางการ

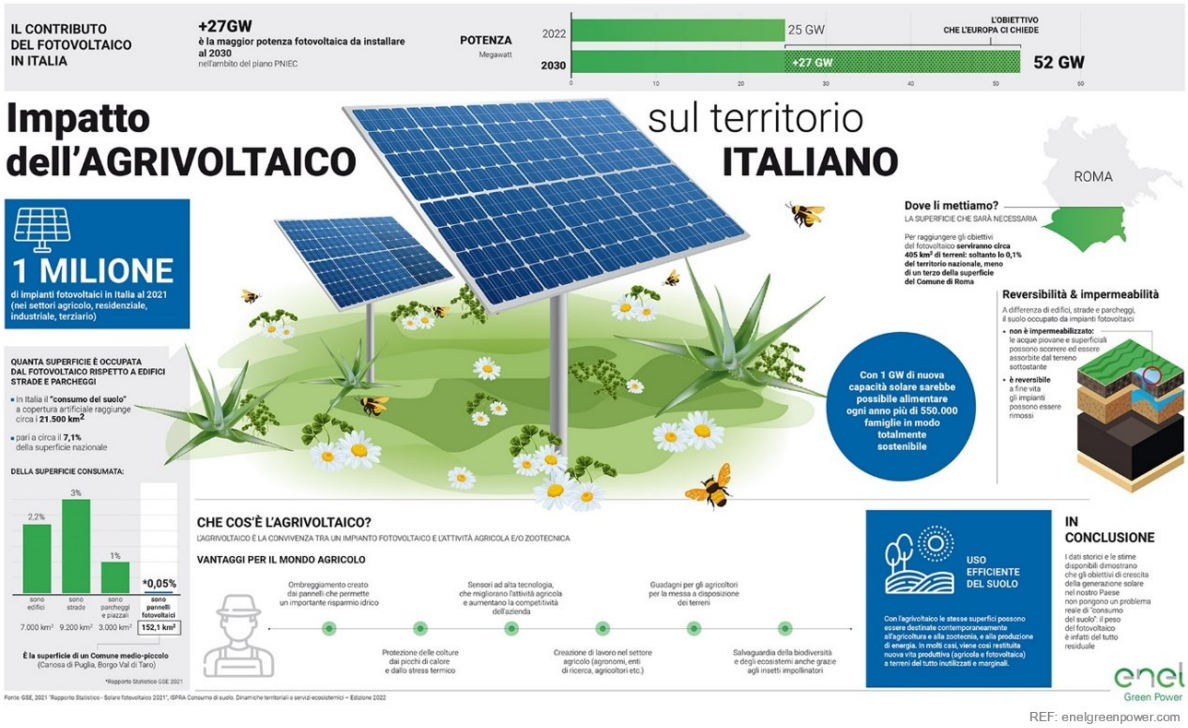
เกษตรได้พร้อมกัน ซึ่งช่วยเพิ่มความยั่งยืนให้กับพื้นที่ชนบท และซึ่งเน้นย้ำถึงบทบาทสำคัญในกลยุทธ์พลังงานหมุนเวียนของประเทศ

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศอิตาลี

การพัฒนา ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เกี่ยวข้องกับการบูรณาการระบบโซลาร์เซลล์เข้ากับกิจกรรมทางการเกษตรหรือปศุสัตว์ในอิตาลี ช่วยให้ใช้ประโยชน์พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมการฟื้นฟูพื้นที่รกร้าง โดยการติดตั้งโซลาร์เซลล์ในอิตาลีใช้พื้นที่เพียงเล็กน้อย และระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับพืชผลหลายชนิดได้ อิตาลีมีโครงการขนาดใหญ่สำหรับ Agrivoltaics ที่อยู่ระหว่างการพัฒนามากกว่า 250 MW [68] มีสถานะการดำเนินงานดัง**รูปที่ 37** จากข้อมูลของ Enel Green Power ได้มีการรายงานว่า ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในอิตาลีอยู่ที่ประมาณ 25 GW ซึ่งตามข้อมูลของ National Integrated Energy and Climate Plan (NIPEC) คาดว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 52 GW ภายในปี 2030 ซึ่งความจุพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น 1 GW ช่วยให้สามารถจัดหาพลังงานสะอาดได้สำหรับ 550,000 ครัวเรือน [69] ดังแสดงใน**รูปที่ 38** ซึ่งสนับสนุนการมีส่วนร่วมในการพัฒนาทางการเกษตรในอิตาลีสามารถรับประกันการจัดหาพลังงานสำหรับความต้องการได้



รูปที่ 37 โครงการ Agrivoltaics ขนาดใหญ่ ที่อยู่ระหว่างการพัฒนาในประเทศอิตาลี [68]



รูปที่ 38 การเกษตรแบบ Agrivoltaics ในอิตาลีและการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานโซลาร์เซลล์ที่ใหญ่ที่สุดในอิตาลีที่เมืองตาร์ควิเนีย ดังแสดงใน **รูปที่ 39** โรงไฟฟ้าแห่งนี้จะสร้างขึ้นบนที่ดินของบริษัทในท้องถิ่นซึ่งจะร่วมมือกับ Enel Green Power ได้แสดงถึงการบูรณาการกิจกรรมทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปลูกพืชอาหารสัตว์และต้นโบราจในพื้นที่ว่างระหว่างแถวแผงโซลาร์เซลล์และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมาก โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใหญ่ที่สุดในอิตาลี [70]

รูปที่ 39 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการบูรณาการกิจกรรมทางการเกษตรใหญ่ที่สุดในเมืองตาร์ควิเนีย

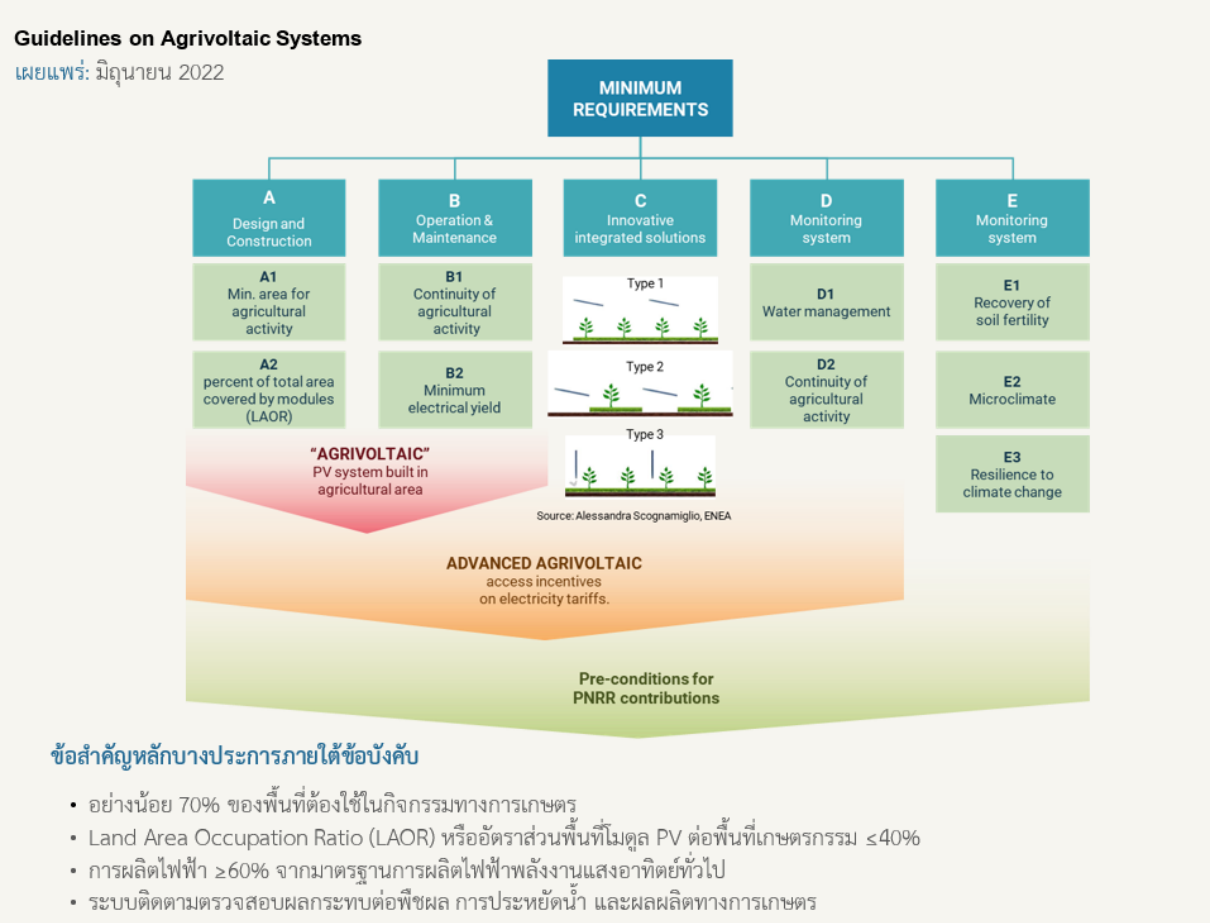
อีกหนึ่งตัวอย่างโครงการขนาดใหญ่ คือ โครงการของบริษัท Cero Generation ที่ได้บรรลุข้อตกลงทางการเงินสำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กำลังการผลิตติดตั้งขนาด 70 MW ร่วมกับการดำเนินงานในภาคเกษตรในเมืองลาซิโอ ดัง**รูปที่ 40** ซึ่งรู้จักกันในชื่อ โครงการ Pontinia ถือเป็นโรงไฟฟ้าโซลาร์เซลล์แบบใช้พลังงานจากการเกษตรขนาดใหญ่และมีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น ระบบเครื่องติดตามแบบแกนเดียว โมดูล PV แบบสองด้าน และอินเวอร์เตอร์แบบสตริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด คาดว่าโครงการนี้จะผลิตไฟฟ้าหมุนเวียนได้เพียงพอสำหรับบ้านกว่า 47,000 หลัง และจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 40,000 ตันต่อปี นอกจากนี้ พื้นที่ 65% จะใช้ปลูกพืชผลทางการเกษตรเพื่อส่งเสริมการใช้ที่ดินแบบสองแบบ

รูปที่ 40 โครงการ Pontinia ของบริษัท Cero Generation กำลังการผลิตขนาด 70 MW ในเมืองลาซิโอ

กรอบนโยบายและกฎหมาย (Policy and Legal Framework)

อิตาลีมีการใช้แนวปฏิบัติและนโยบายสำหรับระบบ Agrivoltaics ที่เผยแพร่โดย Ministry of Ecological Transition (MITE) ดังแสดงใน**รูปที่ 41** อย่างเข้มงวด เพื่อผลักดันโครงการ Agrivoltaics ในประเทศ โดยแนวทางเหล่านี้ได้รับการพัฒนาจากร่วมมือกับองค์กรสำคัญหลายแห่ง ได้แก่ หน่วยงาน Council for Agricultural Research and Analysis of Agricultural Economics (CREA) หน่วยงาน Energy Services Manager (GSE) หน่วยงาน National Agency for New Technologies หน่วยงาน Energy and Sustainable Economic Development (ENEA) และศูนย์วิจัย Research on the Energy System S.p.A. (RSE) เพื่อกำหนดแนวทางที่ครอบคลุมและตอบสนองความต้องการทั้งด้านการเกษตรและการผลิตพลังงานร่วมกัน แนวทางดังกล่าวมีการจำแนกตามข้อบังคับ (Requirements) ระหว่างระบบ Agrivoltaics ตั้งแต่ในระดับแบบง่าย (Requirement A-B) และแบบขั้นสูง (Requirement A-D) ซึ่งระบบแบบง่ายช่วยให้สามารถดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรต่อไปได้ควบคู่ไปกับการติดตั้งโซลาร์เซลล์ ในขณะที่ระบบขั้นสูงจะเป็นการบูร

ณาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมร่วมกัน เช่น โมดูล PV แบบยกสูงและแบบหมุน เครื่องมือเกษตรดิจิทัลและระบบตรวจสอบที่แม่นยำ เพื่อประเมินผลกระทบต่อพืชผลและการประหยัดน้ำ และเมื่อโครงการมีศักยภาพเกินข้อกำหนดขั้นสูง (Requirement A-E) สามารถเข้าถึงการบรรลุเงื่อนไขเริ่มต้นที่จะได้รับเงินสนับสนุนจากรัฐบาลจากแผน Italy's National Recovery and Resilience Plan (PNRR) เพิ่มเติม



รูปที่ 41 แนวปฏิบัติระดับชาติสำหรับระบบ Agrivoltaics ของอิตาลี เผยแพร่โดย โดย MITE ในปี 2022

แผน Italy's National Recovery and Resilience Plan (PNRR) การจัดสรรการลงทุนจำนวนมาก 1.1 พันล้านยูโร สำหรับการนำระบบ Agrivoltaics มาใช้ มีวัตถุประสงค์เพื่อครอบคลุมค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยสนับสนุนสูงสุดถึง 40% ของโครงการที่เข้าเงื่อนไข นอกจากนี้ ยังมีการจัดสรรงบประมาณ 560 ล้านยูโร สำหรับกำหนดอัตราภาษีจูงใจ (Incentive electricity tariffs) ซึ่งจะชำระเป็นระยะเวลา 20 ปี เพื่อให้โครงการเหล่านี้สามารถสร้างผลตอบแทนได้ แนวทางดังกล่าวช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการกำกับดูแลสำหรับโครงการ Agrivoltaics สำหรับพื้นที่ที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดอุปสรรคด้านระบบราชการและสร้างความน่าสนใจให้กับนักลงทุน แนวทางดังกล่าวได้กำหนดให้มีการตรวจสอบโครงสร้าง Agrivoltaics ขนาด 1.04 GW ภายในวันที่ 30 มิถุนายน 2026 เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เน้นย้ำถึงความสำคัญของการรักษาผลผลิตทางการเกษตรในขณะที่ผลิตพลังงานหมุนเวียนและความมั่นคงด้านอาหารโดยการปฏิบัติตามแนวทางดังกล่าว

นอกจากนี้ยังมีกรอบนโยบายและกฎหมายที่สนับสนุน Agrivoltaics ยกตัวอย่างเช่น ข้อกฎหมาย Art. 65 co. 1- quarter and quinquies d.l. n. 1/12 uies d.l. n. 1/2012 เอื้อประโยชน์ให้สาธารณชนสามารถเข้าถึงได้ระบบ Agrivoltaics ช่วยให้เกิดความโปร่งใสและการมีส่วนร่วมของชุมชนในโครงการพลังงานหมุนเวียน มีพระราชกฤษฎีกา DL Energy No. 17/22 ที่อนุญาตให้พัฒนาโครงการ Agrivoltaics ที่มีกำลังการผลิตสูงสุด 20 MW ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการในการขออนุญาตและส่งเสริมให้มีการดำเนินโครงการขนาดใหญ่และข้อกำหนดอื่นๆ ดัง**ตารางที่ 7**

ตารางที่ 7 กรอบนโยบายและกฎหมายที่สนับสนุน Agrivoltaics ของประเทศอิตาลี

	Policy/Regulation	Description
Italy	• Linee Guida in materia di Impianti agrivoltaici	แนวปฏิบัติเกี่ยวกับระบบ Agrivoltaics โดย MITE เผยแพร่: มิถุนายน 2022
	• Art. 65 co. 1- quarter and quinquies d.l. n. 1/12	ระบบ Agrivoltaics มีสิทธิ์ได้รับเงินทุนสาธารณะ
	• Piano Nazionale di Ripresa e Resilienzaъ (PNRR)	• **1.1 พันล้านยูโร** จัดสรรสำหรับการดำเนินการ Agrivoltaics (มากถึง 40% ของต้นทุนการลงทุนที่มีสิทธิ์) • Incentive electricity tariffs (งบประมาณประมาณ **560 ล้านยูโร**) ที่จ่ายในระหว่างระยะการดำเนินงานของโครงการ (20 ปี) • คาดว่าจะติดตั้งระบบการเกษตร 1.04 GW ภายในวันที่ 30/06/2026 • ได้รับการอนุมัติใน Strasburg เมื่อเดือน 11/2023
	• D.L. Energia No. 17/22: Agri PV up to 20MW	• กระบวนการขออนุญาตที่ง่ายขึ้น **(PAS)** • ไม่มีขั้นตอนด้านสิ่งแวดล้อม **(VIA)** ในพื้นที่ที่เหมาะสม
	• UNI/PdR 148:2023	• การบูรณาการเกษตรและภูมิทัศน์ • บูรณาการกิจกรรมทางการเกษตรกับการจัดการโรงไฟฟ้า Agrivoltaics • ผลกระทบต่ออาณาเขต ชุมชน และผู้มีบทบาทที่รับผิดชอบ • ข้อกำหนดทางเทคนิค: **Agricultural yield (Ra)** และ **Land Equivalent Ratio (LER)** • คำแนะนำและการติดตามระบบ Agrivoltaics
	• CEI PAS 82-93	• safety requirements • **Sn** - not agricultural area • Many aspects to be defined in a future edition

การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

เพื่อนำแนวคิด Agrivoltaics ของอิตาลีมาปรับใช้กับบริบทของไทย ควรเน้นที่การบูรณาการระบบพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรในท้องถิ่น เพื่อให้แน่ใจว่าทั้งการผลิตพลังงานและผลผลิตทางการเกษตรได้รับการรักษาไว้ ความร่วมมือกับองค์กรวิจัยด้านการเกษตรและพลังงานในท้องถิ่นจะเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาแนวทางปฏิบัติที่เหมาะกับสภาพอากาศและประเภทพืชผลเฉพาะของประเทศไทย แรงจูงใจทางการเงินและการสนับสนุนด้านกฎระเบียบ ซึ่งคล้ายกับแผนฟื้นฟูและความยืดหยุ่นแห่งชาติของอิตาลี สามารถส่งเสริมการลงทุนในโครงการการเกษตรแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้ การลดความซับซ้อนของกระบวนการกำกับดูแลและให้แนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนจะช่วยเร่งการดำเนินการ นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น โมดูลพลังงานแสงอาทิตย์แบบยกสูงและเครื่องมือการเกษตรแม่นยำมาใช้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินและเพิ่มผลผลิตพืชผลได้ การตรวจสอบและติดตามอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการติดตั้งเป็นไปตามมาตรฐานและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้ทั้งความยั่งยืนของพลังงานและความมั่นคงด้านอาหารในประเทศไทย

3.3 สหรัฐอเมริกา

Agrivoltaics เป็นแนวทางใหม่ในการผสานการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับการเกษตรในสหรัฐอเมริกา ในฐานะที่ถูกใช้เป็นแนวทางที่ดีในการแก้ปัญหาการใช้ที่ดินและเป้าหมายด้านสภาพ แนวทางการใช้ประโยชน์ทั้งในด้านเกษตรและพลังงานหมุนเวียนนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินสูงสุดและให้ประโยชน์ร่วมกันทั้งกับภาคส่วนพลังงานแสงอาทิตย์และภาคส่วนการเกษตร แนวทางนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้บรรลุเป้าหมายของรัฐบาล สหรัฐฯ ในการลดการปล่อยคาร์บอนในภาคส่วนการผลิตไฟฟ้าภายในปี 2035 เท่านั้น แต่ยังสนับสนุนเกษตรกรด้วยการกระจายแหล่งรายได้และเพิ่มความยั่งยืนทางระบบนิเวศอีกด้วย ด้วยโครงการการเกษตรแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์กว่า 2.8 GW ที่ดำเนินการอยู่แล้ว [71] ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงแกะและแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงผสมเกสร ซึ่งขณะนี้ สหรัฐฯ กำลังสำรวจศักยภาพของรูปแบบธุรกิจใหม่นี้ผ่านความคิดริเริ่มด้านการวิจัยต่างๆ และแรงจูงใจจากรัฐ

รูปที่ 42 ลำดับเวลาการพัฒนาด้าน Agrivoltaics ของประเทศสหรัฐอเมริกา

ในสหรัฐอเมริกา การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกับกิจกรรมทางการเกษตรนั้นช่วยแก้ไขปัญหาสำคัญหลายประการ โดยช่วยลดความขัดแย้งในการใช้ที่ดินด้วยการให้พลังงานแสงอาทิตย์และการเกษตรสามารถอยู่ร่วมกันได้ สนับสนุนเป้าหมายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มุ่งลดคาร์บอนในภาคการผลิตไฟฟ้าภายในปี 2035 ให้ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจแก่เกษตรกรผ่านกระแสรายได้เพิ่มเติม ประโยชน์จากการวิจัยและแรงจูงใจ เช่น ระบบเพิ่มอัตราค่าไฟฟ้าป้อนเข้าของรัฐแมสซาชูเซตส์ และเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานด้วยการกระจายแหล่งพลังงานและบูรณาการพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับภูมิทัศน์ทางการเกษตร ในการส่งเสริมนโยบายระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ต้องเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ดังต่อไปนี้

1. ข้อกังวลเกี่ยวกับการแปลงที่ดิน (Land Conversion Concerns) ในขณะที่การพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์สามารถสร้างพลังงานสะอาดและผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจได้ การแปลงที่ดินเกษตรเป็นโครงการพลังงานแสงอาทิตย์อาจทำให้เกิดข้อกังวลในท้องถิ่น การรักษาสมดุลการใช้ที่ดินระหว่างการเกษตรและการติดตั้งโซลาร์เซลล์เป็นสิ่งสำคัญ [71]

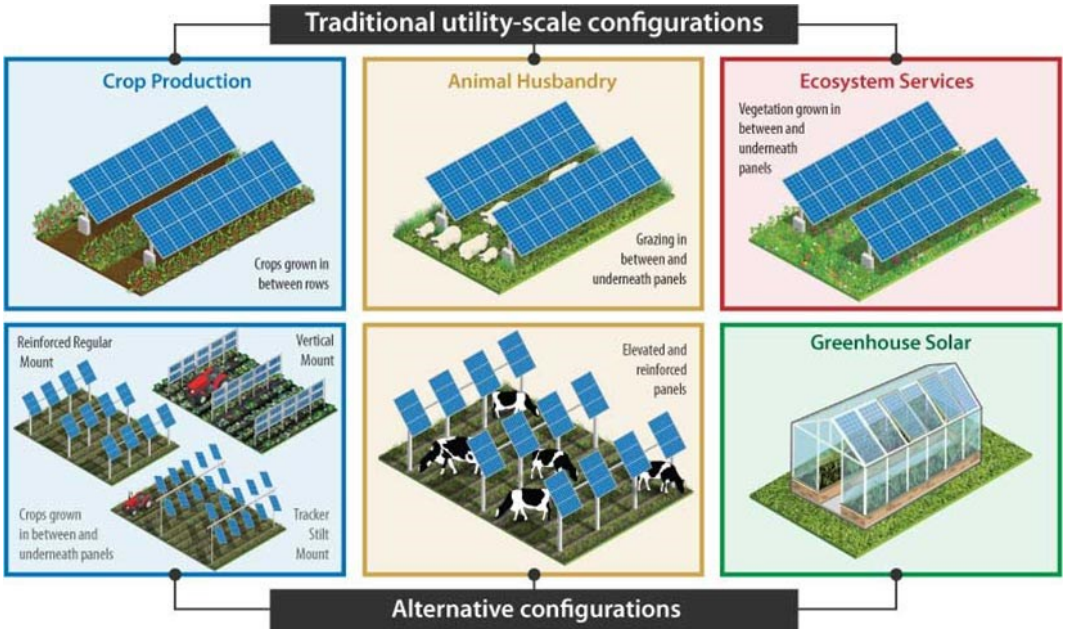
2. ต้นทุนและความซับซ้อนของภาษี (Costs and Tax Complexity) ระบบ Agrivoltaics อาจมีราคาแพงกว่าการพัฒนาระบบโซลาร์เซลล์แบบดั้งเดิม และส่งผลให้เกิดแนวปฏิบัติตามกฎหมายภาษีของรัฐและท้องถิ่นอาจมีซับซ้อน [72]

3. น้ำฝนที่ไหลบ่าและความชื้น (Rainwater Runoff and Humidity) น้ำฝนที่ไหลบ่าจากแผงโซลาร์เซลล์สามารถเปลี่ยนการกระจายน้ำในฟาร์มได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชผล ความชื้นที่เพิ่มขึ้นใต้แผงโซลาร์เซลล์เนื่องจากการระเหยที่ลดลงอาจทำให้เกิดโรคหรือปรสิต [56]

4. การเพิ่มปริมาณการผลิตไฟฟ้าสูงสุดและผลกระทบความหลากหลายทางชีวภาพ (Maximizing Electricity Production and Biodiversity) ระบบ Agrivoltaics ต้องสร้างความเชื่อมั่นและการันตีการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่เพิ่มข้น โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืชผลและรักษาความหลากหลายทางชีวภาพไว้ได้ [73]

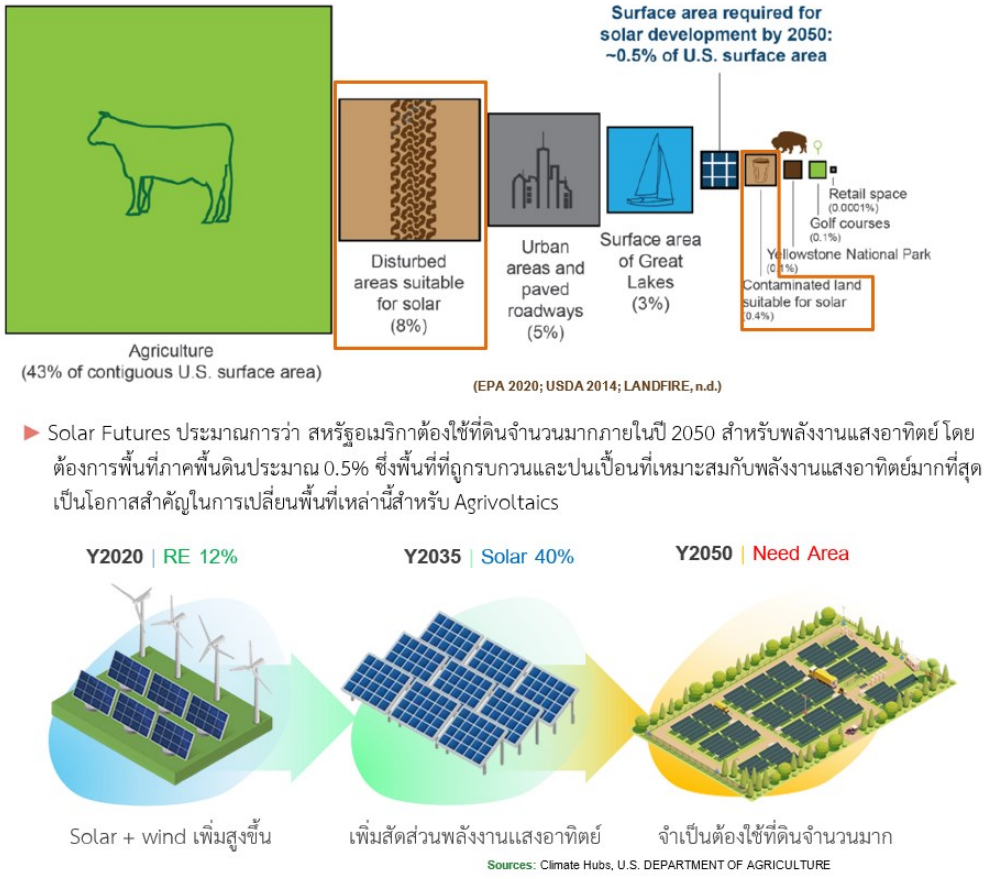
แม้ว่าความท้าทายที่ได้กล่าวมานี้ยังคงเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม Agrivoltaics ยังคงมีแนวโน้มที่ดีสำหรับการบูรณาการภาคพลังงานและการเกษตรที่ยั่งยืน โดยมีผลประเมินพบว่า การติดตั้งระบบ Agrivoltaics สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 20% ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดในสหรัฐอเมริกา [74]

United States | Agrivoltaics is the use of land for both agriculture and solar photovoltaic energy generation (**Dual Use Solar**, **Agrisolar** or **Low Impact Solar**)



รูปที่ 43 ความหลากหลายของระบบ Agrivoltaics ตามความเหมาะสมกับเกษตรกรรมในรูปแบบต่างๆ [75]

ความหลากหลายของระบบ Agrivoltaics สามารถติดตั้งแบบเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือสามารถปรับเปลี่ยนให้มีพื้นที่เพิ่มเติมสำหรับแสงสว่าง สัตว์ หรืออุปกรณ์ในฟาร์มเพื่อความเหมาะสมกับกิจกรรมทางเกษตรกรรมในรูปแบบต่างๆ [75]

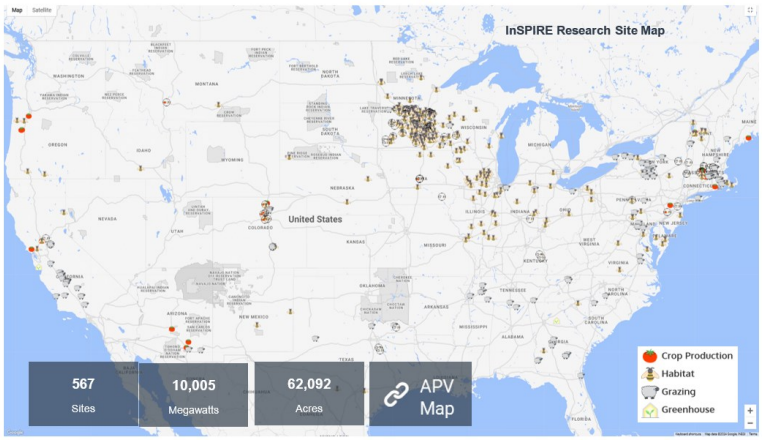


รูปที่ 44 แรงจูงใจสำหรับ Agrivoltaics ของประเทศสหรัฐอเมริกา

กรณีศึกษา Agrivoltaics ในประเทศสหรัฐอเมริกา

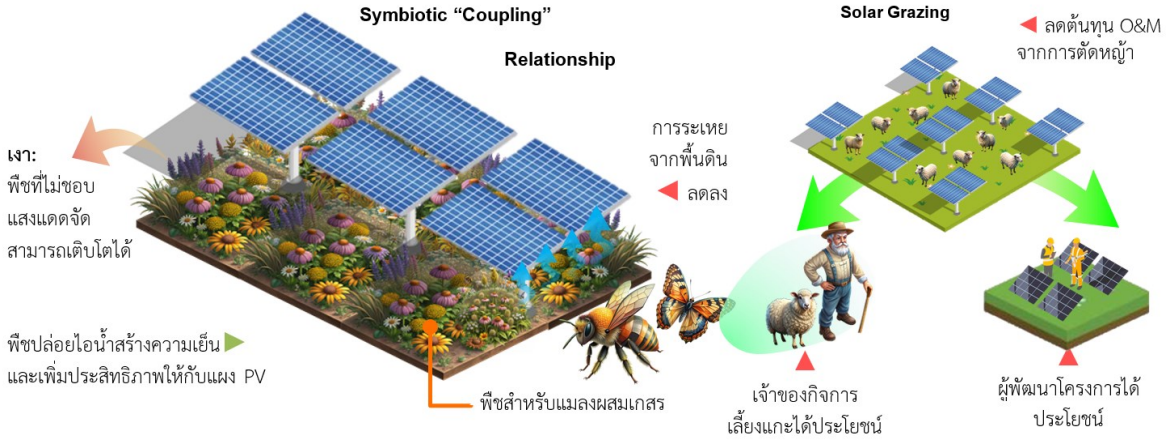
โครงการ Innovative Solar Practices Integrated with Rural Economies and Ecosystems (InSPIRE) | สนับสนุนโดย U.S. Department of Energy (DOE) | บริหารจัดการโดย National Renewable Energy Laboratory (NREL) |

- เป้าหมายพัฒนาผลประโยชน์ร่วมกันของพลังงานแสงอาทิตย์ เกษตรกรรม และการอนุรักษ์ภูมิทัศน์พื้นเมือง ปัจจุบันมีโครงการ 567 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา กำลังการผลิตติดตั้งประมาณ 10 GW มีการจัดตั้งทีมงานจากหลายภาคส่วนและหลายสาขาวิชา เพื่อให้ข้อมูลและบริการพื้นฐานแก่สาธารณะ และดำเนินการภาคสนามในการวิจัยเชิงวิเคราะห์ใหม่ๆ



นักวิจัยและเกษตรกรทั่วประเทศกำลังทดลองและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์พืช พืชผสมเกสร ตลอดจนชนิดของการทำปศุสัตว์ เพื่อหาความเหมาะสมกับระบบ APV ซึ่งจะเป็นแนวทางนำไปสู่วิธีที่รัฐและชุมชนจะตัดสินใจจัดการกับกฎระเบียบด้านนโยบายและกฎหมายการแบ่งเขตตามทางเลือกการใช้ที่ดินควบคู่ไปกับการทำเกษตรกรรม

รูปที่ 45 แผนผังที่ตั้งโครงการการวิจัยของ InSPIRE



รูปที่ 46 ความสัมพันธ์แบบการจับคู่พึ่งพาอาศัยกัน

โครงการ InSPIRE ได้ระบุปัจจัยสำคัญ 5 ประการ [75] สำหรับการเกษตรแบบใช้ไฟฟ้าพลังน้ำที่ประสบความสำเร็จ ซึ่งเรียกว่า "5C" ตามที่แสดงดัง**รูปที่ 47**:

C1: สภาพอากาศ ดิน และสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมโดยรอบของสถานที่นั้นต้องรองรับทั้งการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์และการเติบโตของพืชผลหรือพืชคลุมดินที่เลือก

C2: การกำหนดค่า เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ และการออกแบบ

การเลือกเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ แผนผังสถานที่ และโครงสร้างพื้นฐานมีผลกระทบต่อทุกสิ่งตั้งแต่ความพร้อมของแสงสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ไปจนถึงความสามารถในการทำงานของรถแทรกเตอร์ภายใต้แผงโซลาร์เซลล์ "โครงสร้างพื้นฐานนี้จะคงอยู่ต่อไปอีก 25 ปี ดังนั้นจะต้องเหมาะสมกับการใช้งานตามจุดประสงค์ ความสำเร็จขึ้นอยู่กับสิ่งนี้" เจมส์ แมคคอลล์ นักวิจัย NREL ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ InSPIRE กล่าว

C3: วิธีการคัดเลือกและเพาะปลูกพืชผล การออกแบบเมล็ดพันธุ์และพืชพันธุ์ และแนวทางการจัดการ

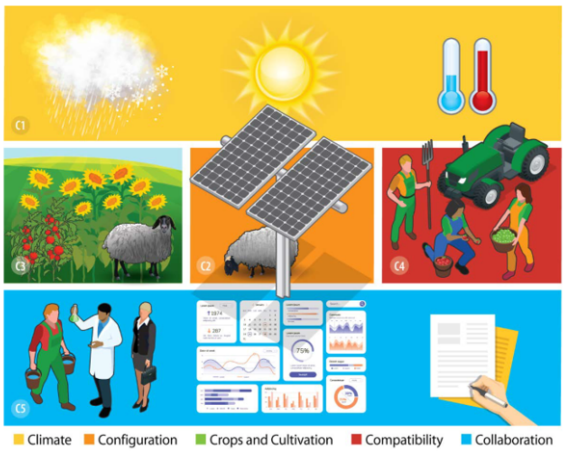
โครงการการเกษตรแบบใช้ไฟฟ้าพลังน้ำควรเลือกพืชผลหรือพืชคลุมดินที่สามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้แผงโซลาร์เซลล์ในสภาพอากาศในท้องถิ่นและสร้างกำไรในตลาดท้องถิ่น C4: ความเข้ากันได้และความยืดหยุ่น

C4: ความเข้ากันได้และความยืดหยุ่น

ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานโซลาร์เซลล์ควรได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สมดุลกับความต้องการของเจ้าของ ผู้ดำเนินการ เกษตรกร หรือเจ้าของที่ดิน โดยให้แน่ใจว่ากิจกรรมทางการเกษตรมีประสิทธิภาพ

C5: ความร่วมมือและหุ้นส่วน

การสื่อสารและความเข้าใจอย่างมีประสิทธิผลระหว่างทุกฝ่ายถือเป็นสิ่งสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการใดๆ



The 5 Cs of Agrivoltaics project success

- **สภาพภูมิอากาศ ดิน และสภาพแวดล้อม (C1):** สภาพแวดล้อมโดยรอบและปัจจัยของสถานที่เฉพาะที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของเจ้าของพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้ประกอบการด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้ปฏิบัติงานด้าน Agrivoltaics และนักวิจัย
- **การกำหนดค่า เทคโนโลยีและการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (C2):** การเลือกเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ แผนผังสถานที่ และโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อแสงที่มีอยู่และการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์
- **วิธีการเลือกและเพาะปลูกพืช การออกแบบเมล็ดพันธุ์และพืชพันธุ์ และแนวทางการจัดการ (C3):** วิธีการ พืชพันธุ์ และแนวทางการเกษตรที่ใช้สำหรับกิจกรรมและการวิจัยด้าน Agrivoltaics
- ความเข้ากันได้และความยืดหยุ่น (C4): ความเข้ากันได้ของการออกแบบและการกำหนดค่าเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์กับความต้องการที่ขัดแย้งกันของเจ้าของพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้ประกอบการด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้ปฏิบัติงานด้าน Agrivoltaics และนักวิจัย
- ความร่วมมือและหุ้นส่วน (C5): ความเข้าใจและข้อตกลงที่ทำขึ้นระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและภาคส่วนต่างๆ เพื่อสนับสนุนการติดตั้งและการวิจัยด้าน Agrivoltaics รวมถึงการมีส่วนร่วมของชุมชน การอนุญาต และข้อตกลงทางกฎหมาย

Source: Macknick J, Hartmann H, Barron-Gafford G, Beatty B, Burton R, Seok-Choi C, Davis M, Davis R, Figueroa J, Garrett A, Hain L. The 5 Cs of agrivoltaic success factors in the United States: Lessons from the InSPIRE research study. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States); 2022 Aug 1.

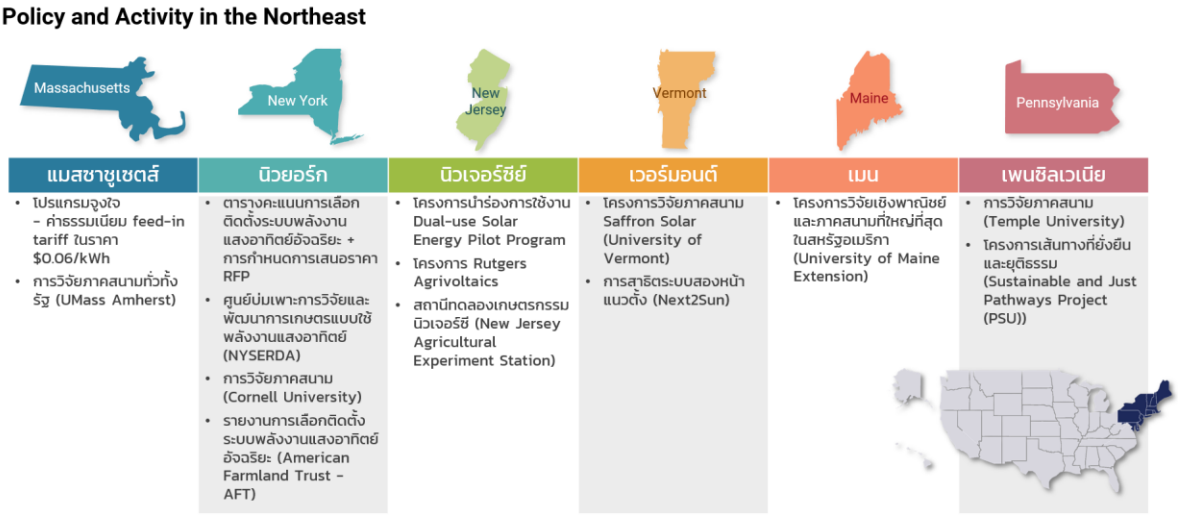
รูปที่ 47 ปัจจัยสำคัญ 5 ประการสำหรับการเกษตรแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ประสบความสำเร็จ [75]

รูปที่ 48 แสดงตัวอย่างโครงการ Agrivoltaics ที่ใหญ่ที่สุดในสหรัฐฯ ตั้งอยู่ในฟาร์มบลูเบอร์รี่ในเมืองร็อคพอร์ต รัฐเมน ขนาด 10 acre กำลังการผลิตติดตั้ง 4.2 MW ตั้งแต่ปี 2017 (ซ้าย) และนักวิจัยจาก University of Maine Extension กำลังประเมินผลกระทบของการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ต่อต้นบลูเบอร์รี่ว่าพืชผลจะเติบโตอย่างไรเมื่อเวลาผ่านไปภายใต้แผงโซลาร์เซลล์ (ขวา)

รูปที่ 48 โครงการ Agrivoltaics ที่ใหญ่ที่สุด ในฟาร์มบลูเบอร์รี่ในเมืองร็อคพอร์ต รัฐเมนของสหรัฐฯ

ตารางที่ 8 ตัวอย่างโครงการวิจัยของ NREL ที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

หน่วยงาน	รายละเอียด	จุดประสงค์การดำเนินงาน
University of Massachusetts Amherst	นักวิจัยกำลังศึกษาผลกระทบของการวางแผง พลังงานแสงอาทิตย์และการดำเนินงานด้านการเกษตรร่วมกันในฟาร์มมากถึง 8 แห่งทั่วรัฐ	การวิจัยนี้จะช่วยให้เกษตรกรและชุมชนมีข้อมูลในการตัดสินใจเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์
Cornell University	นักวิจัยกำลังมองหาประโยชน์ของการปลูกพืชที่เป็นมิตรต่อแมลงผสมเกสรในโซลาร์ฟาร์ม	เป้าหมายหนึ่งคือการดูว่าการปลูกดอกไม้ป่าบนพื้นที่พลังงานแสง อาทิตย์สามารถเพิ่มจำนวนแมลงผสมเกสรได้หรือไม่ อีกประการหนึ่งคือการดูว่าการปลูก ดอกไม้ป่าในโซลาร์ฟาร์มกระตุ้นให้ผู้ผสมเกสรมาเยี่ยมชมพืชดอกไม้หรือไม่ งานวิจัยอื่นๆ ของคอร์เนลกำลังศึกษาว่าการเลี้ยงแกะอาจส่งผลต่อถิ่นที่อยู่ของแมลงผสมเกสรและการกักเก็บคาร์บอนในดินอย่างไร
Rutgers University	ในเดือนมิถุนายน 2021 มีการผ่านพระราชบัญญัติพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้คู่ในรัฐนิวเจอร์ซีย์	พระราชบัญญัตินี้จัดทำโครงการนำร่อง " เพื่อให้เกษตรกรในจำนวน จำกัดมีระบบ Agrivoltaics อีกในทรัพย์สินของตนในขณะที่เทคโนโลยีกำลังได้รับการทดสอบ สังเกต และปรับปรุง" เงินทุนยังไปที่สถานีทดลองการเกษตรแห่งนิวเจอร์ซีย์เพื่อสร้างและ ศึกษาระบบ Agrivoltaics อีกในฟาร์มวิจัยของพวกเขา
University of Vermont	เมื่อฤดูใบไม้ร่วงที่ผ่านมา ศูนย์เกษตรกรรมยั่งยืนของ UVM Extension ได้จัดเวิร์กช็อปที่มีชื่อว่าพลังงานแสงอาทิตย์ในภูมิทัศน์การทำงานของเวอร์มอนต์	งานนี้รวบรวมผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อหารือเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติและอุปสรรคที่มีอยู่ต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เลี้ยงสัตว์ รวมถึงข้อกำหนดสำหรับความสำเร็จในระยะยาวในรัฐ ก่อนหน้านี้ โปรแกรมเลี้ยงสัตว์ของศูนย์ได้ทำงานร่วมกับสำนักงานเกษตร อาหารและตลาดของเวอร์มอนต์ และคณะกรรมาธิการภูมิภาคทูริเวอร์ส-ออตโตควีชี พวกเขาได้พัฒนาคู่มือเกี่ยวกับวิธีการ "สร้างสมดุลระหว่างความต้องการของชุมชนและความต้องการพลังงานในระดับฟาร์มกับความมุ่งมั่นร่วมกันในการปกป้องพื้นที่เกษตรกรรม"



รูปที่ 49 ตัวอย่างนโยบายในสหรัฐอเมริกา

การปรับใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

การนำแนวทางการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์ของสหรัฐฯ มาปรับใช้กับประเทศไทยนั้นมีหลายประการ กล่าวคือการส่งเสริมการใช้ที่ดินทั้งเพื่อการเกษตรและการผลิตพลังงาน ซึ่งสามารถทำได้โดยการกำหนดหมวดหมู่การใช้ที่ดินสำหรับการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์โดยเฉพาะ แรงจูงใจทางการเงิน เช่น เงินอุดหนุน เครดิตภาษี และเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ สามารถกระตุ้นให้เกษตรกรนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ได้ นอกจากนี้ การกำหนดมาตรฐานสำหรับการออกแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า และการบำรุงรักษาระบบการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์จะช่วยให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน สามารถอำนวยความสะดวกในการถ่ายทอดความรู้และการสนับสนุนทางการเงิน ช่วยให้เกษตรกรนำการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์มาปรับใช้กับการดำเนินงานของตนได้ และสุดท้าย การนำการเกษตรแบบใช้โซลาร์เซลล์มาปรับใช้กับแผนระดับชาติของประเทศไทยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเป้าหมายด้านพลังงานหมุนเวียนจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ด้านสิ่งแวดล้อมที่กว้างขึ้น

ข้อสรุปบทเรียนสำคัญจากต่างประเทศ

การปรับระบบ Agrivoltaicsให้เข้ากับบริบทของประเทศไทยต้องใช้แนวทางที่ครอบคลุมซึ่งพิจารณาถึงแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรในท้องถิ่น สภาพภูมิอากาศ และกรอบการกำกับดูแล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้จะต้องปฏิบัติตามแนวทางหลายประการ อันได้แก่

ประการแรก การเลือกสภาพภูมิอากาศและพืชผลมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อนชื้นและมีความชื้นสูง จึงจำเป็นต้องเลือกพืชผลและการออกแบบแผงโซลาร์เซลล์ที่สามารถทนต่อสภาวะดังกล่าวได้ ควรให้ความสำคัญกับพืชผลที่ปลูกกันทั่วไปในประเทศไทย เช่น พืชที่มีมูลค่าและมีความสำคัญกับเศรษฐกิจประจำพื้นที่นั้นๆ และผลไม้และผักต่างๆ และควรศึกษาวิจัยการตอบสนองของพืชผลเหล่านี้ต่อแสงที่บังแดดบางส่วนจากแผงโซลาร์เซลล์

ประการที่สอง การออกแบบระบบและเทคโนโลยีจะต้องปรับให้เหมาะกับความต้องการของท้องถิ่น โดยต้องมีความสูงและระยะห่างของแผงโซลาร์เซลล์ที่เพียงพอเพื่อรองรับแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรแบบดั้งเดิมและเครื่องจักรกลการเกษตร ระบบการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในช่วงฤดูมรสุม ซึ่งอาจรวมถึงการเก็บน้ำฝนและระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพ

ประการที่สาม การพิจารณาทางเศรษฐกิจและสังคมมีความสำคัญ การศึกษาความเป็นไปได้ควรทำให้แน่ใจได้ว่าระบบ Agrivoltaics มีความยั่งยืนทางเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกรในท้องถิ่น โดยวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ที่อาจได้จากทั้งผลผลิตทางการเกษตรและพลังงานแสงอาทิตย์ การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตั้งแต่เนิ่นๆ ในขั้นตอนการวางแผนก็มีความสำคัญเช่นกัน เพื่อให้ได้รับการยอมรับและสนับสนุนโครงการ Agrivoltaics

ประการที่สี่ กรอบการกำกับดูแลและนโยบายต้องได้รับการจัดการโดยทำงานร่วมกับหน่วยงานท้องถิ่นเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามกฎระเบียบด้านการเกษตร พลังงาน และการก่อสร้างที่มีอยู่ในประเทศไทย การสนับสนุนนโยบายที่ให้แรงจูงใจและการสนับสนุน เช่น เงินอุดหนุน การลดหย่อนภาษี หรือทุนสนับสนุนก็เป็นประโยชน์เช่นกัน

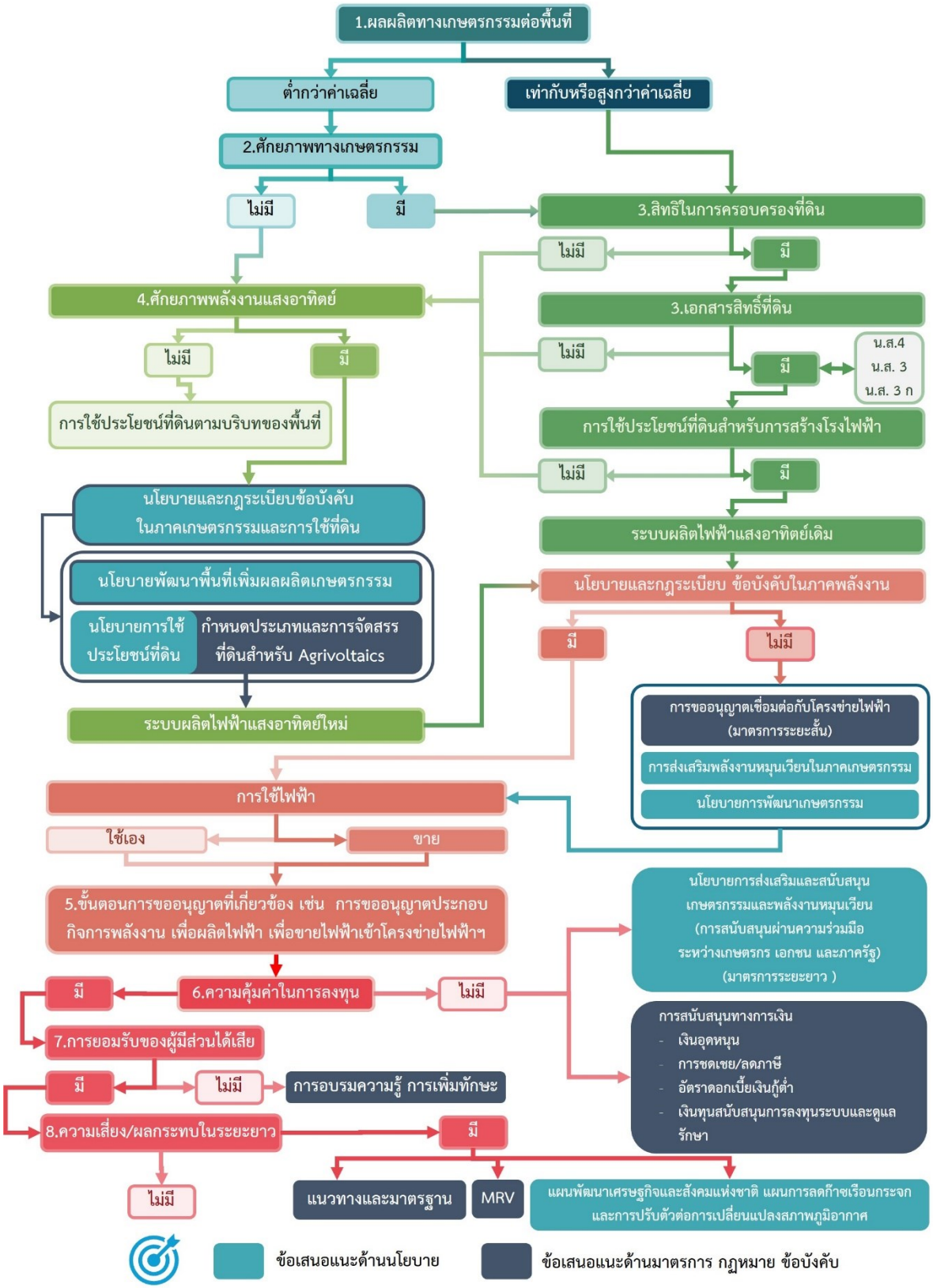
ประการที่ห้า การวิจัยและความร่วมมือเป็นสิ่งสำคัญ มหาวิทยาลัยในท้องถิ่นและสถาบันวิจัยควรศึกษาความต้องการและความท้าทายที่เฉพาะเจาะจงของการนำ Agrivoltaics มาใช้ในประเทศไทย ในขณะที่ความร่วมมือระหว่างประเทศสามารถช่วยปรับใช้แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดจากโครงการ Agrivoltaics ที่ประสบความสำเร็จในประเทศอื่นๆ เช่น ประเทศเยอรมนีและสหรัฐอเมริกา และควรพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยส่งเสริมแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรที่ยั่งยืน เช่น การลดการใช้น้ำและลดการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงให้เหลือน้อยที่สุด และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบ Agrivoltaics ต่อระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่น โดยการปฏิบัติตามแนวทางเหล่านี้ ประเทศไทยสามารถปรับระบบ Agrivoltaics ให้เข้ากับบริบทเฉพาะของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืนและการผลิตพลังงานหมุนเวียน

รูปที่ 50 แนวทางพิจารณาถึงแนวทางปฏิบัติที่สำคัญที่เกี่ยวข้องด้าน Agrivoltaics จากประเทศต่างๆ

4

แนวทางการส่งเสริมและสนับสนุน Agrivoltaics เพื่อลดช่องว่างและอุปสรรค ด้านเกษตรกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดิน และพลังงาน

สถานการณ์ต่างๆ ของประเทศไทยในปัจจุบัน เช่น ความไม่แน่นอนของผลผลิตทางเกษตรกรรมที่ส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ การถือครองที่ดินที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของเกษตรกร การผลิตไฟฟ้าจากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลในสัดส่วนที่สูง [76-79] ล้วนส่งผลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทย ยิ่งไปกว่านั้น การที่ประเทศไทยตั้งเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในปี ค.ศ. 2050 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ในปี ค.ศ. 2065 ประเทศจะต้องมีนโยบาย ข้อบังคับหรือมาตรการต่างๆ ที่นำมาซึ่งการวางแผนการดำเนินการอย่างจริงจัง ทั้งนี้ภาครัฐ ภาคเอกชนและภาคประชาชน (เกษตรกรที่สนใจทำโครงการ) จะต้องร่วมมือกันในการจัดการประเด็นปัญหาต่างๆ ดังรายละเอียดในบทที่ 1 และ 2 สำหรับการปรับเปลี่ยนนโยบาย หรือข้อบังคับที่ประเทศไทยควรพิจารณา ได้แก่ แนวทางการบูรณาการข้ามภาคส่วนที่ครอบคลุมหัวข้อด้านเกษตรกรรมยั่งยืน ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้านการผลิตพลังงาน ดังนั้น การส่งเสริมและสนับสนุนด้านนโยบาย ข้อบังคับและมาตรการที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญในการผลักดันให้เกิด Agrivoltaics ในประเทศไทย โดยรายงานฉบับนี้ ใช้แผนผังการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision tree diagram) ในการวิเคราะห์ช่องว่างและอุปสรรคในเชิงนโยบายและมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุน Agrivoltaics โดยการวิเคราะห์นี้เหมาะกับผู้กำหนดนโยบายและผู้กำกับดูแลเนื่องจากมีการนำเสนอนโยบายและกฎระเบียบและข้อบังคับดัง**รูปที่ 51** โดยจัดทำขึ้นจากการรวบรวมข้อมูล ณ วันที่ 8 สิงหาคม 2567



รูปที่ 51 แผนผังการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) สำหรับการพิจารณาในการพัฒนาโครงการ Agrivoltaics ในประเทศไทย

บทวิเคราะห์นโยบาย กฎระเบียบ และข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผลผลิตทางเกษตรกรรมต่อพื้นที่ การสนับสนุน Agrivoltaics ควรเริ่มจากการพิจารณาข้อมูลตามสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [9] ที่มีการแบ่งกลุ่มผลผลิตทางการเกษตรออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผลผลิตทางเกษตรกรรมต่อพื้นที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ผลผลิตทางเกษตรกรรมเท่ากับค่าเฉลี่ย และผลผลิตทางเกษตรกรรมสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ โดยการส่งเสริม Agrivoltaics ควรจะพิจารณาจากพื้นที่ที่มีผลผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาส หรือพัฒนาพื้นที่เพื่อให้มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น เช่น การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชที่ไม่ชอบแสงซึ่งอาจส่งผลให้ผลผลิตทางเกษตรกรรมนั้นดีขึ้น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังมีข้อจำกัดการวิจัยด้าน Agrivoltaics ว่ารูปแบบเกษตรกรรมแบบใดเหมาะสมพืชชนิดใดเหมาะสม หรือการจัดวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบใดเหมาะสมกับพืชชนิดนั้น ดังนั้นควรมีการส่งเสริมให้มีการวิจัยเพิ่มเติมต่อไป ทั้งนี้ สำหรับพื้นที่ที่มีผลผลิตทางเกษตรกรรมต่อพื้นที่เท่ากับหรือสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ก็สามารถดำเนินการพัฒนาโครงการได้เช่นกัน

2. ศักยภาพทางเกษตรกรรม ขั้นตอนต่อไป คือ การสำรวจว่าพื้นที่นั้นมีศักยภาพทางเกษตรกรรมหรือไม่ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์หาสาเหตุ ซึ่งอาจมาจากปัจจัยทางด้านสภาพดิน แหล่งน้ำ หรือสภาพอากาศ เพื่อหาแนวทางการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมให้มีศักยภาพ และแก้ไขปัญหาได้ตรงประเด็น ซึ่ง Agrivoltaics ถือเป็นหนึ่งวิธีในการพัฒนาศักยภาพทางเกษตรกรรม ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่ที่มีศักยภาพทางเกษตรกรรมต่ำ เป็นพื้นที่แห้งแล้งเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านสภาพอากาศ การนำ Agrivoltaics มาประยุกต์ใช้สามารถช่วยคงความชื้นในดินได้ ดังนั้นหากทราบสาเหตุที่ส่งผลต่อศักยภาพทางเกษตรกรรมในพื้นที่ [80] จะช่วยให้การวางแผนด้านโครงสร้าง และรูปแบบการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำได้อย่างเหมาะสมและเอื้อต่อกิจกรรมทางเกษตรกรรมที่เกิดขึ้นควบคู่กันไปได้ ทั้งนี้ สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีศักยภาพทางเกษตรกรรม จะพิจารณาประเด็นศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไป แต่หากมีศักยภาพทางเกษตรกรรมจะพิจารณาประเด็นสิทธิในการครอบครองที่ดิน และเอกสารกรรมสิทธิ์ที่ดิน ในข้อถัดไป

3. สิทธิในการครอบครองที่ดินและเอกสารสิทธิ์ที่ดิน นอกจากปัจจัยด้านเกษตรกรรมแล้ว ปัจจัยด้านที่ดินก็ต้องได้รับการพิจารณาเช่นกัน ในปัจจุบันการดำเนินกิจกรรมทางเกษตรกรรมหากไม่มีสิทธิในการครอบครองที่ดิน พื้นที่ผืนนั้นจะไม่สามารถได้รับการกำกับ ติดตาม หรือการสนับสนุนจากภาครัฐในการใช้

ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้ การพิจารณาเอกสารสิทธิ์ที่ดิน ได้แก่ นส. 4 นส. 3 นส. 3 ก ยังสามารถเอื้อต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า หากเกษตรกรมีเอกสารสิทธิ์ที่ดินนี้ จะสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าได้ บางพื้นที่อาจจะมีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เดิมอยู่แล้ว และมีการดำเนินกิจกรรมทางเกษตรกรรมเพิ่มเติม ซึ่งจัดเป็น Agrivoltaics แบบ “ระบบเดิม (Brownfield)” หรือบางพื้นที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แต่มีการดำเนินกิจกรรมทางเกษตรกรรมเดิมอยู่แล้ว และมีแผนในการการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้า จะจัดเป็น “ระบบใหม่ (Greenfield)” ดังรายละเอียดในขอบเขตของ Agrivoltaics ในบทที่ 1 นอกจากเอกสารสิทธิ์ที่กล่าวข้างต้น ยังมีเอกสารสิทธิ์อีกประเภท ที่เรียกว่า ส.ป.ก. 4-01 คือหนังสืออนุญาตเข้าทำประโยชน์ในเขตปฏิรูปที่ดิน เพื่อใช้เป็นเอกสารที่แสดงสิทธิ์การทำเกษตรกรรมบนพื้นที่ดินนั้นๆ ข้อแตกต่างของประเภทเอกสารสิทธิ์หรือใบอนุญาตเป็นไปตาม**ตารางที่ 9** [81-85] ดังนี้

ตารางที่ 9 ข้อแตกต่างของประเภทเอกสารสิทธิ์หรือใบอนุญาต

ข้อแตกต่างของประเภทเอกสาร	**โฉนดครุฑแดง นส. 4**	**โฉนดครุฑเขียว น.ส. 3ก.**	**โฉนดครุฑดำ นส. 3**	**เอกสารครุฑน้ำเงิน ส.ป.ก. 4-01**
กรรมสิทธิ์	เป็นโฉนดที่ดิน มีกรรมสิทธิ์ 100%	ครอบครองเพื่อทำประโยชน์ เป็นหนังสือรับรอง ขอเปลี่ยนเป็นโฉนดที่ดินได้	ครอบครองเพื่อทำประโยชน์ เป็นหนังสือรับรอง ขอเปลี่ยนเป็นโฉนดที่ดินรอ 30 วัน	ครอบครองเพื่อทำการเกษตร ไม่ใช่โฉนดที่ดิน ใช้เพื่อการเกษตรเท่านั้น
การซื้อขาย โอน	สามารถทำได้	สามารถทำได้	สามารถทำได้ รอ 30 วัน	ไม่สามารถทำได้ สืบทอดมรดกได้
สามารถทำเป็นโครงการ Agrivoltaics ได้หรือไม่	✓	✓	✓	✓ แต่ต้องได้รับอนุญาตเนื่องจากที่ดินประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเกษตรกรรมเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อการจัดการที่ดินในอนาคต สำหรับ Agrivoltaics จึงควรมีการจัดสรรที่ดินที่ชัดเจน

ทั้งนี้หากพื้นที่เกษตรกรรมดังกล่าวไม่มีเอกสารกรรมสิทธิ์ หรือหนังสืออนุญาตข้างต้น สิ่งที่ควรพิจารณาในลำดับถัดไปคือ ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์

4. ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ หากพิจารณาแล้วว่าพื้นที่ดินดังกล่าวไม่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ควรมีการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามวัตถุประสงค์อื่น โดยขึ้นอยู่กับบริบทของพื้นที่และสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้นๆ เช่น การปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่สำหรับสันทนาการ เป็นต้น แต่หากพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ทางภาครัฐควรมีการกำหนด**นโยบายพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และนโยบายการใช้ประโยชน์ที่ดิน**ในการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรปรับใช้แนวคิด Agrivoltaics ในการทำเกษตรกรรม และผ่าน**กฎหมายการกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบใหม่สำหรับ Agrivoltaics โดยเฉพาะ** ที่สอดคล้องกับการพัฒนา**แนวทางและมาตรฐานสำหรับโครงการ Agrivoltaics**

5. การขออนุญาตตามกฎหมายที่ครอบคลุมทั้งด้านเกษตรกรรมและการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งปัจจุบันมีการกำหนดขั้นตอนการขออนุญาตที่ชัดเจน ดังที่แสดงรายละเอียดในบทที่ 2 อย่างไรก็ตาม นโยบายปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดให้ Agrivoltaics อยู่ในนโยบายและแผนที่เกี่ยวข้องทั้งภาคเกษตรกรรมและพลังงาน ดังนั้น ภาครัฐควรมีการกำหนด**นโยบายการพัฒนาเกษตรกรรม นโยบายการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในภาคเกษตร**และออกมาตรการที่สอดคล้องกับกฎระเบียบและขั้นตอนในการอนุญาตให้ไฟฟ้าที่ผลิตจาก Agrivoltaics สามารถ**เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า**ของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายได้ เป็นมาตรการระยะสั้นที่ครอบคลุมระยะของการพฒนาโครงการด้าน Agrivoltaics ในช่วง 3 ปีแรก เพื่อเป็นการเพิ่มแรงจูงใจในการสนับสนุนการดำเนินการ และมีมาตรการระยะยาวครอบคลุมระยะเวลา 4 – 10 ปี หลังจากการพัฒนาโครงการ เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้ในการดำเนินเกษตรกรรมของตนเอง อย่างไรก็ตามควรพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนในแต่ละช่วงระยะเวลาการดำเนินการ

6. การพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากการมีนโยบายที่สนับสนุนให้มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านโครงการ Agrivoltaics การสร้างแรงจูงใจให้เกิดการลงทุนก็มีความสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนา**นโยบายการส่งเสริมและสนับสนุนเกษตรกรรมและพลังงานหมุนเวียน ผ่านความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และเกษตรกร** และการกำหนด**มาตรการสนับสนุนทางการเงิน**ด้วยมาตรการต่างๆ เช่น เงินอุดหนุน การชดเชยหรือลดภาษี อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต่ำ เงินทุนสนับสนุนการลงทุนระบบและดูแลรักษา เป็นต้น

7. การดำเนินการ Agrivoltaics เป็นแนวคิดใหม่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกัน ระหว่างภาคเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น ทางภาครัฐ ภาคเอกชน หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมี**การกำหนดแนวทางในการอบรมให้ความรู้และเสริมทักษะ**ให้กับเกษตรกรและผู้มีส่วนได้เสียที่จะดำเนินโครงการ Agrivoltaics เพื่อสร้างความเข้าใจและการยอมรับของผู้มีส่วนได้เสียทุกภาคส่วน ทั้งภาคเกษตรกรรม ภาคที่ดินและภาคพลังงาน ให้สามารถดำเนินโครงการได้อย่างยั่งยืน

8. การประเมินความเสี่ยงและผลกระทบ เป็นประเด็นสำคัญที่จะต้องพิจารณา การมองผลกระทบระยะยาว เช่น การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านเกษตรกรรม ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน และด้านการผลิตไฟฟ้า

จากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอาจเกิดจากความไม่สอดคล้องในการดำเนินการตามขอบเขต **ข้อกำหนดหรือมาตรฐานของ Agrivoltaics** ดังนั้นจึงควรมีการกำหนดข้อบังคับที่ครอบคลุมถึง**แนวทางการตรวจวัด การรายงาน และ การทวนสอบ (Measuring, Reporting, Verifying :MRV)** ซึ่งดำเนินงานตามกฎระเบียบและข้อบังคับของ Agrivoltaics เพื่อให้ภาครัฐที่เกี่ยวข้องสามารถกำกับ ติดตามและประเมินผลทั้งด้านนโยบายและมาตรการต่างๆ เช่น ปริมาณไฟฟ้าสะอาดที่ผลิตได้ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากกิจกรรม ประโยชน์หรือผลกระทบที่มีต่อชุมชน เป็นต้น นอกจากนี้ หน่วยงานของรัฐควรจะต้องมีการเก็บข้อมูลสำหรับการติดตามการปล่อยหรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้ Agrivoltaics เป็นส่วนหนึ่งของ**แผนชาติ ที่บูรณาการทั้งแผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

5

ข้อเสนอแนะด้านนโยบาย กฎระเบียบและข้อบังคับของ Agrivoltaics สำหรับประเทศไทย

5.1 กรอบนโยบายในการส่งเสริมและสนับสนุน Agrivoltaics

รายงานฉบับนี้เสนอแนะแนวทางด้านนโยบายในการส่งเสริมและสนับสนุน Agrivoltaics สำหรับประเทศไทย ได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคพลังงาน ภาคที่ดิน รวมถึงภาคส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ภาคเกษตรกรรม

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ควร**สนับสนุนให้เกษตรกรใช้ Agrivoltaics ในการเกษตรกรรม** ภาครัฐควรให้การสนับสนุนความรู้แก่เกษตรกรที่จะดำเนินโครงการ Agrivoltaics โดยสนับสนุนผ่านทาง**มาตรการทางการเงิน**แก่เกษตรกร แบ่งเป็น 1) มาตรการระยะสั้น ครอบคลุมตั้งแต่ก่อนการเริ่มพัฒนาโครงการ จนถึงสามปีหลังการเริ่มดำเนินโครงการ เช่น การสนับสนุนด้านเงินอุดหนุน (subsidy) ในการประกันผลผลิตทางเกษตรกรรม การสนับสนุนการลงทุนระบบ Agrivoltaics และ การเพิ่มแรงจูงใจ (incentive) ผ่านการหาตลาดเพื่อรับซื้อผลผลิต 2) มาตรการระยะยาว มาตรการที่จะช่วยส่งเสริมการดำเนินโครงการที่การดำเนินการมาแล้วตั้งแต่ 4 ปี จนถึง 10 ปี โดยควรมีรูปแบบการสนับสนุนการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน (Public-Private-Partnership: PPP) ผ่านความร่วมมือระหว่างเกษตรกร ภาครัฐและเอกชนในภาคเกษตรกรรม เช่น การให้เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรสามารถร่วมลงทุนกับภาคเอกชนและภาครัฐที่มีแผนในการส่งเสริม หรือต้องการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรได้ผลประโยชน์ทั้งจากการทำเกษตรกรรม การใช้พลังงานไฟฟ้า และการขายไฟฟ้า (การขายไฟให้กับภาคเอกชนหรือขายคืนให้การไฟฟ้าฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงการ) เป็นต้น

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ควร **สนับสนุนให้มีการพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร** ภายใต้การกำหนด**นโยบายพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร** ทั้งนี้อาจส่งผลต่อสำนักเศรษฐกิจการเกษตร ที่ควรมีการปรับปรุงฐานข้อมูลให้ครอบคลุมผลผลิตทางการเกษตรต่อพื้นที่ เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการส่งเสริมพื้นที่เกษตรกรรมที่มีรายได้และผลผลิตทางการเกษตรต่ำกว่าค่าเฉลี่ยหรือเท่ากับค่าเฉลี่ยสำหรับดำเนินการ Agrivoltaics ก่อนพื้นที่อื่นๆ โดยทางภาครัฐควรเข้าไปวิเคราะห์สาเหตุปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อผลผลิตทางการเกษตรเพื่อพิจารณาหาแนวทางการสนับสนุนที่เหมาะสมในการดำเนินโครงการ Agrivoltaics ในพื้นที่นั้น ๆ

ภาคพลังงาน

กระทรวงพลังงานควร **สนับสนุนให้มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้โครงการ Agrivoltaics** สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานควรมีการกำหนด**นโยบายการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนในภาคเกษตรกรรม**ที่มุ่งเน้นการเพิ่มสัดส่วนการผลิตและใช้พลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ Agrivoltaics ซึ่งถือเป็นหนึ่งในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน พร้อมทั้งมีมาตรการการสนับสนุนและสร้างแรงจูงใจ (incentive) ต่างๆ เช่น **มาตรการระยะสั้น มีการอนุญาตให้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ Agrivoltaics สามารถเชื่อมต่อและขายไฟให้กับระบบไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย** เป็นต้น

ภาคที่ดิน

กระทรวงมหาดไทยควร **ส่งเสริมการใช้ที่ดินเพื่อประโยชน์จากภาคเกษตรกรรมและพลังงาน** ภาครัฐควรออก**นโยบายการใช้ประโยชน์ที่ดิน** เพื่อใช้ประโยชน์ทั้งจากภาคเกษตรกรรมและการผลิตพลังงาน ตามด้วยกรมโยธาธิการและผังเมืองที่ควรออก**กฎหมายกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับ Agrivoltaics** เป็นหนึ่งในประเภทที่ดิน รวมถึงกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ควรส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในการใช้พื้นที่ให้มากขึ้น อนุญาตให้เปลี่ยนแปลงประเภทที่ดินจากการดำเนินการทำเกษตรกรรมเท่านั้น เป็นที่ดินประเภท Agrivoltaics

ภาคส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

หน่วยงานของรัฐต่างๆที่เกี่ยวข้องควรร่วม **สนับสนุนให้ Agrivoltaics เป็นส่วนหนึ่งของแผนชาติ** กระทรวงต่างๆ ควรร่วมมือกันในการกำหนดให้ Agrivoltaics เป็นส่วนหนึ่งของแผนระดับชาติ เช่น

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติควรกำหนดให้ Agrivoltaics เป็นหนึ่งในทางเลือกที่สำคัญในการสนับสนุนการแก้ปัญหาการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนในภาคเกษตรกรรมและภาคพลังงาน โดยอยู่ใน**แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ**

กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ควรกำหนดให้ Agrivoltaics เป็นส่วนหนึ่งของทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคเกษตรกรรมและภาคพลังงานใน**แผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ** ซึ่งอาจมุ่งเน้นที่การปรับตัวของเกษตรกรสำหรับการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร เป็นต้น เพื่อแสดงให้เห็นความมุ่งมั่นของประเทศไทยในการนำเสนอทางเลือกที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปรับตัวและลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความสามารถในการบูรณาการทำงานระหว่างภาคส่วนทั้งเกษตรกรรม พลังงาน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

5.2 แนวทางการกำหนดกฎระเบียบและข้อบังคับในการกำกับและดูแล Agrivoltaics

รายงานฉบับนี้ได้รวบรวมข้อเสนอแนะในส่วนของกฎระเบียบและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริม Agrivoltaics ดังต่อไปนี้

ข้อบังคับด้านแนวทางและมาตรฐานสำหรับโครงการ Agrivoltaics

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย และส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง ควรกำหนด**แนวทางและมาตรฐานของ Agrivoltaics** ที่จะต้องครอบคลุมตั้งแต่ การออกแบบ (ทั้งด้านเกษตรกรรมและด้านพลังงาน) การติดตั้ง การเชื่อมต่อไฟฟ้า การดำเนินการและการดูแลรักษา ความปลอดภัยของอุปกรณ์ คน และผลผลิตทางเกษตรกรรม เช่น ข้อกำหนดในการห้ามใช้สารเคมี ในการดูแลรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ป้องกันสารพิษตกค้างไปที่ผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น นอกจากนี้ ควรมีการกำหนดระเบียบการเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการผลิตและใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด และการวางมาตรการจัดการของเสียที่จะเกิดขึ้นหลังอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานแล้ว

ข้อบังคับในการกำหนดเพิ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับ Agrivoltaics

กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย ควรกำหนดเพิ่มประเภทที่ดินใหม่เป็นพื้นที่ Agrivoltaics โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประโยชน์การใช้ที่ดินนอกเหนือจากการใช้ที่ดินทางการเกษตรกรรมเป็นหลัก ให้เป็นที่ดินที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกันระหว่างเกษตรกรรมและการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อผลประโยชน์ร่วมกันทั้งภาคเกษตรกรรมและภาคพลังงาน

ระเบียบและมาตรการสนับสนุนทางการเงิน

แรงจูงใจทางด้านการเงิน ถือเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมและสนับสนุนการทำ Agrivoltaics ดังนั้น ภาครัฐควรมีมาตรการด้านการเงินพิเศษ (premium) เช่น กรมสรรพสามิต ภายใต้กระทรวงการคลัง ควรมีการกำหนดระเบียบการชดเชยหรือลดภาษี (Tax credits) ธนาคารแห่งประเทศไทยควรมีแนวทางของระเบียบการให้กับธนาคารพาณิชย์กำหนดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต่ำ (Low-interest loans) เงินสนับสนุนในการลงทุนระบบและดูแลรักษา (Grants-Initial investment & maintenance) กระทรวงพลังงาน และคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ควรกำหนดนโยบายและแนวทางการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Feed-in tariffs) เป็นต้น

ข้อบังคับในการตรวจวัด การรายงาน และ การทวนสอบ (Measuring, Reporting, Verifying: MRV)

กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ควรกำหนดข้อบังคับของการตรวจวัด การรายงานและการทวนสอบข้อมูลและการดำเนินการต่างๆ เพื่อใช้ในการกำกับ ติดตาม และประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นของโครงการ Agrivoltaics โดยการกำกับติดตามข้อมูลการดำเนินงานตามมาตรฐานของการทำ Agrivoltaics นั้นก็เพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การลดหรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และใช้เป็นกลไกในการกำกับการส่งเสริมและสนับสนุนทางการเงิน เป็นต้น

กำหนดเป็นระเบียบและหลักการให้มีการอบรมให้กับเกษตรกร และผู้มีส่วนได้เสียที่จะดำเนินโครงการ Agrivoltaics

กระทรวงพลังงาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง ควรร่วมกันกำหนดระเบียบข้อบังคับให้กับผู้ที่จะดำเนินโครงการ Agrivoltaics โดยกำหนดแนวทางในการให้ความรู้และเสริมทักษะให้กับเกษตรกร และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่จะดำเนินโครงการ Agrivoltaics โดยครอบคลุมทั้งเรื่องมาตรฐาน การตรวจวัด การรายงาน การทวนสอบ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต้องได้รับใบประกาศนียบัตร (Certificate) ก่อนดำเนินโครงการ และเงื่อนไขการได้รับการสนับสนุนต่างๆ

5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ภาครัฐควรส่งเสริมให้มี**พื้นที่สาธิตหรือนำร่อง**โครงการ Agrivoltaics เพื่อเป็นการศึกษาและสร้างบทเรียนตามบริบทของประเทศไทย โดยหน่วยงานต่างๆ ควรส่งเสริมและสนับสนุนการทำ**วิจัยแบบบูรณาการทั้งภาคเกษตรกรรม ภาคที่ดินและภาคพลังงาน**ที่สามารถนำไปออกแบบมาตรฐานและข้อกำหนดของ Agrivoltaics สำหรับประเทศไทย เช่น

- การศึกษาความชื้น ความเร็วลมและปริมาณแสงอาทิตย์ที่อยู่ใต้และบริเวณรอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับการทำเกษตรกรรมแต่ละแบบ
- การศึกษาโครงสร้างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม
- การศึกษาผลกระทบของปริมาณแสงอาทิตย์ต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยแยกตามประเภทของกิจกรรม เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2567). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554. สืบค้นจาก https://dictionary.orst.go.th/

[2] สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2567). เกษตรกรรม ทางเลือก - ทางรอด. สืบค้นจาก https://www.depa.or.th/th/article-view/agriculture-alternative-way-of-survival

[3] วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี. (2566). National Consultant to support the planned activities under the Focal Topic AgriPV. สืบค้นจาก https://sgtech.nu.ac.th/2024/03/25/report-on-thailand-agrivoltaics/

[4] Altyeb Ali Abaker Omer, Wen, Ming Li, Fangcai Chen, Wenjun Liu, Jan Ingenhoff, Liulu Fan, Fangxin Zhang, Xinyu Zhang, Jianan Zheng, and Zhisen Zhang. (2024). SCAPV Creates the Possibility of Less Irrigation and Higher ProductivityA Case Study of Evapotranspiration, Peanuts, and Soybeans. AgriVoltaics World Conference 2023. สืบค้นจาก https://doi.org/10.52825/agripv.v2i.981

[5] Eshwar Ravishankar, Shir Esh, Offer Rozenstein, Helena Vitoshkin, Abraham Kribus, Gur Mittelman, Sanjeev Jakhar, and Ricardo. (2024). HernandezImproved Land Use Efficiency Through Spectral Beam Splitting in Agrivoltaic Farms. AgriVoltaics World Conference 2023. สืบค้นจาก https://doi.org/10.52825/agripv.v2i.997

[6] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). มติการประชุมคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 2/2564 (ครั้งที่ 154). สืบค้นจาก https://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/17213-nepc-prayut04-08-64

[7] David Jung, Frederik Schönberger and Fabian Spera. (2024). Effects of Agrivoltaics on the Microclimate in Horticulture Enhancing Resilience of Agriculture in Semi-Arid Zones. AgriVoltaics World Conference 2023. สืบค้นจาก https://doi.org/10.52825/agripv.v2i.1033

[8] สำนักงานชลประทาน. (2567). ภัยแล้ง. สืบค้นจาก https://www.ldd.go.th/WEB_UNCCD/new_Nov_54/page1.htm

[9] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. สืบค้นจาก https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลเศรษฐกิจเกษตร/TH-TH

[10] กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม. (2567). Thailand’s Fourth Biennial Update Report. สืบค้นจาก https://eservice.dcce.go.th/e-book/128/index.html

[11] พรรณทิภา นิลโสภณ. (2566). เกษตรคาร์บอนต่ำสู่การเกษตรที่ยั่งยืน. สืบค้นจาก https://library.parliament.go.th/th/radioscript/rr2566-jul3

[12] โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ. (2567). เมื่อโลกร้อนและรวน: ภาคส่วนใดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด?. สืบค้นจาก https://www.undp.org/stories/greenhouse-emissions-thailand-th

[13] วัชรินทร์ บุญฤทธิ์. (2567). ความคืบหน้าแผนพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย (AEDP2024). การประชุมวิชาการเรื่องเซลล์แสงอาทิตย์ไทย ครั้งที่ 1. วันที่ 16 สิงหาคม 2567. ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทคบางนา

[14] นิพนธ์ พัวพงศกร, กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์, อุไรรัตน์ จันทรศิริ, และพร้อมพัฒน์ ภูมิวัฒน์. (2565). ปั๊มรายได้ สร้างเศรษฐกิจผลิตในยุคคาร์บอนต่ำ. สืบค้นจาก https://tdri.or.th/2023/12/boosting-thai-economy-with-low-carbon-production/

[15] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ม.ป.ป.). นโยบายสำคัญของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก https://www.moac.go.th/about-important_policy

[16] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9000-2564 เกษตรอินทรีย์. สืบค้นจาก https://www.acfs.go.th/files/files/commodity-standard/20211127154547_899058.pdf

[17] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป.). คำแถลงนโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล.สืบค้นจาก https://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/government-policy?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1

[18] สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2566). ขั้นตอนการขอรับใบอนุญาต. สืบค้นจาก https://www.erc.or.th/th/procedure-for-obtaining-a-permit/

[19] สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2565). ระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการพิจารณาสถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของโรงไฟฟ้า สำหรับการออกใบอนุญาตผลิตไฟฟ้า พ.ศ.2564. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2565/E/041/T_0011.PDF.

[20] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2535). พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535. 2535. สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/home/wp-content/uploads/2021/07/%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%8A%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%8D%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99-%E0%B8%9E.%E0%B8%A8.-2535.pdf.

[21] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2562).พระราชบัญญัติโรงงาน ฉบับที่2 พ.ศ.2562. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2562/A/056/T_0213.PDF.

[22] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2563). กฎกระทรวง กำหนดประเภท ชนิด และขนาดของโรงงาน พ.ศ.2563. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/A/062/T_0013.PDF.

[23] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). ขั้นตอนการยื่นรับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตไฟฟ้า ลำดับที่88. สืบค้นจาก http://reg3.diw.go.th/haz/wp-content/uploads/2016/06/process-88.pdf

[24] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2535). กฎกระทรวง ฉบับที่ 2 พ.ศ.2535 ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535. สืบค้นจาก https://www.ih-consultant.com/images/law/K81.pdf.

[25] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ. (2566). แนวคิดเกี่ยวกับการกำหนดเป้าหมายและแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดินตามทิศทางการพัฒนาประเทศ. สืบค้นจาก https://www.onlb.go.th/about/featured-articles/5145-a5145

[26] กระทรวงมหาดไทย. (2558). พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ.2518. สืบค้นจาก https://download.asa.or.th/03media/04law/cpa/cpa18-upd04.pdf.

[27] กระทรวงมหาดไทย. (2562). พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ.2562. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2562/A/071/T_0027.PDF.

[28] กระทรวงมหาดไทย. (2566).ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การให้ใช้บังคับผังเมืองรวมนนทบุรี พ.ศ. 2566. สืบค้นจาก https://download.asa.or.th/03media/04law/cpa/ma/ma66-ntb.pdf.

[29] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานและกระทรวงอุตสาหกรรม. (2557). แนวทางการอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าและการอื่น. 2557. สืบค้นจาก https://www.erc.or.th/web-upload/200xf869baf82be74c18cc110e974eea8d5c/tinymce/MoU%E0%B8%89%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88_15%E0%B8%95.%E0%B8%84.2557.PDF.

[30] กระทรวงพลังงาน. (2550). พระราชบัญญัติ การประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ.2550. สืบค้นจาก https://law.energy.go.th/web-upload/2xdccaaf3d7f6ae30ba6ae1459eaf3dd66/m_laws/6738/32728/file_download/9801e34a9dcad3b486941508cd3f7046.pdf.

[31] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2551).พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2551. สืบค้นจาก https://www.moac.go.th/law_agri-files-391991791804.

[32] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2557). กฎกระทรวง แบ่งส่วนราชการกรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ.2557. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2557/A/088/68.PDF.

[33] กรมพัฒนาที่ดิน. (2564). การใช้ที่ดินประเทศไทย พ.ศ. 2562-2564. สืบค้นจาก http://www1.ldd.go.th/web_OLP/index.html.

[34] สำนักเลขธิการคณะรัฐมนตรี. (2562). พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ.2562. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2562/A/071/T_0027.PDF

[35] Clean Technica, Dual Harvest: Agrivoltaics Boost Food & Energy Production in Asia. 2024 October 6, 2015; Available from: https://cleantechnica.com/2024/06/03/dual-harvest-Agrivoltaics-boost-food-energy-production-in-asia/.

[36] Watson, R., et al. *The truth behind the Paris Agreement climate pledges*. 2019 2019, November 5; Available from: https://www.eurekalert.org/pub_releases/2019-11/tca-ttb110119.php.

[37] Xiao, Y., et al. An Agrivoltaics park enhancing ecological, economic and social benefits on degraded land in Jiangshan, China. in AIP Conference Proceedings. 2022. AIP Publishing.

[38] SolarPower Europe, Agrisolar Best Practices Guidelines India Edition. . 2024.

[39] Pulipaka, S., M. Peparthy, and M. Vorast, Agrivoltaics in India overview of operational projects and relevant policies. National Solar Energy Federation of India (NSEFI): India; Indo-German Energy Forum Support Office (IGEF-SO): India. 2023.

[40] Normung, D.I.f., TECHNICAL RULE, DIN SPEC 91434:2021-05, Agri-photovoltaic systems - Requirements for primary agricultural use. 2021.

[41] *Ministry of Statistics & Programme Implementation, Nine-fold classification of Land Use*. 2024 Friday, September 13, 2024]; Available from: https://mospi.gov.in/45-nine-fold-classification-land-use.

[42] T., M., Agenda for diversification and pervasiveness of Agrivoltaics systems' facilities and business scheme. Journal on public affairs, 2018. 14(1): p. 375-397.

[43] N., Y., Learning from local trouble cases to promote solar power in the community. Kagaku, 2018. vol**.** 1015(2018).

[44] Ministry of the Environment, Creation of a Regional Circular and Ecological Sphere (Regional CES) to Address Local Challenges, in Annual Report on the Environment in Japan 2018. 2018.

[45] Nakata, H. and S. Ogata, Integrating Agrivoltaics Systems into Local Industries: A Case Study and Economic Analysis of Rural Japan. Agronomy, 2023. 13(2).

[46] Trommsdorff, M., et al., Combining food and energy production: Design of an Agrivoltaics system applied in arable and vegetable farming in Germany. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021. 140.

[47] T., M., Expectations and challenges of agrovoltaics and farming PV to realize circulating and ecological economy. Global Environmental Research, 2019. 2: p. 195-202.

[48] *The Climate Reality Project, Solar Sharing (Agrivoltaics): The decarbonization solution developed in Japan* Available from: https://climaterealityjapan.org/01/wp-content/uploads/2023/05/EN_Agrivoltaics-Pamphlet_CRPJapan.pdf.

[49] Tajima, M. and T. Iida. Evolution of Agrivoltaics farms in Japan. in AIP conference proceedings. 2021. AIP Publishing.

[50] Yaqoot, M., P. Diwan, and T.C. Kandpal, *Review of barriers to the dissemination of decentralized renewable energy systems.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. 58: p. 477-490.

[51] Meijers, E. and D. Stead. Policy integration: what does it mean and how can it be achieved? A multi-disciplinary review. in Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: Greening of Policies-Interlinkages and Policy Integration. Berlin. 2004.

[52] Bauer, A., J. Feichtinger, and R. Steurer, *The governance of climate change adaptation in* 10 *OECD countries: challenges and approaches.* Journal of Environmental Policy & Planning, 2012. 14(3): p. 279-304.

[53] Doedt, C., M. Tajima, and T. Iida. Agrivoltaics in Japan: A Legal Framework Analysis. in Agrivoltaics Conference Proceedings. 2022.

[54] Bellini, E. *Japan releases new guidelines for Agrivoltaics as installations hit* 200 *MW*. PV Magazine 2021; Available from: https://www.pv-magazine.com/2021/12/13/japan-releases-new-guidelines-for-Agrivoltaics-as-installations-hit-200-mw/.

[55] Kim, M., S.-Y. Oh, and J.H. Jung, History and legal aspect of Agrivoltaics in Korea, in AGRIVOLTAICS2021 CONFERENCE: Connecting Agrivoltaics Worldwide. 2022.

[56] The U.S. Energy Information Administration (EIA), South Korea Energy Profile: Heavily Relies On Imports To Meet Total Primary Energy Consumption – Analysis. 2015 October 6, 2015; Available from: https://www.eurasiareview.com/06102015-south-korea-energy-profile-heavily-relies-on-imports-to-meet-total-primary-energy-consumption-analysis/.

[57] Chatzipanagi, A., N. Taylor, and A. Jaeger-Waldau, *Overview of the potential and challenges for Agri-Photovoltaics in the European Union*. 2023: Publications Office of the European Union Luxembourg.

[58] Sun'Agri, Press Release: The French Agrivoltaics sector continues its development with the launch of the “France Agrivoltaïsme” association. 2021 9 June 2021; Available from: https://sunagri.fr/en/the-french-Agrivoltaics-sector-continues-its-development-with-the-launch-of-the-france-agrivoltaisme-association/.

[59] Deboutte, G. *France issues new rules for Agrivoltaics*. PV Magazine 2024; Available from: https://www.pv-magazine.com/2024/04/09/france-issues-new-rules-for-Agrivoltaics/.

[60] Bressant, C., E. Chvika, and F. Bourrat. *Rising opportunities for Agrivoltaics energy projects under France's regulatory strategy*. Pinsent Masons 2024; Available from: https://www.pinsentmasons.com/out-law/analysis/rising-opportunities-Agrivoltaics-energy-projects-under-regulatory-strategy.

[61] Hrabanski, M., S. Verdeil, and A. Ducastel, *Agrivoltaics in France: the multi-level and uncertain regulation of an energy decarbonisation policy.* Review of Agricultural, Food and Environmental Studies, 2024. 105(1): p. 45-71.

[62] Bellini, E. *France defines standards for Agrivoltaics*. PV Magazine 2022; Available from: https://www.pv-magazine.com/2022/04/28/france-defines-standards-for-Agrivoltaics/.

[63] *CMS-Law-Now, The German Renewable Energy Sources Act* 2023 (*EEG* 2023) *has been passed - a new framework for renewable energy!* 2022 23/08/2022; Available from: https://cms-lawnow.com/en/ealerts/2022/08/the-german-renewable-energy-sources-act-2023-eeg-2023-has-been-passed-a-new-framework-for-renewable-energy.

[64] Vollprecht, J. and M. Trommsdorff. New Legal Framework of Agrivoltaics in Germany. in Agrivoltaics Conference Proceedings. 2023.

[65] Bundesverband Solarwirtschaft e.V., Entwicklung des deutschen PV-Marktes. Auswertung und grafische Darstellung der Meldedaten der Bundesnetzagentur. 2020.

[66] Fraunhofer ISE, Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition: A Guideline for Germany | February 2024. 2024.

[67] Fraunhofer ISE, Opportunities for Agriculture and the Energy Transition : A Guideline for Germany | April 2022. 2022.

[68] Dallto, O. *Agri-PV: Let's talk about technology, finance and regulation | Agri-PV in JUWI With the best of both worlds*. PV Magazine Webinars 2024 January 18, 2024; Available from: https://www.pv-magazine.com/webinars/agri-pv-lets-talk-about-technology-finance-and-regulation/.

[69] *Enel Green Power, Agrivoltaics in Italy and efficient land use*. 2023 16 March 2023; 16 March 2023:[Available from: https://www.enelgreenpower.com/media/news/2023/03/Agrivoltaics-italy.

[70] Marco, M. Agri-PV: Let's talk about technology, finance and regulation | Harvesting the future - the sustainable intersection of Agriculture and Solar Power. PV Magazine

Webinars 2024 January 18, 2024; Available from: https://www.pv-magazine.com/webinars/agri-pv-lets-talk-about-technology-finance-and-regulation/.

[71] Boyd, M. *The Potential of Agrivoltaics for the U.S. Solar Industry, Farmers, and Communities*. Office Of Energy Efficiency & Renewable Energy 2023; Available from: https://www.energy.gov/eere/solar/articles/potential-Agrivoltaics-us-solar-industry-farmers-and-communities.

[72] Glickman, L. *Smart Agrivoltaics policy allows us to harvest the sun while preserving American farmland*. Solar Power World 2024 July 18, 2024; Available from: https://www.solarpowerworldonline.com/2024/07/smart-Agrivoltaics-policy-allows-us-to-harvest-the-sun-while-preserving-american-farmland/.

[73] Centre, J.R. *Agrivoltaics alone could surpass EU photovoltaic* 2030 *goals*. European Commission : EU Science Hub 2023 12 October 2023; Available from: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/Agrivoltaics-alone-could-surpass-eu-photovoltaic-2030-goals-2023-10-12_en.

[74] Fischer, A. *Bipartisan Farmland act acknowledges that Agrivoltaics are part of America's future*. pv magazine USA 2023 OCTOBER 23, 2023; Available from: https://pv-magazine-usa.com/2023/10/23/bipartisan-farmland-act-acknowledges-that-Agrivoltaics-are-part-of-americas-future/.

[75] Macknick, J., et al., The 5 Cs of Agrivoltaics success factors in the United States: Lessons from the InSPIRE research study. 2022, National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).

[76] UNDP. (2565). Thailand scales up Climate ambition on land use and agriculture with launch of the SCALA Program. สืบค้นจาก https://www.undp.org/thailand/press-releases/thailand-scales-climate-ambition-land-use-and-agriculture-launch-scala-programme

[77] The Nation. (2566). The state of food security in Thailand challenges. สืบค้นจาก https://www.nationthailand.com/thailand/general/40028380

[78] ASEAN Green Future. (2564). Accelerating climate actions and decarbonization strategies in Thailand. สืบค้นจาก https://www.unsdsn.org/resources/accelerating-climate-actions-and-decarbonization-strategies-in-thailand/

[79] GIZ. (2559). Climate Change and Food Security in Thailand: Impacts and Policy Recommendations. สืบค้นจาก https://www.thai-german-cooperation.info/en_US/climate-change-and-food-security-in-thailand-impacts-and-policy-recommendations/

[80] Ember. (2567). Empowering farmers in Central Europe: the case for agri-PV. สืบค้นจาก https://ember-climate.org/insights/in-brief/empowering-farmers-in-central-europe-a-case-for-agri-pv/

[81] กรมที่ดิน. (ม.ป.ป.). เอกสารสิทธิเกี่ยวกับที่ดิน. สืบค้นจาก https://www.dol.go.th/rayong/Pages/chanod.aspx

[82] กรมที่ดิน. (2561). สำนักมาตรฐานการออกหนังสือสำคัญ. สืบค้นจาก https://www.dol.go.th/train/DocLib4/0.5sns010661.pdf

[83] กรมที่ดิน. (ม.ป.ป.). โฉนดที่ดินและหนังสือรับรองการทำประโยชน์. สืบค้นจาก https://www.dol.go.th/landdoc/DocLib53/new_1.pdf

[84] กรมที่ดิน. (2562). ที่ดินที่จะออกโฉนดที่ดินหรือหนังสือรับรองการทำประโยชนได้. สืบค้นจาก https://www.dol.go.th/Pages/ที่ดินที่จะออกโฉนดที่ดิน.aspx

[85] กรมที่ดิน. (2565). ประมวลองค์ความรู้เกี่ยวกับที่ดิน. สืบค้นจาก https://www.dol.go.th/train/DocLib4/SNS210965.pdf

CASE for Southeast Asia

Supported by:

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

on the basis of a decision by the German Bundestag