รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

การพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับระบบสวนสาธาณะอัจฉริยะ พร้อมการอบรมการประหยัดน้ำในภาคบริการและภาคอุตสาหกรรม เพื่อลดการใช้น้ำในพื้นที่ EEC

Developing a sensor system for a smart garden system with water hydration training in the service and industrial sectors to reduce water consumption in the EEC area

โดย รศ.ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล และคณะ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2564

สิงหาคม 2565

สัญญาเลขที่ กม.46/2564

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับระบบสวนสาธาณะอัจฉริยะพร้อมการอบรมการประหยัดน้ำในภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมเพื่อลดการใช้น้ำในพื้นที่ EEC”

Developing a sensor system for a smart garden system with water hydration training in the service and industrial sectors to reduce water consumption in the EEC area

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. คุณศักย์ สกุลไทย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. คุณพรรรัตน์ เพชรภักดี	สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
5. Dr.Tran Thanh Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. คุณธรณินทร์ เป่าสง่า	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. คุณเดือนเพ็ญ ปุณยางกูร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2564

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตด้านการเกษตรสูงเนื่องจากขาดการนำเอาความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ใน “ระบบการเกษตร” ประกอบกับการที่สังคมเริ่มเข้าสู่ “สังคมผู้สูงอายุ” อันนำไปสู่การ “ขาดแคลนแรงงาน” และ “ค่าแรงในการทำงาน” ที่ส่งผลให้ต้นทุนด้านการเกษตรสูง นอกจากนี้ “การจัดการน้ำ” ก็เป็นความเสี่ยงที่สำคัญสำหรับเกษตรกร ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยเฉพาะการขาดแหล่งน้ำต้นทุนในช่วงหน้าแล้ง ดังนั้นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ มาช่วยส่งเสริมกระบวนการผลิตและการประหยัดน้ำจะช่วยให้เกิดความมั่นคงทางด้านทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยปัจจุบันระบบสื่อสารและสารสนเทศมีการพัฒนาเป็นอย่างมาก เช่น 3G, 4G, LoRa, NB IoT เป็นต้น การใช้เครื่องมือดังกล่าวมาประกอบกับระบบอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศในระดับแปลง จะช่วยควบคุมการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผ่านระบบอินเตอร์เน็ตมาสู่แม่ข่ายสารสนเทศที่ทำให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงการจัดสรรน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชทั้งด้านปริมาณและช่วงเวลาที่มีประสิทธิภาพโดยการศึกษานี้จะมุ่งศึกษาพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศแบบเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย ที่ส่งผ่านข้อมูลไปยังระบบสื่อสารสารสนเทศ ทั้งในด้านประสิทธิภาพการตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศ อุปกรณ์ควบคุมสั่งการ การสื่อสาร การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการประมวลผลพร้อมนำเสนอข้อมูล เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในภาคสนามระดับฟาร์มพืช ในราคาที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ และนำมาใช้ประโยชน์ได้ ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำโดยไม่จำเป็น เพราะทรัพยากรน้ำมีต้นทุนการจัดการที่สูง และจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศ การได้เครื่องมือดังกล่าวจะช่วยลดภาระการใช้น้ำด้านการเกษตรซึ่งเป็นต้นทุนของประเทศ

2. วัตถุประสงค์

1) พัฒนาปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ตรวจจับของระบบการจัดการระบบให้น้ำของสวนสาธารณะให้เป็นระบบที่เปิดสำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดได้

2) พัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อรองรับการทำงานการเชื่อมต่อกับระบบตรวจจับ และขยายผลเพื่อรองรับข้อมูลจากระบบอื่นๆ เพื่อสามารถสะสมข้อมูลและขยายผลได้ในอนาคต

3) พัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

4) พัฒนาหลักสูตร Trainer การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

5) พัฒนาองค์ความรู้ในการบริหารจัดการน้ำด้วยเทคโนโลยี 3Rs การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้น เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำภาคอุตสาหกรรม

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากการดำเนินการในระยะที่ 1 ได้ศึกษาคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดิน การจัดการน้ำเดิมของพื้นที่และความต้องการน้ำของพืชผ่านค่า MAD ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้นในการพัฒนาระบบ

หลักในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R เป็นการพัฒนาขึ้นเพื่อต่อยอดจากการศึกษาระยะที่ 1 โดยเป็นการพัฒนาขึ้นมาเองจากการศึกษา ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การติดตามข้อมูลพื้นที่ผ่านการใช้ระบบตรวจจับ IoT และการพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมระบบบำบัดแบบ 3R ในภาคบริการและภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้มีแนวทางในการใช้น้ำบำบัดที่เกิดขึ้นในกิจกรรมที่เหมาะสมดังเช่นการเกษตรที่มีการใช้น้ำที่สูง

ทางโครงการฯ อาศัยความได้เปรียบจากโครงการระยะที่ 1 ที่มีการพัฒนาระบบตรวจวัดเสร็จสิ้นแล้ว จึงเป็นดำเนินการเพิ่มเติมและใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานที่ลดลง

ด้านความเป็น smart ของระบบ ได้พิจารณาบนพื้นฐานและเทคโนโลยีปัจจุบัน โดยต่อยอดในเรื่องการสะสมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และประเมินเหตุการณ์ล่วงหน้า รวมถึงการนำเอาข้อมูลพยากรณ์อากาศล่วงหน้ามาช่วยในการตัดสินใจในการสำรองน้ำและการให้น้ำแก่พืช ซึ่งแตกต่างกับระบบในปัจจุบันที่เป็นการรับข้อมูลตรวจจับมาดำเนินการตามเงื่อนไขที่ไม่มีการสะสมข้อมูลหากแหล่งน้ำไม่เพียงพอจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขได้

4. สรุปผลการศึกษา

แนวคิดของโครงการข้อกำหนดเบื้องต้นที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อรองรับการเชื่อมโยงข้อมูล ขยายผล และการทำงานร่วมกันของแต่ละหน่วยงานที่มีการพัฒนาระบบตรวจจับ เช่น กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรน้ำ, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เป็นต้น และพัฒนาระบบตรวจจับควบคุมการให้น้ำพืชที่ประมวลผลและแม่ข่ายเชื่อมโยงข้อมูลพร้อมประมวลผล ระบบถูกพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและความต้องการพืช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรน้ำที่ยังคงประสิทธิผลในการผลิตการเกษตร

วิธีการดำเนินงานเป็นการพัฒนาเทคนิควิธีการของอุปกรณ์ตรวจวัด ควบคุม และสารสนเทศข้อมูลพร้อมระบบประมวลผที่พัฒนา ในการศึกษาเพื่อให้ทราบปัญหาและจัดการอุปกรณ์ได้อย่างหลากหลายการศึกษาถูกใช้พื้นที่อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พื้นที่แปลงทดลองข้าว, พื้นที่แปลงทดลองปลูกป่า, พื้นที่โคกหนองนาโมเดล และ โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญมหาวิทยาลัยบูรพา โดยจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ เพื่อตรวจสอบและสอบเทียบข้อมูลระหว่างกัน โดยใช้การเชื่อมต่อที่หลากหลาย

เช่น WiFi, 3G, LoRa และ NB IoT เพื่อประมวลข้อดี-ข้อเสียของการเชื่อมโยงแต่ละแบบ การศึกษาข้อมูลที่ได้จากแต่ละระบบตรวจจับ โดยให้ความสำคัญที่การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการระบบให้น้ำที่อาศัยอุปกรณ์ตรวจจับที่มีหลายระบบและหลายรูปแบบ เพื่อพัฒนาระบบและข้อกำหนดที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับและระบบแม่ข่ายรวบรวมข้อมูล รวมถึงการศึกษาการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ด้านการจัดการการใช้น้ำ

ระบบ IoT ช่วยรักษาสภาวะที่เหมาะสมแก่การปลูกพืช

- ระบบช่วยให้การให้น้ำเหมาะสมกับสถานะความชื้นในดินที่เหมาะสมกับการใช้น้ำของพืชโดยสามารถกำหนดช่วงเวลาในการให้น้ำที่ไม่ขัดกับกิจกรรมของอุทยานฯ หรือ สวน มีส่วนให้สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 50-70 เปอร์เซ็นต์
- สามารถรักษาการสำรองน้ำของพื้นที่ได้ล่วงหน้า 14 วันจากการอาศัยข้อมูลพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 14 วันทำให้สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 5-10 เปอร์เซ็นต์
- ระบบพ่นหมอกช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นโดยรวมในโรงเรือน ช่วยให้พืชคายน้ำน้อยลงใบมีความชุ่มชื้นไม่แห้งโดยเฉพาะไม้ใบเช่นมอนสเตอร่า
- การใช้ระบบ IoT ช่วยลดการใช้น้ำและไฟฟ้ามากกว่าการใช้ระบบตั้งค่าอัตโนมัติปกติเนื่องจากมีการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเข้าช่วยให้สามารถหยุดการทำงานระบบให้น้ำเกษตรและระบบลดอุณหภูมที่ไม่จำเป็น เช่นในวันที่ฝนตกและในฤดูหนาวเป็นต้น
- แปลงสาธิตระบบ Handy Sense ต้องการการดูแลเพียงเล็กน้อย โดยผู้ปลูกต้องดูแลโรคแมลงและการใส่ปุ๋ยเพียงสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง

ระบบ IoT ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและการบริหารหารใช้น้ำ

- ระบบวัดข้อมูลสามารถเรียกดูข้อมูลได้ตลอดเวลา และการเก็บข้อมูลตามเวลาจริง ลดภาระงานในการจดบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาการศึกษาในอนาคต
- ข้อมูลการศึกษาสภาพอากาศช่วยให้สามารถพัฒนาการสำรองน้ำของพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม
- ข้อมูลช่วยให้วางแผนการทำงานได้ โดยสามารถทราบถึงช่วงเวลาที่จำเป็นในการเติมธาตุอาหารหรือปรับสภาวะของสารละลายธาตุอาหาร

การพัฒนาหลักสูตรเผยแพร่ความรู้ด้าน 3R ภาคบริการและภาคอุตสาหกรรม

- การพัฒนาหลักสูตร 3R ภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมเบื้องต้นทำให้ผู้ประกอบการนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดการประหยัดน้ำของกิจการได้ถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำเดิมของกิจการ
- การพัฒนาหลักสูตร 3R แบบ Train the Trainer ของภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมมีส่วนช่วยในการเผยแพร่ความรู้สู่ผู้เกี่ยวข้อง
- การพัฒนาสื่อความรู้ด้าน 3R ผ่านทาง Social Media ทั้งทาง Facebook และ YouTube ทำให้ผู้สนใจสามารถเข้าถึงและนำความรู้ที่ได้ไปขยายผลได้ในวงกว้าง

5. ข้อเสนอแนะ

1) ในโครงการมีการก่อสร้างและมีการใช้อุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ใช้ระยะเวลานานเนื่องจากมาตรการโควิต หลายส่วนโครงการจำเป็นต้องปรับแผน หรือใช้อุปกรณ์ในประเทศทำให้ต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อเติมที่ไม่ได้อยู่ในแผนการทำงานตั้งแต่ต้น การที่ต้องเข้าไปติดตั้งอุปกรณ์รดน้ำก็พบปัญหาจากการต้องเข้าไปปรับเปลี่ยนระบบน้ำซึ่งแต่เดิมเป็นใช้บุคลากรรดน้ำเป็นระบบสปริงเกอร์เพื่อให้รองรับการใช้อุปกรณ์ควบคุม และการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่แต่เดิมเป็นอุปกรณ์จากโครงการระยะที่ 1 ที่เป็นซอฟท์แวร์สำเร็จรูปมาเป็นซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับโครงการและสามารถนำไปขยายผลได้ในอนาคต

2) แม้วัตถุประสงค์ของโครงการจะเพื่อการประหยัดน้ำ แต่จากการทำแบบสอบถามพบว่าผู้ใช้สวนสาธารณะมีความสนใจในการใช้ระบบ IoT เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการการให้น้ำและลดการใช้แรงงาน ดังนั้นหากต้องการการขยายผลจึงควรศึกษาเพิ่มเติมถึงรูปแบบการใช้งานที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ซึ่งจะทำให้เกิดการขยายผลเรื่องการประหยัดน้ำในทางอ้อม

3) ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงแม่ข่าย, Platform และอุปกรณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์ IoT ในการพัฒนาการจัดการด้านทรัพยากรน้ำรวมถึงการต่อยอดในเชิงพาณิชย์

4) ควรมีการขยายผลการศึกษาข้อมูลพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 14 วันสำหรับการสำรองน้ำในพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 10-15 เปอร์เซนต์

5) แม้ว่าจะมีการปรับเปลี่ยนการอบรมให้เป็นรูปแบบ Online แต่ด้วยจำเป็นต้องติดต่อกับหน่วยงานซึ่งมีมาตรการ Work From Home ทำให้เอกสารไปตกค้างที่หน่วยงานและใช้เวลาเดินเรื่องไปถึงผู้รับผิดชอบล่าช้าเป็นเหตุให้ต้องมีการเลื่อนการอบรมในช่วงแรกๆ จนในระยะหลังที่สามารถติดต่อผู้เข้าอบรมได้โดยตรงจึงลดปัญหาดังกล่าวได้

6) การอบรมครั้งนี้ถูกจัดเป็นการอบรมออนไลน์ (เนื่องจากอยู่ในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19) จึงเน้นในส่วนการให้ความรู้ แนวทางการนำไปใช้ อย่างไรก็ดียังขาดในส่วนการ workshop และผลการนำเทคโนโลยีไปใช้จริง ทำให้การการจัดอบรมยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร จึงควรมีการบรรยายนอกสถานที่ และ walk survey เพื่อให้เห็นภาพจริงและระบบจริง

7) นอกจากข้อเสนอแนะและการปรับปรุงจากผู้เข้าร่วมโครงการแล้ว คณะผู้ดำเนินงานเล็งเห็นว่าควรที่จะประชาสัมพันธ์เจาะกลุ่มเป้าหมายใน EEC เพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

Executive Summary

1. Introduction

Currently, Thailand has a high cost of agricultural production due to the lack of appropriate knowledge and technology to apply in "Agricultural system" coupled with society began to enter "Elderly society" leading to "Labor shortage" and "wages to work" that result in high agricultural costs. In addition, water management is a major risk for farmers. Therefore, studies should be conducted to improve the efficiency of the production process, especially the lack of cost water sources during the dry season. The introduction of modern technology to promote the production process and save water will help ensure the stability of water resources effectively.

At present, communication and information systems have been very developed such as 3G, 4G, LoRa, NB Iot, etc. The use of the instrument, coupled with a plots of soil moisture and climate detection devices, can effectively control the allocation of water for agriculture. Through the Internet, it comes to an information server that can bring such information to support decision-making in improving water allocation to suit the needs of plants in terms of quantity and time efficiency. This study aims to develop a wireless network-connected soil moisture detector system that transmits information to an information communication system. In terms of performance, soil moisture detection and climate, control equipment, communication, data collection, data analysis And processing and delivering data to provide the right equipment for use in the field at the farm level at an affordable, efficient and usable price. It helps to reduce unnecessary wastage of water resources because water resources have high management costs and are necessary for national development. Obtaining such a tool will reduce the burden of agricultural water use, which is a national cost.

2. Objective

1) Develop and improve the system and detection equipment of the park's water management system to be an open system for further development.

2) Develop a server system to support the connection to the detection system. and expand the results to support data from other systems to be able to collect information and expand results in the future.

3) Developing smart water management with 3R principles for service buildings.

4) Develop a training course for smart water management with 3R principles for service buildings.

5) Develop a body of knowledge in water management using the 3Rs principle of reusing waste water, in order to raise awareness of industrial water resource management.

3. Operating procedure

From the operation in Phase 1, the water holding properties of the soil were studied. The original water management of the area and the water demand of plants through the MAD value, which is the starting data for system development

The principle of developing a smart water management system with the 3R principle is developed to build on from the first phase of the study. It was developed from the study. It is divided into two parts: tracking area data through the use of detection systems. IoT and training to develop 3R therapy systems in the service and industrial sectors To provide guidelines for the use of treated water in appropriate activities such as agriculture with high water usage.

The project takes advantage of the first phase of the project that has completed the measurement system development. Therefore, it takes more action and takes less time to operate.

The smartness of the system is considered based on current technology. by expanding on the collection of data for analysis and pre-evaluation of events Including the use of forecast data in advance to help decision-making on water reserves and plant watering. Unlike the current system in which the detection data is received and processed according to conditions that do not accumulate data, if the water source is insufficient, the conditions cannot be adjusted.

4. Summary of study results

Proper prerequisite project concept for sensing device system development To support data linking, expanding results and collaboration of each agency that has developed detection systems, such as the Royal Irrigation Department, the Department of Water Resources, the Institute of Water Resources and Agriculture, and the Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), etc. And

develop a detection system Control the watering of the processed plants and the ready-to-process data link server. The system was developed to suit the climate and plant needs. To increase the efficiency of the use of water resources that are still effective in agricultural production.

The method of operation is the development of techniques and methods of measuring, control and information equipment. In the study to identify problems and manage a variety of equipment, the study used the Chulalongkorn University 100-Year Park Area, Rice Experimental Plot Area, Reforestation Experimental Area, Khok Nong Na Model Area, and Phibun Bamphen Demonstration School, Burapha University. By installing detection device to check and compare the data between them It uses multiple connections such as WiFi, 3G, LoRa and NB IoT to determine the pros and cons of each link. Study the information obtained from each detection system. The focus is on optimizing the management of water supply systems that rely on multi-system and multi-device detectors. To develop systems and specifications have suitable for detection equipment and data collection server systems. Including the study of the application of the information obtained in the field of agricultural water use management.

The IoT system facilitates data collection and management of water usage.

- The measurement system can retrieve the data at any time. Real-time data collection Reduce the workload of recording data. And use the information obtained to develop future studies.

- Climate study data allows for the proper development of the area's water reserves.

- Information can help you plan your work. It can know the time needed to add nutrients or adjust the condition of the nutrient solution.

3R knowledge dissemination training in the service sector and the industrial sector

- 3R training in the service sector and introductory industry allows entrepreneurs to apply the knowledge gained to improve the water saving of the business up to 10-15 percent of the business's original water usage.

- Service and industrial 3R training as Train the Trainer contributes to the dissemination of knowledge among stakeholders.

-

- The development of 3R knowledge media via Social Media both on Facebook and YouTube allows interested parties to access and apply the knowledge gained to broadly expand results.

5. Recommendation

1) The project is constructed and imported equipment is used. Make it take a long time because of the Covid measures Many projects need to adjust the plan. Or use the equipment in the country, causing the need to develop equipment to fill that was not in the work plan from the beginning. Having to install watering equipment, there was a problem from having to modify the water system, which was originally used by personnel to use watering systems as a sprinkler system to support the use of control devices. and the development of software that was originally a device from the first phase of the project that is a ready-made software to be developed for the project and can be extended in the future.
2) Although the objective of the project is to save water However, the survey found that park users are interested in using IoT systems to facilitate irrigation management and reduce labor consumption. Therefore, if you want to expand it, you should study more about the user-friendly style. This will indirectly expand the water saving effect.
3) Should study more about servers, platforms and devices that can apply IoT devices to develop water resource management, including commercial expansion.
4) The results of a 14-day advance forecast study for water reserves in large agricultural areas should be extended. This will save water by 10-15 percent.
5) Even though the training has been changed to an online format, but it is necessary to contact an agency that has a Work From Home measure, causing the documents to be left at the agency and taking time to arrive at the responsible person, causing a delay. Training must be postponed in the beginning. Until later, being able to contact the trainees directly, thereby reducing such problems.
6) This training was organized as an online training. (Due to the outbreak of COVID-19), it focuses on the education section. Guidelines for use However, it still lacks in the workshop part and the results of applying the technology in practice. As a

result, the training is not as complete as it should be. Therefore, there should be an off-site lecture and walk survey in order to see the real picture and the real system.

7) In addition to suggestions and improvements from project participants The operation team considers that it should be promoted to target groups in the EEC in accordance with the operational objectives.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : 464042-ODU07

ชื่อโครงการ : การพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับระบบสวนสาธาณะอัจฉริยะพร้อมการอบรมการประหยัดน้ำในภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมเพื่อลดการใช้น้ำในพื้นที่ EEC

ชื่อนักวิจัย :

รศ.ดร. สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณศักย์ สกุลไทย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
คุณพรรรัตน์ เพชรภักดี	สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
Dr. Tran Thanh Long	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณธรณินทร์ เป่าสง่า	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คุณเดือนเพ็ญ ปุณยางกูร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาโครงการ : 15 มิถุนายน 2564 – 16 เมษายน 2565

คำสำคัญ : ระบบตรวจจับ, ระบบสาสนเทศ, การสื่อสาร, การจัดการน้ำด้วยหลัก 3R

ปัจจุบันประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตด้านการเกษตรสูงเนื่องจากขาดการนำเอาความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ใน “ระบบการเกษตร” ประกอบกับการที่สังคมเริ่มเข้าสู่ “สังคมผู้สูงอายุ” อันนำไปสู่การ “ขาดแคลนแรงงาน” และ “ค่าแรงในการทำงาน” ที่ส่งผลให้ต้นทุนด้านการเกษตรสูง นอกจากนี้ “การจัดการน้ำ” ก็เป็นความเสี่ยงที่สำคัญสำหรับเกษตรกร ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยเฉพาะการขาดแหล่งน้ำต้นทุนในช่วงหน้าแล้ง ดังนั้นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ มาช่วยส่งเสริมกระบวนการผลิตและการประหยัดน้ำจะช่วยให้เกิดความมั่นคงทางด้านทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยปัจจุบันระบบสื่อสารและสารสนเทศมีการพัฒนาเป็นอย่างมาก เช่น 3G, 4G, LoRa, NB IoT เป็นต้น การใช้เครื่องมือดังกล่าวมาประกอบกับระบบอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศในระดับแปลง จะช่วยควบคุมการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผ่านระบบอินเตอร์เน็ตมาสู่แม่ข่ายสารสนเทศที่ทำให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงการจัดสรรน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชทั้งด้านปริมาณและช่วงเวลาที่มีประสิทธิภาพโดยการศึกษานี้จะมุ่งศึกษาพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศแบบเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย ที่ส่งผ่านข้อมูลไปยังระบบสื่อสารสารสนเทศ ทั้งในด้านประสิทธิภาพ

การตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศ, อุปกรณ์ควบคุมสั่งการ, การสื่อสาร, การรวบรวมข้อมูล, การวิเคราะห์ข้อมูล และการประมวลผลพร้อมนำเสนอข้อมูล เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในภาคสนามระดับฟาร์มพืช ในราคาที่เหมาะสม, มีประสิทธิภาพ และนำมาใช้ประโยชน์ได้ ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำโดยไม่จำเป็น เพราะทรัพยากรน้ำมีต้นทุนการจัดการที่สูง และจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศ การได้เครื่องมือดังกล่าวจะช่วยลดภาระการใช้น้ำด้านการเกษตรซึ่งเป็นต้นทุนของประเทศ

การทำงานด้านเทคโนโลยี IoT ยังเป็นเรื่องใหม่ในประเทศไทยการต้องพัฒนาและสร้างการยอมรับระบบและอุปกรณ์ ต้องใช้เวลาในการพัฒนาเพิ่มเติมอีกระยะหนึ่ง ทั้งนี้ในระยะโครงการพบว่าการใช้อุปกรณ์ IoT ในการตรวจจับสภาพความชื้นของดินและสภาพภูมิอากาศ มีส่วนช่วยให้การจัดการการให้น้ำมีประสิทธิภาพอย่างเห็นได้ชัดโดยสามารถประหยัดน้ำจากเดิมได้ถึง 50-70 เปอร์เซ็นต์จากการเปรียบเทียบการใช้น้ำของอุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และการเพิ่มการศึกษาการพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 14 วันพร้อมการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์รดน้ำผ่านระบบอินเตอร์เน็ตมีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการจัดการการรดน้ำและสำรองน้ำของอุทยานฯ เนื่องจากอุทยานฯ ใช้น้ำจากระบบประปาซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 17 บาทต่อหน่วย การลดการใช้น้ำได้เพิ่มจากเดิม 5-10 เปอร์เซ็นต์นับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง นอกจากนี้การเผยแพร่ข้อมูลการศึกษาได้รับการตอบรับจากสวนสาธารณะหลักของกรุงเทพมหานครถึง 10 สวน ทำให้ทราบถึงความสนใจต่อผลลัพธ์ของโครงการที่จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการระบบน้ำของสวนเหล่านั้นในอนาคต รวมถึงการต่อยอดงานวิจัยในเชิงพาณิชย์

การพัฒนาหลักสูตรอบรมในภาคบริการและภาคอุตสาหกรรม เพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีการประหยัดน้ำด้วยเทคโนโลยี 3R สามารถปรับใช้ได้กับการประกอบการของผู้ประกอบการและผู้สนใจ การอบรมได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี การอบรมเพื่อพัฒนาแบบ Train the Trainer เพื่อช่วยให้การเผยแพร่ความรู้จากโครงการออกไปในวงกว้าง นับเป็นการต่อยอดจากผลการศึกษาของโครงการ ซึ่งจากการประเมินเบื้องต้น หากผู้อบรมนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อจะสามารถลดการใช้น้ำของกิจการได้ถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมเนื่องจากผู้เข้าอบรมบางส่วนก็มีการใช้เทคโนโลยี 3R ในกิจการอยู่แล้วจึงอาจลดการใช้น้ำเพิ่มเติมได้ต่ำกว่าเป้าหมาย นอกจากนี้ผลที่ได้รับจากโครงการมีการเผยแพร่ทางเว็ปไซต์เพื่อผู้สนใจทำให้เกิดการเผยแพร่ทางอ้อมสู่วงกว้างผ่านทาง YouTube และ Facebook ของโครงการ

Abstract

Project Code : 464042-ODU07

Project Name : Developing a sensor system for a smart garden system with water hydration training in the service and industrial sectors to reduce water consumption in the EEC area

Researcher name :

Assoc.Prof.Dr. Sanphet Chunithipaisan	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Mr. Sak Sakulthai	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Asst.Prof.Dr. Tanapon Phenrat	Faculty of Engineering, Naresuan University
Ms. Panrat Phechpakdee	Water and Environment Institute for Sustainability Federation of Thai Industries
Dr. Tran Thanh Long	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Mr. Toranin Pawsanga	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Ms. Duanphen Punayangkool	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Project duration : 15 June 2021 - 16 April 2022

Key word : sensor, Information system, communication, water management with 3R

Currently, Thailand has high production costs in agriculture due to lack of appropriate knowledge and technology. To be applied in "Agricultural system" coupled with society began to enter "Elderly society" leading to "Labor shortage" and "working wages" that result in high agricultural costs. In addition, water management is a major risk to farmers. Therefore, studies should be conducted to improve the efficiency of the production process, especially the lack of cost water sources during the dry season. Therefore, adopting modern technology to promote the production process and saving water will help ensure the stability of water resources effectively.

At present, communication and information systems have been very developed such as 3G, 4G, LoRa, NB IoT, etc. The use of the instrument is combined with a system of detectors for soil moisture and climate at the plot level. It will effectively control the allocation of water for agriculture. Through the Internet, it comes to an information server that can bring such information to support decision-making in improving water allocation to suit the needs of plants in terms of quantity and time efficiency. This study

will focus on the development of a wireless soil and climate detector system. That transmits information to the information communication system in terms of performance, soil moisture detection and weather conditions, command control equipment, communication, data collection, data analysis and data processing, along with data presentation. To get the right equipment to use in the field at the farm level at an affordable, cost-effective And be useful Helps reduce unnecessary wastage of water resources.Because water resources have high management costs And necessary for the development of the country Obtaining such a tool will reduce the burden of agricultural water use, which is a national cost.

Working in IoT technology is still new in Thailand, it needs to develop and build acceptance of systems and devices. It will take some additional development time. In the project phase, it was found that using IoT devices to detect soil moisture and climate conditions Contributes to significant efficiency in water management, saving 50-70% of the original water usage compared to the 100-year park water use comparison, Chulalongkorn University. And the addition of a 14-day weather forecast study, along with the development of an Internet-based watering device control system, will contribute to decision-making in the park's watering and reserve management. Because the park Using water from the water supply system, which costs as much as 17 baht per unit, reducing water use by 5-10 percent is a great benefit. In addition, the dissemination of the study data was received by 10 main parks in Bangkok. This brings attention to the project outcomes that will benefit the management of the water systems of those gardens in the future including the extension of research in commercial.

Training in the service and industrial sectors to disseminate water-saving technology in the form of 3R, which can be adapted to entrepreneurs and interested parties. The training was well received. Train the Trainer development training to facilitate the widespread dissemination of knowledge from the project. This is a continuation of the study results of the project. From the initial assessment, if the trainers apply the knowledge gained to further development, they can reduce the water usage of the business by 10-15 percent. Depending on the activity, as some participants already use 3R technology in their business, additional water use may be reduced below the target. In addition, the results obtained from the project are published on the

website for interested parties, resulting in indirect public dissemination through the project's YouTube and Facebook.

สารบัญ

หน้า

รายชื่อคณะวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง

คำนำ

กิตติกรรมประกาศ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

Executive Summary

บทคัดย่อ

Abstract

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1 บทนำ

1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
1.2	แนวคิดและเป้าหมาย	1-1
1.3	วัตถุประสงค์	1-2
1.4	ขอบเขตโครงการ	1-2
1.5	ระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน	1-2
1.6	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-4
1.7	องค์ประกอบของ(ร่าง)รายงานฉบับสมบูรณ์	1-4

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1	ทบทวนวรรณกรรม	2-1
2.2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	2-2

บทที่ 3 พัฒนาปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ตรวจจับของระบบการจัดการระบบให้น้ำ

3.1	การศึกษาข้อมูลการพยากรณ์อากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ในการจัดการการให้น้ำ	3-4
3.2	การศึกษาน้ำในดินและการจำลองการรักษาสมดุล	3-13
3.3	กำหนดน้ำชลประทานโดยโมเดล ANN	3-21
3.4	การพัฒนาระบบการแสดงผลข้อมูลและการแจ้งเตือนจากอุปกรณ์	3-23
3.5	การพัฒนาระบบแผงควบคุมอุปกรณ์การให้น้ำ	3-25

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
3.6	การพัฒนาระบบรายงานและควบคุมอุปกรณ์	3-26
3.7	การทดสอบระบบการให้น้ำที่ปรับปรุง	3-33
3.8	การพัฒนางานด้าน IoT สำหรับการจัดการด้านทรัพยการน้ำ	3-34
3.9	การใช้ระบบสารสนเทศในการพัฒนาระบบโรงเรือนมหาวิทยาลัยบูรพา	3-44
3.10	พื้นที่ทดลองขยายผลการศึกษา	3-47
บทที่ 4	**พัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ**	
4.1	หลักสูตรการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R สำหรับอาคารภาคบริการ	4-2
4.2	หลักสูตร Trainer การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ	4-5
4.3	แผนการทำเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์ เชิญชวน โฆษณา และลงทะเบียน	4-8
4.4	ผลการดำเนินงาน	4-10
4.5	สรุปผลผลิตที่ได้จากการดำเนินโครงการ	4-40
บทที่ 5	**การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม**	
5.1	หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม	5-2
5.2	หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม	5-3
5.3	ผลการดำเนินงาน	5-5
5.4	ข้อดีและข้อเสียของการจัดกิจกรรม	5-27
5.5	การติดตามผลหลังการอบรม	5-27
บทที่ 6	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	
6.1	สรุปผลการวิจัย	6-1
6.2	ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์	6-12
6.3	ข้อเสนอแนะ	6-17
6.4	การขยายผลงานวิจัย และเผยแพร่องค์ความรู้	6-17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ก เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา IoT

ข เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

ค เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	ภาพโครงสร้างงานวิจัย	1-3
2-1	ภาพรวมแผนผังของระบบจำลอง	2-2
2-2	โครงข่ายประสาทเทียมแบบ feed forward พร้อมฟังก์ชั่นการเปิดใช้งาน sigmoid	2-5
2-3	เงื่อนไขขอบเขตของการจำลองการซึมผ่าน (Hydrus 1D)	2-7
3-1	จุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและสถานี	3-1
3-2	อุปกรณ์ตั้งเวลารดน้ำเดิมของอุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	3-2
3-3	ตำแหน่งระบบรดน้ำของปั๊มหมายเลข 10	3-2
3-4	ตำแหน่งระบบรดน้ำของปั๊มหมายเลข 11	3-3
3-5	การเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำในอดีต กับแบบจำลองทางเลือกปริมาณการให้น้ำ	3-3
3-6	ผังการทำงานของระบบชลประทานฉลาดกับ Fuzzy Logic บนฐานของปฏิทินชลประทาน	3-6
3-7	ผังการทำงาน bias correction CFSv2 ปริมาณฝน, การระเหย	3-7
3-8	การประเมินปริมาณน้ำฝนที่มี Bias cfv2	3-8
3-9	เปรียบเทียบ Bias CFSV2 กับการสังเกต	3-9
3-10	อุณหภูมิ Bias ในการประเมิน CFSV2	3-9
3-11	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดกับการระเหย	3-11
3-12	ปริมาณน้ำฝน Bias cfsv2 และการระเหยของอากาศ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2565	3-11
3-13	Modular neural network ที่ฝึกซ้อมเพื่อพยากรณ์ความชื้นในดินในวันถัดไป	3-12
3-14	Rule Curve ของดินร่วนปนทรายและดินร่วนตะกอน	3-13
3-15	ชนิดดินในอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ	3-14
3-16	ปริมาณน้ำฝนและน้ำชลประทานและความชื้นของดิน 4 สถานีของอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ	3-15
3-17	การปรับเทียบความชื้นในดินด้วย Hydrus 1D ในปี พ.ศ. 2563	3-16
3-18	การตรวจสอบความชื้นในดินด้วย Hydrus 1D ในปี พ.ศ. 2564	3-17
3-19	การปรับเทียบความชื้นและปริมาณน้ำฝนของดินในช่วงปี พ.ศ. 2563-2564	3-17
3-20	ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 2 (ดินร่วนปนทราย)	3-18
3-21	ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 3 (ดินร่วนปนทราย)	3-18
3-22	ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 4 (ดินร่วนปนทราย)	3-19

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-23	ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 4 (ดินร่วนตะกอน)	3-19
3-24	แบบจำลองสมดุลน้ำในดินภายใต้การไบแอสภูมิอากาศ CFSV2 ใน 6 เดือนถัดไปที่สถานีที่ 3	3-20
3-25	แบบจำลองสมดุลน้ำในดินภายใต้การไบแอสภูมิอากาศ CFSV2 ใน 6 เดือนถัดไปที่สถานีที่ 4	3-20
3-26	แบบจำลองสมดุลน้ำในดินภายใต้การไบแอสภูมิอากาศ CFSV2 ใน 6 เดือนถัดไปที่สถานีที่ 5	3-20
3-27	การปรับเทียบและการเปรียบเทียบของ MNN ที่คาดการณ์ความชื้นในดินใน 7 วันถัดไป	3-21
3-28	การคาดการณ์ความชื้นในดินใน 7 วันถัดไปโดยปราศจากฝนตกด้วยเครื่องมือ MNN	3-22
3-29	การคาดการณ์ความชื้นในดินใน 7 วันถัดไป อ้างอิงโดยเครื่องมือ MNN	3-22
3-30	ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลจากระบบ	3-23
3-31	การเชื่อมโยงระบบตรวจจับ ประมวลผล และระบบแจ้งเตือนการรดน้ำที่พัฒนา	3-24
3-32	การเชื่อมโยงสถานีตรวจจับกับแม่ข่าย (นอกระบบ)	3-24
3-33	ระบบการควบคุมอุปกรณ์การให้น้ำของสวน	3-25
3-34	รูปแบบสปริงเกอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	3-26
3-35	รูปแบบสปริงเกอร์แบบ Pop-Up โดยอาศัยแรงดันน้ำ	3-26
3-36	โครงสร้างการทำงานของระบบผู้เข้าใช้ระบบ	3-27
3-37	โครงสร้างการทำงานของผู้ดูแลระบบ	3-28
3-38	โครงสร้างการทำงานของผู้ใช้	3-28
3-39	การดึงข้อมูลจากอุปกรณ์ และโมเดล	3-29
3-40	การตั้งค่าอุปกรณ์ของผู้ใช้/อุปกรณ์/ตัวควบคุม	3-29
3-41	การนำเข้าโมเดลสภาพอากาศ	3-30
3-42	การตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุม และการสั่งงาน	3-30
3-43	การสั่งงานและบันทึกภาพจากกล้อง	3-31
3-44	ระบบน้ำบริเวณอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ	3-32
3-45	Schematic Diagram แสดงการต่อวงจรภายในแผงวงจร	3-35
3-46	แบบวงจรด้านบนของแผงวงจรอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ	3-35
3-47	แบบวงจรด้านล่างของแผงวงจรอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ	3-36
3-48	การต่อวงจรโดยรวมของอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ	3-36
3-49	การต่อวงจรโดยรวมของอุปกรณ์วัดความชื้นในดินแบบใช้แบตเตอรี่	3-37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-50	การต่อวงจรโดยรวมของอุปกรณ์วัดความชื้นในดิน, วัดอุณหภูมิ และค่า EC	3-38
3-51	Schematic Diagram แสดงการต่อวงจรภายในแผงวงจร (แบบ 4 ช่อง)	3-39
3-52	ลายวงจรบนแผงวงจรชุดควบคุมแบบ 4 ช่อง ด้านบนและด้านล่าง	3-39
3-53	ลักษณะจริงของแผงวงจรชุดควบคุมแบบ 4 ช่อง	3-39
3-54	ตัวอย่างการต่อใช้งานชุดควบคุมแบบ 4 ช่อง ร่วมกับแผงโซลาเซลล์เพื่อควบคุมวาล์วน้ำ	3-40
3-55	การต่อวงจรภายในกล่องควบคุมชนิด 4 ช่อง เพื่อควบคุมวาล์วน้ำ (โซลินอยด์วาล์ว 24 VAC) ติดตั้งอยู่ภายในสวน 100 ปี	3-40
3-56	โครงสร้างระบบแม่ข่าย	3-41
3-57	ส่วนแสดงผลข้อมูลอุปกรณ์วัดสภาพอากาศ	3-42
3-58	ส่วนแสดงผลข้อมูลอุปกรณ์วัดความชื้นในดิน	3-42
3-59	ส่วนแสดงผลอุปกรณ์ควบคุมวาล์ว	3-42
3-60	ส่วนแสดงการควบคุมวาล์วน้ำ	3-43
3-61	โครงสร้างการทำงานของระบบ Handy Sense	3-44
3-62	หน้าจอการแสดงผลของ Handy Sense	3-45
3-63	ระบบอุปกรณ์ภายในโรงเรือน	3-45
3-64	การแสดงข้อมูลของระบบ Think Speak	3-46
3-65	ตำแหน่งที่ตั้งโครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์	3-47
3-66	รูปแปลงพื้นที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์	3-47
3-67	รูประบบน้ำและระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์	3-48
3-68	ตำแหน่งที่ตั้งโครงการสวนผสมผสาน	3-49
3-69	รูประบบน้ำและระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนผสมผสาน	3-49
4-1	แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1	4-13
4-2	โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 1 ครั้งที่ 1	4-14
4-3	โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 1 ครั้งที่ 2	4-15
4-4	โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 1 ครั้งที่ 3	4-15
4-5	แบบฟอร์มประเมินหลังการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1	4-17
4-6	ประกาศนียบัตรการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1	4-18
4-7	สัดส่วนพื้นที่ที่เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1	4-26
4-8	สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 1 ไปใช้ประโยชน์	4-30
4-9	แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2	4-32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-10	QR code และ Link สำหรับการลงทะเบียนอบรมหลักสูตรที่ 2	4-32
4-11	โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 2	4-33
4-12	แบบฟอร์มประเมินหลังการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2	4-34
4-13	ประกาศนียบัตรการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2	4-34
4-14	ก) สัดส่วนพื้นที่กลุ่มเป้าหมาย และ ข) กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 2	4-37
4-15	สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 2 ไปใช้ประโยชน์	4-40
4-16	บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 1 (ครั้งที่ 1-3)	4-41
4-17	บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 1 (ครั้งที่ 1-3) (ต่อ)	4-42
4-18	บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 2 (ครั้งที่ 1)	4-43
4-19	บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 2 (ครั้งที่ 2)	4-43
5-1	สื่อวิดีทัศน์ (Video Clip) หลักสูตรอบรม	5-6
5-2	การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 1	5-12
5-3	การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 2	5-15
5-4	การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 3	5-20
5-5	การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1	5-23
5-6	การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 2	5-27
6-1	โครงสร้างการทำงานของระบบแม่ข่าย	6-3
6-2	ตัวอย่างตารางข้อมูลผู้ใช้ระบบ	6-3
6-3	สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 1 ไปใช้ประโยชน์	6-4
6-4	สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 2 ไปใช้ประโยชน์	6-7
6-5	กราฟแสดงการใช้น้ำของอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ ในช่วงปี พ.ศ. 2562 (ก่อนติดตั้งระบบ) และ พ.ศ. 2563-2564 (หลังติดตั้งระบบ)	6-14
6-6	เปรียบเทียบการประหยัดน้ำกับปริมาณฝนก่อนและหลังการติดตั้งระบบแจ้งเตือน	6-14
6-7	แปลงพื้นที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์	6-18
6-8	รูประบบน้ำ และระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์	6-18

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
6-9	รูประบบน้ำและระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนผสมผสาน	6-19
6-10	พื้นที่การจัดแสดงผลงานการจิจัยของโครงการ	6-20
6-11	ชุดสาธิตระบบการจัดการน้ำอัจฉริยะของโครงการ	6-21
6-12	บรรยากาศการการนำเสนอในงานมหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2565 (Thailand Research Expo2022)	6-22

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	ค่าสัมประสิทธิ์อคติของ CSFV2	3-10
3-2	ตารางค่าการแจ้งเตือนการรดน้ำตามสภาพดิน	3-13
3-3	การปรับเทียบคุณสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา	3-14
4-1	เนื้อหาการอบรมหลักสูตรที่ 1	4-3
4-2	เนื้อหาการอบรมหลักสูตรที่ 2	4-6
4-3	แผนการดำเนินการจัดอบรมทั้งสองหลักสูตร	4-9
4-4	วันเวลาการจัดอบรมหลักสูตรที่ 1	4-11
4-5	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1	4-11
4-6	Link และ QR code การลงทะเบียนอบรมหลักสูตรที่ 1	4-13
4-7	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรออนไลน์หลักสูตรที่ 1	4-19
4-8	สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรม	4-26
4-9	สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดอบรมและวิทยากรหลักสูตร 1	4-29
4-10	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2	4-31
4-11	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรออนไลน์หลักสูตรที่ 2	4-35
4-12	สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรมหลักสูตร 2	4-38
4-13	สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดอบรมและวิทยากรหลักสูตร 2	4-39
5-1	เนื้อหาหลักสูตร (เบื้องต้น)	5-2
5-2	เนื้อหาหลักสูตร (train the trainer) ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม	5-3
5-3	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1	5-7
5-4	รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1 รุ่นที่ 1	5-7
5-5	รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1 รุ่นที่ 2	5-12
5-6	รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1 รุ่นที่ 3	5-16
5-7	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2	5-20
5-8	รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 2 รุ่นที่ 1	5-21
5-9	รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 2 รุ่นที่ 2	5-23
6-1	วันเวลาการจัดอบรมหลักสูตรที่ 1	6-4
6-2	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1	6-5
6-3	สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรมหลักสูตรที่ 1	6-6
6-4	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2	6-8

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6-5	สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรมหลักสูตร 2	6-8
6-6	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1	6-10
6-7	เนื้อหาหลักสูตรที่ 1	6-10
6-8	กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2	6-10
6-9	เนื้อหาหลักสูตรที่ 2	6-11
6-10	สรุปหน่วยการใช้น้ำและค่าใช้จ่ายของอุทยาน 100 ปี ฯ	6-15

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตด้านการเกษตรสูงเนื่องจากขาดการนำเอาความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ใน “ระบบการเกษตร” ประกอบกับการที่สังคมเริ่มเข้าสู่ “สังคมผู้สูงอายุ” อันนำไปสู่การ “ขาดแคลนแรงงาน” และ “ค่าแรงในการทำงาน” ที่ส่งผลให้ต้นทุนด้านการเกษตรสูง นอกจากนี้ “การจัดการน้ำ” ก็เป็นความเสี่ยงที่สำคัญสำหรับเกษตรกร ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยเฉพาะการขาดแหล่งน้ำต้นทุนในช่วงหน้าแล้ง ดังนั้นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ มาช่วยส่งเสริมกระบวนการผลิตและการประหยัดน้ำจะช่วยให้เกิดความมั่นคงทางด้านทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยปัจจุบันระบบสื่อสารและสารสนเทศมีการพัฒนาเป็นอย่างมาก เช่น 3G, 4G, LoRa, NB IoT เป็นต้น การใช้เครื่องมือดังกล่าวมาประกอบกับระบบอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศในระดับแปลง จะช่วยควบคุมการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผ่านระบบอินเตอร์เน็ตมาสู่แม่ข่ายสารสนเทศที่ทำให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงการจัดสรรน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชทั้งด้านปริมาณและช่วงเวลาที่มีประสิทธิภาพ

1.2 แนวคิดและเป้าหมาย

โดยการศึกษานี้จะมุ่งศึกษาพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศแบบเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย ที่ส่งผ่านข้อมูลไปยังระบบสื่อสารสารสนเทศ ทั้งในด้านประสิทธิภาพการตรวจจับความชื้นในดินและสภาพอากาศ อุปกรณ์ควบคุมสั่งการ การสื่อสาร การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการประมวลผลพร้อมนำเสนอข้อมูล เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในภาคสนามระดับฟาร์มพืช ในราคาที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ และนำมาใช้ประโยชน์ได้ ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำโดยไม่จำเป็น เพราะทรัพยากรน้ำมีต้นทุนการจัดการที่สูง และจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศ การได้เครื่องมือดังกล่าวจะช่วยลดภาระการใช้น้ำด้านการเกษตรซึ่งเป็นต้นทุนของประเทศ

โดยเป้าหมายของงานวิจัยต้องการพัฒนาโครงการ เพื่อพัฒนาปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ตรวจจับของระบบบำบัดและสมาร์ทฟาร์มให้เป็นระบบที่เปิดสำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดได้ รวมทั้งการพัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อรองรับการทำงานการเชื่อมต่อกับระบบตรวจจับ และขยายผลเพื่อรองรับข้อมูลจากระบบอื่นๆ เพื่อสามารถสะสมข้อมูลและขยายผลได้ในอนาคต

ทั้งนี้ทางโครงการฯ ยังได้จัดทำหลักสูตรการอบรมการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการมีการออกแบบหลักสูตรการอบรม 2 หลักสูตรที่ต่างกันสำหรับ 2 ภาคส่วนที่ต้องการระดับความรู้ความเข้าใจที่แตกต่างกันตามบทบาทหน้าที่ โดยมีการตั้งเป้าหมายผู้เข้าอบรมทุกภาคส่วนของทั้ง 2 หลักสูตรรวมกัน 240 คน ภายในระยะเวลา 1 ปี โดยมีกลุ่มเป้าหมายของแต่ละ

หลักสูตร และหลักสูตรการอบรมเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ สำหรับภาคอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและยกระดับบุคคลากรในภาคอุตสาหกรรมให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมตามหลักวิชาการ และนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ บุคลากรภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ EEC (จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง) รวมจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 150 คน

1.3 วัตถุประสงค์

1) พัฒนาปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ตรวจจับของระบบการจัดการระบบให้น้ำของสวนสาธารณะให้เป็นระบบที่เปิดสำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดได้
2) พัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อรองรับการทำงานการเชื่อมต่อกับระบบตรวจจับ และขยายผลเพื่อรองรับข้อมูลจากระบบอื่นๆ เพื่อสามารถสะสมข้อมูลและขยายผลได้ในอนาคต
3) พัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ
4) พัฒนาหลักสูตร Trainer การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ
5) พัฒนาองค์ความรู้ในการบริหารจัดการน้ำด้วยหลักการ 3Rs การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้น เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำภาคอุตสาหกรรม

1.4 ขอบเขตโครงการ

พัฒนางานวิจัยในพื้นที่อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยประกอบด้วยการต่อยอดระบบอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศ วัดระดับน้ำ ค่าความชื้นในดิน พัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำ และการพัฒนาระบบแม่ข่ายเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลมาที่ส่วนกลาง

และมีการจัดการอบรมให้กับบุคลากรในพื้นที่ EEC โดยแบ่งการอบรมออกเป็น 2 ส่วน คือ การอบรมการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ และการอบรมเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ สำหรับภาคอุตสาหกรรม รวมจำนวนผู้เข้าอบรม คือ 240 คน และ 150 คน ตามลำดับ

1.5 ระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน

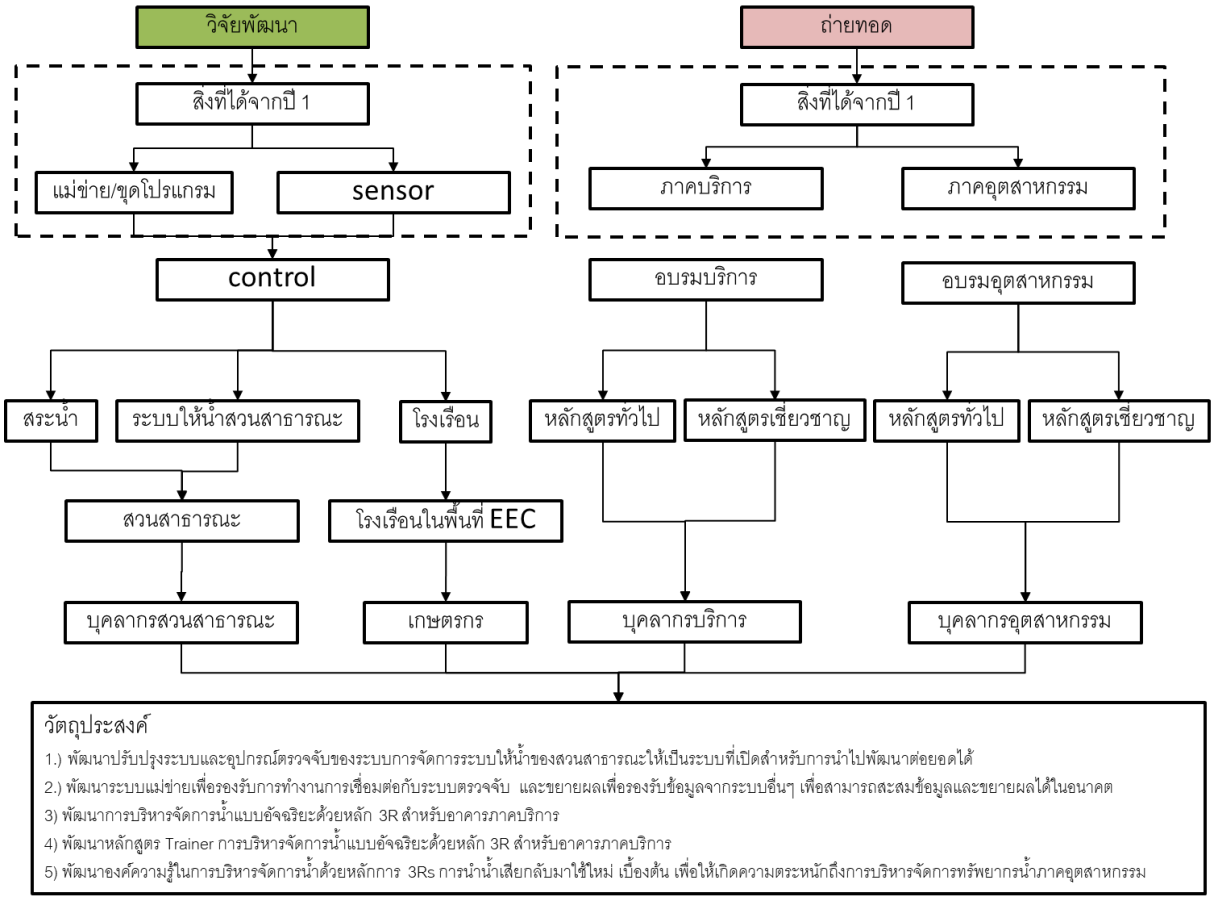
จากการดำเนินการศึกษาในระยะที่ 1 ได้ศึกษาคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดิน การจัดการน้ำเดิมของพื้นที่ และความต้องการน้ำของพืชผ่านค่า MAD ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้นในการพัฒนาระบบ ทางโครงการฯ จึงพัฒนาด้านความเป็น smart ของระบบ ได้พิจารณาบนพื้นฐานและเทคโนโลยีปัจจุบัน โดยต่อยอดในเรื่องการสะสมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และประเมินเหตุการณ์ล่วงหน้า รวมถึงการนำเอาข้อมูลพยากรณ์อากาศล่วงหน้ามาช่วยในการตัดสินใจในการสำรองน้ำและการให้น้ำแก่พืช ซึ่งแตกต่างกับระบบในปัจจุบันที่เป็น

การรับข้อมูลตรวจจับมาดำเนินการตามเงื่อนไขที่ไม่มีการสะสมข้อมูลหากแหล่งน้ำไม่เพียงพอจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขได้

ในด้านการจัดอบรมการพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะ ด้วยหลักการ 3R เป็นการพัฒนาขึ้นเพื่อต่อยอดจากการศึกษาระยะที่ 1 โดยแบ่งการอบรมออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การอบรมการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการเป้าหมายของผู้เข้าร่วม คือ บุคลากรภาคบริการในพื้นที่ EEC
2. การอบรมเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ สำหรับภาคอุตสาหกรรม เป้าหมายของผู้เข้าร่วม คือ บุคลากรภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ EEC

ภาพรวมของโครงการ



รูปที่ 1-1 ภาพโครงสร้างงานวิจัย

โครงการวิจัยประกอบด้วยการทำงาน 2 ลักษณะงาน และแบ่งเป็นโครงการย่อย 3 โครงการ ประกอบด้วย

1) งานด้านวิจัยพัฒนา

โครงการย่อยที่ 1 : การพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับระบบสวนสาธาณะอัจฉริยะ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและโรงเรือนมหาวิทยาลัยบูรพา

2) งานด้านถ่ายทอด

โครงการย่อยที่ 2 : หลักสูตรการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ

โครงการย่อยที่ 3 : การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) อุปกรณ์ตรวจจับและเชื่อมโยงที่เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย สำหรับ เกษตรกร นักวิจัย และผู้ใช้ทั่วไป
2) ระบบตรวจจับและระบบแม่ข่ายสำหรับการติดตามข้อมูลสวนสาธารณะ และระบบการรดน้ำที่สามารถขยายผลการใช้งานได้
3) ผู้เข้ารับการอบรมหลักสูตรการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการจำนวน 240 คน
4) ผู้เข้ารับการอบรมการพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม สำหรับภาคอุตสาหกรรมจำนวน 150 คน

1.7 องค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหา 5 บท ที่การดำเนินงานในช่วง 10 เดือน (วันที่ 15 มิถุนายน 2564 - วันที่ 16 เมษายน 2565)

- **บทที่ 1** บทนำ กล่าวถึง หลักการและเหตุผล แนวคิดและเป้าหมาย วัตถุประสงค์ ขอบเขตโครงการ ระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน ผลที่คาดว่าจะได้รับ
- **บทที่ 2** ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ในงานวิจัย
- **บทที่ 3** พัฒนาปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ตรวจจับของระบบการจัดการระบบให้น้ำ กล่าวถึง ศึกษาการเพิ่มเติมข้อมูลพยากรณ์อากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในการจัดการการให้น้ำพัฒนาระบบการแสดงผลข้อมูลและการแจ้งเตือนจากอุปกรณ์ และพัฒนาระบบแผงควบคุมอุปกรณ์การให้น้ำทดสอบระบบการให้น้ำที่ปรับปรุง
- **บทที่ 4** พัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการกล่าวถึง หลักสูตรการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R สำหรับอาคาร

ภาคบริการ และหลักสูตร Trainer การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ

- **บทที่ 5** การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม กล่าวถึง หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม และหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม
- **บทที่ 6** เป็นบทสรุปของโครงการที่เกี่ยวกับประโยชน์ ข้อเสนอแนะและปัญหา/อุปสรรคที่ได้รับจากการพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับระบบสวนสาธารณะอัจฉริยะ และในส่วนของการอบรมการประหยัดน้ำในภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมเพื่อลดการใช้น้ำในพื้นที่ EEC

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

2.1.1 โครงการระบบควบคุมและติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่านสมาร์ทดีไวซ์ ศศิมาภร มงคลพิทักษ์ และทวีพล ซื่อสัตย์ งานประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 54 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กุมภาพันธ์ 2559)

ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ติดตามสภาพแวดล้อมเพื่อการเกษตรผ่านสมาร์ทดีไวซ์ โดยมีตัวควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้ (PLC) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมซึ่งรับข้อมูลจากตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น และยังทำหน้าที่เป็นเว็ปเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวสาหรับใช้ในการปฏิบัติงานระยะไกล และวิเคราะห์ข้อมูลดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติอยู่บริเวณพื้น ที่เพาะปลูก นอกจากนีผู้ปฏิบัติงานยังสามารถใช้สมาร์ทดีไวซ์ผ่านกล้องไอพีเพื่อตรวจสอบความผิดปกติ และการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย ในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการควบคุมระบบ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการควบคุมตามเวลา ซึ่ง โปรแกรมการรดน้ำ ทุกเช้าเย็น วิธีที่สองเป็นการรดน้ำ ตามสภาวะของอุณหภูมิและความชื้น จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่สองให้ผลการประหยัดน้ำ ได้ดีกว่าและการเจริญเติบโตของพืชดีกว่า และได้มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ในงานวิจัยนี้ช่วยประหยัดทั้ง แรงงาน และทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นความสามารถเชิงตอบโต้ของอุปกรณ์ประเภทตรวจจับ ทำให้สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลง และดำเนินการจากระยะไกล สามารถทำงานทดแทนที่เป็นรอบเวรแบบอัตโนมัติ และสื่อสารผลลัพธ์ให้ผู้ปฏิบัติงานได้

2.1.2 โครงการการพัฒนาเครือข่ายเซนเซอร์สำหรับระบบชลประทานอัตโนมัติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสาหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม โดยติดตั้งโหนดเซนเซอร์ในบริเวณแปลงเพาะปลูกสำหรับตรวจวัดค่าต่าง ๆ เช่น ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน และความเข้มแสง จากนั้นส่งค่าการตรวจวัดผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สายด้วยโมดูล ZigBee ไปยังโหนดโคออร์ดิเนเตอร์เพื่อการประมวลผลและรายงานผลโดยที่โหนดโคออร์ดิเนเตอร์ที่ออกแบบขึ้นสามารถสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อนำข้อมูลจากการตรวจวัดขึ้นเซิร์ฟเวอร์ได้ งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองสำหรับระบบควบคุมแบบฟัซซีในการควบคุมช่วงเวลาการให้น้ำของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ โดยใช้ค่าความชื้นในดินและค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ติดตั้งในแปลงเกษตรกรรม ผลการจำลองการทำงานที่นำเสนอแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของอัลกอริทึมและความเป็นไปได้ในการประยุกต์เพื่อการใช้งานได้จริง

ในการวิจัยนี้นอกจากการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแล้วยังได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์ในการพัฒนาเป็นแบบจำลอง เพื่อประเมินเป็นคาบเวลาที่เหมาะสมในการให้น้ำพืช เป็นการใช้ประโยชน์ข้อมูลเพื่อการคำนวณสภาพแวดล้อมเสริมจากข้อมูลที่ตรวจจับได้อีกระดับหนึ่ง

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.2.1 การศึกษาข้อมูลการพยากรณ์อากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ในการจัดการการให้น้ำ

(1) Bias Correction

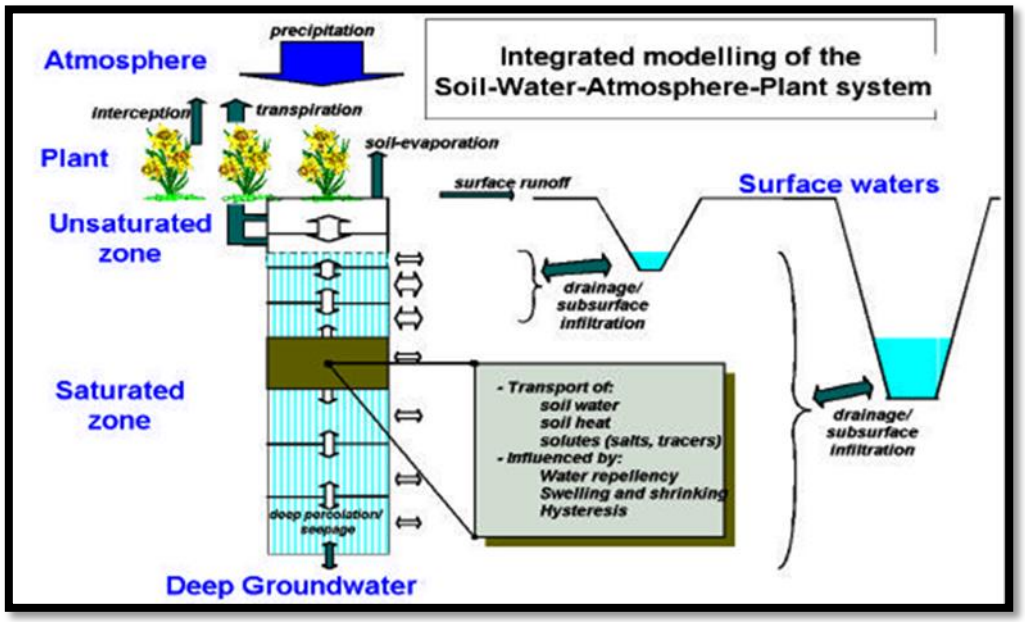
การ Bias Correction ที่ใช้ $\Delta\mu_{ta}$ ไปยังข้อมูลที่สังเกตได้ในช่วงเวลาพื้นฐาน (อย่างเช่น “Delta Method” (Graham, Andréasson et al. 2007, Kiem, Ishidaira et al. 2008, Weiland, Van Beek et al. 2010), (Watanabe, Kanae et al. 2012)

$$t_{cor,i} = t_{p,i} + t_o - t_b \quad (1)$$

$$R_{cor,i} = R_{p,i} \times \frac{R_o}{R_b} \quad (2)$$

เมื่อ t_{cor}, R_{cor} $(i = 1, 2, \cdots, 25)$ หมายถึงข้อมูลที่ได้รับการแก้ไขความลำเอียงในระดับปานกลางและปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาพื้นฐานตามลำดับตัวรอง b, p และ o ระบุข้อมูลจำลองในช่วงเวลาพื้นฐานและระยะเวลาการฉายภาพและข้อมูลที่สังเกตตามลำดับ วิธีนี้มีข้อดีคือความเรียบง่ายและความต้องการข้อมูลที่เรียบง่าย : จำเป็นต้องใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเท่านั้นในการคำนวณปัจจัยการแก้ไขรายเดือน (Lafon, Dadson et al. 2013)

(2) HYDRUS/ SWAP model



รูปที่ 2-1 ภาพรวมแผนผังของระบบจำลอง

สมการที่เหมาะสมสำหรับการไหลในแนวดิ่งหนึ่งมิติในโซนไม่อิ่มตัวคือ (Richards 1931, Rushton 1988)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(K(\psi)\frac{\partial \psi}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K(\psi)\right) \qquad \text{(Eq. IV- 1)}$$

เมื่อ θ คือปริมาณน้ำตามปริมาตร

K คือการนำไฟฟ้าไฮดรอลิก (LT-1)

Ψ คือศักยภาพในการดูดเมทริก (L)

T คือเวลา (T) และ

Z คือการกำหนดแนวตั้ง (L)

ทั้งปริมาณน้ำเชิงปริมาตร (θ) และการนำไฟฟ้าไฮดรอลิกส์ (k) เป็นฟังก์ชันของศักยภาพที่ไม่ทราบสาเหตุ Van Genuchten (1980) มีลักษณะการกักเก็บน้ำของดินที่เป็นเนื้อเดียวกันหลายชนิดอธิบายว่า

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1-|\alpha h|^n]^m} & h<0 \\ \theta_s & h \geq 0 \end{cases} \qquad \text{(Eq. IV- 2)}$$

$$K(h) = K_s S_e^{1/2}\left[1-(1-S_e^{1/m})^m\right]^2 \qquad \text{(Eq. IV- 3)}$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \qquad \text{(Eq. IV- 4)}$$

$$m = 1-1/n, \quad n>1 \qquad \text{(Eq. IV- 5)}$$

Se คือปริมาณน้ำที่มีประสิทธิภาพ

θ_r แสดงถึงปริมาณน้ำที่เหลือ

θ_s หมายถึงปริมาณน้ำอิ่มตัว

Ks คือการนำไฟฟ้าไฮดรอลิกที่อิ่มตัว

a คือค่าผกผันของค่าอากาศเข้า (หรือความดันฟอง)

n คือดัชนีการกระจายขนาดรูพรุน

ส่วนประกอบ x ของอัตราการซึมผ่านจะคำนวณสำหรับแต่ละโหนด N ตาม (Simunek, Van Genuchten และ Sejna 2005)

$$q_N^{j+1} = -K_{N-\frac{1}{2}}^{j+1}\left(\frac{h_N^{j+1}-h_{N-1}^{j+1}}{\Delta x_{N-1}}+1\right) - \frac{\Delta x_{N-1}}{2}\left(\frac{\theta_N^{j+1}-\theta_N^{j}}{\Delta t}+S_N^j\right) \qquad \text{(Eq. IV- 6)}$$

θ คือปริมาณน้ำเชิงปริมาตร (L3L-3)

K คือการนำไฟฟ้าไฮดรอลิก (LT-1)

H คือหัวแรงดัน (L)

S คือระยะจม [T-1]

Δt คือการคำนวณเวลา (d)

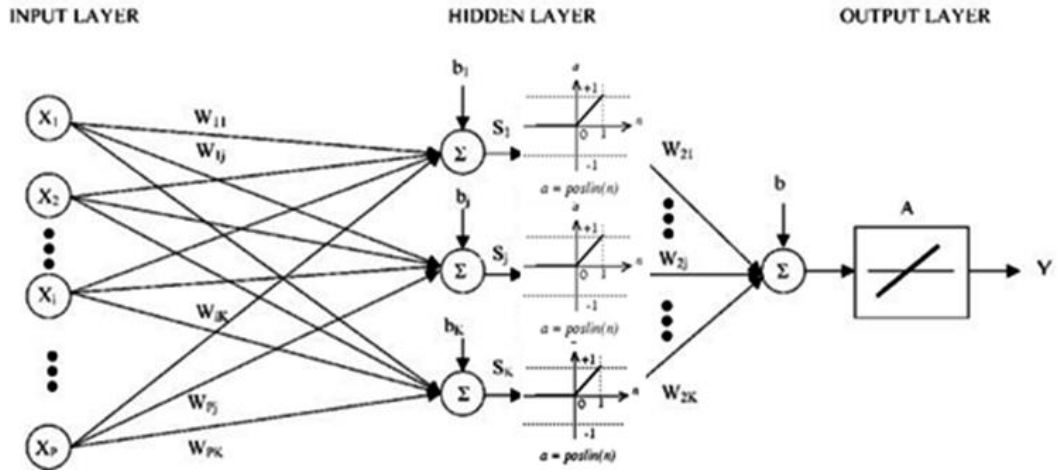
Δx คือขนาดกริด

J คือขั้นตอนของเวลา

N ระบุโหนดตำแหน่งในตาข่ายผลต่าง จำกัด

(3) Artificial network

โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ที่มีเลเยอร์ซ่อนอยู่หนึ่งชั้นถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาทั้งหมดของกระบวนการทางอุทกวิทยา (Kolmogorov 1957, De Vos และ Rientjes 2005) สถาปัตยกรรมของ ANN แต่ละตัวสำหรับแบบจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาประกอบด้วยชั้นอินพุตหนึ่งชั้นชั้นซ่อนหนึ่งชั้นและชั้นเอาท์พุทหนึ่งชั้น ในการเริ่มต้นข้อมูลสภาพภูมิอากาศระดับน้ำใต้ดินการสูบน้ำใต้ดินข้อมูลพื้นผิวจะถูกนำไปยังโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟีดฟอร์เวิร์ดสามชั้นเพื่อประเมินเวลาข้อมูลตอบสนองที่เหมาะสมและข้อมูลอินพุต ประสิทธิภาพของแบบจำลอง ANN ได้รับการประเมินโดยค่าสัมประสิทธิ์ของการกำหนด (R) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของค่าเฉลี่ยราก (RMSE) และข้อผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAE) ในกระบวนการฝึกอบรมเซลล์ประสาทที่เชื่อมต่อระหว่างกันในชั้นที่ซ่อนอยู่จะได้รับสัญญาณจากหน่วยอินพุตผ่านตัวเชื่อมต่อน้ำหนักและอคติจากนั้นเปลี่ยนไปใช้ฟังก์ชันกระตุ้นการทำงานของเซลล์ประสาทเอาต์พุต เนื่องจากไม่ทราบจำนวนโหนดที่อ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับเลเยอร์ที่ซ่อนอยู่จึงมีการปรับวิธีการทดลองและข้อผิดพลาดเพื่อค้นหาการกำหนดค่าเครือข่ายที่ดีที่สุด (จำนวนโหนดน้ำหนักอคติโครงสร้าง ANN) เครือข่ายการฝึกอบรมจะถูกเลือกโดยประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการปรับให้เหมาะสมระหว่างค่าที่คาดการณ์ของโครงข่ายประสาทเทียมและผลลัพธ์ที่ต้องการ ฟังก์ชันเชิงเส้นถูกใช้เป็นฟังก์ชันการถ่ายโอนสำหรับ ANN เนื่องจากฟังก์ชันเชิงเส้นเป็นที่ทราบกันดีว่ามีประสิทธิภาพสำหรับตัวแปรเอาต์พุตแบบต่อเนื่อง ผลลัพธ์ของ ANN คือการสูบน้ำบาดาลที่มีศักยภาพของแต่ละจังหวัด การฝึกอบรมของแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมหยุดลงเมื่อบรรลุเป้าหมายของข้อผิดพลาดหรือจำนวนการทำซ้ำเกินค่าที่กำหนด ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผลลัพธ์ของ ANN และระดับน้ำใต้ดินที่สังเกตได้ช่วยยืนยันว่ากรอบของเราประสบความสำเร็จในการทำนายระดับน้ำใต้ดินด้วยการสูบน้ำใต้ดินตามเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ ANN ยังสามารถประเมินการสูบน้ำใต้ดินภายใต้ระดับน้ำใต้ดินที่แน่นอน



รูปที่ 2-2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ feed forward พร้อมฟังก์ชั่นการเปิดใช้งาน sigmoid

Xi (i1 ... P) - อินพุตสอดคล้องกับจำนวนวิชาที่เกี่ยวข้องกับการฝึกของ NN, Wij (i1 ... P, j 1 ... K) - น้ำหนักจากอินพุตไปยังเลเยอร์ที่ซ่อนอยู่ bj (j 1 ... K) - อคติของเซลล์ประสาทในชั้นที่ซ่อนอยู่ a - ฟังก์ชันการกระตุ้นเชิงเส้นเชิงบวกในชั้นที่ซ่อนอยู่ W2j (j 1 ... K) - ฟังก์ชันการถ่วงน้ำหนักจากการซ่อนไปยังชั้นเอาต์พุต b – Bias ของเซลล์ประสาทเอาต์พุต Y - เอาต์พุต (Vuckovic ,Radivojevic et al.2002)

2.2.2 แนวคิดการจำลองสมดุลน้ำใต้ดิน

ในการศึกษานี้ได้ใช้โมเดล Hydrus 1D จำลองการแทรกซึมของน้ำในเขตที่ไม่อิ่มตัวสมการที่เหมาะสมสำหรับการไหลตามแนวตั้งหนึ่งมิติในเขตที่ไม่อิ่มตัวคือ (Richards 1931, Rushton 1988)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(K(\psi)\frac{\partial \psi}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K(\psi)\right) \qquad (1)$$

เมื่อ θ คือปริมาณน้ำในปริมาตร

K คือค่าการนำไฟฟ้าของไฮดรอลิก (LT^{-1})

Ψ คือศักย์ดูดเมทริกซ์ (L)

t เป็นเวลา (T)

z คือพิกัดแนวตั้ง (L)

ทั้งปริมาณน้ำเชิงปริมาตร (θ) และค่าการนำไฟฟ้าไฮดรอลิก (k) เป็นฟังก์ชันของศักย์ไฟฟ้าที่ไม่ทราบค่า Ψ Van Genuchten (1980) ระบุฟังก์ชันรูปตัว S ที่เหมาะกับลักษณะการกักเก็บน้ำที่วัดได้ของดินที่เป็นเนื้อเดียวกันจำนวนมาก ฟังก์ชันนี้ได้กลายเป็นเส้นโค้งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดรูปแบบหนึ่งสำหรับการระบุคุณสมบัติไฮดรอลิกของดิน (Nielsen and Biggar 1986, Antonopoulos และ Papazafiriou 1990, Feiznia, Kholghi และ Malekian 2014) ฟังก์ชัน van Genuchten อธิบายการกักเก็บน้ำดังนี้ :

$$\theta(h)=\begin{cases}\theta_r+\frac{\theta_s-\theta_r}{[1-|\alpha h|^n]^m} & h<0\\ \theta_s & h\geq 0\end{cases} \quad (2)$$

$$K(h)=K_s S_e^{1/2}\left[1-(1-S_e^{1/m})^m\right]^2 \quad (3)$$

$$S_e=\frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r} \quad (4)$$

$$m=1-1/n\ , \qquad n>1 \quad (5)$$

S_e คือปริมาณน้ำที่มีประสิทธิภาพ

θ_r แสดงถึงปริมาณน้ำที่เหลือ

θ_s แสดงถึงปริมาณน้ำอิ่มตัว

K_s คือค่าการนำไฟฟ้าไฮดรอลิกอิ่มตัว

a คือค่าผกผันของค่าอากาศเข้า (หรือความดันเดือดเกิดฟอง)

n คือดัชนีการกระจายขนาดรูพรุน

องค์ประกอบ x ของอัตราการซึมผ่านถูกคำนวณสำหรับแต่ละโหนด N ตาม (Simunek, Van Genuchten และ Sejna 2005)

$$q_N^{j+1}=-K_{N-\frac{1}{2}}^{j+1}\left(\frac{h_N^{j+1}-h_{N-1}^{j+1}}{\Delta x_{N-1}}+1\right)-\frac{\Delta x_{N-1}}{2}\left(\frac{\theta_N^{j+1}-\theta_N^{j}}{\Delta t}+S_N^{j}\right) \quad (6)$$

θ คือปริมาณน้ำตามปริมาตร (L3L-3)

K คือค่าการนำไฟฟ้าไฮดรอลิก (LT-1)

h คือ หัวกด (L)

S เป็นระยะจม [T-1]

Δt คือการคำนวณเวลา (d)

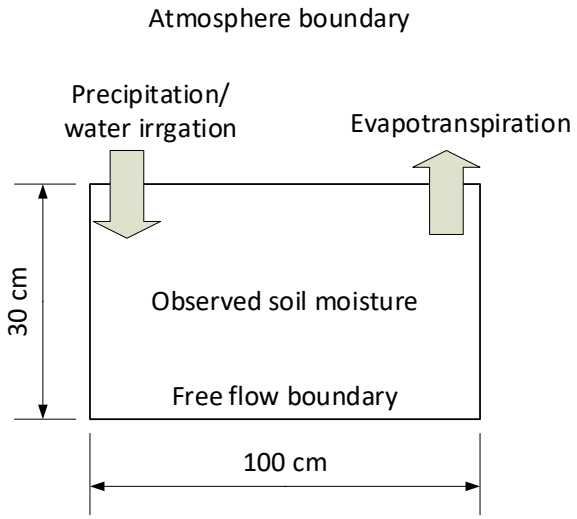
Δx คือขนาดกริด

j คือขั้นตอนของเวลา

N ระบุโหนดการวางตำแหน่งในเมชความแตกต่างจำกัด

น้ำแนวตั้งจากการจำลองโมเดล HYDRUS 1D จะไหลจาก 0 เซนติเมตรถึง 30 เซนติเมตร ในชั้นดินชั้นบนที่เกี่ยวข้องกับความชื้นในดินพื้นผิวถูกกำหนดให้เป็นขอบเขตบรรยากาศขอบเขตของบรรยากาศรวมถึงการไหลจากน้ำฝน การชลประทานและการคายระเหยด้านล่างถือเป็นขอบเขตการไหลอิสระ (รูปที่ 2-17) พารามิเตอร์การกักเก็บน้ำ (α, n, K) ถูกประเมินโดยการสร้างแบบจำลองผกผันจนกว่าความชื้นในดินที่คำนวณได้จะตรงกับมอนิเตอร์ในสนามจากนั้นจะวิเคราะห์การใช้น้ำและการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินเพื่อกำหนดตารางเวลาการชลประทานที่เหมาะสมที่สุดการจัดตารางการให้น้ำที่เหมาะสม

ที่สุดจะยังคงความชื้นของดินในการขาดดุลการจัดการที่อนุญาตโดยใช้น้ำน้อยลงโดยระบบชลประทานในปัจจุบัน



รูปที่ 2-3 เงื่อนไขขอบเขตของการจำลองการซึมผ่าน (Hydrus 1D)

บทที่ 3
พัฒนาปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ตรวจจับของระบบการจัดการระบบให้น้ำ

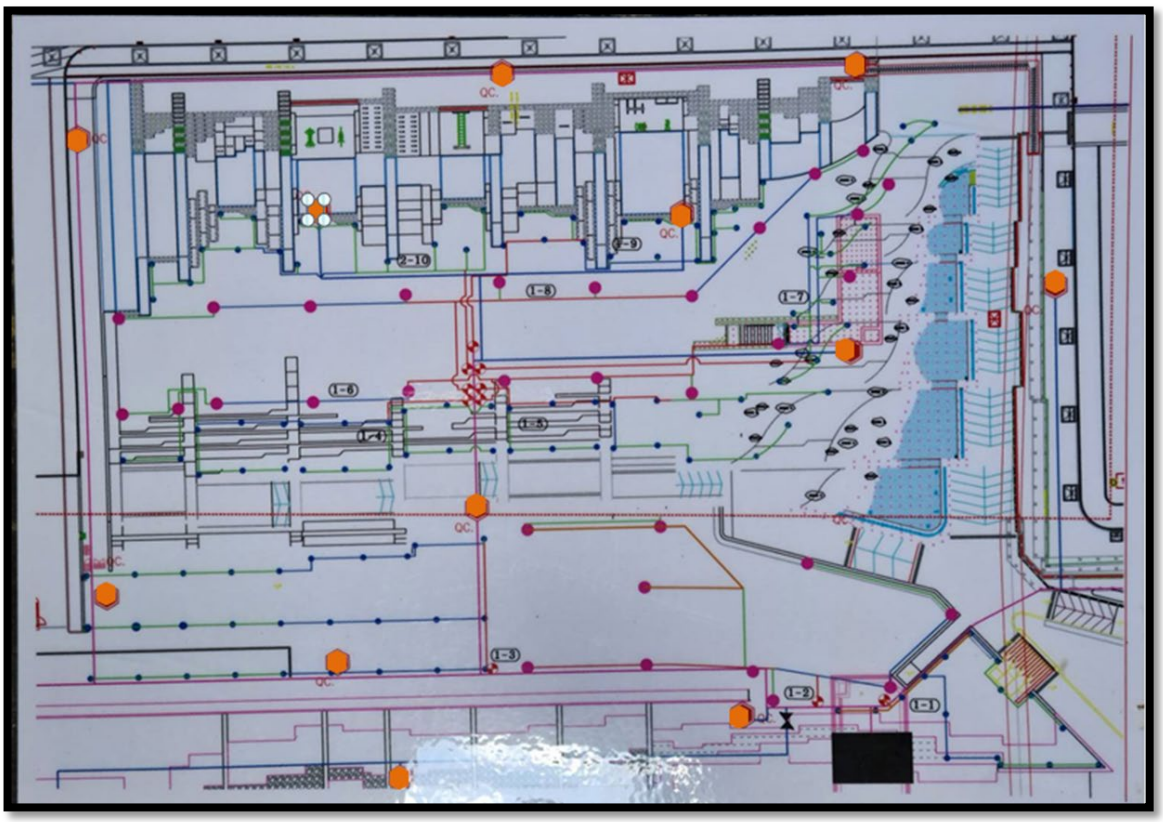
ปัจจุบันจากการโครงการในปีที่ 1 ได้ทำการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ตรวจจับแล้วเสร็จ ในพื้นที่อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประกอบด้วย อุปกรณ์วัดสภาพอากาศ วัดระดับน้ำ และวัดความชื้นในดิน เพื่อติดตามข้อมูลการจัดการน้ำของอุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 1 ปี พร้อมได้ทำการพัฒนาระบบแจ้งเตือนการรดน้ำทุกวันเวลา 08.00 น. ที่แสดงถึงสถานะปัจจุบันของน้ำในดิน ปริมาณน้ำที่ขาด และระยะเวลาในการรดน้ำ เพื่อช่วยให้ผู้ดูแลสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการอย่างเหมาะสม

รูปที่ 3-1 จุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและสถานี

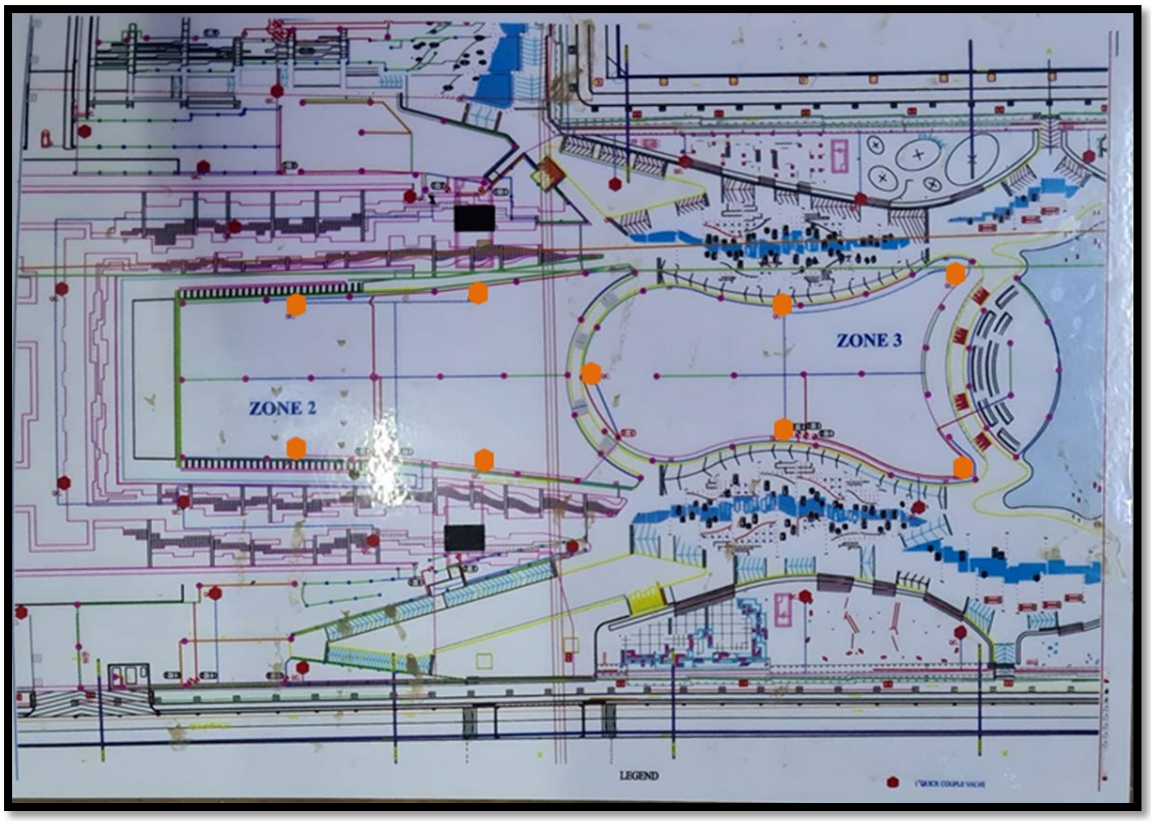
โดยในแผนงานระยะที่ 2 ทางโครงการได้หารือกับทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผ่านการประชุมในวันที่ 11 พฤศจิกายน 2563, วันที่ 22 มกราคม 2564 และวันที่ 27 มกราคม 2564 เพื่อพัฒนาต่อยอดโครงการโดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) ปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบให้น้ำของสวน
2) ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้น้ำเดิมเพื่อเพิ่มอุปกรณ์ในการให้น้ำแบบอัตโนมัติ
3) พัฒนาระบบเชื่อมโยง แสดงผล และสั่งการระบบควบคุมน้ำ โดยอุปกรณ์จะออกแบบให้เป็นการเสริมจากระบบเดิมของทางสวน

รูปที่ 3-2 อุปกรณ์ตั้งเวลารดน้ำเดิมของอุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

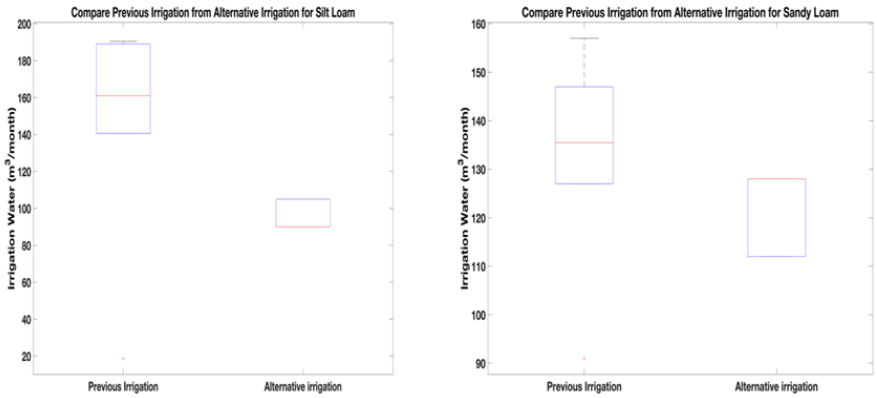


รูปที่ 3-3 ตำแหน่งระบบรดน้ำของปั๊มหมายเลข 10



รูปที่ 3-4 ตำแหน่งระบบรดน้ำของปั๊มหมายเลข 11

โดยปัจจุบันการรดน้ำของปั๊มหมายเลข 10 (รูปที่ 3-3) จะทำการเปิดน้ำจุดละ 5 นาทีมีทั้งหมด 10 จุด รอบแรกเริ่มทำงานเวลา 08.00 น. และรอบที่ 2 เริ่ม 13.30 น. ตั้งการทำงานทุกวันยกเว้นวันที่ฝนตก ส่วนการรดน้ำของปั๊มหมายเลข 11 (รูปที่ 3-4) จะเปิดการทำงานจุดละ 10 นาที มี 12 จุด รอบที่ 1 เริ่มการทำงานเวลา 08.10 น. และรอบที่ 2 เริ่มเวลา 13.20 น. ตั้งการทำงานทุกวันยกเว้นวันที่ฝนตก จากการติดตามข้อมูลด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดพบว่าหากทำการปรับเปลี่ยนการรดน้ำโดยดูค่าจากอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินตามชนิดของดินจะสามารถลดการใช้น้ำได้ถึง 20-30 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3-5 การเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำในอดีต กับแบบจำลองทางเลือกปริมาณการให้น้ำ

3.1 การศึกษาข้อมูลการพยากรณ์อากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ในการจัดการการให้น้ำ

ในการศึกษาประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การพยากรณ์อากาศโดยใช้ AI, 2) โมเดลการรักษาสมดุลความชื้นในดินโดยการใช้โมเดล SWAP และ 3) ระบบตัดสินใจสำหรับกำหนดการชลประทาน โดยใช้แนวทาง Fuzzy Logic

(1) การพยากรณ์อากาศโดยใช้ AI วัตถุประสงค์ของส่วนนี้เป็นการพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนสำหรับการจัดการน้ำ

ก) พัฒนากรรมวิธี Bias Correction เพื่อลดความผิดพลาดในการคาดการณ์ของโมเดล CFSv2 โดยใช้เทคนิคทางสถิติ The Coupled Forecast System version 2 (CFSv2) นั้นเป็นโมเดลที่นำเสนอการปฏิสัมพันธ์ระหว่างภูมิอากาศโลก , มหาสมุทร, พื้นดิน และทะเลน้ำแข็ง ที่ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ Environmental Modeling Center ที่ NCEP โดยข้อมูล CFSv2 นั้นเป็นหนึ่งในข้อมูลเผยแพร่สาธารณะที่ให้ประสิทธิภาพสูงสำหรับการคาดการณ์ปริมาณฝนในประเทศไทย การพยากรณ์สภาพอากาศโดยการ Bias บนอัตราระหว่างการวัดข้อมูล CFSv2 ในช่วงคาบอดีต อัตราการ Bias จะประมาณได้จากรายวันถึงรายสัปดาห์ เพื่อลดทอนความผิดพลาดนากรพยากรณ์ก่อนการนำเข้าเพื่อระบบการตัดสินใจเพื่อการชลประทาน อัตราการ Bias จะถูกดำเนินการด้วยข้อมูล CFSv2 ที่ปรับแก้ด้วยข้อมูลสภาพอากาศ อัตราการ Bias จะเปลี่ยนแปลงทุกปีเพื่อลดความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในอนาคต

ข) ทางเลือกที่ 2 พัฒนาประสิทธิภาพการตาดการณ์ปริมาณฝนโดยใช้ Machine Learning โดย Machine Learning จะใช้ประโยชน์จากข้อมูลสภาพอากาศ CFSv2 สำหรับกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่ศึกษา The Coupled Forecast System Model version 2 (CFSv2) นั้นเป็นโมเดลที่นำเสนอการปฏิสัมพันธ์ระหว่างภูมิอากาศโลก, มหาสมุทร, พื้นดิน และทะเลน้ำแข็งซึ่งเป็นการพัฒนาที่ Environmental Modeling Center ที่ NCEP โดยข้อมูล CFSv2 นั้นเป็นหนึ่งในข้อมูลเผยแพร่สาธารณะที่ให้ประสิทธิภาพสูงสำหรับการคาดการณ์ปริมาณฝนในประเทศไทย โดยข้อมูล CFSv2 จะนำเข้าในชั้น Machine Learning กับการวัดข้อมูลสภาพอากาศที่เป็นเป้าหมาย ตัวชี้วัดความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบนั้นจะถูกปรับแก้โดยอัตโนมัติจนการะทั้งความสัมพันธ์ที่ถูกแก้ไขระหว่างข้อมูล CFSv2 และค่าที่วัดได้จะมีค่าเกินกว่า 0.8 และค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 20 มม./วัน ตัวชี้วัดจะเปลี่ยนไปในทุกเดือนเพื่อเคิมช่องว่างของความไม่แน่นอนระหว่างการดำเนินงานในอนาคต

(2) โมเดลการรักษาสมดุลความชื้นในดินด้วยโมเดล HYDRUS/SWAP ในส่วนนี้ต้องการที่จะศึกษาคุณสมบัติของปริมาณน้ำในดินและจำแนกการใช้น้ำของพืช การทดสอบดินจะ

ทำให้ได้ถึงการวิเคราะห์คุณสมบัติดินและปริมาณน้ำ ข้อมูลสภาพอากาศและคุณสมบัติดินจะถูกนำไปใช้เพื่อจำลองปริมาณน้ำในดินภายใต้รูปแบบการชลประทานในอดีตผ่านทางโมเดล Hydrus โดยการจำลองความชื้นในดินจะถูกปรับเทียบกับการวัดความชื้นในดินด้วยอุปกรณ์ตรวจจับ ความชื้นในดินนั้นเป็นเป้าหมายของระบบตรวจจับที่ฉลาด ที่สามารถปรับแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลได้ใหม่และจัดเก็บบน Cloud ภายหลังจากกระบวนการปรับแก้ การศึกษาจะประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินและปริมาณน้ำสำหรับการชลประทาน การศึกษาจะประเมินเกณฑ์ปริมาณน้ำและความต้องการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ชลประทาน ในการศึกษาจะประยุกต์การคาดการณ์สภาพอากาศเพื่อทำนายความชื้นในดินในช่วง 7 วันโดยการทำนายความชื้นในดินจะเป็นเงื่อนไขสำหรับการทำการตัดสินใจทางชลประทาน

(3) ระบบตัดสินใจสำหรับกำหนดการชลประทาน โดยใช้แนวทาง ANN/Fuzzy Logic ในส่วนนี้มีเป้าหมายที่จะสร้างระบบการตัดสินใจสำหรับกำหนดการชลประทานภายในช่วง 7 วันถัดไป ความชื้นในดิน, ข้อมูลสภาพอากาศในอดีต, ข้อมูลสภาพอากาศในอนาคต และขั้นตอนการพัฒนาของผลผลิต จะถูกนำเข้าแนวทาง ANN/Fuzzy Logic เพื่อขั้นตอนการฝึกฝน เป้าหมายของการฝึกฝนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกำหนดการจัดการน้ำชลประทานใน 7 วันถัดไป การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำชลประทานและการจัดการน้ำในปัจจุบันจะถูกพัฒนาประสิทธิภาพด้วยโมเดล HYDRUS/SWAP ระบบการตัดสินใจกำหนดการชลประทานนั้นคาดหวังว่าจะลดการใช้น้ำได้ถึง 20-30%

3.1.1 ขอบเขตและแนวทางการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์สำหรับระบบชลประทานที่ฉลาดด้วยฐานของกำหนดการชลประทาน Fuzzy Logic จะการดำเนินการดังนี้

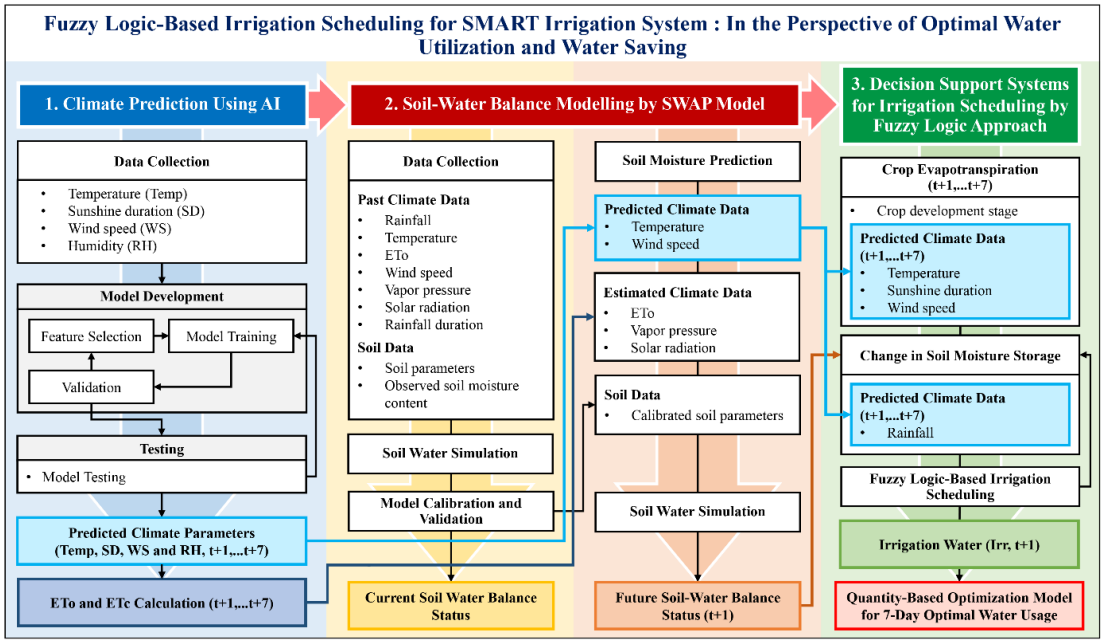
(1) การคาดการณ์ภูมิอากาศโดยใช้ AI
- รวบรวมข้อมูลสภาพอากาศ CFSv2
- รวบรวมข้อมูลสภาพอากาศในอดีต (ข้อมูลปริมาณฝน, การระเหย, ความเร็วลม, อุณหภูมิ, ความชื้น)
- การติดตาม ปริมาณฝน, การระเหย, ความเร็วลม, อุณหภูมิ, ความชื้น จากสถานีตรวจจับอากาศ
- การสร้างอัตราการ Bias รายวัน/รายสัปดาห์
- ข้อมูล Bias การทำนายสภาพอากาศด้วยเทคนิคทางสถิติ/Machine Learning

(2) โมเดลการรักษาสมดุลความชื้นในดินด้วยโมเดล HYDRUS/SWAP
- การติดตามความชื้นในดินทางอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติ
- การวัด/การรวบรวมการใช้น้ำสำหรับชลประทาน (กำหนดการ, ปริมาณ, พื้นที่ชลประทาน)

- รวบรวมตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ทดสอบดิน (ประเภทดิน, ปริมาณน้ำ)
- จำลองความชื้นในดินด้วยโมเดล HYDRUS/SWAP
- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศ, ปริมาณน้ำชลประทาน, ความชื้นในดิน
- คาดการณ์ความชื้นในดินโดยใช้ข้อมูลพยากรณ์อากาศ
- เพิ่มประสิทธิภาพการชลประทาน

(3) ระบบตัดสินใจสำหรับกำหนดการชลประทาน โดยใช้แนวทาง ANN/Fuzzy Logic

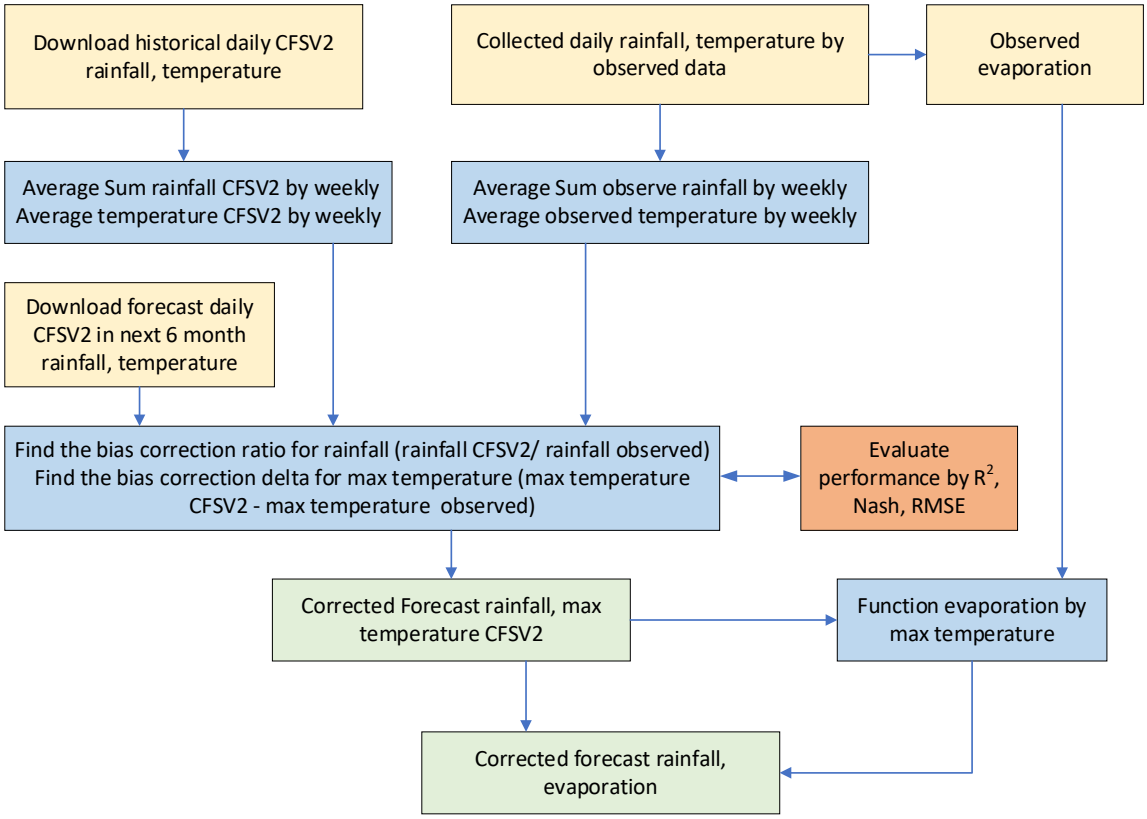
- ฝึกฝนระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการกำหนดการชลประทาน
- พัฒนาประสิทธิภาพของระบบการตัดสินใจชลประทาน



รูปที่ 3-6 ผังการทำงานของระบบชลประทานฉลาดกับ Fuzzy Logic บนฐานของปฏิทินชลประทาน

เป้าหมายของการคาดการณ์สภาพอากาศโดยใช้ AI เป็นการพัฒนาระบบการคาดการณ์ปริมาณฝน 2 สัปดาห์เพื่อการจัดการน้ำ การพัฒนาการศึกษาด้วยกระบวนการ bias correction เพื่อลดความผิดพลาดของการคาดการณ์ของโมเดล CFSv2 โดยใช้เทคนิคสถิติ Coupled Forecast System Model Version 2 (CFSv2) เป็นโมเดลควบคู่ที่นำเสนอการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศ โลก, มหาสมุทร, แผ่นดิน และทะเลน้ำแข็งถูกพัฒนาโดย Environmental Modeling Center ที่ NCEP ข้อมูล CFSv2 นั้นเป็นหนึ่งในข้อมูลสาธารณะมีเป้าหมายที่จะให้ประสิทธิภาพที่ดีสำหรับการคาดการณ์ฝนในประเทศไทย (di Asia Tenggara, AMALIA et al. 2019) การคาดการณ์สภาพอากาศเป็น bias ฐานบนระหว่างข้อมูลตรวจวัด กับ ข้อมูล CFSv2 ในช่วงเวลาในอดีต อัตราการ bias จะประเมินได้จาก รายวัน ถึง รายสัปดาห์ เพื่อลดความผิดพลาดจากการคาดการณ์ก่อนการนำเข้าระบบสนับสนุนการตัดสินใจชลประทาน อัตราการ bias จะดำเนินการกับข้อมูลการคาดการณ์

CFSv2 เพื่อปรับแก้ข้อมูลสภาพอากาศ อัตราการ bias จะปรับปรุงทุกปีเพื่อลดความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคต รายละเอียดการทำงานของ bias การคาดการณ์สภาพอากาศแสดงในรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 ผังการทำงาน bias correction CFSv2 ปริมาณฝน, การระเหย

3.1.2 การรวบรวมข้อมูล

(1) ข้อมูล CFSv2

Climate Forecast System version 2 (CFSv2) เป็นโมเดลคู่ควบมหาสมุทร-บรรยากาศ-แผนดินและรุ่นล่าสุดของการคาดการณ์ฤดูการณ์จาก National Centers for Environmental Prediction (NCEP) CFSv2นอกจากนี้ยังพบว่า CFSv2 มี cold bias อย่างเป็นระบบในแถบศูนย์สูตรแปซิฟิกกลาง-ตะวันออกในช่วงฤดูร้อน/ฤดูใบไม้ร่วงใน SST สำหรับช่วงเวลา 1982-1998 และ 1990-2010 ตามลำดับ (Xue et al. 2013) นอกจากนี้ Jiang et al. (2013) พบว่า CFSv2 เพิ่มทักษะในการทำนายปริมาณน้ำฝนและลักษณะการหมุนเวียนของมรสุมขนาดใหญ่แต่ความคล่องตัวสำหรับมรสุมเอเชียใต้ลดลงอย่างไรก็ตามความเอนเอียงบางอย่างใน CFSv1 (Yang et al. 2008) ยังคงมีอยู่ใน CFSv2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณโซนร้อนกึ่งเขตร้อนของแปซิฟิกตะวันตกที่อ่อนแอกว่าที่สังเกตได้และการเชื่อมโยงที่รุนแรงเกินจริงของมรสุมฤดูร้อนแห่งเอเชีย (ASM) กับEl-Nino Southern Oscillation (เอ็นโซ่). ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้ CFSV2 เป็นข้อมูลดิบคาดการณ์อากาศ นอกจากนี้สถิติยังปรับแก้ไขCFSV2 กับสภาพอากาศในเขตกรุงเทพฯ

(2) Bias Correction

การแก้ไข bias นี้ใช้ (หรือคูณ) เดลต้ากับข้อมูลที่สังเกตได้ในช่วงเวลาพื้นฐาน (เช่น "วิธีเดลต้า" ((Graham, Andréasson et al. 2007, Kiem, Ishidaira et al. 2008, Weiland, Van Beekและคณะ2010), (Watanabe, Kanae et al. 2012)

$$t_{cor,i} = t_{p,i} + t_o - t_b \quad (1)$$

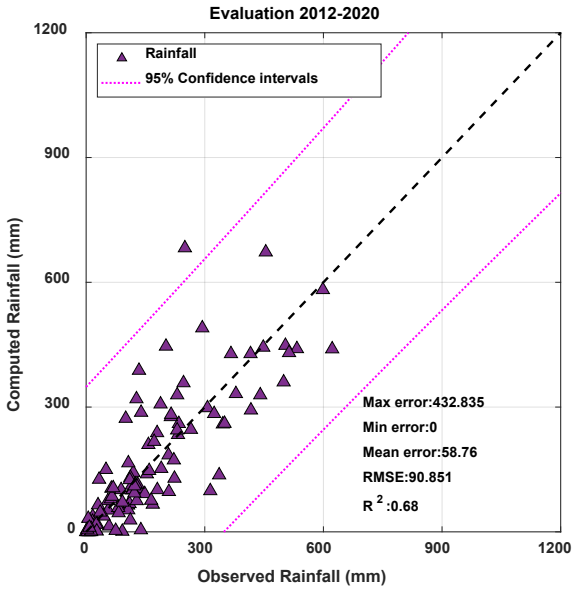
$$R_{cor,i} = R_{p,i} \times \frac{R_o}{R_b} \quad (2)$$

โดยที่ tcor, Rcor (i = 1, 2, ⋯, 25) หมายถึงข้อมูลที่แก้ไขอคติในเขตอบอุ่นและปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาพื้นฐานตามลำดับตัวห้อย b, p และo ระบุข้อมูลจำลองในช่วงเวลาการตรวจวัดพื้นฐานและระยะเวลาการฉายภาพและข้อมูลการสังเกตตามลำดับวิธีนี้มีข้อได้เปรียบของความเรียบง่ายและข้อกำหนดข้อมูลเพียงเล็กน้อย: ต้องใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเท่านั้นในการคำนวณปัจจัยการแก้ไขรายเดือน (Lafon, Dadson et al. 2013)

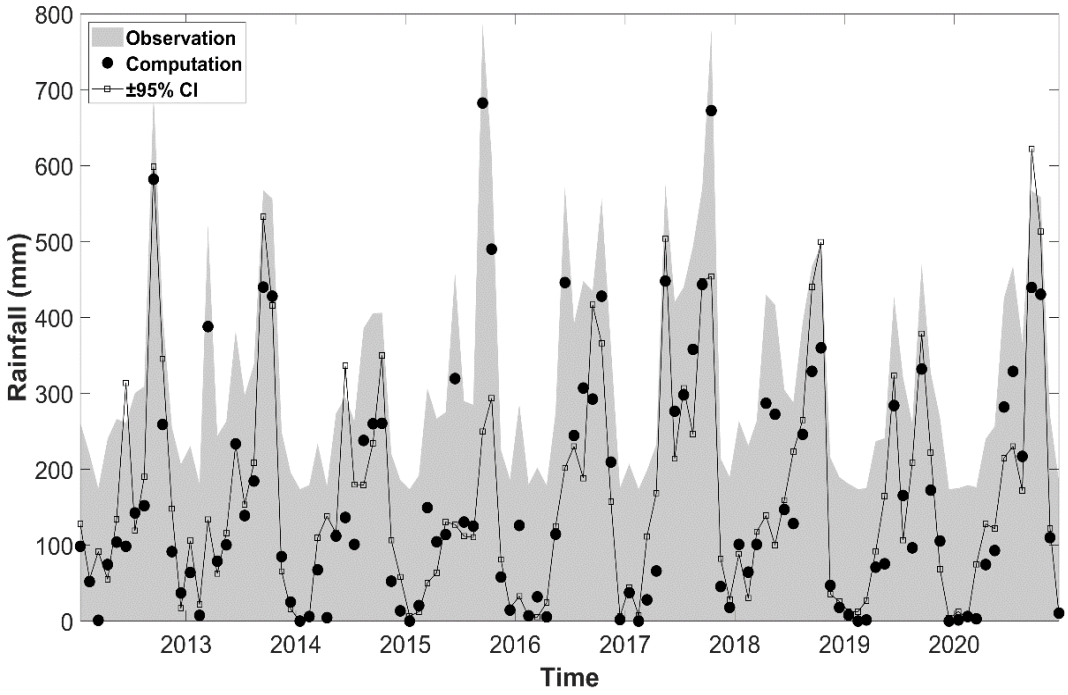
3.1.3 ผลลัพธ์

(1) ข้อมูลภูมิอากาศของการฉายแบบ Bias

ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ Bias มีความลำเอียงในระดับรายสัปดาห์และเปรียบเทียบกับการสังเกตปริมาณน้ำฝนแสดงค่าความแปรปรวนที่สัมพันธ์กับ R2 คือ 0.68 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย คือ 58 มม./เดือน และ RMSE คือ 90 มม./เดือน ดังรูปที่ 3-8 แสดงรูปแบบปริมาณน้ำฝนระหว่างปี 2555-2563 พร้อมช่วงความเชื่อมั่นดังนั้นวิธีการนี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีในการทำนายปริมาณน้ำฝนในอนาคต

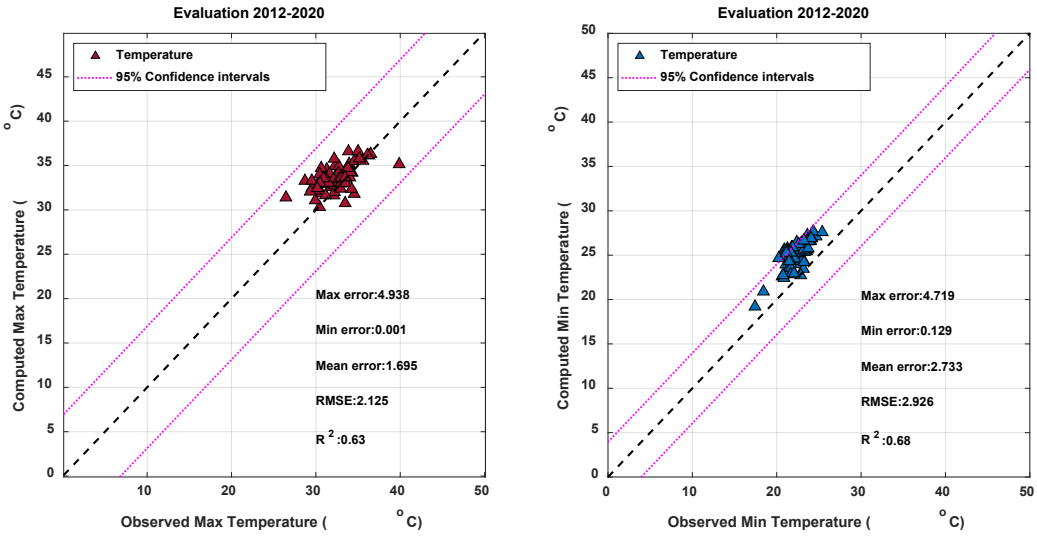


รูปที่ 3-8 การประเมินปริมาณน้ำฝนที่มี Bias cfv2



รูปที่ 3-9 เปรียบเทียบ Bias CFSV2 กับการสังเกต

เช่นเดียวกับปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ CFSV2 มีความเอนเอียงกับข้อมูลรายสัปดาห์ อุณหภูมิยังแสดงประสิทธิภาพที่ดีที่สังเกตได้ R2 คือ 0.63 และ RMSE คือ 2 มม. ข้อผิดพลาดตรงกับช่วงความเชื่อมั่น 95% ดังนั้น ความเอนเอียงทางสถิติสามารถทำให้เกิดอุณหภูมิอคติ CFSV2 ซึ่งปรับให้เหมาะกับการประมาณการชลประทานน้ำในอีก 6 เดือนข้างหน้า ดังรูปที่ 3-10 แสดงการประเมินอุณหภูมิ BiasCFSV2



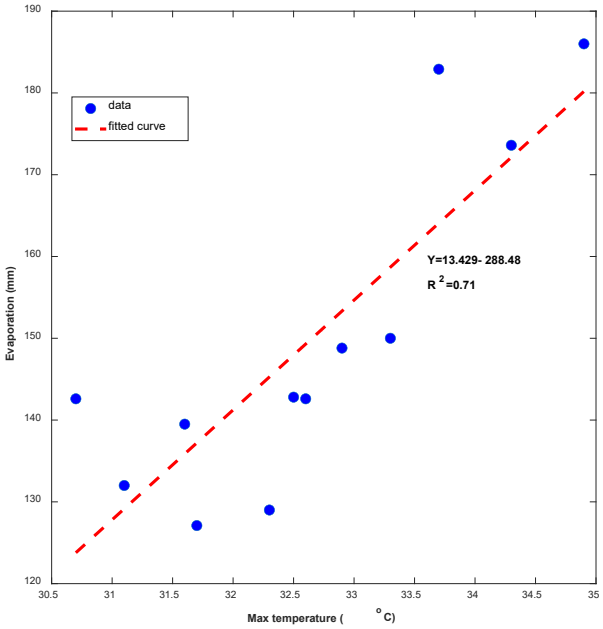
รูปที่ 3-10 อุณหภูมิ Bias ในการประเมิน CFSV2

อัตราส่วน Bias รายสัปดาห์สำหรับ cfsv2 แสดงดังต่อไปนี้:

ตารางที่ 3-1 ค่าสัมประสิทธิ์อคติของ CSFV2

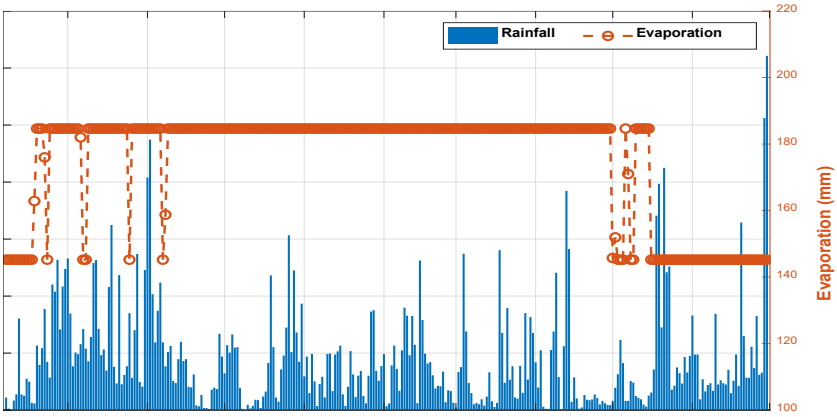
Week	Rainfall	Tmax	Week	Rainfall	Tmax
	Adjust COEF	Adjust COEF		Adjust COEF	Adjust COEF
1	0.43	-2.01	28	0.48	-0.41
2	1.31	-1.18	29	0.71	-0.41
3	0.67	-1.44	30	0.71	0.18
4	2.16	-2.80	31	0.58	0.01
5	1.07	-3.34	32	0.52	-0.54
6	0.90	-3.19	33	0.79	-0.05
7	0.27	-4.78	34	0.73	-0.65
8	0.14	-4.11	35	0.86	0.71
9	0.47	-4.04	36	1.11	0.17
10	0.36	-3.81	37	1.10	-1.16
11	2.36	-4.77	38	1.08	-0.42
12	0.58	-4.79	39	1.31	-0.80
13	0.43	-3.71	40	1.61	-0.86
14	0.95	-4.43	41	0.86	-0.88
15	1.19	-4.40	42	1.34	-1.99
16	0.49	-3.80	43	1.52	-1.02
17	1.19	-3.81	44	0.90	-0.81
18	0.54	-2.79	45	0.55	-0.83
19	0.54	-2.66	46	0.39	0.05
20	1.06	-1.86	47	0.50	0.69
21	0.39	-1.65	48	0.74	-0.54
22	0.70	0.10	49	0.61	-1.30
23	0.77	-0.95	50	0.22	-0.85
24	0.67	-0.98	51	0.05	-1.21
25	1.12	0.95	52	2.77	-2.42
26	0.72	0.28	53	92.59	-2.26
27	0.80	-0.58			

การระเหยแสดงความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สูงกับอุณหภูมิสูงสุด (R2=0.71) จากนั้นสามารถประมาณการระเหยด้วยอุณหภูมิสูงสุด ฟังก์ชันคือ y = 13.429-228.48 ดังรูปที่ 3-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดกับการระเหย



รูปที่ 3-11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดกับการระเหย

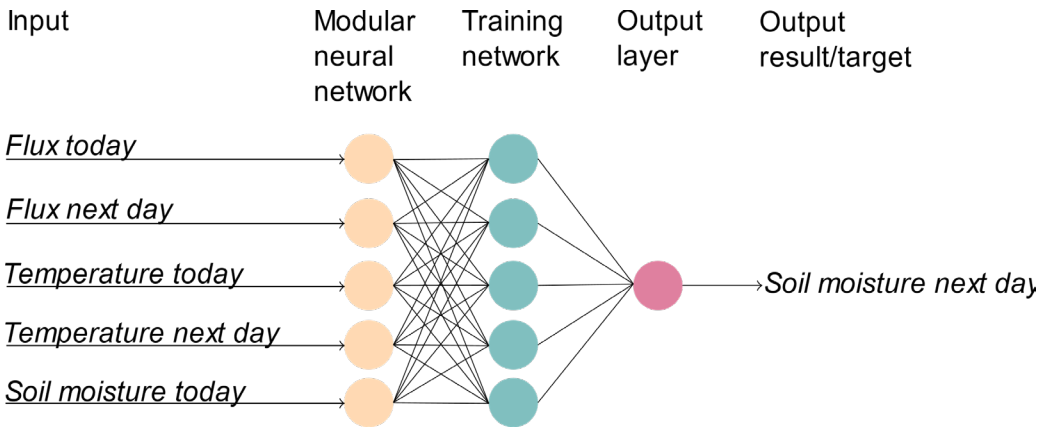
และรูปที่ 3-12 แสดงปริมาณน้ำฝน Biascfsv2 และการระเหยของอากาศ ตั้งแต่เดือนตุลาคมพ.ศ. 2564 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2565 ในอีก 6 เดือนข้างหน้าปริมาณน้ำฝนจะต่ำกว่า 10 มิลลิเมตร/วันเป็นผลให้การระเหยแตกต่างกันไปตั้งแต่ 145 ถึง 180 มม./วัน



รูปที่ 3-12 ปริมาณน้ำฝน Biascfsv2 และการระเหยของอากาศ ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2565

(2) คาดการณ์ความชื้นในดินโดยใช้ข้อมูลพยากรณ์อากาศ

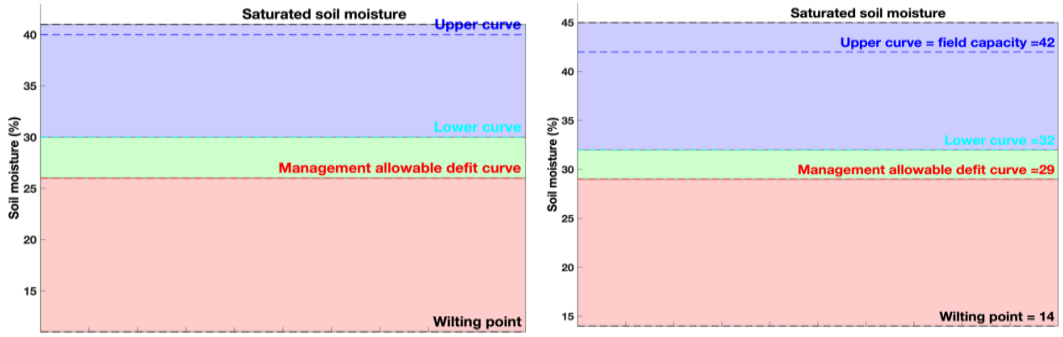
จากหนึ่งในโมเดลมิติ, ความชื้นในดินที่มีผลกระทบจากความชื้นในดินในวันก่อนหน้า, ฝนตก, น้ำชลประทาน และอุณหภูมิ เป้าหมายของความชื้นในดินในวันถัดไป โครงสร้างของ ANN ที่ประยุกต์ในการศึกษาคือ modular neural network (MNN) โดย MNN สามารถปรับแต่งการกระทำระหว่างข้อมูลนำเข้าที่เกี่ยวข้อง ความชื้นในดินในวันก่อน, ฝนตก, น้ำชลประทาน และอุณหภูมิ (รูปที่ 3-13)



รูปที่ 3-13 Modular neural network ที่ฝึกซ้อมเพื่อพยากรณ์ความชื้นในดินในวันถัดไป

(3) ระบบตัดสินใจสำหรับกำหนดการชลประทาน

ประการแรก API จะได้รับความชื้นในดิน 4 สถานี เวลา 08.00 น. ทุกวัน ประการที่สองระบบลอจิกจะเปรียบเทียบความชื้นในดินกับเส้นโค้งของกฎสำหรับดินแต่ละประเภท เพื่อให้คำแนะนำในการชลประทาน (เส้นโค้งของกฎแสดงในรูปที่ 3-14) ดินอิ่มตัวเมื่อความชื้นในดิน 40% สำหรับดินร่วนปนทรายและ 42% สำหรับดินร่วนตะกอน ความชื้นในดินระหว่าง 30% ถึง 40% หมายถึงดินเปียกสำหรับดินร่วนปนทราย ในขณะที่ดินร่วนปนเปียกมีความชื้นในดิน 32% ถึง 42% ไม่แนะนำให้ใช้น้ำชลประทานในดินอิ่มตัวและดินเปียก ดินร่วนปนทรายแห้งยังคงมีความชื้นในดินตั้งแต่ 26% ถึง 30% ในขณะที่ดินร่วนแห้งจะพิจารณาความชื้นในดินระหว่าง 29% ถึง 32% ดินที่แห้งมากต่ำกว่า 26% สำหรับดินร่วนปนทรายและ 29% สำหรับดินร่วนปนทราย แนะนำให้ใช้น้ำชลประทานเมื่อดินแห้ง ปริมาตรของฐานน้ำในการวิเคราะห์จากแบบจำลองสมดุลความชื้นในดิน การตัดสินใจด้านการชลประทานจะแนะนำตารางการให้น้ำสำหรับ 7 วันถัดไป คำแนะนำสถานะของดินและการให้น้ำของดินจะส่งย้อนกลับไปยังเซิร์ฟเวอร์คลาวด์และส่งให้ผู้ใช้ทางข้อความ LINE



ก) ดินร่วนปนทราย ข) ดินร่วนตะกอน

รูปที่ 3-14 Rule Curve ของดินร่วนปนทรายและดินร่วนตะกอน

ตารางที่ 3-2 ตารางค่าการแจ้งเตือนการรดน้ำตามสภาพดิน

ชนิดดิน	**ดินร่วนปนทราย**			**ดินร่วนตะกอน**		
สถานะ	ปริมาณความชื้นในดิน (%)	การรดน้ำ	ปริมาณน้ำ ($ม.^3$)	ปริมาณความชื้นในดิน (%)	การรดน้ำ	ปริมาณน้ำ ($ม.^3$)
อิ่มน้ำ	>40	ไม่รด	0	>42	ไม่รด	0
เปียก	30-40	ไม่รด	0	32-42	ไม่รด	0
แห้ง	26-30	รดน้ำ	16	26-30	รดน้ำ	16
แห้งมาก	<26	รดน้ำ	25	<26	รดน้ำ	25

3.2 การศึกษาน้ำในดินและการจำลองการรักษาสมดุล

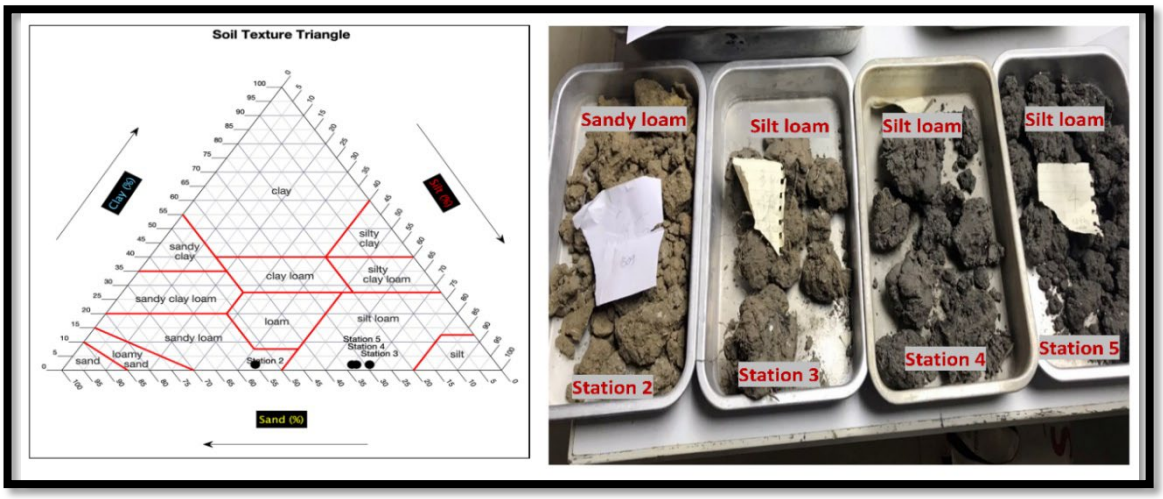
3.2.1 ชนิดของดินในพื้นที่ศึกษา

ชนิดของดินใน 4 สถานีนั้น ได้จำแนกโดยการทดสอบดินในการศึกษาปีที่ 1 ผลการทดสอบพบว่า ดินที่สถานี 2 เป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินที่สถานี 3, 4, 5 นั้นเป็นดินร่วนตะกอน (รูปที่ 3-15) Permanent wilting point (PWP) และ Wilting point (WP) นั้นได้จำแนกเป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดในดินที่พืชต้องการเพื่อไม่ให้เหี่ยวเฉา หากว่าปริมาณน้ำลดลงถึงระดับนี้หรือจุดต่ำสุดอื่นใด พืชจะเหี่ยวเฉาและไม่สามารถฟื้นตัวได้ในระยะยาว พืชจะแห้งเหี่ยวเมื่ออยู่ในสภาวะนี้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ดินร่วนปนทรายที่มีความชื้นอิ่มตัวที่ 40% จุดเหี่ยวเฉา 10% และดินร่วนตะกอนที่มีความชื้นอิ่มตัวที่ 42% จุดเหี่ยวเฉา 14% ค่าการนำไฟฟ้าไฮดรอลิกอิ่มตัวของดินร่วนและดินตะกอน คือ 108 มม./วัน (ตารางที่ 3-3) ความสามารถในการกักเก็บน้ำที่มีอยู่ (Available water holding capacity (AWC)) คือ ปริมาณน้ำสูงสุดที่ดินสามารถจัดเก็บเพื่อนำไปสกัดโดยพืชได้ เป็นน้ำขัง

ระหว่างความจุสนามและจุดเหี่ยวแห้งถาวร ปริมาณน้ำที่มีอยู่ทั้งหมดในเขตรากของดินสำหรับพืชเฉพาะจะเท่ากับความลึกของการหยั่งรากของพืชคูณด้วยความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินที่มีต่อความลึกหนึ่งหน่วย

พืชที่ปลูกในอุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์ มี Management Allowable Deficit (MAD) 40% (Sharma 2019) MAD ระบุปริมาณน้ำในดินสูงสุดที่ผู้จัดการชลประทานเลือกเพื่อให้พืชผลสามารถแยกจากโซนความลึกของการหยั่งรากของพืชที่ใช้งานอยู่ระหว่างการชลประทานดังนั้น การศึกษานี้จะจัดให้มีการชลประทานน้ำที่เหมาะสมที่สุดเพื่อรักษาความชื้นในดินในช่วงของการขาดดุลการจัดการ (MAD) ระบบชลประทานจะทำงานเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 25%



รูปที่ 3-15 ชนิดดินในอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ

ตารางที่ 3-3 การปรับเทียบคุณสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

Station	Soil type	□□	□□	□	n	K_s (mm/day)
Station 2	Sandy Loam	0.065	0.46	0.0024	1.59	108
Station 3	Silty Loam	0.089	0.45	0.00085	1.79	68.8
Station 4	Silty Loam	0.089	0.45	0.00089	1.83	77.8
Station 5	Silty Loam	0.089	0.45	0.00089	1.83	77.8

3.2.2 การติดตามข้อมูลสภาพอากาศและความชื้นในดิน

ความชื้นในดินและปริมาณน้ำฝนถูกตรวจสอบผ่านเซ็นเซอร์ การวัดความชื้นในดินทั้ง 5 สถานีและบันทึกทุก 5 นาที การบันทึกปริมาณน้ำฝนทุก 5 นาที นอกจากนี้ อุทยาน 100 ปี ฯ ยังได้วางระบบชลประทานอัตโนมัติด้วยอัตรา 16 ลิตร/วินาที เวลา 08.00 น. และ 13.00 น. ยกเว้นวันที่ฝนตก เนื่องจากพื้นที่ชลประทานย่อย คือ 400 ตร.ม. ปริมาณการชลประทานจึงอยู่ที่ประมาณ 12 มม./วัน/ตร.ม. จากความชื้นในดินที่สังเกตพบ ดินร่วนปนทรายสูญเสียความชื้นในดิน 2%/วัน และ

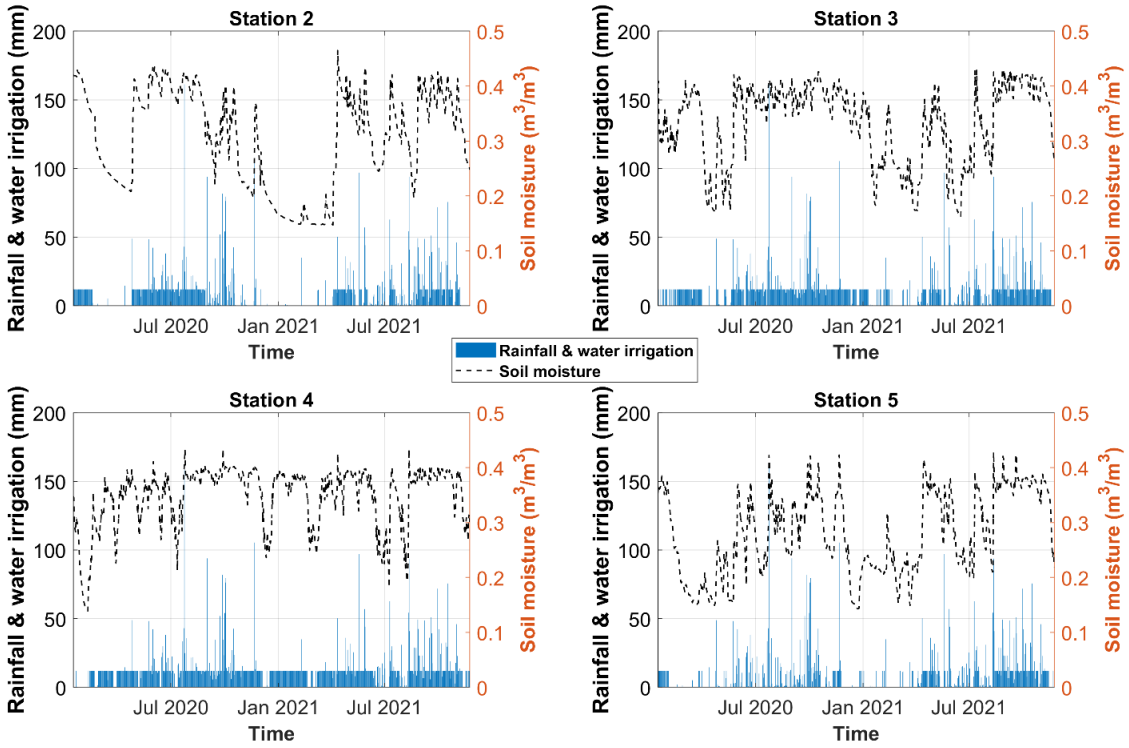
ดินร่วนตะกอนสูญเสียความชื้น 2-3%/วันที่ ที่ระดับความลึก 30 ซม. ดังนั้น ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ คือ 6 มม./วัน

เพื่อประมาณการกำหนดเวลาการชลประทานน้ำที่เหมาะสม การศึกษานี้ได้จำลองความสมดุลของน้ำในดินใน 3 สถานการณ์ (ปีแห้ง ปีปกติ ปีเปียก) เกณฑ์ของการจำลอง คือ การจัดการความชื้นในดินให้สูงกว่าเส้นโค้งค่าขาดดุลที่ยอมให้จัดการได้ (0.23 ลบ.ม./ลบ.ม.) จากนั้น ข้อมูลสภาพอากาศ การจัดตารางการชลประทานที่เหมาะสม ความชื้นในดินจะถูกนำไปใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง ANN การจัดตารางเวลาการชลประทานโมเดล ANN การจัดตารางเวลาการชลประทานจะได้รับการฝึกอบรมเพื่อคาดการณ์การจัดกำหนดการชลประทานในอีก 2 สัปดาห์ข้างหน้า

3.2.3 ผลลัพธ์

(1) ความสัมพันธ์ระหว่างการไหลของน้ำกับความชื้นในดิน

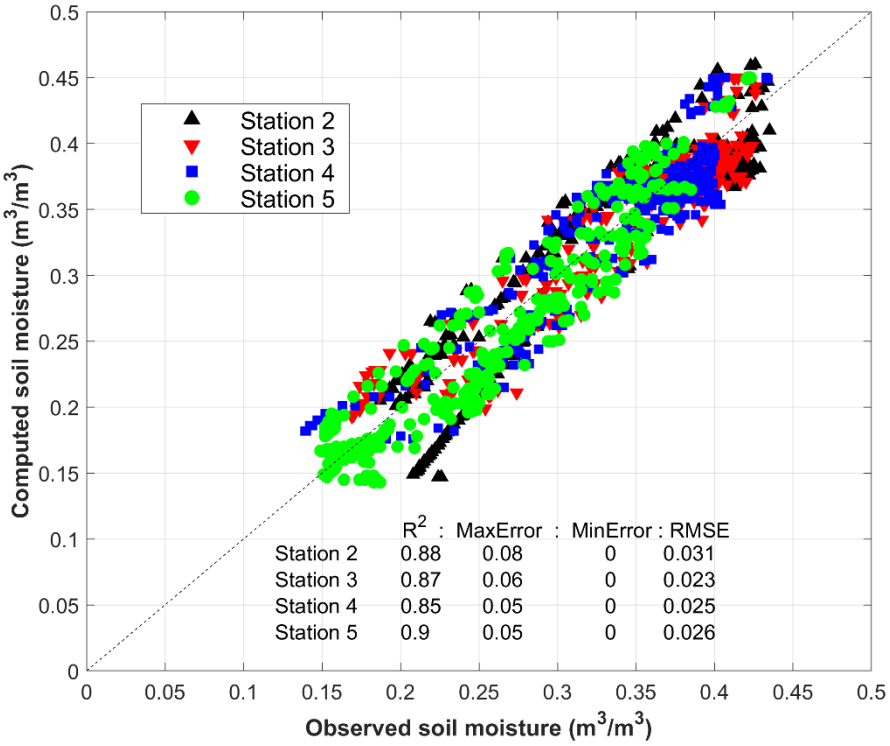
ความชื้นในดินแสดงได้ดีสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนและกระแสน้ำในสถานีที่ 1 การจัดตารางชลประทานถูกยกเลิกในสถานีที่ 2 เนื่องจากสถานการณ์โควิด 19 ในปี 2563 และ 2564 จากนั้นความชื้นในดินในช่วงนั้นลดลง ระบบน้ำอัตโนมัติเติมน้ำทุกวันเพื่อให้ความชื้นในดินสูงกว่า 0.3 ดังนั้นจึงเห็นได้ชัดว่าพืชมีน้ำมากเกินไป โมเดลการศึกษาสำรวจกระบวนการแทรกซึมผ่านการจำลองสมดุลน้ำในดิน (Hydrus 1D) คุณสมบัติของดินจะถูกปรับให้เหมาะสมกับการจัดตารางน้ำที่เหมาะสมที่สุด



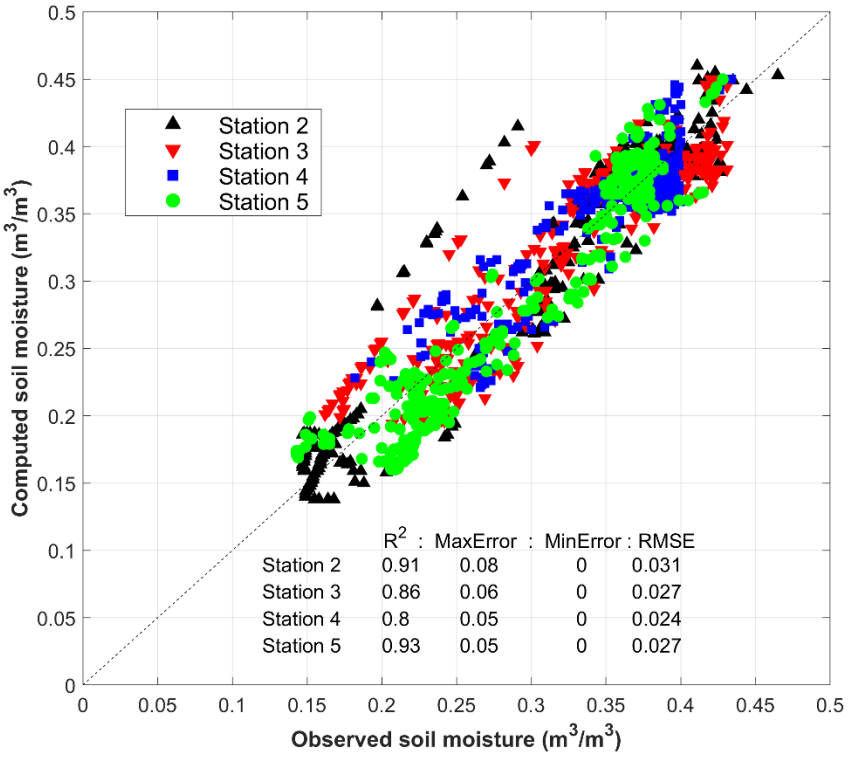
รูปที่ 3-16 ปริมาณน้ำฝนและน้ำชลประทานและความชื้นของดิน 4 สถานีของอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ

(2) การสอบเทียบและการตรวจสอบความสมดุลของน้ำในดิน

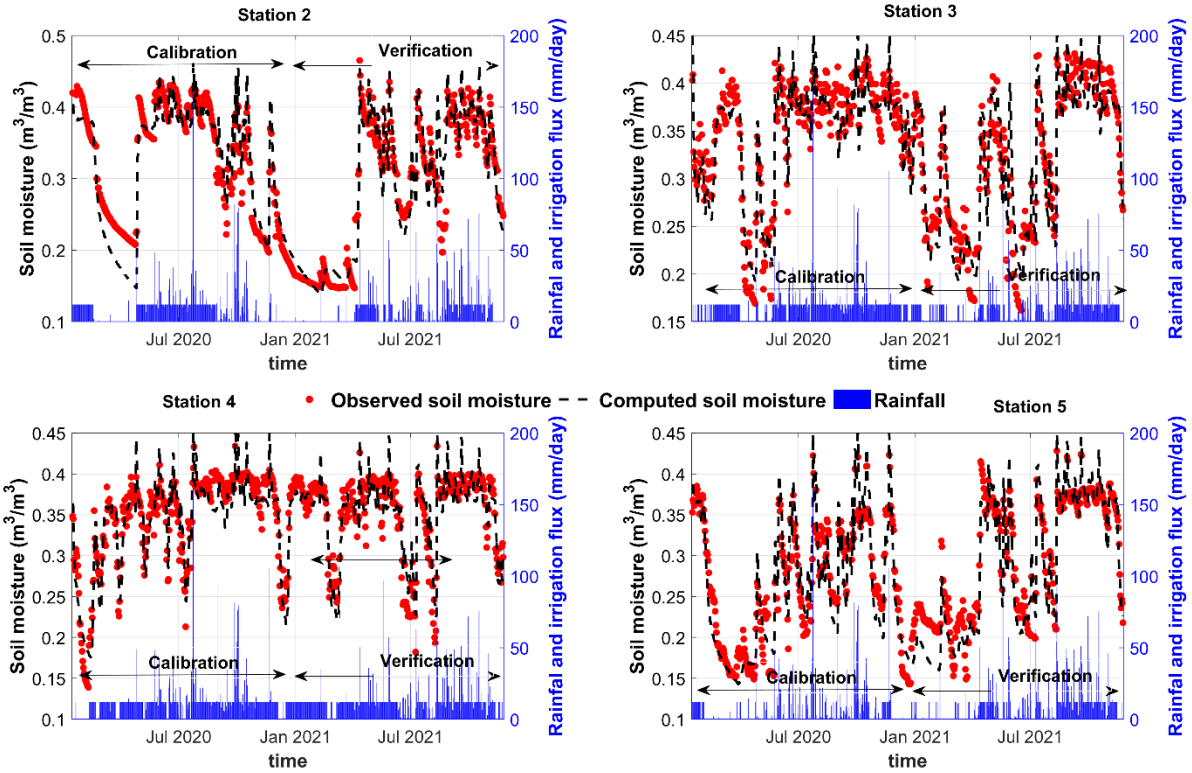
ในรูปที่ 3-17 ถึงรูปที่ 3-19 แสดงการปรับเทียบและตรวจสอบ Hydrus 1D ที่ 4 สถานี ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีของแบบจำลองสมดุลน้ำในดิน การสอบเทียบดำเนินการในปี 2563 และการตรวจสอบยืนยันในปี 2564 R2 มีค่ามากกว่า 0.8 และ RMSE คือ 0.023-0.031 การสอบเทียบถูกปรับพารามิเตอร์การกักเก็บน้ำ (α, n, K) ของดินร่วนปนทรายและดินตะกอน พารามิเตอร์ที่ปรับเทียบแล้วแสดงในตารางที่ 3-3 ดินทรายมีค่าการนำไฮดรอลิกและอากาศเข้า (α) สูงกว่าดินตะกอน ดินร่วนปนทรายกักเก็บน้ำน้อยกว่าดินร่วนปนทราย



รูปที่ 3-17 การปรับเทียบความชื้นในดินด้วย Hydrus 1D ในปี พ.ศ. 2563



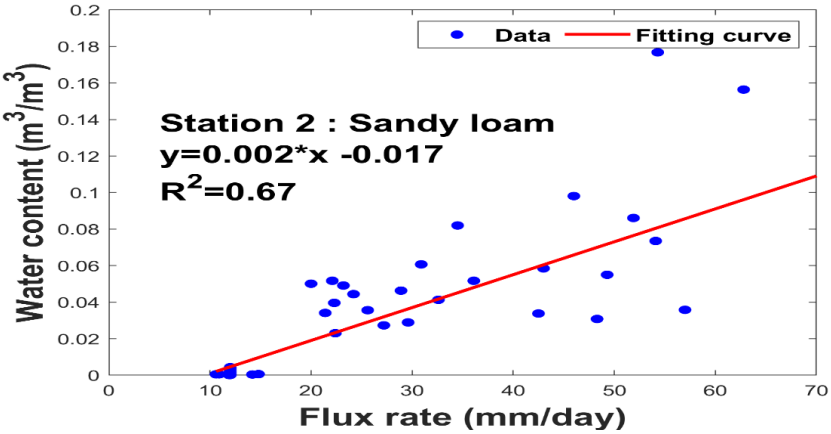
รูปที่ 3-18 การตรวจสอบความชื้นในดินด้วย Hydrus 1D ในปี พ.ศ. 2564



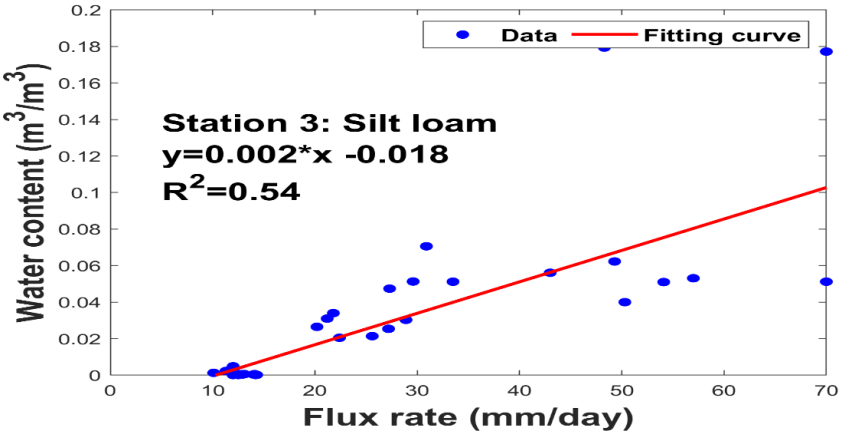
รูปที่ 3-19 การปรับเทียบความชื้นและปริมาณน้ำฝนของดินในช่วงปี พ.ศ. 2563-2564

(3) น้ำชลประทานสำหรับ 3 กรณี

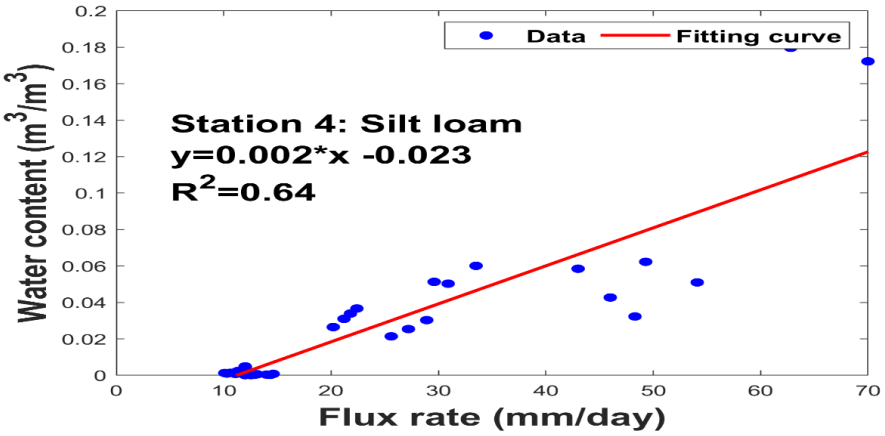
ตามฟลักซ์และปริมาณน้ำ การศึกษาวิเคราะห์ฟังก์ชันฟลักซ์ที่มีปริมาณน้ำ ฟังก์ชันของ 4 สถานีแสดงในรูปที่ 3-20 ถึงรูปที่ 2-23 การฟลักซ์ของดินร่วนปนทราย และดินร่วนตะกอนนั้นเหมือนกับเพราะเปอร์เซ็นต์ดินร่วนนั้นสูงในทั้งสองชนิดดิน นอกจากนี้ฟังก์ชันได้แสดงให้เห็นว่ากับฝนตกหรืออัตราการชลประทานที่ 10 mm/m^2/day, ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 1 m^3/m^3. นอกจากนี้การสูญเสียปริมาณน้ำต่อวันที่ 1-2 m^3/m^3 เป็นเหตุให้การให้น้ำชลประทานนั้นไม่จำเป็นเมื่อฝนตกมากกว่า 10 mm/day การฟลักซ์จะถูกประยุกต์ใช้เพื่อการชลประทานในพื้นที่สีเขียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพน้ำชลประทาน ระบบจะเติมน้ำ 10 mm/day ทุก 7 วัน



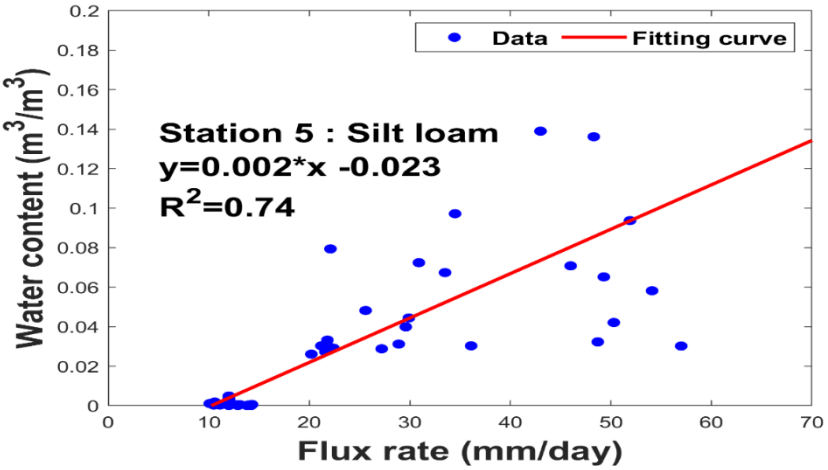
รูปที่ 3-20 ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 2 (ดินร่วนปนทราย)



รูปที่ 3-21 ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 3 (ดินร่วนปนทราย)

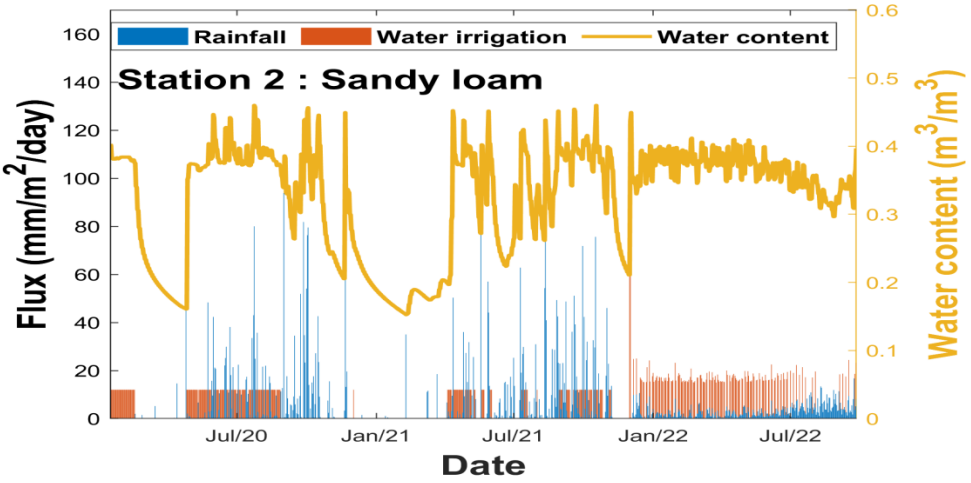


รูปที่ 3-22 ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 4 (ดินร่วนปนทราย)

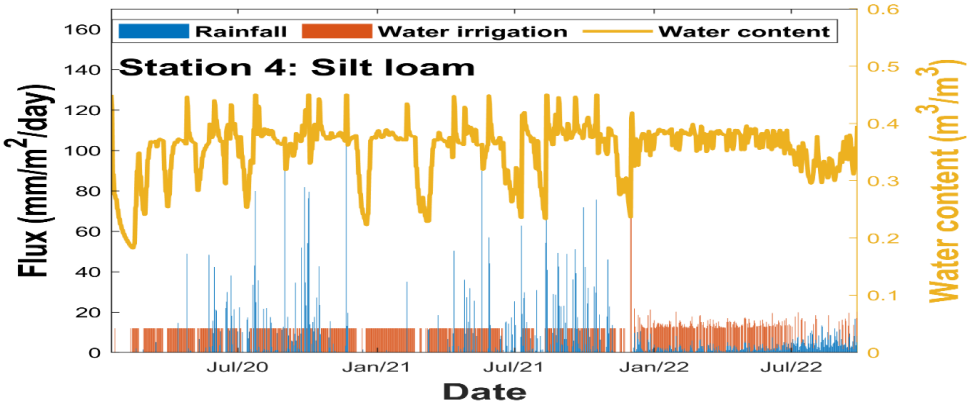


รูปที่ 3-23 ฟังก์ชันอัตราฟลักซ์และปริมาณน้ำที่สถานีที่ 4 (ดินร่วนตะกอน)

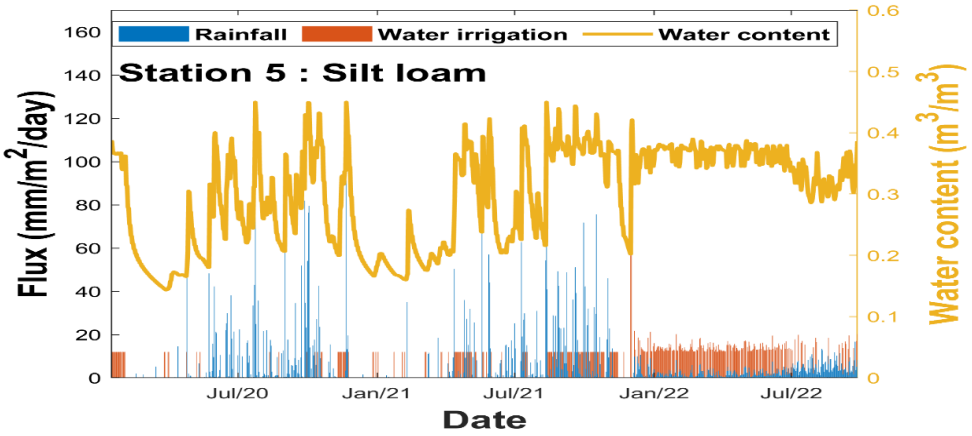
ในการประเมินการจัดตารางการให้น้ำทางเลือก ปริมาณน้ำในดินถูกจำลองภายใต้สภาวะไบแอส climate CFSV2 ในอีก 6 เดือนข้างหน้า กำหนดการชลประทานทางเลือกแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำสามารถคงอยู่ในช่วง 0.3-0.4 m^3/m^3 การจำลองน้ำในดินแสดงในรูปที่ 3-24 ถึง รูปที่ 3-26



รูปที่ 3-24 แบบจำลองสมดุลน้ำในดินภายใต้การไบแอสภูมิอากาศ CFSV2 ใน 6 เดือนถัดไปที่สถานีที่ 3



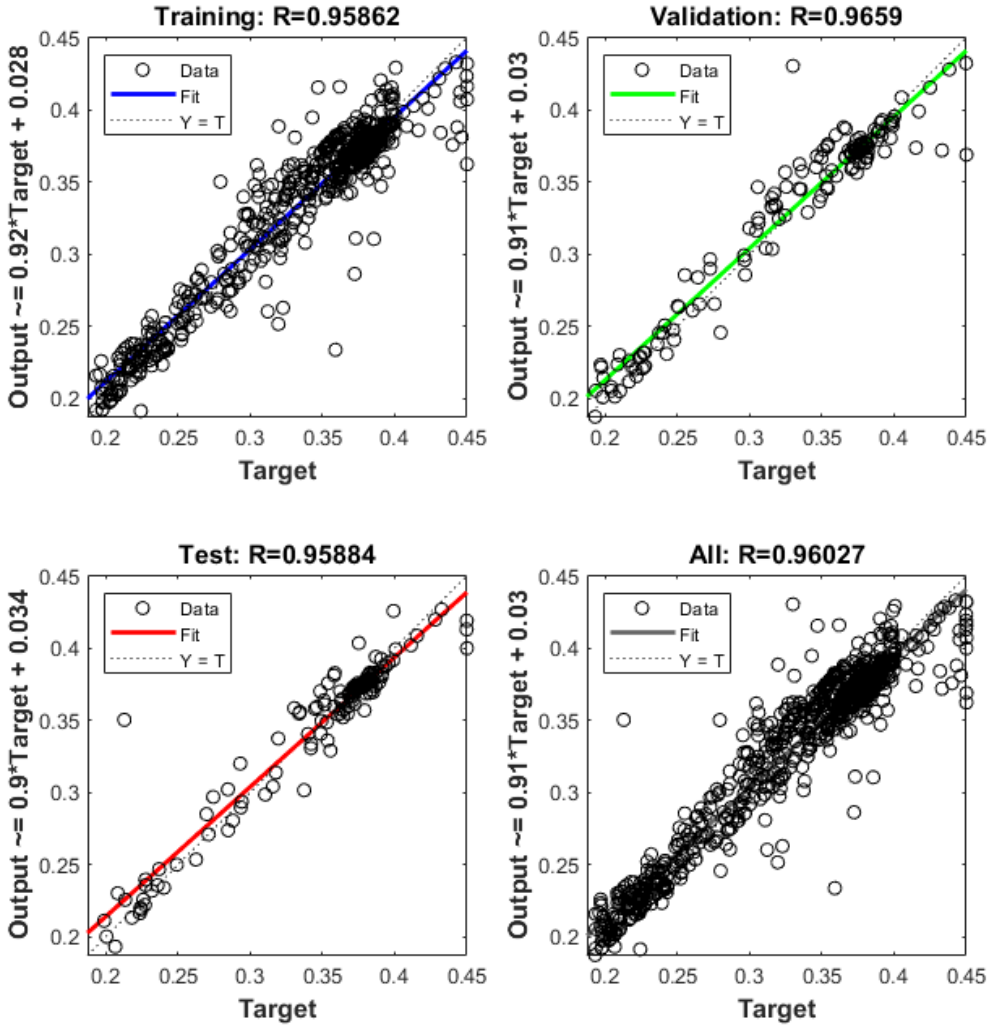
รูปที่ 3-25 แบบจำลองสมดุลน้ำในดินภายใต้การไบแอสภูมิอากาศ CFSV2 ใน 6 เดือนถัดไปที่สถานีที่ 4



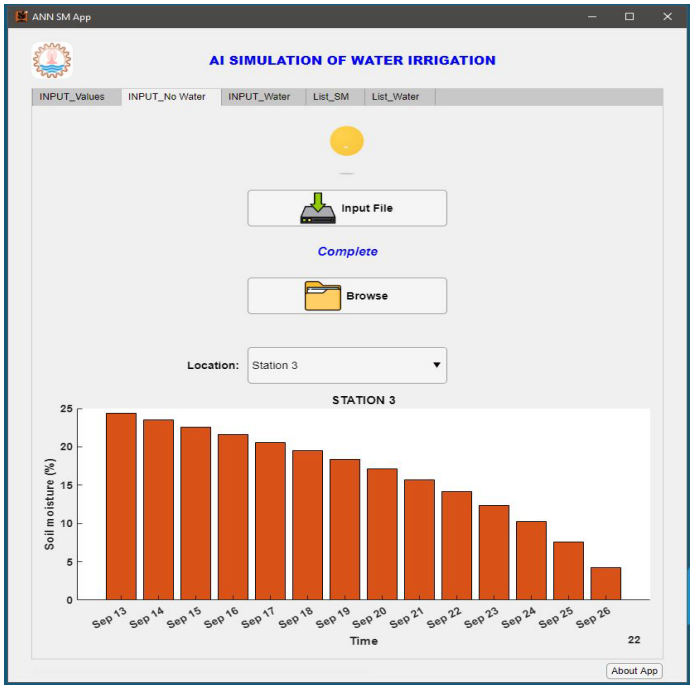
รูปที่ 3-26 แบบจำลองสมดุลน้ำในดินภายใต้การไบแอสภูมิอากาศ CFSV2 ใน 6 เดือนถัดไปที่สถานีที่ 5

3.3 กำหนดน้ำชลประทานโดยโมเดล ANN

รูปที่ 3-27 แสดงการปรับเทียบและการเปรียบเทียบของ MNN ที่คาดการณ์ความชื้นในดินใน 7 วันถัดไป ผลลัพธ์แสดงประสิทธิภาพของ MNN เมื่อสัมประสิทธิ์การถดถอยนั้นสูงกว่า 0.96 RMSE เป็น 1% นอกจากนี้ MNN แสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ดีสำหรับช่วงหน้าแล้ง เครื่องมือ MNN สามารถที่จะประยุกต์ใช้เพื่อคาดการณ์ความชื้นมรดิน 7 วันถัดไปโดดยไม่มีฝนตก ขึ้นกับรอบการปลูก , การคาดการณ์ความชื้นในดิน สามารถช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจทำให้เพิ่มประสิทธิภาพกำหนดการใช้น้ำชลประทาน

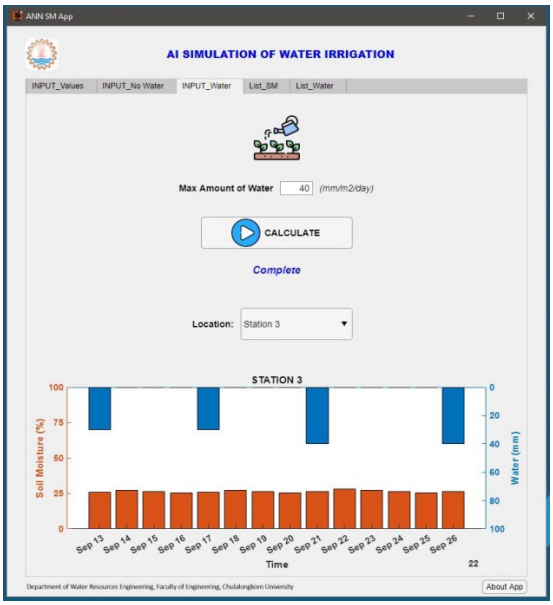


รูปที่ 3-27 การปรับเทียบและการเปรียบเทียบของ MNN ที่คาดการณ์ความชื้นในดินใน 7 วันถัดไป



รูปที่ 3-28 การคาดการณ์ความชื้นในดินใน 7 วันถัดไปโดยปราศจากฝนตกด้วยเครื่องมือ MNN

ในโปรแกรมประยุกต์ในอนาคต ANN สามารถเป็นที่อ้างอิงน้ำชลประทานเพื่อผู้ใช้ผ่านทางการติดตามน้ำชลประทานและโครงข่ายความชื้นในดิน การประเมินกำหนดการน้ำชลประทานสามารถช่วยให้การดูแลการจัดารความชื้นในดินในช่วงขาดแคลนเป็นไปได้ กับการคาดการณ์น้ำชลประทาน เกษตรกรสามารถดำเนินการล่วงหน้าในการวางแผนการปลูก ในช่วงรูปแบบน้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลูกและลดการใช้น้ำสามรูปแบบการเพาะปลูกเดิม (รูปที่ 3-29)



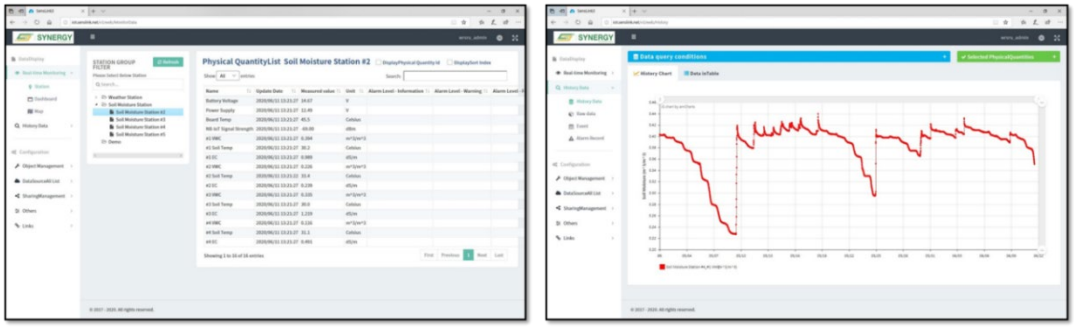
รูปที่ 3-29 การคาดการณ์ความชื้นในดินใน 7 วันถัดไป อ้างอิงโดยเครื่องมือ MNN

3.4 การพัฒนาระบบการแสดงผลข้อมูลและการแจ้งเตือนจากอุปกรณ์

พัฒนาต่อยอดจากข้อมูลของระบบการแจ้งเตือนการดน้ำ โดยพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถสั่งการอุปกรณ์รดน้ำของสวน และอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติมในการให้น้ำกับพืชตามข้อมูลที่ได้มีการศึกษาชนิดพืช และชนิดดินของอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ มาแล้วก่อนหน้านี้ ระบบที่จะพัฒนาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ 1) ระบบแสดงผลและติดตามสถานะ และ 2) ระบบควบคุมการให้น้ำ นอกจากนี้ยังมีการนำข้อมูลจากภายนอก เช่น การพยากรณ์อากาศล่วงหน้า และการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีผลกับการเติบโตของพืช มาประกอบการปรับเปลี่ยนการให้น้ำกับพืชโดยอัตโนมัติ

3.4.1 ระบบแสดงผลและติดตามสถานะ

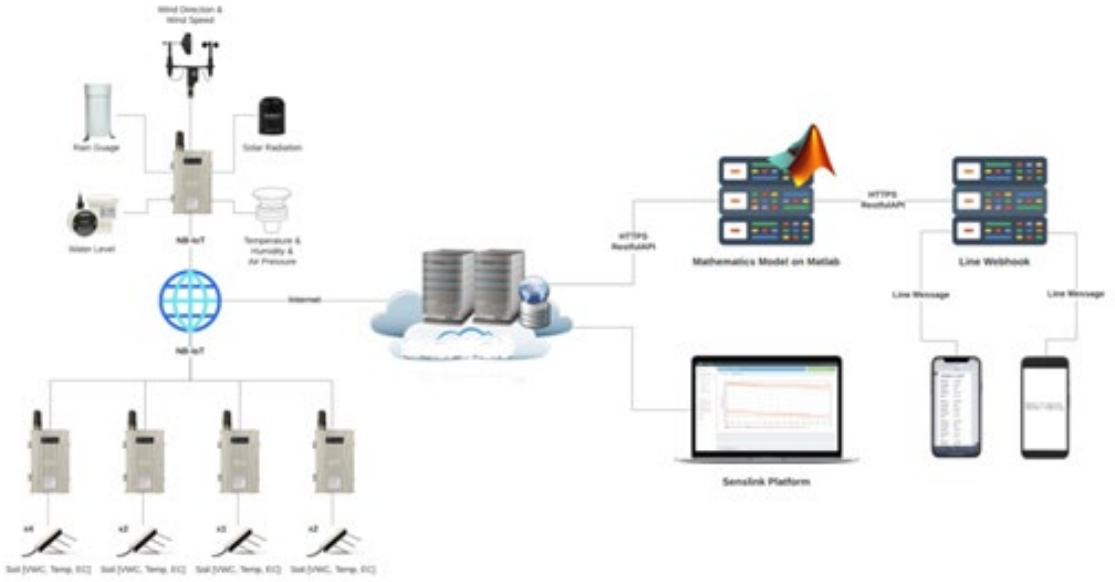
เป็นระบบแสดงข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัด และติดตามการทำงานของอุปกรณ์การให้น้ำในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้ควบคุมสามารถทราบถึงสถานะปัจจุบันของอุปกรณ์ และการให้น้ำที่เกิดขึ้นในสวนแบบตามเวลาจริง (Real Time) พร้อมแจ้งเตือนสถานะที่ผิดปกติที่เกิดขึ้น เช่น ค่าพลังงานของอุปกรณ์ การสื่อสาร ค่าตรวจวัดที่ผิดปกติ และรูปแบบการให้น้ำที่ผิดปกติ



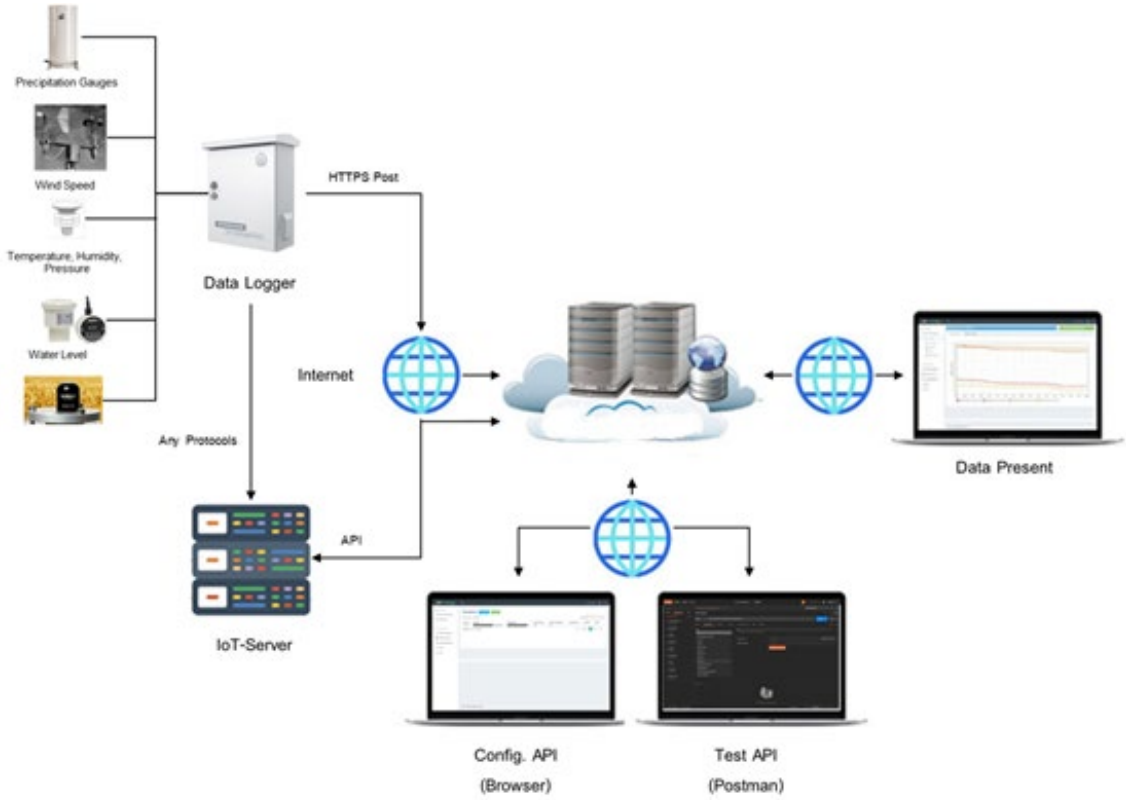
รูปที่ 3-30 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลจากระบบ

3.4.2 ระบบควบคุมการให้น้ำ

พัฒนาอุปกรณ์แผงควบคุม พร้อมระบบสั่งการที่เชื่อมโยงกับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดและรับข้อมูลจากภายนอก เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการให้น้ำล่วงหน้าจากข้อมูลพยากรณ์อากาศ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งระบบสามารถปรับได้ 3 แบบ คือ 1) แบบควบคุมด้วยมือโดยอาศัยรูปแบบการตั้งเวลาเดิม 2) แบบกึ่งอัตโนมัติโดยอาศัยข้อมูลในอดีตและกำหนดโดยผู้ใช้ และ 3) แบบอัตโนมัติที่อาศัยข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับและข้อมูลจากภายนอก ทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน ทั้งนี้การควบคุมจากระยะไกลสามารถควบคุมได้ผ่านเว็บเพจ และอุปกรณ์มือถือ เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งานระบบ



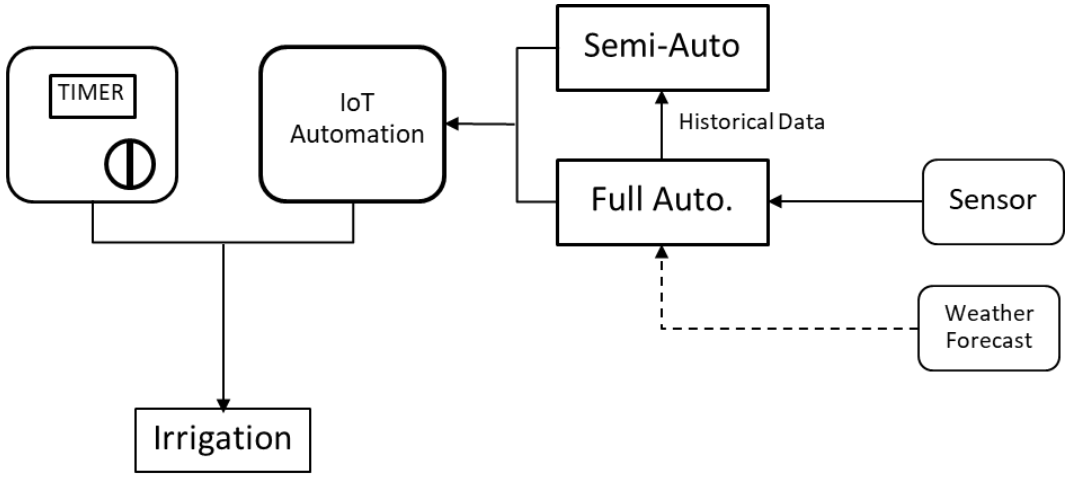
รูปที่ 3-31 การเชื่อมโยงระบบตรวจจับ ประมวลผล และระบบแจ้งเตือนการรดน้ำที่พัฒนา



รูปที่ 3-32 การเชื่อมโยงสถานีตรวจจับกับแม่ข่าย (นอกระบบ)

3.5 การพัฒนาระบบแผงควบคุมอุปกรณ์การให้น้ำ

ในสวนระบบการให้น้ำเดิมของทางอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ ทางโครงการจะพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมเสริมที่สามารถให้ทางอุทยานสามารถเลือกใช้ระบบการตั้งเวลาเดิมหรือระบบควบคุมอัตโนมัติได้ ระบบที่จะติดตั้งจะมีความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์การให้น้ำของสวน แสดงสถานะการทำงาน และเชื่อมต่อได้ผ่านระบบเครือข่าย IoT โดยจะแบ่งการทำงานเป็น 3 ระดับ 1) แบบ Manual เพื่อปรับกลับไปใช้ระบบตั้งเวลาแบบเดิม 2) แบบ Semi Auto เพื่อให้ระบบดูแลด้วยตัวเองเมื่อไม่มีการเชื่อมโยงข้อมูล และ 3) แบบ Full Auto ที่เชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดพร้อมนำเข้าข้อมูลพยากรณ์อากาศและสั่งการผ่านการคำนวณอัตโนมัติ



รูปที่ 3-33 ระบบการควบคุมอุปกรณ์การให้น้ำของสวน

3.5.1 ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้น้ำเดิมเพื่อเพิ่มอุปกรณ์ในการให้น้ำแบบอัตโนมัติ

ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้น้ำเดิมเพื่อเพิ่มอุปกรณ์ในการให้น้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งเดิมเป็นการนำสปริงเกอร์ไปสวมที่หัวจ่ายน้ำโดยอาศัยคนงานนำอุปกรณ์ไปเสียบสลับ ทางโครงการจะปรับเปลี่ยนหัวจ่ายในลักษณะดังกล่าวให้สามารถใช้สปริงเกอร์สวมแบบเดิม และใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อให้สามารถให้น้ำโดยอัตโนมัติอาศัยแรงดันน้ำเมื่อมีการจ่ายน้ำ ช่วยลดภาระแรงงานและการควบคุมการให้น้ำโดยมีการปรับเปลี่ยนเพียงการวางระบบสปริงเกอร์และการวางระบบท่อจ่ายน้ำทดแทนการทำงานแบบเดิม

รูปที่ 3-34 รูปแบบสปริงเกอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

รูปที่ 3-35 รูปแบบสปริงเกอร์แบบ Pop-Up โดยอาศัยแรงดันน้ำ

3.6 การพัฒนาระบบรายงานและควบคุมอุปกรณ์

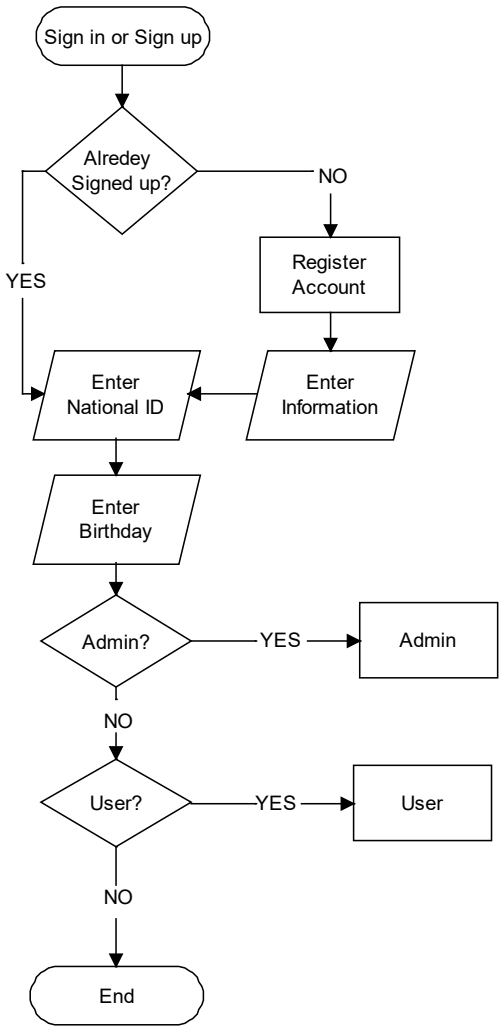
3.6.1 ส่วนผู้เข้าใช้ระบบ

ในการพัฒนาระบบรายงานและควบคุมอุปกรณ์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอันดับแรกคือ ผู้ใช้ และผู้ดูแลระบบ ต้องสามารถใช้ระบบได้อย่างสะดวกและใช้เวลาในการทำความเข้าใจกับระบบไม่นานนัก เพื่อให้สามารถนำระบบไปขยายผล และ บทบาทของบุคลากรที่มีกับระบบมีดังนี้

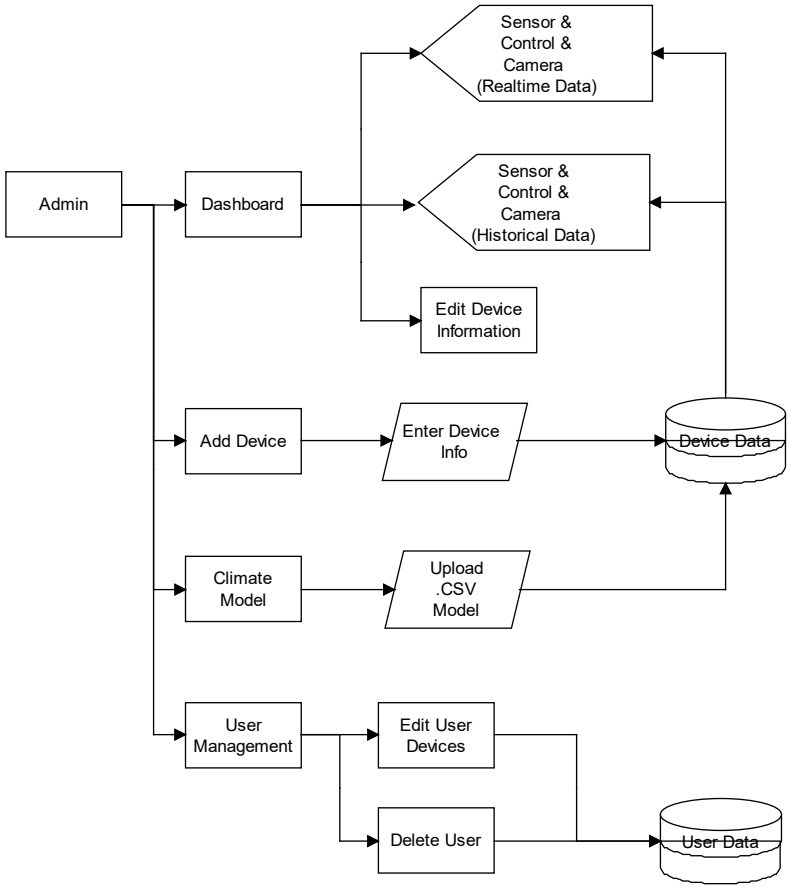
- ผู้ดูแลระบบ ต้องรับบทบาทในการดูแลข้อมูลและกิจกรรมของอุปกรณ์ภายใต้ระบบทั้งหมด เช่น การเพิ่มอุปกรณ์เข้าสู่ฐานข้อมูลของระบบ, การติดตามข้อมูลจากอุปกรณ์ และการติดตามสถานะของอุปกรณ์ เพื่อให้อุปกรณ์ยังทำงานและเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบ

- ผู้ใช้ ต้องรับบทบาทในการเพิ่มอุปกรณ์ในรายการของผู้ดูแลระบบเขาในส่วนพื้นที่ควบคุม (เช่น สวนสาธารณะ, นาข้าว, สวนป่า, สนามกอล์ฟ เป็นต้น) โดยผู้ใช้จะได้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ประเภทตรวจจับ, การควบคุมกล้องบันทึกภาพ และการควบคมระบบการรดน้ำ เป็นต้น

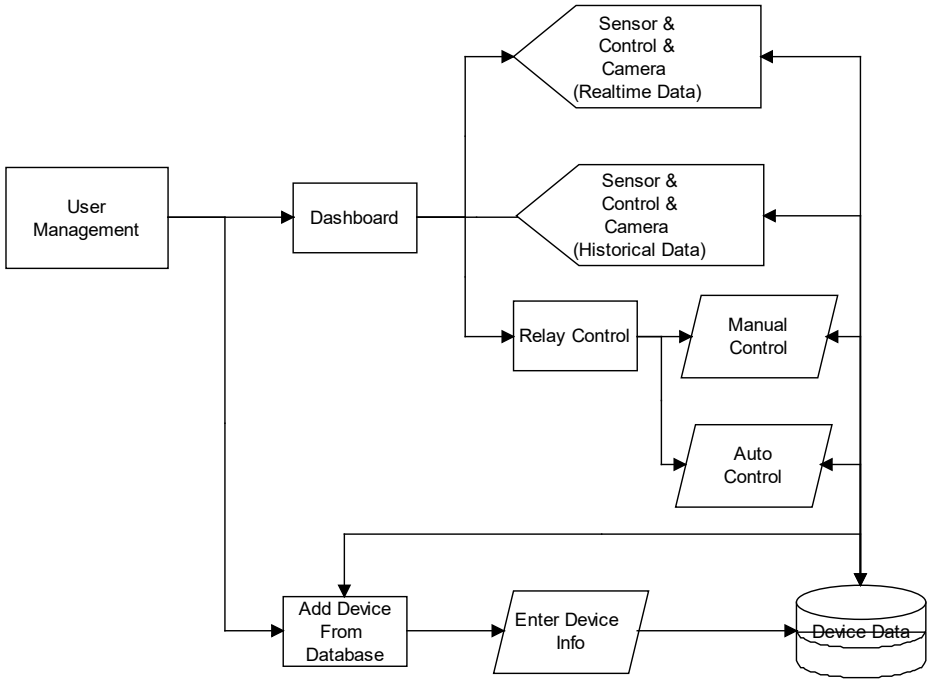
ทั้งนี้การที่ทีมวิจัยเลือกที่จะให้ผู้ดูแลระบบเป็นคนจักเตรียมนำเข้าอุปกรณ์เพื่อลดปัญหาจากการนำเข้าอุปกรณ์ที่ไม่อยู่ในมาตรฐานที่ระบบรองรับ ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพและซ่อมบำรุงระบบได้อย่างสะดวก แต่ทั้งนี้ในอนาคตระบบจะเปิดให้มีการรองรับอุปกรณ์ได้มากขึ้นจากการพัฒนาฐานข้อมูลอุปกรณ์เพื่อรองรับ และอนุญาติให้ผู้ใช้นำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อกับระบบ



รูปที่ 3-36 โครงสร้างการทำงานของระบบผู้เข้าใช้ระบบ



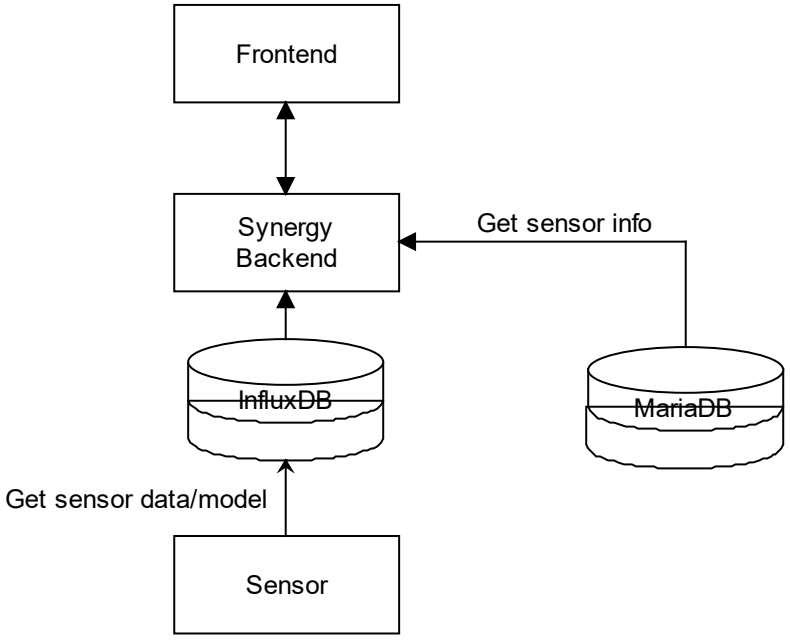
รูปที่ 3-37 โครงสร้างการทำงานของผู้ดูแลระบบ



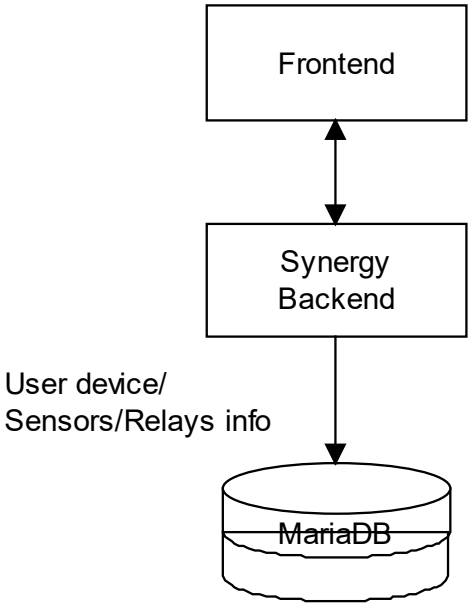
รูปที่ 3-38 โครงสร้างการทำงานของผู้ใช้

3.6.2 ส่วนโครงสร้างระบบ

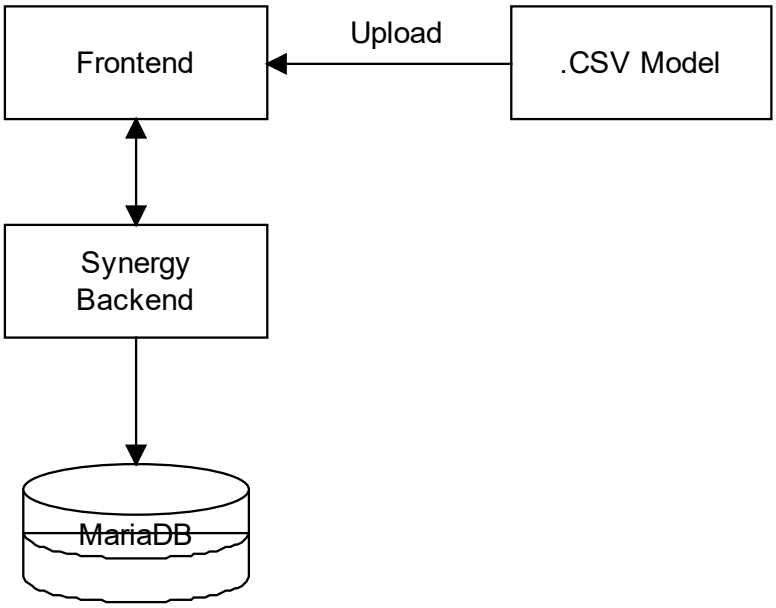
ในการพัฒนาระบบนั้นมีระบบบอุปกรณ์, ฐานข้อมูล และซอฟท์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบดังต่อไปนี้



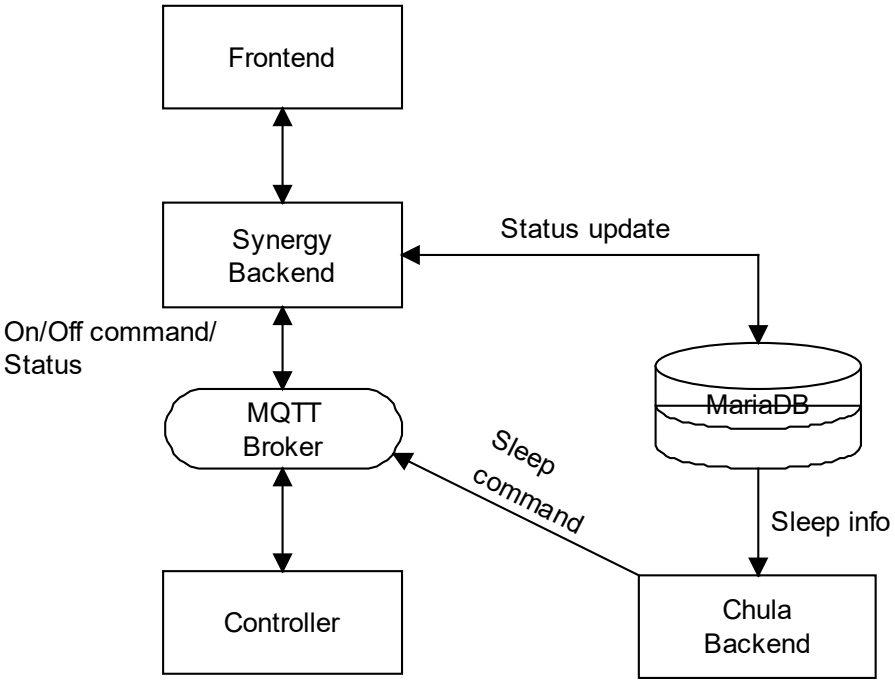
รูปที่ 3-39 การดึงข้อมูลจากอุปกรณ์ และโมเดล



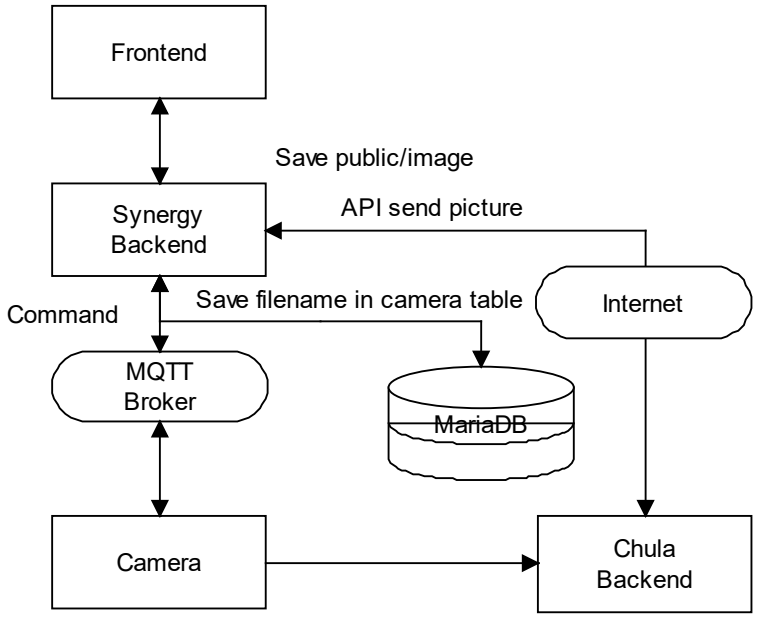
รูปที่ 3-40 การตั้งค่าอุปกรณ์ของผู้ใช้/อุปกรณ์/ตัวควบคุม



รูปที่ 3-41 การนำเข้าโมเดลสภาพอากาศ



รูปที่ 3-42 การตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุม และการสั่งงาน



รูปที่ 3-43 การสั่งงานและบันทึกภาพจากกล้อง

3.6.3 การกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบรดน้ำ

ในการวิจัยครั้งนี้สิ่งที่เพิ่มเติมจากงานวิจัยในปีที่ 1 (การศึกษาและพัฒนาการใช้ระบบตรวจจับพื้นที่สีเขียวพร้อมระบบสารสนเทศ) ที่เป็นการติดตามข้อมูลจากอุปกรณ์ และการนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาพัฒนาเป็นระบบแจ้งเตือน นั้นคือการนำข้อมูลและผลการคำนวณที่ได้มาใช้ในการควบคุมระบบรดน้ำของอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ และในบริเวณสวนลอยของอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ ที่โครงการได้พัฒนาระบบรดน้ำเพิ่ม ทั้งนี้จำเป็นต้องออกแบบเงื่อนไขตารางการรดน้ำให้สอดคล้องกับตารางการรดน้ำเดิมของอุทยาน โดยระบบคำนวณจะช่วยปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการรดน้ำให้เหมาะสมตามปริมาณน้ำที่ระบบคำนวณและพยากรณ์ล่วงหน้าได้ โดยเงื่อนไขจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี

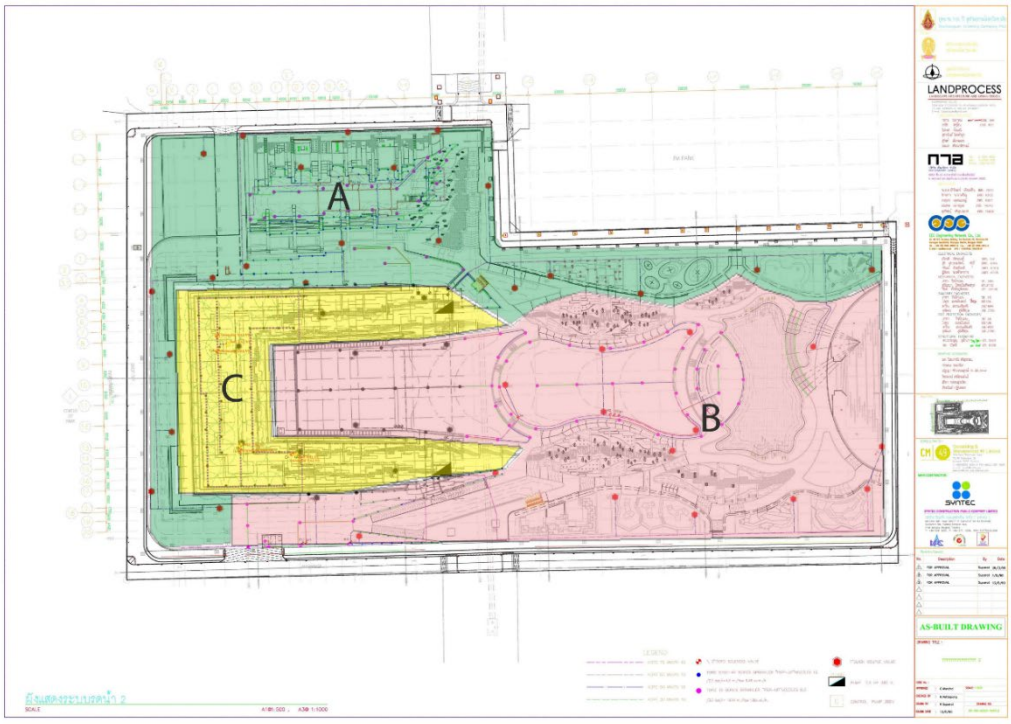
<u>กรณีที่ 1</u> กำหนดเอง - โปรแกรมล่วงหน้า

1. เงื่อนไขการตรวจสอบแรก การกำหนด เปิด-ปิดวาล์วน้ำ (กำหนดเอง ทุกกรณี)
2. เลือกวันรดน้ำ วัน-สัปดาห์-เดือน-ฤดู (กำหนดเอง ทุกกรณี)
3. ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดเอง หรือ ใช้ที่โปรแกรมไว้ (ถ้าเลือกข้อนี้ให้ข้ามไปที่ข้อ 6)
4. ดึงค่าอ้างอิงความชื้นจากสถานีที่ 2 สำหรับบริเวณโซน A และ B และสถานีที่ 3-4-5 สำหรับบริเวณสวนลอย เพื่อคำนวณปริมาณน้ำและเวลาในการรดแต่ละวาล์ว (เป็นค่า default)
5. ในกรณีที่ไม่มีค่าความชื้นอ้างอิงจาก อุปกรณ์ ให้ใช้ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน
6. หากผู้ใช้กำหนดเองหรือเปลี่ยนแปลงค่าให้แจ้งเตือนค่าแนะนำ และค่าสูงสุดในการเปิดวาล์วไม่เกิน 20 นาที

7. ผู้ใช้สามารถกำหนด การเริ่มรด ในช่วง 08.00-12.00 และ 16.00-17.00 น. เมื่อมีการกำหนดนอกเหนือจากช่วงดังกล่าวให้แจ้งเตือนผู้ใช้ ให้ผู้ใช้ยืนยันนอกช่วงเวลา
8. เตรียมทำงาน แจ้งเตือนผู้ใช้ว่าต้องการบันทึกเป็นโปรแกรมหรือไม่
9. แสดงรูปแบบที่จะดำเนินการ
10. ทำงาน และบันทึกรูปแบบการรดน้ำเป็นสถิติ

<u>กรณีที่ 2</u> อัตโนมัติ

1. เงื่อนไขการตรวจสอบแรก การกำหนด เปิด-ปิดวาล์วน้ำ (กำหนดเอง ทุกกรณี)
2. เลือกวันรดน้ำ วัน-สัปดาห์-เดือน-ฤดู (กำหนดเอง ทุกกรณี)
3. ดึงค่าอ้างอิงความชื้นจากสถานีที่ 2 สำหรับบริเวณโซน A และ B และสถานีที่ 3-4-5 สำหรับบริเวณสวนลอย เพื่อคำนวณปริมาณน้ำและเวลาในการรดแต่ละวาล์ว (เป็นค่า default)
4. ในกรณีที่ไม่มีค่าความชื้นอ้างอิงจาก อุปกรณ์ ให้ใช้ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 7 วัน
5. ตรวจสอบค่าสูงสุดในการเปิดวาล์วไม่เกิน 20 นาที (หยุดการทำงาน - แจ้งเตือนผู้ใช้ผิดพลาด)
6. การเริ่มรด ในช่วง 8.00-12.00 และ 16.00-17.00 น.
7. แสดงรูปแบบที่จะดำเนินการ (แจ้งไลน์ผู้ใช้ก่อนการทำงาน 10 นาที)
8. ทำงาน และบันทึกรูปแบบการรดน้ำเป็นสถิติ



รูปที่ 3-44 ระบบน้ำบริเวณอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ

3.7 การทดสอบระบบการให้น้ำที่ปรับปรุง

เพื่อพัฒนาระบบให้รองรับการทำงานด้านการจัดการน้ำในลักษณะพื้นที่เปิดและพื้นที่ควบคุม ให้สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้หลากหลายมีการทำงานแบบอัตโนมัติ โครงการจะพัฒนาการจำลองการควบคุมน้ำ ในระบบต้นแบบที่ประกอบด้วย

3.7.1 ระบบตรวจจับและควบคุมน้ำ โดยระบบเปิดจะอาศัยข้อมูลสภาพอากาศและการพยากรณ์อากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา ร่วมกับสถานีตรวจวัดอัตโนมัติและอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดิน (จากองค์ความรู้ที่ได้จากโครงการในปีที่ 1) เพื่อหาความสัมพันธ์ที่ได้มาใช้ในการประเมินการใช้น้ำของพืชและคาดการณ์ความต้องการน้ำตามค่าจากการพยากรณ์

ในระบบปิดประเภทโรงเรือนจะพัฒนาระบบตรวจจับสภาพในโรงเรือน ประกอบด้วย ระบบตรวจจับอุณหภูมิ, ความชื้นอากาศ, ความเข้มแสง, ปริมาณน้ำในระบบ พร้อมระบบควบคุม พัดลมและอุปกรณ์พ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิ ให้สามารถติดตามข้อมูลและควบคุมสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ

3.7.2 ชุดโปรแกรมสำหรับติดตามและควบคุม เป็นการพัฒนาส่วนแสดงผลและระบบควบคุม ให้สามารถรองรับการทำงานทั้งแบบระบบเปิดและระบบปิด มีการทำงานในลักษณะโมดูล (สามารถเพิ่มและลดหน้าที่การทำงานได้ด้วยชุดคำสั่งเฉพาะ) ทำให้ผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลดการทำงานได้ตามลักษณะการใช้งาน เช่น เป็นพื้นที่เปิดหรือปิด อุปกรณ์ควบคุมเป็นสปริงเกอร์หรือระบบน้ำหยด มีหรือไม่มีอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดิน/อุณหภูมิ/ความชื้นในอากาศ/ความเข้มแสง และชนิดพืชที่ปลูก เป็นต้น

3.7.3 การทดสอบภาคสนาม เพื่อใช้ตรวจสอบการทำงานของระบบก่อนการติดตั้งจริงในพื้นที่ของทางโครงการ เพื่อให้ทราบถึงปัญหาหรืออุปสรรคที่จำเป็นในการทำงานจริง โครงการจึงพัฒนาการทดสอบภาคสนามขึ้นเพื่อทดสอบอุปกรณ์ และชุดโปรแกรม โดยจะจัดทำการทดสอบระบบเปิด โดยอาศัยการปลูกพืชในกระถางพร้อมระบบให้น้ำ และระบบปิดจะทดสอบโดยการสร้างโรงเรือนแบบปิดเพื่อทดสอบการทำงาน

3.8 การพัฒนางานด้าน IoT สำหรับการจัดการด้านทรัพยการน้ำ

3.8.1 ด้านการพัฒนาอุปกรณ์

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งานและการพัฒนาต่อยอดงานวิจัย ทางโครงการได้พัฒนาและประกอบอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อใช้ในโครงการเพื่อเรียนรู้ และศึกษาการเชื่อมโยงกับระบบแม่ข่ายที่พัฒนาขึ้น

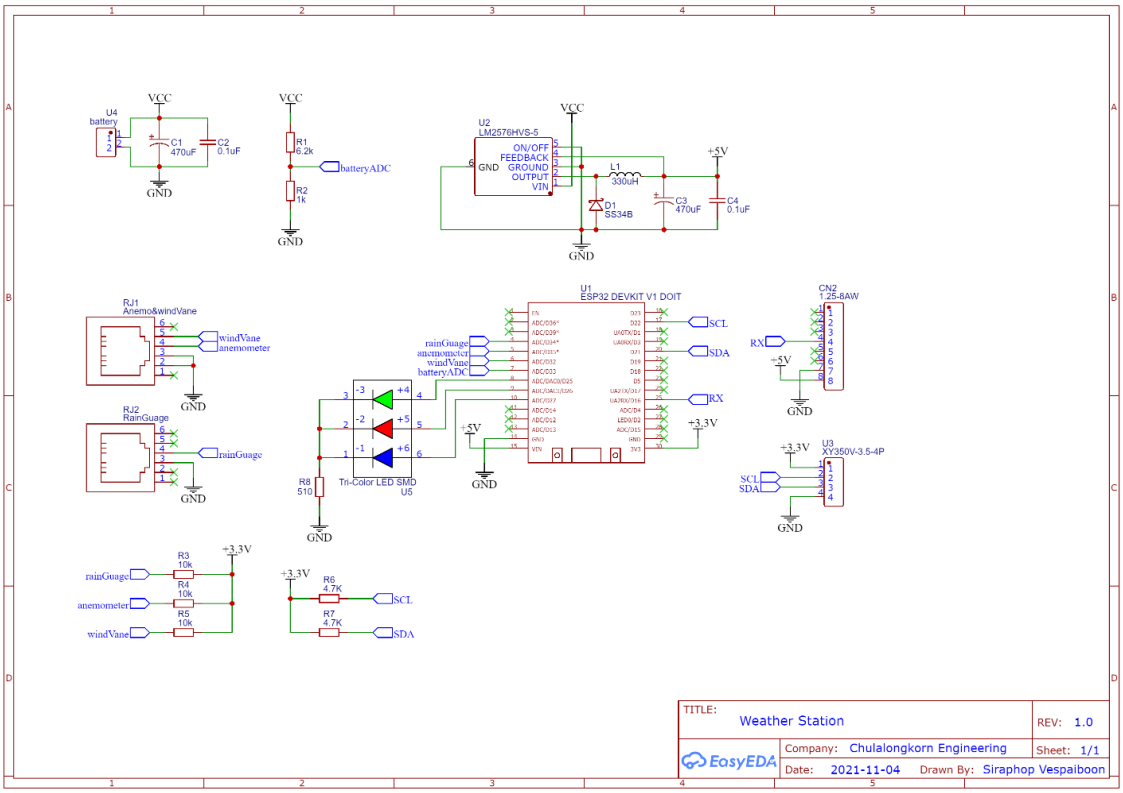
1) อุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ

<u>ส่วนประกอบ</u>

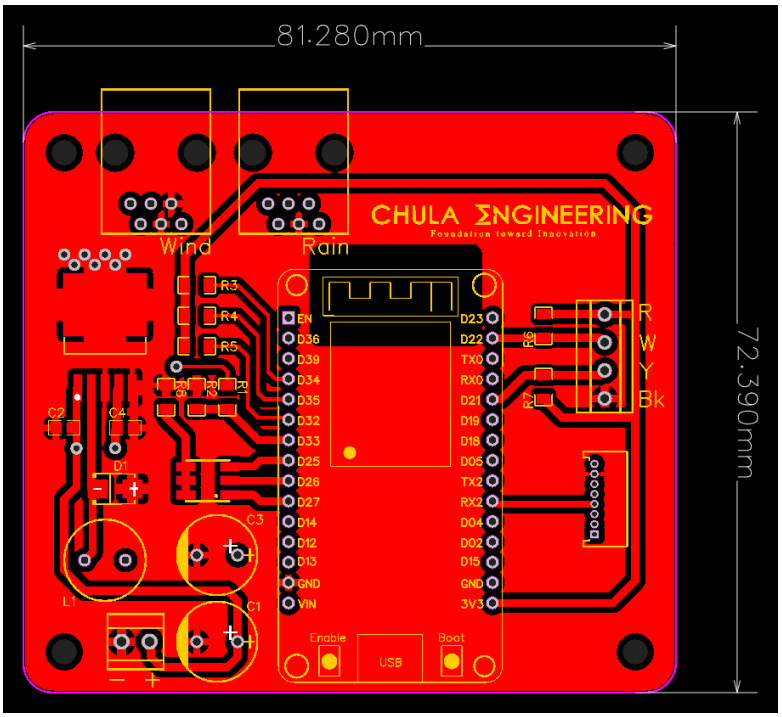
1. แผงวงจร
2. Weather Sensors Kit
   - ☐ Wind vane
   - ☐ Cup anemometer
   - ☐ Tipping bucket rain gauge
3. Digital universal particle concentration sensor PMS5003
4. Digital temperature and humidity sensor AM2315
5. 20w. Solar Cell
6. Solar Charger
7. Lead Acid Battery 12V 7.8 Ah

<u>คุณสมบัติ</u>

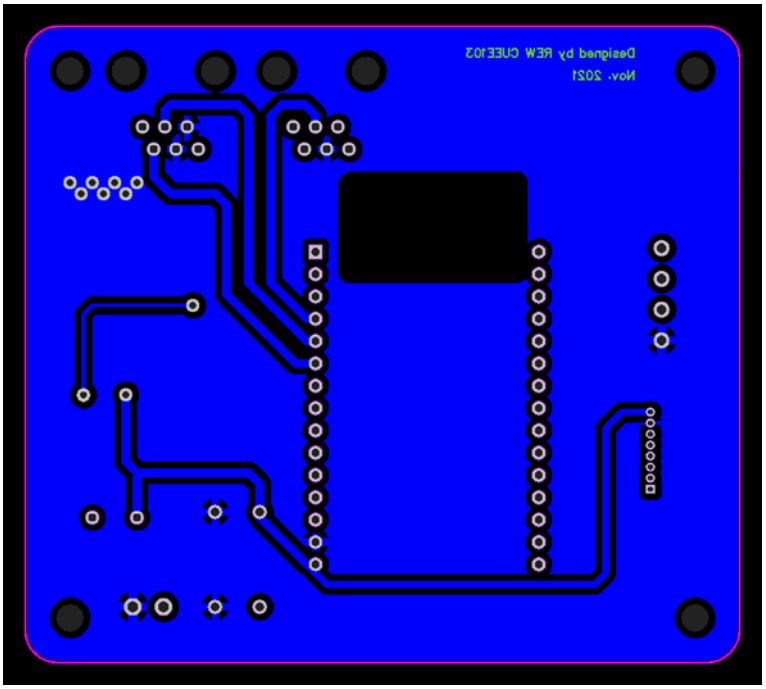
- ☐ วัดความเร็ว ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้น ทุกๆ 30 วินาที และหาค่าเฉลี่ยแบบ Moving Average โดยนำข้อมูล จำนวน 30 มาหาค่าเฉลี่ย
- ☐ วัดปริมาณฝุ่น PM1 PM2.5 PM10 ทุกๆ 1-2 วินาที และหาค่าเฉลี่ยแบบ Moving Average โดยนำข้อมูล จำนวน 500 มาหาค่าเฉลี่ย
- ☐ วัดปริมาณน้ำฝนสะสมทุก 10 นาที
- ☐ ส่งข้อมูลทั้งหมดผ่าน MQTT ทุก 10 นาที รวมถึงแรงดันจากแบตเตอรี่ และคุณภาพสัญญาณ Wi-Fi (RSSI)



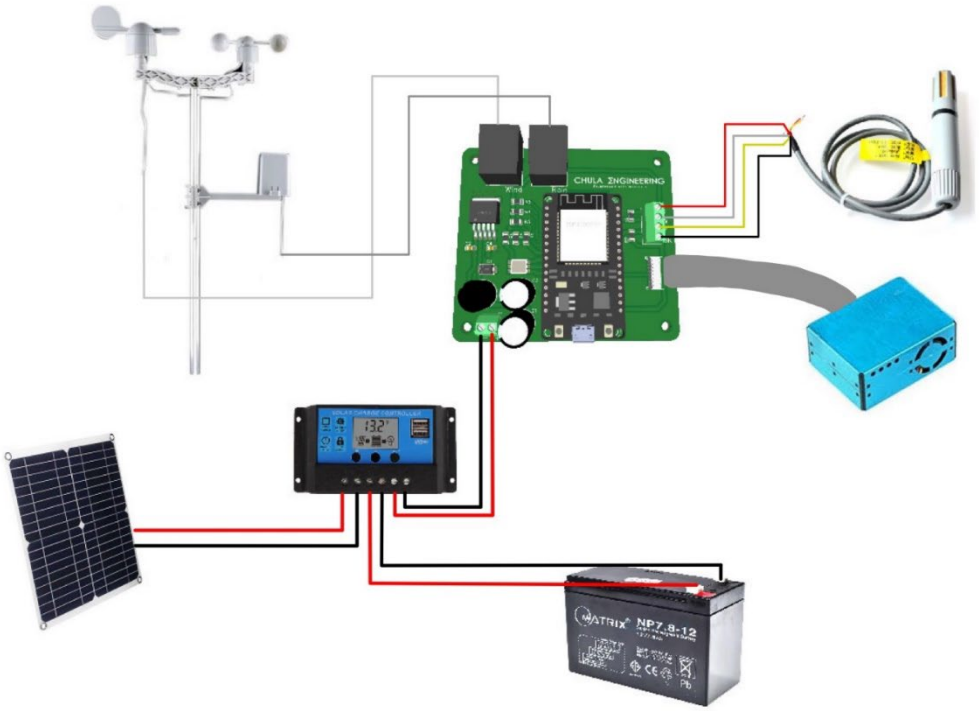
รูปที่ 3-45 Schematic Diagram แสดงการต่อวงจรภายในแผงวงจร



รูปที่ 3-46 แบบวงจรด้านบนของแผงวงจรอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ



รูปที่ 3-47 แบบวงจรด้านล่างของแผงวงจรอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ



รูปที่ 3-48 การต่อวงจรโดยรวมของอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ

2) อุปกรณ์วัดความชื้นในดินแบบใช้แบตเตอรี่

<u>คุณสมบัติ</u>

- ☐ อ่านค่าความชื้นดิน (0 - 100%) ทุกๆ 10 วินาที และหาค่าเฉลี่ยแบบ Moving Average จำนวน 40 ค่า และส่งค่าผ่าน MQTT ทุก 5 นาที
- ☐ อ่านและส่งค่าแรงดันแบตเตอรี่ และคุณภาพของสัญญาณ Wi-Fi (RSSI) และส่งผ่าน MQTT พร้อมกับข้อมูล

รูปที่ 3-49 การต่อวงจรโดยรวมของอุปกรณ์วัดความชื้นในดินแบบใช้แบตเตอรี่

3) อุปกรณ์วัดความชื้นในดิน, วัดอุณหภูมิ และค่า EC

<u>คุณสมบัติ</u>

- ☐ อ่านค่าความชื้นดิน (Soil moisture measurement range: 0 - 100%) ค่าความนำไฟฟ้าของดิน (Conductivity range: 0 – 20,000 µS/cm) และอุณหภูมิดิน (Soil temperature measuring range: 40 - 80℃) ทุกๆ 10 วินาที และหาค่าเฉลี่ยแบบ Moving Average จำนวน 40 ค่า และส่งค่าผ่าน MQTT ทุก 5 นาที
- ☐ ส่งค่าคุณภาพของสัญญาณ Wi-Fi (RSSI) และส่งผ่าน MQTT พร้อมกับข้อมูล

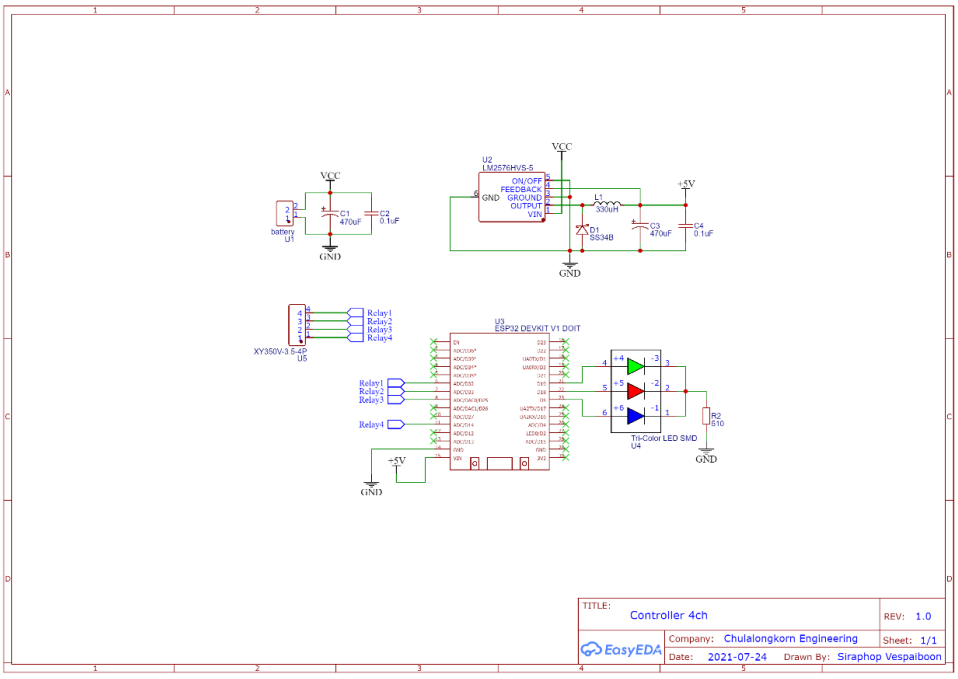
รูปที่ 3-50 การต่อวงจรโดยรวมของอุปกรณ์วัดความชื้นในดิน, วัดอุณหภูมิ และค่า EC

4) อุปกรณ์ควบคุมวาล์วน้ำ

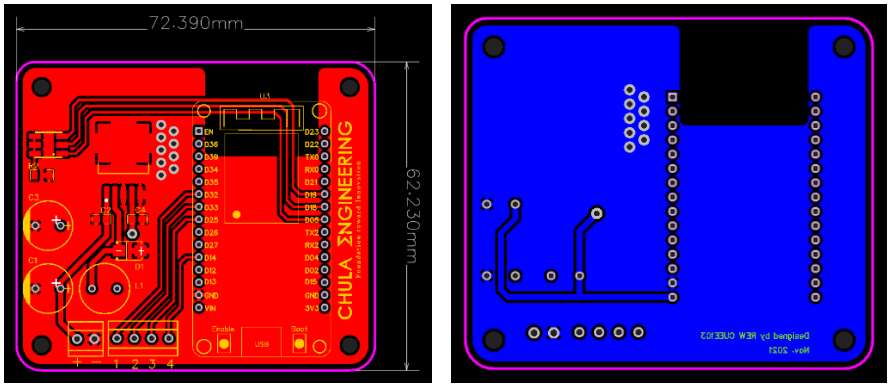
ในการพัฒนาส่วนนี้ทางโครงการอาศัยการศึกษาอุปกรณ์รดน้ำแบบตั้งเวลาเดิมของอุทยาน 100ปีฯ แล้วจึงพัฒนาอุปกรณ์เพื่อเข้าควบคุมอุปกรณ์เดิมผ่านระบบ IoT โดยวาล์วรดน้ำของระบบเดิมเป็นแบบ 24V DC ทำให้เราต้องเลือกใช้รีเลย์ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากันที่ 24V DC เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นข้อสังเกตุในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อใช้กับอุปกรณ์เดิมช่วยลดเวลาในการวางระบบรดน้ำและง่ายต่อการประยุกต์ใช้ของผู้ใช้รวมถึงการขยายผล

<u>คุณสมบัติ</u>

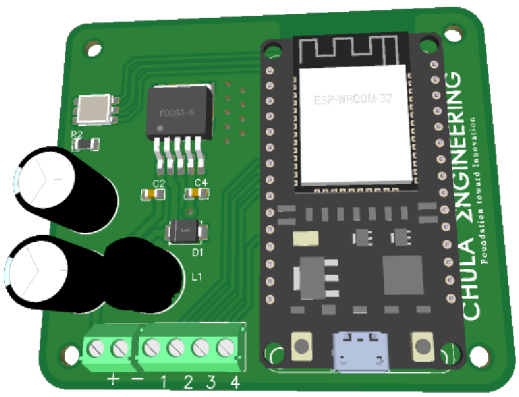
- รับคำสั่งจากแม่ข่ายผ่านทาง MQTT Broker เพื่อทำการเปิดวาล์วในรูปแบบ JSON String
- เมื่ออุปกรณ์ได้รับคำสั่งจะทวนคำสั่งย้อนกับไปที่แม่ข่ายในรูปแบบ JSON String



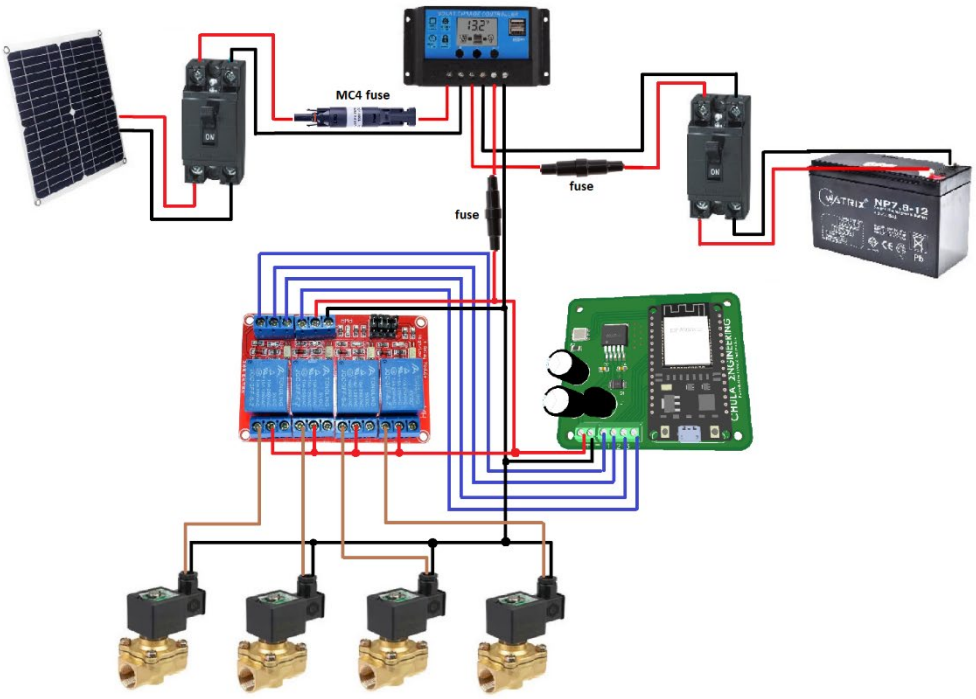
รูปที่ 3-51 Schematic Diagram แสดงการต่อวงจรภายในแผงวงจร (แบบ 4 ช่อง)



รูปที่ 3-52 ลายวงจรบนแผงวงจรชุดควบคุมแบบ 4 ช่อง ด้านบนและด้านล่าง



รูปที่ 3-53 ลักษณะจริงของแผงวงจรชุดควบคุมแบบ 4 ช่อง

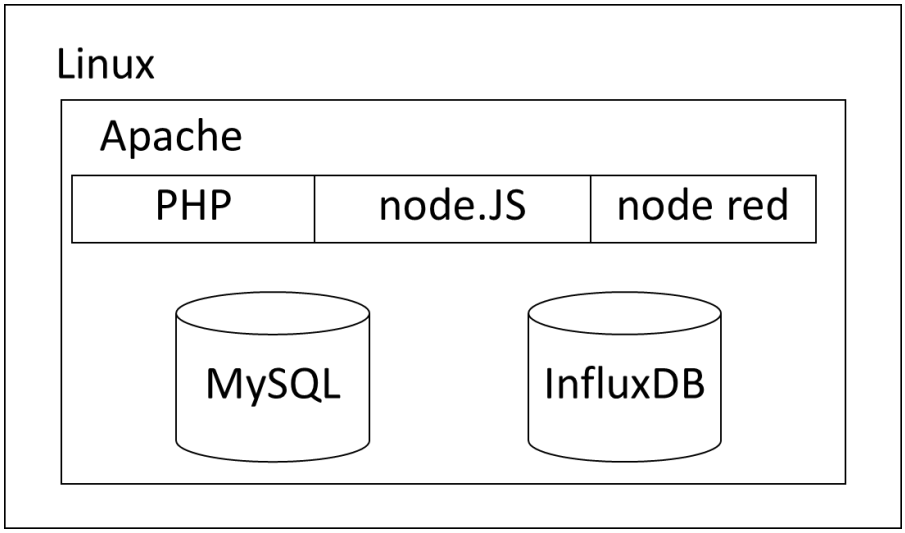


รูปที่ 3-54 ตัวอย่างการต่อใช้งานชุดควบคุมแบบ 4 ช่อง ร่วมกับแผงโซลาเซลล์เพื่อควบคุมวาล์วน้ำ

รูปที่ 3-55 การต่อวงจรภายในกล่องควบคุมชนิด 4 ช่อง เพื่อควบคุมวาล์วน้ำ (โซลินอยด์วาล์ว 24 VAC) ติดตั้งอยู่ภายในสวน 100 ปี

3.8.2 ด้านแม่ข่ายและการรวบรวมข้อมูล

เรื่องเกี่ยวกับระบบแม่ข่ายการนำเข้าข้อมูลผู้ใช้ และอุปกรณ์ โดยมีระบบปฏิบัติการ Linux และ Apache ทำหน้าที่ Webserver โปรแกรมภาษาที่ใช้พัฒนาระบบ ได้แก่ php, node.js และรองรับ node red ที่เป็นส่วนติดต่อ (Interface) การเขียนโปรแกรมด้วยภาพเพื่อแนวคิด Internet of Things การรวบรวมข้อมูลของระบบด้วย MySQL ที่เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงความสัมพันธ์ (Relational Database Management System) สำหรับข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์และผู้ใช้ และ InfluxDB ที่เป็น TimeSeries Database สำหรับรวบรวมข้อมูลตรวจวัดที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจจับ



รูปที่ 3-56 โครงสร้างระบบแม่ข่าย

3.8.3 การพัฒนาส่วนติดต่อควบคุม

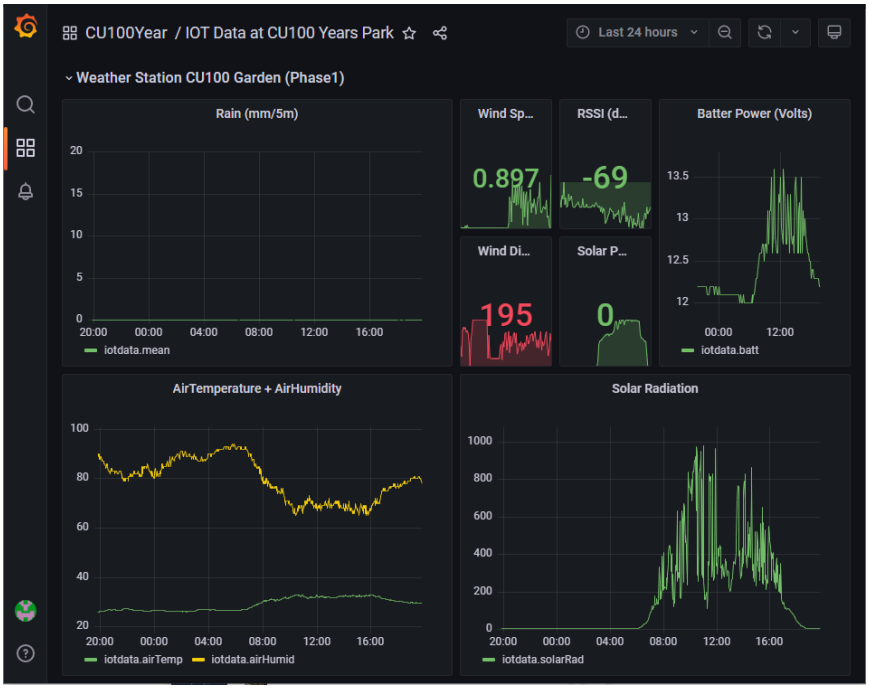
ทั้งนี้มีการแยกส่วนการทำงานระหว่างผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้

1) ด้านการพัฒนาส่วนแสดงผล

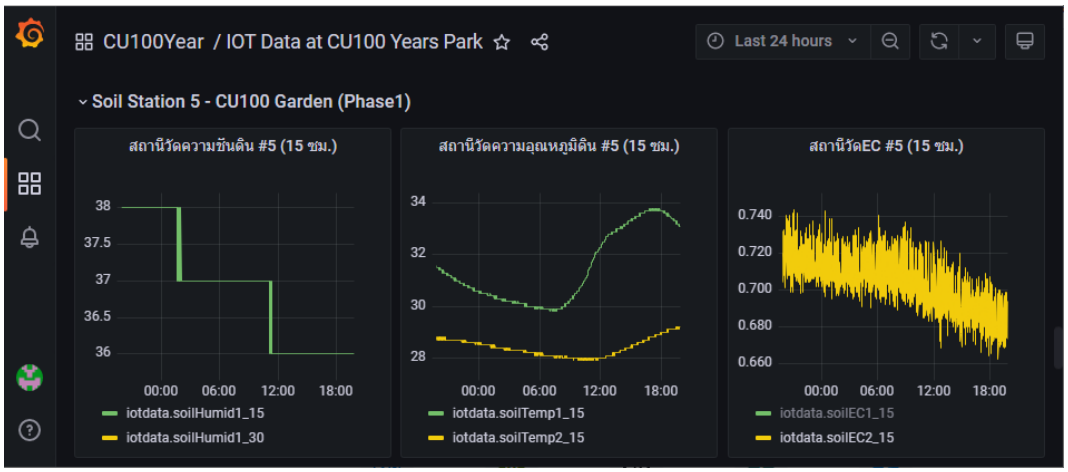
ส่วนแสดงผลแบ่งเป็นการแสดงผล 2 ลักษณะ คือ

(1) ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับ

(2) อุปกรณ์ควบคุม



รูปที่ 3-57 ส่วนแสดงผลข้อมูลอุปกรณ์วัดสภาพอากาศ

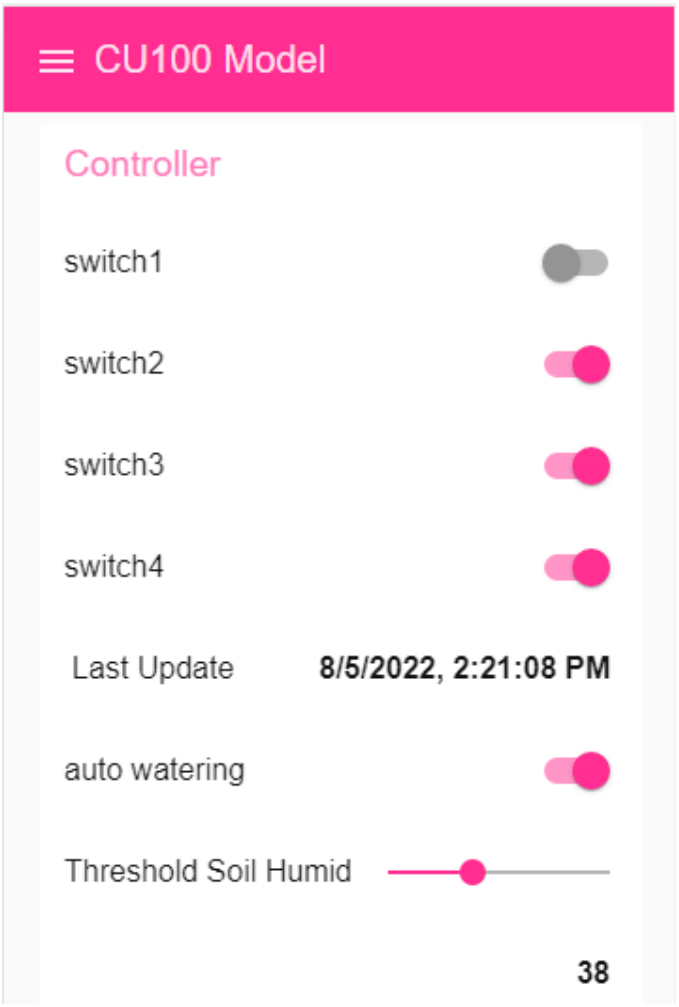


รูปที่ 3-58 ส่วนแสดงผลข้อมูลอุปกรณ์วัดความชื้นในดิน

รูปที่ 3-59 ส่วนแสดงผลอุปกรณ์ควบคุมวาล์ว

2) **ด้านการพัฒนาระบบควบคุม**

เป็นการพัฒนาระบบในการควบคุมอุปกรณ์การให้น้ำ ที่สามารถควบคุมด้วยผู้ใช้และแบบอัตโนมัติจากการติดตามค่าความชื้นในดินของอุปกรณ์วัดความชื้นในดิน



รูปที่ 3-60 ส่วนแสดงการควบคุมวาล์วน้ำ

3.8.4 ด้านการพัฒนาตรรกะการควบคุม

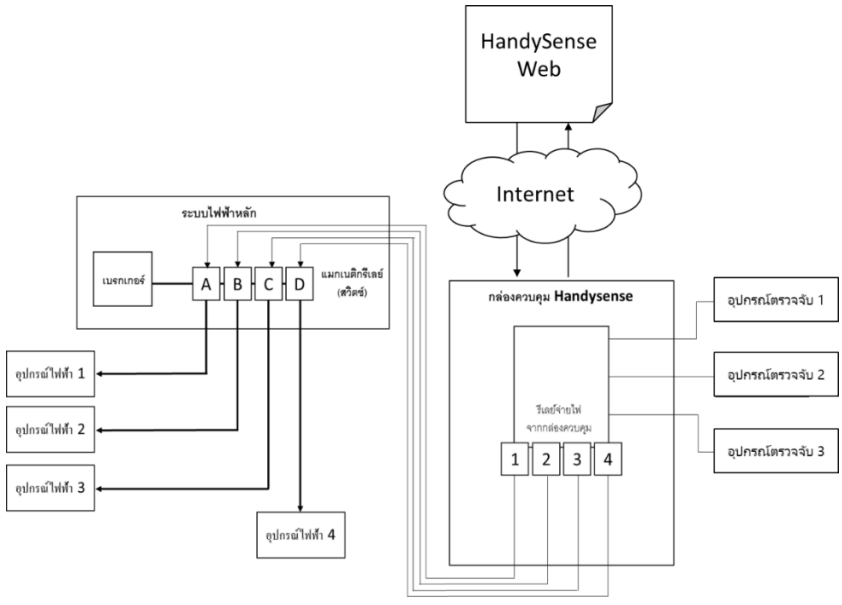
การพัฒนาเงื่อนไขการสั่งการอุปกรณ์การให้น้ำตามลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ เช่น ช่วงเวลาที่ต้องการให้ทำการรดน้ำ, การติดตามความชื้นในดินเพื่อเป็นเงื่อนการรดน้ำ, การติดตามสภาพของปริมาณน้ำฝนและการพยากรณ์ฝนล่วงหน้า 14 วันเพื่อเป็นเงื่อนไขการรดน้ำ รายละเอียดการศึกษาตามหัวข้อ 3.1 และ 3.6

3.9 การใช้ระบบสารสนเทศในการพัฒนาระบบโรงเรือนมหาวิทยาลัยบูรพา

3.9.1 การประยุกต์ใช้ระบบ IoT

ในการประยุกต์ใช้ระบบ IoT สำหรับโรงเรือนมหาวิทยาลัยบูรพา ได้อาศัยพื้นฐานจากระบบ Handy Sense ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้การควบคุมดูแลของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) ภายใต้แนวคิดเกษตรแม่นยำ ฟาร์มอัจฉริยะ ทั้งนี้ระบบ Handy Sense ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ดังนี้

1) *อุปกรณ์ตรวจจับ* เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสถานะ และสภาวะแวดล้อมต่างๆ ภายในแปลงปลูก หรือโรงเรือน พอร์ตการเชื่อมโยงที่รองรับ I/O, I2C, SPI, UART โดยมีอุปกรณ์ที่รองรับ คือ วัดความชื้นในดิน, วัดอุณหภูมิ, วัดความชื้นในอากาศ หลอดไฟ และวัดความเข้มแสง เป็นต้น
2) *กล่องควบคุม* เป็นบอร์ดประมวลผลทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสารผ่านสัญญาณ WiFi ที่มีตัวกระจายสัญญาณเป็นเราเตอร์ 4G ระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนผ่านระบบแม่ข่ายทางหน้าเว็บแอพพลิเคชั่น
3) *เว็บแอพพลิเคชั่น* ทำหน้าที่แสดงค่าที่ส่งมาจากกล่องควบคุม และติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสั่งการการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงเรือนได้
4) *อุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงเรือน* จะทำหน้าที่ตามคำสั่งที่ถูกส่งจากเว็บแอพพลิเคชั่นเข้าสู่กล่องควบคุมได้ 4 อุปกรณ์ ซึ่งกล่องควบคุมจะทำการ เปิด-ปิด การจ่ายไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกที่หนึ่ง โดยอุปกรณ์ดังกล่าว ได้แก่ ปั๊มน้ำ, พัดลมระบายอากาศ, หลอดไฟ และโซลินอยวาล์ว เป็นต้น



รูปที่ 3-61 โครงสร้างการทำงานของระบบ Handy Sense

รูปที่ 3-62 หน้าจอการแสดงผลของ Handy Sense

โดยการทำงานของระบบสามารถลดอุณหภูมิในโรงเรือนให้ต่างกับภายนอก 1-2 องศาเซลเซียส และช่วยรักษาความชื้นของอากาศในโรงเรือนให้มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 60 โดยประมาณตลอดทั้งวัน ซึ่งเป็นค่าควบคุมในระดับที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไม้ใบและไม้ประดับที่เลือกปลูกในโครงการ โดยการทำงานของ*ระบบพ่นหมอก* - เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส และหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการใช้น้ำมากเกินไป

ระบบพัดลมระบายความร้อน – ทำงานตลอดทั้งวันเป็นเวลา 5 นาที พัก 5 นาที ช่วงเวลา 7.30 น.- 16.30 น.

ระบบรดน้ำ - ตั้งค่าให้รดน้ำเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 60% และหยุดเมื่อความชื้นในดินเกิน 80%

รูปที่ 3-63 ระบบอุปกรณ์ภายในโรงเรือน

ทั้งนี้ในการจัดเก็บและติดตามข้อมูลย้อนหลังของอุปกรณ์ตรวจจับทางโครงการเนื่องจากระบบ Handy Sense ถูกออกแบบให้รองรับอุปกรณ์เท่าที่ออกแบบไว้เท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์อื่นที่ระบบ Handy Sense ไม่สามารถรองรับได้ จะนำข้อมูลดังกล่าวจัดเก็บไว้บนแม่ข่ายของระบบ Thing Speak ซึ่งเป็นผู้ให้บริการ Cloud ชนิดหนึ่ง ที่อนุญาติให้เราสามารถส่งค่าต่างๆ ขึ้นไปเก็บบนพื้นที่ที่เปิดให้เราใช้บริการ และยังเปิดให้เราสามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านั้นได้ทางเว็บเบาวซอร์ทั่วไป จากที่ใดก็ได้ที่มีอินเตอร์เน็ต

รูปที่ 3-64 การแสดงข้อมูลของระบบ Think Speak

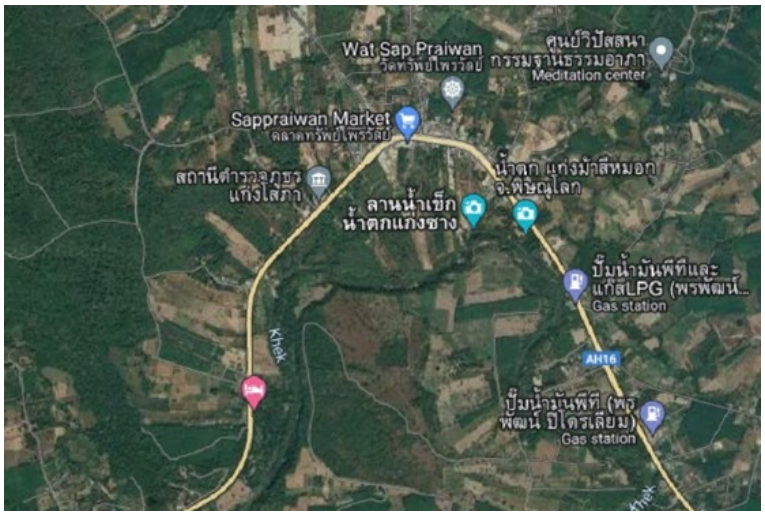
3.9.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย

การวิเคราะห์ผลตอบแทน-ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับการใช้น้ำผ่านระบบบำบัด ในการพิจารณาใช้ระบบบำบัด ต้องพิจารณาประโยชน์ที่ได้รับจากระบบบำบัด ซึ่งแต่เดิมเป็นการพัฒนาระบบบำบัดที่ให้ได้น้ำในระดับน้ำประปาเกรด 2 เพื่อนำไปใช้กับระบบไฮโดรโฟนิค ซึ่งเป็นการบำบัดแบบเต็มระบบที่มีค่าใช้จ่ายทั้งกระบวนการสูง นอกจากนี้แม้ว่าจะบำบัดน้ำได้ตามมาตรฐานแต่ก็จะมีปัญหาจากความไม่เชื่อมั่นที่จะนำน้ำดังกล่าวไปใช้ในการผลิตพืชเพื่อการบริโภค ดังนั้นทางทีมงานวิจัยจึงทำการปรับปรุงระบบโดยลดกระบวนการบำบัดลงเพื่อให้ใช้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการลง รวมถึงอาศัยสารอาหารพืชที่เหลือในน้ำทีผ่านระบบมาใช้ปลูกพืช เป็นการลดต้นทุนด้านสารอาหารพืชบางส่วน เนื่องจากน้ำจากการอุปโภค มีสารอาหารที่จำเป็นต่อพืชอยู่แล้ว ในส่วนการเลือกพืชปลูกทางทีมงานได้ปรับเปลี่ยนจากการเพาะปลูกพืชบริโภคเป็นไม้ประดับโดยเน้นที่การสามารถดูดซับฝุ่น PM.2.5 และมีราคาในฐานะไม้ประดับที่สูง ซึ่งในปัจจุบันไม้ใบเป็นที่นิยมและมีราคาในท้องตลาดที่สูง เช่น ต้นมอนสเตอร่า, เศรษฐีเรือนนอก, เศรษฐีเรือนใน, พลูด่างและ เคราฤษี เป็นต้น ทำให้เงื่อนไขการลดค่าใช้จ่ายการบำบัด สารอาหารพืช และราคาผลผลิตจะเพียงพอต่อการสร้างรายได้ และช่วยลดการใช้น้ำซึ่งเป็นเป้าหมายของโครงการ

3.10 พื้นที่ทดลองขยายผลการศึกษา

3.10.1 สวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์

ที่ตั้ง ต.แก่งโสภา อ.วังทอง จ.พิษณุโลก (ละติจูด 16.88245, ลองจิจูด 100.63785) มีพื้นที่ขนาด 15 ไร่ และจัดแบ่งพื้นที่เพื่อปลูกป่าที่ 8.5 ไร่ แหล่งน้ำใช้ระบบประปา โดยจัดทำแท้งค์บ่อวง 2 ถัง ถังละ 5 ลบ.ม. เพื่อเก็บน้ำ และระบบกระจายน้ำด้วยเทปน้ำหยดสำหรับพื้นที่ปลูกป่า ติดตั้งระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติผ่านระบบ IoT มี 3 ช่องควบคุม เพื่อบังคับการให้น้ำผ่านตัวรีเลย์วาล์วขนาด 2 นิ้ว การให้น้ำในสวนป่าจะขึ้นอยู่กับสภาพความแห้งแล้ง โดยให้น้ำเฉพาะฤดูแล้งและให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ต้นไม้แต่ละต้นที่ปลูกจะมีการห่มฟาง เพื่อใช้เก็บกักความชื้น โดยความชื้นสามารถเก็บได้ถึง 1 สัปดาห์ในฤดูแล้ง



รูปที่ 3-65 ตำแหน่งที่ตั้งโครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์

รูปที่ 3-66 รูปแปลงพื้นที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์

รูปที่ 3-67 รูประบบน้ำและระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์

3.10.2 สวนผสมผสาน

ที่ตั้ง อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก (ละติจูด 16.816345, ลองจิจูด 100.325057) พื้นที่ขนาด 2 งาน ห่างจากสถานีขนส่งจังหวัดประมาณ 1 กิโลเมตร ในพื้นที่ใช้แหล่งน้ำบาดาลจากพื้นที่ข้างเคียง สูบเข้าเก็บในแท้งค์บ่อวง 2 ถังๆ ละ 5 คิว และต่อระบบท่อเพื่อรดน้ำต้นไม้ จัดทำแปลงเกษตรในรูปแบบผสมผสาน การรดน้ำเน้นใช้ในฤดูแล้ง โดยให้น้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ติดตั้งระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติผ่านระบบ IoT มี 2 ช่องควบคุม เพื่อบังคับการให้น้ำผ่านตัวรีเลย์วาล์วขนาด 3/4 นิ้ว

รูปที่ 3-68 ตำแหน่งที่ตั้งโครงการสวนผสมผสาน

รูปที่ 3-69 รูประบบน้ำและระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนผสมผสาน

บทที่ 4
พัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

ผลจากโครงการวิจัยเข็มมุ่งเรื่องการพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับภาคบริการในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกในปีที่ 1 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R ของอาคารภาคบริการใน 3 จังหวัด EEC มีศักยภาพในการลดการความต้องการใช้น้ำได้มากถึง 22% หรือ คือ 13-20 ล้าน ลบ.ม. ต่อ ปี โดยเป็นการลงทุนกับระบบที่มีอัตราผลตอบแทนภายในตั้งแต่ 23-46% นับว่าคุ้มทุนมาก

ทั้งนี้งานวิจัยโครงการดังกล่าวยังได้จัดทำรูปแบบทางวิศวกรรมที่เหมาะสมกับอาคารภาคบริการประเภทต่างๆ ไว้แล้ว แม้กระนั้นหากไม่มีการใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R ที่ได้มีการศึกษาวิจัยไว้แล้วนั้นอย่างเป็นรูปธรรม ก็จะทำให้ทั้งการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำใน 3 จังหวัด EEC หรือผลตอบแทนที่คุ้มค่าจากการลงทุนต่อผู้ประกอบการภาคบริการเองไม่สำเร็จเป็นมรรคเป็นผล ความเข้าใจทั้งทางเทคนิค ทางการจัดการ ทางการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ต่อระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการของภาคส่วนต่างๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดการผลักดันการใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการอย่างเป็นรูปธรรม

การอบรมเผยแพร่องค์ความรู้เพื่อสร้างทรัพยากรมนุษย์และต้นทุนฐานความเข้าใจในทุกภาคส่วนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก โครงการนี้ออกแบบหลักสูตรการอบรม 2 หลักสูตรที่ต่างกันสำหรับ 2 ภาคส่วนที่ต้องการระดับความรู้ความเข้าใจที่แตกต่างกันตามบทบาทหน้าที่ ดังแสดงในตารางที่ 4-1 โดยมีการตั้งเป้าหมายผู้เข้าอบรมทุกภาคส่วนของทั้ง 2 หลักสูตรรวมกัน 240 คน ภายในระยะเวลา 1 ปี โดยมีกลุ่มเป้าหมายของแต่ละหลักสูตร

4.1 หลักสูตรการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R สำหรับอาคารภาคบริการ

หลักสูตรที่ 1 : การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

ชื่อหลักสูตร "การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการเพื่อสร้างกำไรเอกชน กำไรสังคม"

4.1.1 วัตถุประสงค์

- ☐ เพื่อให้ผู้บริหาร/ผู้จัดการ/เจ้าของอาคารภาคบริการทั้ง 6 ประเภทสามารถตัดสินใจลงทุนหรือ ออกนโยบายสนับสนุนใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารของตน
- ☐ เพื่อให้หน่วยงานราชการระดับท้องถิ่นได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์ เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการใช้งานในพื้นที่ของตน
- ☐ เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย และ นิสิต นักศึกษาแนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์ เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการต่อยอดการวิจัยและพัฒนา การเรียนการสอน และการใช้งานจริงในอนาคต

4.1.2 กลุ่มเป้าหมาย

- ☐ ผู้บริหาร/ผู้จัดการ/เจ้าของอาคารภาคบริการทั้ง 6 ประเภทใน 3 จังหวัด EEC
- ☐ หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่น (อบต. และ อบจ.) ใน 3 จังหวัด EEC
- ☐ นักเรียน นักศึกษา อาจารย์ นักวิจัยในระดับมัธยม ระดับอุดมศึกษา และระดับบัณฑิตศึกษาทั่วประเทศ

4.1.3 วิธีการดำเนินการอบรม

- ☐ จัดกิจกรรมการฝึกอบรมหลักสูตรที่ 1 จำนวน 5 ครั้งๆ ละประมาณ 30 คน (รวมจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 150 คน) ผ่านทาง Zoom หรือ MS Team และบันทึกการฝึกอบรมไว้
- ☐ จัดกิจกรรมการฝึกอบรมหลักสูตรที่ 1 ผ่านระบบการเรียนออนไลน์ Voomly โดยใช้การสอนด้วนวิดีโอที่บันทึกไว้ผ่านการอบรมผ่านทาง Zoom หรือ MS Team ประกอบกับแบบทดสอบและแบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์ผ่านทาง Voomly (นับรวมจำนวนผู้อบรมผ่านทาง Voomly เป็นผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมเช่นเดียวกัน)

 เมื่อผ่านการอบรมจะมีการมอบประกาศนียบัตร (อิเล็กทรอนิกส์) การเข้าร่วมอบรมหลักสูตรที่ 1 แก่ผู้ผ่านแบบทดสอบออนไลน์และผู้ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์

ตารางที่ 4-1 เนื้อหาการอบรมหลักสูตรที่ 1

เวลาการนำเสนอ	**เนื้อหาในการอบรม**
5 นาที	ศักยภาพของการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R ในการช่วยอาคารภาคบริการทำกำไรตน กำไรสังคมในบริบทสังคมใต้วิกฤติการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ และสังคมการบริโภคอย่างยั่งยืน
20 นาที	ทิศทางอุปสงค์-อุปทาน และกลไกการตลาดน้ำประปา-น้ำเสียที่อาคารภาคบริการต้องรู้ • ความต้องการใช้น้ำภาคบริการ อันดับประเภทผู้ใช้น้ำของแต่ละประเภทอาคารใน EEC ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต • ปริมาณน้ำอุปทาน ภัยแล้ง และแนวโน้มการขาดแคลนน้ำในพื้นที่จังหวัด EEC • ทิศทางราคาของน้ำประปา ราคาของน้ำเสีย
15 นาที	ความคืบหน้าแนวโน้มกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย น้ำทิ้ง การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับอาคารภาคบริการ และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
35 นาที	เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ 3R สำหรับอาคารภาคบริการ (35 นาที) • การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE)) • การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (WR) • การประยุกต์การใช้งานร่วมกับ IoT (Internet of Things) • ความกังวลของการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ลักษณะการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และน้ำใช้ซ้ำแบบไม่สัมผัสตัวคน (Non-portable Reuse)
45 นาที	ตัวอย่างการจัดการน้ำอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการแต่ละประเภททั้งในไทยและของต่างประเทศ • ตัวอย่างสำหรับห้างสรรพสินค้า • ตัวอย่างสำหรับสถานีบริการเชื้อเพลิง • ตัวอย่างสำหรับอาคารสำนักงาน/สถานที่ราชการ • ตัวอย่างสำหรับโรงพยาบาล • ตัวอย่างสำหรับโรงเรียน

เวลาการนำเสนอ	เนื้อหาในการอบรม
	• ตัวอย่างสำหรับโรงแรม
30 นาที	การประเมินผลประโยชน์ต่อเอกชนใช้ 3R การลงทุน ความคุ้มทุน และผลประโยชน์ต่อสังคม • การประเมินความคุ้มทุนและผลประโยชน์ต่ออาคารภาคบริการแต่ละประเภท ตามขนาด และที่สถานที่ตั้ง • การประเมินผลประโยชน์ต่อภาคเกษตรกร และระบบนิเวศ • การประเมินผลประโยชน์จากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก • ข้อเสนอมาตรการช่วยเหลือของภาครัฐที่ได้จากการวิจัย
10 นาที	ทิศทางการผลักดันของภาครัฐที่กำลังดำเนินการอยู่
15 นาที	แบบทดสอบออนไลน์
5 นาที	แบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์
รวม 180 นาที	

4.1.4 ประโยชน์ที่ผู้เข้าอบรมจะได้รับ

- ☐ ผู้เข้าร่วมอบรมได้พัฒนาองค์ความรู้การการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R และระบบการนำน้ำเสียและระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่ EEC (จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง) นำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานประกอบการได้
- ☐ ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถตัดสินใจลงทุน หรือ ออกนโยบายสนับสนุนใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารของตนเพื่อเสนอแนะให้ลูกค้าเลือกใช้ระบบดังกล่าวในอาคารของตน

4.1.5 สถานที่การจัดกิจกรรมฝึกอบรม

ออนไลน์ผ่านระบบ Zoom หรือ MS Team

4.1.6 ผลผลิต/ผลลัพธ์

1) ตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอาคารภาคบริการ 3 ตัวอย่างโดยเปิดให้ชมฟรีผ่าน You Tube
2) หลักสูตรการอบรม
3) การจัดอบรมรวม 5 ครั้ง
4) ผู้ได้รับการฝึกอบรม 150 คน

4.2 หลักสูตร Trainer การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

หลักสูตรที่ 2 : หลักสูตร Trainer การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

ชื่อหลักสูตร "การออกแบบและใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ: การใช้งานสำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างสุขภัณฑ์ และการใช้รดพื้นที่สีเขียว"

4.2.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อฝ่ายวิศวกรรม หรือ เจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำและระบบแจกจ่ายน้ำของโรงพยาบาล โรงแรม รีสอร์ท และอาคารสำนักงานได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการของตน โดยเน้นการประยุกต์การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับหอหล่อเย็น การใช้ชำระล้างโถส้วม และการใช้รดน้ำพื้นที่สีเขียว
- เพื่อฝ่ายวิศวกรรม หรือ เจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำและระบบแจกจ่ายน้ำของห้างสรรพสินค้า ตลาด สถานีบริการเชื้อเพลิง และโรงเรียนได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการของตน โดยเน้นการประยุกต์การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับหอหล่อเย็น การใช้ชำระล้างโถส้วม และการใช้รดน้ำพื้นที่สีเขียว
- เพื่อให้ผู้ออกแบบอาคารภาคบริการได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อเสนอแนะให้ลูกค้าเลือกใช้ระบบดังกล่าวในอาคารของตน โดยเน้นการประยุกต์การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับหอหล่อเย็น การใช้ชำระล้างโถส้วม และการใช้รดน้ำพื้นที่สีเขียว

4.2.2 กลุ่มเป้าหมาย

- วิศวกร ผู้ออกแบบจากบริษัทออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบบริหารจัดการน้ำทั่วประเทศที่มีงานหรือมีแผนงานการดำเนินการในอาคารภาคใน 3 จังหวัด EEC
- ฝ่ายวิศวกรรม หรือผู้ดูแลระบบของอาคารภาคบริการใน 3 จังหวัด EEC

4.2.3 วิธีการดำเนินการ

- จัดกิจกรรมการฝึกอบรมหลักสูตรที่ 2 จำนวน 3 ครั้งๆ ละประมาณ 30 คน (รวมจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 90 คน) ผ่านทาง Zoom หรือ MS Team และบันทึกการฝึกอบรมไว้
- จัดกิจกรรมการฝึกอบรมหลักสูตรที่ 2 ผ่านระบบการเรียนออนไลน์ Voomly โดยใช้การสอนด้วยวิดีโอที่บันทึกไว้ผ่านการอบรมผ่านทาง Zoom หรือ MS Team ประกอบกับ

แบบทดสอบและแบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์ผ่านทาง Voomly (นับรวมจำนวนผู้อบรมผ่านทาง Voomly เป็นผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมเช่นเดียวกัน)

- เมื่อผ่านการอบรมจะมีการมอบประกาศนียบัตร (อิเล็กทรอนิกส์) การเข้าร่วมอบรมหลักสูตรที่ 2 แก่ผู้ผ่านแบบทดสอบออนไลน์ และผู้ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์

ตารางที่ 4-2 เนื้อหาการอบรมหลักสูตรที่ 2

เวลาการนำเสนอ	**เนื้อหาในการอบรม**
5 นาที	สรุปข้อเด่นของการใช้บริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างโถส้วม และการใช้รดพื้นที่สีเขียว เมื่อเทียบกับการใช้น้ำประปาตามปกติ
30 นาที	ทิศทางอุปสงค์-อุปทาน กฎหมายการใช้น้ำ และการบำบัดน้ำที่อาคารภาคบริการต้องรู้ • ความต้องการใช้น้ำภาคบริการ อันดับประเภทผู้ใช้น้ำของแต่ละประเภทอาคารใน EEC ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต • ปริมาณน้ำอุปทาน ภัยแล้ง และแนวโน้มการขาดแคลนน้ำในพื้นที่จังหวัด EEC • ทิศทางราคาของน้ำประปา และราคาของน้ำเสีย • ความคืบหน้าแนวโน้มกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย น้ำทิ้ง การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับอาคารภาคบริการ และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
60 นาที	เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ 3R สำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างโถส้วม และการใช้รดพื้นที่สีเขียว • 3R และ IoT - การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE)) - การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (WR) - การประยุกต์การใช้งานร่วมกับ IoT (Internet of Things) • ข้อดี-ข้อเสียเชิงเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีที่ไม่ใช่ 3R ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน • ความกังวลของการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ลักษณะการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่กลับมาใช้ และน้ำใช้ซ้ำแบบไม่สัมผัสตัวคน (Non-portable Reuse)
40 นาที	ตัวอย่างการจัดการน้ำอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการแต่ละประเภททั้งในไทยและของต่างประเทศ

เวลาการนำเสนอ	เนื้อหาในการอบรม
	• ตัวอย่างสำหรับห้างสรรพสินค้า • ตัวอย่างสำหรับสถานีบริการเชื้อเพลิง • ตัวอย่างสำหรับอาคารสำนักงาน/สถานที่ราชการ • ตัวอย่างสำหรับโรงพยาบาล • ตัวอย่างสำหรับโรงเรียน • ตัวอย่างสำหรับโรงแรม
25 นาที	การประเมินผลประโยชน์ต่อเอกชนใช้ 3R การลงทุน ความคุ้มทุน และผลประโยชน์ต่อสังคม • การประเมินความคุ้มทุนและผลประโยชน์ต่ออาคารภาคบริการแต่ละประเภท ตามขนาด และที่สถานที่ตั้ง • การประเมินผลประโยชน์ต่อภาคเกษตรกร และระบบนิเวศ • การประเมินผลประโยชน์จากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก • ข้อเสนอมาตรการช่วยเหลือของภาครัฐ ที่ได้จากการวิจัย
15 นาที	แบบทดสอบออนไลน์
5 นาที	แบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์
รวม 180 นาที	

4.2.4 ประโยชน์ที่ผู้เข้าอบรมจะได้รับ

- ผู้เข้าร่วมอบรมได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการใช้งานในพื้นที่ของตนการผลักดันการต่อยอดการวิจัยและพัฒนา การเรียนการสอน และการใช้งานจริงในอนาคต
- ผู้เข้าร่วมอบรมทางฝ่ายวิศวกรรม หรือ เจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำและระบบแจกจ่ายน้ำของโรงพยาบาล โรงแรม รีสอร์ท อาคารสำนักงานห้างสรรพสินค้า ตลาด สถานีบริการเชื้อเพลิง และโรงเรียนได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการของตน

4.2.5 สถานที่การจัดกิจกรรมฝึกอบรม

ออนไลน์ผ่านระบบ Zoom หรือ MS Team

4.2.6 ผลผลิต/ผลลัพธ์

1) ตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอาคารภาคบริการ 3 ตัวอย่าง โดยเปิดให้ชมฟรีผ่าน YouTube
2) หลักสูตรการอบรม
3) การจัดอบรมรวม 3ครั้ง
4) ผู้ได้รับการฝึก 90 คน

4.3 แผนการทำเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์ เชิญชวน โฆษณา และลงทะเบียน

- ☐ ทำ Facebook ของโครงการเพื่อการประชาสัมพันธ์หลักสูตร เชิญชวน โฆษณา
- ☐ ทำ Youtube ของโครงการเพื่อการเผยแพร่สื่อมัลติมีเดียอย่างน้อย 3 ชิ้นของ ตัวอย่างการใช้งานที่ประสบความสำเร็จเพื่อชักชวนเข้าร่วมโครงการ
  - ความคุ้มค่าของการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะตามหลัก 3 R สร้างกำไรเอกชน กำไรสังคม
  - ความสำเร็จของระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะของอาคารสำนักงานบริษัท Quality Mineral ลพบุรี
  - ความสำเร็จของระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะของห้างสรรพสินค้า Central มหาชัย หรือ Central ระยอง
  - ความสำเร็จของระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะของบริษัทเกษตรพัฒนาอุตสาหกรรมพิษณุโลก
- ☐ ทำ Google Form เพื่อการลงทะเบียน Online ของแต่ละหลักสูตร
- ☐ ทำ Google Form แบบทดสอบ Online ของแต่ละหลักสูตร
- ☐ ทำ Google Form แบบสำรวจความคิดเห็น-ประเมินหลักสูตร Online ของแต่ละหลักสูตร
- ☐ ทำประกาศนียบัตร (อิเล็กทรอนิกส์) แก่ผู้เข้าร่วม
- ☐ ทำการอบรมแบบ Live หลักสูตรละ 3 ชั่วโมงด้วยโปรแกรม MS Team ไม่เกิน 8 ครั้ง
- ☐ ทำการตัดต่อการอบรมที่จัด Live ไปแล้วเป็นระบบเรียนรู้ Online ให้ผู้สนใจลงทะเบียนเรียนได้ด้วยตนเอง และ ต้องทำแบบทดสอบเพื่อขอรับประกาศนียบัตร (อิเล็กทรอนิกส์)
- ☐ นับจำนวนผู้เข้าร่วมทั้งแบบ Live และ แบบที่เรียนด้วยตนเองผ่านระบบเรียนรู้ Online รวมกัน >240 คน

ตารางที่ 4-3 แผนการดำเนินการจัดอบรมทั้งสองหลักสูตร

กิจกรรม	ระยะเวลา (สัปดาห์)									
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20
จัดทำเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์	/									
ลงโฆษณาผ่านเว็บไซต์		/	/	/	/	/	/	/	/	/
เปิดให้ลงทะเบียนเข้าฝึกอบรม			/	/	/	/	/	/	/	/
จัดทำสื่อมัลติมีเดีย 3 ชิ้นของตัวอย่างการใช้งานที่ประสบความสำเร็จในการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ			/		/		/			
จัดกิจกรรมการฝึกอบรมหลักสูตรที่ 1 ผ่านทาง Zoom หรือ MS Team				/		/		/		
จัดกิจกรรมการฝึกอบรมหลักสูตรที่ 2 ผ่านทาง Zoom หรือ MS Team					/		/		/	
เปิดให้ลงทะเบียนและเข้าฝึกอบรมผ่านทาง Voomly								/	/	/

4.4 ผลการดำเนินงาน

4.4.1 การฝึกอบรมออนไลน์หลักสูตรการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R

หลักสูตรที่ 1 “การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการเพื่อสร้างกำไรเอกชน กำไรสังคม”

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้บริหาร/ผู้จัดการ/เจ้าของอาคารภาคบริการทั้ง 6 ประเภทสามารถตัดสินใจลงทุน หรือ ออกนโยบายสนับสนุนใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารของตน
2. เพื่อให้หน่วยงานราชการระดับท้องถิ่นได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการใช้งานในพื้นที่ของตน
3. เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย และ นิสิต นักศึกษาแนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์ เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการต่อยอดการวิจัยและพัฒนา การเรียนการสอน และการใช้งานจริงในอนาคต

กลุ่มเป้าหมาย

1. ผู้บริหาร/ผู้จัดการ/เจ้าของอาคารภาคบริการทั้ง 6 ประเภท (คือ อาคารสำนักงาน สถานีบริการน้ำมัน โรงพยาบาล ตลาด ห้างสรรพสินค้า สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน สถานศึกษา มหาวิทยาลัย) ใน 3 จังหวัด ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา
2. หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่น (เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล องค์การบริหารส่วนจังหวัด) ใน 3 จังหวัด ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา
3. นักเรียน นักศึกษา อาจารย์ นักวิจัยในระดับมัธยม ระดับอุดมศึกษา และระดับบัณฑิตศึกษาทั่วประเทศ

ประโยชน์ที่ผู้เข้าอบรมจะได้รับ

1. ผู้เข้าร่วมอบรมได้พัฒนาองค์ความรู้การการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R และระบบการนำน้ำเสียและระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่ EEC (จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง) นำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานประกอบการได้

2. ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถตัดสินใจลงทุน หรือ ออกนโยบายสนับสนุนใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารของตนเพื่อเสนอแนะให้ลูกค้าเลือกใช้ระบบดังกล่าวในอาคารของตน
3. ผู้เข้าร่วมอบรมได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการใช้งานในพื้นที่ของตนการผลักดันการต่อยอดการวิจัยและพัฒนา การเรียนการสอน และการใช้งานจริงในอนาคต

ขั้นตอนการจัดฝึกอบรมออนไลน์

1. กำหนดวัน เวลา สถานที่ และกำหนดเนื้อหาการฝึกอบรมออนไลน์ การฝึกอบรมในหลักสูตรที่ 1 ภายใต้ชื่อ “การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการเพื่อสร้างกำไรเอกชน กำไรสังคม” ได้กำหนดวันเวลาในการจัดอบรมออกเป็น 3 ครั้งดังตารางที่ 4-4 และมีกำหนดการในการอบรมดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-4 วันเวลาการจัดอบรมหลักสูตรที่ 1

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	เวลา	สถานที่	ผู้บรรยาย
1	20 พ.ย. 64	09.00 น.-12.00 น.	ออนไลน์ผ่าน Zoom	ผศ.ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์
2	8 ม.ค. 65	09.00 น.-12.00 น.	ออนไลน์ผ่าน Zoom	ผศ.ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์
3	5 ก.พ. 65	09.00 น.-12.00 น.	ออนไลน์ผ่าน Zoom	ผศ.ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์

ตารางที่ 4-5 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1

เวลา	เนื้อหาการอบรม
08.45-09.00 น.	ลงทะเบียน
09.00-09.05 น.	ศักยภาพของการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R ในการช่วยอาคารภาคบริการทำกำไรตน กำไรสังคมในบริบทสังคมใต้วิกฤติการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ และสังคมการบริโภคอย่างยั่งยืน
09.05-09.25 น.	ทิศทางอุปสงค์-อุปทาน และกลไกการตลาดน้ำประปา-น้ำเสียที่อาคารภาคบริการต้องรู้ • ความต้องการใช้น้ำภาคบริการ อันดับประเภทผู้ใช้น้ำของแต่ละประเภทอาคารใน EEC ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต • ปริมาณน้ำอุปทาน ภัยแล้ง และแนวโน้มการขาดแคลนน้ำในพื้นที่จังหวัด EEC ทิศทางราคาของน้ำประปา ราคาของน้ำเสีย

เวลา	เนื้อหาการอบรม
09.25-09.40 น.	ความคืบหน้าแนวโน้มกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย น้ำทิ้ง การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับอาคารภาคบริการ และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
09.40-10.15 น.	เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ 3R สำหรับอาคารภาคบริการ (35 นาที) • การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE)) • การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (WR) • การประยุกต์การใช้งานร่วมกับ IoT (Internet of Things) ความกังวลของการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ลักษณะการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และน้ำใช้ซ้ำแบบไม่สัมผัสตัวคน (Non-portable Reuse)
10.15-10.25 น.	พักเบรก
10.25-11.10 น.	ตัวอย่างการจัดการน้ำอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการแต่ละประเภททั้งในไทยและของต่างประเทศ • ตัวอย่างสำหรับห้างสรรพสินค้า • ตัวอย่างสำหรับสถานีบริการเชื้อเพลิง • ตัวอย่างสำหรับอาคารสำนักงาน/สถานที่ราชการ • ตัวอย่างสำหรับโรงพยาบาล • ตัวอย่างสำหรับโรงเรียน • ตัวอย่างสำหรับโรงแรม
11.10-11.40 น.	การประเมินผลประโยชน์ต่อเอกชนใช้ 3R การลงทุน ความคุ้มทุน และผลประโยชน์ต่อสังคม • การประเมินความคุ้มทุนและผลประโยชน์ต่ออาคารภาคบริการแต่ละประเภทตามขนาด และที่สถานที่ตั้ง • การประเมินผลประโยชน์ต่อภาคเกษตรกร และระบบนิเวศ • การประเมินผลประโยชน์จากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก • ข้อเสนอมาตรการช่วยเหลือของภาครัฐที่ได้จากการวิจัย
11.40-11.50 น.	ทิศทางการผลักดันของภาครัฐที่กำลังดำเนินการอยู่
11.50-12.10 น.	แบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์

2. แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์

ในการอบรมทั้ง 3 ครั้ง ได้ดำเนินการจัดทำเป็นแบบฟอร์มใน Google Form ที่ระบุชื่อหลักสูตร กลุ่มเป้าหมาย วันและเวลาที่จัดอบรม แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์ที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ 4-1 และได้ linkและ QR codeเป็นช่องทางในการลงทะเบียนให้แก่ผู้สนใจ รายละเอียดดังตารางที่ 4-6

รูปที่ 4-1 แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1

ตารางที่ 4-6 Link และ QR code การลงทะเบียนอบรมหลักสูตรที่ 1

ครั้งที่	Link	QR code
1	https://forms.gle/uycQnPPVNmJp7zz87	SCAN ME
2	https://forms.gle/k7MXznyQXEJw8aEe7	SCAN ME
3	https://forms.gle/zPZoWSFwcnSDe2TcA	SCAN ME

3. จัดทำโปสเตอร์สำหรับประชาสัมพันธ์การอบรมหลักสูตรที่ 1

ในการอบรมทั้ง 3 ครั้ง ได้จัดทำสื่อประชาสัมพันธ์ ได้แก่ โปสเตอร์ Line official โดยเนื้อหาในโปสเตอร์จะต้องระบุชื่อของหลักสูตร สถานที่หรือออนไลน์ มีประกาศนียบัตร วัน เวลาในการจัดอบรมให้ชัดเจน มีช่องทางการติดต่อ หรือการลงทะเบียนให้ผู้ที่สนใจ นอกจากนี้ต้องมีโลโก้หน่วยงานที่จัดการอบรม ที่สำคัญเนื้อหาในโปรเตอร์ต้องสอดคล้องกับชื่อหลักสูตร และเป็นที่สนใจ โดยในการอบรมทั้ง 3 ครั้งมีการทำเนื้อหาการประชาสัมพันธ์ให้สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายในแต่ละครั้ง ซึ่งครั้งที่ 1 เป็นหน่วยงานเอกชน เจ้าของผู้ประกอบการ ครั้งที่ 2 หน่วยงานรัฐ เน้นนิสิต นักศึกษา และครั้งที่ 3 หน่วยงานรัฐทั้งจังหวัด และท้องถิ่น ดังรูปที่ 4-2 ถึง 3-4

รูปที่ 4-2 โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 1 ครั้งที่ 1

รูปที่ 4-3 โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 1 ครั้งที่ 2

รูปที่ 4-4 โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 1 ครั้งที่ 3

4. จัดทำ link การอบรมออนไลน์

คณะผู้จัดทำได้เลือกโปรแกรม Zoom ในการเซต link ได้ดังนี้

หัวข้อการอบรมหลักสูตร: “การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการเพื่อสร้างกำไรเอกชน กำไรสังคม”

- ☐ ครั้งที่ 1 วันและเวลา: 20 พฤศจิกายน 2564 เริ่มเปิดระบบเวลา 8.45 น.

  Join Zoom Meeting:

  https://us02web.zoom.us/j/83011973699?pwd=WjFqMWVjL0ovYXpsOEpYbDNLTmdVUT09

  Meeting ID: 830 1197 3699 Passcode: 158162
- ☐ ครั้งที่ 2 วันและเวลา: 8มกราคม 2565 เริ่มเปิดระบบเวลา 8.45 น.

  Join Zoom Meeting:

  https://us02web.zoom.us/j/88044476424?pwd=ejMvY0hta05HaDd2RVhaOS9ZYWZvdz09

  Meeting ID: 880 4447 6424Passcode: 574456
- ☐ ครั้งที่ 3 วันและเวลา: 5กุมภาพันธ์ 2565 เริ่มเปิดระบบเวลา 8.45 น.

  Register in advance for this meeting:

  https://us02web.zoom.us/meeting/register/tZwudOitrT4jHdXmshl5Gw8kF2kYNs5jW0nh

5. จัดทำแบบฟอร์มประเมินหลังการอบรมออนไลน์

ในการอบรมทั้ง 3 ครั้ง มีการจัดทำแบบฟอร์มการประเมินผล โดยจัดทำเป็นแบบฟอร์มใน Google Form ที่ระบุชื่อหลักสูตร วันและเวลาที่จัดอบรม แบบฟอร์มประเมินหลังการอบรมออนไลน์มีลักษณะดังรูปที่ 4-5 และได้จัดทำเป็นlink สำหรับการประมินดังนี้

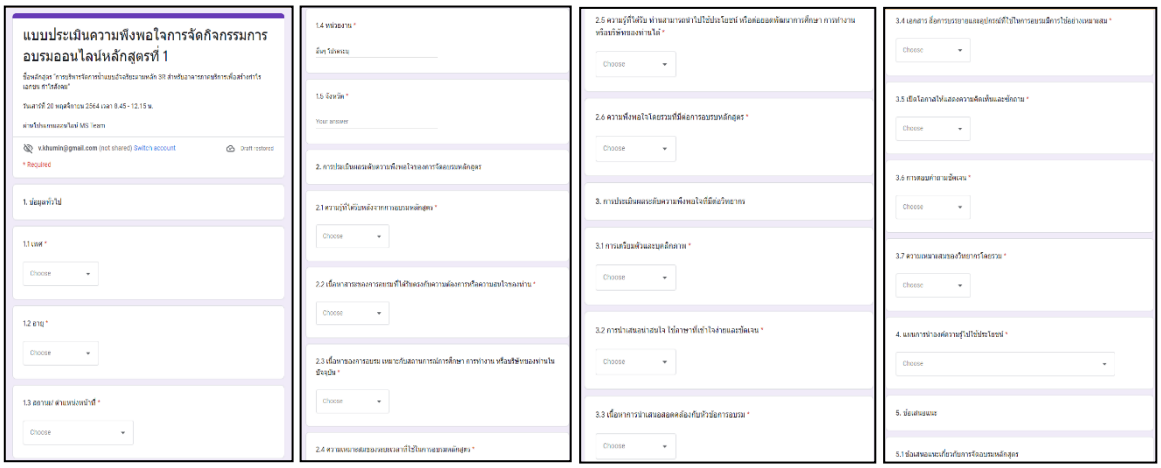
- ☐ ครั้งที่ 1 - https://forms.gle/f4sH8cqTUgw7YuMFA
- ☐ ครั้งที่ 2 - https://forms.gle/9DD7KG18c4LUWKmB7
- ☐ ครั้งที่ 3 - https://forms.gle/R5gCAN9138dLtizT9

เนื้อหาภายในแบบฟอร์มประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่

1) ข้อมูลทั่วไป อาทิ เพศ อายุ สถานะ หน่วยงาน และจังหวัด
2) ประเมินผลระดับความพึงพอใจของการจัดอบรมหลักสูตร แบ่งเป็นเรื่องความรู้ที่ได้รับหลังจากการอบรมหลักสูตรเนื้อหาสาระของการอบรมที่ได้รับตรงกับความต้องการหรือความสนใจหรือไม่ เนื้อหาของการอบรม เหมาะกับสถานการณ์การศึกษา การทำงาน หรือบริษัทของท่านในปัจจุบันหรือไม่ความเหมาะสมของ

ระยะเวลาที่ใช้ในการอบรมหลักสูตรและความรู้ที่ได้รับนำไปใช้ประโยชน์ หรือต่อยอดพัฒนาการศึกษา การทำงาน หรือบริษัทของท่านได้โดยใช้การประเมินเป็นการให้คะแนน มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

3) ประเมินผลระดับความพึงพอใจต่อวิทยากร แบ่งเป็น การเตรียมตัวและบุคลิกภาพ การนำเสนอน่าสนใจ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและชัดเจนหรือไม่ เนื้อหาการนำเสนอสอดคล้องกับหัวข้อการอบรมเอกสาร สื่อการบรรยายและอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรมมีการใช้อย่างเหมาะสมเปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นและซักถาม และการตอบคำถามชัดเจน โดยใช้การประเมินเป็นการให้คะแนน มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด
4) แผนการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆโดยแบ่งเป็น ใช้ปรับปรุงระบบบริหารการจัดการน้ำ/น้ำเสียขององค์กร/บริษัทของท่านใช้ในการทำงานวิจัยใช้เป็นข้อมูลในการประกอบอาชีพ/วิชาชีพในอนาคตใช้ในการแนะนำให้ลูกค้าของท่านใช้ระบบการรีไซเคิลน้ำเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และใช้ในการพัฒนานโยบาย กฎระเบียบ กฎหมายในท้องถิ่นหรือองค์กรของท่าน
5) ข้อเสนอแนะ



รูปที่ 4-5 แบบฟอร์มประเมินหลังการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1

6. จัดทำประกาศนียบัตรสำหรับผู้เข้าร่วมฝึกอบรมออนไลน์

รูปที่ 4-6 ประกาศนียบัตรการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1

ผลการดำเนินการฝึกอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1

1. ผู้เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรออนไลน์หลักสูตรที่ 1

จากการประชาสัมพันธ์และเปิดให้มีการลงทะเบียนออนไลน์ผ่าน Google Form ในการอบรมทั้ง 3 ครั้งพบว่ามีผู้สนใจเข้าร่วมการอบรมทั้งหมด 211 คน แบ่งเป็นผู้เข้าร่วมการอบรมออนไลน์จริงวันที่ 20 พฤศจิกายน 2564 จำนวน 70 ท่าน วันที่ 8 มกราคม 2565 จำนวน 55 ท่าน และวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2565 จำนวน 86 ท่าน ซึ่งมีรายชื่อผู้เข้าร่วมดังตารางที่ 4-7 ถึงแม้ว่าการฝึกอบรมหลักสูตรที่ 1 จะให้ความสำคัญกับพื้นที่ EEC เป็นหลัก แต่อย่างไร มีผู้ให้การสนใจและเข้าร่วมที่มาจากจังหวัดต่างๆ โดยคิดเป็นสัดส่วนดังรูปที่ 4-7 คิดเป็นผู้เข้าอบรบมาจากกรุงเทพมหานครร้อยละ 23 เป็น EEC (ชลบุรีระยอง และฉะเชิงเทรา)ร้อยละ 11 จากปทุมธานีร้อยละ 9 จากพิษณุโลกร้อยละ 6 จากสมุทรปราการ เชียงใหม่ ร้อยละ 4 และจังหวัดอื่นๆ

ตารางที่ 4-7 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรออนไลน์หลักสูตรที่ 1

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	ลำดับ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน
1	นายธีรพล สุขสำราญ	โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์	107	นายอำพล เตโชวาณิชย์	ม.นเรศวร
2	นางจินตนา ขันธแก้ว	โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์	108	นางสาวญาดา เทียนทอง	มทร.ธัญบุรี
3	นางสาวสิรินาถ เฉลิมโชควิจิตร	โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์	109	นายณัฐพงศ์ โพนะทา	มทร.ธัญบุรี
4	นาวาโทหญิงวลัยลักษณ์ ภาแก้ว	โรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์	110	นายภาณุพงศ์ ทองประสิทธิ์	ม.สยาม
5	นายชาญณรงค์ ใจแสน	พนักงานบริษัทเอกชน	111	นายพงศธร ทวีธนวาณิชย์	ม.ราชภัฏศรีสะเกษ
6	นางสาวนันทิกา นิลประยูร	Thai Takasago	112	นายปฐมพร พูลสวัสดิ์	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
7	นางสาวอุมารัจน์ สันติสุขเกษม	ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ม.ศิลปากร	113	คุณรัตนาภรณ์ บุญทศ	บ.เอ็นวิเทรด เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด กทม
8	นายอนุกูล เกียรติขวัญบุตร	ศูนย์นวัตกรรมอย่างยั่งยืน คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ม.สงขลานครินทร์	114	คุณทองปักษ์ ดอนประจำ	ม.ราชภัฏศรีสะเกษ
9	นางสาวกิติยา โต๊ะทอง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.ราชภัฏธนบุรี	115	นางสาวจันทร์ทรงกลด ข่ายม่าน	คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา ม.เกษตรศาสตร์
10	นายรัฐ เรืองโชติวิทย์	ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม	116	นางสาวอรวรรณ ศิริบรรพต	เทศบาลนครอุดรธานี
11	นางสาวพรธิดา เทพประสิทธิ์	ศูนย์สิ่งแวดล้อม ม.สวนดุสิต	117	WANNA JINKASIKIJ	-
12	นางสาวมัลลิกา พั้วพวง	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ม.จุฬา	118	นางสาววิภาดา คงรอด	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม ม.สงขลานครินทร์
13	นางสาวศุภาวรรณ เรืองฤทธิ์	สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดแพร่	119	นางสาวสุขุมา ชิตาภรณ์พันธุ์	ม.พะเยา
14	นายกฤษฎา สนธิโพธิ์	บริษัท Geo Design	120	คุณกัญญาณัฐ แสงทอง	บริษัทที่ปรึกษาสิ่งแวดล้อมสมุทรปราการ
15	นางสาวพัสรา น้อยเพ็ง	บริษัท สยามเอ็นไวรอนเมนทอลเทคโนโลยี่	121	คุณฐิรรัตน์ ศรีคงจันทร์	มทร. ธัญบุรี

		จำกัด			
16	นางสาวปวิตรา สอวิเศษ	บริษัท สยามเอ็นไวรอนเมนทอลเทคโนโลยี จำกัด	122	นางสาวมณฑกาญจน์ นิราศภัย	ร.ร.สตรีนนทบุรี
17	นายทรงเกียรติ ภัทรปัทมาวงศ์	ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	123	คุณพงศ์พสิษฐ์ จันทะลี	-
18	นางสาวกุสุมา รินทะไชย	ม.นเรศวร	124	คุณสุรีย์พร เกิดแก่นแก้ว	สผ กทม
19	นางสาวชุลีพร ใจหมั้น	A plus E Design & Consultant.co.Ltd.	125	คุณทันยธร เขตต์สุพรรณ	ม. มหิดล กทม
20	นายเอนก เวชพันธุ์	บริษัท น้ำใสไทย จำกัด	126	คุณอิมราน สุหลง	สำนักงานเทศบาลนครยะลา
21	นางสาวปัณฑ์ชนิต ป่าแดง	ม.เชียงใหม่	127	คุณเพ็ญนภา คงธนสารสิทธิ์	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กทม
22	นางสาวเรียวฟาง สวนเอก	ม.เชียงใหม่	128	นางสาวณัฐพร ขำโคกสูง	โรงพยาบาลปักธงชัย นครราชสีมา
23	นายภาคภูมิ รักร่วม	วิศวกรรมศาสตร์ มช	129	คุณพัทยา พลวิชัย	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย นนทบุรี
24	นายอภิรักษ์ ออมสิน	ม.แม่โจ้	130	คุณประโชติ กราบกราน	กรมอนามัย นนทบุรี
25	นางสาวสุขุมา ชิตาภรณ์พันธุ์	ม.พะเยา	131	คุณอนุพงษ์ คำฟู	เทศบาลนครลำปาง
26	นายเสถียร ชูศร	บริษัท โตโยต้าขอนแก่น	132	คุณณิชา มหาเกษม	ม. เชียงใหม่
27	นางสาวจิราภรณ์ แสงสร้อย	มูลนิธิเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน	133	คุณกาญจนศิริ บวกไธสง	โรงพยาบาลชัยภูมิ
28	นายกันย์ วีระกุล	บจก.ชินสัพพกิจ	134	นายจักรพันธ์ งามเนตร	ศูนย์อนามัยที่ 6 ชลบุรี
29	นางสาวสุนีย์ เสริมศิริโสภณ	-	135	นายรัฐ เรืองโชติวิทย์	ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ปทุมธานี
30	นายวรเทพ พูลสวัสดิ์	หน่วยบริการวิชาการ กองแผนงาน สำนักงานอธิการบดี ม.มหิดล	136	คุณพูลอินทร์ อิทธิจรุงวรกุล	AI กทม.
31	นางสาวพิมลพรรณ หมู่เฮง	บริษัท ซินเนอร์ยี่ ไลฟ์ กำจัด	137	คุณจิรญาภา จำเริญ	มทร. ธัญบุรี
32	นางดนยภรณ์ พรรณสวัสดิ์	คณะวิทยาศาสตร์ ม.รามคำแหง	138	คุณณัฐนันท์ เผ่าไทย	โรงพยาบาลวังเจ้า ตาก
33	นางสาววัสสา คงนคร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์	139	คุณประไพ บัวไข	ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย นนทบุรี

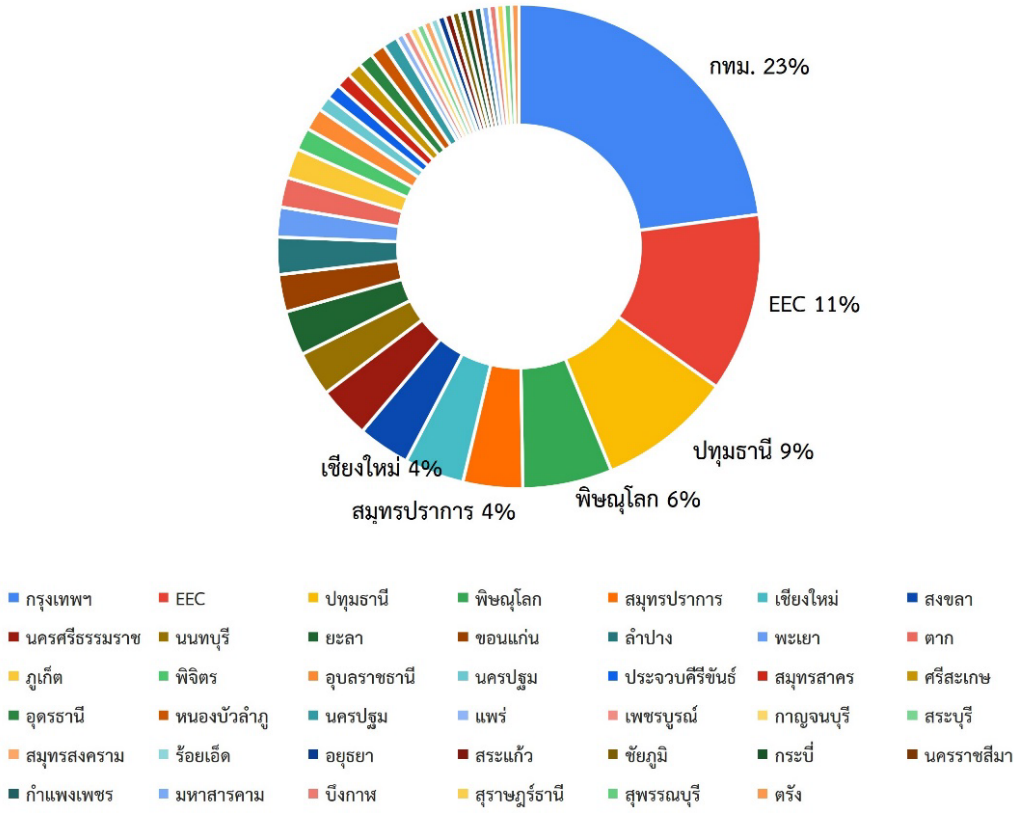
34	นางสาวจิตตินาถ ศิริโชคธนทรัพย์	ม.นเรศวร	140	นายอรุณ เบญจวิวัฒน์	เทศบาลนครยะลา
35	นายธนกร เศรษฐ์โชฎึก	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า	141	คุณตุลาพร อนันต์นาวีนุสรณ์	สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี)
36	นางสาวจุฑาธิป ศิลา	นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา	142	คุณภาณุพงศ์ ทองประสิทธิ์	-
37	นางสาวเพ่ยหยก สิงห์ลอ	ม.นเรศวร	143	คุณปริญญา สิมาฉายา	-
38	นายเนติพล สมศรีสุข	ม.นเรศวร	144	คุณวราภรณ์ ลมพันธ์	รพ.นาวังเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา หนองบัว
39	นายอภิชาติ จันทฤทธิ์	Owner	145	นายมุสตอปา เจ๊ะมะ	สน.ช เทศบาลนครยะลา
40	นายศุภฤกษ์ ขาวแดง	คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม ม.พะเยา	146	นายสันติพงศ์ พลสิทธิ์	งานสถาปัตยกรรม สำนักช่าง เทศบาลนครยะลา
41	นางสาวสิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ	ม สุโขทัยธรราธิราช	147	คุณศิริลักษณ์ กุมลา	สสจ.สมุทรปราการ
42	นางสาววิมลสิริ คเชนทร	ม.ธรรมศาสตร์	148	คุณนิตยา นิลจันทร์	รพสต.บ้านทุ่ง กระบี่
43	นายคัชพล จั่นเพชร	อพท.	149	คุณธิดารัตน์ พูลเอม	ม.มหาสารคาม ปทุมธานี
44	นางสาวนพิมพ์พร แสงวิเชียร	ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา	150	คุณลิปิกานต์ เพ็ญบุญ	-
45	นางสาวรัตนาภรณ์ บุญทศ	บ.วิสสุรัตน์ จำกัด	151	คุณศิริพร ศรีเทวิณ	ศูนย์อนามัยที่ 8 อุดรธานี
46	นายพิษณุพงศ์ ภูคาพิน	Planetutility Co., Ltd.	152	คุณอัจฉริยาพร พุ่มเจริญ	-
47	นางสาวฆัณฑรัตน์ ตาณพันธุ์	สถาบันบริหารจัดการธนาคารที่ดิน (องค์การมหาชน)	153	คุณอชิรวิทยา นันติดอย	-
48	นางสาวศิริวัฒน์ คูเจริญไพบูลย์	ม.นเรศวร	154	นางสุจิตตรา ปงกา	โรงพยาบาลสีดา นครราชสีมา
49	นางสาวฑรรชนก ประภาสวัสดิ์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	155	คุณศศิธร บัณฑิตมหากุล	-
50	นางวราภรณ์ ตรีพรหม	ม.มหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี	156	คุณนฤมล สุขขำ	เทศบาลตำบลศรีสุนทร สังกัดกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม ภูเก็ต
51	นางสาวนุชนาฏ ประจันทา	บจก.เดอะ สตรีท รีเทล ดีเวลลอปเม้นท์	157	คุณดวงทิพย์ รักสนิท	รพ.ค่ายวชิราวุธ นครศรีธรรมราช
52	นายสุธี จรรยาสุทธิวงศ์	คณะสิ่งแวดล้อม ม.เกษตรศาสตร์	158	คุณภูดิท อุปนิสากร	-
53	นางสาวจินตนา สุวิทวัส	คณะพยาบาลศาสตร์ ม.ขอนแก่น	159	คุณวราลักษณ์ ทองใบปราสาท	โรงพยาบาลขาณุวรลักษบุรี กำแพงเพชร

54	นายยุทธนา ทองท้วม	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ม.เชียงใหม่	160	คุณสุคนธา นาคศิริ	โรงพยาบาลขาณุวรลักษบุรี กทม
55	นางสาวสุธารินี อาษาคำม่วง	รพ.สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์	161	คุณณัฐวุฒิ ทิพย์ประสงค์	รพ.นาวังเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา หนองบัว
56	นางกุลยา สาริชีวิน	มทร ธัญบุรี	162	คุณศิริรัตน์ ชีมุล	เทศบาลนครลำปาง
57	นายกฤษฎา เหล่าบัวบาน	-	163	คุณบูรพา อุปมา	เทศบาลเมืองบ้านบึง (กองช่าง) ชลบุรี
58	นายสุนทรา เฟื่องฟุ้ง	มทร สุวรรณภูมิ	164	คุณโกศล ดีศีลธรรม	Infinity Solution and Technology กทม
59	นางสาวภาวิณี วัตถุสินธุ	สวทช.	165	นางนฤมล สีแก้ว	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด นครศรีธรรมราช
60	นายสากล สุขวาณิชวิชัย	Unique engineering and construction limits	166	คุณภมร พื้นบาตร	รพ.พนมสารคาม ฉะเชิงเทรา
61	Daoheuang Keochanh	ม.นเรศวร	167	คุณสุมิตรา สุขพิทักษ์	คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ ม.นเรศวร
62	นางอัจฉรา อิ่มคำ พุฒคำ	ม.นเรศวร	168	คุณรัตชา ลาวิลาศ	ทันตกรรม กทม
63	นางรพิพรรณ อ๊อตวงษ์	สำนักตรวจเงินแผ่นดินจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์	169	คุณวนิดา ผลาหาญ	เทศบาลเมืองมาบตาพุด ระยอง
64	นายณภัทร จักรวัฒนา	ม.เชียงใหม่	170	คุณชมพูนุช สุวรรณโณ	รพ.ค่ายวชิราวุธ นครศรีธรรมราช
65	นางสาวดวงใจ ขันธ์เครือ	องค์การจัดการน้ำเสีย	171	คุณประกอบ กาซันการัดชอ	เทศบาลนครยะลา
66	นายสันติพันธ์ เฉียบแหลม	คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม ม.พะเยา	172	คุณสุธัญญา สีตาแสน	รพ.กันทรวิชัย มหาสารคาม
67	นายอัษฎาวุธ บัวชุม	ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล	173	คุณวรพล สิทธิเดช	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดภูเก็ต
68	นางสาวกนกพร มณีรัตน์	ม.สุโขทัยธรรมาธิราช	174	คุณนฤมล ประดิษฐ์เสรี	เทศบาลตำบลศรีสุนทร สังกัดกอง สาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม ภูเก็ต
69	นายวินัย พันนาดี	บริษัท PPS	175	คุณณัฏฐ์ธน สาตรจีนพงษ์	สภาอุตสาหกรรมจังหวัดชลบุรี
70	นายภาณุพงศ์ มณีนวล	รพ.อาภากรเกียรติวงศ์ ฐท.สส.	176	คุณปาจีรณภรณ์ มณีวรรณ	โรงพยาบาลม.อุบลราชธานี

71	นางสาวชญานิศ ยศหิรัญเดชา	สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดตาก	177	คุณจุฑาทิพย์ มณีพงษ์	สมาคมนักผังเมืองไทย กทม
72	นางสาวพิมพ์ชยา แป้นศิริ	มทร.ธัญบุรี	178	นายชยาทิตย์ แก้วพิทักษ์	
73	นางสาววรรณิกา ขันคำนันต๊ะ	ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม	179	นายฐาปกรณ์ อินทบวร	
74	นางสาวกนกวรรณ มะลิลา	มทร.ธัญบุรี	180	นายสันติสุข ศรีวรกุล	
75	นางสาวชาลินี คชรักษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	181	คุณทวีศักดิ์ ศรีจันทร์โฉม	PP CHEMICALS CO.,LTD ระยอง
76	นายรัฐ เรืองโชติวิทย์	Environmental research and training center	182	คุณเมธาวัฒน์ อุยยะพัฒน์	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเชิงทะเล ภูเก็ต
77	คุณสิริศุขต์ พรมประสิทธิ์	พนักงานบริษัท	183	คุณเจริญชัย ศิริคุณ	-
78	นางสาวปริยานุช ใหม่จันทร์	พนักงานบริษัท	184	คุณสิริรัตน์ อยู่งาน	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดบึงกาฬ
79	คุณอรณัฐ กิจศิริกุล	-	185	คุณซูไวบะห์ ดอเลาะ	มูลนิธิสุขภาพภาคใต้ สงขลา
80	คุณสุนทร สิริทองวิไล	PSP สมุทรสาคร	186	คุณวลัยพรรณ สัมฤทธิ์วัชฌาสัย	สสจ.สมุทรปราการ
81	ว่าที่ร้อยตรีหญิงฐิติพร พลัดบุญ	ม.นเรศวร	187	คุณตะวัน บำรุงชู	ม.วลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช
82	นางสาวกัญติยา สดใส	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	188	คุณจารุพรรณ์ ห้องสวัสดิ์	อบจ.สมุทรสาคร
83	คุณรัฐนี เขมะรัตนา	กองทัพเรือ ชลบุรี	189	นางสาวสุมาลี ทองสีดำ	โรงพยาบาลกาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี
84	คุณธวัชชัย อินทร์จันทร์	บมจ.เจริญโภคภัณฑ์อาหาร นครศรีธรรมราช	190	คุณฮัซนาอ์ ยะกรอตุน	งานสถาปัตยกรรม /เทศบาลนครยะลา
85	คุณจงรักษ์ใจ ชื่นจิตร์	หจก ฟาร์มเห็ดหลินจือบ้านราชพฤกษ์พิษณุโลก	191	คุณจันทร์ฉาย ทองเพ็ญ	โรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค อุบลราชธานี
86	คุณธนากร สุกุมาลย์	ม.มหิดล	192	คุณสกุณา เชี่ยวชาญ	สสจ.ตาก
87	คุณรัฐบาล ขันธ์โพธิ์น้อย	ม.ขอนแก่น	193	คุณมนตรี ละหมัด	-
88	นายวงศา วรารักษ์สัจจะ	มทร. ธัญบุรี	194	คุณไพโรจน์ ไพบูลย์โรจน์รุ่ง	สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดฉะเชิงเทรา
89	คุณปวีณอร อังกาบ	บริษัทโกลบอล เอ็นไวรอนเมนทอล	195	คุณมงคล ช่อสุวรรณ	เทศบาลนครยะลา

		เทคโนโลยี จำกัด			
90	นางสาวณิชา กาญจนมิตร	ม.สงขลานครินทร์	196	คุณสุภาวรรณ ศรีรัตนา	ม.นเรศวร
91	นายสันติสุข คำอินทร์	ม. ราชภัฏพิบูลสงตราม	197	คุณพีรดา ปฏิทัศน์	บริษัท กรีน เอ็นไว เทค จำกัด สุพรรณบุรี
92	นางสาวเบญจวรรณ ฮั่นบุญศรี	ม.สงขลานครินทร์	198	คุณพรวรีย์ ทองกลึง	สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม
93	คุณศุภเกียรติ ศุภดล	เทศบาลเมืองร้อยเอ็ด	199	คุณวรรณา จินกสิกิจ	-
94	คุณโกศล ดีศีลธรรม	Industrial Service Provider	200	คุณศิริศักดิ์ วิประกษิต	รพ.ตรัง
95	คุณธนกร คูรอนตอง	มธร.ธัญบุรี	201	คุณนรินทร์เดช น้ำทิพย์	King power international Co., Ltd.
96	คุณศิริโสภา ฤทธิหาร	บริษัท เบตเตอร์ เวสท์ แคร์ จำกัด	202	คุณณัฐริกา ซื่อมาก	ทน.ระยอง
97	คุณเกริกชัย ทิวาวรรัตน์	-	203	คุณจารุวรรณ วงค์ทะเนตร	ม.มหิดล
98	นางสาวพนิดา รักแย้ม	บ.โกชู เทคโนเซอร์วิส จำกัด	204	คุณพนมพันธ์ จันทร์สูง	กรมอนามัย ลำปาง
99	นายเกษม เลิศพรทิพย์	สำนักงานไปรษณีย์เขต 5เชียงใหม่	205	คุณมนต์ชัย สุริยามาตร	สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม
100	คุณกันย์ วีระกุล	บจก.ชินสัพพกิจ กทม.	206	คุณคฑาพล ปิ่นพัฒนพงศ์	มทร. ธัญบุรี
101	นางสาวนพลักษณ์ พรหมจรรย์	ม. นเรศวร	207	คุณธนพรรณ โรจน์สว่าง	สสจ. พิจิตร
102	นายพิสิษฐ์ บึงบัว	คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ม.บูรพา วข.สระแก้ว	208	คุณณฏฐพงษ์ พิมพ์โคตร	โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวชิราลงกรณ์ อุบลราชธานี
103	ดร.อนุกูล เกียรติขวัญบุตร	ศูนย์นวัตกรรมอย่างยั่งยืน คณการจัดการสิ่งแวดล้อม ม.สงขลานครินทร์	209	นายทรรศสรัชฎ์ สุวรรณศรี	เทศบาลนครเจ้าพระยาสุรศักดิ์ ชลบุรี
104	คุณไพลิน กล้าจริง	-	210	นางสาวนิตยา ตันเจริญ	กองทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม องค์การบริหารส่วนจังหวัดฉะเชิงเทรา
105	คุณทวีศักดิ์ ศรีจันทร์โฉม	PP CHEMICALS CO.,LTD ระยอง	211	คุณปิยธิดา นาชัยดี	เทศบาลนครลำปาง
106	คุณกัญญ์ศิริ ใจมุ่ง	สำนักงานนโยบายและแผน			

		ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม			



รูปที่ 4-7 สัดส่วนพื้นที่ที่เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1

2. ผลการตอบรับที่ได้จากการอบรมหลักสูตรที่ 1

การบรรยายหลักสูตรที่ 1 ที่เปิดทั้งหมด 3 ครั้งตามเนื้อหาและเวลาที่กำหนดในกำหนดการการอบรม อาจจะมีบางช่วงที่เกินเวลาไปบ้างเล็กน้อย โดยมีเอกสารและวีดีโอในการบรรยายตามเอกสารแนบ ในขณะที่ทำการบรรยาย ผู้บรรยายได้เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมได้ซักถามและผู้เข้าร่วมได้ให้ความสนใจในการซักคำถามจากการถาม-ตอบ จะเห็นได้ว่าผู้เข้าร่วมได้ให้ความสนใจกับระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในทั้ง 3 รอบ โดยเฉพาะ โรงพยาบาลสนใจเรื่องเทคนิคอาทิ กลิ่น เชื้อโรคและโอโซน ที่นำมาใช้จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนที่ใช้น้ำหรือไม่ รวมไปถึงเรื่องการประเมินค่าใช้จ่ายครอบคลุมมาน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถสรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมได้ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรม

ลำดับ	คำถาม
1	การขาดแคลนแหล่งน้ำกรณี EEC ต้องสร้างแหล่งน้ำเพิ่มไหม
2	อยากทราบว่าสามารถเขียนโครงการเสนอ EEC เพื่อของบจัดทำระบบนี้ในโรงพยาบาลได้หรือไม่ เพื่อช่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมเป็นโรงพยาบาลสีเขียว
3	อยากทราบว่าจะ claim carbon credit จากอะไร หรือจากการใช้ไฟฟ้าน้อยลง

ลำดับ	คำถาม
4	อยากทราบว่าใน กทม. การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่จะต้องใช้ต้นทุนแพงมาก เคยวิจัยเรื่องน้ำโรงพยาบาล หากนำกลับมาใช้ใหม่แม้มีกาฆ่าเชื้ออย่างดีก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับไม่เหมือนกรณีสิงค์โปร์เอาน้ำส้วมมาทำน้ำดื่มทำไมเขายอมรับได้
5	ถ้าปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายบังคับใช้ แนวทางที่ดำเนินการคือ ใช้การยอมรับของผู้ใช้น้ำกับมาตรฐานของต่างประเทศประกอบหรือไม่
6	เรื่องโถปัสสาวะ คุมเรื่องกลิ่นอย่างไร
7	water footprint reduction ในไทยมีการส่งเสริมหรือไม่เรื่องการ water reuse อาจจะอยู่ในรูปฉลาก water footprint
8	การคิดประเมินความคุ้มทุน คิดเฉพาะความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ใช่ไหม
9	ทางมหาวิทยาลัยมีการวิจัยเรื่องการบริหารจัดการน้ำสำหรับภาคอุตสาหกรรมหรือไม่
10	เรื่อง dioxin จากคลอรีนจะมีผลต่อน้ำไหม
11	หากพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้บริโภค ไม่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้เท่าที่ควรในตอนนี้มีแนวทางหรือเทคโนโลยีในการผลิตน้ำให้เพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีที่ใช้น้ำทะเลมาผลิตเป็นน้ำจืด
12	โอโซนที่ถูกปล่อยออกจากระบบจะมีผลกระทบอะไรหรือไม่ ในด้านสิ่งแวดล้อมหรือด้านสุขภาพ
13	การลงทุนในระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ กรณีโรงพยาบาลขนาด 1,000 เตียง น่าจะใช้งบประมาณที่เท่าไหร่และจะคุ้มทุนกี่ปี
14	การใช้โอโซน (O3) หลังการเกิดปฏิกิริยา ถ้าพิจารณาในส่วนการเกิดก๊าซ เข้าใจว่าจะได้ออกซิเจน (O2) ไม่แน่ใจว่ามีก๊าซอย่างอื่นเกิดขึ้นด้วยหรือไม่ (กังวลเรื่อง GHG)
15	มีการประเมินindirect costด้วยหรือไม่เช่นลดพื้นที่ทำแหล่งน้ำเพิ่ม ค่าอัตราคืนทุน ค่าIRR
16	ถ้าเป็นน้ำเสียที่บำบัดแล้ววนใช้น้ำแบบgrey water นี่ไม่ต้องจ่ายค่าน้ำถูกต้องหรือไม่
17	น้ำที่โรงงานบำบัดแล้วสามารถส่งให้กับชุมชนหรือบุคคลได้เลยไหมคะ เช่น นำไปรดน้ำพื้นที่สีเขียว พื้นที่เกษตรกรรม มีกฎหรือระเบียบอะไรไหมคะ ทั้งในกรณีให้ฟรี กับมีค่าใช้จ่าย
18	การบำบัดน้ำเสีย โดยเติม โอโซน ก่อนเข้าระบบโปรยกรอง เหมาะสมหรือไม่ และโอโซนจะมีผลอย่างไรกับสาหร่ายเขียวในน้ำ ใช้ควบคุมสาหร่ายเขียวในน้ำหรือไม่
19	การใช้ระบบ water reuse เหมาะกับภาคอุตสาหกรรม หรือชุมชนมากกว่ากัน หากคิดงบทุนจะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่
20	ในต่างประเทศมีแรงจูงใจสำหรับบ้านเรือนที่มีการประหยัดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพประเทศเรามีบ้างไหม เช่น ลดค่าน้ำประปา เป็นต้น

3. ผลจากการประเมินความพึงพอใจจากแบบประเมินหลักสูตรที่ 1

จากการจัดการอบรมหลักสูตรที่ 1 ในวันเสาร์ที่ 20 พฤศจิกายน 2564, 8 มกราคม 2565 และ 5 กุมภาพันธ์ 2565 เวลา 08.45-12.15 น. (ระยะเวลา 3 ชั่วโมง) ผ่านโปรแกรม Zoom คณะผู้จัดทำได้ทำแบบประเมินออนไลน์ให้ผู้เข้าร่วมได้ทำการประเมินการอบรมในแต่ละด้าน โดยมีผู้เข้าทำการประเมิน แบ่งเป็นผู้ประกอบการ พนักงานบริษัทเอกชนและรัฐวิสาหกิจ บุคลากรเจ้าหน้าที่รัฐ อาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษา/นิสิต สามารถสรุปผลการประเมินได้ดังตารางที่ 4-9 โดยในกลุ่มคน 4 กลุ่มมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดอบรบหลักสูตรอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และพึงพอใจต่อการบรรยายของวิทยากรอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด เมื่อสำรวจถึงการนำไปใช้ในประโยชน์จะแสดงดังรูปที่ 4-8 จะพบว่าในแต่ละกลุ่มจะมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันตามลักษณะงาน ซึ่งผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีแนวโน้มจะนำองค์ความรู้ ไปใช้ในการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำในองค์กรหรือบริษัทคิดเป็นร้อยละ 40 นำไปเป็นข้อมูลในการประกอบอาชีพและวิชาชีพในอนาคตคิดเป็นร้อยละ 26 และใช้ในการทำงานวิจัยร้อยละ 21 ของผู้เข้าร่วม

4. ข้อเสนอแนะและควรปรับปรุง

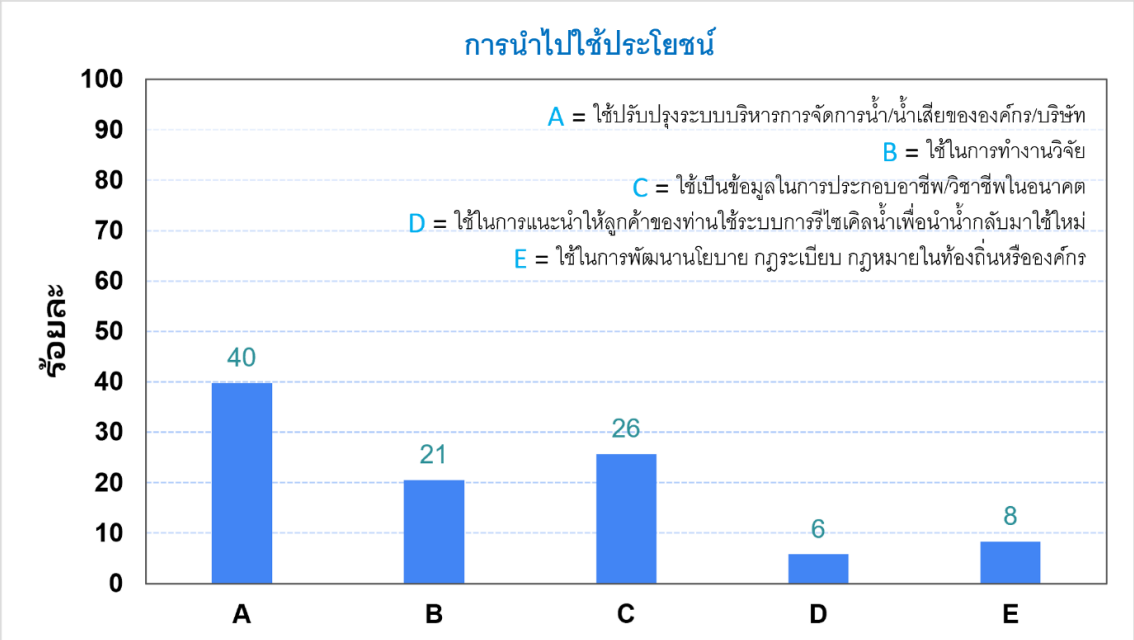
ในการจัดการอบรบผู้เข้าร่วมการอบรมส่วนใหญ่พึงพอใจต่อภาพรวม อาทิเป็นหลักสูตรที่มีเนื้อหาชัดเจน มีประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมในหลายสาขาอาชีพ วิทยากรบรรยายได้ดี เข้าใจง่าย ชี้ให้เห็นถึงประเด็นที่สำคัญ และในขณะเดียวกันก็มีข้อเสนอแนะและปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ ควรเพิ่มระยะเวลาอบรมเป็น 1 วันเอกสารมีการซับซ้อนรูปกันบางหน้าบรรยายเร็ว เนื่องจากเวลาสั้น อยากให้เพิ่มเวลา เป็นต้น ควรเพิ่มตัวอย่างในการใช้ระบบเพิ่มเติม อาทิ ในโรงพยาบาล สถานที่ท่องเที่ยว ควรมีการบรรยายนอกสถานที่ และ walk survey เพื่อให้เห็นภาพจริงและระบบจริง

นอกจากข้อเสนอแนะและการปรับปรุงจากผู้เข้าร่วมโครงการแล้ว คณะผู้ดำเนินงานเล็งเห็นว่าควรที่จะประชาสัมพันธ์เจาะกลุ่มเป้าหมายใน EEC เพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

ตารางที่ 4-9 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดอบรมและวิทยากรหลักสูตร 1

เกณฑ์การประเมิน	ผู้ประกอบการ/ พนักงาน บริษัทเอกชน/ รัฐวิสาหกิจ	บุคลากร/ เจ้าหน้าที่รัฐ	อาจารย์/ นักวิจัย	นักศึกษา/ นิสิต
ความพึงพอใจของการจัดอบรมหลักสูตร				
1. ความรู้ที่ได้รับหลังจากการอบรมหลักสูตร	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระของการอบรมที่ได้รับตรงกับความต้องการหรือความสนใจของท่าน	มาก	มากที่สุด	มากที่สุด	มาก
3. เนื้อหาของการอบรมเหมาะกับสถานการณ์การศึกษา การทำงานหรือบริษัทของท่านในปัจจุบัน	มากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มาก	มาก
4. ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ในการอบรมหลักสูตร	มากที่สุด	มาก	มาก	มาก
5. ความรู้ที่ได้รับท่านสามารถนำไปใช้ประโยชน์ หรือต่อยอดพัฒนาการศึกษา การทำงานหรือบริษัทของท่านได้	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากที่สุด	มาก
6. ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อการอบรบหลักสูตร	มากถึงมากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
ความพึงพอใจต่อวิทยากร				
1. การเตรียมตัวและบุคลิกภาพ	มากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด
2. การนำเสนอน่าสนใจใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและชัดเจน	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด
3. เนื้อหาการนำเสนอสอดคล้องกับหัวข้อการอบรม	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด
4. เอกสารสื่อการบรรยายและอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรมมีการใช้อย่างเหมาะสม	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
5. เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็น	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด

และซักถาม				
6. การตอบคำถามชัดเจน	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
7. ความเหมาะสมของวิทยากรโดยรวม	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด



รูปที่ 4-8 สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 1 ไปใช้ประโยชน์

4.4.2 การฝึกอบรมออนไลน์หลักสูตรการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R

หลักสูตรที่ 2 “การออกแบบและใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ: การใช้งานสำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างสุขภัณฑ์ และการใช้รดพื้นที่สีเขียว”

หลักสูตรนี้มุ่งเน้นการนำแนวคิดและเทคนิคการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการมาประยุกต์ใช้ โดยจะเน้นสำหรับหอหล่อเย็น การใช้ชำระล้างโถส้วม และการใช้รดพื้นที่สีเขียว โดยมุ่งกลุ่มเป้าหมายเป็นวิศวกร ผู้ออกแบบจากบริษัทออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบบริหารจัดการน้ำทั่วประเทศที่มีงานหรือมีแผนงานการดำเนินการในอาคารภาคใน 3 จังหวัด EEC และฝ่ายวิศวกรรม หรือผู้ดูแลระบบของอาคารภาคบริการใน 3 จังหวัด EEC

ขั้นตอนการจัดฝึกอบรมออนไลน์

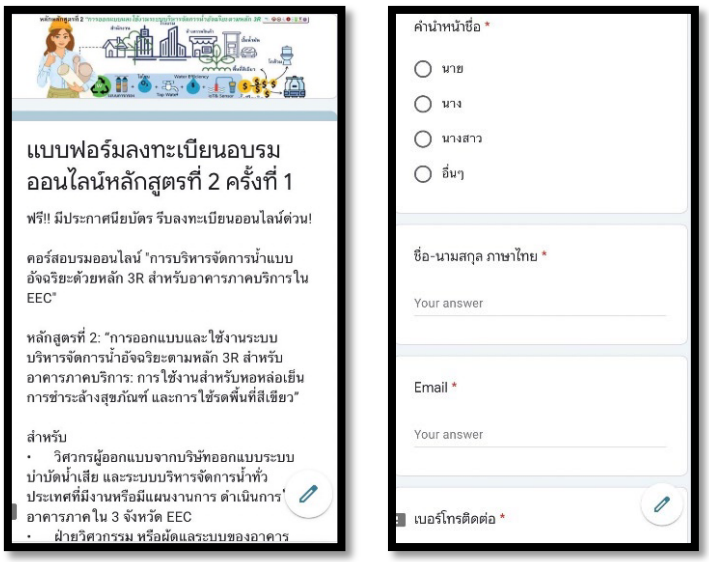
1. กำหนดวันเวลา สถานที่และกำหนดเนื้อหาการฝึกอบรมออนไลน์ การฝึกอบรมในหลักสูตรที่ 2 ภายใต้ชื่อ“การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการใน EEC" ได้กำหนดวันเวลาในการจัดอบรมในวันเสาร์ที่ 9 เมษายน 2565 เวลา 9.00 - 11.00 น. ผ่านโปรแกรม Zoom บรรยายโดย ผศ. ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์ และมีกำหนดการในการอบรมดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2

เวลา	**เนื้อหาในการสอน**
8.45 น.- 9.00 น.	ลงทะเบียน
9.00 น.- 9.30 น.	เครื่องมือและสถานที่ที่ใช้สำหรับระบบการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับอาคารภาคบริการ
9.30 น.- 9.45 น.	กฎหมายของไทยด้านการบริหารจัดการน้ำสำหรับอาคารภาคบริการ
9.45 น.- 10.00 น.	การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ ระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและเซ็นเซอร์ (IoT and Sensor)
10.00 น.-10.45 น.	การออกแบบระบบการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับอาคารภาคบริการต่างๆ
10.45 น.-11.00 น.	การประเมินความเหมาะสม และความคุ้มทุนของระบบการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับอาคารภาคบริการต่างๆ
11.00 น.-11.05 น.	แบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์

2. แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์

ในการอบรมหลักสูตรที่ 2 ได้ดำเนินการจัดทำเป็นแบบฟอร์มใน Google Form ที่ระบุชื่อหลักสูตร กลุ่มเป้าหมาย วันและเวลาที่จัดอบรม แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์ที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ 4-9 และได้ link และ QR code เป็นช่องทางในการลงทะเบียนให้แก่ผู้สนใจในลักษณะเดียวกันกับหลักสูตรที่ 1 รายละเอียดดังรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-9 แบบฟอร์มลงทะเบียนอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2

Link: https://forms.gle/UewcS9xmJtk9QHBg8

รูปที่ 4-10 QR code และ Link สำหรับการลงทะเบียนอบรมหลักสูตรที่ 2

3. จัดทำโปสเตอร์เพื่อประชาสัมพันธ์การอบรมหลักสูตรที่ 2

ในการอบรมหลักสูตรที่ 2 ได้จัดทำสื่อประชาสัมพันธ์ ได้แก่ โปสเตอร์ โดยเนื้อหาในโปสเตอร์จะต้องระบุชื่อของหลักสูตร สถานที่หรือออนไลน์ มีประกาศนียบัตร วัน เวลาในการจัดอบรมให้ชัดเจน มีช่องทางการติดต่อ หรือการลงทะเบียนให้ผู้ที่สนใจ นอกจากนี้ต้องมีโลโก้หน่วยงานที่จัดการอบรม ที่สำคัญเนื้อหาในโปรเตอร์ต้องสอดคล้องกับชื่อหลักสูตร และเป็นที่สนใจเช่นเดียวกับหลักสูตรที่ 1 จะแตกต่างกันที่การอบรมครั้งนี้มุ่งเน้น

การออกแบบระบบ มีการออกแบบระบบอย่างไรใช้แนวคิดและเทคนิคการ reduce reuse และ recycle อย่างไร กลุ่มเป้าหมายจะเป็นวิศวกร ช่างเทคนิค ฝ่ายวิศวกรดูแลระบบ เป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 4-11

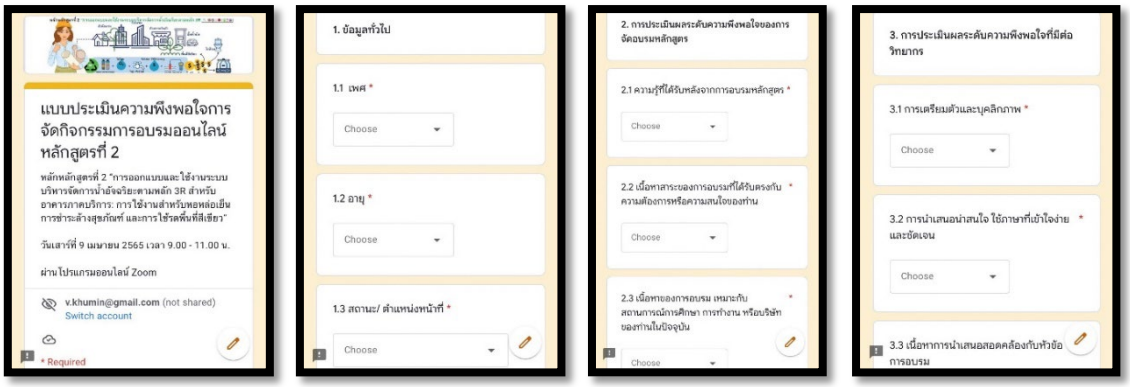
รูปที่ 4-11 โปสเตอร์สำหรับการประชาสัมพันธ์หลักสูตรที่ 2

4. จัดทำ link การอบรมออนไลน์ ผ่านโปรแกรม Zoom ในการเซต link ได้ดังนี้

   หัวข้อการอบรมหลักสูตร 2: “การออกแบบและใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ: การใช้งานสำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างสุขภัณฑ์ และการใช้รดพื้นที่สีเขียว”

   ☐ ครั้งที่ 1 วันและเวลา : 9 เมษายน 2565 เริ่มเปิดระบบเวลา 8.45 น.
   Join Zoom Meeting :
   https://us02web.zoom.us/meeting/register/tZAkcO-tqTIiHNcEJbs91uc1fjvydU6lAI7l
   Meeting ID: 849 7657 9863 Passcode: 156874

5. จัดทำแบบฟอร์มประเมินและประกาศนียบัตรสำหรับผู้เข้าร่วมฝึกอบรมออนไลน์ ดังรูปที่ 4-12 และ 4-13



รูปที่ 4-12 แบบฟอร์มประเมินหลังการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2

รูปที่ 4-13 ประกาศนียบัตรการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2

ผลการดำเนินการฝึกอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2

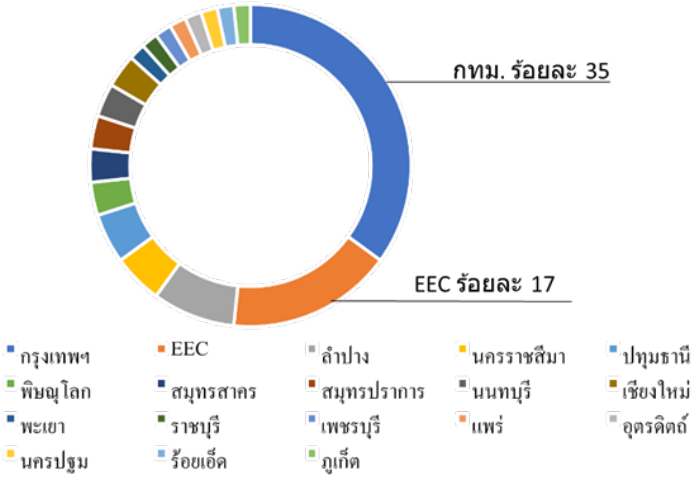
1. ผู้เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรออนไลน์หลักสูตรที่ 2

จากการประชาสัมพันธ์และเปิดให้มีการลงทะเบียนออนไลน์ผ่าน Google Form ในการอบรมหลักสูตรที่ 2 พบว่ามีผู้สนใจเข้าร่วมการอบรมทั้งหมด 124 คน และผู้เข้าร่วมการอบรมออนไลน์จริงวันที่ 9 เมษายน 2565 จำนวน 64 ท่าน ซึ่งมีรายชื่อผู้เข้าร่วมดังตารางที่ 4-11 จากการวิเคราะห์ผู้เข้าร่วมการอบรมพบว่า มีผู้สนใจเข้าร่วมจากหลากหลายพื้นที่ เมื่อคำนวนเป็นสัดส่วนร้อยละพบว่ามาจากกรุงเทพฯ มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 35 รองลงมาเป็นผู้เข้าร่วมจากพื้นที่ EEC (ชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา) คิดเป็นร้อยละ 17 ดังรูปที่ 4-14 โดยแบ่งเป็น พนักงานบริษัทเอกชน/รัฐวิสาหกิจร้อยละ 40 บุคลากร/เจ้าหน้าที่รัฐร้อยละ 20 อาจารย์/นักวิจัยและนักศึกษา/นิสิตร้อยละ 16 ตามลำดับ

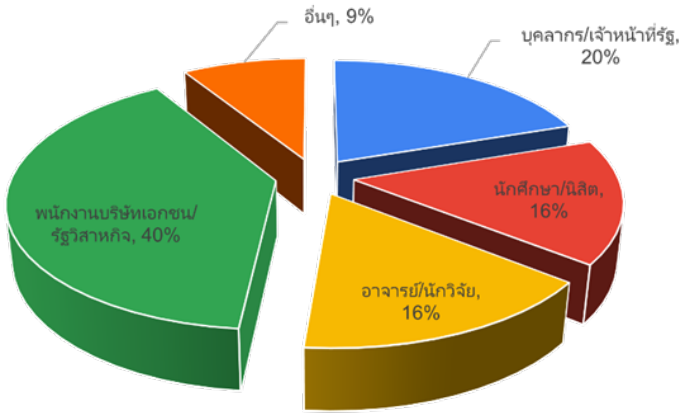
ตารางที่ 4-11 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรออนไลน์หลักสูตรที่ 2

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	ลำดับ	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน
1	คุณนูร์รอ อาแว	ว.ไชยา กทม	33	คุณวรพร เอี่ยมสะอาด	-
2	คุณพรเทพ สิทธิศักดิ์	บริษัท โปร เจ็ต แฟน จำกัด นนทบุรี	34	คุณธีระ วินัยถาวร	NT กทม
3	คุณกันยาวรรณ เชยสงวน	ฝ่ายวิศวกรรม ส่วนงานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง กทม	35	คุณอุดมลักษณ์ อภิรักษ์รัตนพล	ม.เทคโนโลยีสุรนารี
4	คุณสุขุมา ชิตาภรณ์พันธุ์	ม.พะเยา	36	คุณวสันต์ พุ่มทองดี	Pranda jewelry กทม
5	คุณรณวิทย์ มุ่งช่วยกลาง	แพรนด้าจิวเวลรี่ กทม	37	คุณมธัญญู นิ่มพริก	VVP PROSERVICES ชลบุรี
6	คุณจักร์พันธ์ ทองปิน	Pranda jewelry.co.ltd กทม	38	คุณธนัญภรณ์ โยธานันท์	บริษัทเชียงใหม่วีระวิศวการจำกัด
7	คุณจักรพันธ์ เทศารินทร์	-	39	คุณยุทธนา ทองท้วม	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ม.เชียงใหม่
8	คุณทศพร เกี้ยวสันเทียะ	-	40	คุณบัญชา อุนทะอ่อน	บจก.ปัญญาคอนซัลแตนท์ กทม
9	คุณจิรญาภา จำเริญ	มทร.ธัญบุรี	41	ผศ.วีร์ราภัสสร์ ณ ร้อยเอ็ด	คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์
10	คุณอภิรัฐ ฤาเดช	-	42	คุณฐิรรัตณ์ ศรีคงจันทร์	สถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี
11	คุณทันยธร เขตต์สุพรรณ	ม มหิดล กทม	43	คุณนพพงศ์ รัตตะฤทธิ์	เซ็นทรัลพัฒนา ลำปาง
12	คุณทัชช วสุกุลเกษมธร	บ.มิตรนิรันดร์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด กทม	44	คุณพุฒิพงศ์ สกุลโพน	ม.มหาสารคาม
13	คุณสโรธ สุขกุล	ม.เทคโนโลยีสุรนารี	45	Phussadee Wongpanich	-
14	คุณอานันท์ จุงจิตร์	บริษัท คาร์กิลล์สยาม จำกัด สมุทรสาคร	46	คุณทวีศักดิ์ ศรีจันทร์โฉม	PP CHEMICALS CO.,LTD ระยอง
15	คุณวิพนธ์ วัชรกิตติ	Thai Shinryo กทม	47	คุณณัฐวดี มณีสาร	Kmitl กทม
16	คุณฉัตรชัย แม้นจำรัส	บริษัทเอกชน (ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำ) กทม	48	คุณจิตติพงษ์ สุจิตต์	BSACT กทม
17	คุณพรเทพ ธนเลิศพิพัฒน์	บริษัท โปร เจ็ต แฟน จำกัด นนทบุรี	49	คุณชยพัทธ์ โสวรรณะ	Siwa Testing Inspection & Consulting Co.,Ltd ระยอง
18	คุณกนกวรรณ เนียดพลกรัง	-	50	คุณมานะ วัฒนากร	สนง.โยธาธิการและผังเมืองจังหวัด

					ราชบุรี
19	คุณพัชรินทร์ เงินใบอ่อน	-	51	คุณปรัชวินทร์ สมศักดิ์	วิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวสบสาย แพร่
20	คุณพินิจ คติกุล	บจก.อัตร้าไลน์นิวเมติกส์คอนโทรล สมุทรปราการ	52	คุณภมร พื้นบาตร	รพ.พนมสารคาม
21	คุณสมชัย กีรติพงศ์	-	53	คุณปิยธิดา นาชัยดี	ทน.ลำปาง
22	คุณณัฐวรพล เลื่อนกุลพงษ์	-	54	คุณธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง	Digital Generation Industries Co.,Ltd. กทม
23	คุณเจษฎา พรมมา	แพรนด้าจิวเวอร์รี่จำกัด กทม	55	คุณสุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์	ม.ราชภัฏอุตรดิตถ์
24	คุณเมธี ศุภฤกษ์	สำนักการแพทย์ กทม	56	คุณวีรพงษ์ แสงลู่ทอง	Number One Marketing ชลบุรี
25	คุณกฤษณะติณณ์ เปรี้ยวหวาน	ม. นเรศวร	57	คุณศุภเกียรติ ศุภดล	เทศบาลเมืองร้อยเอ็ด
26	คุณนฤมล สุขขำ	เทศบาลตำบลศรีสุนทร สังกัดกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม ภูเก็ต	58	คุณอนุพงษ์ คำฟู	เทศบาลนครลำปาง
27	คุณภัสรา เขียวจินดา	บริษัท เคลียร์ เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ คอนซัลแตนท์ จำกัด นนทบุรี	59	คุณชลธิศ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ	บ. บีฟีนี่ จำกัด กทม
28	คุณอุดมศักดิ์ มีโชค	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ กทม	60	คุณสุนทร สิริทองวิไล	PSP สมุทรสาคร
29	คุณศมกานต์ ทองเกลี้ยง	กรมอนามัย นนทบุรี	61	คุณปริญยา สิมาฉายา	-
30	คุณอรรถกร ระวิงทอง	PTTOR กทม	62	คุณชยาทิตย์ แก้วพิทักษ์	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเชิงทะเล ภูเก็ต
31	คุณนครินทร์ ตะโกเนียม	ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง	63	คุณอุไรพร พลบูรณ์	วัลคัว อินดัสตรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด สมุทรปราการ
32	คุณศุภวัฒน์ ชัยเกษม	ม.เกษตรศาสตร์ ชลบุรี			



ก)



ข)

รูปที่ 4-14 ก) สัดส่วนพื้นที่กลุ่มเป้าหมาย และ ข) กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 2

2. ผลการตอบรับที่ได้จากการอบรมหลักสูตรที่ 2

การบรรยายหลักสูตรที่ 2 ตามเนื้อหาและเวลาที่กำหนดในกำหนดการการอบรม อาจจะมีบางช่วงที่เกินเวลาไปบ้างเล็กน้อย โดยมีเอกสารและวีดีโอในการบรรยายตามเอกสารแนบ ในขณะที่ทำการบรรยาย ผู้บรรยายได้เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมได้ซักถามและผู้เข้าร่วมได้ให้ความสนใจในการซักคำถามจากการถาม-ตอบ ซึ่งผู้เข้าร่วมได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับข้อดี-ข้อเสียระบบการนำน้ำหลับมาใช้ใหม่ สามารถนำไปใช้ควบคู่กับระบบอื่นได้หรือไม่ ซึ่งสามารถสรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมได้ดังตารางที่ 4-12 อย่างไรก็ดี วิทยากรผู้บรรยายได้ตอบข้อซักถามได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 4-12 สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรมหลักสูตร 2

ลำดับ	คำถาม
1	ความเข้มข้นของ Ozone สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียเทียบกับอัตราการบำบัด มีข้อพิจารณาอย่างไร
2	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ จากระบบบำบัดน้ำเสียใน Cooling Tower ซึ่งใช้ระบบ Ozone น้ำที่ผ่านระบบจะมีค่าConductivity สูง จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงอะไรได้บ้าง
3	การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ด้วย ozone จะเป็นการเพิ่ม TDS ในน้ำหรือไม่
4	น้ำเสียประเภทไหนที่เหมาะสมกับต้นทุนในการใช้ระบบ Ozone ในการลดค่า BOD
5	น้ำเสียประเภทไขมันที่ถูกย่อยด้วย Ozone แล้วเป็นโมเลกุลไขมันเล็กๆ จะหลุดเข้าไปในระบบบำบัดขั้นต่อไปไหม
6	อายุการใช้งานของกรองทราย มีระยะวเลาการใช้งานก่อน Back wash นานแค่ไหน มีผลต่อการลงทุนหรือไม่
7	ระบบไอโอที (IOT) สามารถควบคุมกลับด้วยหรือไม่ และมี lag time หรือไม่
8	ถ้าอัตราการไหลน้ำที่ต้องการบำบัดสูงๆ อาทิเช่น 5,000-10,000 CMD จะมีข้อพิจารณาเลือกใช้ระบบอย่างไรเมื่อเปรียบ Ozone กับการใช้ร่วมระบบอื่น อาทิ UF, MBR, หรือ conventional AS

3. ผลจากการประเมินความพึงพอใจจากแบบประเมินหลักสูตรที่ 2

จากการจัดการอบรมหลักสูตรที่ 2 ในวันเสาร์ที่ 9 เมษายน 2565 เวลา 9.00-11.00 น. (ระยะเวลา 2 ชั่วโมง) ผ่านโปรแกรม Zoom คณะผู้จัดทำได้ทำแบบประเมินออนไลน์ให้ผู้เข้าร่วมได้ทำการประเมินการอบรม โดยมีผู้เข้าทำการประเมินสำรวจความพึงพอใจ โดยแบ่งเป็นความพึงพอใจต่อหลักสูตรและต่อวิทยากรพบว่าผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด อยู่ในระดับปานกลางและน้อยเป็นส่วนน้อย

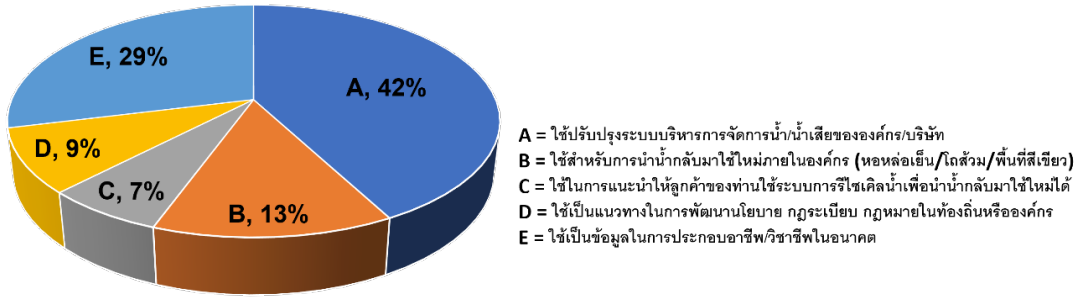
จากการประเมินการนำไปใช้ประโยชน์ของหลักสูตรที่ 2 ดังรูปที่ 4-15 สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 2 ไปใช้ประโยชน์ จากผลประเมินและเนื้อหาการออกแบบผู้เข้าอบรมส่วนให้เห็นว่าข้อมูลที่เป็นประโยชน์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการน้ำในองค์กร (ร้อยละ 42) เป็นข้อมูลในการประกอบวิชาชีพในอนาคต (ร้อยละ 29) และสามารถนำไปใช้สำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่พวก หอหล่อเย็น การชำระล้างโถส้วม และการใช้รดพื้นที่สีเขียวภายในองค์กรได้ (ร้อยละ 13) แต่ก็อยากให้มีการจัดอย่างต่อเนื่องและมีตัวอย่างที่มากขึ้น อาทิเช่น การจัดการน้ำเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ใน

โรงพยาบาล ควรมีการเพิ่มระยะเวลาในการอบรม และเวลาในการตอบคำถามให้มากขึ้น นอกจากนี้ควรมีการจัดทำเอกสารในส่วนการอ่านทบทวน

ตารางที่ 4-13 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดอบรมและวิทยากรหลักสูตร 2

เกณฑ์การประเมิน	บุคลากร/ เจ้าหน้าที่รัฐ	นักศึกษา/ นิสิต	อาจารย์/ นักวิจัย	พนักงานบริษัทเอกชน/ รัฐวิสาหกิจ	อื่นๆ
ความพึงพอใจของการจัดอบรมหลักสูตร					
1. ความรู้ที่ได้รับหลังจากการอบรมหลักสูตร	มาก	มากถึงมากที่สุด	มาก	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
2. เนื้อหาสาระของการอบรมที่ได้รับตรงกับความต้องการหรือความสนใจของท่าน	มาก	มาก	มาก	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
3. เนื้อหาของการอบรมเหมาะกับสถานการณ์การศึกษา การทำงานหรือบริษัทของท่านในปัจจุบัน	มาก	มากที่สุด	มาก	มากถึงมากที่สุด	ปานกลางถึงมากที่สุด
4. ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ในการอบรมหลักสูตร	ปานกลาง	มากถึงมากที่สุด	มาก	ปานกลางถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
5. ความรู้ที่ได้รับท่านสามารถนำไปใช้ประโยชน์ หรือต่อยอดพัฒนาการศึกษา การทำงานหรือบริษัทของท่านได้	มาก	มาก	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	ปานกลางถึงมากที่สุด
6. ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อการอบรบหลักสูตร	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
ความพึงพอใจต่อวิทยากร					
1. การเตรียมตัวและบุคลิกภาพ	มาก	มากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
2. การนำเสนอน่าสนใจใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและชัดเจน	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
3. เนื้อหาการนำเสนอสอดคล้องกับหัวข้อการอบรม	มาก	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด

เกณฑ์การประเมิน	บุคลากร/ เจ้าหน้าที่รัฐ	นักศึกษา/ นิสิต	อาจารย์/ นักวิจัย	พนักงานบริษัทเอกชน/ รัฐวิสาหกิจ	อื่นๆ
4. เอกสารสื่อการบรรยายและอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรมมีการใช้อย่างเหมาะสม	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
5. เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นและซักถาม	มากที่สุด	มากที่สุด	มาก	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
6. การตอบคำถามชัดเจน	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มาก	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด
7. ความเหมาะสมของวิทยากรโดยรวม	มากที่สุด	มากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด	มากถึงมากที่สุด

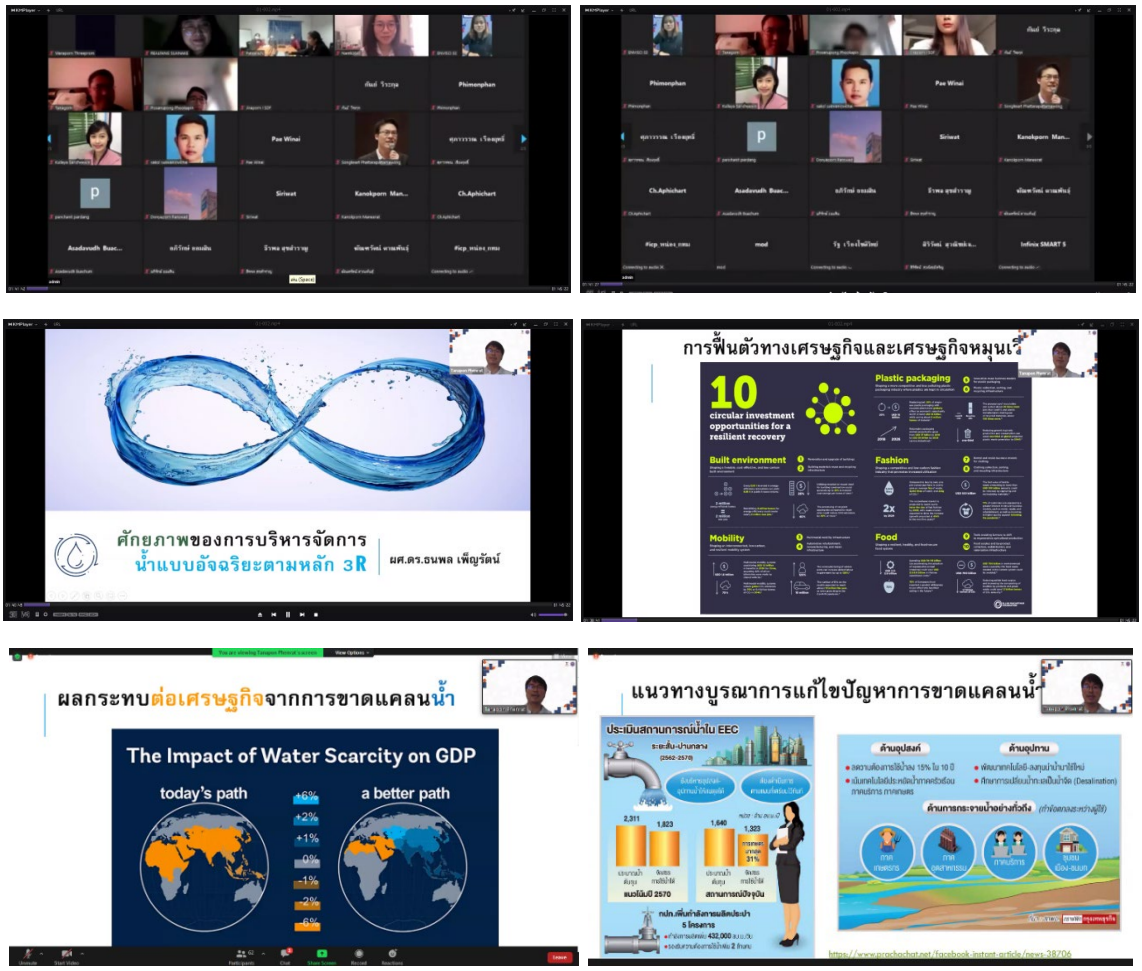


รูปที่ 4-15 สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 2 ไปใช้ประโยชน์

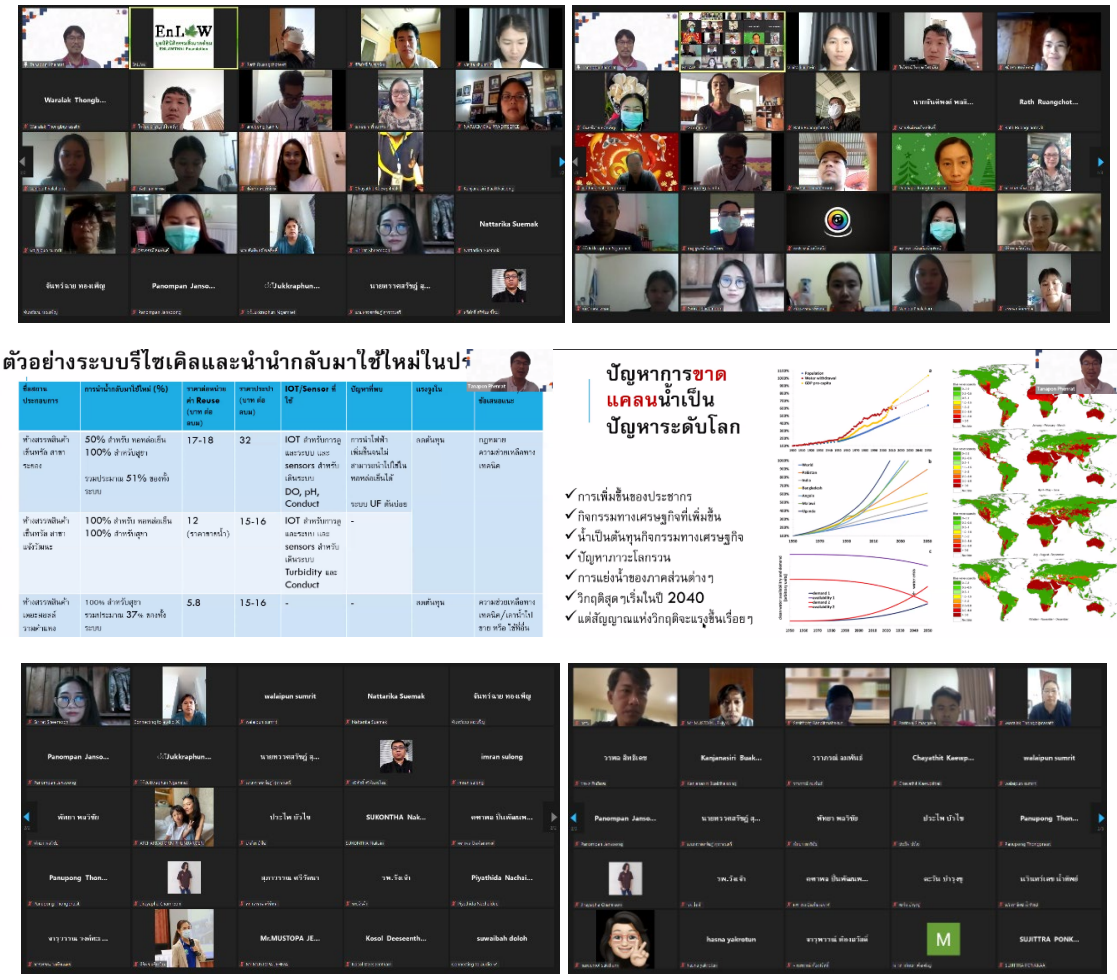
4.5 สรุปผลผลิตที่ได้จากการดำเนินโครงการ

1) หลักสูตรการอบรมการบริหารจัดการน้ำตามหลัก 3R 2 หลักสูตร จำนวนผู้เข้าร่วมการอบรม 2 หลักสูตร 275 คน (ตั้งเป้าไม่น้อยกว่า 240 คน)
2) คลิป YouTube การนำใช้งาน 3 ตัวอย่างตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอาคารภาคบริการ -ชื่อ ***3R ควอลิตี้ มิเนอรัล/ 3R เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม /3R เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ*** ในช่อง IN3R Channel News and Media
3) Website สำหรับการเข้าชม: https://p28pd.voomly.com/
4) FB/ Line ของโครงการเพื่อการประชาสัมพันธ์หลักสูตร เชิญชวน โฆษณา
   FB: ชื่อ ***ให้น้ำทำเงิน: Passive Income from Water Recycling and Reuse***
   https://www.facebook.com/PassiveIncomefromWaterRecyclingReuse
   Line: https://lin.ee/Aw2awkn
   Line Group: http://line.me/ti/g/uOr9KMzCsT

ภาพกิจกรรมการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 1

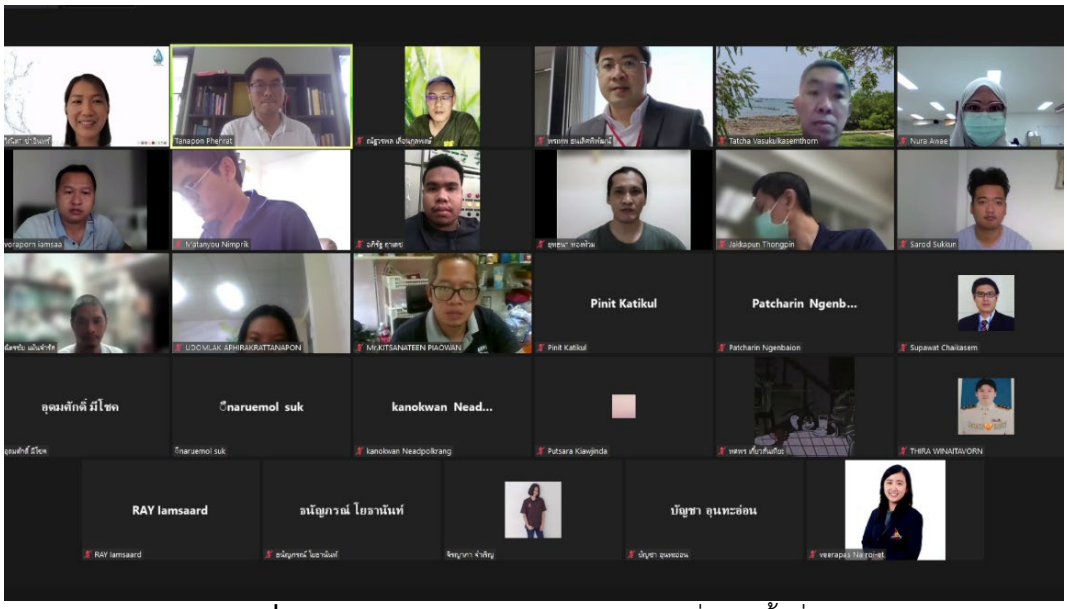


รูปที่ 4-16 บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 1 (ครั้งที่ 1-3)

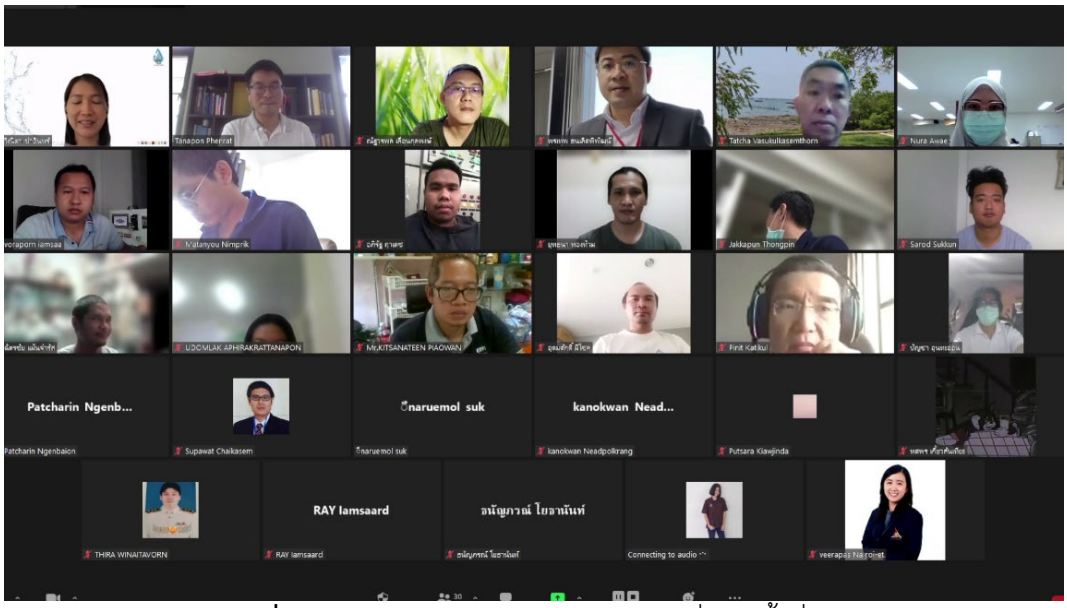


รูปที่ 4-17 บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 1 (ครั้งที่ 1-3) (ต่อ)

ภาพกิจกรรมการอบรมออนไลน์หลักสูตรที่ 2



รูปที่ 4-18 บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 2 (ครั้งที่ 1)



รูปที่ 4-19 บรรยากาศการอบรมหลักสูตรที่ 2 (ครั้งที่ 2)

บทที่ 5
การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

จากการดำเนินการศึกษาโครงการ “การพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor, EEC)” ในปีที่ 1 จะเห็นได้ว่าภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการใช้น้ำอยู่แล้วตามนโยบายของบริษัท ซึ่งภายใต้การดำเนินโครงการจะเป็นการชี้แนะวิธีการและเทคโนโลยีใหม่ๆ รวมถึงแนวทางการยกระดับระบบการบริหารจัดการเดิมด้วยระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ (Smart System) โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 3R (Reuse, Reduce and Recycle) ที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Lean Stream Value) ร่วมกับการจัดเก็บข้อมูลการใช้น้ำด้วย Internet of Things (IoT) ให้การปรับปรุงกระบวนการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยอุตสาหกรรมต้นแบบส่วนใหญ่สามารถลดการใช้น้ำได้อย่างน้อยร้อยละ 15 ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ในปัจจุบันความต้องการใช้น้ำในทุกภาคส่วนที่เพิ่มขึ้น ทรัพยากรน้ำนับวันยิ่งหายากและมีต้นทุนสูง ดังนั้นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนน้ำดิบและแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในอนาคต

การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและยกระดับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการได้อย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ และนำสู่การปรับปรุงพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งหลักสูตรออกเป็น 2 หลักสูตรประกอบด้วย

1) หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม
2) หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลาดรในภาคอุตสาหกรรม

ทั้งนี้ จากประสบการณ์ที่ได้จากสถานการณ์การเพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ที่ผ่านมา ทำให้จำเป็นต้องมีการปรับเลี่ยนรูปแบบการฝึกอบรมให้สอดคล้องตามวิถีใหม่ (New Normal) โดยเสนอรูปแบบของการฝึกอบรมผ่านระบบ online เพื่อให้สามารถดำเนินการได้ทั้งในสภาวะปกติหรือสภาวะที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อ หรือสภาวะที่ไม่สามารถเดินทางเข้า-ออกพื้นที่ได้

5.1 หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

5.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อให้องค์ความรู้ในการบริหารจัดการนำด้วยหลักการ 3Rs การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ เบื้องต้น เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำภาคอุตสาหกรรม

5.1.2 วิธีการดำเนินการ

รูปแบบเป็นการฝึกอบรมผ่านระบบ online ลักษณะการบรรยายทางวิชาการ ระยะเวลา 0.5 วัน จำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 30 คน (รวมจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 150 คน) โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ บุคลากรภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ EEC (จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง)

5.1.3 เนื้อหาหลักสูตร (เบื้องต้น)

ตารางที่ 5-1 เนื้อหาหลักสูตร (เบื้องต้น)

หัวข้อ	จำนวนชั่วโมง
สถานการณ์การใช้น้ำในพื้นที่และความสำคัญของการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	0.5 ชั่วโมง (30 นาที)
แนวคิดและหลักการพื้นฐานด้าน 3Rs เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม และการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และแนวทางการเลือกใช้เทคโนโลยีเบื้องต้น	2.5 ชั่วโมง

5.1.4 ประโยชน์ที่ผู้เข้าอบรมจะได้รับ

ผู้เข้าร่วมอบรมได้พัฒนาองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสีย ทราบหลักการพื้นฐานด้าน 3Rs เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ภาคอุตสาหกรรม และแนวทางการเลือกใช้เทคโนโลยีเบื้องต้น

5.1.5 ผลผลิต/ผลลัพธ์

1) สื่อวิดีทัศน์ (Video Clip) ตัวอย่างการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ที่ประสบความสำเร็จและประชาสัมพันธ์หลักสูตรฝึกอบรม จำนวน 1 สื่อ ที่มีการเผยแพร่ผ่านทาง YouTube
2) หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม จำนวน 5 ครั้งๆละ 30 คน จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมรวม 150 คน

5.2 หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

5.2.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อให้องค์ความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ การจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ
- เพื่อพัฒนาบุคลากรภาคอุตสาหกรรมให้ตระหนักถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และสามารถดูแลระบบบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.2 วิธีการดำเนินการ

รูปแบบเป็นการฝึกอบรมผ่านระบบ online ลักษณะการบรรยายทางวิชาการ ร่วมกับการฝึกปฏิบัติและการให้คำปรึกษา ระยะเวลา 3 วัน จำนวน 2 ครั้ง แบ่งเป็น

- ครั้งที่ 1 เป็นการบรรยายทางวิชาการและการฝึกปฏิบัติ จำนวน 2 วัน
- ครั้งที่ 2 เป็นการให้คำปรึกษาภายหลังการนำผลการอบรมไปใช้ในสถานประกอบการ จำนวน 1 วัน

โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน (จำนวนรวม 60 คน) ตามลักษณะการใช้น้ำของอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการใช้น้ำและเทคโนโลยีการจัดการน้ำที่ใกล้เคียงกัน โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ บุคลากรภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลระบบการจัดการน้ำเสียและระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่ EEC (จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง)

5.2.3 เนื้อหาหลักสูตร (train the trainer)

ตารางที่ 5-2 เนื้อหาหลักสูตร (train the trainer) ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

หัวข้อ	จำนวนชั่วโมง
ครั้งที่ 1 : การบรรยายทางวิชาการและการฝึกปฏิบัติ	
วันที่ 1 : การบรรยายทางวิชาการ	
สถานการณ์การใช้น้ำในพื้นที่ความสำคัญของการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	0.5 ชั่วโมง (30 นาที)
แนวคิดและหลักการ 3Rs เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรมและการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	2.5 ชั่วโมง

หัวข้อ	จำนวนชั่วโมง
แนวทางการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมแต่ละประเภทแนวทางการควบคุมระบบรีไซเคิลน้ำเสียปัจจัยแห่งความสำเร็จในการรีไซเคิลน้ำเสียและกรณีตัวอย่าง	3 ชั่วโมง
วันที่ 2 : การฝึกปฏิบัติ	
เทคนิคการเก็บข้อมูลน้ำและแนวทางการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำ ***Workshop*** กำรจัดทำผังน้ำและการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำ	3 ชั่วโมง
Workshop การจัดทำแผนและการเลือกมาตรการเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรมและการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	3 ชั่วโมง
มอบหมายการบ้านวิเคราะห์มาตรการและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียและการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน	
ครั้งที่ 2 : การให้คำปรึกษาจากการนำไปใช้ในสถานประกอบการ (วันที่ 3)	
แบ่งกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม ☐ ส่งการบ้านและนำเสนอผลการนำแนวทางมาตรการไปใช้ในสถานประกอบการปัญหาอุปสรรคที่พบ ☐ ที่ปรึกษาประจำกลุ่มให้คำปรึกษา	3 ชั่วโมง
ร่วมถอดบทเรียนวิเคราะห์ปัญหาปัจจัยความสำเร็จและแนวทางขยายผล	3 ชั่วโมง

5.2.4 ประโยชน์ที่ผู้เข้าอบรมจะได้รับ

☐ เพื่อให้องค์ความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ การจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ

☐ เพื่อพัฒนาบุคลากรภาคอุตสาหกรรมให้สามารถดูแลระบบบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.5 ผลผลิต/ผลลัพธ์

1) สื่อวิดีทัศน์ (Video Clip) ตัวอย่างการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ที่ประสบความสำเร็จ และประชาสัมพันธ์หลักสูตรฝึกอบรม จำนวน 1 สื่อ ที่มีการเผยแพร่ผ่านทาง YouTube

2) หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมรวม 60 คน

5.3 ผลการดำเนินงาน

5.3.1 การจัดทำสื่อวิดีทัศน์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรอบรม

ทางโครงการได้ทำการจัดทำสื่อวิดีทัศน์ เพื่อเผยแพร่แนวทางการบริหารจัดการน้ำ การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และประชาสัมพันธ์หลักสูตรอบรม ทั้ง 2 หลักสูตร ความยาวประมาณ 7 นาที โดยมุ่งเน้นที่การจัดการน้ำภาคอุตสาหกรรมตามหลัก 3R ผ่านการดำเนินงานของโรงงานอุตสาหกรรมต้นแบบ รวมถึงบทสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารจัดการน้ำ 2 ท่าน ได้แก่ รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทานคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และคุณชูชาติ สายถิ่น กรรมการผู้จัดการ บริษัท อมตะ วอเตอร์ จำกัด

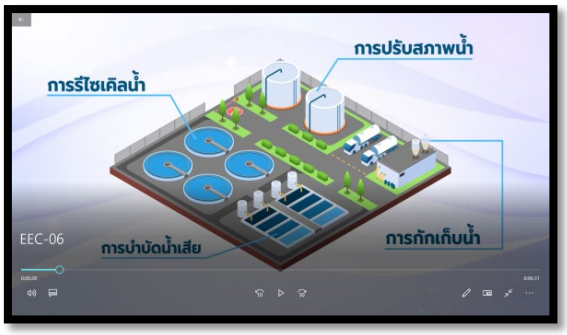
นอกจากนี้ ยังไม่ได้นำคลิปวีดีโอในหลักสูตรอบรมเผยแพร่ในช่องทางสาธารณะตาม Link ด้านล่าง

(1) หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

- https://youtu.be/6A7B8RuiLQ4

(2) หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

- วันที่ 1 : https://youtu.be/ppANMQv6ONE
- วันที่ 2 : https://youtu.be/vYPpnzWDnys
- วันที่ 3 : https://youtu.be/Ib3rJt6SM80


การปรับสภาพน้ำ
การรีไซเคิลน้ำ
EEC-06
การบำบัดน้ำเสีย
การกักเก็บน้ำ

REUSE
3R
REDUCE
RECYCLE
ZLD
Zero Liquid Discharge
EEC-06
ECO FACTORY

EEC-06
รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน

EEC-06
คุณชูชาติ สายถิ่น

รูปที่ 5-1 สื่อวิดีทัศน์ (Video Clip) หลักสูตรอบรม

5.3.2 การจัดอบรมหลักสูตรอบรมเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

หลักสูตรที่ 1 : หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

1) <u>แผนการฝึกอบรม</u>

การฝึกอบรมในหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น จะแบ่งออกเป็น 3 รุ่น รุ่นละ 0.5 วัน ตามรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-3 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1

รุ่น	วันที่	เวลา	ลักษณะการอบรม	วิทยากร
1	19 พ.ย. 64	08.00-12.00 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
2	11 ม.ค. 65	08.00-12.00 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
3	8 มี.ค. 65	08.00-12.00 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล

2) ผลจากการจัดอบรม

รุ่นที่ 1 : การจัดกิจกรรมอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 1 เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2564 เวลา 08.00 – 12.00 น. ผ่านระบบออนไลน์ (Zoom Meeting) มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 81 คน ดังรายชื่อต่อไปนี้

ตารางที่ 5-4 รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1 รุ่นที่ 1

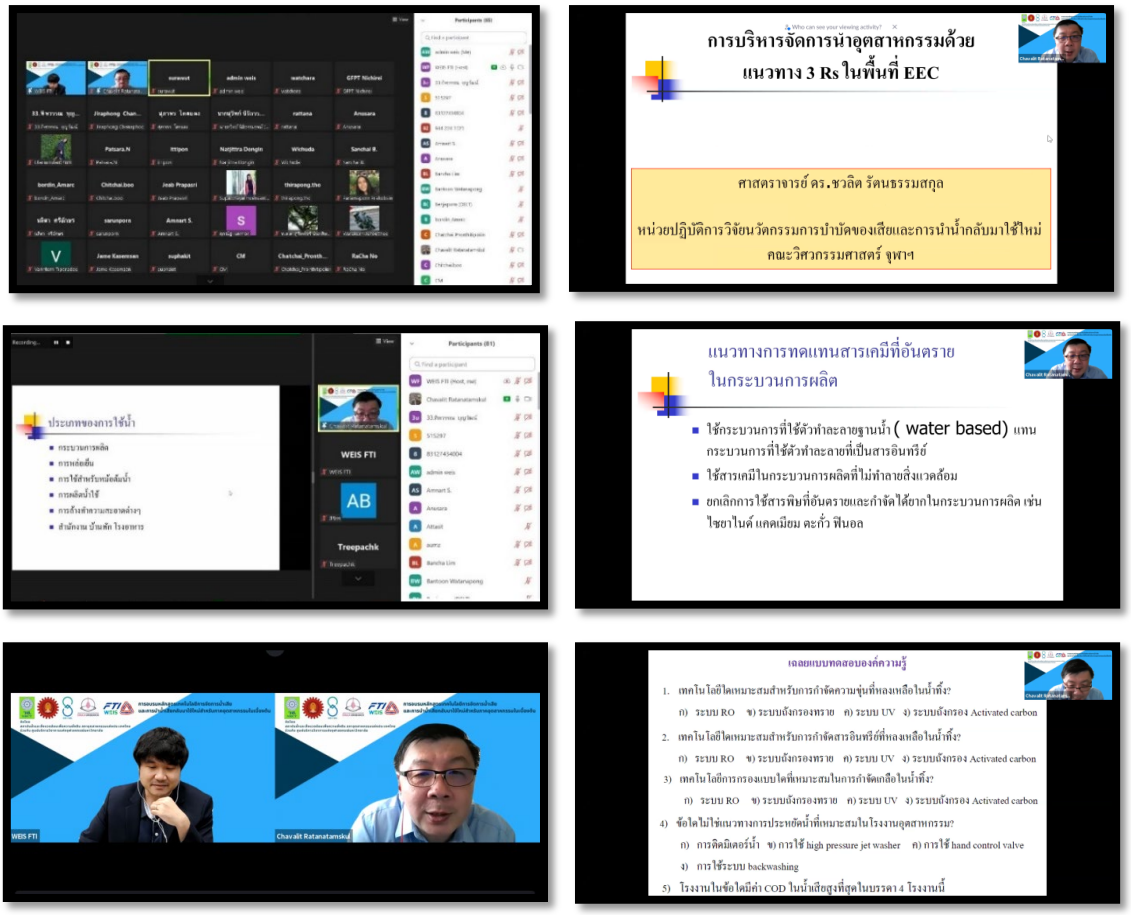
คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	นฤมล นวนไทย	Section management	Yamaha Motor Parts Manufacturing (Thailand) Co.,Ltd.
นาย	ธิระวุธ ยลธรรม์ธรรม	ผจก.ฝ่ายธุรการและซ่อมบำรุง	บมจ.เจริญโภคภัณฑ์อาหาร ตรวจ.สัตว์น้ำจืด ราชบุรี
นาย	ชิดชัย บุญรัตน์	ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)
นางสาว	ไพจิต เนียมศิริ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท เด็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	อัญฉรา กระตุฤกษ์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท เด็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	กนกวรรณ กาพย์จันทวงษ์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท เด็นโซ่(ประเทศไทย) จำกัด
นาย	ชยากร สุคนธ์ตระกูล	Environmental Senior Controller	บริษัท เนชั่นแนล เพาเวอร์ แพลนท์ 3 จำกัด
นางสาว	ทัศนันท์ จันทร์เทศ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด (มหาชน)
นาง	มะลิวัลย์ สุขรักษา		บริษัทเอแอนด์เอ วินเนอร์ จำกัด
นางสาว	สุภาพร บัวแก้ว	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท เอ็นเทคโพลิเมอร์ จำกัด
นางสาว	สุมณฑา พิทักษ์เทพสมบัติ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท เอ็นควิปส์ จำกัด
นางสาว	ธิดารัตน์ ทิพนัด	DCO Staff	บริษัท เอฟ จีเอ (ประเทศไทย) จำกัด

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นาย	โสภณ เสติ	วิศกร	บริษัท เอสซีจี เซรามิกส์ จำกัด (มหาชน)
นาย	ปองพล ปลิวมา	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท แม่สอดพลังงานสะอาด จำกัด
นาย	บัญชา ลิมปาภากรณ์	ที่ปรึกษา	บริษัท แฮปปีทูคอนซัลท์ จำกัด
นาย	วรินทร ทิพารดี	Head of Environmental Division	บริษัท โรงงานผลิตภัณฑ์อาหารไทย จำกัด
นางสาว	อุฬารินขวัญชุม	จป.วิชาชีพ	บริษัท ไทย ทีจีเค อินดัสทรี่ จำกัด
นาย	จิระพงษ์ ชนะภู	เจ้าหน้าที่แผนก ESH&ISO&PLQA	บริษัท ไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด
นาย	สุวิทย์ นิธิธรรมรุจน์		บริษัท ไทยนำศิริ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด
นาย	อาทิวราห์ เชื้อชิต	พนักงาน	บริษัท ไทยประเมินรับรองสากล จำกัด
นาย	จักรพันธ์ ฉัตรถี	ผู้ช่วยผู้จัดการทั่วไป-วิศวกรรม	บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด
นาย	นายวิชญ บุญวานิช	ผช.ผจก.	บริษัทไทยฮะจิบัง จำกัด
นาง	อนุสรา เปล่งเมือง	Environment officer	บริษัท ไอจิฟอร์จ (ไทยแลนด์)จำกัด
นางสาว	ประกายวรรณ แสงวิโรจนากุล	ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ	บริษัท คอนแทคกรุ๊พ จำกัด
นาย	สมคิด พุ่มฉัตร	ผู้จัดการฝ่ายสิ่งแวดล้อม	บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด
นาย	ธราดล พหลโยธิน	รองประธาน	บริษัท จีเอฟพีทีนิชิเร (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	วิชุดา โพธิ์ชะอุ่ม	จป.วิชาชีพ	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
นาย	ศุภณัฐ แตงทอง	วิศวกร	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
นางสาว	อรอนงค์ ลามาตย์	พนักงานสิงแวดล้อม	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
นาย	มานะ พิจุลย์	รองผู้จัดการฝ่ายความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม	บริษัท น้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์ จำกัด

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	ศรัณย์พร นาทองไชย		บริษัทน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์ จำกัด
นางสาว	ประภาศรี พันธุจริยา	ผู้จัดการ	บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน
นางสาว	สลิลทิพย์ พันธุ์วัฒนาชัย	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน
นางสาว	ภีรติย์ ชินโรจน์บวรกุล	Environmental engineer	บริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด
นางสาว	สมถวิล แจ้งจิตร	ผู้ควบคุมมลพิษน้ำประจำโรงงาน	บริษัท พ.ศ.ช.กรุ๊ป จำกัด
นาย	ชาตรี สีแล็ง	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท พรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นาย	รัฐวิรุฬห์ ชาญจึงถาวร	กรรมการผู้จัดการ	บริษัท พรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นางสาว	นุตาภา มัชฌิมะปุระ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท พีรพัฒน์เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน)
นาย	อัมนาถ สมงาม	หัวหน้าวิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท มะลิ กรุ๊ป 1962 จำกัด
นางสาว	ศิริขวัญ วงษ์ราษฎร์	Quality Management Representative	บริษัท มารีนโกลด์โปรดักส์ จำกัด
นาย	ฉัตรชัยพรฐิติโภคิน		บริษัทยูนิเวอร์แซล ยูทีลิตี้ส์ จำกัด
นาย	เกษมสันต์ พันธุ์เทียม	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท รวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด
นางสาว	กรองกาญจน์ จงดา	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท รวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด (มิตรภูหลวง)
นางสาว	น้ำฝน เกตุทอง	ผู้จัดการฝ่าย	บริษัท ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหาร ซีพี เอฟ จำกัด
นางสาว	ณัฐจิตรา ด้วงอินทร์	เจ้าหน้าที่แผนกสิ่งแวดล้อม	บริษัทศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด (มหาชน)
นาย	บดินทร์ น้อยอินทร์	หัวหน้าแผนกสิ่งแวดล้อม	บริษัทศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด (มหาชน)
นางสาว	พัสรา น้อยเพ็ง	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท สยามเอ็นไวรอนเมนทอลเทค

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
			โนโลยี่ จำกัด
นางสาว	ปวิตรา สอวิเศษ	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท สยามเอ็นไวรอนเมนทอลเทค โนโลยี่ จำกัด
นางสาว	นลิตา ศรีอักษร		บริษัทสยามเอ็นไวรอนเมนทอลเทค โนโลยี่ จำกัด
นางสาว	ฐิติพร ทับทะมาศ		บริษัทสยามเอ็นไวรอนเมนทอลเทค โนโลยี่ จำกัด
นางสาว	ทิพวรรณบุญวัฒน์	วิศวกร	บริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)
นาย	สัญชัย บุตรรินทร์	Water Resource Manager	บริษัท สิงห์ เบเวอเรช จำกัด
นาย	นพรุจ พรมมาลา	ผู้ช่วยวิศวกร	บริษัท อตาเลี่ยน ฟาซิลิตี้ แมนเนจ เมนท์ จำกัด
นางสาว	ปรมาภรณ์ ประกอบศิลป์	ผู้จัดการอาวุโสแผนกสิ่งแวดล้อม	บริษัท อมตะ คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน)
นางสาว	พฤศจิ วินัยกิจ	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ จำกัด
นาย	พงศ์พศิน ถาวรธนนันท์	ผู้จัดการ	บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ จำกัด
นางสาว	ชวัลพรอินทร์จันทร์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัทอิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด (มหาชน)
นาย	เอกกมล เอี่ยมศรี	กรรมการบริษัท	บริษัท อินเตอร์ฟินส์ แอดไวเซอรี่ จำกัด
นาย	วิชัย แม้นมินทร์	ผจก.ส่วนความปลอดภัยฯ	บริษัท อีซึ่น แอนด์ โค จำกัด(มหาชน)
นางสาว	สุพัชญา เหินสันเทียะ		บริษัทอีสเทิร์นไทย คอนซัลติ้ง1992 จำกัด
นางสาว	สุภาพร โคตแดง	นักวิทยาศาสตร์	บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง1992 จำกัด
นาย	ณัฏฐ์ฐพงษ์ สันเจริญ	พนักงานซ่อมบำรุง	บริษัท แอลพี อินเตอร์คอสเมติกส์ จำกัด
นาย	ศุภกิตติ์ แก้วเพชร	ผู้ชำนาญการ CSR	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย)จำกัด (มหาชน)
นาย	วัชระ ทองลาด	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย)จำกัด

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
			(มหาชน)
นางสาว	รัตนา ชุณห์กุล		บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย)จำกัด (มหาชน)
นาย	สมพงษ์ วณิชวัฒนวรชัย	ผู้จัดการฝ่ายระบบประปา/บำบัดและพลังงาน	บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
นางสาว	สุนันทา สืบเหตุ	หัวหน้าแผนกบริการและพัฒนาระบบการจัดการ	บริษัท พาเนลพลัส จำกัด. (สำนักงานใหญ่)
นาย	สฤษดิ์ นาหัวดง	วิศวกร	บริษัท มิตซูบิชิอีเล็คทริค ออโตเมชั่น (ประเทศไทย) จำกัด
นาย	วรากร จันทร์เศรษฐี	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท มิตรผลไบโอฟูเอล (โรงงานเอทานอลกาฬสินธุ์) จำกัด
นาย	อิทธิพล เขาเขียว	เจ้าหน้าที่บำบัดน้ำ	บริษัท มิตรผลไบโอฟูเอล (โรงงานเอทานอลกาฬสินธุ์) จำกัด
นาย	โสภณ ก๋งเม่ง	ผู้จัดการฝ่ายพัฒนาองค์กร	บริษัท อีสตาจำกัด
นางสาว	ดรุณรัตน์ มหาชัย	จป.วิชาชีพ	บริษัท อีสตาจำกัด
นาย	ธีรพงศ์ ทองคำ		ฟาร์มจะนะ Complex
ดร.	พัชนี วิชิตพัน	อาจารย์คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน
นาย	เกริก วงศ์สอนธรรม	อาจารย์ ภาควิชาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชา
นาย	กฤษณะ จิรสารวัสดิ์	นักวิจัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
นาย	ธิติพงศ์ หนุมาศ	ผจ.วิศวกรรม	ห้างหุ้นส่วนจำกัด แฮมม์รีเสิร์ช



รูปที่ 5-2 การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 1

รุ่นที่ 2 : การจัดกิจกรรมอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 2 เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2565 เวลา 08.00 – 12.00 น. ผ่านระบบออนไลน์ (Zoom Meeting) มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 59 คน ดังรายชื่อต่อไปนี้

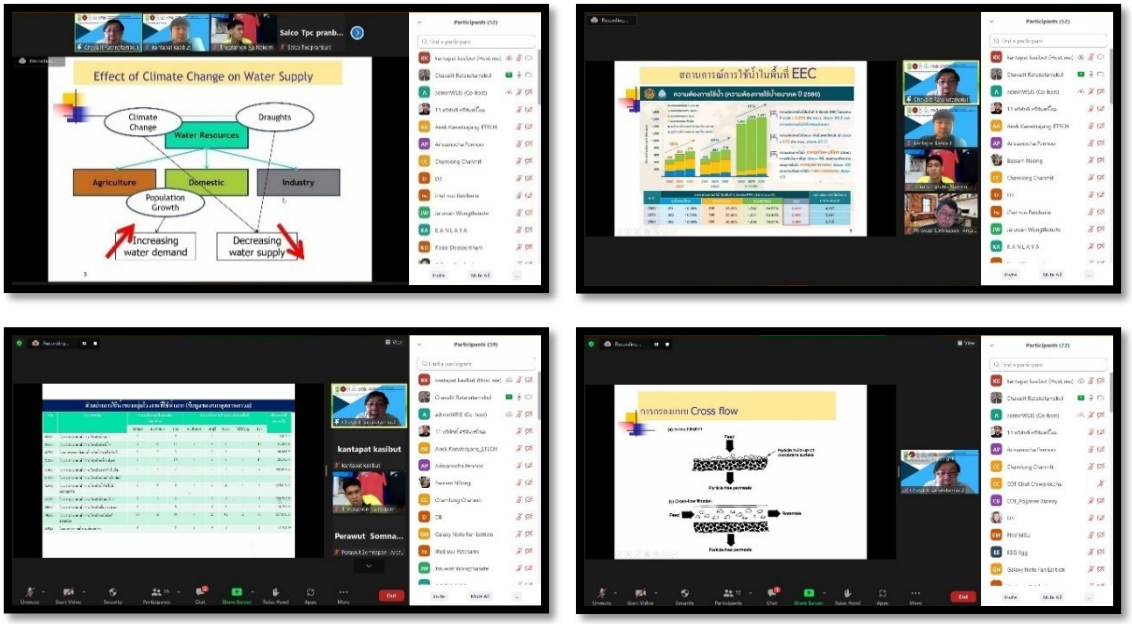
ตารางที่ 5-5 รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1 รุ่นที่ 2

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	วาสนา หวานอารมณ์	นักศึกษา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นางสาว	ทันยธร เขตต์สุพรรณ		ธุรกิจส่วนตัว
นาย	พิศิษฐ รัตนธนาฤกษ์		ธุรกิจส่วนตัว
นาย	ทวี รัตนจรัสกุล		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	อรพิมพ์ มงคลเคหา	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
นางสาว	นลิตา ศรีอักษร		ธุรกิจส่วนตัว

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	จารุวรรณ วงค์ทะเนตร	อาจารย์	มหาลัยมหิดล
นางสาว	ณินทิรา อภิสิงห์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บางจากคอร์ปอเรชั่น
นาย	สรวีย์ รัฐพิทักษ์ถิรดา	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	PES
นาย	ทัศไนย กวิวังสานนท์		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	อภิมน ณ พัทลุง		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	ณัชมุนินทร์ จีรธนพัฒนากุล		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	วศินี ศรีชวนะ		ธุรกิจส่วนตัว
นาง	เทียมมะณีย์ รัตนวีระพันธ์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
นาย	สะอุดี มะประสิทธิ์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
นาย	ทวีศักดิ์ ศรีจันทร์โฉม		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	กมลกาญจน์ พริกใย	วิศกร	บริษัท ซูซูกิ มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	นิสา สมนึก	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท ซูซูกิ มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
นาย	ชินวัตร มหาราช	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท ซูซูกิ มอเตอร์ (ประเทศไทย)
นาย	พันศักดิ์ บุญส่ง		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	ภัทรมณี ใสสอาด	Environment officer	บริษัท ซีเอชแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด
นาย	ธีรพงศ์ ทองคำ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บมจ.ซีพีเอฟ(ประเทศไทศ) ฟาร์มจะนะ complex
นาย	เกรียงไกร ยะการ	วิศวกร	บ.แคททาเลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
นาย	นนทกร โชคบำรุง		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	ณิชกุล โพธิ์ศิริกุล		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	ศุภลักษณ์ สาราษฎร์		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	พจรินทร์ นันทะวิชัย	QC	บริษัท ซีพีแรม จำกัด (ลำพูน)
นางสาว	กัลยา สุดดีพงษ์		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	สุพรรณษา ภู่แส	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) มีนบุรี 1
นางสาว	นูร์รอ อาแว	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	ว.ไชยา

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	ศิรินทิพย์ จันทร์ถึง	วิศวกร	SSI
นาย	วิษณุศาสตร์ อาจโยธา	อาจารย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น
นางสาว	บุษราคัม ฐิตานุวัฒน์	อาจารย์	คณะสาธารณสุขศาสตร์ธรรมศาสตร์
นางสาว	ประภาศรี พันธุจริยา	วิศวกร	บางจากคอร์ปอเรชั่น
นางสาว	สลิลทิพย์ พันธุ์วัฒนาชัย	วิศวกร	บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)
นางสาว	อริศโนชา เพ็ญหนู	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท สยามฟูโกกุ จำกัด
นาย	สหวัชร อยู่มั่นธรรมา	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด
นาย	ธนนนท์ อินทร์ประสิทธิ์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	อุตสาหกรรมไทยบรรจุภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)
นางสาว	ธัญยรัตน์ วงศกรณ์รัตน	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท คอนซัลลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด
นาย	ภาณุวิชญ์ แจขจัด	นักศึกษา	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
นางสาว	ปาริชาติ สร้อยสูงเนิน		กรมอนามัย
นางสาว	อาภาพร รุจิระเศรษฐ	อาภาพร รุจิระเศรษฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
นาย	รัฐบาล ขันธ์โพธิ์น้อย	อาจารย์	ม.ขอนแก่น
นางสาว	ชมพูนุท ศิลวัตรพงศกุล		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	กนกวรรณ ศุกรนันทน์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
นางสาว	สุรีย์พร วงษ์โพธิ์ขอม	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บจก.น้ำตาลสิงห์บุรี
นาย	เพชรวิทย์ อิ่มประไพ		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	ภวินท์ทิพญ์ เจตนาเชี่ยวขาญกิจ		ธุรกิจส่วนตัว
นาย	สุวิน อภิชาติพัฒนศิริ		มหาวิทยาลัยมหิดล
นาย	สุทธวีร์ เหลืองชารี		ธุรกิจส่วนตัว
นางสาว	ชุติกานต์ คงเพชร		ธุรกิจส่วนตัว
นาย	สราญพงษ์ ศุขกิจ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บ.ปัญญา คอนซัลแตนท์ จก.
นาย	บัสซาม นิโลง	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	เบตง กรีน เพาเวอร์

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นาง	ณัฐมา รองมาลี	พนักงาน	สถาบันป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง
นางสาว	รัชดาภรณ์ สุขไทย	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	UAE
นาย	สุนทร. สิริทองวิไล	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	Psp
นางสาว	ปวินทิพย์ ธนเจริญกิจ	Environment officer	Chin HUay PCL
นาง	ณัฐมา รองมาลี	พนักงาน	สถาบันป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง
นางสาว	รัชดาภรณ์ สุขไทย	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	UAE



รูปที่ 5-3 การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 2

รุ่นที่ 3 : การจัดกิจกรรมอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 3 เมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2565 เวลา 08.00 – 12.00 น. ผ่านระบบออนไลน์ (Zoom Meeting) มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 88 คน ดังรายชื่อต่อไปนี้

ตารางที่ 5-6 รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 1 รุ่นที่ 3

คำนำหน้า	ชื่อ นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	จันทิมา สันทอง		บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	พิชานันท์ ม่วงแก้ว	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	สุมณฑา พิทักษ์เทพสมบัติ	เจ้าหน้าสิ่งแวดล้อม	บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	นุศรา รุ่งฤทธิ์	เจ้าหน้าที่	บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด
นาย	พิศิษฐ์ สุขสวัสดิ์	Operation manager	นิคมอุตสาหกรรม WHA
นางสาว	สนธิลักษณ์ สุขะสุคนธ์	หัวหน้างาน	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
นางสาว	กรชวัล สังข์ทอง	ผู้อำนวยการสำนักงานนิคม	สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมดับบลิว เอชเอ ชลบุรี 1-2
นาย	ธนากร เมธาธรรม	วิศวกร	การประปานครหลวง
นาย	พันศักดิ์ บุญส่ง	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการอิสระ
นาย	สุริยา ศรีโพธิ์ทอง	กรรมการ	วิสาหกิจชุมชน
นาย	เอกรัชต์ โตการัณยเศรษฐ์		นักวิชาการอิสระ
นางสาว	ชลธิชา พลายชุม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม	UAE consultant
นางสาว	ผกาทิพย์ บุญทองขาว	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการอิสระ
นาย	มนต์เทพ มะเปี่ยม	วิศวกรแหล่งน้ำ	นักวิชาการอิสระ
นางสาว	ภีรติย์ ชินโรจน์บวรกุล	Environmental Engineer	SCG
นาย	ธนาวิศน์ เรืองวีระวงษ์	Hydraulic Engineer	East Water
นางสาว	มินตรา พิมสาร	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม	บริษัท uae
นางสาว	ธิชา แก้วด้วง	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม	บริษัท uae
นางสาว	จิราภรณ์ แสงสร้อย	นักวิจัย	มูลนิธิเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน
นางสาว	อุมาพร ทองสาดี	ผจส.สิ่งแวดล้อมความปลอดภัยและcsr	บริษัท สยาม ไวร์ อินดัสทรี จำกัด
นางสาว	ปณิตา สุตะเขตร์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท สยาม ไวร์ อินดัสทรี จำกัด
นางสาว	วนัสพรรัศม์ สวัสดี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
นาย	ศุภวัฒน์ น้ำดอกไม้		นักวิชาการอิสระ
นางสาว	ธมิสรา วัชราภิชาต	Site Manager	บริษัท เทสโก้ อควา จำกัด
นางสาว	Supapan Kitipongpairoj		Amata Water Co., Ltd.
นาย	Pojjanart Reejinda	Site Management Department Manager	Amata Water Co., Ltd.
นางสาว	Supapan Kitipongpairoj	Assistant Manager	Amata Water Co., Ltd.

คำนำหน้า	ชื่อ นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นาย	ธีระศักดิ์ มอญสวัสดิ์	ผู้ช่วยผู้จัดการ	บริษัท เจดีฟู้ด จำกัด(มหาชน)
นาย	อภิวัฒน์ บุญทับ	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม	บริษัท เจดีฟู้ด จำกัด(มหาชน)
นาย	รุ่งโรจน์ เริ่มดำริห์	ฝ่ายพัฒนาธุรกิจ	บริษัท เจดีฟู้ด จำกัด(มหาชน)
นางสาว	ธีรารัตน์ จีระมะกร	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
นาย	จีรศักดิ์ อาจณรงค์ฤทธิ์	วิศวกร	บมจ.ทิปโก้แอสฟัลท์
นาย	มนต์ชัย บุญสุข	จนท.งานเพื่อความยั่งยืน	บมจ.ทิปโก้แอสฟัลท์
นางสาว	เพียงใจ ก้อนทอง	SENIOR SANITARY ENGINEER	NEXT ENGINEERING DESIGN
นางสาว	ปิยะปภัสร์ ศักดาโรจนพงศ์		นักวิชาการอิสระ
นาย	ภาณุมาศ อินทรโสตถิ	ผู้จัดการทั่วไป	บริษัท เจม เอ็นไวรันเมนทัล แมเนจเม้นท์ จำกัด
นาง	สุทธิรักษ์ สิริสุทธิ์	วิศวกร	นักวิชาการอิสระ
นาย	ประจักษ์ อึ้งประเสริฐ	Focus Improvement Manager	บมจ.ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์
นาย	ธวัชชัย จูแย้ม	วิศวกร	TPC
นาย	ณัฐพล ติ๊บมา	ช่างไฟฟ้า	
นางสาว	ภัคชัญญา แพงคำแหง		นักวิชาการอิสระ
นางสาว	สุภาวดี บุตรโพธิ์	เจ้าหน้าที่วางแผนและกลยุทธ์	บริษัท ทีทีดับบลิว จำกัด (มหาชน)
นาย	สกุลยศ สุพร	Project Manager	The Star Fish
นาย	วสวัตต์ รอดทอง	PJ ENG	The Star Fish
นาย	วาสิทธิ์ ธนสารโสภิณ	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ	บริษัท อมตะ วอเตอร์ จำกัด
นางสาว	ธิดารัตน์ เสี่ยมแหลม	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท จี เจ สตีล จำกัด (มหาชน)
นาย	ธัญภวิศว์ คงธนะ	Production Manager	บีเอชเอ็น (ไทยแลนด์) จำกัด
นาย	สุรเชษฐ์ แง่มท้าว	Maintenance &Utilities Engineer	Muntons Ingredients (Thailand) Limited.
นาย	ชลนราพงศ์ เพ็ชรสังข์	officer	POS-SeAH Steel Wire (Thailand) Co., Ltd.
นาย	ไกรวุฒิ คำกรฤาชา	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกสิ่งแวดล้อมฯ	บริษัท พอส-เซอาห์ สตีลไวร์ (ประเทศไทย)จำกัด
นาย	สุเชษฐ สุนทรมนูกิจ	ผู้อำนวยการโรงเรียน	โรงเรียนบ้านง้าง

คำนำหน้า	ชื่อ นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	นวพร คาดบัว	เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคลและการเงิน	บริษัท เอทีเอส ดิวิชั่น จำกัด
นาย	บุญญรักษ์ อัศวชุติธำรง	Assist. Mgr.	บมจ. GJ Steel
นาย	สมภพ แสงทอง	Supervisor-Operation UT2	บ.จีเจ สตีล จำกัด(มหาชน)
นาง	อุทัย สาหร่าย	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยฯ	บริษัท เอ็บโบร วาวส์ (ประเทศไทย) จำกัด
นาย	วุฒินันท์ วันทองสุข	เจ้าหน้าที่บุคคลและธุรการ	บริษัท เอ็บโบร วาวส์ (ประเทศไทย) จำกัด
นาย	เอกชน โฉมสอาด	Asst Manager.	SC WADO
นางสาว	วาริษา ต๊ะแก้ว	Junior Engineer	บริษัทเอสซี วาโด จำกัด
นาย	สังวาล คำพันธ์	Safety & Environment Supervisor	จี เจ สตีล จำกัด (มหาชน)
นางสาว	สุทธิดา เต้นกระโทก	จป วิชาชีพ	บริษัท ท็อปลิงค์ อินดัสเทรียล จำกัด
นางสาว	เขมกร เอี่ยมเจริญ	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	นิคมอุตสาหกรรม WHA
นาย	ณรงค์ ดวงเกตุ	วิศกรเคมี	นิคมอุตสาหกรรม WHA
นางสาว	กรชวัล สังข์ทอง	ผู้อำนวยการสำนักงานนิคม	สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมดับบลิว เอชเอ ชลบุรี 1-2
นางสาว	กัลยา อภิเนตร	ธุรการ	สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมดับบลิว เอชเอ ชลบุรี 1-2
นาย	สันติ จันทร์แดง	เจ้าหน้าที่	บริษัท ไทยวอเตอร์โอเปอเรชั่นส์ จำกัด
นาย	สุริยัน สัมฤทธิ์	ฝ่ายพัฒนาธุรกิจ	บริษัท ยูนิเวอร์แซลยูทีลิตี้ส์ จำกัด มหาชน
นาย	พงศ์นรินทร์ นรินทร	วิศวกร 8	สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมดับบลิว เอชเอ ชลบุรี 1-2
นาย	เสริมพงศ์ สุขโข	นายช่าง 8	สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมดับบลิว เอชเอ ชลบุรี 1-2
นางสาว	กฤตยา ทับทิม	นักบริหารงานนิคมฯ 7	สำนักงานนิคมอุตสหกรรมดับบลิว เอชเอ ชลบุรี 1-2
นาย	วินัย แก้วอิ่ม	CSR Advisor	บ.บางกอกอินดัสเทรียลแก๊สจำกัด (BIG)

คำนำหน้า	ชื่อ นามสกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	คณัสนันท์ เอี่ยมวิจิตร	HR&GA Manager	บริษัท นิคเคอิ เอ็มซี อลูมินัม (ประเทศไทย) จำกัด
นาย	ปิยะวัฒน์ ปิ่นสุวรรณ	ผจก.โครงการ	บริษัท นิคเคอิ เอ็มซี อลูมินัม (ประเทศไทย) จำกัด
นางสาว	สุทธิดา ฝากคำ	ผจก. แผนกสิ่งแวดล้อม	Eastern Seaboard Environmental Complex Co., Ltd.
นางสาว	นุชนาถ พึ่งน้ำ	นักศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
นาย	อภิรัตน์ สาเพิ่มทรัพย์	ผจก.โครงการ	บ.ไทยวอเตอร์ โอเปอเรชั่นส์ จำกัด
นาย	ธรรมมา เจียรธราวานิช	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
นางสาว	ปิยะพร ภู่หนู		บริษัท ไทยวอเตอร์ โอเปอเรชั่นส์ จำกัด
นาย	ณัฐวัตร ยุทธิวัจน์	วิศวกรซ่อมบำรุง	Thai Water Operations Co., Ltd.
นาย	กฤตชัย สุทธิลักษณ์	ผจก.ส่วนสิ่งแวดล้อม	บมจ.เนาวรัตน์พัฒนาการ
นางสาว	บาจรีย์ โตทรงศักดิ์	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม
นาย	วทัญญู เพียงกระโทก	ผช.ผจก.ฝ่ายระบบน้ำ	บริษัท สงวนวงษ์อุสาหกรรม จำกัด
นาย	อิทธิพล เมืองใจ	ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	ไทย อินสแตนท์ โพรดักส์
นางสาว	นิภาพรรณ พึ่งสมบุญ	Sup. Engineer	SSI
นาย	สุรเดช ภัทรวิเชียร	ที่ปรึกษาอิสระ	นักวิชาการอิสระ
นางสาว	นัยนา อ้นแขก	ผู้จัดการแผนก	บริษัท ไทย อินสแตนท์ โปรดักส์ จำกัด
นาย	คณต วังคะฮาด	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บริษัท วอสเซน เมนูแฟคเจอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด
นาย	ชยณัฐ รอดปลื้ม	จป.วิชาชีพ	บริษัท วอสเซน เมนูแฟคเจอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด
นางสาว	วิศนี ฑนปิยะวณิชย์	Auditor	บริษัท วอสเซน เมนูแฟคเจอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด

รูปที่ 5-4 การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น รุ่นที่ 3

หลักสูตรที่ 2 : หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

1) <u>แผนการฝึกอบรม</u>

การฝึกอบรมในหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม จะแบ่งออกเป็น 2 รุ่น รุ่นละ 3 วัน ตามรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-7 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2

รุ่น	วันที่	เวลา	ลักษณะการอบรม	วิทยากร
1	14 ธ.ค. 64	08.00-16.30 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
1	15 ธ.ค. 64	08.00-16.30 น.	บรรยาย + workshop	อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์
1	18 ม.ค. 65	09.00-16.30 น.	ติดตามผลการอบรม	1. ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล 2. อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์
2	15 ก.พ. 65	08.00-16.30 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
2	17 ก.พ. 65	08.00-16.30 น.	บรรยาย + workshop	อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์
2	11 มี.ค. 65	09.00-16.30 น.	ติดตามผลการอบรม	1. ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล 2. อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์

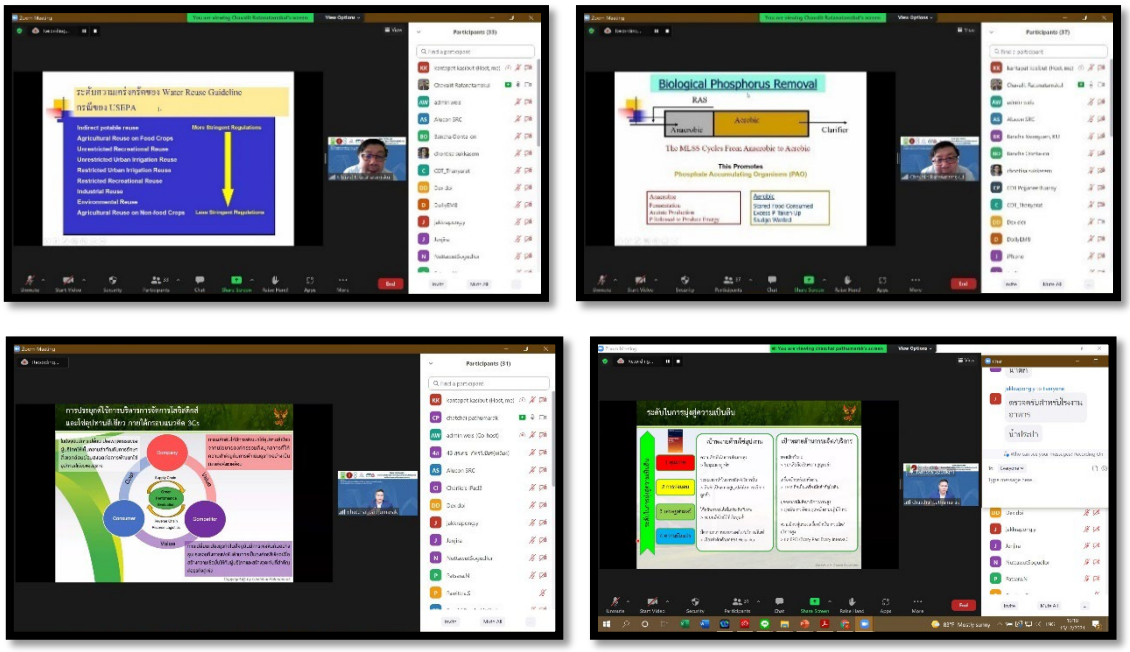
2) ผลจากการจัดอบรม

รุ่นที่ 1 : การจัดกิจกรรมอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม วันที่ 1 : วันที่ 14 ธันวาคม 2564 เป็นการอบรมเชิงบรรยาย มีวิทยากร คือ ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล วันที่ 2 : วันที่ 15 ธันวาคม 2564 เป็นการอบรมเชิงบรรยาย ร่วมกับกิจกรรม workshop มีวิทยากร คือ อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์ และวันที่ 3 : วันที่ 18 มกราคม 2565 เป็นการติดตามผลหลังการอบรมของผู้เข้าร่วมอบรม มีวิทยากร คือ ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล และอ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์ มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 37 คน

ตารางที่ 5-8 รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 2 รุ่นที่ 1

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นาย	ยุทธชัย กิจโป้	เจ้าหน้าสิ่งแวดล้อม	นิเด็ค อีเล็คโทรนิคส์ ประเทศไทยจำกัด
นาย	อาจินต์ น่วมสำราญ	รองศาสตราจารย์	นักวิชาการอิสระ
นาย	พนัส อักษร	วิศวกร	บริษัท อนุรักษ์ วอเตอร์ ทรีทเมนท์ ฟาซิลิตีส์ จำกัด
นาย	เกริก วงศ์สอนธรรม	อาจารย์	คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา ม. เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
นาย	ยุทธชัย วุฒิสุพงษ์	ผู้จัดการ	Western digital storage technology (Thailand) Co.,ltd
นางสาว	นิภาพรรณ พึ่งสมบุญ	Supervisor Engineer	SSI
นางสาว	ชลันดา คุ้มวงศ์	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท คีนน์ จำกัด
นาย	ธีราทร ณ นคร	พนักงานประจำ	โรงงานน้ำดื่มตราสมอ
นางสาว	พัชรีรัตน์ พิลาชัย	Technical support eng.	บริษัท อนุรักษ์ วอเตอร์ ทรีทเมนท์ ฟาซิลิตี้ส์
นาย	รัฐพงษ์ นาคาไชย	Manager	SPJ Educate Innovation
นาย	พีรธัช สกุลครู	พนักงานสิ่งแวดล้อม	SPJ Educate Innovation
นาย	จักรพงษ์ โหงวเจริญพร	ผู้จัดการทั่วไป	บริษัท เอ็นแคร์ อินโนเวชั่น จำกัด
นาย	สลาง คำภูเมือง	ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ	บ.แรนฮิล
นาย	โกศล ดีศีลธรรม	ที่ปรึกษาเทคนิค	โกศล ดีศีลธรรม
นางสาว	กัญญา จ้อนเพชร	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	โกศล ดีศีลธรรม
นาย	สมหมาย ฉัตรแสงอุทัย	วิศวกรที่ปรึกษา	โกศล ดีศีลธรรม
นาย	สุรินทร์ ทันใจ	Engineer	โกศล ดีศีลธรรม
นาย	ชาตรี สีแล็ง	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	หน่วยงานความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	แก้วกมล บุญเรือง	หัวหน้าหน่วยความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม	หน่วยงานความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
นาง	ดวงฤดี หงษ์รัตน์	Asst.Purchasing & Admin Manager	บริษัท อนุรักษ์ วอเตอร์ ทรีทเม้นท์ ฟาซิลิตี้ส์ จำกัด
นางสาว	นิลุบล เหล็กเกิดผล	ผู้จัดการทั่วไป	Ranhill Water Technologies (Thai) Ltd.
นาย	ทวี รัตนจรัสกุล	วิศวกรอาวุโส	Ranhill Water Technologies (Thai) Ltd.
นางสาว	วรลักษณ์ สิงหาวงศ์	Assistant Finance & Admin Manager	บจก อนุรักษ์ วอเตอร์ ทรีทเมนท์ ฟาซิลิตี้ส์
นางสาว	วริศรา นาโสก	นักศึกษา	บริษัทพรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นางสาว	รัชฎาพร หนองสูง	นักศึกษา	บริษัทพรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นาย	พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์	Sr.expert eng	Ssi
นาย	กรีฑา ปานบุตร	Engineer	บริษัท แรนฮิวล์ วอเตอร์
นาย	ยุทธชัย กิจโป้	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	นิเด็คอีเล็คโทรนิคส์
นาย	พีรธัช วกุลครู	พนักงานสิ่งแวดล้อม	นิเด็คอีเล็คโทรนิคส์
นาย	อาจินต์ น่วมสำราญ	รองศาสตราจารย์	นักวิชาการอิสระ
นางสาว	วรญา ประทุมแก้ว	Sr process engineer	E-Square Environment & Engineering
นาย	ชาตรี สีแล็ง	จนท.สิ่งแวดล้อม	บริษัท พรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นางสาว	แก้วกมล บุญเรือง	จป.วิชาชีพ	บริษัท พรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นาย	สุรินทร์ ทันใจ	engineer	บริษัท พรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นางสาว	พัชรินทร์ เงินใบอ่อน	Environment Dept Mgr	บริษัท พรีเมียร์ควอลิตี้สตาร์ช จำกัด
นาย	อดิศักดิ์ ยั่งยืน	Business Development	Tesco bangkok
นาย	รัฐพงษ์ นาคาไชย	Manager	Tesco bangkok



รูปที่ 5-5 การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1

รุ่นที่ 2 : การจัดกิจกรรมอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม วันที่ 1 : วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2565 เป็นการอบรมเชิงบรรยาย มีวิทยากร คือ ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล วันที่ 2 : วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565 เป็นการอบรมเชิงบรรยาย ร่วมกับกิจกรรม workshop มีวิทยากร คือ อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์ และวันที่ 3 : วันที่ 11 มีนาคม 2565 เป็นการติดตามผลหลังการอบรมของผู้เข้าร่วมอบรม มีวิทยากร คือ ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล และ อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์ มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 64 คน

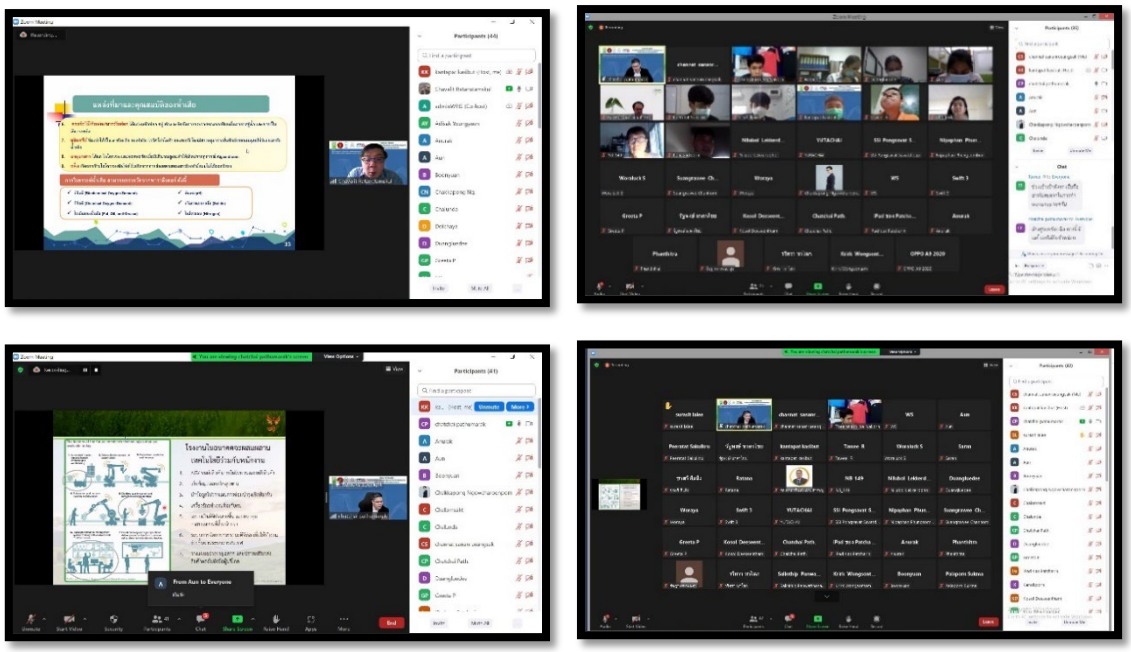
ตารางที่ 5-9 รายชื่อผู้ร่วมการอบรมหลักสูตรที่ 2 รุ่นที่ 2

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	นิศาชล ชินพันธ์	นักวิทยาศาสตร์	กฟผ.
นางสาว	พัชรินทร์ เงินใบอ่อน	ผจก สิ่งแวดล้อม	SIAM KUBOTA
นางสาว	ภีรติย์ ชินโรจน์บวรกุล	Environmental engineer	SCG
นางสาว	ณัฏฐธิดา นันตา	นักวิทยาศาสตร์	คณะแพทยศาสตร์รพ.รามาธิบดี
นาย	ศีลวัต ศรีสวัสดิ์	นักวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม	บริษัท ทีแอลที คปนซัลแตนส์
นางสาว	จิรัชยา กรุณาวุฒิกุล	พนักงาน	ส่วนตัวและบริษัท
นางสาว	ธีรารัตน์ จีระมะกร	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
นาย	ปฏิวิชช์ สาระพิน	อาจารย์	ม.ราชภัฏนครสวรรค์
นางสาว	กุลธิดา ธรรมรัตน์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นาย	พันศักดิ์ บุญส่ง	-	นักวิชาการอิสระ
นางสาว	สลิลทิพย์ พันธุ์วัฒนาชัย	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)
นาย	พีรพล แก้วนนท์	water business development	Gunkul Engineering PCL
นาย	วัลลภ ทาทอง	ประธานสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
นางสาว	พัทธกมล สมบุตร	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
นาย	พนมชัย วีระยุทธศิลป์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นาย	รัชพล อาจปรุ	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	Esquare Environment & Engineering
นาย	จิรพันธ์ โชติรัตนศักดิ์	ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร	Esquare Environment & Engineering
นางสาว	วิลาวัลย์ ศิลปี	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บมจ.สยามอุตสาหกรรมเกษตรอาหาร
นาย	ชัชชัย เรืองเกียรติศักดิ์	Project engineer	Esquare Environment & Engineering
นาย	จำลอง ชาญมิตร	Chief Business Development Officer	Esquare Environment & Engineering
นาย	ณัชภัทร ภูริโสภณ		นักวิชาการอิสระ
นางสาว	สุนิสา พงศ์พิพัฒน์	Process Engineer	บริษัท อี-สแควร์ สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรม จำกัด
นาย	พงศธร ทวีธนวาณิชย์	พนักงานมหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลียราชภัฏศรีสะเกษ
นาย	ไกรวิชญ์ เรืองฤาหาร	-	นักวิชาการอิสระ
นาย	จิระศักดิ์ พุกดำ	อาจารย์	RMUTR
นางสาว	ทรงศิริ เตียวตระกูล	กรรมการผู้จัดการ	บริษัท เอชบีซี โพรดักซ์ อินดัสตรี้ส์ จำกัด
นางสาว	พัชรินทร์ เงินใบอ่อน	Environment Department Manager	SIAM KUBOTA Corporation
นางสาว	กมลวรรณ สิงคะเสลิต		นักวิชาการอิสระ
นาย	ศักดิคุณ กุลพิเนก	วิศวกร	นักวิชาการอิสระ

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นางสาว	ชญานิศ จูมจะนะ	วิศวกรสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการอิสระ
นาย	จักรพงษ์ เยี่ยงกุลเชาว์	ผู้จัดการฝ่ายความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	KCG
นางสาว	วรญา ประทุมแก้ว	Sr process engineer	Nice Group Holding Corp., Ltd.
นาย	พงศธร แสงแพง	Environment Group Manager	Nice Group Holding Corp., Ltd.
นางสาว	ยุวดี ไชยเชษฐ์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
นางสาว	มนัสวี พานิชนอก	อาจารย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
นาย	อดิสร ปริสุทธิ์สุนทร	ผจก.	บ.โตคินเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
นางสาว	ประภาศรี พันธุจริยา		บางจากคอร์ปอเรชั่น
นางสาว	สุนีย์ เสริมศิริโสภณ	-	นักวิชาการอิสระ
นางสาว	จารุวรรณ วงค์ทะเนตร	อาจารย์	มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาว	อริสา สุ่มทอง	พนักงานบริษัท	บจก.เอเชียติคอุตสาหกรรมเกษตร
นาย	ทวีศักดิ์ ศรีจันทร์โฉม	ADVISOR	บจก.เอเชียติคอุตสาหกรรมเกษตร
นางสาว	สิริศุขต์ พรมประสิทธิ์	วิศวกร	บจก.เอเชียติคอุตสาหกรรมเกษตร
นางสาว	ธนิดา สุนารักษ์		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
นาย	เอนก แก้วกระจ่าง	กรรมการผู้จัดการ	บจก.เอ็นไวรอนเมนทอลเทคโนโลยี คอนซัลแตนท์
นางสาว	นฤมล ทองมาก		นักวิชาการอิสระ
นาย	สุนทร	Manager	Psp
นาย	สุนทร วอนไลวัน		นักวิชาการอิสระ
นางสาว	บัณฑิตา ลัญฉกวิน	หัวหน้าหน่วยควบคุมคุณภาพ	บริษัท เบตงกรีนเพาเวอร์ จำกัด
นาย	บัสซาม นิโลง	จนท.สิ่งแวดล้อม	เบตง กรีน เพาเวอร์ จำกัด
นางสาว	ปิยธิดา ชื่นอารมณ์	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	ปิยธิดา ชื่นอารมณ์
นาย	เจริญชัย ศิริคุณ	ทสม.	ทสม.สกลนคร
นาย	พีรวุฒิ โสมนะพันธุ์	CEO	บริษัท อาร์เคเดียนอีโค จำกัด

คำนำหน้า	ชื่อ สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
นาย	อัมนาถ สมงาม	หัวหน้าวิศวกรสิ่งแวดล้อม	บจก. มะลิ กรุ๊ป 1962
นาย	ปราชญ์ ปะตังเวสา	Maintenance Manager	Cobra International Co., Ltd
นาย	ชานนท์ ชมมี	Safety Health and Environment Manager	Cobra International Co., Ltd
นาย	โกศล ดีศีลธรรม	ที่ปรึกษาเทคนิค	บริษัท เค แอนด์ เอ็ม เมดิคอล อินสตรูเมนท์ แอนด์ เซอร์วิส จำกัด
นาย	ภานุพงศ์ เครื่องประดับ	หัวหน้าแผนกสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย	บริษัท รีไซเคิลเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
นาย	บุญส่ง ศิลปเจริญกุล		นักวิชาการอิสระ
นาย	ธีราทร ณ นคร	พนักงาน	โรงงานน้ำดื่มตราสมอ
นาย	พันศักดิ์ บุญส่ง		นักวิชาการอิสระ
นาย	พัฐจักร พร้าวไธสง	อาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
นางสาว	ณิชา อาราเม	ฝ่ายพัฒนาความยั่งยืน	Delta electronics (Thailand) pcl.
นาย	กฤตณะ พฤกษากร	อาจารย์	มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาว	คุณวิลาวัลย์ ศิลปี	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม	บมจ.สยามอุตสาหกรรมเกษตรอาหาร



รูปที่ 5-6 การจัดกิจกรรมอบรมออนไลน์หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 2

5.4 ข้อดีและข้อเสียของการจัดกิจกรรม

1) เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรม รวมถึงภาคส่วนอื่นๆ ที่สนใจ ได้รับองค์ความรู้ในการวิเคราะห์รูปแบบการใช้น้ำของโรงงาน และได้จัดทำมาตรการต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

2) ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้จริงในโรงงาน เพื่อขยายผลสู่การลดการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรม (เน้นในพื้นที่ EEC)

3) ผู้เข้าร่วมอบรมมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีในการอบรม เนื่องจากเป็นการเน้นที่กิจกรรมการร่วมแสดงความคิดเห็นและการนำเสนอของผู้เข้าร่วมอบรม

5.5 การติดตามผลการอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

หลังจากการอบรมแล้วได้มีการติดตามผล ซึ่งการติดตามผลการอบรมฯ มุ่งเน้นที่การหาตำแหน่งการสูญเสียน้ำ และแนวทางการลดการใช้น้ำของโรงงานผู้เข้าร่วมอบรม เพื่อจะได้เห็นรูปแบบการใช้น้ำและวิธีการประหยัดน้ำของโรงงานที่เข้าร่วมอบรม และให้คำแนะนำเพิ่มเติมจากวิทยากร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ข-3

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 พัฒนาปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ตรวจจับของระบบการจัดการระบบให้น้ำ

แนวคิด ข้อกำหนดเบื้องต้นที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับ เพื่อรองรับการเชื่อมโยงข้อมูล ขยายผล และการทำงานร่วมกันของแต่ละหน่วยงานที่มีการพัฒนาระบบตรวจจับ เช่น กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรน้ำ, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร และ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เป็นต้น และพัฒนาระบบตรวจจับ ควบคุมการให้น้ำพืชที่ประมวลผลและแม่ข่ายเชื่อมโยงข้อมูลพร้อมประมวลผล ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและความต้องการพืช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรน้ำที่ยังคงประสิทธิผลในการผลิตการเกษตร

วิธีการดำเนินงาน การพัฒนาเทคนิควิธีการของอุปกรณ์ตรวจวัด ควบคุม และสารสนเทศข้อมูลพร้อมระบบประมวลผล ในการศึกษาเพื่อให้ทราบปัญหาและจัดการอุปกรณ์ได้ง่ายจึงใช้พื้นที่อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พื้นที่แปลงทดลองข้าว, พื้นที่แปลงทดลองปลูกป่า, พื้นที่โคกหนองนาโมเดล และโรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญมหาวิทยาลัยบูรพา เป็นพื้นที่ศึกษา โดยจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อตรวจสอบและสอบเทียบข้อมูลระหว่างกัน โดยใช้การเชื่อมต่อที่หลากหลาย เช่น WiFi, 3G, LoRa และ NB IoT เพื่อประมวลข้อดี-ข้อเสียของการเชื่อมโยงแต่ละแบบ พร้อมทั้งศึกษาข้อมูลที่ได้จากแต่ละระบบตรวจจับ โดยให้ความสำคัญที่การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการระบบให้น้ำ โดยอาศัยอุปกรณ์ตรวจจับ หลายระบบและหลายรูปแบบ เพื่อพัฒนาระบบและข้อกำหนดที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับและระบบแม่ข่ายรวบรวมข้อมูล พร้อมศึกษาการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ และใช้โมเดล ANN คาดการณ์ความชื้นในดิน ช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงรูปแบบการรดน้ำที่เหมาะสมสำหรับพืช และลดการใช้น้ำมากกว่าการเกษตรแบบเดิม พร้อมให้ข้อมูลเวลาและปริมาณน้ำที่ต้องการในสถานะดินที่หลากหลาย การใช้เครื่องมือดังกล่าวร่วมกับตัวบ่งชี้ความชื้นในดินและเครื่องตรวจจับสภาพอากาศในแปลงจะช่วยควบคุมการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรผ่านอินเทอร์เน็ต แม่ข่ายข้อมูลสามารถนำข้อมูลมาสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงการจัดสรรน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการ ทั้งในด้านปริมาณและประสิทธิภาพของเวลา

การศึกษาประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบการจัดการชลประทานอัจฉริยะจากอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในดิน และเครือข่ายไร้สายที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศ การศึกษาได้จัดให้มีเครื่องมือการจัดการที่เหมาะสม เพียงพอสำหรับการชลประทานน้ำในแปลงนาในระดับฟาร์มพืช ในราคาที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพและคุ้มค่า อุปกรณ์นี้สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทรัพยากรน้ำสำหรับภาคการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนา การเข้าถึงเครื่องมือนี้ช่วยลดภาระการใช้น้ำเพื่อการเกษตรซึ่งเป็นต้นทุนของประเทศ

ระบบ IoT ช่วยรักษาสภาวะที่เหมาะสมแก่การปลูกพืช

- พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้ในโครงการ ได้แก่ 1) อุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศ 2) อุปกรณ์วัดความชื้นในดิน และ 3) อุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำ
- พัฒนาระบบแม่ข่าย IoT พร้อมซอฟท์แวร์ที่ใช้เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการพัฒนางานด้าน IoT สำหรับการจัดากรทรัพยากรน้ำ
- พัฒนาส่วนตรรกะในการใช้ประโยชน์จากข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับ IoT รวมถึงการใช้ประโยชน์ข้อมูลพยากรณ์ฝนล่วงหน้า 14 วันของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) (สสน.)
- สามารถต่อยอดงานวิจัยขยายผลการใช้ประโยชน์ระบบ IoT ในงานลักษณะอื่นๆ เช่น โคกหนองนาโมเดล, สวนป่า และแปลงนา
- ระบบช่วยให้การให้น้ำเหมาะสมกับสถานะความชื้นในดินที่เหมาะสมกับการใช้น้ำของพืช โดยสามารถกำหนดช่วงเวลาในการให้น้ำที่ไม่ขัดกับกิจกรรมของอุทยานฯ หรือ สวน มีส่วนให้สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 50-70 เปอร์เซ็นต์
- สามารถรักษาการสำรองน้ำของพื้นที่ได้ล่วงหน้า 14 วันจากการอาศัยข้อมูลพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 14 วันทำให้สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 5-10 เปอร์เซ็นต์
- ระบบพ่นหมอกช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นโดยรวมในโรงเรือน ช่วยให้พืชคายน้ำน้อยลงใบมีความชุ่มชื้นไม่แห้งโดยเฉพาะไม้ใบเช่นมอนสเตอร่า
- การใช้ระบบ IoT ช่วยลดการใช้น้ำและไฟฟ้ามากกว่าการใช้ระบบตั้งค่าอัตโนมัติปกติ เนื่องจากมีการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเข้าช่วยให้สามารถหยุดการทำงานระบบให้น้ำเกษตรและระบบลดอุณหภูมิที่ไม่จำเป็น เช่นในวันที่ฝนตกและในฤดูหนาวเป็นต้น
- แปลงสาธิตระบบ Handy Sense ต้องการการดูแลเพียงเล็กน้อย โดยผู้ปลูกต้องดูแลโรคแมลงและการใส่ปุ๋ยเพียงสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง
- มีความสนใจในอุปกรณ์และระบบจากหน่วยงานเอกชนเพื่อต่อยอดงานวิจัยในเชิงพาณิชย์

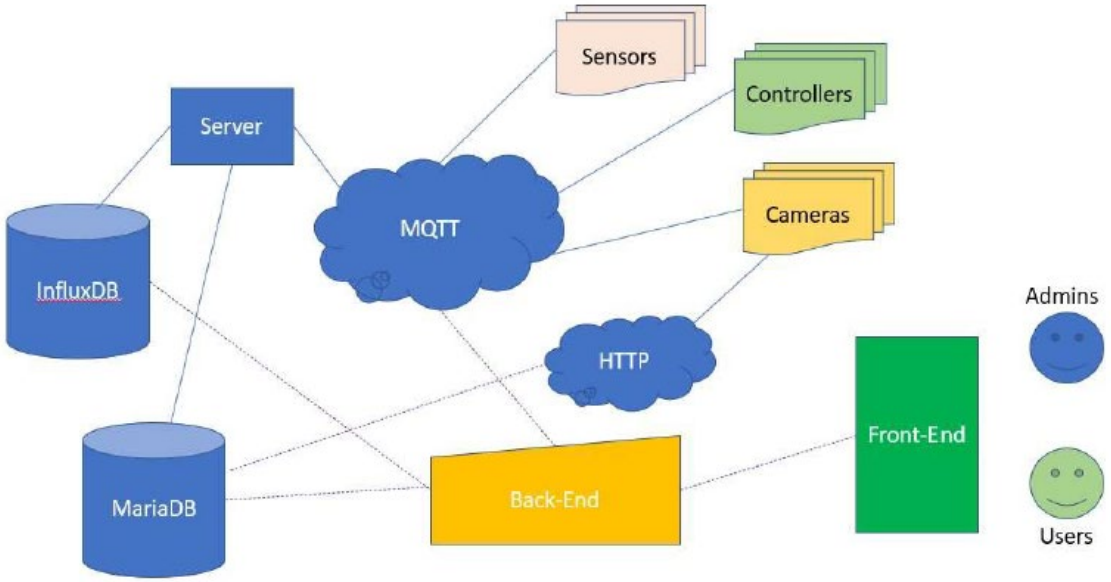
ระบบ IoT ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล

- ระบบวัดข้อมูลสามารถเรียกดูข้อมูลได้ตลอดเวลา และมีการเก็บข้อมูลตามเวลาจริง ลดภาระงานในการจดบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาการศึกษาในอนาคต
- ข้อมูลการศึกษาสภาพอากาศช่วยให้สามารถพัฒนาการสำรองน้ำของพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม
- ช่วยให้วางแผนการทำงานได้ โดยสามารถทราบถึงช่วงเวลาที่จำเป็นในการเติมธาตุอาหารหรือปรับสภาวะของสารละลายธาตุอาหาร

6.1.2 ผลการพัฒนาระบบแม่ข่าย

การพัฒนาระบบเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสะสมข้อมูลการประมวลและการนำเสนอข้อมูล เพราะระบบอุปกรณ์ IoT ไม่สามารถรองรับกระบวนการดังกล่าวที่ซับซ้อน นอกจากนี้ระบบจะใช้ขยายผลกับการรองรับอุปกรณ์ IoT ในอนาคต เพราะอุปกรณ์ IoT มีรูปแบบและผลิตภัณฑ์ที่เติบโตขึ้นตลอดเวลา

การรองรับข้อมูลต้องพัฒนาทั้งระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับข้อมูลคุณลักษณะและข้อมูลผู้ใช้ เป็นข้อมูลที่มีลักษณะของโครงสร้างที่ชัดเจน เช่น ชื่ออุปกรณ์, ประเภทและลักษณะของอุปกรณ์, ช่องทางสื่อสารกับอุปกรณ์, ผู้ใช้ และสิทธิของผู้ใช้ รวมถึงการเชื่อมโยงไปยังฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ ทีมีลักษณะและโครงสร้างที่ไม่แน่นอนตามแต่อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ ซึ่งระบบทั้งหมดปฏิบัติการบนระบบปฏิบัติการ Linux ที่ใช้ทรัพยากรเครื่องในการจัดการที่น้อยและง่ายต่อการขยายในส่วนของแม่ข่าย



รูปที่ 6-1 โครงสร้างการทำงานของระบบแม่ข่าย

```
MariaDB [cufarm]> describe user;
+-------------+-------------+------+-----+-------------------+-------+
| Field       | Type        | Null | Key | Default           | Extra |
+-------------+-------------+------+-----+-------------------+-------+
| user        | varchar(15) | NO   | PRI | NULL              |       |
| birth       | date        | YES  |     | NULL              |       |
| name        | varchar(50) | YES  |     | NULL              |       |
| address     | varchar(155)| YES  |     | NULL              |       |
| email       | varchar(40) | YES  |     | NULL              |       |
| tel         | varchar(15) | YES  |     | NULL              |       |
| date_update | timestamp   | NO   |     | CURRENT_TIMESTAMP |       |
| remark      | varchar(155)| YES  |     | NULL              |       |
+-------------+-------------+------+-----+-------------------+-------+
```

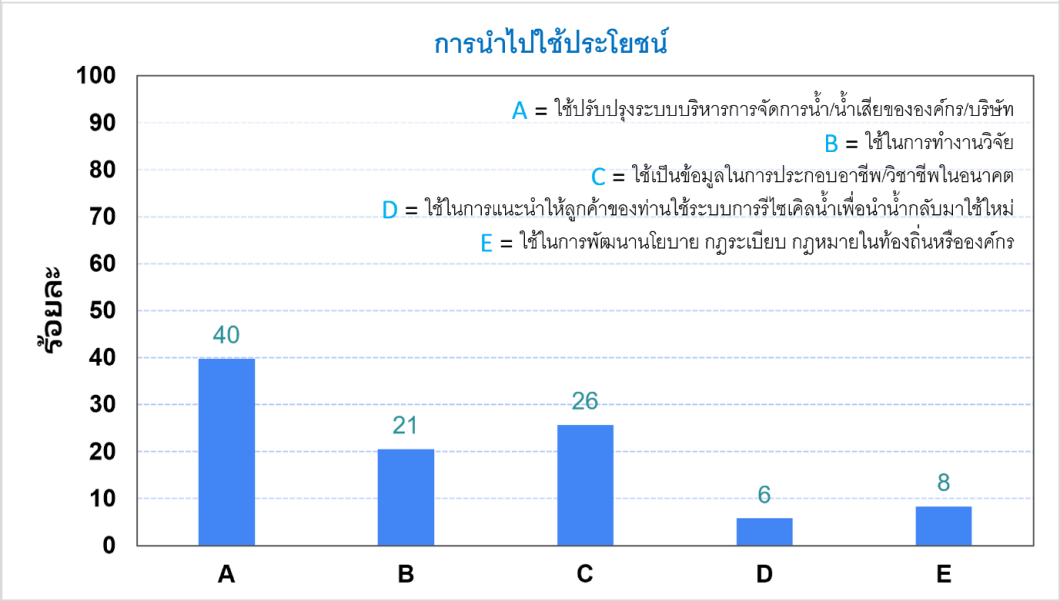
รูปที่ 6-2 ตัวอย่างตารางข้อมูลผู้ใช้ในระบบ

6.1.3 พัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

ในการศึกษานี้ได้ออกแบบหลักสูตรการอบรม 2 หลักสูตรที่ต่างกันสำหรับ 2 ภาคส่วนที่ต้องการระดับความรู้ความเข้าใจที่แตกต่างกันตามบทบาทหน้าที่ และได้จัดการอบรมดังนี้

หลักสูตรที่ 1 “การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการเพื่อสร้างกำไรเอกชน กำไรสังคม”

ได้จัดการอบรมในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2564, 8 มกราคม 2565 และ 5 กุมภาพันธ์ 2565 โดยมีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 211 คน ผลตอบรับพบว่าผู้เข้าร่วมได้ให้ความสนใจกับระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในทั้ง 3 รอบ โดยเฉพาะ โรงพยาบาลสนใจเรื่องเทคนิคอาทิ กลิ่น เชื้อโรคและโอโซน ที่นำมาใช้จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนที่ใช้น้ำหรือไม่ รวมไปถึงเรื่องการประเมินค่าใช้จ่ายครอบคลุมมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 6-3 สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 1 ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 6-1 วันเวลาการจัดอบรมหลักสูตรที่ 1

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี	เวลา	สถานที่	ผู้บรรยาย
1	20 พ.ย. 64	09.00 น.-12.00 น.	ออนไลน์ผ่าน Zoom	ผศ.ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์
2	8 ม.ค. 65	09.00 น.-12.00 น.	ออนไลน์ผ่าน Zoom	ผศ.ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์
3	5 ก.พ. 65	09.00 น.-12.00 น.	ออนไลน์ผ่าน Zoom	ผศ.ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์

ตารางที่ 6-2 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1

เวลา	เนื้อหาการอบรม
08.45-09.00 น.	ลงทะเบียน
09.00-09.05 น.	ศักยภาพของการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R ในการช่วยอาคารภาคบริการทำกำไรตน กำไรสังคมในบริบทสังคมใต้วิกฤติการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ และสังคมการบริโภคอย่างยั่งยืน
09.05-09.25 น.	ทิศทางอุปสงค์-อุปทาน และกลไกการตลาดน้ำประปา-น้ำเสียที่อาคารภาคบริการต้องรู้ • ความต้องการใช้น้ำภาคบริการ อันดับประเภทผู้ใช้น้ำของแต่ละประเภทอาคารใน EEC ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต • ปริมาณน้ำอุปทาน ภัยแล้ง และแนวโน้มการขาดแคลนน้ำในพื้นที่จังหวัด EEC ทิศทางราคาของน้ำประปา ราคาของน้ำเสีย
09.25-09.40 น.	ความคืบหน้าแนวโน้มกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย น้ำทิ้ง การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับอาคารภาคบริการ และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
09.40-10.15 น.	เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ 3R สำหรับอาคารภาคบริการ (35 นาที) • การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE)) • การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (WR) • การประยุกต์การใช้งานร่วมกับ IoT (Internet of Things) ความกังวลของการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ลักษณะการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และน้ำใช้ซ้ำแบบไม่สัมผัสตัวคน (Non-portable Reuse)
10.15-10.25 น.	พักเบรก
10.25-11.10 น.	ตัวอย่างการจัดการน้ำอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการแต่ละประเภททั้งในไทยและของต่างประเทศ • ตัวอย่างสำหรับห้างสรรพสินค้า • ตัวอย่างสำหรับสถานีบริการเชื้อเพลิง • ตัวอย่างสำหรับอาคารสำนักงาน/สถานที่ราชการ • ตัวอย่างสำหรับโรงพยาบาล • ตัวอย่างสำหรับโรงเรียน • ตัวอย่างสำหรับโรงแรม
11.10-11.40 น.	การประเมินผลประโยชน์ต่อเอกชนใช้ 3R การลงทุน ความคุ้มทุน และผลประโยชน์ต่อสังคม • การประเมินความคุ้มทุนและผลประโยชน์ต่ออาคารภาคบริการแต่ละ

เวลา	เนื้อหาการอบรม
	ประเภท ตามขนาด และที่สถานที่ตั้ง • การประเมินผลประโยชน์ต่อภาคเกษตรกร และระบบนิเวศ • การประเมินผลประโยชน์จากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก • ข้อเสนอมาตรการช่วยเหลือของภาครัฐที่ได้จากการวิจัย
11.40-11.50 น.	ทิศทางการผลักดันของภาครัฐที่กำลังดำเนินการอยู่
11.50-12.10 น.	แบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์

ตารางที่ 6-3 สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรมหลักสูตรที่ 1

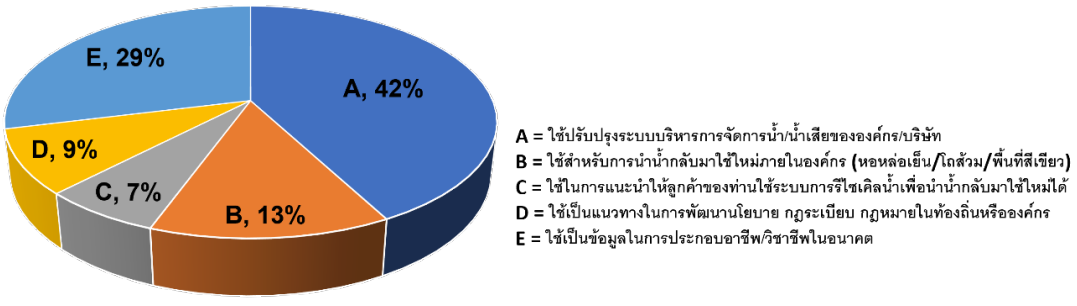
ลำดับ	คำถาม
1	การขาดแคลนแหล่งน้ำกรณี EEC ต้องสร้างแหล่งน้ำเพิ่มไหม
2	อยากทราบว่าสามารถเขียนโครงการเสนอ EEC เพื่อของบจัดทำระบบนี้ในโรงพยาบาลได้หรือไม่ เพื่อช่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมเป็นโรงพยาบาลสีเขียว
3	อยากทราบว่าจะ claim carbon credit จากอะไร หรือจากการใช้ไฟฟ้าน้อยลง
4	อยากทราบว่าใน กทม. การนำน้ำกลับมาใช่ใหม่จะต้องใช้ต้นทุนแพงมาก เคยวิจัยเรื่องน้ำโรงพยาบาล หากนำกลับมาใช้ใหม่แม้มีกาฆ่าเชื้ออย่างดีก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับไม่เหมือนกรณีสิงค์โปร์เอาน้ำส้วมมาทำน้ำดื่มทำไมเขายอมรับได้
5	ถ้าปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายบังคับใช้ แนวทางที่ดำเนินการคือ ใช้การยอมรับของผู้ใช้น้ำกับมาตรฐานของต่างประเทศประกอบหรือไม่
6	เรื่องโถปัสสาวะ คุมเรื่องกลิ่นอย่างไร
7	water footprint reduction ในไทยมีการส่งเสริมหรือไม่เรื่องการ water reuse อาจจะอยู่ในรูปฉลาก water footprint
8	การคิดประเมินความคุ้มทุน คิดเฉพาะความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ใช่ไหม
9	ทางมหาวิทยาลัยมีการวิจัยเรื่องการบริหารจัดการน้ำสำหรับภาคอุตสาหกรรมหรือไม่
10	เรื่อง dioxin จากคลอรีนจะมีผลต่อน้ำไหม
11	หากพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้บริโภค ไม่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้เท่าที่ควรในตอนนี้มีแนวทางหรือเทคโนโลยีในการผลิตน้ำให้เพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีที่ใช้น้ำทะเลมาผลิตเป็นน้ำจืด
12	โอโซนที่ถูกปล่อยออกจากระบบจะมีผลกระทบอะไรหรือไม่ ในด้านสิ่งแวดล้อมหรือด้านสุขภาพ
13	การลงทุนในระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ กรณีโรงพยาบาลขนาด 1,000 เตียง น่าจะใช้งบประมาณที่เท่าไหร่และจะคุ้มทุนกี่ปี

ลำดับ	คำถาม
14	การใช้โอโซน (O3) หลังการเกิดปฏิกิริยา ถ้าพิจารณาในส่วนการเกิดก๊าซ เข้าใจว่าจะได้ออกซิเจน (O2) ไม่แน่ใจว่ามีก๊าซอย่างอื่นเกิดขึ้นด้วยหรือไม่ (กังวลเรื่อง GHG)
15	มีการประเมินindirect costด้วยหรือไม่เช่นลดพื้นที่ทำแหล่งน้ำเพิ่ม ค่าอัตราคืนทุน ค่าIRR
16	ถ้าเป็นน้ำเสียที่บำบัดแล้ววนใช้น้ำแบบgrey water นี่ไม่ต้องจ่ายค่าน้ำถูกต้องหรือไม่
17	น้ำที่โรงงานบำบัดแล้วสามารถส่งให้กับชุมชนหรือบุคคลได้เลยไหมคะ เช่น นำไปรดน้ำพื้นที่สีเขียว พื้นที่เกษตรกรรม มีกฎหรือระเบียบอะไรไหมคะ ทั้งในกรณีให้ฟรี กับมีค่าใช้จ่าย
18	การบำบัดน้ำเสีย โดยเติม โอโซน ก่อนเข้าระบบโปรยกรอง เหมาะสมหรือไม่ และโอโซนจะมีผลอย่างไรกับสาหร่ายเขียวในน้ำ ใช้ควบคุมสาหร่ายเขียวในน้ำหรือไม่
19	การใช้ระบบ water reuse เหมาะกับภาคอุตสาหกรรม หรือชุมชนมากกว่ากัน หากคิดงบทุนจะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่
20	ในต่างประเทศมีแรงจูงใจสำหรับบ้านเรือนที่มีการประหยัดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพประเทศเรามีบ้างไหม เช่น ลดค่าน้ำประปา เป็นต้น

หลักสูตรที่ 2 “การออกแบบและใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ: การใช้งานสำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างสุขภัณฑ์ และการใช้รดพื้นที่สีเขียว”

หลักสูตรนี้มุ่งเน้นการนำแนวคิดและเทคนิคการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการมาประยุกต์ใช้ โดยจะเน้นสำหรับหอหล่อเย็น การใช้ชำระล้างโถส้วม และการใช้รดพื้นที่สีเขียว โดยมุ่งกลุ่มเป้าหมายเป็นวิศวกร ผู้ออกแบบจากบริษัทออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบบริหารจัดการน้ำทั่วประเทศที่มีงานหรือมีแผนงานการดำเนินการในอาคารภาคใน 3 จังหวัด EEC และฝ่ายวิศวกรรม หรือผู้ดูแลระบบของอาคารภาคบริการใน 3 จังหวัด EEC

ได้จัดการอบรมในวันที่ 9 เมษายน 2565 จำนวน 64 ท่าน ผู้เข้าร่วมได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับข้อดี-ข้อเสียของระบบการนำน้ำหลับมาใช้ใหม่ สามารถนำไปใช้ควบคู่กับระบบอื่นได้หรือไม่



รูปที่ 6-4 สัดส่วนแนวโน้มการนำองค์ความรู้หลักสูตรที่ 2 ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 6-4 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2

เวลา	เนื้อหาในการสอน
8.45 น.- 9.00 น.	ลงทะเบียน
9.00 น.- 9.30 น.	เครื่องมือและสถานที่ที่ใช้สำหรับระบบการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับอาคารภาคบริการ
9.30 น.- 9.45 น.	กฎหมายของไทยด้านการบริหารจัดการน้ำสำหรับอาคารภาคบริการ
9.45 น.- 10.00 น.	การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ ระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและเซ็นเซอร์ (IoT and Sensor)
10.00 น.-10.45 น.	การออกแบบระบบการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับอาคารภาคบริการต่างๆ
10.45 น.-11.00 น.	การประเมินความเหมาะสม และความคุ้มทุนของระบบการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับอาคารภาคบริการต่างๆ
11.00 น.-11.05 น.	แบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์

ตารางที่ 6-5 สรุปคำถามจากผู้เข้าร่วมขณะการอบรมหลักสูตร 2

ลำดับ	คำถาม
1	ความเข้มข้นของ Ozone สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียเทียบกับอัตราการบำบัด มีข้อพิจารณาอย่างไร
2	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ จากระบบบำบัดน้ำเสียใน Cooling Tower ซึ่งใช้ระบบ Ozone น้ำที่ผ่านระบบจะมีค่าConductivity สูง จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงอะไรได้บ้าง
3	การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ด้วย ozone จะเป็นการเพิ่ม TDS ในน้ำหรือไม่
4	น้ำเสียประเภทไหนที่เหมาะสมกับต้นทุนในการใช้ระบบ Ozone ในการลดค่า BOD
5	น้ำเสียประเภทไขมันที่ถูกย่อยด้วย Ozone แล้วเป็นโมเลกุลไขมันเล็กๆ จะหลุดเข้าไปในระบบบำบัดขั้นต่อไปไหม
6	อายุการใช้งานของกรองทราย มีระยะวเลาการใช้งานก่อน Back wash นานแค่ไหน มีผลต่อการลงทุนหรือไม่
7	ระบบไอโอที (IOT) สามารถควบคุมกลับด้วยหรือไม่ และมี lag time หรือไม่
8	ถ้าอัตราการไหลน้ำที่ต้องการบำบัดสูงๆ อาทิเช่น 5,000-10,000 CMD จะมีข้อพิจารณาเลือกใช้ระบบอย่างไรเมื่อเปรียบ Ozone กับการใช้ร่วมระบบอื่น อาทิ UF, MBR, หรือ conventional AS

ผลลัพธ์ที่ได้

1) หลักสูตรการอบรมการบริหารจัดการน้ำตามหลัก 3R 2 หลักสูตร จำนวนผู้เข้าร่วมการอบรม 2 หลักสูตร 275 คน (ตั้งเป้าไม่น้อยกว่า 240 คน)
2) คลิป YouTube การนำใช้งาน 3 ตัวอย่างตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอาคารภาคบริการ -ชื่อ ***3R ควอลิตี้ มิเนอรัล/ 3R เกษตรพัฒนา อุตสาหกรรม /3R เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ*** ในช่อง IN3R Channel News and Media
3) Website สำหรับการเข้าชม: https://p28pd.voomly.com/
4) FB/ Line ของโครงการเพื่อการประชาสัมพันธ์หลักสูตร เชิญชวน โฆษณา
   FB: ชื่อ ***ให้น้ำทำเงิน: Passive Income from Water Recycling and Reuse***
   https://www.facebook.com/PassiveIncomefromWaterRecyclingReuse
   Line: https://lin.ee/Aw2awkn
   Line Group: http://line.me/ti/g/uOr9KMzCsT

6.1.4 การฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและยกระดับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการได้อย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ และนำสู่การปรับปรุงพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งหลักสูตรออกเป็น 2 หลักสูตรประกอบด้วย

1) หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม จะแบ่งการอบรมออกเป็น 3 รุ่น ดังนี้
   <u>รุ่นที่ 1</u> : วันที่ 19 พฤศจิกายน 2564 : มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 81 คน
   <u>รุ่นที่ 2</u> : วันที่ 11 มกราคม 2565 : มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 59 คน
   <u>รุ่นที่ 3</u> : วันที่ 18 มีนาคม 2565 : มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 88 คน

2) หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลาดรในภาคอุตสาหกรรม จะแบ่งการอบรมออกเป็น 2 รุ่น รุ่นละ 3 วัน ดังนี้
   <u>รุ่นที่ 1</u> : วันที่ 14 ธันวาคม 2564, วันที่ 15 ธันวาคม 2564 และวันที่ 18 มกราคม 2565 : มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 37 คน
   <u>รุ่นที่ 2</u> : วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2565, วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2565 และวันที่ 11 มีนาคม 2565 : มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 64 คน

ตารางที่ 6-6 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 1

รุ่น	วันที่	เวลา	ลักษณะการอบรม	วิทยากร
1	19 พ.ย. 64	08.00-12.00 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
2	11 ม.ค. 65	08.00-12.00 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
3	8 มี.ค. 65	08.00-12.00 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล

ตารางที่ 6-7 เนื้อหาหลักสูตรที่ 1

หัวข้อ	รายละเอียด	ระยะเวลา
1. ประเมินองค์ความรู้ (ก่อนฝึกอบรม)	- แบบทดสอบองค์ความรู้ (ก่อนฝึกอบรม)	
2. บรรยาย สถานการณ์การใช้น้ำในพื้นที่ และความสำคัญของการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	- สถานการณ์การใช้น้ำในพื้นที่ - ความสำคัญและความจำเป็นของการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	0.5 ชั่วโมง (30 นาที)
3. บรรยาย แนวคิดและหลักการพื้นฐานด้าน 3Rs ในการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ภาคอุตสาหกรรม และแนวทางการเลือกใช้เทคโนโลยีเบื้องต้น	- ประเภทและคุณลักษณะของน้ำเสียอุตสาหกรรม - แนวคิดและหลักการพื้นฐานด้าน 3Rs ในการบริหารจัดการน้ำอุตสาหกรรม - เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสีย การรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และแนวทางการเลือกใช้เทคโนโลยีเบื้องต้น	2.5 ชั่วโมง (150 นาที)
4. ประเมินองค์ความรู้และความพึงพอใจการฝึกอบรม (หลังฝึกอบรม)	- แบบทดสอบองค์ความรู้ (หลังฝึกอบรม) - แบบประเมินความพึงพอใจ	

ตารางที่ 6-8 กำหนดการอบรมหลักสูตรที่ 2

รุ่น	วันที่	เวลา	ลักษณะการอบรม	วิทยากร
1	14 ธ.ค. 64	08.00-16.30 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
1	15 ธ.ค. 64	08.00-16.30 น.	บรรยาย + workshop	อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์
1	18 ม.ค. 65	09.00-16.30 น.	ติดตามผลการอบรม	1. ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล 2. อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์
2	15 ก.พ. 65	08.00-16.30 น.	บรรยายเชิงวิชาการ	ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล
2	17 ก.พ. 65	08.00-16.30 น.	บรรยาย + workshop	อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์
2	11 มี.ค. 65	09.00-16.30 น.	ติดตามผลการอบรม	1. ศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล 2. อ.ฉัตรชัย ปทุมารักษ์

ตารางที่ 6-9 เนื้อหาหลักสูตรที่ 2

หัวข้อ	รายละเอียด	ระยะเวลา
ครั้งที่ 1 การบรรยายทางวิชาการและการฝึกปฏิบัติ (ระยะเวลา 2 วัน)		
<u>วันที่ 1 การบรรยาย</u>		
1. ประเมินองค์ความรู้ (ก่อนฝึกอบรม)	- แบบทดสอบองค์ความรู้ (ก่อนฝึกอบรม)	
2. บรรยาย สถานการณ์การใช้น้ำในพื้นที่ และความสำคัญของการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	- สถานการณ์การใช้น้ำในพื้นที่ - ความสำคัญและความจำเป็นของการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	0.5 ชั่วโมง (30 นาที)
3. บรรยาย แนวคิดและหลักการพื้นฐานด้าน 3Rs ในการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรม	- กฎหมายที่เกี่ยวข้องในการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม - การประยุกต์แนวคิดและหลักการพื้นฐานด้าน 3Rs ในการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรม	2.5 ชั่วโมง (150 นาที)
4. บรรยาย เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม การรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และแนวทางการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมแต่ละประเภท	- เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม การรีไซเคิล น้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรม - แนวทางการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมแต่ละประเภท	3 ชั่วโมง (180 นาที)
<u>วันที่ 2 การฝึกปฏิบัติ</u>		
1. เทคนิคการเก็บข้อมูลน้ำ และแนวทางการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำ Workshop การจัดทำแผนผังน้ำและการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำ	- เทคนิคและวิธีการเก็บข้อมูลน้ำที่สำคัญ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำ - กิจกรรม Workshop จัดทำแผนผังน้ำและการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำ	3 ชั่วโมง (180 นาที)
2. เทคนิคการจัดทำแผน และการเลือกมาตรการ เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม และการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ Workshop การเขียนแผน มาตรการการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม	- เทคนิคการจัดทำแผน และการเลือกมาตรการที่เหมาะสม - กิจกรรม Workshop จัดทำแผน และการเลือกมาตรการ เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม และการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่	3 ชั่วโมง (180 นาที)
3. มอบหมายการบ้าน	- มอบหมายการบ้านแก่ผู้เข้าร่วมอบรมวิเคราะห์มาตรการ และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียและการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานและปรับใช้ในสถานการณ์จริง (โรงงาน)	

หัวข้อ	รายละเอียด	ระยะเวลา
4. ประเมินความพึงพอใจการฝึกอบรม (ครั้งที่ 1)	- แบบประเมินความพึงพอใจ (ครั้งที่ 1)	
ครั้งที่ 2 ให้คำปรึกษาจากการนำไปใช้ในสถานประกอบการของผู้เข้ารับการอบรม (ระยะเวลา 1 วัน)		
<u>วันที่ 3 ให้คำปรึกษา</u>		
1. สรุปบทเรียนที่ผ่านมา	- สรุปบทเรียนการประยุกต์ 3Rs ในการบริหารจัดการน้ำและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ การเลือกใช้เทคโนโลยีและมาตรการที่เหมาะสม	0.5 ชั่วโมง (30 นาที)
2. ติดตามผลการวิเคราะห์มาตรการและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียและการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน (การบ้าน)	- นำเสนอผลของการนำมาตรการ และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำเสียและการรีไซเคิลน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ไปปรับใช้ในสถานการณ์จริง (โรงงาน) ปัญหา อุปสรรคที่พบ - ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่อแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของผู้เข้าร่วมอบรม	4.5 ชั่วโมง (270 นาที)
3. ถอดบทเรียน วิเคราะห์ปัญหา ปัจจัยความสำเร็จและแนวทางขยายผล	- ถอดบทเรียน วิเคราะห์องค์ความรู้ที่ต่างๆ ที่ได้จากการจัดกิจกรรมอบรม - ปัจจัยแห่งความสำเร็จ และกรณีตัวอย่างความสำเร็จในการรีไซเคิลน้ำเสียอุตสาหกรรม	1.0 ชั่วโมง (60 นาที)
4. ประเมินองค์ความรู้และความพึงพอใจการฝึกอบรม (หลังฝึกอบรม)	- แบบทดสอบองค์ความรู้ (หลังฝึกอบรม) - แบบประเมินความพึงพอใจ	

ผลลัพธ์ที่ได้

1) หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม จำนวนผู้เข้าร่วมการอบรมทั้งสิ้น 228 คน
2) หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม จำนวนผู้เข้าร่วมการอบรมทั้งสิ้น 101 คน
3) สื่อวิดีทัศน์ เพื่อเผยแพร่แนวทางการบริหารจัดการน้ำ การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และประชาสัมพันธ์หลักสูตรอบรม ทั้ง 2 หลักสูตร ความยาวประมาณ 7 นาที โดยมุ่งเน้นที่การจัดการน้ำภาคอุตสาหกรรมตามหลัก 3R ผ่านการดำเนินงานของโรงงานอุตสาหกรรมต้นแบบ

4) คลิป YouTube หลักสูตรอบรม 2 หลักสูตร

- หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม
  - https://youtu.be/6A7B8RuiLQ4
- หลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม
  - วันที่ 1 : https://youtu.be/ppANMQv6ONE
  - วันที่ 2 : https://youtu.be/vYPpnzWDnys
  - วันที่ 3 : https://youtu.be/lb3rJt6SM80

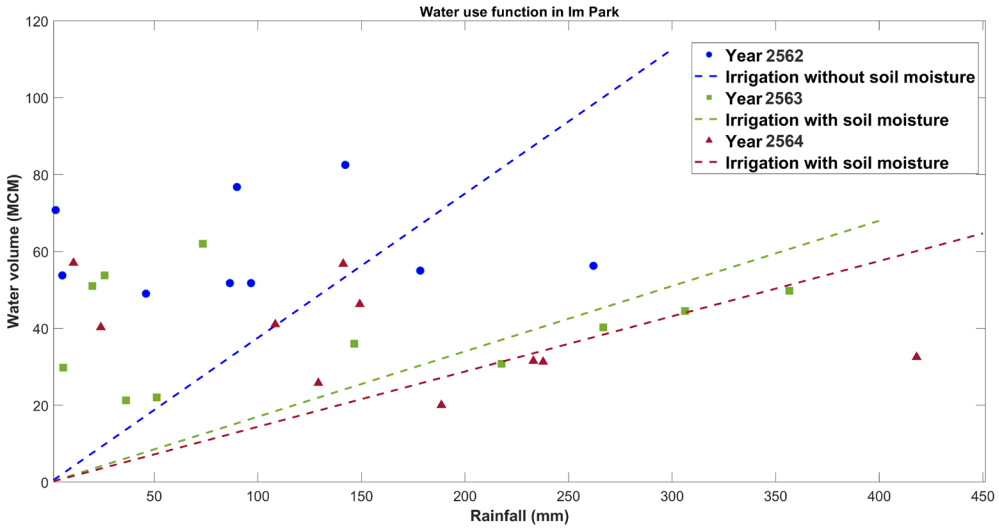
6.2 ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์

1) ศึกษาอุปกรณ์ตรวจจับ ความชื้นในดิน, ปริมาณน้ำฝน และระดับน้ำ เป็นข้อกำหนดเบื้องต้นที่เหมาะสมในการใช้งานในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าระบบที่เหมะสมคือการทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นรองรับอุปกรณ์ได้หลากหลายเพราะปัจจุบันมีผู้ผลิตอุปกรณ์ตรวจจับหลายรายในตลาด การที่ระบบกลางสามารถรองรับอุปกรณ์ได้หลากหลายและมีความสามารถเพิ่มอุปกรณ์ได้อย่างไม่จำกัดจะทำให้ขยายผลการใช้งานในวงกว้างได้มากและทำให้ค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์ของผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ โดยระบบส่วนกลางมีหน้าที่ดูแลการเพิ่มชนิดอุปกรณ์, การลงทะเบียนอุปกรณ์, การจัดการสิทธิผู้ใช้, การเตรียมระบบแสดงผล และระบบควบคุมอุปกรณ์

2) พัฒนาแม่ข่ายระบบตรวจจับและควบคุมการให้น้ำพืชที่ประมวลผลและเชื่อมโยงข้อมูลพร้อมประมวลผล ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและความต้องการพืช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรน้ำที่ยังคงประสิทธิผลในการผลิตการเกษตรแสดงผล ในการศึกษาพบว่าการคาดการณ์จะมีประโยชน์กับการเตรียมสำรองน้ำในช่วงฤดูแล้ง และการจัดการส่งน้ำในช่วงฤดูฝน โดยในพื้นที่การเกษตรหรือพื้นที่สวนสาธารณะขนาดกลางถึงใหญ่จะได้รับประโยชน์จากการศึกษาเป็นอย่างมากเนื่องจากมีการสำรองน้ำจำนวนมากและมีความอ่อนไหวต่อการขาดแคลนน้ำมากกว่า หากได้รับข้อมูลสภาพอากาศในฤดูร้อนจะทำให้สามารถลดการใช้น้ำเฉลี่ยได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ และในฤดูฝนสามารถลดการใช้น้ำเฉลี่ยได้สูงสุดถึง 50 เปอร์เซ็นต์

	Wetseason	Dry season	Annual
Water reductio (%)	52.87	74.21	63.81

รูปที่ 6-5 กราฟแสดงการใช้น้ำของอุทยาน 100 ปี จุฬาฯ ในช่วงปี พ.ศ. 2562 (ก่อนติดตั้งระบบ) และ พ.ศ. 2563-2564 (หลังติดตั้งระบบ)



รูปที่ 6-6 เปรียบเทียบการประหยัดน้ำกับปริมาณฝนก่อนและหลังการติดตั้งระบบแจ้งเตือน

หมายเหตุ : การเปรียบเทียบใช้ปี พ.ศ. 2562 กับ พ.ศ. 2564 เนื่องจากในปี พ.ศ.2563 อยู่ในสถานการณ์โควิดทำให้อุทยานมีการปิดการรดน้ำเป็นช่วงๆ

ตารางที่ 6-10 สรุปหน่วยการใช้น้ำและค่าใช้จ่ายของอุทยาน 100 ปีฯ

	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม.)			จำนวนเงิน			ผลต่าง
เดือน	2562	2563	2564	2562	2563	2564	ส่วนต่าง 62-64
มค.	216	204	233	150,962.75	100,841.17	75,925.53	75,037.22
กพ.	470	215	164	133,117.07	104,512.76	18,648.60	114,468.47
มีค.	283	119	228	128,403.77	111,326.57	64,996.12	63,407.65
เมย.	196	85	185	106,442.49	70,575.06	36,613.82	69,828.67
พค.	307	88	80	61,461.14	49,500.21	48,055.54	13,405.60
มิย.	330	144	227	23,771.76	22,276.82	34,632.86	-10,861.10
กค.	207	123	103	59,394.80	32,088.36	18,494.91	40,899.89
สค.	207	178	125	35,811.19	22,354.35	8,248.59	27,562.60
กย.	225	161	130	19,929.39	10,314.93	3,332.41	16,596.98
ตค.	220	199	126	27,494.59	22,695.90	13,901.14	13,593.45
พย.	215	248	161	90,287.46	71,587.92	77,240.48	13,046.98
ธค.	194	221	197	101,831.64	56,320.91	98,467.43	3,364.21
รวม	**3,070.00**	**1,985.00**	**1,959.00**	**938,908.05**	**674,394.96**	**498,557.43**	**440,350.62**

3) พัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี 3R ในอาคารภาคบริการ

หลักสูตรที่ 1 “การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการเพื่อสร้างกำไรเอกชน กำไรสังคม”

เพื่อให้ผู้บริหาร/ผู้จัดการ/เจ้าของอาคารภาคบริการทั้ง 6 ประเภทสามารถตัดสินใจลงทุน หรือออกนโยบายสนับสนุนใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารของตน เพื่อให้หน่วยงานราชการระดับท้องถิ่นได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการใช้งานในพื้นที่ของตน เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย และ นิสิต นักศึกษาแนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R และ ตระหนักถึงประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์ เชิงวิศวกรรม และเชิงสังคมจากการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อการผลักดันการต่อยอดการวิจัยและพัฒนา การเรียนการสอน และการใช้งานจริงในอนาคต

เมื่อสำรวจถึงการนำไปใช้ในประโยชน์จะพบว่าในแต่ละกลุ่มจะมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันตามลักษณะงาน ได้แก่

- กลุ่มผู้ประกอบการพนักงานบริษัทเอกชนและรัฐวิสาหกิจ จะนำไปใช้ในการทำงานวิจัย แนะนำลูกค้าให้ใช้ระบบการรีไซเคิลน้ำเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และจะนำไปปรับปรุงระบบบริหารการจัดการน้ำเสียขององค์กร

- กลุ่มบุคลากร และเจ้าหน้าที่รัฐ จะใช้เป็นข้อมูลในการประกอบอาชีพ วิชาชีพในอนาคตใช้ในการพัฒนานโยบาย กฎระเบียบ กฎหมายในท้องถิ่นหรือองค์กรปรับปรุงระบบบริหารการจัดการน้ำเสียขององค์กรหรือหน่วยงานได้ ร่วมถึงนำไปใช้ในการทำงานวิจัยพัฒนาระบบได้

- กลุ่มอาจารย์และนักวิจัย จะนำไปพัฒนางานวิจัย พัฒนาวิชาชีพ หรือใช้ปรับปรุงพัฒนาการเรียนการสอน

- กลุ่มนิสิต นักศึกษา นำไปเป็นข้อมูลในการประกอบอาชีพและวิชาชีพในอนาคต

หลักสูตรที่ 2 “การออกแบบและใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ: การใช้งานสำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างสุขภัณฑ์ และการใช้รดพื้นที่สีเขียว”

เพื่อให้ฝ่ายวิศวกรรม หรือ เจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำและระบบแจกจ่ายน้ำ ของโรงพยาบาล โรงแรม รีสอร์ท ห้างสรรพสินค้า ตลาด สถานีบริการเชื้อเพลิง โรงเรียน และอาคารสำนักงานได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการของตน โดยเน้นการประยุกต์การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับหอหล่อเย็น การใช้ชำระล้างโถส้วม และการใช้รดพื้นที่สีเขียว

เพื่อให้ผู้ออกแบบอาคารภาคบริการได้แนวคิดและเทคนิคในการใช้การบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยระบบ 3R ในอาคารภาคบริการ เพื่อเสนอแนะให้ลูกค้าเลือกใช้ระบบดังกล่าวในอาคารของตน โดยเน้นการประยุกต์การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับหอหล่อเย็น การใช้ชำระล้างโถส้วม และการใช้รดพื้นที่สีเขียว

4) การฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

หลักสูตรที่ 1 เทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เบื้องต้นสำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

เพื่อให้บุคลากรในภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ EEC (จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง) มีความรู้ความเข้าใจในการบริหารจัดการนำด้วยหลักการ 3Rs การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ เบื้องต้น เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำภาคอุตสาหกรรม

หลักสูตรที่ 2 train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

เพื่อให้บุคลากรในภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลระบบการจัดการน้ำเสีย และระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่ EEC (จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง) มีความรู้ ความเข้าใจ ในเทคโนโลยีเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ การจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ และพัฒนาบุคลากรภาคอุตสาหกรรมให้ตระหนักถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และสามารถดูแลระบบบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3 ข้อเสนอแนะ

1) ในโครงการมีการก่อสร้างและมีการใช้อุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ใช้ระยะเวลานานเนื่องจากมาตรการโควิต หลายส่วนโครงการจำเป็นต้องปรับแผน หรือใช้อุปกรณ์ในประเทศทำให้ต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อเติมที่ไม่ได้อยู่ในแผนการทำงานตั้งแต่ต้น การที่ต้องเข้าไปติดตั้งอุปกรณ์รดน้ำก็พบปัญหาจากการต้องเข้าไปปรับเปลี่ยนระบบน้ำซึ่งแต่เดิมเป็นใช้บุคลากรรดน้ำเป็นระบบสปริงเกอร์เพื่อให้รองรับการใช้อุปกรณ์ควบคุม และการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่แต่เดิมเป็นอุปกรณ์จากโครงการระยะที่ 1 ที่เป็นซอฟท์แวร์สำเร็จรูปมาเป็นซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับโครงการและสามารถนำไปขยายผลได้ในอนาคต

2) แม้วัตถุประสงค์ของโครงการจะเพื่อการประหยัดน้ำ แต่จากการทำแบบสอบถามพบว่าผู้ใช้สวนสาธารณะมีความสนใจในการใช้ระบบ IoT เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการการให้น้ำและลดการใช้แรงงาน ดังนั้นหากต้องการการขยายผลจึงควรศึกษาเพิ่มเติมถึงรูปแบบการใช้งานที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ซึ่งจะทำให้เกิดการขยายผลเรื่องการประหยัดน้ำในทางอ้อม

3) ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงแม่ข่าย, Platform และอุปกรณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์ IoT ในการพัฒนาการจัดการด้านทรัพยากรน้ำรวมถึงการต่อยอดในเชิงพาณิชย์

4) ควรมีการขยายผลการศึกษาข้อมูลพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 14 วันสำหรับการสำรองน้ำในพื้นที่การเกษตรขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 10-15 เปอร์เซนต์

4) แม้ว่าจะมีการปรับเปลี่ยนการอบรมให้เป็นรูปแบบ Online แต่ด้วยจำเป็นต้องติดต่อกับหน่วยงานซึ่งมีมาตรการ Work From Home ทำให้เอกสารไปตกค้างที่หน่วยงานและใช้เวลาเดินเรื่องไปถึงผู้รับผิดชอบล่าช้าเป็นเหตให้ต้องมีการเลื่อนการอบรมในช่วงแรกๆ จนในระยะหลังที่สามารถติดต่อผู้เข้าอบรมได้โดยตรงจึงลดปัญหาดังกล่าวได้

5) การอบรมครั้งนี้ถูกจัดเป็นการอบรมออนไลน์ (เนื่องจากอยู่ในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19) จึงเน้นในส่วนการให้ความรู้ แนวทางการนำไปใช้ อย่างไรก็ดียังขาดในส่วนการ workshop และผลการนำเทคโนโลยีไปใช้จริง ทำให้การการจัดอบรมยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร จึงควรมีการบรรยายนอกสถานที่ และ walk survey เพื่อให้เห็นภาพจริงและระบบจริง

6) นอกจากข้อเสนอแนะและการปรับปรุงจากผู้เข้าร่วมโครงการแล้ว คณะผู้ดำเนินงานเล็งเห็นว่าควรที่จะประชาสัมพันธ์เจาะกลุ่มเป้าหมายใน EEC เพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

6.4 การขยายผลงานวิจัย และเผยแพร่องค์ความรู้

6.4.1 พื้นที่ทดลองขยายผลการศึกษา

- สวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์ - ที่ตั้ง ต.แก่งโสภา อ.วังทอง จ.พิษณุโลก

  ติดตั้งระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติผ่านระบบ IoT มี 3 ช่องควบคุม เพื่อบังคับการให้น้ำผ่านตัวรีเลย์วาล์วขนาด 2 นิ้ว การให้น้ำในสวนป่าจะขึ้นอยู่กับสภาพความแห้งแล้ง โดย

ให้น้ำเฉพาะฤดูแล้งและให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ต้นไม้แต่ละต้นที่ปลูกจะมีการห่มฟาง เพื่อใช้เก็บกักความชื้น โดยความชื้นสามารถเก็บได้ถึง 1 สัปดาห์ในฤดูแล้ง

รูปที่ 6-7 แปลงพื้นที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์

รูปที่ 6-8 รูประบบน้ำ และระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนป่า บ้านทรัพย์ไพรวัลย์

- สวนผสมผสาน - ที่ตั้ง อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก
  ติดตั้งระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติผ่านระบบ IoT มี 2 ช่องควบคุม เพื่อบังคับการให้น้ำผ่านตัวรีเลย์วาล์วขนาด 3/4 นิ้ว และต่อระบบท่อเพื่อรดน้ำต้นไม้ จัดทำแปลงเกษตรในรูปแบบผสมผสาน การรดน้ำเน้นใช้ในฤดูแล้ง โดยให้น้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง

รูปที่ 6-9 รูประบบน้ำและระบบควบคุมที่ติดตั้งที่โครงการสวนผสมผสาน

6.4.2 การเผยแพร่องค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการน้ำด้วยหลัก 3R ภาคบริการ และภาคอุตสาหกรรม

- การอบรมการบริหารจัดการน้ำด้วยหลัก 3R ภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมเบื้องต้นทำให้ผู้ประกอบการนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดการประหยัดน้ำของกิจการได้ถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำเดิมของกิจการ
- การอบรม 3R แบบ Train the Trainer ของภาคบริการและภาคอุตสาหกรรม มีส่วนช่วยในการเผยแพร่ความรู้สู่ผู้เกี่ยวข้อง

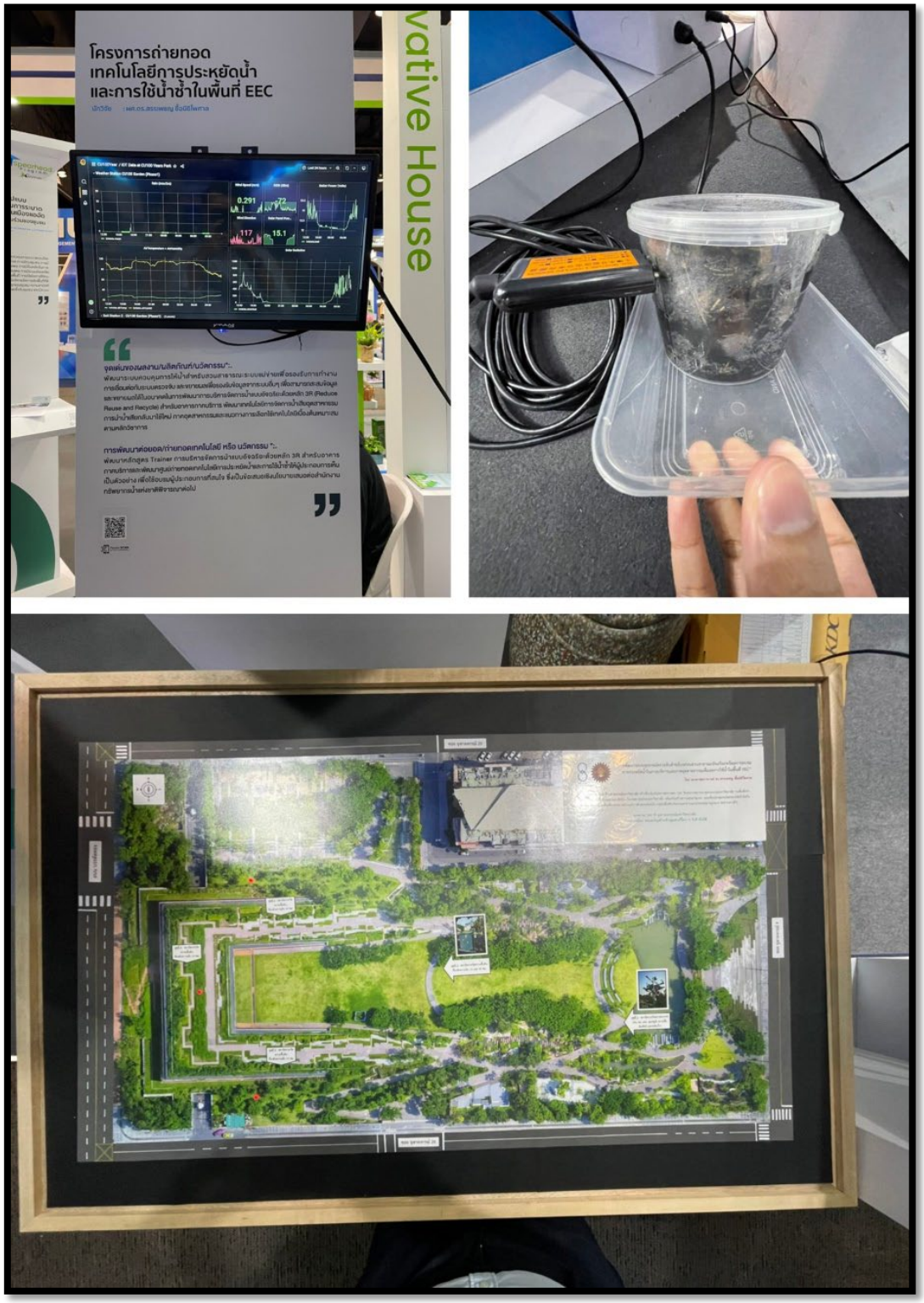
- การพัฒนาสื่อความรู้ด้าน 3R ผ่านทาง Social Media ทั้งทาง Facebook และ YouTube ทำให้ผู้สนใจสามารถเข้าถึงและนำความรู้ที่ได้ไปขยายผลได้ในวงกว้าง

6.4.3 การเผยแพร่องค์ความรู้ โครงการ “การพัฒนาระบบอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับระบบสวนสาธาณะอัจฉริยะ พร้อมการอบรมการประหยัดน้ำในภาคบริการและภาคอุตสาหกรรมเพื่อลดการใช้น้ำในพื้นที่ EEC” ในงานมหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2565 (Thailand Research Expo2022)

มหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2565 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 1-5 สิงหาคม 2565 ชั้น 22 และ 23 โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์และบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ กรุงเทพฯ

ทางโครงการฯ ได้นำผลงานการวิจัยไปจัดแสดง และมีการจัดทำโมเดลสาธิต เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน และระบบการจัดการน้ำอัจฉริยะ ให้ผู้ที่สนใจได้ทดลองปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในระบบจริง ทั้งนี้พบว่ามีผู้ที่ให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก มีทั้งข้าราชการ อาจารย์ นิสิต/นักศึกษา/นักเรียน ภาคเอกชน รวมถึงเกษตรกร โดยส่วนใหญ่มักจะถามว่าสามารถนำระบบไปประยุกต์ใช้กับอะไรได้บ้าง ต้นทุนเท่าไร ติดตั้งอย่างไร เป็นต้น

รูปที่ 6-10 พื้นที่การจัดแสดงผลงานการจิจัยของโครงการ



รูปที่ 6-11 ชุดสาธิตระบบการจัดการน้ำอัจฉริยะของโครงการ

รูปที่ 6-12 บรรยากาศการการนำเสนอในงานมหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2565 (Thailand Research Expo2022)

บรรณานุกรม

Venkata Sriharsha Kuncham, Prof Rao N.V 2014 Sensor For Managing Water Resources In Agriculture Vol-9,2 pp: 145-163

Amar Pratap Singh,Shakti Kumar,Tara Singh Kamal,2003.ANN Based Virtual Instrumentation System for Estimation of Non –Linear Characteristics of Sensors ,IETE Journal Of Education.Vol-44,2,pp:63-72.

Algeeb A,Albaul A,A Asseni ,Jomah S, Khalifa O,2010.Design and Fabrication Of an Intelligent Irrigation Control System, Advances in Sensors, Proceedings of 3rd WSEAS International Conference on Advances in Sensors, Signal and Materials, pp : 119-124,U.S.A

lexanderLoew, FlorianSchlenz, JoachimFallmann, Marzahn, Wolfram, Mauser, 2012. Characterists of Rape Field Microwave Emission and Implicants to surface soil moisture retrievals, Remote Sesing, vol-4, pp:247-270.

Bheli, Macro, 2007. Soil Moisture Sensors, Department of Agro Environmental Sciences & Technology, Bolonga.

Brent, Philpot, T., 2008. Field Guide to Soil Moisture Sensor Use in Florida, University of Florida, Florida.

Devices, Decagon, 2010. EC-20, EC-10, EC-5 Soil Moisture Sensors User Manual, Decagon devices Inc, Pullmann WA 99163, U.S.A.

De Vos, N. and T. Rientjes (2005). "Constraints of artificial neural networks for rainfall-runoff modelling: trade-offs in hydrological state representation and model evaluation." Hydrology Earth System Sciences Discussions 2(1): 365-415.

Di Asia Tenggara, P. M., S. AMALIA, F. TANGANG, S. T. NGAI and L. J. S. M. JUNENG (2019). “Prediction Skill of NCEP CFSv2 for Seasonal Prediction and Surface Air Temperature Forecast over Southeast Asia. “ 48(11): 2325-2334.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Graham, L. P., J. Andréasson and B. Carlsson (2007). "Assessing climate change impacts on hydrology from an ensemble of regional climate models, model scales and linking methods–a case study on the Lule River basin." Climatic Change 81: 293-307

Kiem, A. S., H. Ishidaira, H. P. Hapuarachchi, M. C. Zhou, Y. Hirabayashi and K. Takeuchi (2008). "Future hydroclimatology of the Mekong River basin simulated using the high-resolution Japan Meteorological Agency (JMA) AGCM." Hydrological Processes 22(9): 1382-1394.

Kolmogorov, A. N. (1957). On the representation of continuous functions of many variables by superposition of continuous functions of one variable and addition. Doklady Akademii Nauk, Russian Academy of Sciences.

Lafon, T., S. Dadson, G. Buys and C. Prudhomme (2013). "Bias correction of daily precipitation simulated by a regional climate model: a comparison of methods." International Journal of Climatology 33(6): 1367-1381.

Richards, L. A. (1931). "Capillary conduction of liquids through porous mediums." Physics 1(5): 318-333.

Rushton, K. (1988). Numerical and conceptual models for recharge estimation in arid and semi-arid zones. Estimation of natural groundwater recharge, Springer: 223-238.

Sharma, V. (2019). Basics of Irrigation Scheduling. University of Minnesota Extension.

Van Genuchten, M. T. (1980). "A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils." Soil science society of America journal 44(5): 892-898.

Vuckovic, A., V. Radivojevic, A. C. Chen, D. J. M. e. Popovic and physics (2002). "Automatic recognition of alertness and drowsiness from EEG by an artificial neural network." 24(5): 349-360.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Watanabe, S., S. Kanae, S. Seto, P. J. F. Yeh, Y. Hirabayashi and T. Oki (2012). "Intercomparison of bias-correction methods for monthly temperature and precipitation simulated by multiple climate models." Journal of Geophysical Research: Atmospheres 117(D23).

Weiland, F. S., L. Van Beek, J. Kwadijk and M. Bierkens (2010). "The ability of a GCM-forced hydrological model to reproduce global discharge variability." Hydrology and Earth System Sciences 14(8): 1595.

ภาคภูมิ มโนยุทธ, มัลลิกา อุณหวิวรรธน์, วรรณรัช สันติอมรทัต. (2553). ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และ การต่ออุปกรณ์เสริมเพื่อใช้ในสวนยางพารา. งานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2010. (1) : 1-6.

ระวิน สืบค้า. 2557. การให้น้ำแบบหยดแก่ไม้ผลที่ปลูกเชิงแถบอนุรักษ์ในระบบเกษตรน้ำฝนบนที่ลาดชัน วารสารนเรศวรพะเยา. (3) ธันวาคม 2557.

เกรียงกานต์ กาญจนะโภคิน. 2555. ต่อไป ทุกอย่างจะเป็น Smart Device. แหล่งที่มา: http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/468586, 10 พฤศจิกายน 2558

ประโยชน์ คำสวัสดิ์ 2556 การพัฒนาเครือข่ายเซนเซอรสำหรับระบบชลประทานอัตโนมัติ แหล่งที่มา: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5558/1/SUT7-709-56-12-59-Fulltext.pdf 10 พฤศจิกายน 2561

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา IoT

ภาคผนวก ก-1

เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลสำหรับอุปกรณ์ IoT

ในการทำงานของระบบ IoT การสื่อสารเป็นส่วนสำคัญในการเชื่อมโยงข้อมูลและการทำงานระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์, อุปกรณ์กับแม่ข่าย และ อุปกรณ์กับผู้ใช้ ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ด้วยรูปแบบการสื่อสารในปัจจุบันมีมาตรฐานที่ถูกพัฒนาเพื่อรองรับการทำงานของระบบ IoT ทั้งการสื่อสารระยะทางสั้น, การสื่อสารข้อมูลจำนวนไม่มาก, การสื่อสารที่ใช้พลังงานน้อย ให้เลือกใช้อย่างเหมาะสมตามสถานการณ์และความจำเป็นในการใช้งานของอุปกรณ์ โดยเอกสารชุดนี้ขอนำเสนอรูปแบบการสื่อสารดังกล่าวที่นิยมใช้กับอุปกรณ์ IoT มีดังนี้

1. **Bluetooth (บลูทูธ)** เป็นเทคโนโลยีในการสื่อสารแบบระยะใกล้ ซึ่งได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในตลาด consumer product เช่น มือถือ โน้ตบุ๊ค เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบัน Bluetooth ได้เพิ่มความสามารถในการสื่อสารโดยไม่จำเป็นต้อง Pairing กันเพื่อส่งข้อมูลเหมือนในอดีตแล้ว ซึ่งเราจะเรียกว่า “Bluetooth Low Energy (BLE) ซึ่งนำมาใช้ทั้งใน Smart Phone, Smart Watch หรืออุปกรณ์ Wearable ต่างๆ และยังออกแบบมาเน้นการประหยัดพลังงานอีกด้วย

รูปที่ 1 เครื่องหมายทางการค้าของ Bluetooth

2. **ZigBee** นั้นเป็น Protocol ที่ทำงานอยู่บน IEEE 802.15.4 ซึ่งจะเป็นมาตรฐานสำหรับงาน Wireless Sensor Network โดยเฉพาะ จะเหมาะใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายเน้นประหยัดพลังงาน ซึ่งในปัจจุบันก็เริ่มมีอุปกรณ์ IoT ที่ใช้คลื่น ZigBee จำหน่ายกันแล้ว โดยระยะในการส่งข้อมูลของ ZigBee นั้นจะเป็นการส่งข้อมูลในระยะเฉลี่ยประมาณ 100 เมตร ซึ่งมักจะนำมาใช้กันในงานภาคอุตสาหกรรมมากกว่า

รูปที่ 2 เครื่องหมายการค้าของ ZigBee

3. **Z-Wave** คือ เทคโนโลยีการสื่อสารแบบ low - power RF ที่หลักๆ แล้วออกแบบมาเพื่อการใช้งานอย่าง Home Automation (ระบบบ้านอัจฉริยะ) เช่น ใช้ในการควบคุม การเปิด-ปิดไฟ หรือควบคุม sensor ต่างๆ เป็นการสื่อสารที่มีความเสถียรภาพ ทำงานอยู่บนคลื่นความถี่ต่ำว่า 1GHz เพื่อที่จะได้หลีกเลี่ยงการรบกวนของคลื่นความถี่ 2.4 GHz อย่าง WIFI, Bluetooth หรือ ZigBee Z-Wave Protocol นั้นพัฒนาได้ง่ายกว่า protocol แบบอื่นด้วยซ้ำ เพียงแต่ว่าอุปกรณ์ที่รองรับนั้นถูกจำกัดไว้ด้วยบริษัท Sigma Designs ถ้าเทียบกับเทคโนโลยี wireless อื่น เช่น ZigBee ที่มีผู้ผลิตมากกว่านั่นเอง

รูปที่ 3 เครื่องหมายการค้าของ Z-Wave

4. **6LowPAN** ย่อมาจาก IPv6 Low-power wireless Personal Area Network เป็นมาตรฐานการสื่อสารที่สร้างโดยกลุ่ม Internet Engineering Task Force (IETF) ที่สร้างขึ้นมาเพื่อที่จะนำ IPv6 ใช้งานร่วมกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้ มีจุดเด่นตรงที่ สามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ LowPower ได้หลายแบบ สามารถทำ Mesh Network ได้ และในปัจจุบัน ยังสามารถทำงานได้กับ Bluetooth อีกด้วย

รูปที่ 4 เครื่องหมายการค้าของ LowPAN

5. **Thread** เป็น IP-Base IPv6 networking Protocol ใหม่ล่าสุด ที่ออกแบบมาใช้กับงาน Smart Home โดยเฉพาะ ซึ่งเป็น Royalty Free Protocol ออกแบบโดย Thread Group ที่นำไปใช้บน IEEE 802.15.4 จึงมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับ Zigbee ในเรื่องของการทำ Mesh Networking หรือ เน้นการประหยัดพลังงาน

รูปที่ 5 เครื่องหมายการค้าของ Thread

6. **Wi-Fi** (ย่อมาจาก Wireless Fidelity) หรือที่คนทั่วๆไปรู้จักกันในนาม Wireless LAN หรือ WLAN เป็นเครือข่ายไร้สาย ที่เป็นที่นิยมใช้ตามบ้าน หรือ สำนักงานต่างๆ ทั่วไป ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11ใช้คลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz จุดเด่นคือสามารถส่งข้อมูลในปริมาณมากๆ ได้ แต่ก็ใช้พลังงานมากตามไปด้วยเช่นกัน

รูปที่ 6 เครื่องหมายการค้าของ WiFi

7. **GSM/ 3G/ 4G Cellular Protocol** นั้นมีจุดเด่นที่เหมาะกับการนำไปใช้งาน IoT Application ที่สามารถสื่อสารในระยะไกลๆ หรือ ปริมาณมากๆ โดยได้เปรียบตรงที่ สามารถส่งข้อมูลได้ทีละมากๆ และมีประสิทธิภาพสูง แต่ข้อจำกัดคือ เรื่องของค่าใช้จ่าย และ การใช้พลังงานที่สูงเกินไปกับบาง application ได้

8. **NFC** ย่อมาจาก Near Field Communication เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์ 2 ตัวสื่อสารกันได้ในระยะใกล้ๆ ไม่เกิน 10 ซม. ส่งผ่านข้อมูลได้ง่าย เพียงแค่แตะ แล้วอ่านข้อมูลได้เลย ประหยัดพลังงาน ซึ่งปัจจุบันถูกนำไปใช้ในการชำระเงินค่าโดยสาร ค่าสินค้า รวมถึงนำไปใช้ส่งข้อมูลมัลติมีเดียต่างๆ ด้วย นอกจากนี้บางบริษัทก็นำ NFC ไปใช้เป็น Secure Keycard/Business Card เพื่อการรักษาความปลอดภัยด้วย

รูปที่ 7 เครื่องหมายการค้าของ NFC

9. **Sigfox** เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีทางเลือก ที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยบริษัทฝรั่งเศสในปี 2009 ที่ใช้ Ultra Narrow Band (UNB) ที่ออกแบบมาให้ใช้งานที่ความเร็วในการส่งข้อมูล 10 – 1,000 bit ต่อวินาที เน้นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้พลังงานน้อยเช่น มิเตอร์ไฟฟ้า หรือ smart watch ต่างๆ โดยจะใช้คลื่นความถี่ที่ใช้งานของ Sigfox จะอยู่ในย่าน 868 MHz สำหรับยุโรป และ 902 MHz สำหรับสหรัฐฯ โดยเป็นคลื่นที่ไม่ต้องขออนุญาต

รูปที่ 8 เครื่องหมายการค้าของ Sigfox

10. **Neul Protocol** จะมีคุณสมบัติคล้ายๆ กับ Sigfox และทำงานบนคลื่นความถี่ sub-1 GHz โดยสามารถส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ ไม่กี่ bps ถึง 100 kbps ภายในระยะ 10 กิโลเมตร

รูปที่ 9 เครื่องหมายการค้าของ Neul Protocol

11. **LoRaWAN** ย่อมาจาก Low-Power Wide-Area Network ซึ่งก็คือ เครือข่ายไร้สายที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างไกล สื่อสารตลอดเวลา ส่งข้อมูลไม่เยอะในแต่ละครั้ง แต่ใช้พลังงานต่ำ ซึ่งเหมาะกับการใช้งาน IoT หรือ Internet of Things นั่นเอง ล่าสุดทาง กสทช. อนุญาตให้ใช้งาน LoRa ย่านคลื่นความถี่ 920-925 MHz กำลังส่งสูงสุดไม่เกิน 4 วัตต์ได้แล้ว

รูปที่ 10 เครื่องหมายการค้าของ LoRaWAN

12. **Narrowband Internet of Things** หรือที่เรียกย่อๆว่า NB-IoT คือเทคโนโลยีเครือข่ายพลังงานต่ำ หรือ Low-Power Wide-Area Network (LPWAN) ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆได้ทุกที่ทุกเวลา ด้วยความสามารถนี้ NB-IoT จึงถูกนำมาติดตั้งภายในพื้นที่ควบคุมหรือพื้นที่ที่ยากจะเข้าถึงในระยะไกลจากสถานีปล่อยสัญญาณโทรศัพท์ถัดไป หรือภายในพื้นที่หนาแน่นซึ่งสัญญาณนั้นยากที่จะทะลุผ่าน เช่น ในตึกสูงหรือใต้ดิน

รูปที่ 11 เครื่องหมายการค้าของ Narrowband Internet of Things

ตารางที่ 1 สรุปคุณสมบัติของการสื่อสาร IoT แบบต่างๆ

Technology	Standard	Frequency	Range	Data Rates
1. Bluetooth	4.2 core specification	2.4GHz (ISM)	50-150m (Smart/BLE)	1Mbps (Smart/BLE)
2. Zigbee	3.0 based on IEEE802.15.4	2.4GHz	10-100m	250kbps
3. Z-Wave	Alliance ZAD12837 / ITU-T G.9959	900MHz (ISM)	30m	9.6/40/100kbit/s
4. 6LowPAN	RFC6282	(adapted and used over a variety of other networking media)	N/A	N/A
5. Thread	based on IEEE802.15.4 and 6LowPAN	2.4GHz (ISM)	N/A	N/A

Technology	Standard	Frequency	Range	Data Rates
6. WiFi	Based on 802.11n (most common usage in homes today)	2.4GHz and 5GHz bands	Approximately 50m	600 Mbps maximum
7. Cellular	GSM/GPRS/EDGE (2G), UMTS/HSPA (3G), LTE (4G)	900/1800/1900/2100MHz	35km max for GSM; 200km max for HSPA	35-170kps (GPRS), 120-384kbps (EDGE), 384Kbps-2Mbps (UMTS), 600kbps-10Mbps (HSPA), 3-10Mbps (LTE)
8. NFC	ISO/IEC 18000-3	13.56MHz (ISM)	10cm	100–420kbps
9. Sigfox	Sigfox	900MHz	30-50km (rural environments), 3-10km (urban environments)	10-1000bps
10. Neul	Neul	900MHz (ISM), 458MHz (UK), 470-790MHz (White Space)	10km	Few bps up to 100kbps
11. LoRaWAN	LoRaWAN	Various	2-5km (urban environment), 15km (suburban environment)	0.3-50 kbps.
12. NB-IoT	NB-IoT	Cellular Bands	Several Miles	0.1-1 Mbps

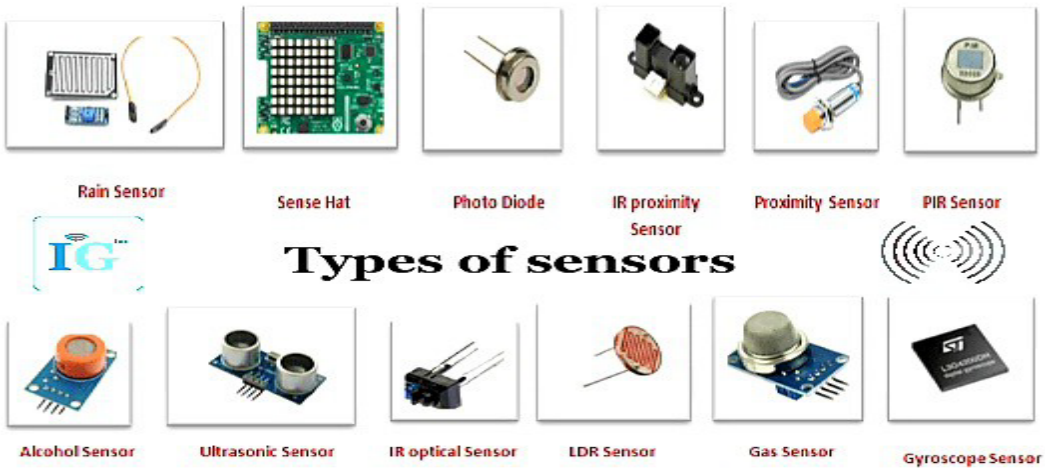
ภาคผนวก ก-2

การศึกษาอุปกรณ์ IoT ในประเทศไทย

Internet of Things หรือ IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่างๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่างๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ IoT

1. **อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ** เช่น กล้อง, วัดสภาพอากาศ, วัดความชื้น, วัดอุณหภูมิ, ตรวจจับการเคลื่อนไหว เป็นต้น



รูปที่ 1 รูปแบบอุปกรณ์ตรวจจับแบบต่างๆ

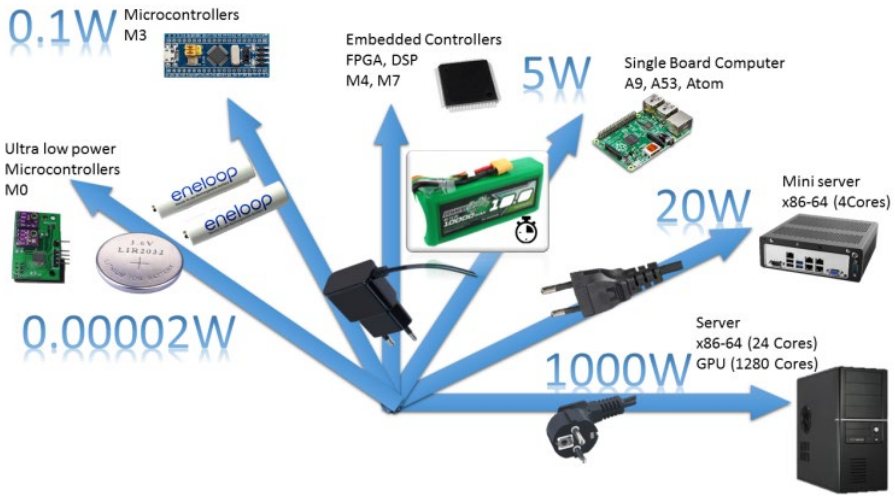
2. **หน่วยควบคุม/สั่งการ** เช่น Ardruino, NodeMCU, RasberryPI เป็นต้น

รูปที่ 2 ตัวอย่างหน่วยควบคุม/สั่งการ

3. **ส่วนการสื่อสาร** เช่น Bluetooth, WiFi, 3G, 4G, LoRa, NB-IoT เป็นต้น

รูปที่ 3 มาตรฐานการสื่อสาร IoT

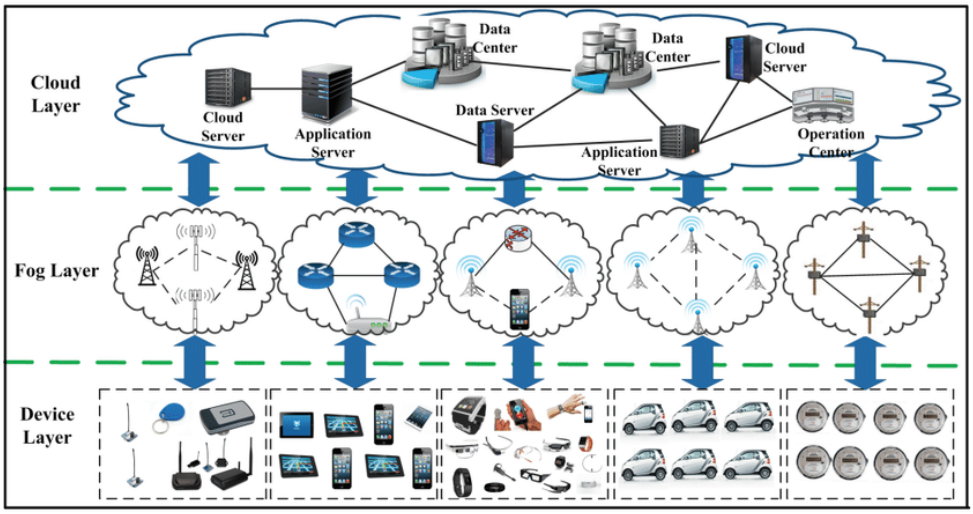
4. **ส่วนพลังงาน** เช่น ระบบไฟฟ้า, แบตเตอรี่, Solar Cell เป็นต้น



รูปที่ 4 รูปแบบการใช้พลังงานของระบบ IoT

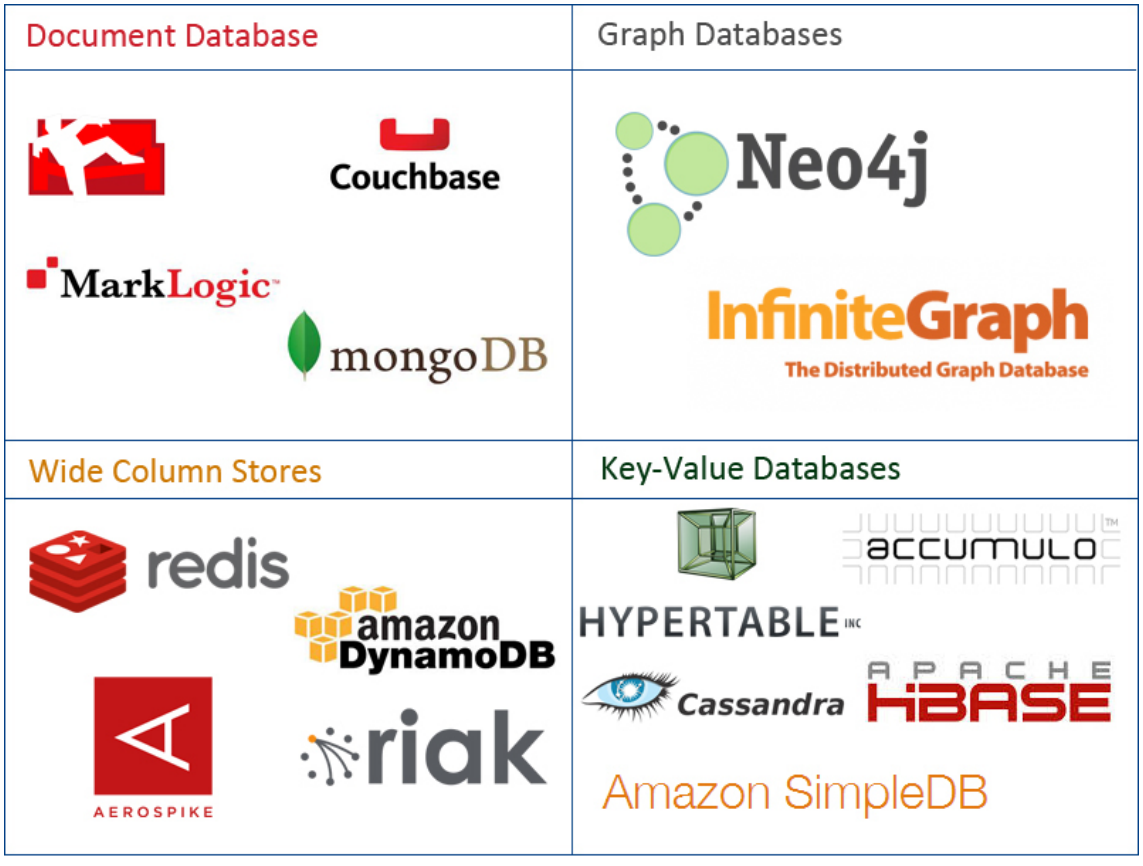
ที่มา: https://hackaday.io/

5. **แม่ข่าย/Cloud** เป็นตัวกลางในการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์, การสั่งการณ์และควบคุม



รูปที่ 5 ลักษณะการเชื่อมโยงแม่ข่ายของระบบ IoT

6. ระบบฐานข้อมูล เป็นส่วนรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์

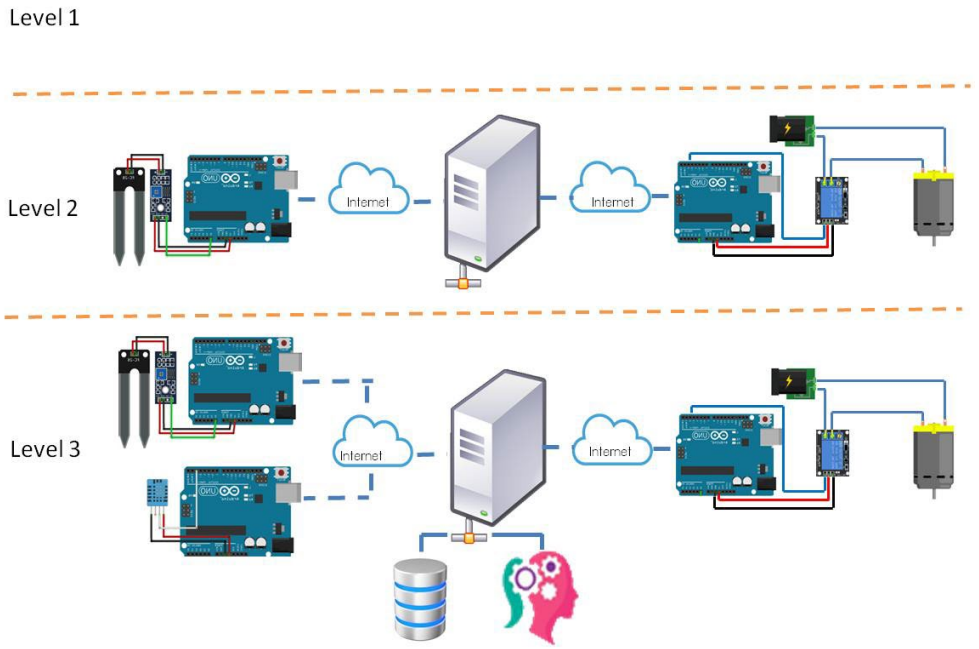


รูปที่ 6 รูปแบบฐานข้อมูลแบบ NoSQL ที่ใช้กับระบบ IoT

ที่มา: http://www.aryannava.com

วิธีการใช้งาน แต่ละระดับ

1. แบบอุปกรณ์สื่อสารเดียว เช่น การวัดความชื้นในดินแล้วให้แจ้งเตือนเป็น ไฟแสดงสถานะ หรือถ้าเชื่อมกับระบบอินเตอร์เน็ต ก็ให้ส่งคำสั่งแจ้งเตือนไปทาง Line
2. แบบอุปกรณ์เชื่อมโยงแม่ข่าย เช่น การติดตามข้อมูลความชื้นในดินแล้วส่งขึ้นแม่ข่าย/Cloud เพื่อแจ้งเตือน และให้ผู้ควบคุมสั่งการอุปกรณ์เพื่อทำการรดน้ำหรือตั้งคำสั่งเพื่อสั่งการแบบอัตโนมัติ
3. แบบอุปกรณ์หลายอุปกรณ์เพื่อเชื่อมโยงแม่ข่าย เช่น การติดตามสถานะน้ำสำรอง, สภาพอากาศ และความชื้นในดิน และจัดเก็บข้อมูลสถิติเพื่อประมวลผลและตั้งคำสั่งเพื่อสั่งการแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 7 ระดับการใช้งานระบบ IoT ในประเทศไทย

การใช้งานในประเทศไทยในปัจจุบัน

ปัจจุบันการใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นระดับที่ เป็นส่วน 3 เป็นส่วนใหญ่ การใช้งานระดับที่ 2 และ 1 ที่กำลังมีการพัฒนาในงานวิจัย เพราะมีความซับซ้อนของระบบมากกว่า มีส่วนที่เพิ่ม คือ ส่วนติดตามฐานข้อมูล และ ส่วนระบบประมวลผล ที่ความสามารถของอุปกรณ์ไม่สามารถดำเนินการเองได้ต้องอาศัยทรัพยากรจากภายนอก เพราะจุดมุ่งหมายของอุปกรณ์ IoT อยู่ที่การใช้อุปกรณ์ที่กินทรัพยากรและพลังงานน้อย มีขนาดเล็กและต้นทุนไม่สูง

ภาคผนวก ก-3

SQL และ NoSQL

การทำงานด้านฐานข้อมูลในปัจจุบัน เราสามารถเลือกใช้งานฐานข้อมูล ในรูปแบบต่างๆ เช่น RDBMS, NoSQL, Big Data ถูกพัฒนาเพื่อใช้งานตามวัตถุประสงค์ของฐานข้อมูล ทั้งนี้ในช่วงต้นระบบฐานข้อมูลถูกขับเคลื่อนด้วยโครงสร้างภาษา SQL ซึ่งเป็นภาษาหลักในการทำงานด้านฐานข้อมูล

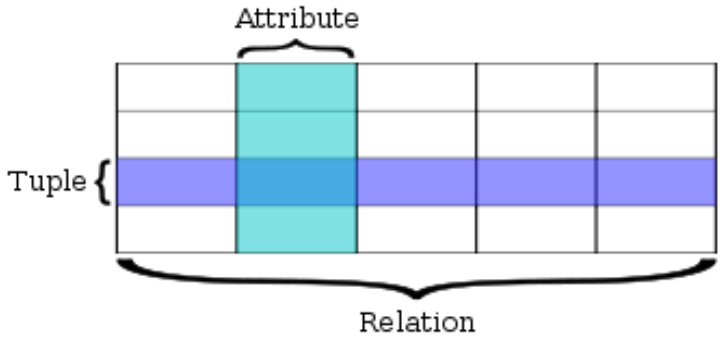
SQL

SQL ย่อมาจาก Structured query Language เป็นภาษาโปรแกรมมิ่งชนิดหนึ่ง ที่ใช้ในการสื่อสารกับ ฐานข้อมูลชนิด Relational ไม่ว่าจะเป็นการ Update ข้อมูลในฐานข้อมูล หรือ ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล ตัวกลางที่ใช้ในการสั่งงานฐานข้อมูลแบบ Relational Database Management System (RDBMS) ทั้งนี้รูปแบบฐานข้อมูลหลักที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน คือ RDBMS และ NoSQL

RDBMS (Relational Database Management System)

เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลที่นิยมใช้กันมานานแล้วตั้งแต่ยุค 1970 มีความเสถียรมากเหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลที่มีจุดประสงค์และแยกประเภทชัดเจน ใช้ภาษา SQL ในการ Query และ Maintain Database มีการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Tables (ตาราง) มีองค์ประกอบเป็น Rows และ Columns (มองภาพคล้าย ๆ ตารางของ Microsoft Excel)

สาเหตุที่เก็บข้อมูลเป็น Tables (ตาราง) เนื่องจากช่วยให้ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลของกันและกัน หรือเรียกอีกชื่อว่า Relation ก็ได้ครับ เนื่องจากเป็นการนำข้อมูลมาเชื่อมต่อกัน มีความสัมพันธ์กัน



รูปที่ 1 องค์ประกอบของการเก็บข้อมูลแบบตาราง

<u>องค์ประกอบของตาราง (Tables) จะประกอบไปด้วย</u>

1. Row (แถว หรือ แนวนอน) เรียกอีกชื่อว่า Tuple คือ ข้อมูล
2. Column (สดมภ์ หรือ แนวตั้ง) เรียกอีกชื่อว่า Attribute คือ การระบุชนิดของข้อมูลนั้น ๆ เช่น ที่อยู่, วัน เดือน ปีเกิด

3. Table (ตาราง) เรียกอีกชื่อว่า Relation คือ ชุดของข้อมูล (Record) ที่แบ่งชนิด (Attribute) เรียบร้อยแล้ว (Rows & Columns)
4. View เรียกอีกชื่อว่า Query คือ การรายงานข้อมูลจาก RDBMS โดยจะเรียกดูจาก Record จาก Row ใดก็ได้

โดยในการเก็บข้อมูล สังเกตได้ว่ามีการวางโครงสร้างเป็นลักษณะแบบตาราง ข้อมูลใหม่ที่เพิ่มเข้ามาก็จะไปสร้าง Row ขึ้นมาใหม่ต่อทางด้านล่าง ซึ่งการเพิ่มเข้ามาของข้อมูลจะมีลักษณะเป็นแบบการเพิ่มบรรทัดนั่นเอง การเก็บข้อมูลของ RDBMS จึงมีความเป็นระเบียบมาก สามารถหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันได้ง่ายเนื่องจากข้อมูลมีการผูกกันแบบชัดเจน แต่ตารางที่ว่าจะถูก Fix Column มาให้แล้ว ทำให้เพิ่มข้อมูลได้เฉพาะเท่าที่มี Fields อยู่ ทีนี้ผู้คิดค้นก็มีความกังวลว่าในการใช้งานหากมีคนใส่ข้อมูลที่ไม่ตรงกับความต้องการที่แท้จริงของ Field นั้น ๆ และเวลานำข้อมูลของแต่ละ Table มาเชื่อมต่อกัน (JOINS) จึงต้องมีการกำหนด Constraints ขึ้นมา

Constraints คือ ข้อบังคับ ซึ่งข้อบังคับนี้จะต้องเกี่ยวข้องกับ Data Integrity (ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล) ซึ่งมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่

1. Entity Integrity -> ต้องสามารถระบุถึงแถวข้อมูลภายใน Table ได้

2. Referential Integrity -> ข้อมูลที่ใส่เข้าไปจะต้องมีความสัมพันธ์กับอีกตารางนึง (ต้องนำค่ามาจากอีกตารางที่อ้างอิง)

Constraints ใน RDBMS จะมีอยู่หลายแบบ ไม่ว่าจะเป็น

Key มี 2 รูปแบบ

- Primary Key หมายถึง จะไม่ให้ใน Column มีข้อมูลที่ซ้ำกันและข้อมูลที่ว่างอยู่ (NULL)
- Foreign Key หมายถึง ต้องมีการ Reference ข้อมูลจาก Table ที่มี Primary Key

Other รูปแบบอื่น ๆ เช่น

- NOT NULL -> หมายถึง ใน Record ต้องมีข้อมูล ถ้าเราไม่ได้กรอก Record จะบันทึกเป็น NULL โดยอัตโนมัติ
- UNIQUE -> หมายถึง ใน Table จะต้องไม่มีข้อมูลที่ซ้ำกัน
- DEFAULT -> หมายถึง จะระบุข้อมูลลงใน Record ให้ ถ้าไม่ได้กรอกข้อมูลลงไป
- CHECK -> หมายถึง จะตรวจสอบข้อมูลให้ว่าตรงตามเงื่อนไขหรือไม่

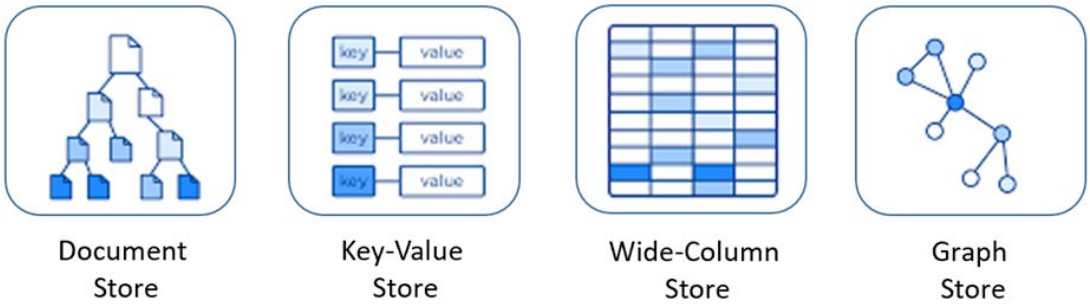
RDBMS ที่นิยมในตลาดที่รู้จักกัน ได้แก่ Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL, IBM DB2, PostgreSQL, Microsoft Access, SQLite และ MariaDB โดยแต่ละฐานข้อมูลมีความสามารถในการกำหนด Constraints ได้แตกต่างกันไป

สำหรับ RDBMS ในกรณีที่เริ่มมีข้อมูลที่มากขึ้นแล้ว จะต้องใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลมากขึ้น ใน

การที่จะหาดึงข้อมูล จะต้องมีการ Query ที่มากขึ้น ทำให้ Database Server ต้องใช้การประมวลผลมากขึ้น สิ่งที่สามารถแก้ไขได้คือ การเพิ่ม Load ของ Server ไม่ว่าจะเป็น CPU, Memory และ Hard disk เราเรียกการ Scale แบบนี้ว่า การ Scale แบบ Vertical

NoSQL

Non-SQL ย่อมาจาก Non-relational database หรืออาจจะเรียกว่า Not only SQL เป็น Database อื่น ๆ ที่ไม่ได้เป็นแบบ Relational หรือมีความสัมพันธ์กันชัดเจนแบบ Pattern เหมาะสำหรับการใช้งานจำพวก Big Data และ Real-time Web Application ว่ากันง่าย ๆ ก็คือ เกิดมาเพื่อแก้ไขปัญหาของ RDBMS สำหรับประเภทของ NoSQL จะแบ่งออกเป็น 4 แบบหลัก ได้แก่



รูปที่ 2 แบบ Non-SQL

1. **Document ->** ข้อมูลและ Metadata จะเก็บเป็นลำดับชั้นในรูปแบบ Semi-structure data เช่น JSON หรือ XML ใน Database ตัวอย่าง Database Software ที่ใช้งานลักษณะนี้ ได้แก่ Cosmos DB, IBM Domino, MongoDB, Couchbase, ArangoDB

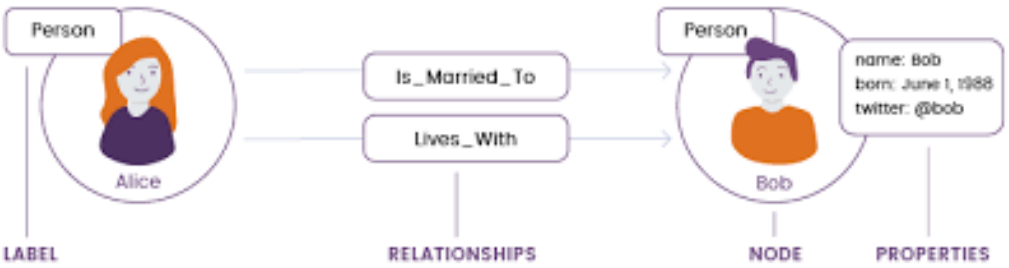
รูปที่ 3 ซ้ายคือ RDBMS แบบขวาคือแบบ Document

2. **Key-Value ->** เป็นการเก็บ Record ที่ไม่มีอะไรซับซ้อน มีแค่ Key และ Value ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว โดยการเข้าถึงข้อมูลก็ให้ใช้ Key ก็จะได้ Value ที่ต้องการ ตัวอย่าง Database Software ที่ใช้งานลักษณะนี้ ได้แก่ Redis, Memcached, Apache Ignite, Couchbase, Dynamo

Key	Value
K1	AAA,BBB,CCC
K2	AAA,BBB
K3	AAA,DDD
K4	AAA,2,01/01/2015
K5	3,ZZZ,5623

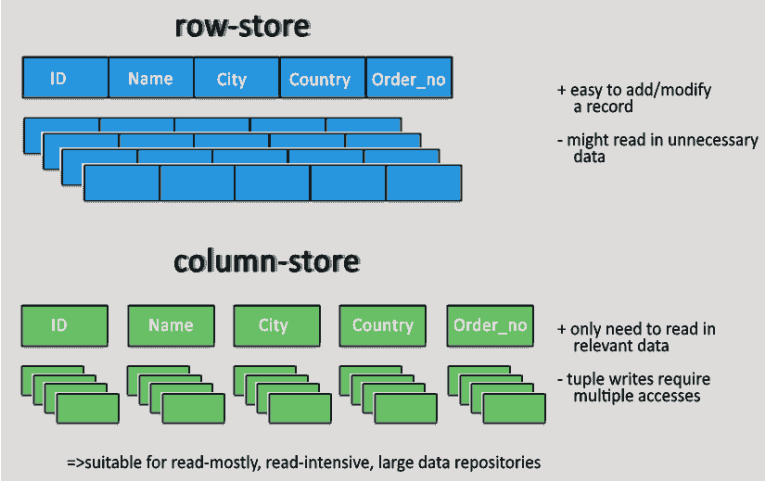
รูปที่ 4 ลักษณะแบบ Key-Value

3. **Graph ->** ข้อมูลจะเก็บอยู่ในรูปแบบกราฟแผนภูมิ มี Node และ Edge ที่เชื่อมต่อกัน ทำให้ไม่ต้องนำข้อมูลมา JOINS กันเหมือนของ RDBMS ตัวอย่าง Database Software ที่ใช้งานลักษณะนี้ ได้แก่ ArangoDB, InfiniteGraph, Apache Giraph, MarkLogic, Neo4J



รูปที่ 5 การจัดเก็บข้อมูลแบบ Graph

4. **Wide-Column ->** รูปแบบของ Wide-Column จะบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Tables (Rows และ Columns) แต่จะต่างจาก RDBMS ตรงที่ แต่ละ Rows จะไม่ Fix Column (ถ้าเป็น RDBMS จะ Fix มาเป็น Pattern เดียวกัน) ตัวอย่าง Database Software ที่ใช้งานลักษณะนี้ ได้แก่ Amazon DynamoDB, Cassandra, Azure Tables, Accumulo, HBase



รูปที่ 6 แบบ RDBMS (สีฟ้า) และ แบบ NoSQL Wide-Column (สีเขียวและสีขาว)

จะเห็นได้ว่าแบบ RDBMS นั้น Columns เป็นค่าเดิม และแบบ NoSQL Wide-Column ในแต่ละ Row จะใส่ Column อะไรลงไปก็ได้ไม่ต้องมี Constraints เหมือน RDBMS

จากแต่ละประเภทที่ได้อธิบาย จะเห็นได้ว่าลักษณะของ Database แบบ NoSQL จะไม่ได้เคร่งในเรื่องของความเป็นระเบียบของข้อมูล สามารถกระจายอยู่ที่ไหนก็ได้ ทำให้หาก Database มีขนาดที่ใหญ่มากขึ้น การ Scale Server จะเป็นการเพิ่มในแนวราบมากกว่า (Horizontal) ก็คือแทนที่จะเพิ่ม Spec Resource เหมือนกับแบบ RDBMS จะเป็น Scale โดยการเพิ่ม Server ไปเลยมากกว่า

CAP Theorem

CAP Theorem เป็นหลักการที่คิดค้นเพื่อนำมาใช้สำหรับระบบการจัดเก็บฐานข้อมูลเพื่อเป็นการการันตีว่าระบบฐานข้อมูลจะมีคุณสมบัติได้เพียง 2 ใน 3 ส่วน ได้แก่ C, A และ P

C – Consistency หมายถึง ทุกครั้งที่อ่านข้อมูลจาก Database จะได้ Result หรือไม่ก็ Error

A – Availability หมายถึง ทุกครั้งที่มีการขอข้อมูลจาก Database จะได้ข้อมูลเสมอ แต่ไม่การันตีว่าจะเป็นข้อมูลที่เขียนลงไปล่าสุด

P – Partition tolerance หมายถึง ระบบจะทำงานยังต่อได้ แม้ว่าจะมีหนึ่งใน Database ขาดการเชื่อมต่อหรือเสียหายไป

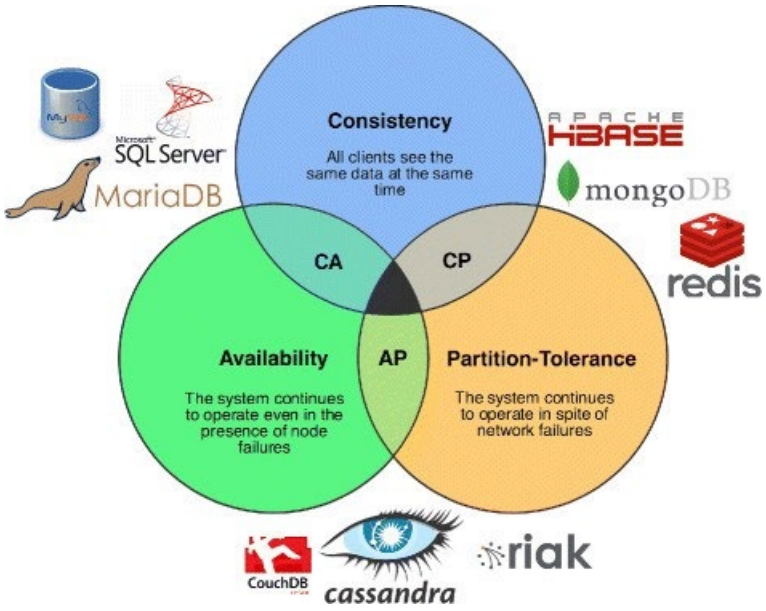
ซึ่ง Database ที่เป็นแบบ RDBMS ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ CA เพราะว่าการที่ไม่ยอมให้ข้อมูลเสียหายเลยจำเป็นต้องตัด P ออกเพื่อให้พร้อมใช้ตลอด

แต่สำหรับ NoSQL ไม่ได้ต้องการความแม่นยำของข้อมูลมากเท่าแต่ต้องการความเร็วในการเรียกใช้งานแทน ทำให้อาจจะเป็นชนิดแบบ

AP -> สามารถดึงข้อมูลจาก Database ได้ตลอดแม้ว่า Database จะเสียหายไปบางส่วน

CP -> ต้องรอให้ข้อมูล Update ล่าสุดก่อนถึงจะอ่านข้อมูลได้ ฉะนั้นจะมีบางช่วงเวลาที่ไม่

สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ



รูปที่ 7 หลักการที่คิดค้นเพื่อนำมาใช้สำหรับระบบการจัดเก็บฐานข้อมูล CAP Theorem

ตารางที่ 1 สรุปความแตกต่างระหว่าง RDBMS กับ NoSQL

	RDBMS	NoSQL
ชนิด	Relational	Non-Relational
รูปแบบของชุดข้อมูล	เป็นแบบโครงสร้างที่เก็บอยู่ใน Table	ไม่เป็นโครงสร้าง เก็บในรูปแบบ JSON (Text) หรือแบบอื่นๆ
การ Scale	Vertical (เพิ่ม Spec Server)	Horizontal (เพิ่มจำนวน Server)
Schema	เปลี่ยนแปลงไม่ได้	เปลี่ยนแปลงได้ ค่อนข้างยืดหยุ่น
ตัวอย่าง Brand ในตลาด	Oracle, MySQL, Microsoft SQL Server, PostgreSQL	MangoDB, CouchDB, Redis, DynamoDB, Cassandra, HBase, Neo4j, Neptune

ข้อดีและข้อเสียของ SQL และ NoSQL

สำหรับข้อดีและข้อเสีย ขอแนะนำเป็นลักษณะของการเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับข้อมูล

ใช้ RDBMS ในกรณี	ใช้ NoSQL ในกรณี
1. Workload คงที่ คาดเดาได้ และต้องการพื้นที่ปานกลางถึงมาก	1. มีปริมาณ Workload มหาศาลที่ต้อง Scale ได้เยอะ
2. ข้อมูลมีรูปแบบที่คาดเดาได้ มีโครงสร้างชัดเจน	2. ข้อมูลเป็นแบบ Dynamic มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย
3. ข้อมูลต้องมี Relation เชื่อมถึงกันและกัน	3. ข้อมูลไม่จำเป็นต้อง Relation กับแบบซับซ้อน
4. ข้อมูลที่เขียนต้องเป็นไปตาม Condition	4. ต้องการเขียนไวๆ Condition สำคัญรองลงมาไม่ได้เน้นมาก
5. ข้อมูลค่อนข้าง Complex ต้องมีการ Query และ Report ได้	5. ข้อมูลค่อนข้าง Simple
6. ต้องการให้มี User ในการควบคุม	6. ต้องการให้ข้อมูลกระจายให้เข้าถึงกันได้ทุกส่วนใน Environment
7. จะ Develop ใส่ Hardware ขนาดใหญ่ หรือของตัวเอง (On-Premise)	7. Deploy บน Cloud (On-Cloud)

คู่มือการใช้งาน

SMART FARM

สารบัญ

หน้า

การใช้งาน app

- การลงทะเบียน 1
- การเข้าสู่ระบบ 2
- การเพิ่มกล่องอุปกรณ์ในบัญชีผู้ใช้ 3
- การเปิดหน้าควบคุมกล่องอุปกรณ์ 5
- การทำงานแบบอัตโนมัติ 7

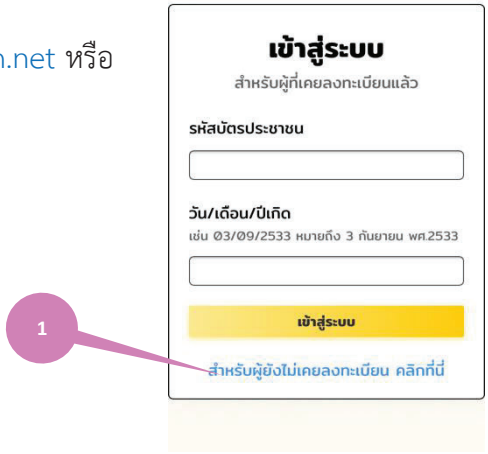
การใช้งานกล่อง

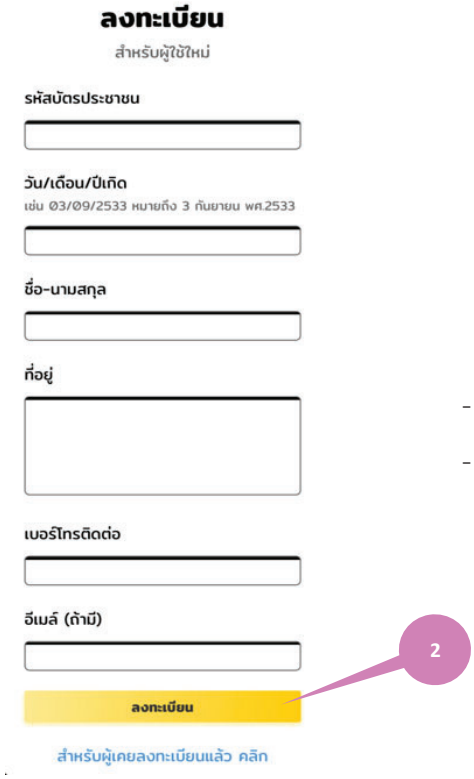
- ไฟสถานะบนกล่องอุปกรณ์ 9
- การเชื่อมต่อสัญญาณวายฟาย 10

การลงทะเบียน

หากเคยลงทะเบียนมาก่อนแล้วให้ข้ามไปยังการเข้าสู่ระบบ (หน้าที่2)

- เข้าไปที่เว็บไซต์ cufarm.net หรือ กดที่ application
- กดที่หมายเลข 1





- กรอกข้อมูลให้ครบถ้วน
- กดที่หมายเลข 2

การเข้าสู่ระบบ

สำหรับผู้ที่ยังไม่เคยลงทะเบียนให้ทำการลงทะเบียน (หน้าที่1) ก่อน

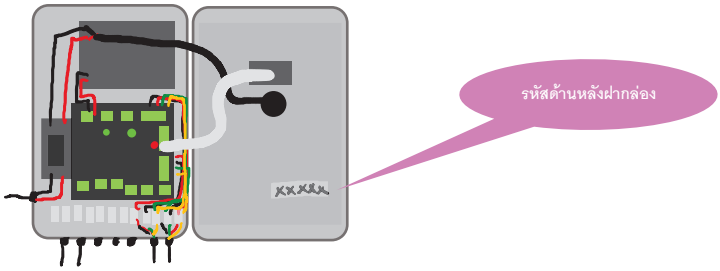
- กรอกหมายเลขบัตรประชาชน
- กรอก วัน เดือน และ ปีเกิด แบบ พศ. เป็นตัวเลข โดยเว้นวรรคด้วยเครื่องหมาย /
- กดที่หมายเลข 3

การเพิ่มกล่องอุปกรณ์ในบัญชีผู้ใช้

จะพบหน้าต่างดังต่อไปนี้เมื่อทำการเข้าสู่ระบบ (หน้าที่2)

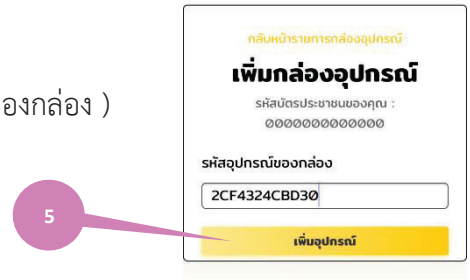
หรือกดที่ กลับหน้ารายการกล่องอุปกรณ์

- กดที่หมายเลข 4



- กรอกรหัสอุปกรณ์ของกล่อง
- กดที่หมายเลข 5

  (อ่านรหัสได้จากด้านหลังฝาของกล่อง)

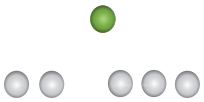


4

- กำหนดชื่อกล่องและชื่อส่วนต่างๆ ตามต้องการ
- กดที่หมายเลข 6

การเปิดหน้าควบคุมกล่องอุปกรณ์

หากยังไม่ได้เชื่อมต่อให้ทำการเชื่อมต่อสัญญาณวายฟาย (หน้าที่10)



จะสามารถควบคุมกล่องได้ก็ต่อเมื่อกล่องเชื่อมต่อกับ internet แล้วเท่านั้น (ไฟสถานะแสดงสีเขียว)

จะพบหน้าต่างดังต่อไปนี้เมื่อทำการเข้าสู่ระบบ (หน้า 2)
หรือกดที่ กลับหน้ารายการกล่องอุปกรณ์

- กดที่ชื่อกล่องอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม

หากไม่พบอุปกรณ์ที่ต้องการให้ทำการเพิ่มกล่องอุปกรณ์ในบัญชีผู้ใช้ (หน้าที่3)

แก้ไขข้อมูลของกล่อง กดที่ปุ่มนี้แล้ว ทำตาม (หน้า 4)

กดที่ปุ่มนี้เพื่อลบกล่องออกจากบัญชีที่ใช้อยู่

แสดงอุณหภูมิ

แสดงความชื้นของอากาศ

แสดงความชื้นของดิน

แสดงสถานะสวิทช์ทั้ง 5 ของกล่องอุปกรณ์

แสดงเวลาล่าสุดที่กล่องอุปกรณ์ส่งข้อมูลกลับมายังระบบ

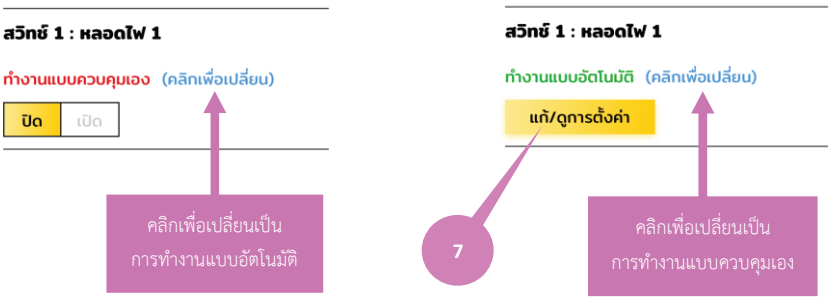
กดเพียงครั้งเดียวเพื่อเปิดหรือปิดสวิทช์นั้นๆ แล้วรอชักพัก

*** ไม่ควรกดซ้ำหลายครั้งติดๆกัน

7

การทำงานแบบอัตโนมัติ

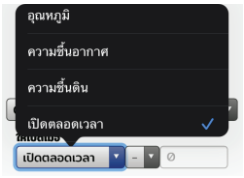
หากยังไม่ได้เปิดหน้าควบคุมกล่องอุปกรณ์ให้ทำการเปิดหน้าควบคุมกล่องอุปกรณ์ (หน้าที่5)



- กดที่หมายเลข 7 เพื่อตั้งค่าการทำงานแบบอัตโนมัติ

- ตั้งเวลาเริ่มต้นการทำงานที่หมายเลข 8
- ตั้งเวลาสิ้นสุดการทำงานที่หมายเลข 9

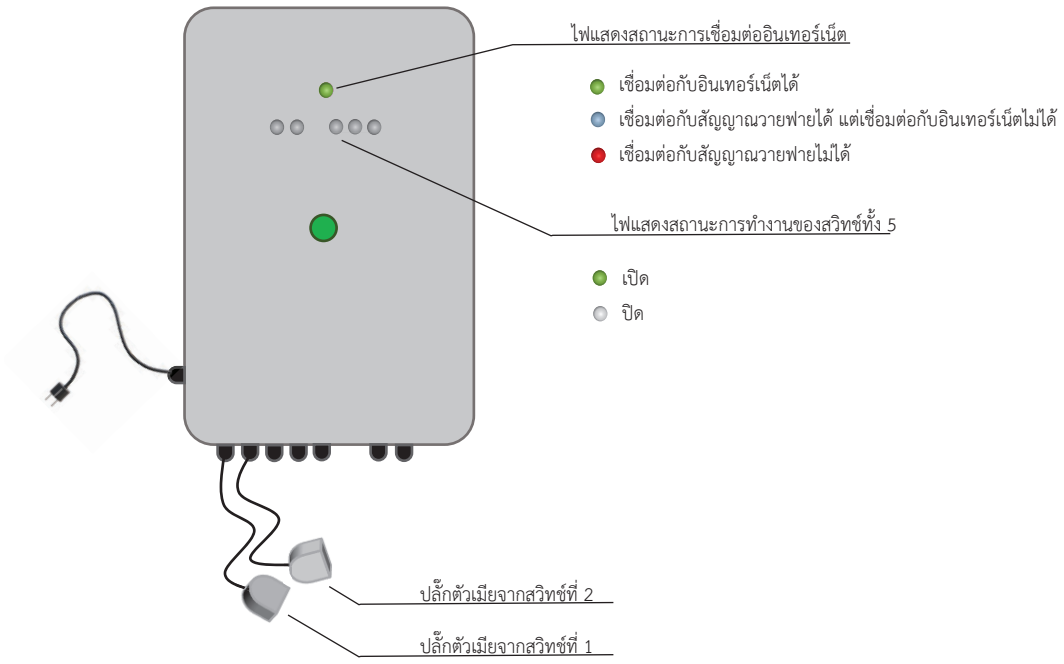
- เลือกให้เป็นการเปิดตลอดเวลาหรือเปิดตาม
  ค่า อุณหภูมิ ความชื้นอากาศ หรือ ความชื้นดิน



- หากเลือกเป็น อุณหภูมิ ความชื้นอากาศ หรือ ความชื้นดิน
  ให้กำหนดด้วยว่าจะให้ทำงานเมื่อค่าที่วัดได้
  มีค่าสูงว่า หรือต่ำกว่าเท่าไหร่

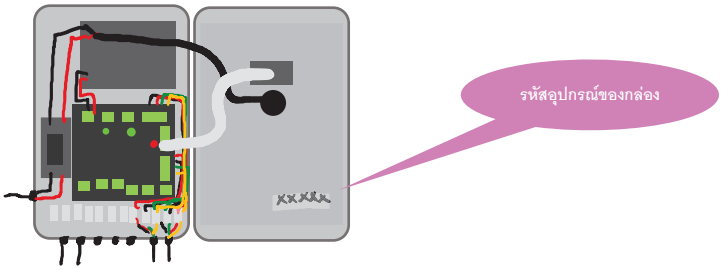
- กดที่หมายเลข 10 เมื่อตั้งค่าทุกอย่างเสร็จสิ้น
- กดที่ **ลบออก** สำหรับการทำงานอัตโนมัติ
  ที่ไม่ต้องการใช้แล้ว

ไฟสถานะบนกล่องอุปกรณ์



การเชื่อมต่อสัญญาณวายฟาย

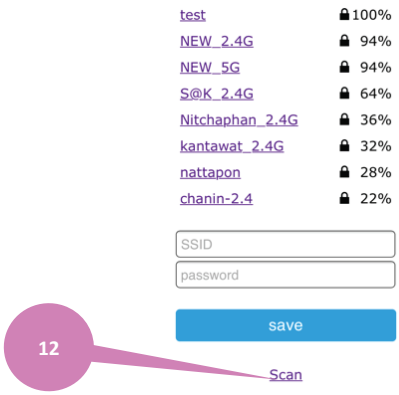
- ปิดแล้วเปิดคัตเอาต์ภายในกล่องอุปกรณ์



- เปิดหน้าการตั้งค่าวายฟายบนโทรศัพท์มือถือแล้วหาสัญญาณวายฟายที่มีชื่อตรงกับรหัสอุปกรณ์ของกล่อง หากหาไม่พบ หรือ ไฟสถานะแสดง สีฟ้า หรือ สีเขียว ให้ทำการปิดแหล่งวายฟายที่เคยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์มาก่อนแล้วกลับไปทำขั้นตอนแรกใหม่

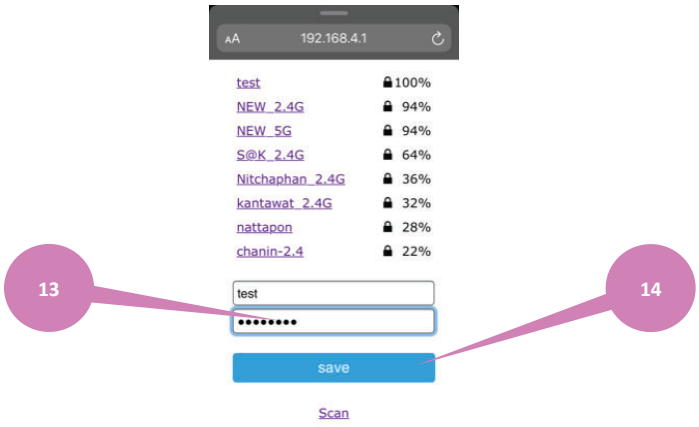
- เมื่อเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับสัญญาณวายฟายที่มีชื่อตรงกับรหัสอุปกรณ์ของกล่องแล้ว ระบบจะแสดงหน้าต่างดังภาพโดยอัตโนมัติ แต่ถ้าหากไม่แสดง ให้เข้าไปที่เว็บบราวเซอร์แล้วค้นหา 192.168.4.1
- กดที่หมายเลขเลข 11

11



- กดชื่อวายฟายที่เราต้องการเชื่อมต่อกับกล่องอุปกรณ์ หากไม่พบให้กดที่หมายเลข 12

- กรอกรหัสผ่านของวายฟายที่ต้องการจะเชื่อมต่อที่หมายเลข 13
- กดที่หมายเลข 14 แล้วรอจนไฟสถานะการการเชื่อมต่อกลายเป็นสีเขียว



ภาคผนวก ข

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสีย และการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

ภาคผนวก ข-1

การทดสอบผลหลังการฝึกอบรมภาคอุตสาหกรรม

1. แบบทดสอบผลการอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น

โดยแบบทดสอบจะเป็นแบบ ปรนัย จำนวน 5 ข้อ ดังรูปที่ 1

แบบทดสอบองค์ความรู้

1. เทคโนโลยีใดเหมาะสมสำหรับการกำจัดความขุ่นที่หลงเหลือในน้ำทิ้ง?
   ก) ระบบ RO ข) ระบบถังกรองทราย ค) ระบบ UV ง) ระบบถังกรอง Activated carbon
2. เทคโนโลยีใดเหมาะสมสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์ที่หลงเหลือในน้ำทิ้ง?
   ก) ระบบ RO ข) ระบบถังกรองทราย ค) ระบบ UV ง) ระบบถังกรอง Activated carbon
3) เทคโนโลยีการกรองแบบใดที่เหมาะสมในการกำจัดเกลือในน้ำทิ้ง?
   ก) ระบบ RO ข) ระบบถังกรองทราย ค) ระบบ UV ง) ระบบถังกรอง Activated carbon
4) ข้อใดไม่ใช่แนวทางการประหยัดน้ำที่เหมาะสมในโรงงานอุตสาหกรรม?
   ก) การติดมิเตอร์น้ำ ข) การใช้ high pressure jet washer ค) การใช้ hand control valve
   ง) การใช้ระบบ backwashing
5) โรงงานในข้อใดมีค่า COD ในน้ำเสียสูงที่สุดในบรรดา 4 โรงงานนี้
   ก) โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ ข) โรงงานแป้งมันสำปะหลัง ค) โรงงานฟอกย้อม
   ง) โรงงานฟอกหนัง

รูปที่ 1 แบบทดสอบหลักการอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมในเบื้องต้น

2. แบบติดตามผลการอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

ผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม จะได้รับการติดตามผลหลังการฝึกอบรม โดยนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงภายในโรงงาน ซึ่งมีแบบการติดตามผล ดังรูปที่ 2

แบบทดสอบการอบรมหลักสูตร
train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและ
การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1
(ทางสถาบันฯ ขอให้การรับรองว่าข้อมูลดังกล่าวจะใช้เพื่อการอบรมเท่านั้นและจะไม่มีการนำไปเผยแพร่)

1. ข้อมูลการการผลิต และการใช้น้ำของโรงงาน

ข้อมูลปี พ.ศ. .....

ข้อมูลการผลิต

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต	หน่วยการผลิต

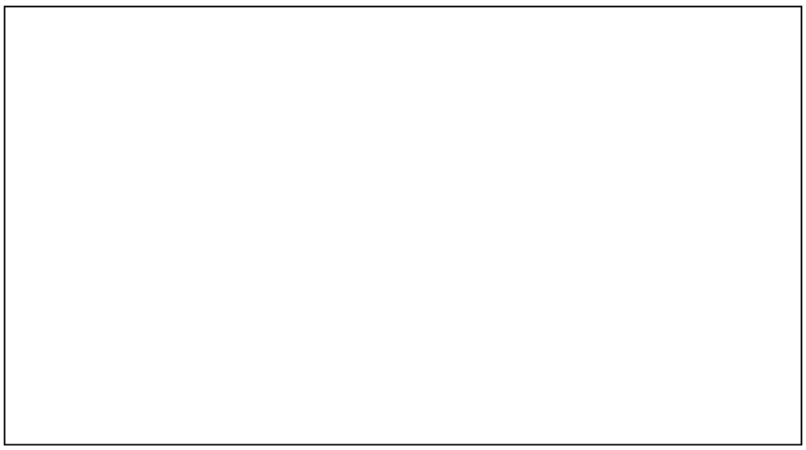
ข้อมูลการใช้น้ำ

ลำดับที่	ใช้ในกระบวนการ	ลบ.ม./เดือน
รวมทั้งสิ้น		

รูปที่ 2 แบบติดตามผลหลักสูตรอบรม train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

2. แผนผังกระบวนการผลิต (Manufacturing Process)

3. ผังกระบวนการใช้น้ำ (Water Balance)



รูปที่ 3 แบบติดตามผลหลักสูตรอบรม train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม (ต่อ)

4. มาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

มาตรการ	ลดการใช้น้ำ/เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ (ลบ.ม./ปี)	งบประมาณในการลงทุน (ตามการณ์) (บาท)	ค่าใช้จ่ายการใช้น้ำที่ลดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

รูปที่ 4 แบบติดตามผลหลักสูตรอบรม train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม (ต่อ)

ภาคผนวก ข-2

ใบประกาศนียบัตรของผู้เข้าร่วมอบรมภาคอุตสาหกรรม

1. ใบประกาศนียบัตรของผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

ผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม ทั้ง 2 รุ่น มีสิทธิ์ได้รับใบใบประกาศนียบัตรประจำหลักสูตร เมื่อดำเนินการครบตามเงื่อนไข ดังนี้

1. ทำการลงทะเบียนร่วมเข้าอบรม และอยู่อบรมจนจบการอบรมครบทั้ง 3 วัน
2. นำส่งแบบติดตามผลหลักสูตรอบรม train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมให้กับผู้จัดงาน
3. ร่วมนำเสนอผลการนำองค์ความรู้ไปใช้ (กรณีที่ได้รับเลือก)

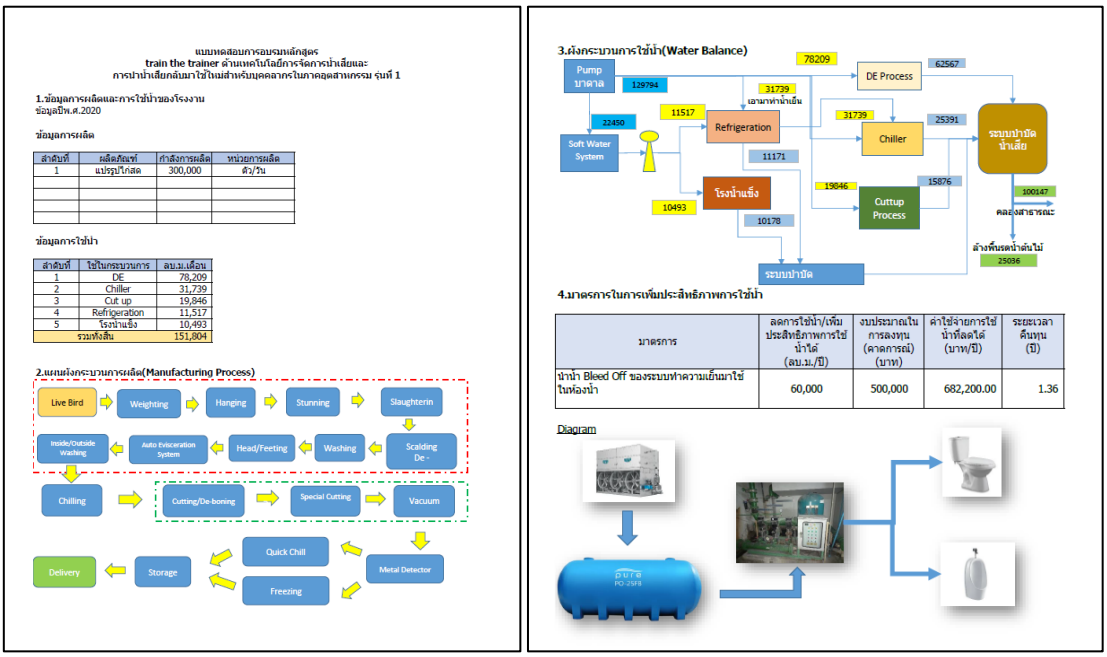
รูปที่ 5 ตัวอย่างใบประกาศนียบัตรของผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข-3.

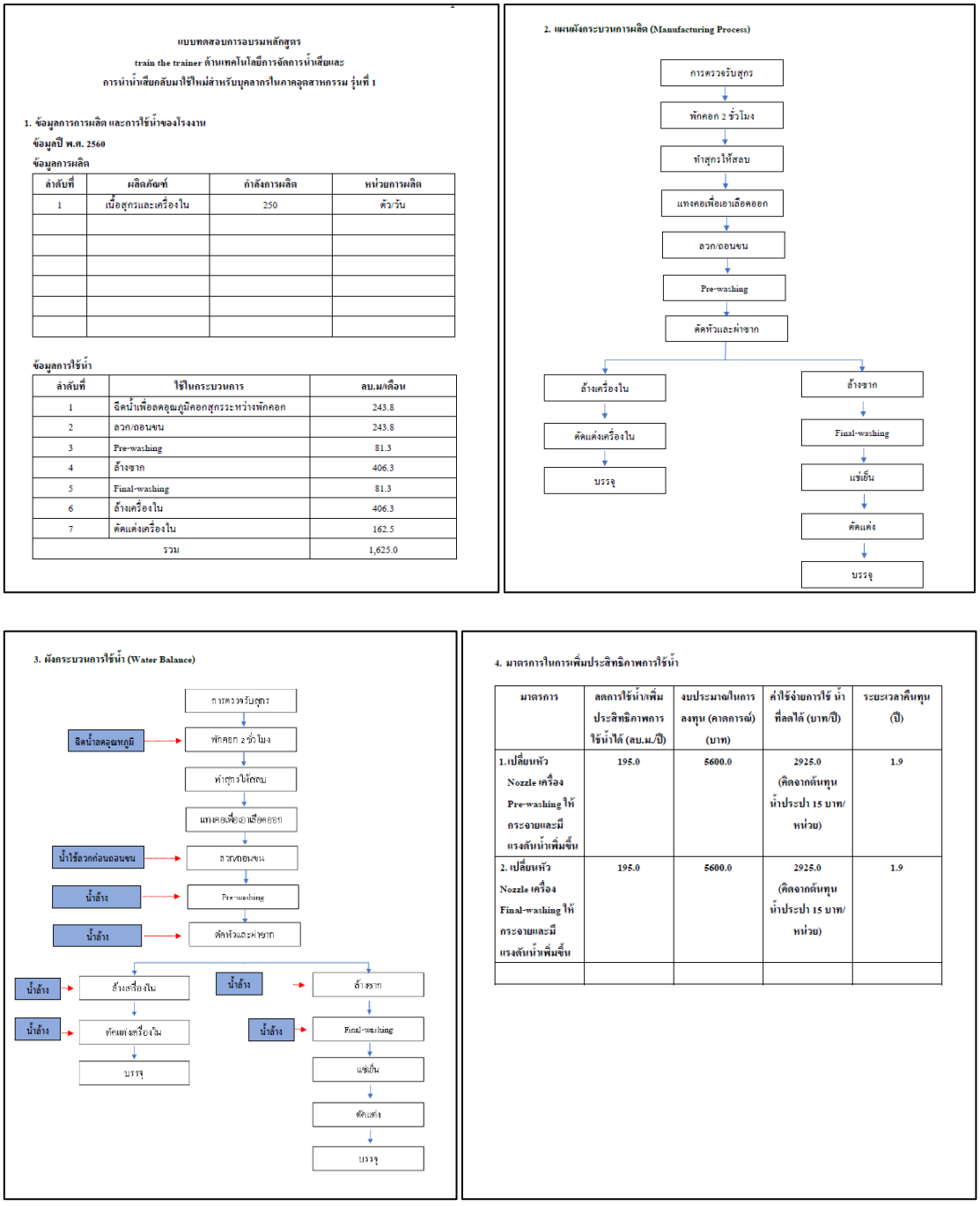
ผลการดำเนินกิจกรรมภาคอุตสาหกรรม

1. ติดตามผลการอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

จากเงื่อนไขการได้รับใบประกาศนียบัตรของผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม โดยต้องส่งแบบติดตามผลการอบรมหลักสูตร train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งการติดตามผลการอบรมฯ มุ่งเน้นที่การหาตำแหน่งการสูญเสียน้ำ และแนวทางการลดการใช้น้ำของโรงงานผู้เข้าร่วมอบรม (ไม่มีถูกหรือผิด) เพื่อรับคำแนะนำเพิ่มเติมจากวิทยากร จึงแสดงตัวอย่างแบบติดตามผลของผู้ร่วมอบรม (ไม่เปิดเผยชื่อบริษัท เพื่อรักษาความลับในกระบวนการผลิต)



รูปที่ 6 ตัวอย่างแบบติดตามผลของผู้เข้าร่วมอบรม รุ่นที่ 1 ตัวอย่างที่ 1



แบบทดสอบการอบรมหลักสูตร
train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและ
การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในคาลอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1

1. ข้อมูลการการผลิต และการใช้น้ำของโรงงาน

ข้อมูลปี พ.ศ. 2560

ข้อมูลการผลิต

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต	หน่วยการผลิต
1	เนื้อสุกรและเครื่องใน	250	ตัว/วัน

ข้อมูลการใช้น้ำ

ลำดับที่	ใช้ในกระบวนการ	ลบ.ม/เดือน
1	ฉีดน้ำเพื่อลดอุณภูมิคอกสุกระหว่างพักคอก	243.8
2	ลวก/ลอกขน	243.8
3	Pre-washing	81.3
4	ล้างขาก	406.3
5	Final-washing	81.3
6	ล้างเครื่องใน	406.3
7	ตัดแต่งเครื่องใน	162.5
รวม		1,625.0

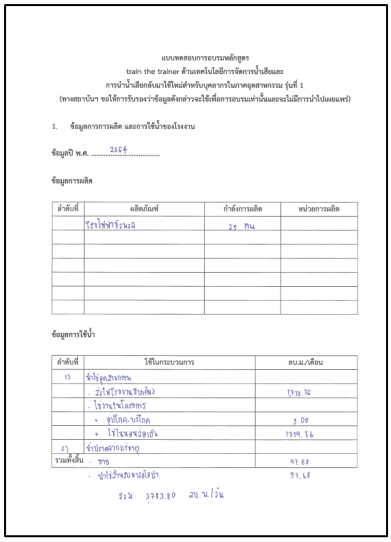
2. แผนผังกระบวนการผลิต (Manufacturing Process)

3. ผังกระบวนการใช้น้ำ (Water Balance)

4. มาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

มาตรการ	ลดการใช้น้ำ/เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ (ลบ.ม./ปี)	งบประมาณในการลงทุน (คาลการณ์) (บาท)	ค่าใช้จ่ายการใช้ น้ำที่ลดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1.เปลี่ยนหัว Nozzle เครื่อง Pre-washing ให้กระจายและมีแรงดันน้ำเพิ่มขึ้น	195.0	5600.0	2925.0 (คิดจากต้นทุนน้ำประปา 15 บาท/หน่วย)	1.9
2. เปลี่ยนหัว Nozzle เครื่อง Final-washing ให้กระจายและมีแรงดันน้ำเพิ่มขึ้น	195.0	5600.0	2925.0 (คิดจากต้นทุนน้ำประปา 15 บาท/หน่วย)	1.9

รูปที่ 7 ตัวอย่างแบบติดตามผลของผู้เข้าร่วมอบรม รุ่นที่ 1 ตัวอย่างที่ 2



แบบทดสอบการอบรมหลักสูตร
train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและ
การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1
(ทางสถาบันฯ ขอให้การรับรองว่าข้อมูลดังกล่าวจะใช้เพื่อการอบรมเท่านั้นและจะไม่มีการนำไปเผยแพร่)

1. ข้อมูลการการผลิต และการใช้น้ำของโรงงาน

ข้อมูลปี พ.ศ. 2564

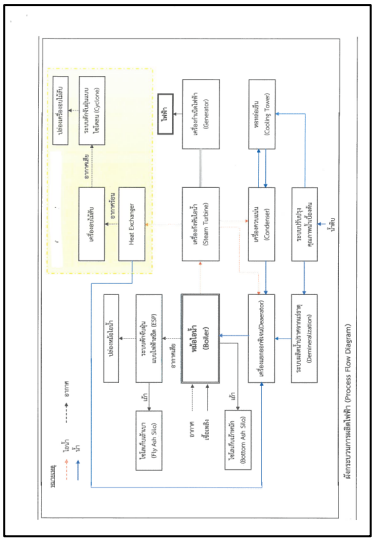
ข้อมูลการผลิต

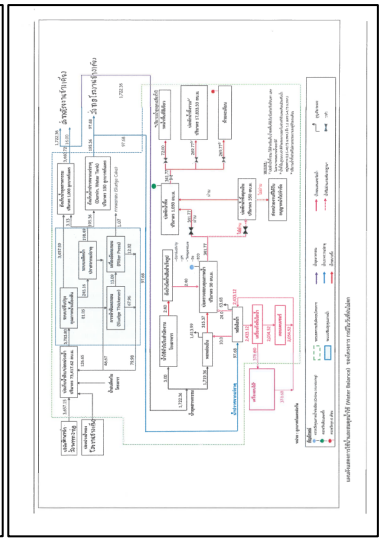
ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต	หน่วยการผลิต
	โรงไฟฟ้าชีวมวล	25 ทน.	

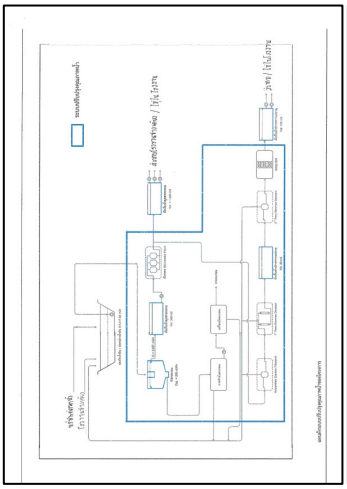
ข้อมูลการใช้น้ำ

ลำดับที่	ใช้ในกระบวนการ	ลบ.ม./เดือน
1)	น้ำประปาจากธนน	
	- ผู้ใช้ในกระบวนการผลิต	1393.36
	- ใช้ทางไฟโลหการ	
	+ ดูดน้ำลงหอคูลลิ่ง	3.08
	+ ใช้ในหอคูลลิ่งเติม	1319.16
2)	น้ำประปาจากธรรมชาติ	
รวมทั้งสิ้น	- ราย	91.68
	- น้ำบาดาลจากบ่อน้ำตื้น	

รวม 3343.80 ลบ.ม./วัน



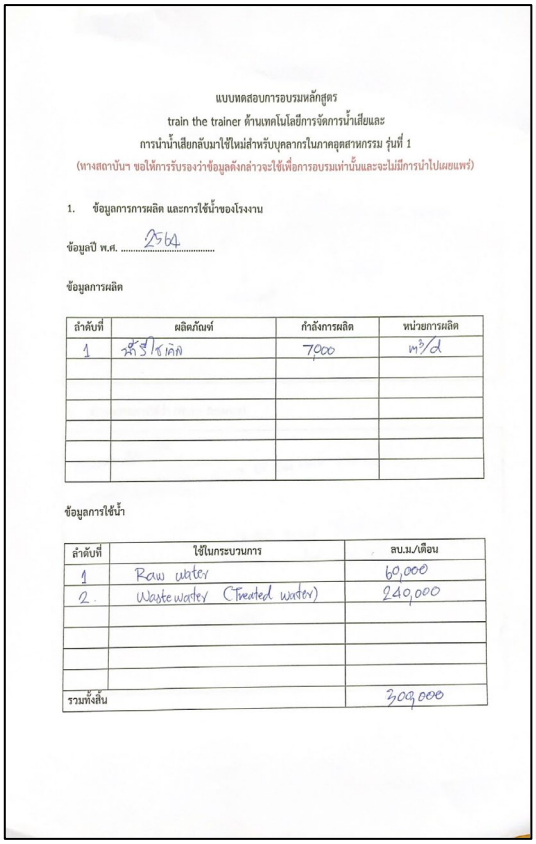




4. มาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

มาตรการ	ลดการใช้น้ำ/เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ (ลบ.ม./ปี)	งบประมาณในการลงทุน (คาดการณ์) (บาท)	ค่าใช้จ่ายการใช้น้ำที่ลดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1) การนำน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งโปร				
2) นำน้ำจากขั้นตอนหม้อไอน้ำมาใช้				
3) นำน้ำฝนที่ตกจากโรงเก็บเก็บน้ำ				

รูปที่ 8 ตัวอย่างแบบติดตามผลของผู้เข้าร่วมอบรม รุ่นที่ 1 ตัวอย่างที่ 3



แบบทดสอบการอบรมหลักสูตร
train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและ
การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1
(ทางสถาบันฯ ขอให้การรับรองว่าข้อมูลดังกล่าวจะใช้เพื่อการอบรมเท่านั้นและจะไม่มีการนำไปเผยแพร่)

1. ข้อมูลการการผลิต และการใช้น้ำของโรงงาน

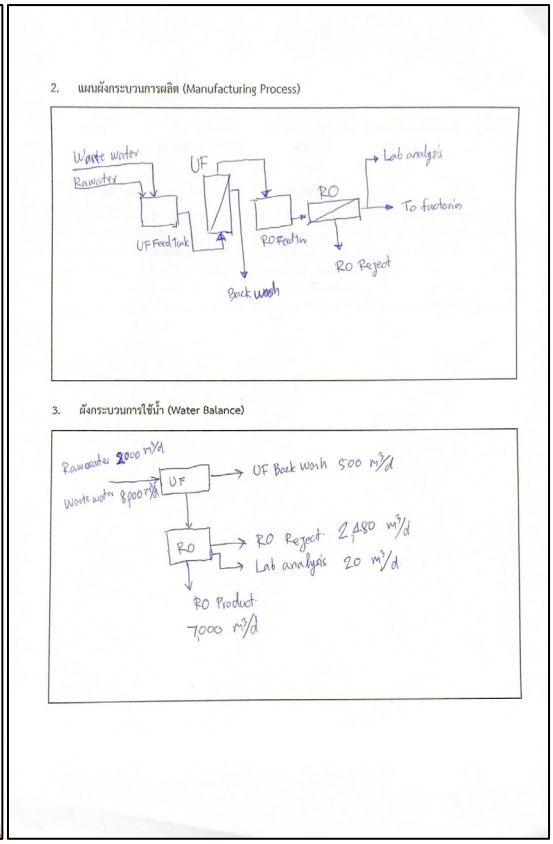
ข้อมูลปี พ.ศ. 2564

ข้อมูลการผลิต

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต	หน่วยการผลิต
1	วัสดุไรเคล	7000	m³/d

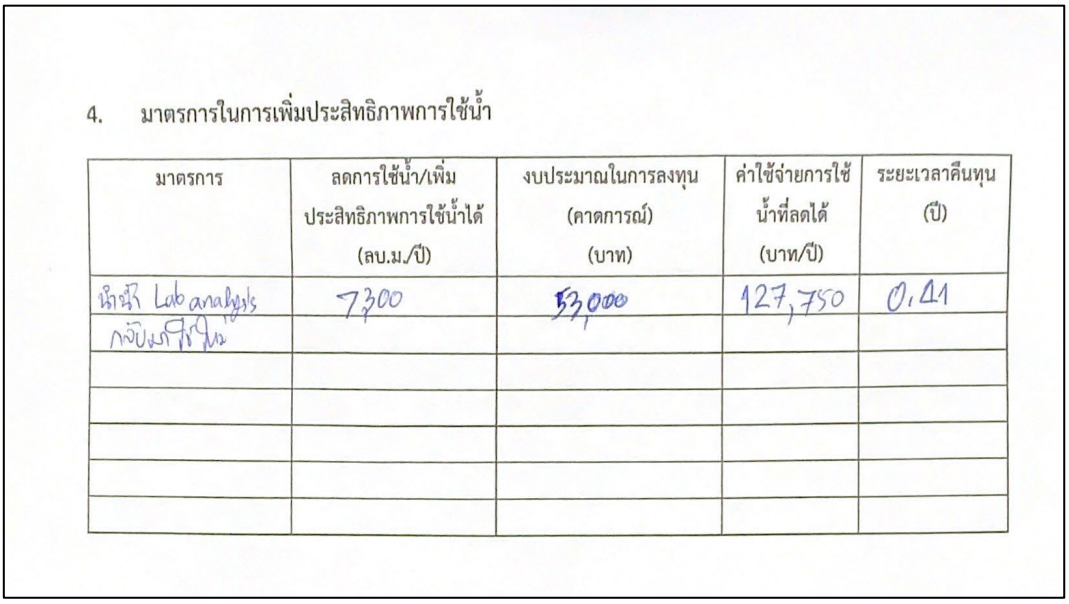
ข้อมูลการใช้น้ำ

ลำดับที่	ใช้ในกระบวนการ	ลบ.ม./เดือน
1	Raw water	60,000
2	Waste water (Treated water)	240,000
รวมทั้งสิ้น		300,000



2. แผนผังกระบวนการผลิต (Manufacturing Process)

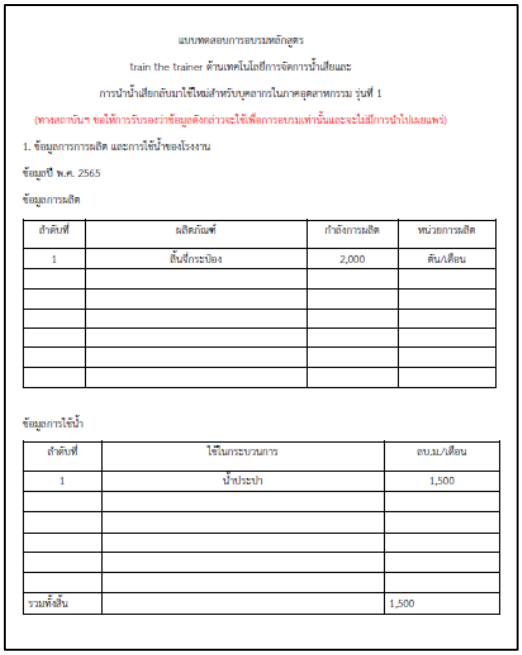
3. ผังกระบวนการใช้น้ำ (Water Balance)



4. มาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

มาตรการ	ลดการใช้น้ำ/เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ (ลบ.ม./ปี)	งบประมาณในการลงทุน (คาดการณ์) (บาท)	ค่าใช้จ่ายการใช้น้ำที่ลดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
นำน้ำ Lab analysis กลับมาใช้ใหม่	7300	53,000	127,750	0.41

รูปที่ 9 ตัวอย่างแบบติดตามผลของผู้เข้าร่วมอบรม รุ่นที่ 2 ตัวอย่างที่ 1



แบบทดสอบการอบรมหลักสูตร

train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและ

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1

(ทางสถาบันฯ ขอให้การรับรองว่าข้อมูลดังกล่าวจะใช้เพื่อการอบรมเท่านั้นและจะไม่มีการนำไปเผยแพร่)

1. ข้อมูลการการผลิต และการใช้น้ำของโรงงาน

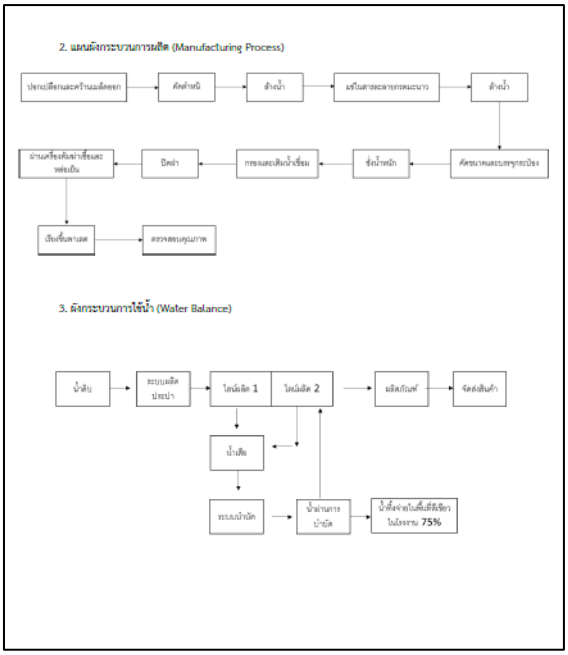
ข้อมูลปี พ.ศ. 2565

ข้อมูลการผลิต

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต	หน่วยการผลิต
1	ยิ้นกระป๋อง	2,000	ตัน/เดือน

ข้อมูลการใช้น้ำ

ลำดับที่	ใช้ในกระบวนการ	ลบ.ม./เดือน
1	น้ำประปา	1,500
รวมทั้งสิ้น		1,500



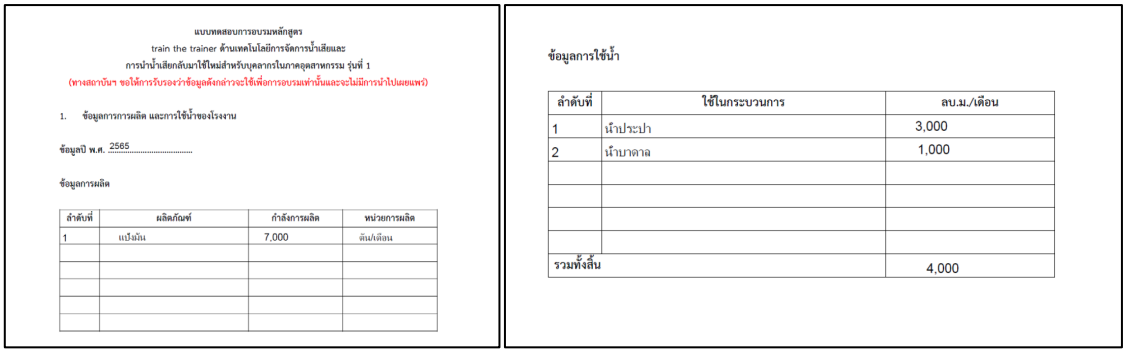
2. แผนผังกระบวนการผลิต (Manufacturing Process)

3. ผังกระบวนการใช้น้ำ (Water Balance)

4. มาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

มาตรการ	ลดการใช้น้ำ/เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ (ลบ.ม./ปี)	งบประมาณในการลงทุน (คาดการณ์) (บาท)	ค่าใช้จ่ายการใช้น้ำที่ลดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
นำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ	10,000	150,000	50,000	3-4

รูปที่ 10 ตัวอย่างแบบติดตามผลของผู้เข้าร่วมอบรม รุ่นที่ 2 ตัวอย่างที่ 2



แบบทดสอบการอบรมหลักสูตร
train the trainer ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำเสียและ
การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่สำหรับบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม รุ่นที่ 1
(ทางสถาบันฯ ขอให้การรับรองว่าข้อมูลดังกล่าวจะใช้เพื่อการอบรมเท่านั้นและจะไม่มีการนำไปเผยแพร่)

1. ข้อมูลการการผลิต และการใช้น้ำของโรงงาน

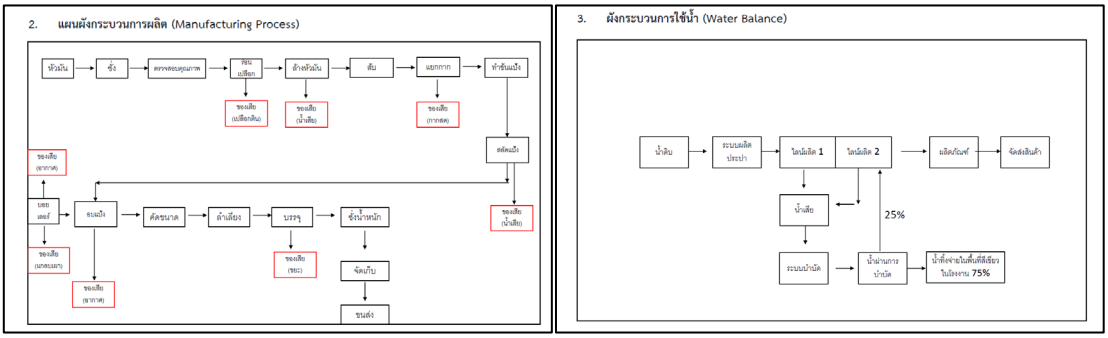
ข้อมูลปี พ.ศ. 2565

ข้อมูลการผลิต

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต	หน่วยการผลิต
1	แป้งมัน	7,000	ตัน/เดือน

ข้อมูลการใช้น้ำ

ลำดับที่	ใช้ในกระบวนการ	ลบ.ม./เดือน
1	น้ำประปา	3,000
2	น้ำบาดาล	1,000
รวมทั้งสิ้น		4,000



2. แผนผังกระบวนการผลิต (Manufacturing Process)

3. ผังกระบวนการใช้น้ำ (Water Balance)

4. มาตรการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

มาตรการ	ลดการใช้น้ำ/เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ (ลบ.ม./ปี)	งบประมาณในการลงทุน (คาดการณ์) (บาท)	ค่าใช้จ่ายการใช้น้ำที่ลดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
นำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ	10,000	150,000	50,000	2-3
จ่ายน้ำให้เกษตรกร รอบ รง.		200,000		3-5

รูปที่ 11 ตัวอย่างแบบติดตามผลของผู้เข้าร่วมอบรม รุ่นที่ 2 ตัวอย่างที่ 3

2. กิจกรรมเยี่ยมชมการใช้น้ำของโรงงานหลังการอบรมหลักสูตรอบรม

หลังจากผ่านช่วงเวลาการจัดกิจกรรมอบรม ได้มีการเข้าเยี่ยมชมโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นต้นแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ เพื่อได้เห็นรูปแบบการใช้น้ำ และวิธีการประหยัดน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นต้นแบบได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 12 กิจกรรมเยี่ยมชมการผลิตและการใช้น้ำของโรงงาน.

3. ผลการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการ

ผลการติดตามประสิทธิภาพโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมดำเนินโครงการ เพื่อเป็นต้นแบบในการลดการใช้น้ำ แสดงดังรูปที่ ค.8 โดยคำนวนอัตราการใช้น้ำเทียบกับอัตราการผลิตของแต่ละโรงงาน เทียบจากปี 2564 ที่ยังไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์

A = ต้นแบบระดับนิคมอุตสาหกรรม
B = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า
C = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมสีย้อม
D = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรม Recycle ของเสีย
E = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมยางสังเคราะห์
F = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร
G = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมเคมี
H = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมโรงผลิตไฟฟ้า
I = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมพิมพ์ลวดลายบนชิ้นงาน
J = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภค-บริโภค
K = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม
L = โรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์จากยาง

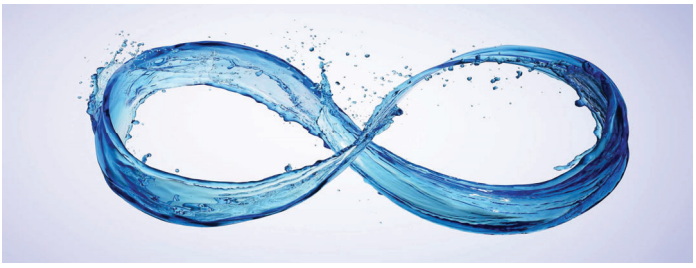
รูปที่ 13 ผลการติดตามการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของโรงงานต้นแบบ

ภาคผนวก ค

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะด้วยหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการ

ภาคผนวก ค-1

เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรที่ 1



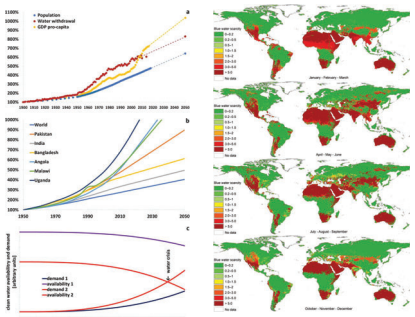
ศักยภาพของการบริหารจัดการน้ำแบบอัจฉริยะตามหลัก 3R

ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์

การฟื้นตัวทางเศรษฐกิจและเศรษฐกิจหมุนเวียน

ปัญหาการขาดแคลนน้ำเป็นปัญหาระดับโลก

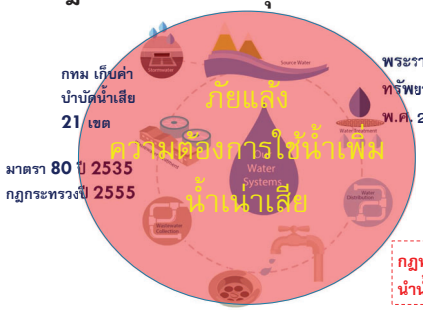
- ✓การเพิ่มขึ้นของประชากร
- ✓กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น
- ✓น้ำเป็นต้นทุนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ
- ✓ปัญหาภาวะโลกรวน
- ✓การแย่งน้ำของภาคส่วนต่างๆ
- ✓วิกฤติสุดๆเริ่มในปี 2040
- ✓แต่สัญญาณแห่งวิกฤติจะแรงขึ้นเรื่อยๆ



Boretti, A., Rosa, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. npj Clean Water 2, 15 (2019). https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9

https://www.weforum.org/agenda/2016/02/4-billion-people-face-severe-water-scarcity-at-least-for-one-month-every-year/

กลไกกฎหมายน้ำเสีย น้ำอุปโภค-บริโภคในประเทศไทย



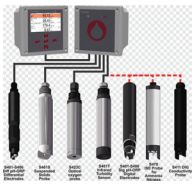
กฎหมายประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

3R +2R

Voulvoulis (2018). Current Opinion in Environmental Science & Health Volume 2, Pages 32-45

เครื่องมือสำหรับระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับภาคบริการ

- ✓เครื่องมือหลัก
  - ○การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE))
  - ○การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Water Recycle & Reuse (WR))
  - ○อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ เซ็นเซอร์ (IoT and Sensor)
- ✓การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Non-portable)
  - ○ใช้รดพื้นที่สีเขียว
  - ○ใช้เป็นน้ำล้างชักโครก/โถปัสสาวะ
  - ○ใช้เป็นน้ำหอหล่อเย็น (Cooling Tower)



ระบบบำบัดน้ำเสียโสโครกสำเร็จรูปอัจฉริยะด้วยวิธีการเติมโอโซนร่วมกับการบำบัดด้วยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศ

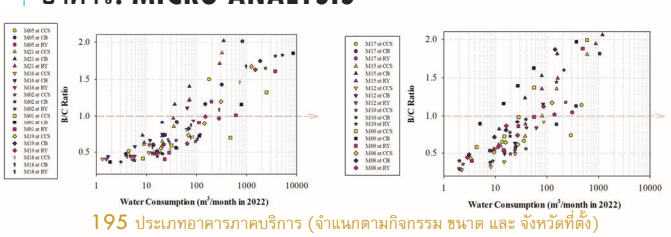
ตัวอย่างระบบรีไซเคิลและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศไทย

ชื่อสถานประกอบการ	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (%)	ราคาต่อหน่วยค่า Reuse (บาท ต่อ ลบม)	ราคาประปา (บาท ต่อ ลบม)	IOT/Sensor ที่ใช้	ปัญหาที่พบ	แรงจูงใจ	ความต้องการ/ข้อเสนอแนะ
ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาระยอง	50% สำหรับ ทอหล่อเย็น 100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 51% ของทั้งระบบ	17-18	32	IOT สำหรับการดูและระบบ และ sensors สำหรับเดินระบบ DO, pH, Conduct	การนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนไม่สามารถนำไปใช้ในทอหล่อเย็นได้ ระบบ UF ดันบ่อย	ลดต้นทุน	กฎหมาย ความช่วยเหลือทางเทคนิค
ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาแจ้งวัฒนะ	100% สำหรับ ทอหล่อเย็น 100% สำหรับสุขา	12 (ราคาขายน้ำ)	15-16	IOT สำหรับการดูและระบบ และ sensors สำหรับเดินระบบ Turbidity และ Conduct	-		
ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ รามคำแหง	100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 37% ของทั้งระบบ	5.8	15-16	-	-	ลดต้นทุน	ความช่วยเหลือทางเทคนิค/เอาน้ำไปขาย หรือ ใช้ที่อื่น

ประเมินระบบ WATER REUSE ที่ใช้ในประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อสถานประกอบการ	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (%)	ราคาต่อหน่วย ค่า Reuse (บาท ต่อ ลบม)	ราคาประปา (บาท ต่อ ลบม)	IOT/Sensor ที่ใช้	ปัญหาที่พบ	แรงจูงใจ	ความต้องการ/ข้อเสนอแนะ
สถานีน้ำมัน ปตท. สาขาพระราม 2	รดน้ำต้นไม้ 100% รวมประมาณ 28% ของทั้งระบบ	3.11	15-16	-	ต้องจ้างผู้ดูแลซ่อมบำรุงระบบ	ภาพลักษณ์ Zero Discharge	กฎหมายที่บอกว่าใช้น้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ในท้องน้ำ
สำนักงาน บริษัท เกษตรพัฒนา อุตสาหกรรม	รดน้ำต้นไม้ 100%	5.8	29	เครื่องวัดอัตราการผลิตน้ำรีไซเคิล	-	ประหยัดค่าใช้จ่าย	การสนับสนุนจากภาครัฐ
สำนักงาน บริษัท ควอลิตี้ มิเนอรัล จำกัด (มหาชน)	100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 37% ของทั้งระบบ	5.8	21	Turbidity	-	ประหยัดค่าใช้จ่าย	การสนับสนุนจากภาครัฐ

ความคุ้มทุนในการดำเนินการของแต่ละประเภทอาคาร: MICRO ANALYSIS



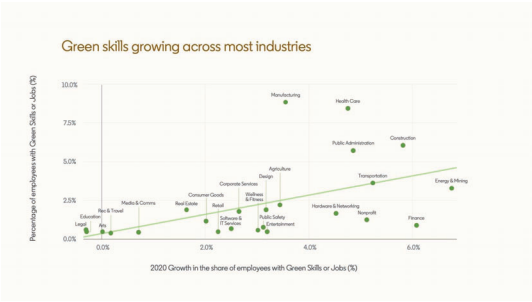
195 ประเภทอาคารภาคบริการ (จำแนกตามกิจกรรม ขนาด และ จังหวัดที่ตั้ง)

❖59 ประเภทอาคารที่มี B/C ratio > 1 คุ้มทุนจากการดำเนินการ

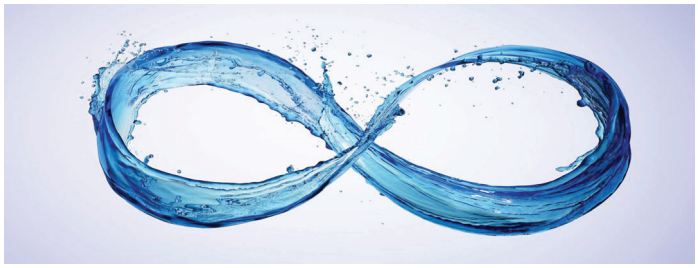
○17 ในฉะเชิงเทรา, 25 ในชลบุรี, และ17 ในระยอง (pomphenrat@gmail.com)

❖136 ประเภทอาคารที่มี B/C ratio < 1 ไม่คุ้มทุนจากการดำเนินการ

ทักษะสีเขียว-ทักษะที่ต้องมี



https://www.weforum.org/agenda/2021/09/sectors-where-green-jobs-are-growing-in-demand/



ทิศทางอนาคต อุปสงค์-อุปทาน กลไกตลาดน้ำประปา-น้ำเสียที่ อาคารภาคบริการต้องรู้

ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ความไม่แน่นอนที่แน่นอน

พาดหัวข่าว (7 ธันวาคม 2562):

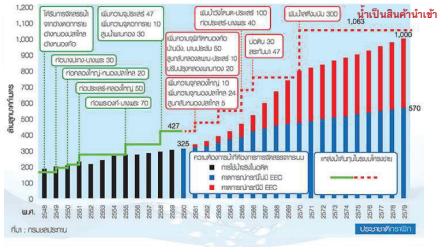
❖"ภาคตะวันออกระทึก น้ำแล้งสุดในรอบ 14 ปี "ระยอง -ชลบุรี" ส่วน ปริมาณน้ำในอ่าง "ประแสร์-คลองใหญ่-หนองปลาไหล-พยากรณ" สวน หอการค้า สภาอุตฯ ภาคท่องเที่ยว โรงแรม ผวา ฉัดถกหน่วยงานรัฐด่วน "สทนช." หวัน สามยีอีซีกระทบเชื่อมั่นลงทุน ของลง 8.8 หมื่น ล้านปี'63-80 สร้างอ่างเก็บน้ำเพิ่ม 10 แห่ง พร้อมระบบผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล"

❖"ปี'70-80 EEC ขาดแคลนน้ำแน่"

❖"ชลบุรีลุ้น 3 เดือนรอดหรือวิกฤต

ด้านนายภัครธรณ์ เทียนไชย ผู้ว่าราชการจังหวัดชลบุรี เปิดเผยว่า ปีนี้ชลบุรีฝนตกน้อยกว่าปกติ 30% ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกกว่าทุกปี ขณะนี้ได้ประชาสัมพันธ์ให้ช่วยกันประหยัด ทั้งทำ"

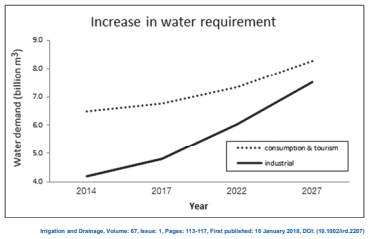
Ref: https://www.prachachat.net/economy/news-399242



แน่นอน = อุปสงค์มีแต่เพิ่ม

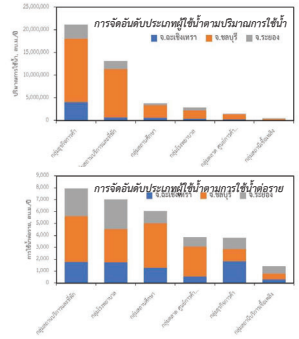
ไม่แน่นอน = อุปทาน

ทิศทางความต้องการน้ำของประเทศไทย



Irrigation and Drainage, Volume: 67, Issue: 1, Pages: 113-117, First published: 10 January 2018, DOI: (10.1002/ird.2207)

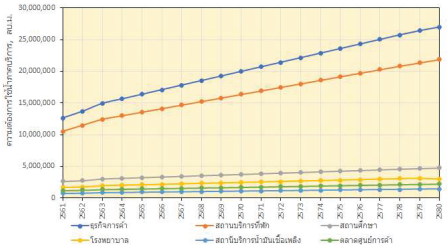
การจัดอันดับประเภทผู้ใช้น้ำ (มาก->น้อย)



การจัดอันดับประเภทผู้ใช้น้ำตามปริมาณการใช้น้ำ
- กลุ่มธุรกิจการค้า
- กลุ่มสถานบริการและที่พัก
- กลุ่มสถานศึกษา
- กลุ่มโรงพยาบาล
- กลุ่มตลาด ศูนย์การค้า
- กลุ่มสถานีน้ำมันเชื้อเพลิง

การจัดอันดับประเภทผู้ใช้น้ำตามการใช้น้ำต่อรายเฉลี่ย
- กลุ่มสถานบริการและที่พัก
- กลุ่มโรงพยาบาล
- กลุ่มสถานศึกษา
- กลุ่มตลาด ศูนย์การค้า
- กลุ่มธุรกิจการค้า
- กลุ่มสถานีน้ำมันเชื้อเพลิง

แนวโน้มของความต้องการใช้น้ำภาคบริการของจังหวัดชลบุรีในอนาคต



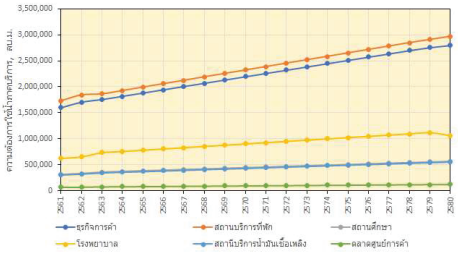
ปี พ.ศ. 2561 : 28.89 ล้านลบ.ม.

ปี พ.ศ. 2570 : 44.57 ล้านลบ.ม.
เพิ่มขึ้น 54.25%

ปี พ.ศ. 2580 : 59.21 ล้านลบ.ม.
เพิ่มขึ้น 104.93%

อัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี : 4.30%

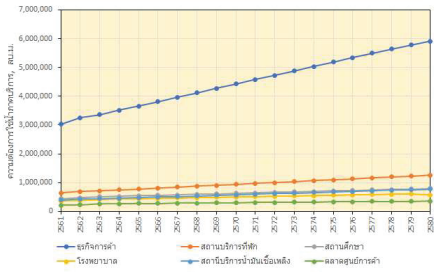
แนวโน้มของความต้องการใช้น้ำภาคบริการของจังหวัดระยองในอนาคต



ปี พ.ศ. 2561 : 4.38 ล้านลบ.ม./ปี
ปี พ.ศ. 2570 : 6.03 ล้านลบ.ม./ปี
เพิ่มขึ้น 37.55%
ปี พ.ศ. 2580 : 7.60 ล้านลบ.ม./ปี
เพิ่มขึ้น 73.36%

อัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี : 3.18%

แนวโน้มของความต้องการใช้น้ำภาคบริการของจังหวัดฉะเชิงเทราในอนาคต

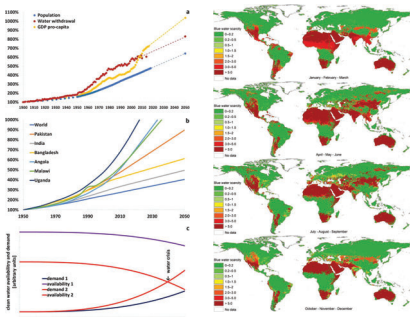


ปี พ.ศ. 2561 : 4.70 ล้านลบ.ม./ปี
ปี พ.ศ. 2570 : 6.81 ล้านลบ.ม./ปี
เพิ่มขึ้น 44.66%
ปี พ.ศ. 2580 : 8.91 ล้านลบ.ม./ปี
เพิ่มขึ้น 89.20%

อัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี : 3.73%

ปัญหาการขาดแคลนน้ำเป็นปัญหาระดับโลก

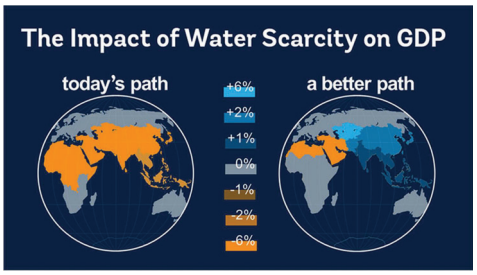
- ✓การเพิ่มขึ้นของประชากร
- ✓กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น
- ✓น้ำเป็นต้นทุนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ
- ✓ปัญหาภาวะโลกรวน
- ✓การแย่งน้ำของภาคส่วนต่างๆ
- ✓วิกฤติสุดๆเริ่มในปี 2040
- ✓แต่สัญญาณแห่งวิกฤติจะแรงขึ้นเรื่อยๆ



Boretti, A., Rosa, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. npj Clean Water 2, 15 (2019). https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9

https://www.weforum.org/agenda/2016/02/4-billion-people-face-severe-water-scarcity-at-least-for-one-month-every-year/

ผลกระทบต่อเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำ



https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/high-and-dry-climate-change-water-and-the-economy

ผู้ผลิตน้ำประปาในไทย

การประปานครหลวง

ในปี 2559 การประปานครหลวง จำหน่ายน้ำประปาได้ 1,406 ล้านลูกบาศก์เมตร

ราคาขายน้ำของการประปานครหลวง มีตั้งแต่ 8.50 - 15.81 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

รายได้ของการประปานครหลวง

- ปี 2557 รายได้ 19,492 ล้านบาท กำไร 6,876 ล้านบาท
- ปี 2558 ร
- ปี 2559 ?Price

การประปาส่

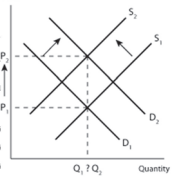
ในปี 2559 (?ลูกบาศก์เมตร

ราคาขายน้ำ ?P1 ?ต่อลูกบาศก์เมตร

รายได้ของการ ?P

- ปี 2557 ร
- ปี 2558 ร
- ปี 2559 ร

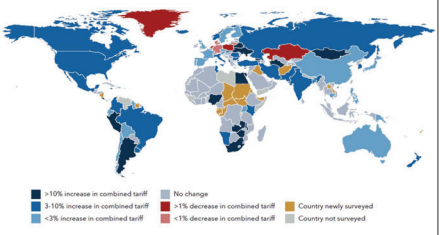
Graph 7



https://www.longtunman.com/2333

การแก้ปัญหาน้ำขาดแคลนด้วยการขึ้นค่าน้ำประปาและค่าบำบัดน้ำเสีย

- ❖จากการสำรวจ 512 เมืองใน 191 ประเทศในปี 2018
- ❖พบว่าค่าน้ำประปา+ค่าบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยอยู่ที่ $2.04 ต่อลบม
- ❖เพิ่มขึ้น 3.8% จากปี 2017
- ❖ประเทศไทยไม่ขึ้นค่าน้ำประปา
- ❖แต่จะคงไว้ได้นานแค่ไหน?



https://globalwatersecurity.org/content-hub/2019-02-11/What-does-the-world-pay-for-water

อาจจะไม่นานนัก

❖ผู้บริหาร กปน. ให้ข่าวว่า "หลังจากที่เก็บค่าน้ำประปาราคาหน่วยละ 8.5 บาท มานาน 15 ปีแล้ว จึงมีแนวคิดจะเก็บค่าน้ำประปาเพิ่ม เพื่อนำเงินรายได้มาพัฒนาระบบน้ำประปาให้ดีขึ้น รองรับการขยายตัวของชุมชนที่เพิ่มขึ้น โดยอาจจะเพิ่มเป็นหน่วยละ 10 บาท ซึ่งเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกับการประปาส่วนภูมิภาค โดยคาดว่าจะดำเนินการจัดเก็บในอัตรานี้อย่างช้าไม่เกินปี 2559"

(https://mgronline.com/daily/detail/9590000031243)

ตารางหมายเลข 1 อัตราค่าน้ำประปาพื้นที่ลอยน้ำของกุ้ง

กปภ. สาขาฉะเชิงเทรา บางปะกง ระยอง ปทุมธานี ร้องลิ้ง สัญญา คลองหลวง ราชบุรี สมุทรสงคราม ดอนปอย สามพราน สมุทรสาคร นครสวรรค์

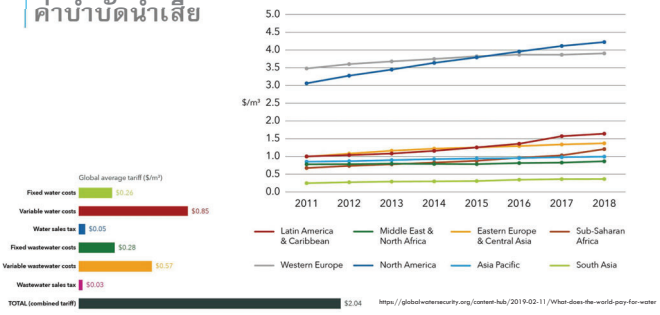
กปภ. สาขาสมุทร์ พัทยา แหลมฉบัง ศรีราชา หนองมน บ้านบึง

ช่วงการใช้น้ำ (ลบ.ม. / เดือน)	จำนวนหน่วย	1. ที่อยู่อาศัย			2. ราชการและรัฐวิสาหกิจ			3. รัฐวิสาหกิจ / เอกชน / ธุรกิจขนาดใหญ่		
		ราคา	เป็นเงิน	รวมเงิน	ราคา	เป็นเงิน	รวมเงิน	ราคา	เป็นเงิน	รวมเงิน
หน่วยพื้นฐาน					อัตราขั้นต่ำ 150 บาท / เดือน (8 ลบ.ม.)			อัตราขั้นต่ำ 300 บาท / เดือน (15 ลบ.ม.)		
0 - 10	10	10.20	102.00	102.00	17.00	170.00	170.00	18.25	182.50	182.50
11 - 20	10	16.00	160.00	262.00	20.00	200.00	370.00	21.50	215.00	397.50
21 - 30	10	19.00	190.00	452.00	21.00	210.00	580.00	26.50	265.00	662.50
31 - 50	20	21.20	424.00	876.00	22.00	440.00	1,020.00	28.50	570.00	1,232.50
51 - 80	30				23.00	690.00	1,710.00	31.00	930.00	2,162.50
81 - 100	20			-	24.00	480.00	2,190.00	31.25	625.00	2,787.50
101 - 300	200				27.40	5,480.00	7,670.00	31.50	6,300.00	9,077.50
301 -1,000	700				27.50	19,250.00	26,920.00	31.75	22,225.00	31,302.50
1001 - 2,000	1,000				27.60	27,600.00	54,520.00	32.00	32,000.00	63,302.50
2,001 - 3,000	1,000				27.80	27,800.00	82,320.00	32.25	32,250.00	95,552.50
> 3,000					28.00			32.50		

1. ผู้ใช้น้ำประเภท 1 หากเดือนใดใช้น้ำมากกว่า 50 ลบ.ม./เดือน ให้คิดอัตราค่าน้ำประปาเท่ากับผู้ใช้น้ำประเภท 2 ณ เวลานั้น โดยคิดตั้งแต่ ลบ.ม.ที่ 51
2. ผู้ใช้น้ำประเภท 2 (หมายเหตุที่ 28 และ 29) หากเดือนใดใช้น้ำมากกว่า 80 ลบ.ม./เดือน ให้คิดอัตราค่าน้ำประปาเท่ากับผู้ใช้น้ำประเภท 3 ณ เวลานั้น โดยคิดตั้งแต่ ลบ.ม.ที่ 81

https://www.pwa.co.th/contents/service/table-price

แนวโน้มและองค์ประกอบของค่าน้ำประปาและค่าบำบัดน้ำเสีย



แนวทางบูรณาการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ

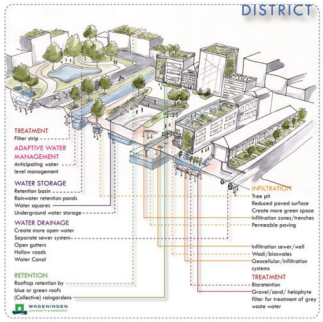
https://www.prachachat.net/facebook-instant-article/news-38706
https://www.eeco.or.th/sites/default/files/EEC%20Information%20Board_0.pdf

สร้างกำไรจากการลดการใช้น้ำ/นำน้ำกลับมาใช้ใหม่

กำไร = รายได้-ต้นทุน

- ✓ ภาพลักษณ์ธุรกิจสีเขียว
- ✓ คาร์บอนเครดิต
- ✓ ลดค่าบำบัดน้ำเสีย
- ✓ ลดความเสี่ยงต่อการจ่ายค่าปรับตามมาตรา 80
- ✓ ลดค่าน้ำประปา
- ✓ ลดความไม่แน่นอนจากน้ำขาดแคลน

SMART CITY: เมืองอัจฉริยะ



https://www.waterworld.com/international/wastewater/articl

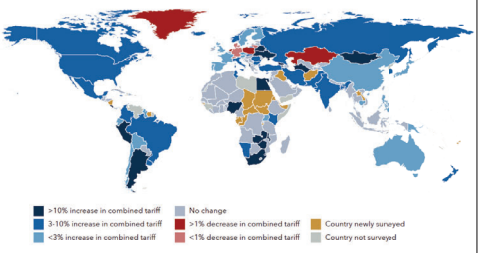
ข้อซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

กฎหมายและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย น้ำทิ้ง การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับอาคารภาคบริการ

ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

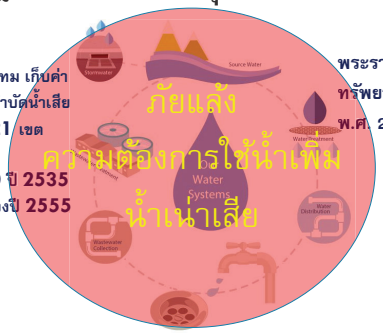
การแก้ปัญหาน้ำขาดแคลนด้วยการขึ้นค่าน้ำประปาและค่าบำบัดน้ำเสีย

- ❖จากการสำรวจ 512 เมืองใน 191 ประเทศไรปี 2018
- ❖พบว่าค่าน้ำประปา+ค่าบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยอยู่ที่ $2.04 ต่อลบม
- ❖เพิ่มขึ้น 3.8% จากปี 2017
- ❖ประเทศไทยไม่ขึ้นค่าน้ำประปา
- ❖แต่จะคงไว้ได้นานแค่ไหน?



https://globalwatersecurity.org/content-hub/2019-02-11/What-does-the-world-pay-for-water

กลไกกฎหมายน้ำเสีย น้ำอุปโภค-บริโภคในประเทศไทย



กทม เก็บค่าบำบัดน้ำเสีย 21 เขต

มาตรา 80 ปี 2535
กฎกระทรวงปี 2555

พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561

พระราชบัญญัติ ทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561

การใช้ทรัพยากรน้ำสาธารณะ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1) การใช้น้ำประเภทที่หนึ่ง ได้แก่ การใช้ทรัพยากรน้ำสาธารณะเพื่อการดำรงชีพ การอุปโภคบริโภคในครัวเรือน การเกษตรหรือการเลี้ยงสัตว์เพื่อยังชีพ การอุตสาหกรรมในครัวเรือน การรักษาระบบนิเวศ จารีตประเพณี การบรรเทาสาธารณภัย การคมนาคม และการใช้น้ำในปริมาณเล็กน้อย

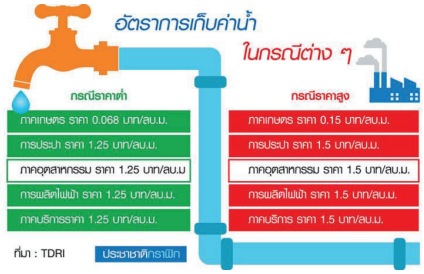
2) การใช้น้ำประเภทที่สอง ได้แก่ การใช้ทรัพยากรน้ำสาธารณะเพื่อการอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว การผลิตพลังงานไฟฟ้า การประปาและกิจการอื่น

3) การใช้น้ำประเภทที่สาม ได้แก่ การใช้ทรัพยากรน้ำสาธารณะเพื่อกิจการขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำปริมาณมาก หรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบข้ามลุ่มน้ำ หรือครอบคลุมพื้นที่อย่างกว้างขวาง

พระราชบัญญัติ ทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561 (ต่อ)

- รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนดอัตราค่าใช้น้ำประเภทที่สองและประเภทที่สามที่ไม่ใช่น้ำจากทางน้ำชลประทานตามกฎหมายว่าด้วยการชลประทานและไม่ใช่น้ำบาดาลตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาล
- ผู้รับใบอนุญาตการใช้น้ำประเภทที่สองและประเภทที่สามต้องติดตั้งเครื่องมือวัดหรือประเมินปริมาณน้ำที่ใช้ และเก็บข้อมูลที่จำเป็นเพื่อให้พนักงานเจ้าหน้าที่ตรวจสอบ

ตัวอย่างการเก็บค่าใช้น้ำ



https://www.prachachat.net/economy/news-203694

มาตรา 80 พรบส่งเสริมสิ่งแวดล้อม 2535

กรมควบคุมมลพิษได้อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๘๐ แห่ง พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ ออกกฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และแบบการจัดเก็บสถิติ ข้อมูล การจัดทำบันทึกรายละเอียดและรายงานสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย พ.ศ. ๒๕๕๕

☐ มาตรา ๑๐๔ เจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษผู้ใดไม่ปฏิบัติตามกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา ๘๐ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งปี หรือปรับไม่เกินหนึ่งแสนบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

☐ มาตรา ๑๐๖ เจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ ผู้ควบคุมหรือผู้รับจ้างให้บริการบำบัดน้ำเสียหรือกำจัดของเสียผู้ใดไม่จัดเก็บสถิติ ข้อมูล หรือไม่ทำบันทึกหรือรายงานตามมาตรา ๘๐ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาทหรือทั้งจำทั้งปรับ

☐ มาตรา ๑๐๗ ผู้ควบคุมหรือผู้รับจ้างให้บริการผู้ใดทำบันทึกหรือรายงานใดที่ตนมีหน้าที่ต้องทำตามพระราชบัญญัตินี้โดยแสดงข้อความอันเป็นเท็จ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งปี หรือปรับไม่เกินหนึ่งแสนบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

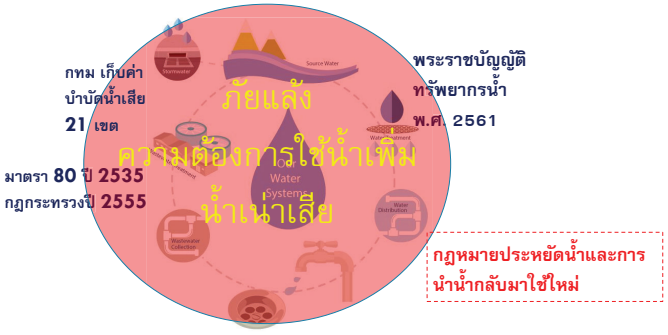
แหล่งกำเนิดน้ำเสีย 10 ประเภท

- โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม
- ระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน
- ดินจัดสรร
- อาคาร (มี 2 ประกาศ)
- สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง
- การเลี้ยงสุกร
- บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
- บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย
- บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

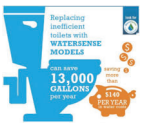
เก็บค่าบำบัดน้ำเสีย กทม

- ประเภทที่ 1 คือ บ้านเรือนที่พักอาศัย รวมถึงอาคาร ซึ่งโดยปกติบุคคลใช้อยู่อาศัยได้ทั้งกลางวัน และกลางคืน ไม่ว่าจะเป็นการอยู่อาศัยอย่างถาวรและชั่วคราว อาคารประเภทอาคารชุด คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนต์ หอพัก รวมทั้งอาคารที่อยู่อาศัยรวม อัตราค่าธรรมเนียม 2 บาท/ลูกบาศก์เมตร
- ประเภทที่ 2 คือ หน่วยงานของรัฐ หรืออาคารที่ทำการของเอกชน หรือองค์กรระหว่างประเทศ มูลนิธิ ศาสนสถาน สถานสาธารณกุศล โรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล โรงเรียนหรือสถานศึกษา สถานประกอบการที่มีการใช้น้ำเฉลี่ยย้อนหลัง 1 ปีก่อนการจัดเก็บค่าธรรมเนียมบำบัดน้ำเสีย ไม่เกิน 2,000 ลูกบาศก์เมตร/เดือน หากกรณีที่ประกอบการไม่ถึง 1 ปี ให้ใช้ค่าเฉลี่ยตามระยะเวลาที่ประกอบการ อัตราค่าธรรมเนียม 4 บาท/ลูกบาศก์เมตร
- ประเภทที่ 3 คือ โรงแรม โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน และสถานประกอบการที่มีการใช้น้ำเฉลี่ยย้อนหลัง 1 ปีก่อนการจัดเก็บค่าธรรมเนียมบำบัดน้ำเสีย ไม่เกิน 2,000 ลูกบาศก์เมตร/เดือน หากกรณีที่ประกอบการไม่ถึง 1 ปี ให้ใช้ค่าเฉลี่ยตามระยะเวลาที่ประกอบการ อัตราค่าธรรมเนียม 8 บาท/ลูกบาศก์เมตร

กลไกกฎหมายน้ำเสีย น้ำอุปโภค-บริโภคในประเทศไทย ที่ขาดหายไป แต่จะมาแน่ ๆ

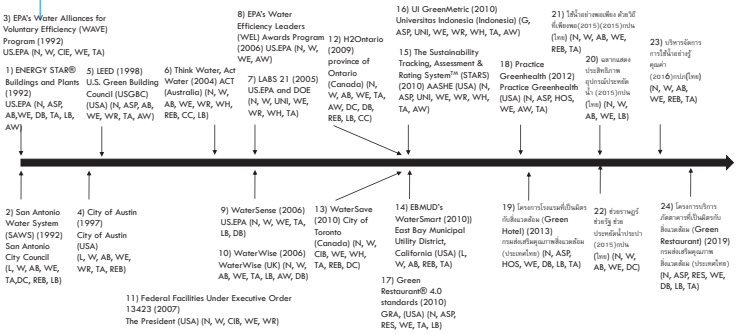


มาตรการทางกฎหมายและโครงการริเริ่มของต่างประเทศ



มาตาการ	ตัวย่อ	ควรมีนโยบาย กฎหมาย หรือองค์กรดำเนินการ/สนับสนุน	ดำเนินการได้เองโดยเอกชน
มาตรการสั่งการและควบคุม	CC	☑☑☑	☒☒☒
ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ	WE	☑	☑
รีไซเคิลน้ำและนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ	WR	☑	☑
การกักเก็บน้ำฝนใช้งาน	WH	☑	☑
การให้ความช่วยเหลือทางเทคนิค	TA	☑☑☑	☒☒☒
การให้รางวัล/ทำฐานข้อมูล	AW/DB	☑☑☑	☒☒☒
การสนับสนุนทางการเงิน ให้เปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดน้ำ(Rebate)	REB	☑☑☑	☒☒☒
ส่วนลดราคาค่าน้ำ	DC	☑☑☑	☒☒☒
การติดฉลาก	LB	☑☑☑	☒☒☒

ทบทวนวรรณกรรม:
โครงการ 3R เพื่อการลดการใช้น้ำนานาชาติ และ ในประเทศ



รายละเอียดแต่ละโครงการริเริ่มและกฎหมาย

SCAN ME

สถิติเครื่องมือ

Project	Scale			Scope		Type of Building					Approach			Tool					
	N	L	G	ASP	W	AB	CIB	RES	HOS	UNI	WE	WR	WH	CC	AW	REB	DC	LB	DB	TA
ENERGY STAR®	1			1		1					1				1			1	1	1
SAWS		1			1	1					1					1	1	1		1
WAVE	1				1		1				1									1
City of Austin		1			1	1					1	1				1				1
LEED	1			1		1					1	1						1	1	1
Think Water, Act Water	1				1	1					1	1	1	1		1		1		1
Labs 21	1				1					1	1	1	1							1
WEL	1				1	1					1				1					
WaterSense	1				1	1					1							1	1	
WaterWise	1				1	1					1				1			1	1	1
Federal Facilities Under Executive Order 13423	1				1		1				1	1								1

สถิติเครื่องมือ (ต่อ)

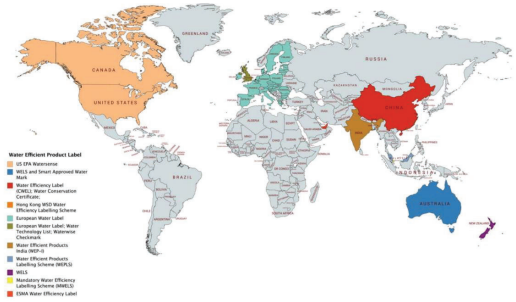
Project	Scale			Scope		Type of Building					Approach			Tool					
	N	L	G	ASP	W	AB	CIB	RES	HOS	UNI	WE	WR	WH	CC	AW	REB	DC	LB	DB	TA
H2Ontario		1			1	1					1			1	1	1	1	1	1	1
WaterSave		1			1		1				1	1				1	1			1
EBMUD's WaterSmart		1			1		1				1					1				1
STARS	1			1						1	1	1	1		1					1
UI GreenMetric			1	1						1	1	1	1		1					1
Green Restaurant® 4.0 standards	1			1				1			1							1		1
Practice Greenhealth	1			1					1		1				1					1
Green Hotel	1			1					1		1							1	1	1
เอกสารแสดงประสิทธิภาพอุปกรณ์ประหยัดน้ำ	1				1	1					1							1		
ใช้น้ำอย่างชาญฉลาดเพื่อตัวบ่งชี้ที่เพิ่มขึ้น	1				1	1					1					1				1
ช่วยราษฎร์ ช่วยรัฐ ช่วยประหยัดน้ำประปา	1				1	1					1						1			

สถิติเครื่องมือ (ต่อ)

Project	Scale			Scope		Type of Building					Approach			Tool					
	N	L	G	ASP	W	AB	CIB	RES	HOS	UNI	WE	WR	WH	CC	AW	REB	DC	LB	DB	TA
บริหารจัดการการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า	1				1	1					1					1				1
Green Restaurant	1			1					1		1							1	1	1
	18	5	1	8	16	13	4	1	3	3	24	8	4	2	7	8	4	11	7	20

Scale: N = National; L = Local or provincial; G = Global
Scope: ASP = All aspects of sustainability; W = Focus on water management
Type of Building: AB = All types of building; CIB = Commercial and institutional building; RES = Restaurant; HOS = Hospital; UNI = University
Approach: WE = Water efficiency; WR = Water recycling and Reuse; WH = Water harvest (rainwater)
Tool: CC= Command and control; AW = Award; REB = Rebate; DC = Discount; LB = Labeling; DB = Database; TA= Technical assistance

การใช้ฉลากประหยัดน้ำ



Ref: IWA Efficient Urban Water Management Specialist Group.(2019).Review of International Water Efficiency Product Lablelling. 80 pp

ศักยภาพของมาตรการ

ค่าน้ำประปา AUSTRALIA = 2.35-3.63 AUD PER M^3

มาตรการ	ตัวอย่างจาก Think Water, Act Water (Australia)		
	ตัวอย่าง	ประสิทธิภาพในการลดการใช้น้ำ (%)	ราคา ต่อ ลบ.ม. (AUD per m^3)
มาตรการควบคุม (Command and control)	Permanent Water Conservation Measures (PWCM)	6.13-10.96	0.12
	New Plumbing regulations	0.2	1.03
การให้ความช่วยเหลือทางเทคนิค	Water Sensitive Urban Design (WSUD)	0.23-4.12	2.77
การให้ข้อมูล/ทำฐานข้อมูล	Information and Awareness	3.33-3.84	0.44
การสนับสนุนทางการเงิน ให้เปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดน้ำ(Rebate)	WaterSmart Homes	0.15-0.16	0.88
	GardenSmart	0.07-0.24	0.88
	ToiletSmart	0.02-0.42	1.22
	Showerhead	0.29-0.44	0.20
	Rainwater Tank	0.10-0.20	3.32
	Greywater hose giveaway	0.19	0.25
ส่วนลดราคาค่าน้ำ	Water Pricing/other restrictions	9.45-24.32	
การติดฉลาก	Water Efficiency Labeling Scheme (WELS)	0.2-1.71	0.03

มาตรฐานน้ำรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่

http://www.emag.suez-environnement.com/en/wastewater-treatment-aims-challenges-11037

กฎหมายคุณภาพน้ำตามวัตถุประสงค์การใช้น้ำในแต่ละประเทศ

- สัมผัสโดยตรงกับสาธารณะและอาหาร
- สัมผัสทางอ้อมกับอาหารและเข้าถึงสาธารณะในพื้นที่จำกัด
- การใช้งานทางการเกษตรและมีการสัมผัสกับอาหารและสาธารณะต่ำ (Non-portable use)
- ห้ามสัมผัสกับอาหารหรือสาธารณะ (ใช้ในการชลประทานด้วยวิธีการลงสู่พื้นโดยตรงเท่านั้น) (Non-portable use)

SCAN ME

สรุปมาตรฐานคุณภาพน้ำรีไซเคิลของแต่ละประเทศ

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

- **ร่างกฎกระทรวง การออกแบบอาคารเพื่อการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ พ.ศ. ....**
  - กระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร
  - บังคับในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
  - การก่อสร้างอาคารประเภทควบคุมการใช้ รวมถึงอาคารที่ได้รับยกเว้น ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550 ข้อ 2 (1) (2) (3) (4) ยกเว้นอาคารตามข้อ 5
  - ที่มีการใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลรวมกันโดยเฉลี่ยมากกว่า 3,000 ลบม ต่อ เดือน (ต้องนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 10%)
  - โรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรมใช้น้ำมากกว่า 3,000 ลบม ต่อ เดือน ต้องทำใน 3 ปี (ต้องนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 15%)
  - ต้องออกแบบโดยมีการแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำที่บำบัดแล้วจะนำมาใช้ซ้ำ

SCAN ME ร่างกฎกระทรวง

SCAN ME อาคารประเภทควบคุมการใช้

SCAN ME อาคารที่ได้รับยกเว้นตามกฎกระทรวง

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
อุปกรณ์ประหยัดน้ำ

- ร่างกฎกระทรวงการติดตั้งอุปกรณ์และสุขภัณฑ์เพื่อการประหยัดน้ำพ.ศ. ....
  - กระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร
  - บังคับในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
  - การก่อสร้างอาคารประเภทควบคุมการใช้ รวมถึงอาคารที่ได้รับยกเว้น ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550 ข้อ 2 (1) (2) (3) (4) ยกเว้นอาคารตามข้อ 5
  - ที่มีการใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลรวมกันโดยเฉลี่ยมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน
  - อาคารเก่าที่มีการใช้น้ำมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน ต้องทำใน 3 ปี
  - ต้องออกแบบโดยมีการแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำที่บำบัดแล้วจะนำมาใช้ซ้ำ

ประเภทอุปกรณ์และสุขภัณฑ์	อัตราการใช้น้ำ (Water Consumption : W)
มีกระบังลมน้ำ	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อนาที
ก๊อกล้างหน้าล้างมือ	ไม่เกิน ๒ ลิตรต่อนาที
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบปุ่มเดียว	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อครั้ง
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบสองปุ่ม	ไม่เกิน ๓ ลิตรต่อครั้ง
โถปัสสาวะ	ไม่เกิน ๓ ลิตรต่อครั้ง

SCAN ME ร่างกฎกระทรวง

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
มาตรฐานน้ำที่นำกลับมาใช้ซ้ำ

- (ร่าง) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
  - กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

๒.๓ สำหรับนำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคาร
- (๑) สี มีค่าไม่เกิน ๕ หน่วย (Pt-Co)
- (๒) ความขุ่นมีค่าไม่เกิน ๒ หน่วย
- (๓) ค่าพีเอช ๖.๐ - ๙.๐
- (๔) บีโอดี มีค่าไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๕) ของแข็งแขวนลอย มีค่าไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๖) คลอรีนอิสระ มีค่าไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๗) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่าไม่เกิน <๕๐ โคโลนี/๑๐๐ มล.

SCAN ME ร่างประกาศกระทรวง

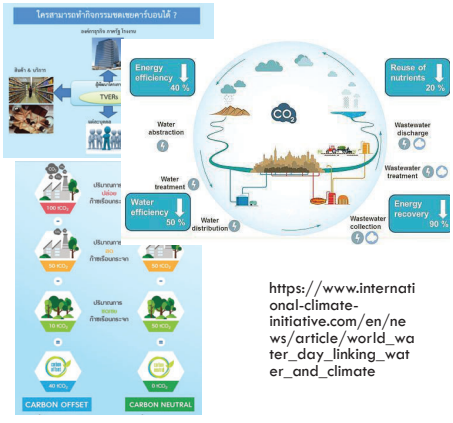
กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
ส่งเสริมการลงทุนประหยัดน้ำ/นำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ

- (ร่าง) ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ที่ ..... เรื่อง มาตรการส่งเสริมการประหยัดน้ำและการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ ในเขตพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
  - พระราชบัญญัติส่งเสริมการลงทุน พ.ศ. ๒๕๖๐ คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนจึงออกมาตรการ

SCAN ME ร่าง BOI

ข้อซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

คาร์บอนเครดิต



https://www.international-climate-initiative.com/en/news/article/world_water_day_linking_water_and_climate

เครื่องมือการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ 3R สำหรับอาคารภาคบริการ

ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

3R +2R

Voulvoulis (2018). Current Opinion in Environmental Science & Health Volume 2, Pages 32-45

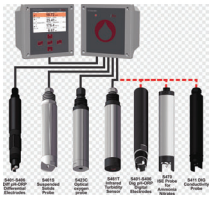
เครื่องมือสำหรับระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับภาคบริการ

✓ **เครื่องมือหลัก**

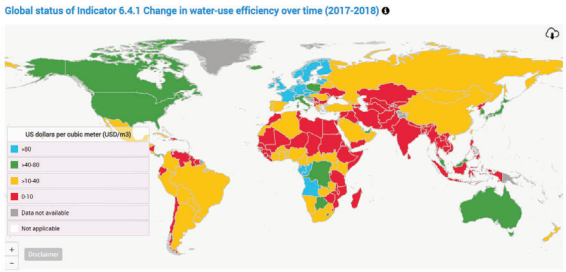
- การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE))
- การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Water Recycle & Reuse (WR))
- อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ เซ็นเซอร์ (IoT and Sensor)

✓ **การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Non-portable)**

- ใช้รัดพื้นที่สีเขียว
- ใช้เป็นน้ำล้างชักโครก/โถปัสสาวะ
- ใช้เป็นน้ำหอหล่อเย็น (Cooling Tower)



มูลค่าเพิ่มที่ได้จากน้ำบ่งบอกถึงการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ



https://sdg6data.org/indicator/6.4.1

ตัวอย่างอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (WE) สำหรับอาคารภาคบริการ

อุปกรณ์	เทคโนโลยี
ส้วมแบบชักโครก	**Dual flush:** ฟลัชน้ำครึ่งถังหรือฟลัชน้ำเต็มถังสำหรับธุระเบาหรือหนัก แต่ละประสิทธิภาพการกำจัดสิ่งปฏิกูล **Vortex flush:** เป็นการออกแบบโถสุขภัณฑ์ที่จะช่วยขับเคลื่อนน้ำไปข้างหน้า และทำให้เกิดโมเมนตัมในการชำระที่ทำความสะอาดได้เท่ากับการใช้น้ำมากๆ **Siphonic:** ท่อพักน้ำทั้งจะมีการเติมน้ำในระหว่างการกดสุขภัณฑ์ เพื่อเริ่มดันกาลักน้ำที่จะ “ดึง” วัตถุออกจากโถในขณะที่น้ำจากแทงก์น้ำจะไหลเข้าสู่โถโดยผ่านทางเจ็ทและขอบโถเพื่อ “ผลัก” วัตถุออกไป การผลักและการดึงที่เกิดขึ้นพร้อมกันจะชะล้างโถได้เป็นอย่างดีแม้จะใช้น้ำน้อย
ฝักบัวอาบน้ำ	**Aerated showerhead:** ฝักบัวผสมอากาศเข้าไปในน้ำเพื่อสร้างฟองละอองน้ำ ให้ใช้น้ำลดลง ลดการสูญเสียของน้ำที่ไม่ได้ใช้อาบ ปรับความดันน้ำให้คงที่ และ ได้กระแสน้ำที่คงที่ไม่ขาดตอน **Laminar-flow showerhead:** ปล่อยน้ำช้าๆ เป็นสายๆ ไม่ได้เป็นกระแสน้ำที่มากและเต็มเหมือน Aerated Showerhead เหมาะสำหรับที่อากาศร้อนชื้น **Tap flow restrictor:** เป็นอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำที่อัตราต่ำๆเพื่อประหยัดน้ำ มีแบบ 2, 4, 6, 9 ลิตร ต่อ นาที
ก๊อกน้ำ	**Sensor Activation:** ใช้เซ็นเซอร์ เปิด ปิดน้ำอัตโนมัติ ลดการสูญเสียน้ำ **Spray Trap:** ทำให้เกิดละอองฝอย โดยการผสมอากาศกับน้ำ ทำให้น้ำไหลผสมกับอากาศ ลดการสูญเสียน้ำไหลลงอ่างขณะล้างมือ **Push Tap:** เป็นปุ่มที่จะให้ปล่อยน้ำออกเมื่อกดเท่านั้น เมื่อหยุดกดน้ำจะปิดอัตโนมัติ ป้องกันการไหลของน้ำจากก๊อกแบบไม่ตั้งใจ **Tap flow restrictor:** เป็นอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำที่อัตราต่ำๆเพื่อประหยัดน้ำ
โถปัสสาวะ	โถปัสสาวะแบบไม่ใช้น้ำเลย (Waterless) นอกเหนือจากการตั้งเวลาการใช้น้ำชะระล้างเป็นช่วงๆ ใช้เซ็นเซอร์คุมการจ่ายน้ำชะระล้าง
เครื่องล้างจาน	มีระบบเซ็นเซอร์เพื่อปรับการใช้น้ำและพลังงานในการชักให้เหมาะสมกับปริมาณจาน ชาม ที่ทำการล้างในแต่ละรอบ
เครื่องซักผ้า	มีระบบเซ็นเซอร์เพื่อปรับการใช้น้ำและพลังงานในการชักให้เหมาะสมกับปริมาณเสื้อผ้าที่ทำการซักในแต่ละรอบ หรือการตั้งโปรแกรมการซักให้เหมาะกับผ้าแต่ละประเภทที่ใช้จำนวนรอบซักต่างกัน

ตัวอย่างอุปกรณ์ประหยัดน้ำ

การสำรวจอุปกรณ์ประหยัดน้ำที่มีจำหน่ายในประเทศไทยในปี 2020

SCAN ME

อุปกรณ์สำหรับ WATER EFFICIENCY ใน USA เทียบกับประเทศไทย

	ส้วมแบบชักโครก (แกลลอน ต่อ การชำระล้าง)		ฝักบัวอาบน้ำ (แกลลอน ต่อ นาที)	ก๊อกน้ำ (แกลลอน ต่อ นาที)	โถปัสสาวะ (แกลลอน ต่อ การชำระล้าง)	เครื่องล้างจาน (แกลลอน ต่อ การล้าง)	เครื่องซักผ้า (แกลลอน ต่อ การซัก)
	Tank	Flush Valve					
ก่อนปี 1984	5.0-7.0	5.0-7.0	5.0-8.0	4.0-7.0	5.00	14.00	56.00
ระหว่างปี 1984-1994	3.5-4.5	3.5-4.5	2.75-4.0	2.75-3.0	1.5-4.5	10.5-12	39-51
หลังปี 1994	1.6	1.6	2.5	2.5	1.0	10.5	27
WaterSense Maximum	1.28	-	2.0	1.5	0.5	-	-
ประสิทธิภาพสูงสุด	0.8-1.0	1.28	1.2-1.5	0.5-1.0	0-0.125	4.5-6.5	16-22
ผลสำรวจในตลาดประเทศไทย (2020)	0.8-1.58 (3-6 L)	-		0.4-1.58 (1.5-6 L)	0.13-2.11 (0.5-8 L)	-	-

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น อุปกรณ์ประหยัดน้ำ

ประเภทอุปกรณ์และสุขภัณฑ์	อัตราการใช้น้ำ (Water Consumption : W)
ฝักบัวอาบน้ำ	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อนาที
ก๊อกอ่างล้างหน้า-อ่างเมื่อ	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อนาที
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบปุ่มเดียว	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อครั้ง
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบสองปุ่ม	ไม่เกิน ๓ ลิตรต่อครั้ง
โถปัสสาวะ	ไม่เกิน ๓ ลิตรต่อครั้ง

➢ ร่างกฎกระทรวงการติดตั้งอุปกรณ์และสุขภัณฑ์เพื่อการประหยัดน้ำพ.ศ. ....

- กระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร
- บังคับในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
- การก่อสร้างอาคารประเภทควบคุมการใช้ รวมถึงอาคารที่ได้รับยกเว้น ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550 ข้อ 2 (1) (2) (3) (4) ยกเว้นอาคารตามข้อ 5
- ที่มีการใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลรวมกันโดยเฉลี่ยมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน
- อาคารเก่าที่มีการใช้น้ำมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน ต้องทำใน 3 ปี
- ต้องออกแบบโดยมีการแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำที่บำบัดแล้วจะนำมาใช้ซ้ำ

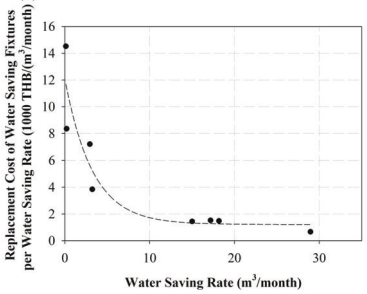
SCAN ME

ร่างกฎกระทรวง

ฐานข้อมูล: WATER EFFICIENCY (WE) ศักยภาพของมาตรการ (กปภ)

สถานที่	ประเภทอาคารบริหาร	กิจกรรม	งบประมาณรวม (บาท)	ประสิทธิภาพการประหยัดน้ำ (%)	ราคาน้ำประปา (บาท ต่อ ลบม)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี) (จากต้นทุนอุปกรณ์)	ระยะเวลาคืนทุนจากอุปกรณ์ที่สูงขึ้น (ปี)
ค่ายลูกเสือวชิราวุธ	สถานศึกษา	ติดตั้งก๊อกประหยัดน้ำ 6 ชุด	1,677	6.14	17	67.58	-
บริษัท เอทา จำกัด	SME	ติดตั้งก๊อกประหยัดน้ำ 2 ชุด	670.80	6.43	18.25	30.82	-
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TISTR)	สำนักงาน	เปลี่ยนก๊อกอ่างล้างมือ เปลี่ยนสายฉีดชำระ เปลี่ยนก๊อกชักล้าง รวม 24 ชิ้น	26,800	13.83	18	9.54	3.29
โรงเรียนเทศบาล ๑(แดงอ่อนผดิมวิทยา) จ.สุราษฎร์ธานี	โรงเรียน	ก๊อกโถปัสสาวะ ก๊อกอ่างล้างหน้า รวม 56 ชุด	26,080	20.99	15	6	-
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	โรงเรียน	ก๊อกอ่างล้างหน้า สายฉีดชำระ รวม 17 ชุด	12,411	7.95	15	10.75	-
โรงเรียนอุดรพิจิตรวิทยา จังหวัดอุดรธานี	โรงเรียน	ก๊อกอ่างล้างหน้า ก๊อกชักล้าง สายฉีดชำระ รวม 14 ชุด	21,654	8.51	21.75	5.62	-
สวนสัตว์เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่	สถานที่ท่องเที่ยว	ก๊อกน้ำหัวฉีดชำระ รวม 22 ชุด	21,186	7.38	18.25	20.6	2.6
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	โรงเรียน	ก๊อกประหยัดน้ำ สายชำระประหยัดน้ำรวม 19 ชุด	19,000	19.84	21	2.50	-
โรงพยาบาลอิดเวชขอนแก่นราชนครินทร์ จ.ขอนแก่น	โรงพยาบาล	ก๊อกประหยัดน้ำ สายฉีดชำระ รวม 30 ชุด	32,015	5.8	21.76	26	-

ราคาและปริมาณน้ำที่ลดการใช้ได้จากการเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (WE)



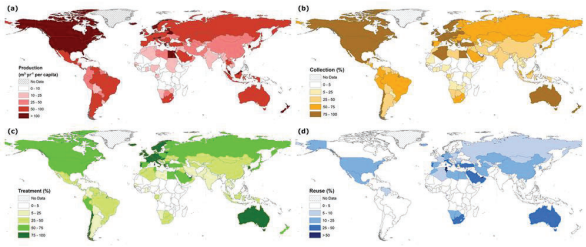
ศักย์ภาพการลดการใช้น้ำด้วย WE ในประเทศไทยและ USA

ประเภทอาคาร	Water Efficiency (%)*	Water Efficiency (%) กปภ+
สำนักงาน	28	13.83
SME	27	6.43
ห้างสรรพสินค้า	27	10.76±5.97
โรงพยาบาล	25	20.99
โรงเรียน/มหาวิทยาลัย	20	19.84
โรงแรม	17	10.76±5.97
สถานีบริการน้ำมัน	31	10.76±5.97

การรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่

http://www.emag.suez-environnement.com/en/wastewater-treatment-aims-challenges-11037

ศักย์ภาพของการรีไซเคิลน้ำและนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ



https://theconversation.com/we-now-treat-half-the-worlds-wastewater-and-we-can-make-inroads-into-the-other-half-154715

ศักย์ภาพการรีไซเคิลน้ำและนำกลับมาใช้ใหม่

ประเภทอาคาร	Water Reuse (%)			
	Toilet	Cooling (คิดว่าต้องเติมน้ำประปาลงไป 50%)	Green Area	รวม
สำนักงาน	10	14	22	46
SME	7.75	-	4	11.75
ห้างสรรพสินค้า	37	7.5	10	54.5
โรงพยาบาล	10	6.5	5	21.5
โรงเรียน/มหาวิทยาลัย	11.25	10	25	46.25
โรงแรม	7.5	7.5	10	25
สถานีบริการน้ำมัน	37	-	28	65

ความกังวลในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำแบบ NON-PORTABLE

- สีจะเหลืองหรือดำไหม?
- น้ำจะขุ่นไหม?
- จะมีกลิ่นเหม็นไหม?
- ค่าการนำไฟฟ้า หรือ ค่าของแข็งละลายน้ำจะเกินที่ยอมรับได้ไหม (สำหรับหอหล่อเย็น)
- ระบบเดินปกติไหม?

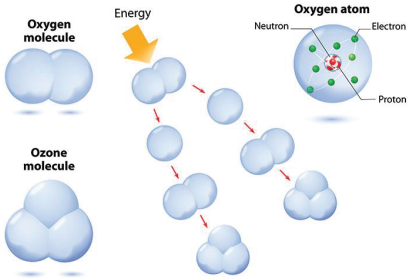
เทคนิคการบำบัดน้ำเพื่อการรีไซเคิลและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

SCAN ME

ระบบบำบัดน้ำเสียโสโครกสำเร็จรูปอัจฉริยะด้วยวิธีการเติมโอโซนร่วมกับการบำบัดด้วยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศ

OZONATION: CORONA DISCHARGE

FORMATION OF OZONE



Oxidant	Electrochemical Potential I (Volts)
Free Radical, (-OH)	2.8
Ozone atom (O)	2.42
Ozone, (O3)	2.07
Hydrogen Peroxide, (H2O2)	1.78
Potassium Permanganate, (KMnO4)	1.7
Chlorine Dioxide, (ClO2)	1.57
Chlorine gas, (Cl2)	1.36
Oxygen, (O2)	1.23
Bromine	1.09
Hypochlorous Acid, (HOCl)	0.95
Sodium Hypochlorite, (NaOCl)	0.94
Iodine	0.54

$O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow O_2 + H_2O$ 2.07 V

OZONE

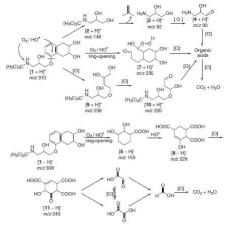
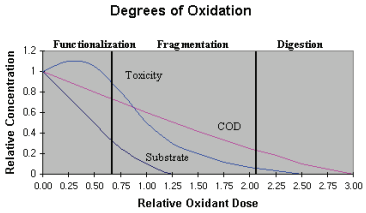
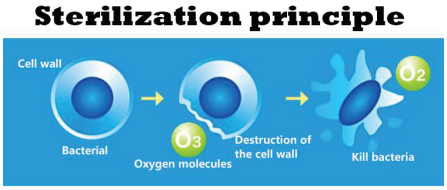


Figure 5. Mechanism proposed for nadolol (NAD) degradation by ozone based on ESI-MS/(MS) data (lower mass products).



OZONE ฆ่าเชื้อโรค



ประสิทธิภาพของการใช้คลอรีนขึ้นกับ.....

ปริมาณคลอรีนที่ใส่ลงไป และ เวลาทำปฏิกิริยาฆ่าเชื้อ

เข้มข้นมาก (C ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร)ใช้เวลาน้อย (t ในหน่วย นาที); เข้มข้นน้อย ใช้เวลามาก

สำหรับเชื้อโรคแต่ละชนิด C*t = ค่าคงที่ = k เรียกว่า กฎของ C*t

Table 1

Microorganism	Disinfectant			
	Free Chlorine pH 6 to 7	Preformed Chloramine pH 8 to 9	Chlorine Dioxide pH 6 to 7	Ozone pH 6 to 7
Escherichia Coli	0.034 - 0.05	95 - 180	0.4 - 0.75	0.02
Polio 1	1.1 - 2.5	768 - 3740	0.2 - 6.7	0.1 - 0.2
Rotavirus	0.01 - 0.05	3806 - 6476	0.2 - 2.1	0.006 - 0.06
Giardia lamblia cysts	47 > 150	2200[a]	26[a]	0.5 - 0.6
Giardia muris cysts	30 - 630	1400.00	7.2 - 18.5	1.8 - 2.0
Cryptosporidium parvum	7200[b]	7200[b]	78[c]	5 - 10[b]

(a) Values for 99% inactivation at pH 6-9.
(b) 99% inactivation at pH 7 and 25°C
(c) 90% inactivation at pH 7 and 25°C

เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อประเภทต่าง ๆ

ประเด็นพิจารณา	ชนิดผลิตภัณฑ์			
	Cl_2	ClO_2	O_3	NH_2Cl
Oxidation potential	แรง	แรงกว่า	แรงที่สุด	อ่อน
คงค้าง	ใช่	ไม่	ไม่	ใช่
กลไกการฆ่าเชื้อ	Proteins/NA	Proteins/NA	Proteins/NA	Proteins
ประสิทธิภาพ	ดี	ดีมากๆ	เยี่ยม	ปานกลาง
สาร By-products	มี	มี	มี	ไม่มี

DISINFECTION USING OZONE

- Stronger oxidizer than chlorine, very effective in disinfection but unstable (half-life = 20-30 min).
- It must be generated on site.
- Ozone generation: remove humidity from air via refrigerating air and passing through desiccants before passing through two electrically oppositely charged plates.
- Ozone penetrates cell wall of microorganism
- Typically Ozone dose = 1 to 5.3 kg/1000 cubic meter of treated water. Contact time = 20 min. Residual chlorine = 0.4 mg/L.

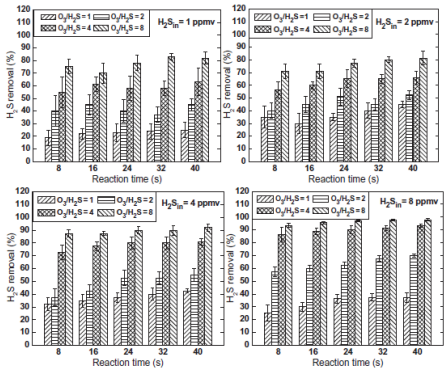
OZONE กำจัดกลิ่น H_2S

TABLE 1. Kinetics of Reaction Between O_3 and H_2S

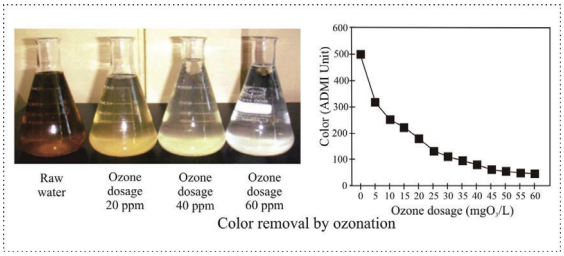
Reference	$[O_3]$ (ppmv)	$[H_2S]$ (ppmv)	$[O_3]/[H_2S]$	Stoichiometry and Reaction Rate Equation
Gredor and Martin 1961	NA	NA	0.65–20	$O_3 + H_2S \rightarrow (1-x)H_2SO_4 + xH_2O + xSO_2$ Reaction Rate Equation: NA
Cadle and Ledford 1966	240–7200	240–19,000	0.38–1.88	$O_3 + H_2S \rightarrow H_2O + SO_2$ $\frac{d[O_3]}{dt} = -2.5 \times 10^8 e^{\frac{-3500}{RT}}[O_3]^{1.5}\ \frac{mol}{mL \cdot s}$
Glavas and Toby 1975	7–131	263–6578	0.009–0.04	Multiple-Stage Reaction $\frac{d[O_3]}{dt} = -k[O_3]^{1.75\pm0.25}\ \frac{mol}{L \cdot s}$
Hales et al. 1969	165–693	321–7800	0.03–1.31	$O_3 + H_2S \rightarrow H_2O + SO_2$ $\frac{d[H_2S]}{dt} = -22.8e^{\frac{-600}{RT}}[H_2S]^{0.5}[O_3]^{1.5}\ \frac{\mu mol}{L \cdot min}$

NA: Not available.

สลาย H_2S ได้ไว

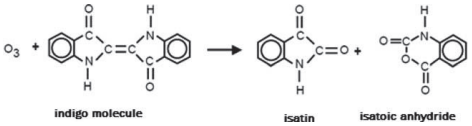


OZONE กำจัดสีในน้ำเสีย



http://innovationidea.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/07/pig23.jpg

DECOLORIZATION คืออะไร?

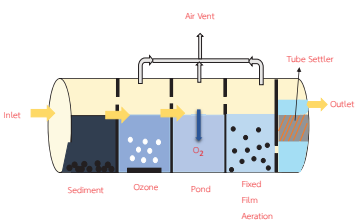


การบำบัดสีย้อม

น้ำเสียตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

ผลการทดสอบ

ถังเร่งการบำบัดน้ำเสียชุมชนและอาคารภาคบริการด้วยโอโซน



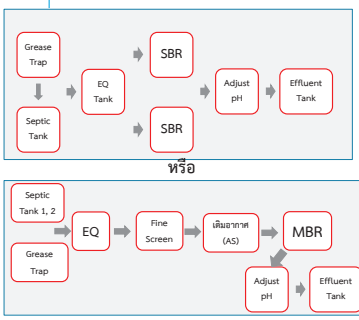
การใช้งานจริง

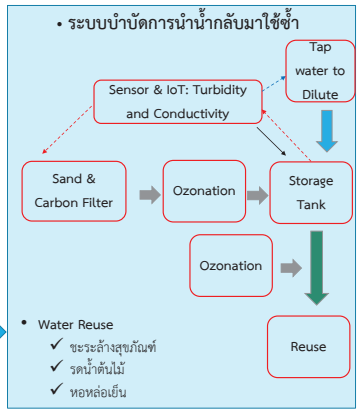
ประสิทธิภาพ

Parameter	Input	HRT 4 hr	HRT 6 hr	HRT 12 hr	HRT 12 hr (Control)	STD.
pH	6.2 – 6.6	6.13	5.90	7.10	7.14	5 – 9
COD (mg/l)	780 - 1600	40.12	40.41	92.20	122.69	-
BOD (mg/l)	600 - 300	29.77	17.54	10.83	16.43	≤ 20
TDS (mg/l)	680 - 370	644.92	639.44	490.94	534.02	≤ 500
SS (mg/l)	220 - 560	3.21	3.31	6.43	39.54	≤ 30
FOG (mg/l)	180 - 470	17.71	16.12	15.75	49.69	≤ 20
TKN (mg/l)	77 - 85	33.74	33.12	21.25	21.28	≤ 35
Sulfide	17 - 25	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0

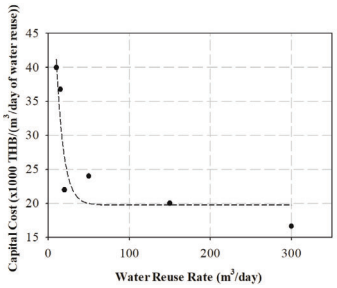
ระบบอัจฉริยะรีไซเคิลและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

• ระบบบำบัดน้ำเสีย

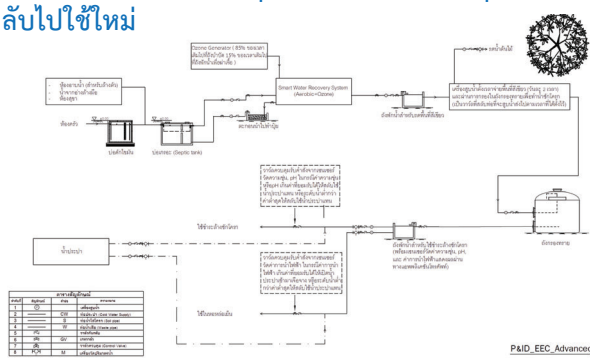




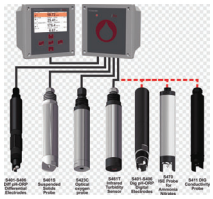
ราคาการติดตั้ง WR เฉพาะส่วนที่เพิ่มเติมจากการบำบัดตามกฎหมาย



การใช้เซ็นเซอร์เพื่อควบคุมการเดินระบบและคุณภาพน้ำที่นำกลับไปใช้ใหม่



ฐานข้อมูลเซ็นเซอร์



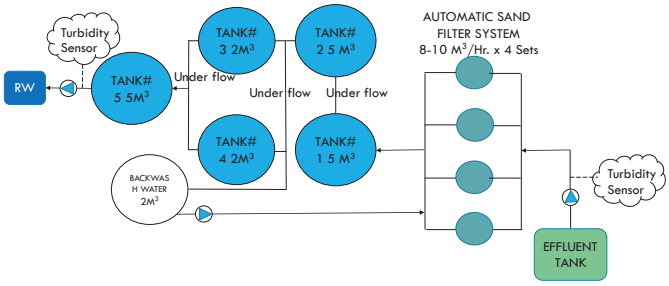
SCAN ME

ความจำเป็นของ SENSORS

เซ็นเซอร์	ความจำเป็น
ความขุ่น	☑ เพื่อยืนยันว่าระบบเดินปกติและน้ำใส
pH	Opt. โดยทั่วไปแล้ว น้ำเสียจากอาคารภาคบริการจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างคงที่
BOD/COD	Opt. ส่วนมากถ้าระบบเดินปกติค่า BOD/COD มักจะผ่านตามการออกแบบระบบ
การนำไฟฟ้า	☑ สำหรับหอหล่อเย็น
ของแข็งแขวนลอย	Opt. มักจะสอดคล้องกับความขุ่น
โคลิฟอร์ม (Coliform)	Opt. มักจะสอดคล้องกับความขุ่น มักจะผ่านตามการออกแบบระบบและการเกิดเครื่องปกติ

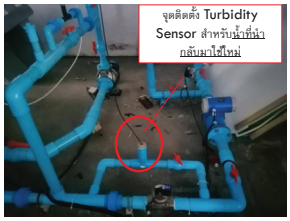
IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

แบบรายละเอียดระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ



IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

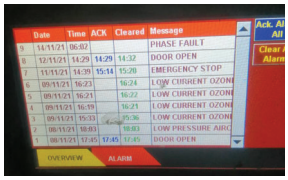
จุดติดตั้ง IoT ของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ



IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

หน้าจอแสดงผลของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ

หน้าจอแสดงการทำงานของระบบโอโซน และควบคุมความชุ่นของน้ำ ก่อน-หลังของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล

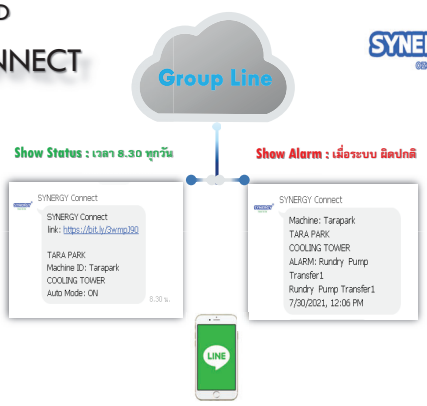


หน้าจอแสดงการทำงานของระบบผลิตน้ำรีไซเคิลทั้งหมด
Time = เวลาที่มีการ alarm
ACK = การรับทราบถึงปัญหา
Cleared = ปัญหาได้รับการแก้ไข

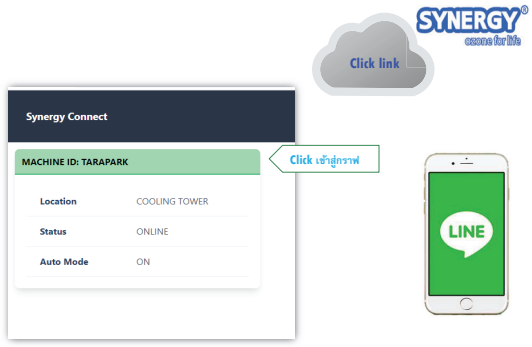
หน้าจอแสดงอัตราการผลิตน้ำของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล

OZONE ON CLOUD

SYNERGY-CONNECT

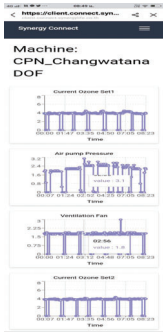


NOTE : OFFLINE คือ สถานะคลื่นสัญญาณของระบบค่ายมือถือขาดหาย ระบบโอโซนจะไม่หยุดทำงาน ระบบยังคงทำงานปกติ ยกเว้น ระบบ Alarm ระบบโอโซนถึงจะหยุดทำงาน



IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

กราฟแสดงค่า Sensor ต่างๆ ในระบบการทำงานของโอโซนในระบบผลิตน้ำรีไซเคิล – เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ จาก SYNERGY-CONNECT



ข้อซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

สิ่งที่จำเป็นต้องทำหากต้องการให้ 3R เกิดประเทศ

ระยะสั้น

- ต้องเริ่ม
- ต้องเพิ่ม (อีก 2 R คือ Rethink และ Redesign เป็น 5R)
- ต้องออก (มาตรฐานคุณภาพน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้)

ระยะกลาง

- รัฐต้องสนับสนุนภาคเอกชน (โดยเฉพาะอาคารเก่า) (2R) สนับสนุนทางเทคนิค และ ทรัพยากร
- ต้องเรียนรู้เครื่องมือเชิงพฤติกรรม

ระยะยาว

- สร้างความเข้าใจ
- สร้างงานวิจัย
- ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจาก Linear เป็น Circular

อีก 2 R สำหรับอาคารใหม่

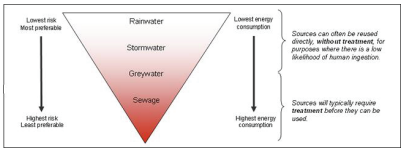
❖ **Rethink:** สำหรับอาคารที่ B/C Ratio >1 และ ลดน้ำรวมได้ 15% (5 ประเภทอาคาร) ควรมีการออกกำหนดในข้อกำหนดท้องถิ่นของ EEC ว่าอาคารภาคบริการดังกล่าวต้องมีการออกแบบระบบการใช้น้ำเพื่อลดการใช้น้ำอย่างน้อย 15% ของการออกแบบแบบปกติ (โดยสามารถอ้างอิงแบบจากโครงการนี้ได้)

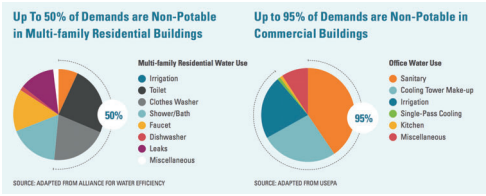
❖ **Redesign:** ออกแบบมาตรฐานระบบบำบัด หรือ อุปกรณ์ประหยัดน้ำที่สามารถลดการใช้น้ำได้อย่างน้อย 15% โดยใช้ Water Efficiency, Water Harvest, และ Water Recycling & Reuse ออกข้อกำหนดท้องถิ่นให้อาคารต้องมีการเดินระบบท่อสำหรับนำน้ำที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่คือ รดน้ำต้นไม้ ใช้ชำระล้างสุขภัณฑ์ และ ใช้ในหอหล่อเย็น

ตัวอย่างการรีไซเคิลและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศไทย

ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

การใช้น้ำแบบ NON-PORTABLE และ PORTABLE





ตัวอย่างระบบรีไซเคิลและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศไทย

ชื่อสถานประกอบการ	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (%)	ราคาต่อหน่วยค่า Reuse (บาท ต่อ ลบม)	ราคาประปา (บาท ต่อ ลบม)	IOT/Sensor ที่ใช้	ปัญหาที่พบ	แรงจูงใจ	ความต้องการ/ข้อเสนอแนะ
ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาระยอง	50% สำหรับ ทอหล่อเย็น 100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 51% ของทั้งระบบ	17-18	32	IOT สำหรับการดูและระบบ และ sensors สำหรับเดินระบบ DO, pH, Conduct	การนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนไม่สามารถนำไปใช้ในทอหล่อเย็นได้ ระบบ UF ตันบ่อย	ลดต้นทุน	กฎหมาย ความช่วยเหลือทางเทคนิค
ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาแจ้งวัฒนะ	100% สำหรับ ทอหล่อเย็น 100% สำหรับสุขา	12 (ราคาขายน้ำ)	15-16	IOT สำหรับการดูและระบบ และ sensors สำหรับเดินระบบ Turbidity และ Conduct	-		
ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ รามคำแหง	100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 37% ของทั้งระบบ	5.8	15-16	-	-	ลดต้นทุน	ความช่วยเหลือทางเทคนิค/เอาน้ำไปขาย หรือ ใช้ที่อื่น

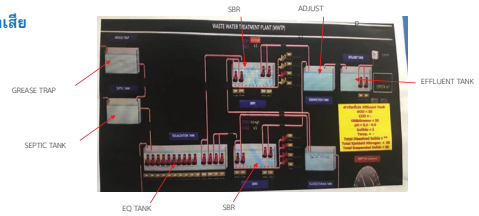
ประเมินระบบ WATER REUSE ที่ใช้ในประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อสถานประกอบการ	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (%)	ราคาต่อหน่วย ค่า Reuse (บาท ต่อ ลบม)	ราคาประปา (บาท ต่อ ลบม)	IOT/Sensor ที่ใช้	ปัญหาที่พบ	แรงจูงใจ	ความต้องการ/ข้อเสนอแนะ
สถานีน้ำมัน ปตท. สาขาพระราม 2	รดน้ำต้นไม้ 100% รวมประมาณ 28% ของทั้งระบบ	3.11	15-16	-	ต้องจ้างผู้ดูแลซ่อมบำรุงระบบ	ภาพลักษณ์ Zero Discharge	กฎหมายที่บอกว่าใช้น้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ในห้องน้ำ
สำนักงาน บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม	รดน้ำต้นไม้ 100%	5.8	29	เครื่องวัดอัตราการผลิตน้ำรีไซเคิล	-	ประหยัดค่าใช้จ่าย	การสนับสนุนจากภาครัฐ
สำนักงาน บริษัท ควอลิตี้ ผิเนอรัล จำกัด (มหาชน)	100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 37% ของทั้งระบบ	5.8	21	Turbidity	-	ประหยัดค่าใช้จ่าย	การสนับสนุนจากภาครัฐ

ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาระยอง

- ✓300 ลบม ต่อ วัน
- ✓แบ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสีย และ ระบบรีไซเคิลน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Advanced Treatment)

ระบบบำบัดน้ำเสีย

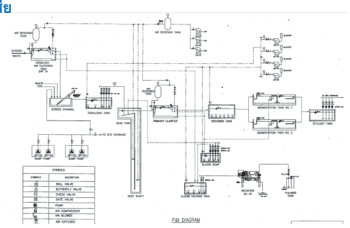


ระบบรีไซเคิลน้ำด้วย ULTRAFILTRATION + UV

ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล แจ้งวัฒนะ

- ✓300 ลบม ต่อ วัน
- ✓แบ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสีย และ ระบบรีไซเคิลน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
- ✓ปรับปรุงระบบ Dissolved Air Flotation (DAF) เป็น Dissolved Ozone Flotation (DOF)

ระบบบำบัดน้ำเสีย



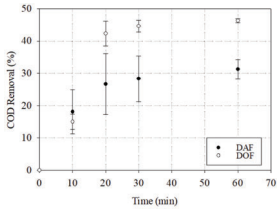
ปรับปรุง DAF ด้วยโอโซนเพื่อเร่งการบำบัดไขมัน

DOF ดีกว่า DAF อย่างไร?

Dissolved Air Flotation (DAF)

Dissolved Ozone Flotation (DOF)

เปรียบเทียบประสิทธิภาพ

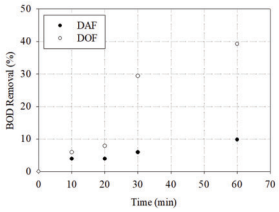


DAF

บำบัดที่ 60 นาที มีประสิทธิภาพ

COD ➡ 31%

BOD ➡ 9%



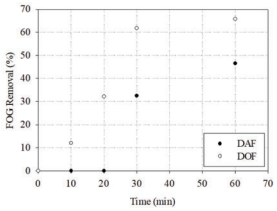
DOF

บำบัดที่ 60 นาที มีประสิทธิภาพ

COD ➡ 46%

BOD ➡ 39%

เปรียบเทียบประสิทธิภาพ

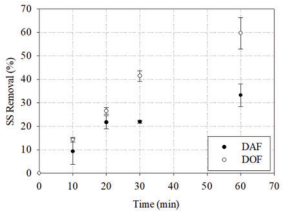


DAF

บำบัดที่ 60 นาที มีประสิทธิภาพ

FOG ➡ 46%

SS ➡ 33%



DOF

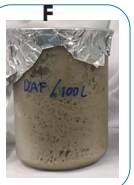
บำบัดที่ 60 นาที มีประสิทธิภาพ

FOG ➡ 65%

SS ➡ 59%

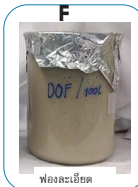
เปรียบเทียบประสิทธิภาพ

DAF



หลังบำบัดด้วยระบบ DAF เวลา 60 นาที พบกากไขมันลอยที่เกิดขึ้น **39.6** mg/L

DOF



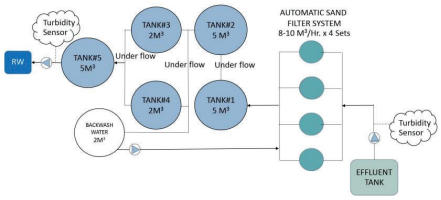
ฟองละเอียดมาก

หลังบำบัดด้วยระบบ DOF เวลา 60 นาที พบกากไขมันลอยที่เกิดขึ้น **168.1** mg/L

กากไขมันที่เกิดจากระบบ DOF มากกว่า DAF ถึง **4.24** เท่า

ระบบรีไซเคิลด้วยกรองทรายและโอโซนฆ่าเชื้อ

แบบรายละเอียดระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ



คุณภาพน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่

ห้างสรรพสินค้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ รามคำแหง

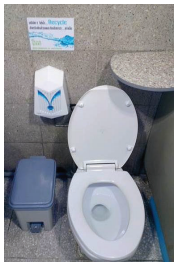
- ✓150 ลบม ต่อ วัน
- ✓แบ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสีย และ ระบบรีไซเคิลน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

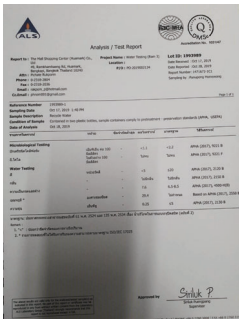
ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบรีไซเคิลด้วยกรองทรายและโอโซนฆ่าเชื้อ

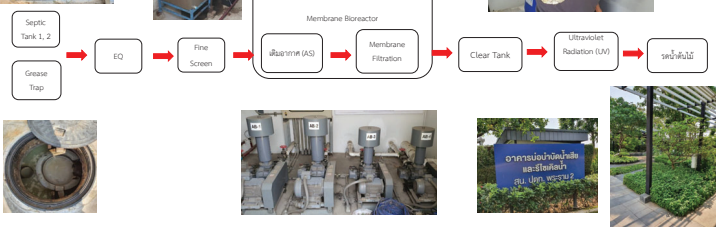
SYNERGY Ozone for Life

The Mall ได้นำโอโซนมาใช้ บำบัดน้ำเสียกลับมาเป็นน้ำใช้ในสุขภัณฑ์





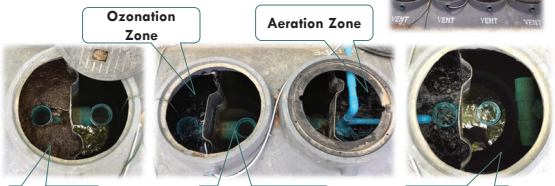
สถานีน้ำมัน ปตท. สาขาพระราม 2

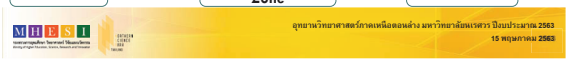


สำนักงานบริษัท ควอลิตี้ มิเนอรัล จำกัด (มหาชน) จังหวัดลพบุรี

ผลการดำเนินงาน

บริษัท ควอลิตี้ มิเนอรัล จำกัด (มหาชน) จังหวัดลพบุรี





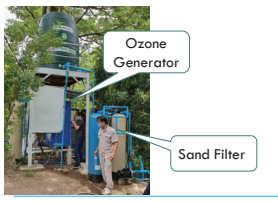
ผลการดำเนินงาน

บริษัท ควอลิตี้ มิเนอรัล จำกัด (มหาชน) จังหวัดลพบุรี

Parameter / Zone	Septic Zone	Ozonation Zone	Degraded ozone Zone	Aeration Zone	Effluent	STD.
pH	7.19	7.01	7.07	7.11	7.22	5-9
Conductivity (µS/cm)	748	850	892	901	888	500
Color (Pt-Co)	35	25	25	25	20	-
COD (mg/l)	92.3	61.5	61.5	46.2	46.2	120*
SS (mg/l)	109.8	23.5	11.0	20.6	22.0	30

หมายเหตุ : ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก , * ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ผลการดำเนินงาน



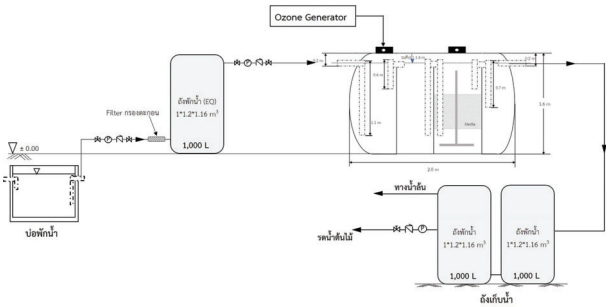
Ozonation

Ozonation and Sand Filter

Parameter / Zone	pH	Conductivity (µS/cm)	Color (Pt-Co)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
Ozonation	7.52	1109	17	92.3	65.4
Ozonation and Sand Filter	7.35	880	5	30.8	26.8
Regulation USA	6-9			<30 BOD	<30

น้ำนำกลับมาใช้ใหม่

สำนักงานบริษัทเกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม

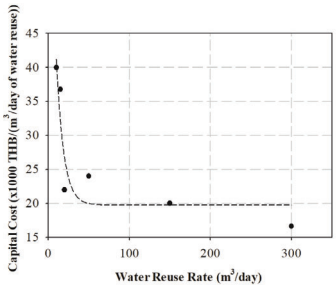


ระบบบำบัดน้ำเสียและรีไซเคิลน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำรีไซเคิล

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเข้า	น้ำออก	มาตรฐานน้ำทิ้ง
พีเอช (pH)	-	7.61	6.94	5.0-9.0
คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	mg/l	-*	0.284	ไม่เกิน 1
บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	mg/l	40.27	5.50	ไม่เกิน 20
ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	mg/l	136.0	39.8	ไม่เกิน 120
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)	mg/l	38.0	7.60	ไม่เกิน 50
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid)	mg/l	-*	296.4	ไม่เกิน 3,000
โอมันและน้ำมัน (Oli and Grease)	mg/l	63.92	3.33	ไม่เกิน 5
เจลาลห์นโครเจน (Total Kjeldahl Nitrogen)	mg/l	-*	20.2	ไม่เกิน 100
ซัลไฟด์ (Sulfide)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 1
แคดเมียม (Cd)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 0.03
ทองแดง (Cu)	mg/l	-*	0.05	ไม่เกิน 2.0
ตะกั่ว (Pb)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 0.2
สังกะสี (Zn)	mg/l	-*	0.20	ไม่เกิน 5.0
แมงกานีส (Mn)	mg/l	-*	0.10	ไม่เกิน 5.0
นิเกิล (Ni)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 1.0
สารหนู (As)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 0.25

ราคาการติดตั้ง WR เฉพาะส่วนที่เพิ่มเติมจากการบำบัดตามกฎหมาย



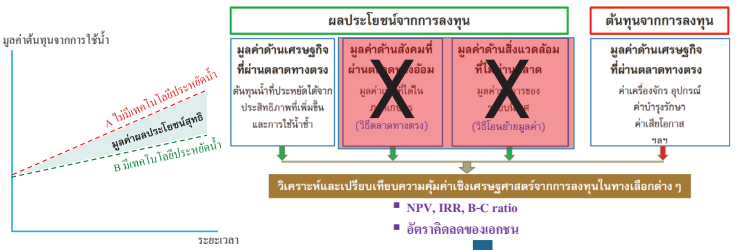
ข้อซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

การประเมินการลงทุน-ความคุ้มทุนต่อเอกชน และผลประโยชน์ต่อสังคมจาก 3R เพื่อการจัดการน้ำอัจฉริยะ

ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

กรอบแนวคิดการประเมินความเหมาะสม และ ความคุ้มทุนของเอกชน

⇒กรอบแนวคิดการประเมินมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำในมิติเศรษฐกิจ



ประเมินว่าอาคารภาคบริการใด (195 ประเภทย่อย) จะได้ประโยชน์จากระบบอัจฉริยะ และ จัดลำดับความสำคัญต่อเป้าหมายการลดน้ำ 15% ของรัฐ

ปัจจัยและภาคบริการที่ทำการประเมิน

กลุ่มธุรกิจการค้า	M08_ธนาคารพาณิชย์
	M09_ธุรกิจการค้าขนาดใหญ่
	M10_ธุรกิจการค้าขนาดเล็ก
	M12_สถานที่พักอาศัยฝึกการค้า
กลุ่มสถานบริการที่พัก	M15_สถานบริการและที่พัก
กลุ่มสถานศึกษา	M17_สถานศึกษาเอกชนระดับอุดมศึกษา
	M18_สถานศึกษาเอกชนต่ำกว่าระดับอุดมศึกษา
	M19_สถานศึกษาของรัฐ
กลุ่มสถานพยาบาล	M01_โรงพยาบาลเอกชน
	M02_โรงพยาบาลของรัฐ
	M16_สถานพยาบาลเอกชน
กลุ่มสถานีน้ำมันเชื้อเพลิง	M21_สถานีบริการเชื้อเพลิง
กลุ่มตลาดศูนย์การค้า	M05_ตลาดศูนย์การค้า

13 (ประเภทอาคาร) x 3 (จังหวัด) x 5 (ขนาด) = **195** ประเภท

195 ประเภทอาคาร x 4 (ความแปรปรวนของราคา) x 5 (ทางเลือกมาตรการ) = **3900** การจำลอง

ขนาด	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบม ต่อเดือน) ในปี 2018
เล็กมาก (VS)	1.31-19.48
เล็ก (S)	5.65-69.85
กลาง (M)	11.21-226.42
ใหญ่ (L)	20.65-837.97
ใหญ่มาก (VL)	62.28-8091.02

การจำลองมาตรการ 3R: ความเข้มข้นของมาตรการ

Scenario	สภาพอาคาร	Water Efficiency		Water Reuse	
		ร้อยละ	ภายใน (ปี)	ร้อยละ	ภายใน (ปี)
1	อาคารใหม่	100	ทันที	100	ทันที
	อาคารเก่า	-	-	-	-
2	อาคารใหม่	100	ทันที	100	ทันที
	อาคารเก่า	100	5	-	-
3	อาคารใหม่	100	ทันที	100	ทันที
	อาคารเก่า	-	-	100	5
4	อาคารใหม่	100	ทันที	100	ทันที
	อาคารเก่า	100	5	100	5
5	อาคารใหม่	100	ทันที	100	ทันที
	อาคารเก่า	100	10	100	10

การจำลอง และ การวิเคราะห์ผล

- จำลอง 2022 ถึง 2037
- มีการจำลองการเติบโตของแต่ละภาคบริการแล้ว (โครงการย่อยที่ 1)
- เริ่มดำเนินมาตรการ 3R ตั้งแต่ปี 2022
- แสดงผลเป็นร้อยละของการลดการใช้น้ำได้เมื่อเทียบกับปีนั้นๆ หากไม่มีการดำเนินมาตรการ 3R (Business as Usual (BAU))
- สำหรับเอกชน (Micro Analysis): แสดงผลอาคารภาคบริการที่ดำเนินการใช้ 3R แล้วคุ้มค่า B/C ratio >1 และ IRR>6-8% (ดอกเบี้ยเงินกู้)
- สำหรับรัฐบาล (Macro Analysis): จัดลำดับภาคส่วนที่ลดการใช้น้ำได้จากมากไปหาน้อย แต่รวมกันแล้วมากกว่า 15 % เพื่อให้รัฐลงทุนสนับสนุน/ออกมาตรการส่งเสริมได้ถูกภาคส่วน

ดัชนีชี้วัด

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: **NPV**) คือผลตอบแทนแบบสุทธิ(Net) ที่คิดว่าจะได้รับจากการลงทุน
- Internal Rate of Return (**IRR**) ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน
- **B/C Ratio**

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

CF_0 คือ เงินลงทุนเริ่มต้น(ต้นปีที่1)
CF_1 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 1 (สิ้นปีที่1)
CF_2 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 2 (สิ้นปีที่2)
CF_3 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 3 (สิ้นปีที่3)
CF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ n (สิ้นปีที่n)
n คือ ปีที่ลงทุน
r คือ อัตราคิดลด(Discount Rate) ออกเป็นเงินกู้(เงินทุนทางการเงิน)

https://airmuai.com/

Modified B/C Ratio

$$Modified\ B/C = \frac{B - D - M\&O\,cost}{Initial\ Cost}$$

- B : Benefit : ผลได้
- D : Disbenefit : ผลเสีย
- M&O : ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา
- Initial Cost : เงินลงทุนเริ่มแรก
- คิดที่มูลค่าปัจจุบัน มูลค่าอนาคต หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปี

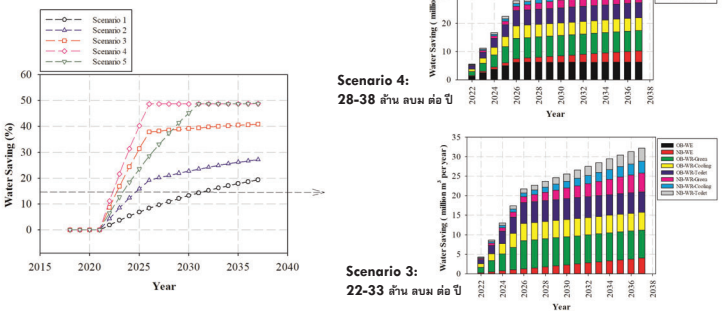
https://www.slideshare.net/ssuser3b154e/9-b-c

$$0 = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1+IRR)^2} + \frac{CF_3}{(1+IRR)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+IRR)^n}$$

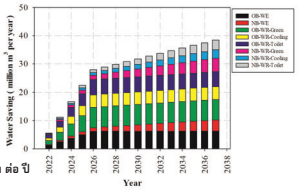
CF_0 คือ เงินลงทุนเริ่มต้น(ต้นปีที่1)
CF_1 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 1 (สิ้นปีที่1)
CF_2 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 2 (สิ้นปีที่2)
CF_3 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 3 (สิ้นปีที่3)
CF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ n (สิ้นปีที่n)
n คือ ปีที่ลงทุน

https://airmuai.com/

ศักยภาพในการลดการใช้น้ำ: MACRO ANALYSIS



Scenario 4:
28-38 ล้าน ลบม ต่อ ปี



Scenario 3:
22-33 ล้าน ลบม ต่อ ปี

สรุปการจัดอันดับความคุ้มค่าในการลงทุนในแต่ละสถานการณ์ (ผลตอบแทนต่อเอกชนเท่านั้น): MACRO ANALYSIS

1. Stable Construction Cost & Stable Water Price

อันดับ	NPV (ล้านบาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C ratio	
1	Scenario 3	2387.72	Scenario 3	33.64	Scenario 3	1.66
2	Scenario 4	2173.58	Scenario 1	27.23	Scenario 1	1.54
3	Scenario 5	1503.63	Scenario 4	12.01	Scenario 4	1.41
4	Scenario 1	694.13	Scenario 5	11.25	Scenario 5	1.32
5	Scenario 2	479.98	Scenario 2	3.67	Scenario 2	1.16

2. Stable Construction Cost & High Water Price

อันดับ	NPV (ล้านบาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C ratio	
1	Scenario 3	3246.01	Scenario 3	39.75	Scenario 3	1.89
2	Scenario 4	3230.81	Scenario 1	33.47	Scenario 1	1.80
3	Scenario 5	2469.91	Scenario 5	16.18	Scenario 4	1.60
4	Scenario 1	1016.54	Scenario 4	15.92	Scenario 5	1.53
5	Scenario 2	1001.34	Scenario 2	6.86	Scenario 2	1.33

3. High Construction Cost & Stable Water Price

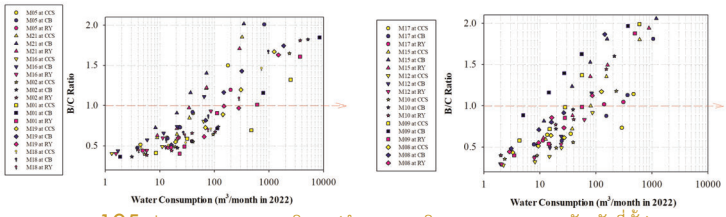
อันดับ	NPV (ล้านบาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C ratio	
1	Scenario 3	2200.72	Scenario 3	29.74	Scenario 3	1.58
2	Scenario 4	1874.91	Scenario 1	22.79	Scenario 1	1.42
3	Scenario 5	1143.78	Scenario 4	9.99	Scenario 4	1.33
4	Scenario 1	583.36	Scenario 5	8.26	Scenario 5	1.23
5	Scenario 2	257.55	Scenario 2	1.92	Scenario 2	1.08

4. High Construction Cost & High Water Price

อันดับ	NPV (ล้านบาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C ratio	
1	Scenario 3	3059.01	Scenario 3	35.80	Scenario 3	1.80
2	Scenario 4	2932.14	Scenario 1	29.31	Scenario 1	1.65
3	Scenario 5	2110.06	Scenario 4	13.90	Scenario 4	1.52
4	Scenario 1	905.77	Scenario 5	13.32	Scenario 5	1.42
5	Scenario 2	778.90	Scenario 2	5.19	Scenario 2	1.24

✓ การลงทุนเพื่อประหยัดน้ำของภาคบริการในพื้นที่ EEC มีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในทุกสถานการณ์และภาพฉายในอนาคต
✓ Scenario 3 (WE & WR เฉพาะอาคารใหม่ และ WR อาคารเก่าภายใน 5 ปี) คุ้มค่ามากที่สุดและอ่อนไหวต่อความเสี่ยงน้อยที่สุด

ความคุ้มทุนในการดำเนินการของแต่ละประเภทอาคาร: MICRO ANALYSIS



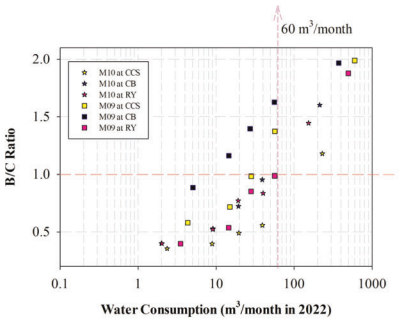
195 ประเภทอาคารภาคบริการ (จำแนกตามกิจกรรม ขนาด และ จังหวัดที่ตั้ง)

❖59 ประเภทอาคารที่มี B/C ratio > 1 คุ้มทุนจากการดำเนินการ

○17 ในฉะเชิงเทรา, 25 ในชลบุรี, และ17 ในระยอง (pomphenrat@gmail.com)

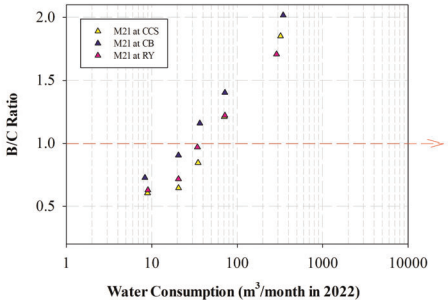
❖136 ประเภทอาคารที่มี B/C ratio < 1 ไม่คุ้มทุนจากการดำเนินการ

สำนักงาน



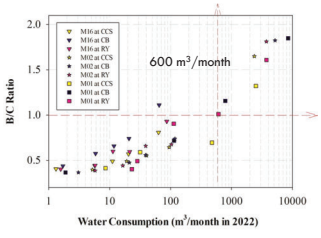
❖สำนักงานจะคุ้มทุนก็ต่อเมื่อใช้น้ำ > 60 ลบม ต่อ เดือน

สถานีบริการน้ำมัน



❖สถานีบริการน้ำมันจะคุ้มทุนก็ต่อเมื่อใช้น้ำ > 40 ลบม ต่อ เดือน

โรงพยาบาล



❖โรงพยาบาลจะคุ้มทุนก็ต่อเมื่อใช้น้ำ > 600 ลบม ต่อ เดือน

ฐานข้อมูลความคุ้มค่าการลงทุนของเอกชน

SCAN ME

High Construction, Stable Water Cost

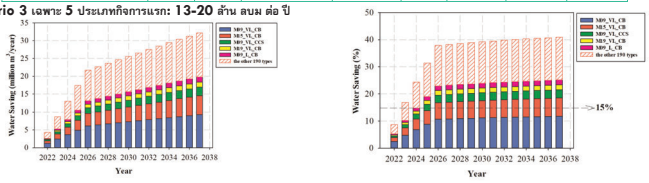
SCAN ME

High Construction, High Water Cost

การจัดลำดับความจำเป็นในการดำเนินการเพื่อบรรลุเป้าหมายรัฐ (ลดการใช้น้ำ 15%): MICRO ANALYSIS

ประเภทอาคารภาคบริการ	ขนาด	จังหวัด	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลบม ต่อเดือน) ในปี 2022	B/C Ratio	NPV (บาท)	IRR (% ต่อ ปี)	ปริมาณน้ำที่ลดการใช้น้ำ (ล้าน ลบม ต่อเดือน) ในปี 2037	การลดการใช้น้ำ (%)
M09 ธุรกิจการค้าขนาดใหญ่	ใหญ่มาก	ชลบุรี	374.34	1.72	757.56	41.8	9.25	11.76
M15 สถานบริการและที่พัก	ใหญ่มาก	ชลบุรี	1190.6	1.8	480.18	46.27	5.30	6.73
M09 ธุรกิจการค้าขนาดใหญ่	ใหญ่มาก	ฉะเชิงเทรา	599.11	1.72	196.33	41.86	2.38	3.02
M19 สถานศึกษาของรัฐ	ใหญ่มาก	ชลบุรี	1855.41	1.52	88.62	28.57	1.43	1.82
M09 ธุรกิจการค้าขนาดใหญ่	ใหญ่	ชลบุรี	55.93	1.42	69.06	23.52	1.47	1.87

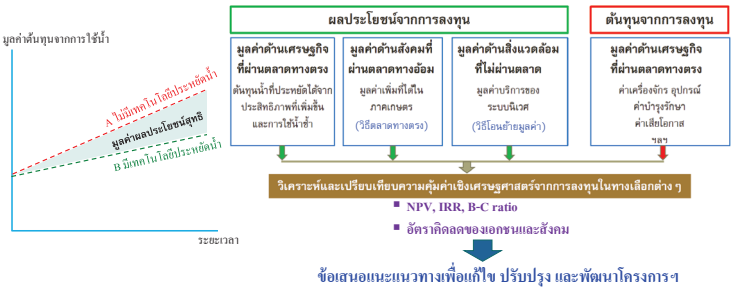
Scenario 3 เฉพาะ 5 ประเภทกิจการแรก: 13-20 ล้าน ลบม ต่อ ปี



วิธีการศึกษาและกรอบแนวคิด

15

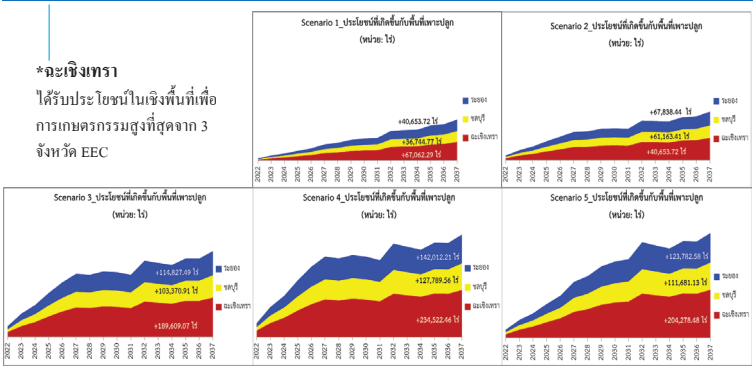
⇒กรอบแนวคิดการประเมินมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำในมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม



ประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับพื้นที่เพาะปลูกรายจังหวัด (ไร่) จาก SCENARIO 1 – SCENARIO 5

*ฉะเชิงเทรา

ได้รับประโยชน์ในเชิงพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมสูงที่สุดจาก 3 จังหวัด EEC

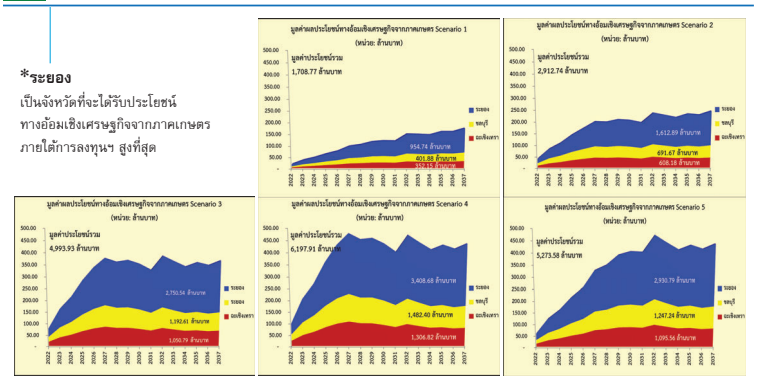


มูลค่าผลประโยชน์ทางอ้อมเชิงเศรษฐกิจจากภาคเกษตร ภายใต้ SCENARIO 1 – SCENARIO 5

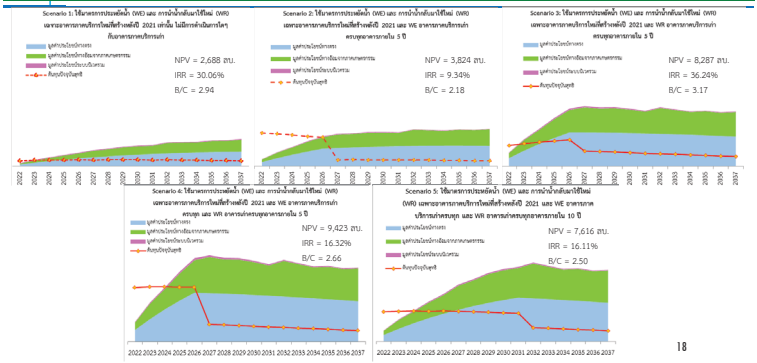
17

*ระยอง

เป็นจังหวัดที่จะได้รับประโยชน์ทางอ้อมเชิงเศรษฐกิจจากภาคเกษตรภายใต้การลงทุนฯ สูงที่สุด



มูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์(PV) ที่ผ่านและไม่ผ่านตลาดจากการลงทุน SCENARIO 1 – SCENARIO 5 (4_HIGH CON & HIGH WATER)



18

สรุปการจัดอันดับความคุ้มค่าในการลงทุนในแต่ละสถานการณ์

19

1_Stable Con & Stable Water

อันดับ	NPV (บาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C Ratio	
1	Scenario 4	8,664,053,189	Scenario 3	34.26%	Scenario 3	3.10
2	Scenario 3	7,615,394,528	Scenario 1	28.30%	Scenario 1	2.94
3	Scenario 5	7,009,944,944	Scenario 4	15.22%	Scenario 4	2.62
4	Scenario 2	3,524,759,258	Scenario 5	15.00%	Scenario 5	2.49
5	Scenario 1	2,476,100,597	Scenario 2	8.80%	Scenario 2	2.17

2_High Con & Stable Water

อันดับ	NPV (บาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C Ratio	
1	Scenario 4	8,365,380,580	Scenario 3	30.64%	Scenario 3	2.95
2	Scenario 3	7,428,391,122	Scenario 1	24.49%	Scenario 1	2.70
3	Scenario 5	6,650,097,011	Scenario 4	13.77%	Scenario 4	2.48
4	Scenario 2	3,302,322,234	Scenario 5	13.07%	Scenario 5	2.31
5	Scenario 1	2,365,332,776	Scenario 2	7.78%	Scenario 2	2.02

3_Stable Con & High Water

อันดับ	NPV (บาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C Ratio	
1	Scenario 4	9,721,285,730	Scenario 3	40.05%	Scenario 3	3.33
2	Scenario 3	8,473,685,117	Scenario 1	34.22%	Scenario 1	3.19
3	Scenario 5	7,976,227,801	Scenario 5	18.32%	Scenario 4	2.81
4	Scenario 2	4,046,112,247	Scenario 4	17.94%	Scenario 5	2.70
5	Scenario 1	2,798,511,634	Scenario 2	10.46%	Scenario 2	2.34

4_High Con & High Water

อันดับ	NPV (บาท)		IRR (% ต่อปี)		B/C Ratio	
1	Scenario 4	9,422,613,120	Scenario 3	36.24%	Scenario 3	3.17
2	Scenario 3	8,286,681,711	Scenario 1	30.06%	Scenario 1	2.94
3	Scenario 5	7,616,379,868	Scenario 4	16.32%	Scenario 4	2.66
4	Scenario 2	3,823,675,222	Scenario 5	16.11%	Scenario 5	2.50
5	Scenario 1	2,687,743,813	Scenario 2	9.34%	Scenario 2	2.18

❑การลงทุนเพื่อประหยัดน้ำของภาคบริการในพื้นที่ EEC มีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ในทุกสถานการณ์และภาพอนาคต

❑Scenario 3 (WE & WR เฉพาะอาคารใหม่ และ WR อาคารเก่าภายใน 5 ปี) คุ้มค่ามากที่สุดและอ่อนไหวต่อความเสี่ยงน้อยที่สุด

สรุปการประเมินผลตอบแทนต่อเอกชนและต่อสังคม

- หากพิจารณาตามประเภทการใช้น้ำ: กลุ่มธุรกิจการค้า > กลุ่มสถานบริการและที่พัก >กลุ่มสถานศึกษา
- งานวิจัยทำนายถึงปี 2561 ถึง 2580 ภาคบริการในจังหวัดชลบุรี ระยอง และ ฉะเชิงเทราจะใช้น้ำเพิ่มขึ้น 4.30% ต่อปี, 3.18% ต่อปี, และ 3.73% ต่อปี ตามลำดับ
- โมหาวิศวกรรม ระบบบริหารระบบจัดการน้ำอัจฉริยะ (3R + IoT) สำหรับอาคารภาคบริการในประเทศไทย และ EEC สามารถดำเนินการได้จริง และ มีต้นแบบแล้ว
- ทางเลือกในการใช้ระบบบริหารระบบจัดการน้ำอัจฉริยะ แบบที่ 3 (WE+WR สำหรับอาคารใหม่ และ WR สำหรับอาคารเก่าภายใน 5 ปี) เหมาะสมที่สุด สำหรับภาคบริการ EEC (กล่าวคือมีคุ้มค่ามากที่สุดและอ่อนไหวต่อความเสี่ยงน้อยที่สุดโดยประเมินจาก NPV, IRR, และ B/C ratio) ทั้งนี้หากเลือกตัดกลุ่มที่ศักยภาพในการลดการใช้น้ำได้ 22-33 ล้าน ลบม ต่อ ปี
- จาก 195 ประเภทอาคารภาคบริการ (จำแนกตามกิจกรรม ขนาด และ จังหวัดที่ตั้ง) พบว่า 59 ประเภทอาคารที่มี B/C ratio > 1 คุ้มทุนจากการดำเนินการใช้ระบบบริหารระบบจัดการน้ำอัจฉริยะ (17 ในฉะเชิงเทรา, 25 ในชลบุรี, และ17 ในระยอง)
- จากการจัดลำดับความสำคัญในการลดน้ำให้บรรลุเป้าหมาย 15% ของรัฐมี 5 ประเภทอาคารภาคบริการ (4 ประเภทอยู่ในชลบุรี และ อีก 1 ประเภทอยู่ในฉะเชิงเทรา) ที่รัฐควรต้องดำเนินการสนับสนุน ส่งเสริม และ ควบคุมให้เกิดการดำเนินการ 3R ตามแนวคิดระบบบริหารระบบจัดการน้ำอัจฉริยะ
- อีก 54 ประเภทอาคารที่คุ้มทุนในการดำเนินการ 3R แล้วจะมีทุนภาครองในการบรรลุเป้าหมายลดน้ำ 15% ของรัฐ แต่รัฐก็ควรสนับสนุน และ ส่งเสริมให้ดำเนินการ3R ตามแนวคิดระบบบริหารระบบจัดการน้ำอัจฉริยะ เพื่อประโยชน์ของทั้งภาคเอกชนเอง และ ของสังคมโดยส่วนรวม
- เนื่องจากการประหยัดน้ำจากภาคบริการ จังหวัดฉะเชิงเทราจะได้รับประโยชน์ในเชิงพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมสูงที่สุดจาก 3 จังหวัด EEC ส่วน จังหวัดระยองจะได้รับประโยชน์ทางอ้อมเชิงเศรษฐกิจจากภาคเกษตร ภายใต้การลงทุนฯ สูงที่สุด
- เมื่อคำนึงประโยชน์รวมทั้งต่อภาคบริการเอง ภาคเกษตร และ ระบบนิเวศพบว่า NPV = 8,287 ลบ., IRR = 36.24%, และ B/C = 3.17
- สถานีบริการเชื้อเพลิงแม้จะไม่ได้มีส่วนมากในการลดการใช้น้ำในภาพรวม แต่ควรดำเนินการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เพราะมี B/C >1

ข้อซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ภาคผนวก ค-2

เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรที่ 2

HOW TO REDESIGN TO REDUCE, REUSE, RECYCLE: การออกแบบระบบบำบัดน้ำอัจฉริยะรูปแบบใหม่สู่ความยั่งยืนของสังคม

ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

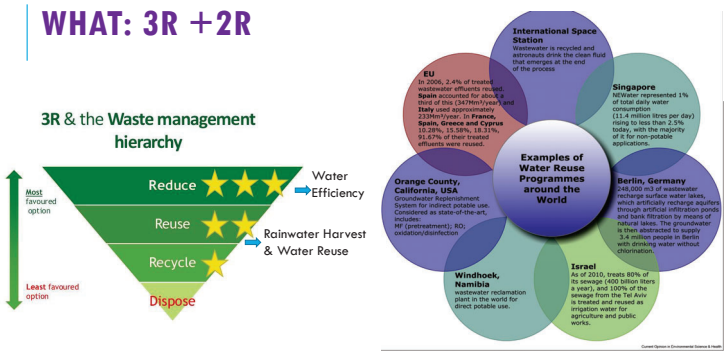
เนื้อหาของหลักสูตรที่ 2

หลักสูตรที่ 2 “การออกแบบและใช้งานระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะตามหลัก 3R สำหรับอาคารภาคบริการสำหรับหอหล่อเย็น การชำระล้างสุขภัณฑ์ และการใช้รดพื้นที่สีเขียว”

- What, Where, Why?
- When?
- How?

เนื้อหาของหลักสูตรที่ 1?

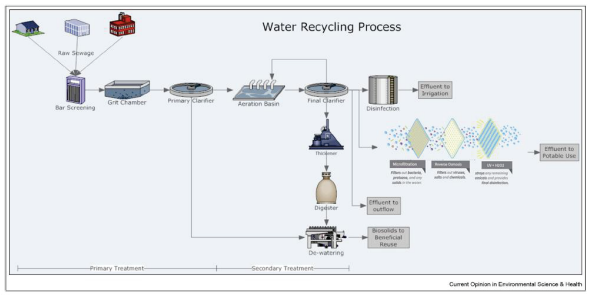
WHAT: 3R +2R



Voulvoulis (2018). Current Opinion in Environmental Science & Health Volume 2, Pages 32-45

DECENTRALIZATION: NO MORE ADVANCED TREATMENT TECHNIQUE REQUIRED

Fig. 1



Voulvoulis (2018). Current Opinion in Environmental Science & Health Volume 2, Pages 32-45

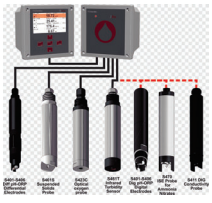
เครื่องมือสำหรับระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะสำหรับอาคารภาคบริการ

✓เครื่องมือหลัก

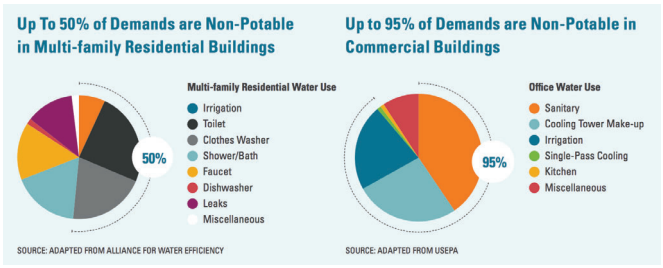
- การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE))
- การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Water Recycle & Reuse (WR))
- อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ เซ็นเซอร์ (IoT and Sensor)

✓การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Non-portable)

- ใช้รดพื้นที่สีเขียว
- ใช้เป็นน้ำล้างชักโครก/โถปัสสาวะ
- ใช้เป็นน้ำหอหล่อเย็น (Cooling Tower)



WHERE: การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ แบบ LOW-HANGING FRUIT



WHERE: เริ่มที่ EEC

พาดหัวข่าว (7 ธันวาคม 2562):

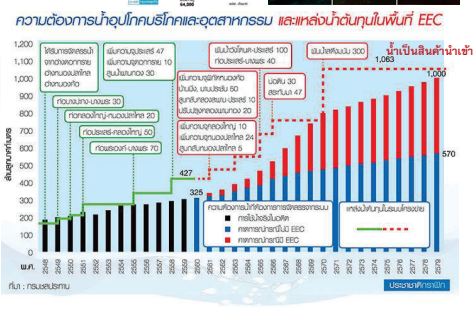
❖“ภาคตะวันออกระทึก น้ำแล้งสุดในรอบ 14 ปี “ระยอง -ชลบุรี” ร่วม ปรึมาณน้ำในอ่าง “ประแสร์-คลองใหญ่-หนองปลาไหล-ดอกกราย” รวม หอการค้า สภาอุตฯ ภาคท่องเที่ยว โรงแรม ผวา นัดถกหน่วยงานรัฐด่วน “สทนช.” ห่วง ลามลิ่มีชีกระทบเชื่อมั่นลงทุน ชงของบ 8.8 หมื่น ล้านปี’63-80 สร้างอ่างเก็บน้ำเพิ่ม 10 แห่ง พร้อมระบบผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล”

❖“ปี’70-80 EEC ขาดแคลนน้ำแน่”

❖“ชลบุรีจุ๋น 3 เดือนจอดหรือวิกฤต

ด้านนายภัครธรณ์ เทียนไชย ผู้ว่าราชการจังหวัดชลบุรี เปิดเผยว่า ปีนี้ชลบุรีฝนตกน้อยกว่าปกติ 30% ส่งผลให้ปริมาณน้ำมีน้อยกว่าทุกปี ขณะนี้ได้ประชาสัมพันธ์ให้ช่วยกันประหยัด ทั้งทำ”

Ref: https://www.prachachat.net/economy/news-399242



แน่นอน = อุปสงค์มีแต่เพิ่ม

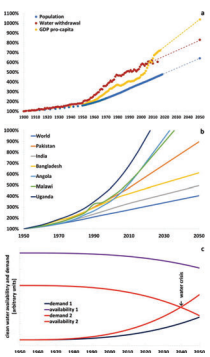
ไม่แน่นอน = อุปทาน

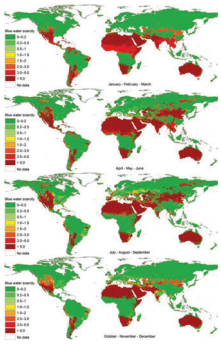
WHERE: เริ่มที่ EEC

การลดการใช้น้ำ 10%
- ✓ 240 ล้าน ลบม ต่อ ปีสำหรับทั้ง EEC
- ✓ 35.6 ล้าน ลบม ต่อ ปีสำหรับภาคบริการและอุปโภคบริโภคใน EEC
- ✓ คิดเป็นมูลค่า **605 ถึง 1,157 ล้านบาทต่อปี**สำหรับภาคบริการและอุปโภคบริโภคใน EEC
- ✓ แต่ศักยภาพมีถึง 50% คิดเป็นมูลค่า **3,025-5,785 ล้านบาทต่อปี**สำหรับภาคบริการและอุปโภคบริโภคใน EEC

https://www.prachachat.net/facebook-instant-article/news-38706
https://www.eeco.or.th/sites/default/files/EEC%20Information%20Board_0.pdf

ปัญหาการขาดแคลนน้ำเป็นปัญหาระดับโลก

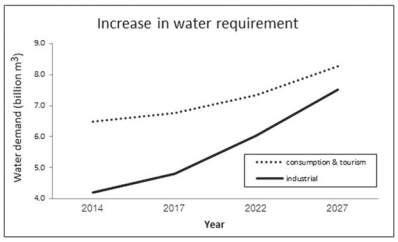




- ✓การเพิ่มขึ้นของประชากร
- ✓กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น
- ✓น้ำเป็นต้นทุนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ
- ✓ปัญหาภาวะโลกรวน
- ✓การแย่งน้ำของภาคส่วนต่างๆ
- ✓วิกฤติสุดๆเริ่มในปี 2040
- ✓แต่สัญญาณแห่งวิกฤติจะแรงขึ้นเรื่อยๆ

Boretti, A., Rosa, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. npj Clean Water 2, 15 (2019). https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9
https://www.weforum.org/agenda/2016/02/4-billion-people-face-severe-water-scarcity-at-least-for-one-month-every-year/

แนวโน้มของการทำ 3R+2R นั้นจะขยายไป



Irrigation and Drainage, Volume: 67, Issue: 1, Pages: 113-117, First published: 10 January 2018, DOI: (10.1002/ird.2207)

WHY: กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

➢ **ร่างกฎกระทรวง การออกแบบอาคารเพื่อการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ พ.ศ. ....**
- ○กระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร
- ○บังคับในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
- ○การก่อสร้างอาคารประเภทควบคุมการใช้ รวมถึงอาคารที่ได้รับยกเว้น ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550 ข้อ 2 (1) (2) (3) (4) ยกเว้นอาคารตามข้อ 5
- ○ที่มีการใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลรวมกันโดยเฉลี่ยมากกว่า 3,000 ลบม ต่อ เดือน (ต้องนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 10%)
- ○โรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรมใช้น้ำมากกว่า 3,000 ลบม ต่อ เดือน ต้องทำใน 3 ปี (ต้องนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 15%)
- ○ต้องออกแบบโดยมีการแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำที่บำบัดแล้วจะนำมาใช้ซ้ำ

SCAN ME ร่างกฎกระทรวง

SCAN ME อาคารประเภทควบคุมการใช้

SCAN ME อาคารที่ได้รับยกเว้นตามกฎกระทรวง

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
อุปกรณ์ประหยัดน้ำ

ประเภทอุปกรณ์และสุขภัณฑ์	อัตราการใช้น้ำ (Water Consumption : W)
ฝักบัวอาบน้ำ	ไม่เกิน ๙ ลิตรต่อนาที
ก๊อกอ่างล้างหน้า-ล้างมือ	ไม่เกิน ๒ ลิตรต่อนาที
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบปุ่มเดียว	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อครั้ง
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบสองปุ่ม	ไม่เกิน ๓ ลิตรต่อครั้ง
โถปัสสาวะ	ไม่เกิน ๓ ลิตรต่อครั้ง

➢ร่างกฎกระทรวงการติดตั้งอุปกรณ์และสุขภัณฑ์เพื่อการประหยัดน้ำพ.ศ. ....
- ○กระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร
- ○บังคับในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
- ○การก่อสร้างอาคารประเภทควบคุมการใช้ รวมถึงอาคารที่ได้รับยกเว้น ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550 ข้อ 2 (1) (2) (3) (4) ยกเว้นอาคารตามข้อ 5
- ○ที่มีการใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลรวมกันโดยเฉลี่ยมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน
- ○อาคารเก่าที่มีการใช้น้ำมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน ต้องทำใน 3 ปี
- ○ต้องออกแบบโดยมีการแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำที่บำบัดแล้วจะนำมาใช้ซ้ำ

SCAN ME ร่างกฎกระทรวง

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
มาตรฐานน้ำที่นำกลับมาใช้ซ้ำ

➢(ร่าง) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
- ○กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

๒.๓ สำหรับน้ำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคาร
- (๑) สี มีค่าไม่เกิน ๕ หน่วย (Pt-Co)
- (๒) ความขุ่นมีค่าไม่เกิน ๒ หน่วย
- (๓) ค่าพีเอช ๖.๐ - ๙.๐
- (๔) บีโอดี มีค่าไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๕) ของแข็งแขวนลอย มีค่าไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๖) คลอรีนอิสระ มีค่าไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร
- (๗) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่าไม่เกิน <๕๐ โคโลนี/๑๐๐ มล.

SCAN ME ร่างประกาศกระทรวง

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น
ส่งเสริมการลงทุนประหยัดน้ำ/นำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ

➢(ร่าง) ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ที่ ..... เรื่อง มาตรการส่งเสริมการประหยัดน้ำและการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ ในเขตพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
- ○พระราชบัญญัติส่งเสริมการลงทุน พ.ศ. ๒๕๖๐ คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนจึงออกมาตรการ

SCAN ME ร่าง BOI

WHY:
สร้างกำไรจากการลดการใช้น้ำ/นำน้ำกลับมาใช้ใหม่

- ✓ ภาพลักษณ์ธุรกิจสีเขียว
- ✓ คาร์บอนเครดิต

กำไร = รายได้-ต้นทุน

- ✓ ลดค่าบำบัดน้ำเสีย
- ✓ ลดความเสี่ยงต่อการจ่ายค่าปรับตามมาตรา 80
- ✓ ลดค่าน้ำประปา
- ✓ ลดความไม่แน่นอนจากน้ำขาดแคลน

HOW

Reduce: การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (Water Efficiency (WE))

Reuse & Recycle: การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Water Recycle & Reuse (WR))+อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ เซ็นเซอร์ (IoT and Sensor)

ตัวอย่างอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (WE) สำหรับอาคารภาคบริการ

อุปกรณ์	เทคโนโลยี
สั่วมแบบชักโครก	**Dual flush:** ฟลัชน้ำครึ่งถังหรือฟลัชน้ำเต็มถังสำหรับธุระเบาหรือหนัก แต่ลดประสิทธิภาพการกำจัดสิ่งปฏิกูล **Vortex flush:** เป็นการออกแบบโถสุขภัณฑ์ที่จะช่วยรับเคลือนน้ำไปข้างหน้า และทำให้เกิดโมเมนตัมในการชำระที่ทำความสะอาดได้เท่ากับการใช้น้ำมากๆ **Siphonic:** ท่อพักน้ำทิ้งจะมีการเติมน้ำในระหว่างการกดสุขภัณฑ์ เพื่อเริ่มต้นกาลักน้ำที่จะ “ดึง” วัตถุออกจากโถในขณะที่น้ำจากแทงก์น้ำจะไหลเข้าสู่ในโถผ่านทางเจ็ทและขอบโถเพื่อ “ผลัก” วัตถุออกไป การผลักและการดึงที่เกิดขึ้นพร้อมกันจะชะล้างโถได้เป็นอย่างดีแม้จะใช้น้ำน้อย
ฝักบัวอาบน้ำ	**Aerated showerhead:** ฝักบัวผสมอากาศเข้าไปในน้ำเพื่อสร้างฟองละอองน้ำ ให้ใช้น้ำลดลง ลดการสูญเสียของน้ำที่ไม่ได้ใช้อาบ ปรับความดันน้ำให้คงที่ และ ได้กระแสน้ำที่คงที่ไม่ขาดตอน **Laminar-flow showerhead:** ปล่อยน้ำช้าๆ เป็นสายๆ ไม่ได้เป็นกระแสน้ำที่มากและเต็มเหมือน Aerated Showerhead เหมาะสำหรับที่อากาศร้อนชื้น **Tap flow restrictor:** เป็นอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำที่อัตราต่ำๆเพื่อประหยัดน้ำ มีแบบ 2, 4, 6, 9 ลิตร ต่อ นาที
ก๊อกน้ำ	**Sensor Activation:** ใช้เซ็นเซอร์ เปิด ปิดน้ำอัตโนมัติ ลดการสูญเสียน้ำ **Spray Trap:** ทำให้เกิดละอองฝอย โดยการผสมอากาศกับน้ำ ทำให้น้ำไหลผสมกับอากาศ ลดการสูญเสียน้ำไหลลงอย่างฉะฉะล้างมือ **Push Tap:** เป็นปุ่มที่จะให้ปล่อยน้ำออกเมื่อกดเท่านั้น เมื่อหยุดกดน้ำจะปิดอัตโนมัติ ป้องกันการไหลของน้ำจากก๊อกแบบไม่ตั้งใจ **Tap flow restrictor:** เป็นอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำที่อัตราต่ำๆเพื่อประหยัดน้ำ
โถปัสสาวะ	โถปัสสาวะแบบไม่ใช้น้ำเลย (Waterless) นอกเหนือจากการตั้งเวลาการใช้น้ำชะระล้างเป็นช่วงๆ ใช้เซ็นเซอร์คุมการจ่ายน้ำชะระล้าง
เครื่องล้างจาน	มีระบบเซ็นเซอร์เพื่อปรับการใช้น้ำและพลังงานในการชักให้เหมาะสมกับปริมาณจาน ชามที่ทำการล้างในแต่ละรอบ
เครื่องซักผ้า	มีระบบเซ็นเซอร์เพื่อปรับการใช้น้ำและพลังงานในการชักให้เหมาะสมกับปริมาณเสื้อผ้าที่ทำการซักในแต่ละรอบ หรือการตั้งโปรแกรมการซักให้เหมาะกับผ้าแต่ละประเภทที่ใช้จำนวนรอบซักต่างกัน

ตัวอย่างอุปกรณ์ประหยัดน้ำ

การสำรวจอุปกรณ์ประหยัดน้ำที่มีจำหน่ายในประเทศไทยในปี 2020

SCAN ME

อุปกรณ์สำหรับ WATER EFFICIENCY ใน USA เทียบกับประเทศไทย

	สั่วมแบบชักโครก (แกลลอน ต่อการชำระล้าง)		ฝักบัวอาบน้ำ (แกลลอน ต่อนาที)	ก๊อกน้ำ (แกลลอน ต่อนาที)	โถปัสสาวะ (แกลลอน ต่อการชำระล้าง)	เครื่องล้างจาน (แกลลอน ต่อการล้าง)	เครื่องซักผ้า (แกลลอน ต่อการซัก)
	Tank	Flush Valve					
ก่อนปี 1984	5.0-7.0	5.0-7.0	5.0-8.0	4.0-7.0	5.00	14.00	56.00
ระหว่างปี 1984-1994	3.5-4.5	3.5-4.5	2.75-4.0	2.75-3.0	1.5-4.5	10.5-12	39-51
หลังปี 1994	1.6	1.6	2.5	2.5	1.0	10.5	27
WaterSense Maximum	1.28	-	2.0	1.5	0.5	-	-
ประสิทธิภาพสูงสุด	0.8-1.0	1.28	1.2-1.5	0.5-1.0	0-0.125	4.5-6.5	16-22
ผลสำรวจในตลาดประเทศไทย (2020)	0.8-1.58 (3-6 L)	-		0.4-1.58 (1.5-6 L)	0.13-2.11 (0.5-8 L)	-	-

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น อุปกรณ์ประหยัดน้ำ

ประเภทอุปกรณ์และสุขภัณฑ์	อัตราการใช้น้ำ (Water Consumption : W)
ฝักบัวอาบน้ำ	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อนาที
ก๊อกอ่างล้างหน้า-ล้างมือ	ไม่เกิน ๒ ลิตรต่อนาที
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบปุ่มเดียว	ไม่เกิน ๖ ลิตรต่อครั้ง
โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำแบบสองปุ่ม	ไม่เกิน ๓ ลิตรต่อครั้ง
โถปัสสาวะ	ไม่เกิน ๑ ลิตรต่อครั้ง

- ร่างกฎกระทรวงการติดตั้งอุปกรณ์และสุขภัณฑ์เพื่อการประหยัดน้ำพ.ศ. ....
  - กระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร
  - บังคับในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)
  - การก่อสร้างอาคารประเภทควบคุมการใช้ รวมถึงอาคารที่ได้รับยกเว้น ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550 ข้อ 2 (1) (2) (3) (4) ยกเว้นอาคารตามข้อ 5
  - ที่มีการใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลรวมกันโดยเฉลี่ยมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน
  - อาคารก่อที่มีการใช้น้ำมากกว่า 300 ลบม ต่อ เดือน ต้องทำใน 3 ปี
  - ต้องออกแบบโดยมีการแยกท่อน้ำประปาและท่อน้ำที่บำบัดแล้วจะนำมาใช้ซ้ำ

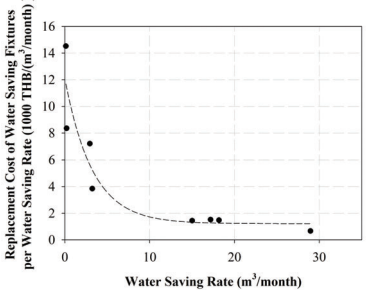
SCAN ME

ร่างกฎกระทรวง

ฐานข้อมูล: WATER EFFICIENCY (WE) ศักยภาพของมาตรการ (กปภ)

สถานที่	ประเภทอาคารภาคบริหาร	กิจกรรม	งบประมาณรวม (บาท)	ประสิทธิภาพการประหยัดน้ำ (%)	ราคาน้ำประปา (บาท ต่อ ลบม)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี) (จากฝักบัวอุปกรณ์)	ระยะเวลาคืนทุนจากอุปกรณ์ที่สูงขึ้น (ปี)
ค่ายลูกเสือวชิราวุธ	สถานศึกษา	ติดตั้งก๊อกประหยัดน้ำ 6 ชุด	1,677	6.14	17	67.58	-
บริษัท เอทา จำกัด	SME	ติดตั้งก๊อกประหยัดน้ำ 2 ชุด	670.80	6.43	18.25	30.82	-
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TISTR)	สำนักงาน	เปลี่ยนก๊อกอ่างล้างมือ เปลี่ยนสายฉีดชำระ เปลี่ยนก๊อกซักล้าง รวม 24 ชิ้น	26,800	13.83	18	9.54	3.29
โรงเรียนเทศบาล ๑(แสงอ่อนแสลมวิทยา) จ.สุราษฎร์ธานี	โรงเรียน	ก๊อกโถปัสสาวะ ก๊อกอ่างล้างหน้า รวม 56 ชุด	26,080	20.99	15	6	-
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	โรงเรียน	ก๊อกอ่างล้างหน้า สายฉีดชำระ รวม 17 ชุด	12,411	7.95	15	10.75	-
โรงเรียนอุดรพิชัยรักษ์ศิทยา จังหวัดอุดรธานี	โรงเรียน	ก๊อกอ่างล้างหน้า ก๊อกซักล้าง สายฉีดชำระ รวม 14 ชุด	21,654	8.51	21.75	5.62	-
สวนสัตว์เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่	สถานที่ท่องเที่ยว	ก๊อกน้ำหัวฉีดชำระ รวม 22 ชุด	21,186	7.38	18.25	20.6	2.6
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	โรงเรียน	ก๊อกประหยัดน้ำ สายชำระประหยัดน้ำรวม 19 ชุด	19,000	19.84	21	2.50	-
โรงพยาบาลจิตเวชขอนแก่นราชนครินทร์ จ.ขอนแก่น	โรงพยาบาล	ก๊อกประหยัดน้ำ สายฉีดชำระ รวม 30 ชุด	32,015	5.8	21.76	26	-

ราคาและปริมาณน้ำที่ลดการใช้ได้จากการเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดน้ำ (WE)



ศักย์ภาพการลดการใช้น้ำด้วย WE ในประเทศไทยและ USA

ประเภทอาคาร	Water Efficiency (%)*	Water Efficiency (%) กปภ+
สำนักงาน	28	13.83
SME	27	6.43
ห้างสรรพสินค้า	27	10.76±5.97
โรงพยาบาล	25	20.99
โรงเรียน/มหาวิทยาลัย	20	19.84
โรงแรม	17	10.76±5.97
สถานีบริการน้ำมัน	31	10.76±5.97

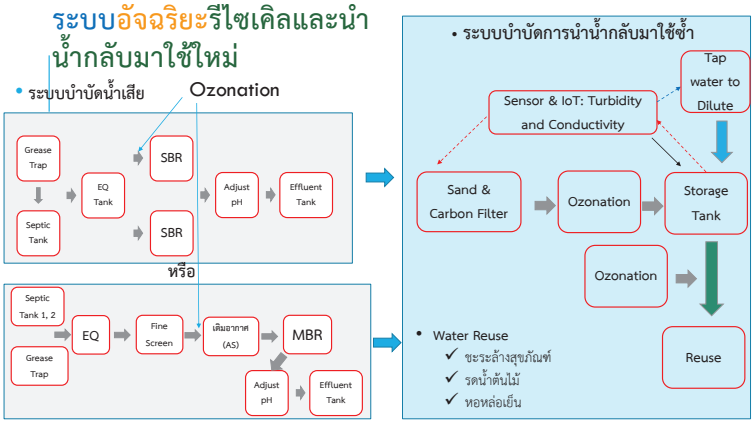
ศักย์ภาพการรีไซเคิลน้ำและนำกลับมาใช้ใหม่

ประเภทอาคาร	Water Reuse (%)			
	Toilet	Cooling (คิดว่าต้องเติมน้ำประปาลงไป 50%)	Green Area	รวม
สำนักงาน	10	14	22	46
SME	7.75	-	4	11.75
ห้างสรรพสินค้า	37	7.5	10	54.5
โรงพยาบาล	10	6.5	5	21.5
โรงเรียน/มหาวิทยาลัย	11.25	10	25	46.25
โรงแรม	7.5	7.5	10	25
สถานีบริการน้ำมัน	37	-	28	65

ความกังวลในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำแบบ NON-PORTABLE

- สีจะเหลืองหรือดำไหม?
- น้ำจะขุ่นไหม?
- จะมีกลิ่นเหม็นไหม?
- ค่าการนำไฟฟ้า หรือ ค่าของแข็งละลายน้ำจะเกินที่ยอมรับได้ไหม (สำหรับหอหล่อเย็น)
- ระบบเดินปกติไหม?

ระบบอัจฉริยะรีไซเคิลและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่



ตัวอย่างระบบรีไซเคิลและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศไทย

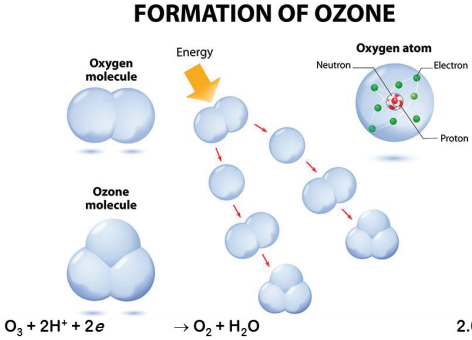
ชื่อสถานประกอบการ	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (%)	ราคาต่อหน่วย ค่า Reuse (บาท ต่อ ลบม)	ราคาประปา (บาท ต่อ ลบม)	IOT/Sensor ที่ใช้	ปัญหาที่พบ	แรงจูงใจ	ความต้องการ/ข้อเสนอแนะ
ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาระยอง	50% สำหรับ หอหล่อเย็น 100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 51% ของทั้งระบบ	17-18	32	IOT สำหรับการดูและระบบ และ sensors สำหรับเดินระบบ DO, pH, Conduct	การนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนไม่สามารถนำไปใช้ในหอหล่อเย็นได้ ระบบ UF ตันบ่อย	ลดต้นทุน	กฎหมาย ความช่วยเหลือทางเทคนิค
ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขาแจ้งวัฒนะ	100% สำหรับ หอหล่อเย็น 100% สำหรับสุขา	12 (ราคาขายน้ำ)	15-16	IOT สำหรับการดูและระบบ และ sensors สำหรับเดินระบบ Turbidity และ Conduct	-		
ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ รามคำแหง	100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 37% ของทั้งระบบ	5.8	15-16	-	-	ลดต้นทุน	ความช่วยเหลือทางเทคนิค/เอาน้ำไปขาย หรือ ใช้ที่อื่น

ประเมินระบบ WATER REUSE ที่ใช้ในประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อสถานประกอบการ	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (%)	ราคาต่อหน่วย ค่า Reuse (บาท ต่อ ลบม)	ราคาประปา (บาท ต่อ ลบม)	IOT/Sensor ที่ใช้	ปัญหาที่พบ	แรงจูงใจ	ความต้องการ/ข้อเสนอแนะ
สถานีน้ำมัน ปตท. สาขาพระรามา 2	รดน้ำต้นไม้ 100% รวมประมาณ 28% ของทั้งระบบ	3.11	15-16	-	ต้องจ้างผู้ดูแลซ่อมบำรุงระบบ	ภาพลักษณ์ Zero Discharge	กฎหมายที่บอกว่าใช้น้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ในท้องน้ำ
สำนักงาน บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม	รดน้ำต้นไม้ 100%	5.8	29	เครื่องวัดอัตราการผลิตน้ำรีไซเคิล	-	ประหยัดค่าใช้จ่าย	การสนับสนุนจากภาครัฐ
สำนักงาน บริษัท ควอลิตี้ ดีเนอรัล จำกัด (มหาชน)	100% สำหรับสุขา รวมประมาณ 37% ของทั้งระบบ	5.8	21	Turbidity	-	ประหยัดค่าใช้จ่าย	การสนับสนุนจากภาครัฐ

OZONATION: CORONA DISCHARGE

FORMATION OF OZONE



$O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow O_2 + H_2O$ 2.07 V

Oxidant	Electrochemical Potential I (Volts)
Free Radical, (-OH)	2.8
Ozone atom (O)	2.42
Ozone, (O3)	2.07
Hydrogen Peroxide, (H2O2)	1.78
Potassium Permanganate, (KMnO4)	1.7
Chlorine Dioxide, (ClO2)	1.57
Chlorine gas, (Cl2)	1.36
Oxygen, (O2)	1.23
Bromine	1.09
Hypochlorous Acid, (HOCl)	0.95
Sodium Hypochlorite, (NaOCl)	0.94
Iodine	0.54

OZONE

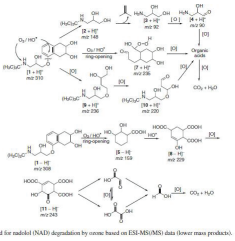
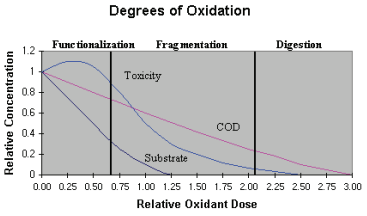
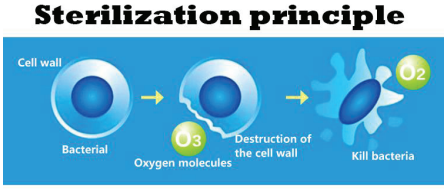


Figure 5. Mechanism proposed for nadolol (NAD) degradation by ozone based on ESI-MS(/MS) data (lower mass products).



OZONE ฆ่าเชื้อโรค



ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคขึ้นกับ.....

ปริมาณคลอรีนที่ใส่ลงไป และ เวลาทำปฏิกิริยาฆ่าเชื้อ

เข้มข้นมาก (C ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร)ใช้เวลาน้อย (t ในหน่วย นาที); เข้มข้นน้อย ใช้เวลามาก

สำหรับเชื้อโรคแต่ละชนิด C*t = ค่าคงที่ = k เรียกว่า กฎของ C*t

Table 1

Microorganism	Disinfectant			
	Free Chlorine pH 6 to 7	Preformed Chloramine pH 8 to 9	Chlorine Dioxide pH 6 to 7	Ozone pH 6 to 7
Escherichia Coli	0.034 - 0.05	95 - 180	0.4 - 0.75	0.02
Polio 1	1.1 - 2.5	768 - 3740	0.2 - 6.7	0.1 - 0.2
Rotavirus	0.01 - 0.05	3806 - 6476	0.2 - 2.1	0.006 - 0.06
Giardia lamblia cysts	47 > 150	2200[a]	26[a]	0.5 - 0.6
Giardia muris cysts	30 - 630	1400.00	7.2 - 18.5	1.8 - 2.0
Cryptosporidium parvum	7200[b]	7200[c]	78[c]	5 - 10[b]

(a) Values for 99% inactivation at pH 6-9.
(b) 99% inactivation at pH 7 and 25°C
(c) 90% inactivation at pH 7 and 25°C

เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อประเภทต่าง ๆ

ประเด็นพิจารณา	ชนิดผลิตภัณฑ์			
	Cl_2	ClO_2	O_3	NH_2Cl
Oxidation potential	แรง	แรงกว่า	แรงที่สุด	อ่อน
คงค้าง	ใช่	ไม่	ไม่	ใช่
กลไกการฆ่าเชื้อ	Proteins/NA	Proteins/NA	Proteins/NA	Proteins
ประสิทธิภาพ	ดี	ดีมากๆ	เยี่ยม	ปานกลาง
สาร By-products	มี	มี	มี	ไม่มี

DISINFECTION USING OZONE

- Stronger oxidizer than chlorine, very effective in disinfection but unstable (half-life = 20-30 min).
- It must be generated on site.
- Ozone generation: remove humidity from air via refrigerating air and passing through desiccants before passing through two electrically oppositely charged plates.
- Ozone penetrates cell wall of microorganism
- Typically Ozone dose = 1 to 5.3 kg/1000 cubic meter of treated water. Contact time = 20 min. Residual chlorine = 0.4 mg/L.

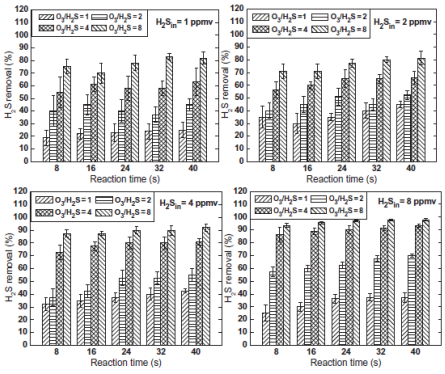
OZONE กำจัดกลิ่น H_2S

TABLE 1. Kinetics of Reaction Between O_3 and H_2S

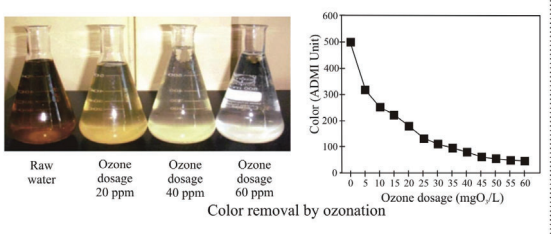
Reference	$[O_3]$ (ppmv)	$[H_2S]$ (ppmv)	$[O_3]/[H_2S]$	Stoichiometry and Reaction Rate Equation
Gredor and Martin 1961	NA	NA	0.65–20	$O_3 + H_2S \rightarrow (1-x)H_2SO_4 + xH_2O + xSO_2$ Reaction Rate Equation: NA
Cadle and Ledford 1966	240–7200	240–19,000	0.38–1.88	$O_3 + H_2S \rightarrow H_2O + SO_3$ $\frac{d[O_3]}{dt} = -2.5 \times 10^8 e^{\frac{-3300}{RT}}[O_3]^{1.5}\ \frac{mol}{mL\cdot s}$
Glavas and Toby 1975	7–131	263–6578	0.009–0.04	Multiple-Stage Reaction $\frac{d[O_3]}{dt} = -k[O_3]^{1.75\pm0.25}\ \frac{mol}{L\cdot s}$
Hales et al. 1969	165–693	321–7800	0.03–1.31	$O_3 + H_2S \rightarrow H_2O + SO_2$ $\frac{d[H_2S]}{dt} = -22.8e^{\frac{-600}{RT}}[H_2S]^{0.5}[O_3]^{1.5}\ \frac{\mu mol}{L\cdot min}$

NA: Not available.

สลาย H_2S ได้ไว

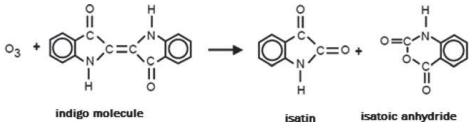


OZONE กำจัดสีในน้ำเสีย



http://innovationidea.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/07/pig23.jpg

DECOLORIZATION คืออะไร?

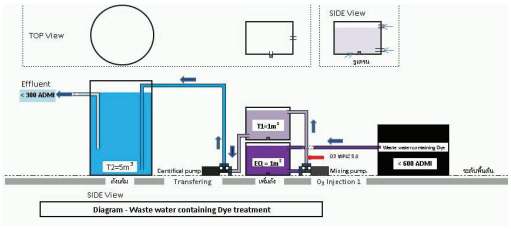


การบำบัดสีย้อม

น้ำเสียตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

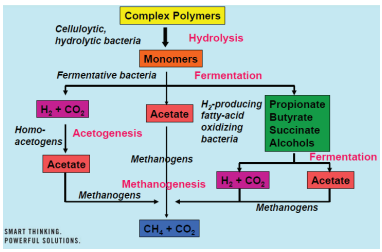
การบำบัดสีจากโรงงานผลิตสีย้อม

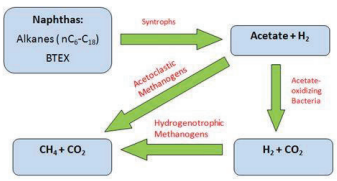
ระบบโอโซนใช้งานจริงแทนที่การใช้ถ่านกัมมันต์



ระบบโอโซนใช้งานจริงแทนที่การใช้ถ่านกัมมันต์

OZONE ช่วย การบำบัดแบบ ANAEROBIC DIGESTION: METHANOGENESIS





http://rittmann.environmentalbiotechnology.org/methanogenesis-and-anaerobic-digestion.html

OZONE ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ HYDROLYSIS

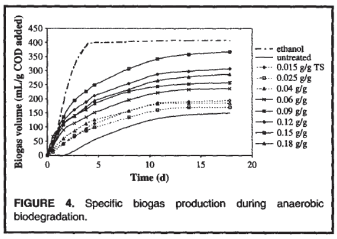


FIGURE 4. Specific biogas production during anaerobic biodegradation.

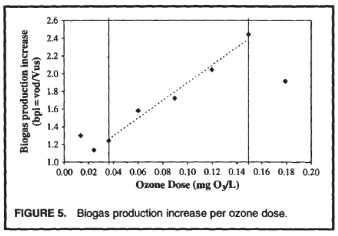


FIGURE 5. Biogas production increase per ozone dose.

ประสิทธิภาพ

Table 2 Summary of different process parameters

Run No.	SRT/ HRT (d)	O_3 dose (gO_3/gTS)	Solid deg. Efficiency (%)	(%)	TVS/TS ratio (-)	Specific methane production ($L\text{-}CH_4/gTVS$ fed)	Soluble ammonia	Soluble TOC (mgN/l)	VFA COD (major component) (mg/l)	(mgCOD/l)
Phase I[1]										
I–1	28	0.0	35	38	0.85	0.20		745	68	–
I–2	28	0.015	37	42	0.83	0.21		824	129	90 (IB)[4]
I–3	14	0.0	24	28	0.87	0.12		647	493	1506(P)
I–4	14	0.015	31	36	0.84	0.14		770	689	1924(P)
Phase II[2]										
II–1	28	0.0	31	35	0.87	0.12		830	1013	2136(A,P)
II–2	28	0.05	59	65	0.73	0.25		1357	1876	3791(A,P)
II–3	14	0.0	27	30	0.89	0.11		718	743	1833(A,P)
II–4	14	0.05	50	60	0.74	0.20		1302	2126	3691(A,P)
Phase III[3]										
III–1	28	0.0	25	–	0.87	0.15		643	113	–
III–2	28	0.05	58	60	0.65	0.31		1224	466	–
III–3	7	0.0	17	–	0.89	0.07		422	217	–
III–4	7	0.05	46	52	0.73	0.19		1055	1590	–

OZONE ช่วยกำจัด COD ก็ได้

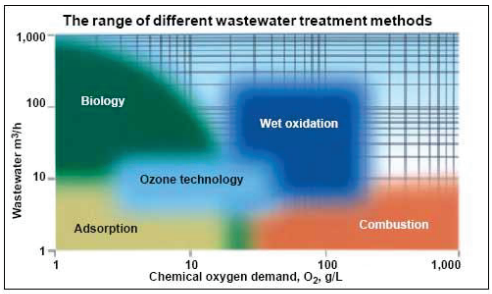


FIGURE 1. Biological, ozone-based and wet-oxidation techniques compete with adsorption and combustion processes to treat heavily contaminated wastewaters

PRE OR POST TREATMENT

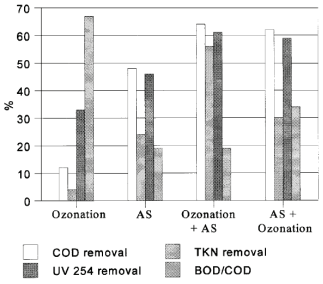
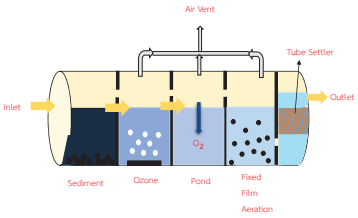


Figure 6. Comparison of processes studied regarding percentage elimination of COD, TKN and UV_{254} and changes in biodegradability measured as BOD/COD. AS is activated sludge. Ozonation conditions: F_g=30 dm³ h⁻¹; T=20°C; pH=7.3–7.8; F=3.6 dm³ h⁻¹; C_{O_3}=5 g m⁻³. Biological oxidation conditions: T=20°C; pH=7.2–7.6; DO=2.5–3.5 g m⁻³; HRT=5 h; MLVSS=1.6 g dm⁻³; F=3.6 dm³ h⁻¹.

ที่มา : (Beltrán et al., 1999)

ถังเร่งการบำบัดน้ำเสียชุมชนและอาคารภาคบริการด้วยโอโซน



อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ ปีงบประมาณ 2562

การใช้งานจริง

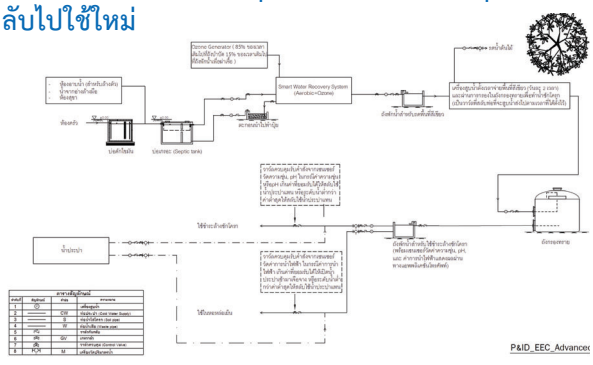
อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ ปีงบประมาณ 2562

ประสิทธิภาพ

Parameter	Input	HRT 4 hr	HRT 6 hr	HRT 12 hr	HRT 12 hr (Control)	STD.
pH	6.2 – 6.6	6.13	5.90	7.10	7.14	5 – 9
COD (mg/l)	780 - 1600	40.12	40.41	92.20	122.69	-
BOD (mg/l)	600 - 300	29.77	17.54	10.83	16.43	≤ 20
TDS (mg/l)	680 - 370	644.92	639.44	490.94	534.02	≤ 500
SS (mg/l)	220 - 560	3.21	3.31	6.43	39.54	≤ 30
FOG (mg/l)	180 - 470	17.71	16.12	15.75	49.69	≤ 20
TKN (mg/l)	77 - 85	33.74	33.12	21.25	21.28	≤ 35
Sulfide	17 - 25	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0

อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ ปีงบประมาณ 2562

การใช้เซ็นเซอร์เพื่อควบคุมการเดินระบบและคุณภาพน้ำที่นำกลับไปใช้ใหม่



การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในชักโครกและโถปัสสาวะ

กฎหมายของไทยด้านการประหยัดน้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่กำลังรับฟังความคิดเห็น มาตรฐานน้ำที่นำกลับมาใช้ซ้ำ

➢ (ร่าง) ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

○ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

๒.๓ สำหรับนำกลับมาใช้เป็นน้ำชักโครกในอาคาร

(๑) สี มีค่าไม่เกิน ๕ หน่วย (Pt-Co)

(๒) ความขุ่นมีค่าไม่เกิน ๒ หน่วย

(๓) ค่าพีเอช ๖.๐ - ๙.๐

(๔) บีโอดี มีค่าไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๕) ของแข็งแขวนลอย มีค่าไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๖) คลอรีนอิสระ มีค่าไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๗) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่าไม่เกิน <๕๐ โคโลนี/๑๐๐ มล.

SCAN ME

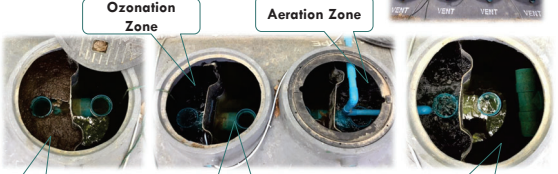
ร่างประกาศกระทรวง

ระบบบำบัดน้ำเสียโสโครกสำเร็จรูปอัจฉริยะด้วยวิธีการเติมโอโซนร่วมกับการบำบัดด้วยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศ

สำนักงานบริษัท ควอลิตี้ มิเนอรัล จำกัด (มหาชน) จังหวัดลพบุรี

ผลการดำเนินงาน

บริษัท ควอลิตี้ มิเนอรัล จำกัด (มหาชน) จังหวัดลพบุรี



ผลการดำเนินงาน

บริษัท ควอลิตี้ มิเนอรัล จำกัด (มหาชน) จังหวัดลพบุรี

Parameter / Zone	Septic Zone	Ozonation Zone	Degraded ozone Zone	Aeration Zone	Effluent	STD.
pH	7.19	7.01	7.07	7.11	7.22	5-9
Conductivity (µS/cm)	748	850	892	901	888	500
Color (Pt-Co)	35	25	25	25	20	-
COD (mg/l)	92.3	61.5	61.5	46.2	46.2	120*
SS (mg/l)	109.8	23.5	11.0	20.6	22.0	30

หมายเหตุ : ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก , * ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ผลการดำเนินงาน

Ozonation

Ozonation and Sand Filter

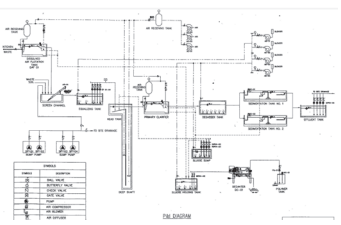
Parameter / Zone	pH	Conductivity (µS/cm)	Color (Pt-Co)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
Ozonation	7.52	1109	17	92.3	65.4
Ozonation and Sand Filter	7.35	880	5	30.8	26.8
Regulation USA	6-9			<30 BOD	<30

น้ำนำกลับมาใช้ใหม่

ตัวอย่างการใช้งานการบำบัดไขมันในน้ำเสียที่เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ

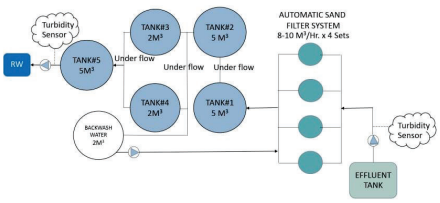
- ✓300 ลบม ต่อ วัน
- ✓แบ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสีย และ ระบบรีไซเคิลน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
- ✓ปรับปรุงระบบ Dissolved Air Flotation (DAF) เป็น Dissolved Ozone Flotation (DOF)

ระบบบำบัดน้ำเสีย

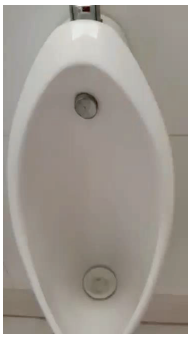


ระบบรีไซเคิลด้วยกรองทรายและโอโซนฆ่าเชื้อ

แบบรายละเอียดระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ



คุณภาพน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่



ห้างสรรพสินค้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ รามคำแหง

- ✓150 ลบม ต่อ วัน
- ✓แบ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสีย และ ระบบรีไซเคิลน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

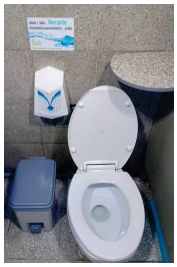
ระบบบำบัดน้ำเสีย

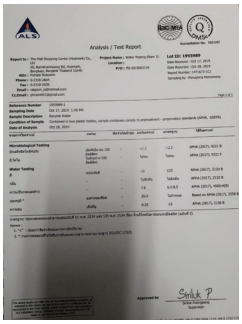
ระบบรีไซเคิลด้วยกรองทรายและโอโซนฆ่าเชื้อ

SYNERGY Ozone for Life

The Mall ได้นำโอโซนมาใช้
บำบัดน้ำเสียกลับมาเป็นน้ำใช้ในสุขภัณฑ์

THE MALL





การนำน้ำกลับมาใช้ในพื้นที่สีเขียว

© CanStockPhoto.com

กฎหมายคุณภาพน้ำตามวัตถุประสงค์การใช้น้ำในแต่ละประเทศ

- ➢สัมผัสโดยตรงกับสาธารณะและอาหาร
- ➢สัมผัสทางอ้อมกับอาหารและเข้าถึงสาธารณะในพื้นที่จำกัด
- ➢การใช้งานทางการเกษตรและมีการสัมผัสกับอาหารและสาธารณะต่ำ (Non-portable use)
- ➢ห้ามสัมผัสกับอาหารหรือสาธารณะ (ใช้ในการชลประทานด้วยวิธีการลงสู่พื้นโดยตรงเท่านั้น) (Non-portable use)

SCAN ME

สรุปมาตรฐานคุณภาพน้ำรีไซเคิลของแต่ละประเทศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

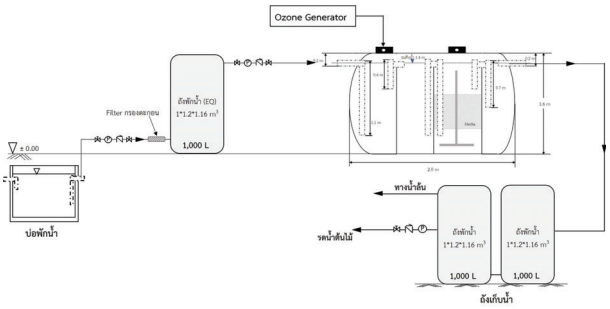
เกณฑ์	การนำไฟฟ้า (Conductivity) โมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร	ความเค็ม (Salinity) ส่วนในพันส่วน	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TDS) มก./ล.	บีโอดี (BOD) มก./ล.	ซีโอดี (COD) มก./ล.	สารแขวนลอย (SS) มก./ล.	น้ำมันและไขมัน (O&G) มก./ล.	ทีเคเอ็น (TKN) มก./ล.	ซัลไฟด์ (S^{2}) มก./ล.	ทองแดง (Cu) มก./ล.	เหล็ก (Fe) มก./ล.	แมงกานีส (Mn) มก./ล.	สังกะสี (Zn) มก./ล.
มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง	-	-	3,000	60	120	50	5	100	1	2	-	5	5
เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะปลูก	0 - 250 ดีมาก 250 - 750 ดี - ปานกลาง 750 - 1,250 ปานกลาง - พอใช้ >1,250 ไม่เหมาะสมจะใช้ในสภาวะปกติ	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	5.0	0.2	2.0

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

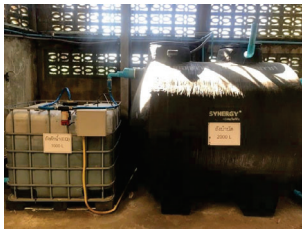
จุดเก็บตัวอย่าง	โซเดียม (Na^{+}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)	โพแทสเซียม (K^{+}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)	แคลเซียม (Ca^{2+}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)	แมกนีเซียม (Mg^{2+}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)	คลอไรด์ (Cl^{-}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)	คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)
เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะปลูก	<3 ไม่มีปัญหา 3 - 10 เริ่มมีปัญหาเพิ่มขึ้น >10 เป็นอันตรายต่อพืชอย่างรุนแรง	-	-	-	<4 ไม่มีปัญหา 4 - 10 เริ่มมีปัญหาเพิ่มขึ้น >10 เป็นอันตรายต่อพืชอย่างรุนแรง	-

จุดเก็บตัวอย่าง	ไบคาร์บอเนต (HCO_3^{-}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)	ซัลเฟต (SO_4^{2-}) กรัมสมมูลย์ต่อลิตร (meq/l)	เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (Soluble Sodium Percentage, SSP) ร้อยละ	โซเดียมคาร์บอนเนตที่เหลือ (Residual Sodium Carbonate, RSC)	อัตราการดูดซับโซเดียม Sodium Adsorption Ratio, SAR
เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะปลูก	1.5 ไม่มีปัญหา 3.5 - 8.5 เริ่มมีปัญหาเพิ่มขึ้น >8.5 เป็นอันตรายต่อพืชอย่างรุนแรง	>10 เป็นอันตรายต่อพืชอย่างรุนแรง	<60 คุณภาพยอดเยี่ยม - ดี 60 - 75 คุณภาพดี - เริ่มเป็นพิษ >75 คุณภาพเริ่มเป็นพิษ ไม่ควรใช้	<1.25 ใช้ได้อย่างปลอดภัย 1.25 - 2.5 ต้องใช้อย่างจำกัด >2.5 ไม่เหมาะต่อการรดพืช	>4 เป็นอันตรายต่อพืช

สำนักงานบริษัทเกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม



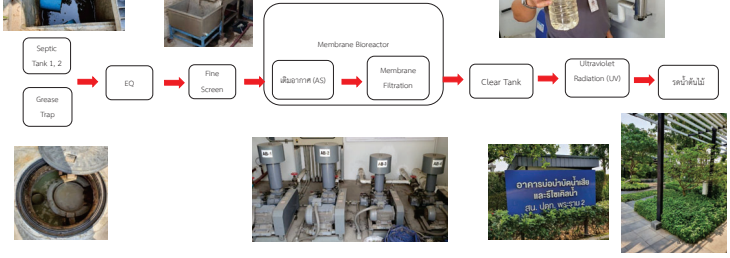
ระบบบำบัดน้ำเสียและรีไซเคิลน้ำ



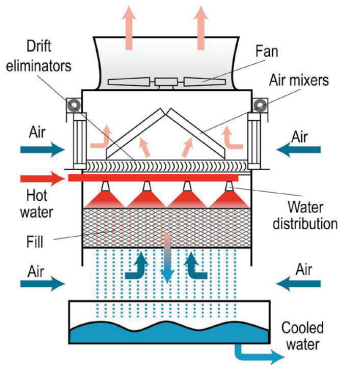
ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำรีไซเคิล

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเข้า	น้ำออก	มาตรฐานน้ำทิ้ง
พีเอช (pH)	-	7.61	6.94	5.0-9.0
คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	mg/l	-*	0.284	ไม่เกิน 1
บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	mg/l	40.27	5.50	ไม่เกิน 20
ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	mg/l	136.0	39.8	ไม่เกิน 120
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)	mg/l	38.0	7.60	ไม่เกิน 50
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid)	mg/l	-*	296.4	ไม่เกิน 3,000
ไขมันและน้ำมัน (Oil and Grease)	mg/l	63.92	3.33	ไม่เกิน 5
เจลาสที่ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen)	mg/l	-*	20.2	ไม่เกิน 100
ซัลไฟด์ (Sulfide)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 1
แคดเมียม (Cd)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 0.03
ทองแดง (Cu)	mg/l	-*	0.05	ไม่เกิน 2.0
ตะกั่ว (Pb)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 0.2
สังกะสี (Zn)	mg/l	-*	0.20	ไม่เกิน 5.0
แมงกานีส (Mn)	mg/l	-*	0.10	ไม่เกิน 5.0
นิเกิล (Ni)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 1.0
สารหนู (As)	mg/l	-*	ไม่พบ	ไม่เกิน 0.25

สถานีน้ำมัน ปตท. สาขาพระราม 2



การใช้งานในหอหล่อเย็น



BLOWDOWN & SCALING

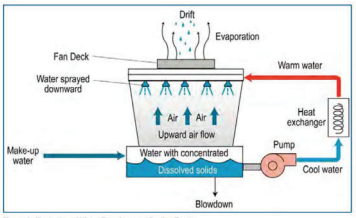
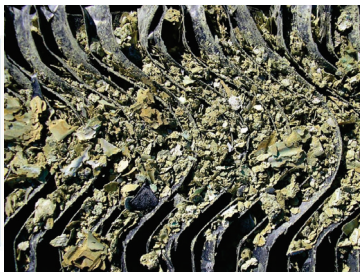
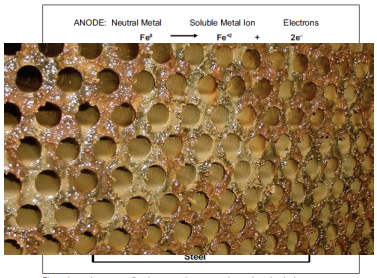


Figure 4. Illustration of Water Flow Across a Cooling Tower.

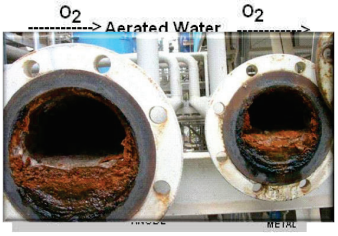


https://www.youtube.com/watch?v=PcEFMbc3m3Y

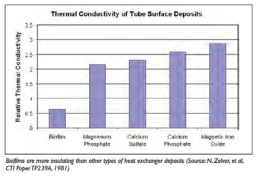
COOLING TOWER: BIOFILM*CORROSION



Electrochemical corrosion cell and reactions that occur at the anode and cathode



https://coastalenergyandenvironment.web.unc.edu/environmental-stressors/chemical-stressors/environmental-impacts-of-antifouling-materials/



Biofilms are more insulating than other types of heat exchanger deposits (Source: N. Zahra, et al, CTI Paper TP2396, 1981)

PRINCIPAL CLASSES OF TROUBLESOME MICROORGANISMS

CLASSIFICATIONS		DESCRIPTION	COMMON PROBLEMS
BACTERIA			
Filamentous			
Sulfur depositing	*Streptomyces*	Stringy, slippery, gray or gray-green	Fouling
Iron depositing			
Corrosive			
Desulfovibrio	*Clostridium* (spore forming)	Black granular appearance glows beneath slime or deposit	Corrosion Formation of gases
Non-Spore forming			
Flavo bacterium	*Achromobacter*	Gelatinous, flocculant substance resembling mucus, may be colored	Fouling Formation of gases Protect corrosive bacteria
Alcaligenes	*Aerobacter*		
Pseudomonas	Mucoids		
Spore forming			
B. subtilis	*B. megatherium*	Gelatinous, may be stringy, rope like, may be colored.	Fouling Protect corrosive bacteria
B. cereus	*B. mycoides*		
Pathogenic			
Legionella		Live inside protozoa. Proliferate in dirty systems	Can cause a pneumonia-like illness in susceptible individuals
FUNGI (Spore forming)			
Molds			
Aspergillus	*Cladosporium*	Stringy, fluffy or matted, normally colorless but may be green	Wood decay Formation of corrosion cells Fouling
Penicillium	*Mucon*		
Trichoderma			
YEASTS			
Monilia	*Endomyces*	Leathery, rubbery or resembling mucus, may be colored or colorless	Formation of corrosion cells Fouling
Oospora	*Rhodotorula*		
Torula			
ALGAE			
Chroococcus	*Ulothrix*	Loose slimy or rubbery green or blue-green, found only in sunlight.	Fouling Protect corrosive bacteria
Oscillatoria	*Navicula*		
Chlorococcus	*Fragilaria*		

COOLING TOWER

- Ozone Dose = 0.1 to 0.4 mg/L
- Far less contribution on TDS to the water (decreasing scaling)
- pH Conductivity ORP
- Biological Growth (total, sulfate reducing, iron reducing), Scaling, Corrosion, Blow Down Water, Energy Efficiency
- Ease of Use
- Compare with current practice= record for Biological Growth, Scaling, Corrosion, Blow Down Water, Energy Efficiency, Ease of Use
- Energy Consumption+Ozone
- Water balance

- Economic Calculation
- **LCA Cost**
- **Maintenance cost**
- Antibiofilm formation = Test Microbial/Biofilm
- Blow Down Water = มาตรา 80; chemical loading decrease
- Reduce need or even eliminate blow down
- Mineral Scaling

รายงานการศึกษาเพื่อพิสูจน์ผลของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน การใช้โอโซนในการบำบัดน้ำ Cooling Tower

เสนอต่อ กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สรุปผลการศึกษา

ค่า kW./Ton ของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ที่ติดตั้งเครื่องเติมโอโซน	ที่ไม่ติดตั้งเครื่องเติมโอโซน
ค่า kW./Ton คงที่ ตลอดระยะเวลา 3 เดือน	ค่า kW./Ton จะค่อย ๆ เริ่มสูงขึ้น

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

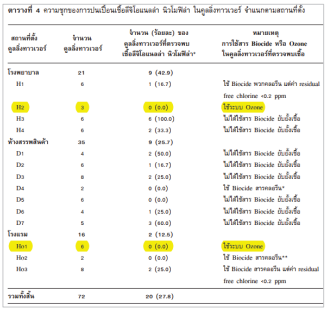
เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการใช้ Ozone กับสารเคมี

รายละเอียด ค่าใช้จ่าย	การปรับสภาพ ด้วยเคมี US Dollars	การปรับสภาพด้วย โอโซน US Dollars	ผลการ ประหยัด US Dollars	ประหยัด (%)
ค่าไฟของระบบรวม	118,715	50,071	68,644	58
ค่าใช้จ่ายน้ำ	45,360	4,536	40,824	90
ค่าสารเคมี	18,613	0	18,613	100
ค่าแรงงาน	9,370	2,808	6,562	70
ค่ากำจัดคลอรีน	6,120	0	6,120	100
รวมค่าใช้จ่ายต่อปี	198,168	57,415	140,753	71

Reference : Federal Technology Alert: Ozone Treatment for Cooling Towers, The New Technology Demonstration Program, U.S. Department Of Energy , 1998

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัยการฆ่าเชื้อ Legionella
พบว่า โอโซนสามารถฆ่าเชื้อ Legionella ได้



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
กระทรวงสาธารณสุข

ณ วันที่ 19 พฤศจิกายน 2557

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

เปรียบเทียบท่อน้ำที่ใช้ Ozone กับสารเคมี

ท่อน้ำที่ใช้ เคมีบำบัดน้ำ อายุ 3 ปี	ท่อน้ำที่ใช้ โอโซนบำบัดน้ำ อายุ 12 ปี
สภาพภายนอกดูดี แต่ภายในเต็มไปด้วยตะกรัน	สภาพภายนอกสนิมขึ้น แต่ภายในท่อยังดูดี ไม่มีตะกรัน

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

ระบบโอโซนสำหรับ Cooling Tower ในอาคารขนาดใหญ่

Singha Complex

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

ระบบโอโซนสำหรับ Cooling Tower
BDMS Wellness Clinic

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

ระบบโอโซนใน Cooling Tower
โรงงานสุราบางยี่ขัน

เดิมใช้เคมีบำบัด	หลังจากเปลี่ยนมาใช้โอโซน
✓ มีปัญหาตะไคร่ ตะกรัน ✓ ต้องถ่ายน้ำทิ้ง ล้างบ่อพัก เดือนละ 2 ครั้ง	✓ ในเวลา 5 วัน น้ำใส และสะอาดขึ้น ✓ ประหยัดน้ำ จากการที่เคยถ่ายน้ำทิ้ง ✓ ประหยัดพลังงานค่าไฟฟ้า จากการระบายความร้อนได้ดีขึ้น

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

การติดตามผล Cooling Tower ก่อนและหลัง การบำบัดด้วยโอโซน โรงงานสุราบางยี่ขัน

ผลประหยัดรวม

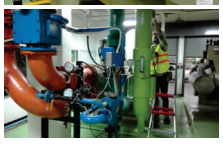
149,161 บาท / เดือน

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

ระบบโอโซนใน Cooling Tower IKEA (บางนา)

มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

ระบบโอโซนใน Cooling Tower Tesco Lotus



ตรวจวัดการประหยัดพลังงานจากการติดตั้งระบบโอโซน

ประหยัดกว่า **4.3 ล้าน** บาท / ปี

สรุปผลประหยัดพลังงาน TESCO LOTUS Energy Saving

ลำดับ	สาขา	CH.	ก่อนติดโอโซน (kWh/y)	ก่อนติดโอโซน บาท/y	หลังติดโอโซน (kWh/y)	หลังติดโอโซน บาท/y	Savings (kWh/y)	Savings บาท/y	SAVE%
1	AsiaticWongNin	CH#1	876,560.00	3,505,440.00	775,168.80	3,100,675.20	101,391.20	404,764.80	11.5
		CH#2	ยกเลิกเครื่องทำความเย็นไม่สามารถใช้งานได้	78466					
2	Rangsee	CH#1	1,144,077.90	4,576,311.60	1,023,079.80	4,092,292.00	121,004.90	484,019.60	10.6
		CH#2	ยกเลิกเครื่องทำความเย็นไม่สามารถใช้งานได้	72446					
3	City Park Bangpee	CH#1	ยกเลิกเครื่องทำความเย็นไม่สามารถใช้งานได้	Chiller เล็ก					
		CH#2	538,594.00	2,154,376.00	474,739.00	1,898,876.00	63,875.00	255,500.00	11.9
		CH#3	569,149.80	2,276,163.20	451,250.80	1,805,003.20	108,399.00	433,160.00	19.4
4	Merry King Pinkao	CH#1	ยกเลิกเครื่องทำความเย็นไม่สามารถใช้งานได้						
		CH#2	ยกเลิกเครื่องทำความเย็นไม่สามารถใช้งานได้						
		CH#3	562,410.20	2,250,460.80	453,730.20	1,814,920.80	108,885.00	435,540.00	19.4
5	Sampran	CH#1	583,746.80	2,334,987.20	522,849.60	2,091,398.40	60,897.20	243,588.80	10.4
		CH#2	586,956.20	2,347,816.80	525,686.00	2,102,744.00	61,268.20	245,072.80	10.4
6	Suttathip	CH#1	363,599.60	1,454,398.40	310,346.40	1,241,385.60	53,253.20	213,012.80	14.6
		CH#2	365,597.60	1,462,390.40	312,355.20	1,249,560.80	53,382.20	234,238.80	14.5
7	Pakchong Mall	CH#1	354,630.60	1,418,522.40	318,855.72	1,275,426.88	35,773.52	143,095.68	10.1
		CH#2	355,904.64	1,423,618.56	291,593.32	1,166,373.40	64,311.52	257,246.08	18.1
8	Chaipapoom	CH#1	324,105.60	1,296,422.40	288,706.60	1,154,826.40	35,399.00	141,596.00	10.9
		CH#2	362,010.60	1,448,042.40	290,274.60	1,161,098.40	71,736.00	286,944.00	19.8
9	Nakornpanom	CH#1	378,887.60	1,515,550.40	338,374.40	1,353,497.60	40,513.20	162,052.80	10.7
		CH#2	380,566.20	1,522,264.80	339,829.00	1,359,316.00	40,737.20	162,948.80	10.7
10	Pang Chiangmai	CH#1	462,644.00	1,969,776.00	230,648.80	922,595.20	31,585.20	126,380.80	12.0
		CH#2	263,886.00	1,055,544.00	232,690.80	928,123.20	31,805.20	127,220.80	12.1
			5,263,526.18	22,054,104.72	4,779,402.04	20,717,017.68	1,084,124.14	4,336,492.56	13.7
						รวมเงินที่ลดลงต่อปี		4,336,492.56	บาท/y

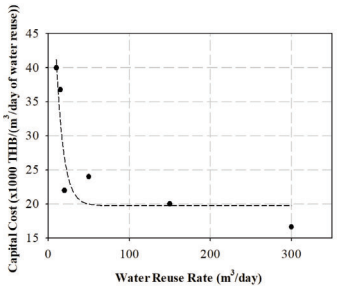
มุ่งมั่น พัฒนา เทคโนโลยี โอโซน เพื่อโลก เพื่อสิ่งแวดล้อม

การออกแบบ

SCAN ME

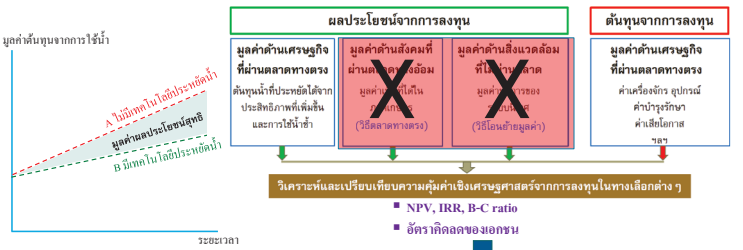
หมายเหตุ: ตารางออกแบบมีการเติมโอโซนในขั้นก่อนการนำไปใช้ซึ่งจำเป็นสำหรับเป็นสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในสุขภัณฑ์และหอหล่อเย็น แต่การนำไปใช้รดพื้นที่สีเขียวอาจจะไม่จำเป็นต้องเติมโอโซนก่อนใช้งาน

ราคาการติดตั้ง WR เฉพาะส่วนที่เพิ่มเติมจากการบำบัดตามกฎหมาย



กรอบแนวคิดการประเมินความเหมาะสม และ ความคุ้มทุนของเอกชน

⇒กรอบแนวคิดการประเมินมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำในมิติเศรษฐกิจ



ประเมินว่าอาคารภาคบริการใด (195 ประเภทย่อย) จะได้ประโยชน์จากระบบอัจฉริยะ และ จัดลำดับความสำคัญต่อเป้าหมายการลดน้ำ 15% ของรัฐ

การจำลอง และ การวิเคราะห์ผล

- จำลอง 2022 ถึง 2037
- มีการจำลองการเติบโตของแต่ละภาคบริการแล้ว (โครงการย่อยที่ 1)
- เริ่มดำเนินมาตรการ 3R ตั้งแต่ปี 2022
- แสดงผลเป็นร้อยละของการลดการใช้น้ำได้เมื่อเทียบกับปีนั้นๆ หากไม่มีการดำเนินมาตรการ 3R (Business as Usual (BAU))
- สำหรับเอกชน (Micro Analysis): แสดงผลอาคารภาคบริการที่ดำเนินการใช้ 3R แล้วคุ้มค่า B/C ratio >1 และ IRR>6-8% (ดอกเบี้ยเงินกู้)

ดัชนีชี้วัด

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: **NPV**) คือผลตอบแทนแบบสุทธิ(Net) ที่คิดว่าจะได้รับจากการลงทุน
- Internal Rate of Return (**IRR**) ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน
- **B/C Ratio**

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

CF_0 คือ เงินลงทุนเริ่มต้น(ต้นปีที่1)
CF_1 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 1 (สิ้นปีที่1)
CF_2 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 2 (สิ้นปีที่2)
CF_3 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 3 (สิ้นปีที่3)
CF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ n (สิ้นปีที่n)
n คือ ปีที่ลงทุน
r คือ อัตราคิดลด(Discount Rate), ดอกเบี้ยเงินกู้(ต้นทุนทางการเงิน)

https://airmuai.com/

Modified B/C Ratio

$$Modified\ B/C = \frac{B - D - M\&O\,cost}{Initial\ Cost}$$

- B : Benefit : ผลได้
- D : Disbenefit : ผลเสีย
- M&O : ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา
- Initial Cost : เงินลงทุนเริ่มแรก
- คิดที่มูลค่าปัจจุบัน มูลค่าอนาคต หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปี

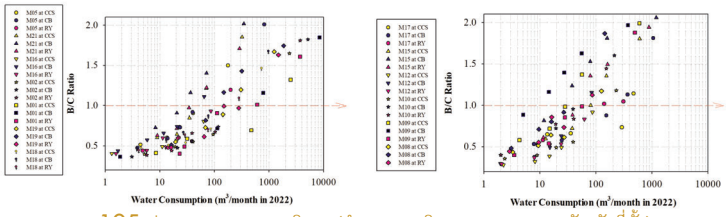
$$0 = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1+IRR)^2} + \frac{CF_3}{(1+IRR)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+IRR)^n}$$

CF_0 คือ เงินลงทุนเริ่มต้น(ต้นปีที่1)
CF_1 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 1 (สิ้นปีที่1)
CF_2 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 2 (สิ้นปีที่2)
CF_3 คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ 3 (สิ้นปีที่3)
CF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิปีที่ n (สิ้นปีที่n)
n คือ ปีที่ลงทุน

https://airmuai.com/

https://www.slideshare.net/ssuser3b154e/9-b-c

ความคุ้มทุนในการดำเนินการของแต่ละประเภทอาคาร: MICRO ANALYSIS



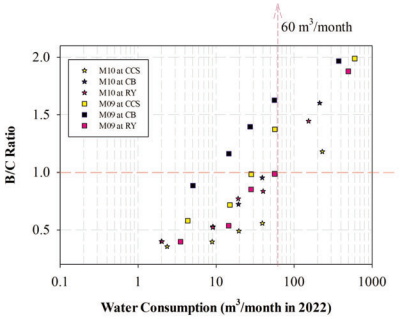
195 ประเภทอาคารภาคบริการ (จำแนกตามกิจกรรม ขนาด และ จังหวัดที่ตั้ง)

❖59 ประเภทอาคารที่มี B/C ratio > 1 คุ้มทุนจากการดำเนินการ

○17 ในฉะเชิงเทรา, 25 ในชลบุรี, และ17 ในระยอง (pomphenrat@gmail.com)

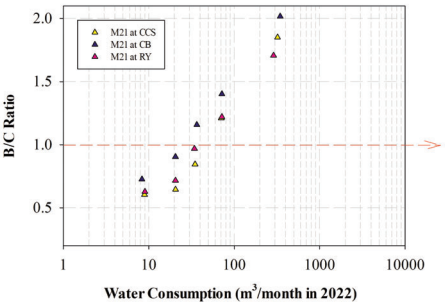
❖136 ประเภทอาคารที่มี B/C ratio < 1 ไม่คุ้มทุนจากการดำเนินการ

สำนักงาน



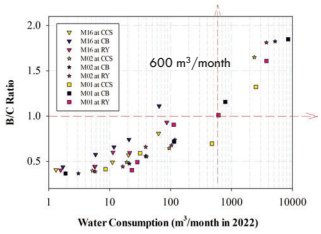
❖สำนักงานจะคุ้มทุนก็ต่อเมื่อใช้น้ำ > 60 ลบม ต่อ เดือน

สถานีบริการน้ำมัน



❖สถานีบริการน้ำมันจะคุ้มทุนก็ต่อเมื่อใช้น้ำ > 40 ลบม ต่อ เดือน

โรงพยาบาล



❖โรงพยาบาลจะคุ้มทุนก็ต่อเมื่อใช้น้ำ > 600 ลบม ต่อ เดือน

ฐานข้อมูลความคุ้มค่าการลงทุนของเอกชน

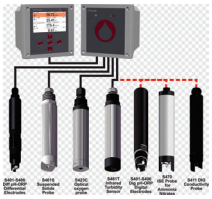
SCAN ME

High Construction, Stable Water Cost

SCAN ME

High Construction, High Water Cost

ฐานข้อมูลเซ็นเซอร์



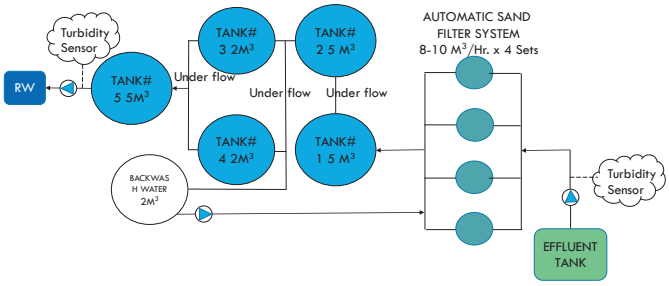
SCAN ME

ความจำเป็นของ SENSORS

เซ็นเซอร์	ความจำเป็น
ความขุ่น	☑ เพื่อยืนยันว่าระบบเดินปกติและน้ำใส
pH	Opt. โดยทั่วไปแล้ว น้ำเสียจากอาคารภาคบริการจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างคงที่
BOD/COD	Opt. ส่วนมากถ้าระบบเดินปกติค่า BOD/COD มักจะผ่านตามการออกแบบระบบ
การนำไฟฟ้า	☑ สำหรับหอหล่อเย็น
ของแข็งแขวนลอย	Opt. มักจะสอดคล้องกับความขุ่น
โคลิฟอร์ม (Coliform)	Opt. มักจะสอดคล้องกับความขุ่น มักจะผ่านตามการออกแบบระบบและการเกิดเครื่องปกติ

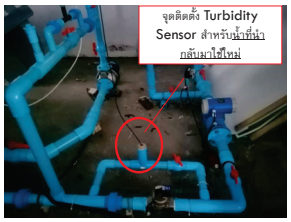
IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

แบบรายละเอียดระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ



IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

จุดติดตั้ง IoT ของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ



IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

หน้าจอแสดงผลของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล - เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ

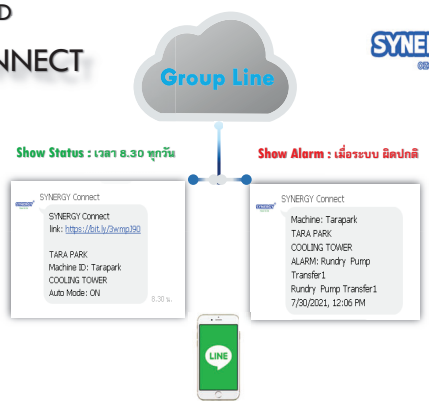
หน้าจอแสดงการทำงานของระบบโอโซน และควบคุมความชุ่นของน้ำก่อน-หลังของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล

หน้าจอแสดงการทำงานของระบบผลิตน้ำรีไซเคิลทั้งหมด
Time = เวลาที่มีการ alarm
ACK = การรับทราบถึงปัญหา
Cleared = ปัญหาได้รับการแก้ไข

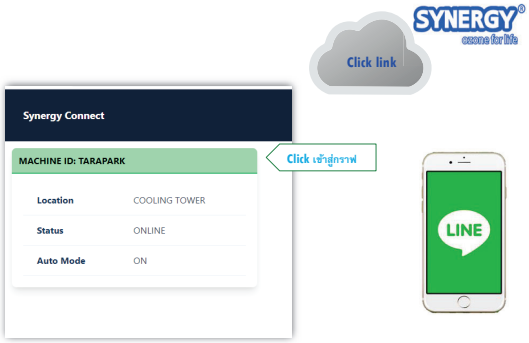
หน้าจอแสดงอัตราการผลิตน้ำของระบบผลิตน้ำรีไซเคิล

OZONE ON CLOUD

SYNERGY-CONNECT

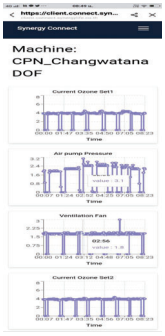


NOTE : OFFLINE คือ สถานะคลื่นสัญญาณของระบบค่ายมือถือขาดหาย ระบบโอโซนจะไม่หยุดทำงาน ระบบยังคงทำงานปกติ ยกเว้น ระบบ **Alarm** ระบบโอโซนถึงจะหยุดทำงาน



IOT สำหรับบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

กราฟแสดงค่า Sensor ต่างๆ ในระบบการทำงานของโอโซนในระบบผลิตน้ำรีไซเคิล – เซ็นทรัลแจ้งวัฒนะ จาก SYNERGY-CONNECT



ข้อซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้