

ระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารอัตโนมัติที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์เพื่อการประหยัดพลังงาน	1
An Automatic Lighting Control System in Building Using Daylight and Artificial Lighting Integration for Energy Savings	
โดย : อธิระพล เหมือนขาว สุรินทร์ แหงมงาม ณัฐฐ์ ตั้งปรีชาพาณิชย์ ณัฐภัทร พันธังภควัต แดงอ่อน อนันดา พรหมแดง และมงคล ศรีแก้วไสย	
อิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อการอบแห้งเมล็ดโกโก้แบบลมร้อน	11
The Influence of Temperature and Air Velocity on the Hot Air Drying of Cocoa Bean	
โดย : จันทิมา ชั่งสิริพร พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า และนิรนา ชัยฤกษ์	
การออกแบบบ้านและแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาษเพื่อผู้มีรายได้น้อย	21
House Design and Cement Paper House Models for Low Income Earners	
โดย : ณิชภา มินาบูลย์ นันทวัฒน์ สุวรรณอาศน์ วชิระ แสงรัศมี และประชุม คำพุฒ	
การสำรวจตลิ่งแม่น้ำโขงและความพึงพอใจต่อเขื่อนป้องกันตลิ่งและเขื่อนกันแม่น้ำโขง	31
Investigation of The Mekong's Riverbanks and Social Preferences Towards the River Dam Projects	
โดย : อมเรศ บกสุวรรณ สุคม ลิปิเลิศ และศุภกร ศิริพจนกุล	
คั่นกันล้อรถยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขยะพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล	43
Concrete Wheel Stop for Parking Lot Made From Plastic Scraps, Waste Materials from the Production of Recycled Plastic	
โดย : ณิชภา มินาบูลย์ สุธน รุ่งเรือง จุฬารัตน์ เอี่ยมสมัย และประชุม คำพุฒ	



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี

คณะกรรมการจัดทำวารสาร วิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี

คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ

รศ.ดร.เข็มชัย เหมะจันทร์

รศ.ดร.ศิริวรรณ ศรีสรณ์

รศ.ดร.กัณวรี พลุประทุม

รศ.ดร.ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ

รศ.ดร.รงค์ บวบทอง

รศ.ดร.สมเจตน์ พชรพันธ์

ผศ.ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ

ผศ.ดร.อังคณา พันธุ์หล่อ

ดร.ชัชวาลย์ สุรัสวดี

ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง

รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์

รศ.ดร.จักรี ศรีนันทมิตร

ผศ.สมศักดิ์ แก่นทอง

รศ.ดร.สุนมมาลย์ เนียมกลาง

รศ.ดร.ธรรมศักดิ์ วิจารณ์วิรุฬห์

ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์

ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

52/14 ถ.พหลโยธิน 45 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

33 ซอยอุดมสุข แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.ปรกช สิริสุวัฒน์

เลขานุการ

นางสาวอมรรัตน์ ยิ้มอยู่

ผู้ดูแลระบบงานเทคโนโลยีสารสนเทศ

นายพัฒนรพี สุนันทพจน์



Journal of Engineering, RMUTT

Editorial Board Members

Consultant Board Members

President of Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Vice President of Academic Affairs

Dean, Faculty of Engineering

Editorial Board

Prof.Dr.Narongrit Sombatsompop	Thai-Journal Citation Index (TCI)
Assoc.Prof.Dr.Khemchai Hemachandra	Faculty of Science Chulalongkorn University
Assoc.Prof.Dr.Siriwan Srisorrachatr	Faculty of Engineering Srinakharinwirot University
Assoc.Prof.Dr.Ganwarich Pluphrach	Faculty of Engineering Srinakharinwirot University
Assoc.Prof.Dr.Thumrongrat Mungcharoen	Faculty of Engineering, Kasetsart University
Assoc.Prof.Narong Buabthong	Faculty of Engineering Thammasat University
Assoc.Prof.Dr.Somjate Patcharaphun	Faculty of Engineering, Kasetsart University
Asst.Prof.Dr.Pathomthat Chiradeja	Faculty of Engineering Srinakharinwirot University
Asst.Prof.Dr.Ankana Punlor	College of Engineering Rangsit University
Dr.Chadchawarn Surussavadee	52/14 Phaholyothin 45 Rd., Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900
Asst.Prof.Dr.Sivakorn Angthong	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assoc.Prof.Dr.Krischonme Bhunkittipich	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assoc.Prof.Dr.Jakkree Srinonchat	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Asst.Prof.Somsak Kanthong	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assoc.Prof.Dr.Sumonman Niamlang	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assoc.Prof.Dr.Thammasak Rojviroon	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Asst.Prof.Chavalit Sangwasd	33 Soi Udomsuk 28 BangNa District Bangkok 10260

Editor in Chief

Asst.Prof.Dr.Porakoch Sirisuwan

Secretary

Miss Amonrat Yimyoo

System administrator

Mr.Patrapee Sunantapot



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี ฉบับนี้เป็นฉบับที่ตีพิมพ์เป็นปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566 โดยมีเนื้อหาสาระของบทความด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีที่หลากหลายด้าน อาทิ เช่น ด้านวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และวิศวกรรมเคมี ซึ่งบางบทความเป็นการบูรณาองค์ความรู้ร่วมกันระหว่างหลายสาขา

กองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ ผู้เขียน และผู้อ่านทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนในการเผยแพร่ผลงานวิจัยต่างๆ เสมอมา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกๆ ท่านจะมีสุขภาพ พลานามัยที่แข็งแรง ปราศจากโรคภัยต่างๆ และยังคงติดตามการเผยแพร่ผลงานของวารสารฯ ต่อไป

กองบรรณาธิการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความ

ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.อรรถพล มาลัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
รศ.ดร.สุนัน ปานสาคร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.มานพ แยมแพง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.อิลยาส มามะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
ดร.ทวิช กล้าแท้	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผศ.กิตติกร ชันแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
ผศ.ดร.เกียรติสุตา สมนา	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผศ.ดร.สมปรรณนา ฤทธิ์พริ้ง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ธนพล พิมาน	สถาบันสิ่งแวดล้อมสต็อกโฮล์มแห่งภาคพื้นเอเชีย
ผศ.ดร.กระวี ตรีอำรรค	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Peer Reviews

Asst.Prof.Dr.Nattapong Phanthuna	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Asst.Prof.Dr.Attapole Malai	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Rattanakosin
Asst.Prof.Dr.Narongrit Pimkumwong	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Assoc.Prof.Dr.Sunan Parnsakhorn	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Asst.Prof.Dr.Manop Yamfang	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Asst.Prof.Ilyas Mamah	Faculty of Engineering Princess of Naradhiwas University
Dr.Tawich Klathae	College of Industrial Technology and Management Rajamangala University of Technology Srivijaya
Asst.Prof.Kittikorn Khanklaeo	Faculty of Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya Trang Campus
Asst.Prof.Dr.Kiatsuda Somna	Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Isan
Asst.Prof.Dr.Sompratana Ritphring	Faculty of Engineering Kasetsart University
Dr.Thanapon Piman	Stockholm Environment Institute
Asst.Prof.Dr.Krawee Treamnuk	Institute of Engineering Suranaree University of Technology

ระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารอัตโนมัติที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์เพื่อการประหยัดพลังงาน

ธีระพล เหมือนขาว¹ สุรินทร์ แห่มงาม^{1*} ณัฐฐ์ ตั้งปรีชาพาณิชย์² ณฐภัทร พันธุ์คง¹ ภควัต แดงอ่อน¹
อนันดา พรหมแดง¹ และมงคล ศรีแก้วไสย¹

therapol.m@en.rmutt.ac.th¹, surin.n@en.rmutt.ac.th^{1*}, nuth.tha@rmutr.ac.th²
nathabhat.p@en.rmutt.ac.th¹, packawat_t@mail.rmutt.ac.th¹, tongepermutt61442@gmail.com¹
mongkhol2540@gmail.com¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Received	: 6-Feb-2023
Revised	: 22-Mar-2023
Accepted	: 29-Mar-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์เพื่อการประหยัดพลังงาน ระบบที่นำเสนอเป็นระบบที่ทำการลดและเพิ่มแสงสว่างจากหลอดแอลอีดี T8 โดยอัตโนมัติเพื่อให้แสงสว่างภายในห้องที่มีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามามีค่าความสว่างตามที่กำหนดไว้ ในการทดสอบระบบได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างกับหลอดแอลอีดี T8 โดยทำการติดตั้งระบบและควบคุมแสงสว่างในห้องเรียนขนาด 6.3×8.8×3 เมตร ใช้เวลาในการทดสอบ 20 วันตั้งแต่เวลา 9.00 – 16.00 น. (ยกเว้นวันเสาร์และอาทิตย์) และนำผลการทดสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าพลังงานที่ใช้ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง จากผลการทดสอบพบว่า หลอดแอลอีดี T8 ที่ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติใช้พลังงานไฟฟ้า 20.46 kWh หลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้พลังงานไฟฟ้า 60.53 kWh และหลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติใช้พลังงานไฟฟ้า 33.02 kWh จากผลการทดสอบจะเห็นว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างมีค่าน้อยกว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง คิดเป็น 66.19% และ 38.03% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมแสงสว่าง หลอดแอลอีดี T8 แสงสว่างจากธรรมชาติ การประหยัดพลังงาน

An Automatic Lighting Control System in Building Using Daylight and Artificial Lighting Integration for Energy Savings

Theerapol Muankhaw¹, Surin Ngaemngam^{1*}, Nut Thangpreecharparnich², Nathabhat Phankong¹
Packawat Tang-On¹, Ananda Phromdang¹ and Mongkhol Srikaewsai¹
theerapol.m@en.rmutt.ac.th¹, surin.n@en.rmutt.ac.th^{1*}, nuth.tha@rmutr.ac.th²
nathabhat.p@en.rmutt.ac.th¹, packawat_t@mail.rmutt.ac.th¹, tongepermutt61442@gmail.com¹
mongkhol2540@gmail.com¹

¹ Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

² Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Received	: 6-Feb-2023
Revised	: 22-Mar-2023
Accepted	: 29-Mar-2023

Abstract

This research proposed an automatic lighting control system in building using daylight and artificial lighting integration for energy savings. The proposed control system is used to automatically reduce or increase the light output of the T8 LED lamps to illuminate the room, where there is an illuminance from the outside coming into the room, to achieve a set value. When testing, the lighting control system was installed with T8 LED lamps in the 6.3 × 8.8 × 3 meter-classroom for 20 days from 9:00 a.m. to 4:00 p.m. (except Saturday and Sunday). The electric power consumption was measured and was compared with the one of fluorescent lamps and T8 LED lamps that were not installed in a lighting control system. The experimental results showed that T8 LED lamps that were installed in an automatic lighting control system consumed electric energy of 20.46 kWh; fluorescent lamps consumed electric energy of 60.53 kWh; and T8 LED lamps that the automatic lighting control was not installed consumed electric energy of 33.02 kWh. This means that the electric power consumption of T8 LED lamps that were installed in an automatic lighting control system was less than the power consumption of fluorescent lamps and T8 LED lamps that were not installed in an automatic lighting control system 66.19% and 38.03%, respectively.

Keywords: lighting control system, T8 LED lamp, daylighting, energy saving

1. บทนำ

แสงสว่างเป็นสิ่งที่สำคัญมากต่อการดำรงชีวิต แสงสว่างจึงเป็นปัจจัยในการมองเห็น การรับรู้การปฏิบัติงานต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง การเลือกใช้แสงสว่างควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสถานที่ที่ใช้ ความเหมาะสมในการใช้งาน หลอดไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดแสงชนิดหนึ่ง ในอดีตนิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับการให้แสงสว่าง ต่อมาจึงได้มีการนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้งานร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการช่วยประหยัดพลังงาน ปัจจุบันหลอดแอลอีดี T8 ถูกนำมาใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์มากขึ้นเนื่องจากสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 46.3% เมื่อเทียบกับการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ และสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 50% เมื่อเทียบกับการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์แบบแกนเหล็ก ที่ค่าความสว่างเฉลี่ยใกล้เคียงกัน [1]

แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานที่ธรรมชาติสร้างมาเพื่อสิ่งมีชีวิต โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ ถ้าเราสามารถนำแสงสว่างจากธรรมชาตินี้มาใช้ประโยชน์ในการให้แสงสว่างภายในอาคารอย่างเหมาะสม จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ แต่เนื่องจากแสงสว่างจากธรรมชาติ ค่าแสงที่ได้จะไม่คงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล เวลาและสภาพอากาศ ดังนั้นการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติจากแหล่งเดียวเพื่อจุดประสงค์ในการแสงสว่าง จึงไม่เพียงพอต่อการใช้งาน การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์หรือแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ปัจจุบันจะเห็นว่าในหลายอาคารมีการออกแบบอาคารให้แสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้ แต่เนื่องจากแสงสว่างที่ได้ไม่คงที่ทำให้แสงสว่างภายในอาคารอาจจะมีมากหรือน้อยจนเกิดผลกระทบต่อการทำงาน ทำให้เกิดความไม่สบายตา แสบตา ดังนั้นการใช้แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ร่วมกับแสงจากหลอดไฟฟ้า โดยมีการควบคุมค่าแสงสว่างภายในอาคารจึงเป็นแนวทางหนึ่ง ซึ่งทำให้แสงสว่างมีค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานและทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ที่ผ่านมา มีงานวิจัยที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงสว่าง

จากหลอดไฟ ชวน ท้าวกลาง [2] นำเสนอ การใช้แสงสว่างภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์ ร่วมกับแสงธรรมชาติ งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างชุดแรกใช้การหรี่แสงโดยใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่หรี่แสงได้ และชุดที่สองใช้บัลลาสต์ธรรมดาซึ่งพบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ วีระวัฒน์ วาณิช [3] นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานแบบชาญฉลาดโดยพิจารณาองค์ประกอบแสงจากธรรมชาติ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวความคิด การออกแบบ และการทดสอบชุดต้นแบบระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารที่มีแสงจากธรรมชาติร่วม ซึ่งการออกแบบยึดตามมาตรฐาน EN15193 การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในอาคาร โดยได้นำ Arduino Uno มาเป็นอุปกรณ์หลักในการเชื่อมต่อ กับ ชุดวัดแสง โปรแกรม LabVIEW และชุดควบคุมโคมไฟฟ้า ผ่านเครือข่ายไร้สาย TCP/IP โดยโปรแกรม LabVIEW (LabVIEW 2011 Student version) ทำหน้าที่จัดการควบคุมค่าต่าง ๆ ในการวัดแสงและควบคุมโคมแสงสว่าง

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร ระบบที่นำเสนอนี้เป็นระบบที่ทำการลดและเพิ่มแสงสว่างจากหลอดแอลอีดี T8 โดยอัตโนมัติเพื่อให้แสงสว่างภายในห้องที่มีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามามีค่าความสว่างตามที่กำหนดไว้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมแสงสว่างภายในอาคารและเพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร

2. ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลอดแอลอีดี T8

ปัจจุบันหลอดแอลอีดีชนิด T8 เป็นหลอดไฟที่นิยมใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิม เพราะมีข้อดีหลายอย่างเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ กล่าวคือ เป็นหลอดที่ทำให้ประหยัดพลังงานและมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิม

ไม่มีรังสี UV ไม่มีสารพิษ เช่น สารตะกั่ว สารปรอท ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ความร้อนจากหลอดแอลอีดี มีระดับต่ำกว่าหลอดชนิดอื่น ๆ จึงช่วยลดอุณหภูมิภายในห้อง ทำให้ช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้นอกจากนี้หลอดแอลอีดีชนิด T8 ยังมีวงจรขับหลอดในตัว ไม่จำเป็นต้องใช้บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ [4] สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้หลอดแอลอีดี T8 มาแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่มีอยู่เดิม โดยหลอดแอลอีดี T8 ที่นำมาใช้นี้ สามารถควบคุมความสว่างได้ ที่มีช่วงหลอด 2 ด้านที่รับไฟ 24 V และ 0-10 V แสดงดังรูปที่ 1



(ก) ขั้วฝั่งที่รับ 24 V (ข) ขั้วฝั่งที่รับ 0-10 V
รูปที่ 1 หลอดแอลอีดี T8

2.2 อาดูยโน ยูโน อาร์ 3 [5]

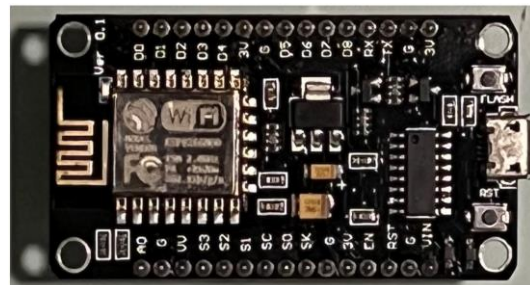
บอร์ด Arduino Uno R3 เป็นชุดควบคุมขนาดเล็กที่สามารถนำไปเชื่อมต่อเพื่อสั่งการเครื่องมือนิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ บอร์ด Arduino Uno R3 จะนำไปใช้ในส่วนการควบคุมแสงสว่างซึ่งจะได้รับข้อมูลแบบ Serial ที่ส่งมาจาก Node MCU ESP8266 และประมวลผลข้อมูลก่อนจะส่งแรงดันควบคุมไปยังโมดูลสร้างสัญญาณ PWM รูปที่ 2 แสดงบอร์ด อาดูยโน ยูโน อาร์ 3



รูปที่ 2 อาดูยโน ยูโน อาร์ 3

2.3 Node MCU ESP8266 [6]

ESP8266 เป็นชื่อเรียกของชิปของโมดูล ESP8266 สำหรับติดต่อสื่อสารบนมาตรฐาน Wi-Fi ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0 - 3.6 Vdc ทำงานใช้กระแสโดยเฉลี่ย 80mA รองรับคำสั่ง deep sleep ในการประหยัดพลังงาน ใช้กระแสน้อยกว่า 10 μ A สามารถ wake up กลับมาส่งข้อมูลใช้เวลาไม่น้อยกว่า 2 ms. บอร์ด ESP8266 จะนำมาใช้ในการรับส่งข้อมูลที่ได้จากชุดแสงสว่างไปยังชุดควบคุมแสงสว่างโดยส่งข้อมูลผ่าน WIFI โดยชุดวัดแสงสว่างจะเป็น Client ซึ่งจะส่งข้อมูลไปหา Server โดยจะเป็นทางฝั่งชุดควบคุมแสงสว่าง Node MCU ESP8266 แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Node MCU ESP8266

2.4 โมดูล BH1750FVI [7]

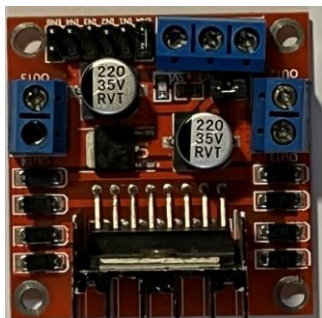
โมดูล BH1750FVI [7] เป็นเซนเซอร์วัดความเข้มแสงที่สามารถวัดความเข้มแสงได้ตั้งแต่ 1- 65535 lux ความละเอียด 16 บิต ใช้ไฟเลี้ยง 3-5 Vdc ใช้หลักการเชื่อมต่อแบบ I^2C โดยเชื่อมต่อสัญญาณโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบไฟ 3.3 Vdc และระบบไฟ 5 Vdc ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านวงจรปรับระดับแรงดัน ซึ่ง โมดูล BH1750FVI ถูกนำมาใช้ในส่วนของชุดวัดแสงสว่าง โดยจะต่อกับบอร์ด ESP8266 โดยใช้ไลบรารีของตัวโมดูลสำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด ESP8266 เมื่อทำการวัดแสงสว่างตัวโมดูลจะส่งค่าความสว่างไปยังบอร์ด ESP8266 ที่เป็น Client ก่อนจะถูกส่งไปให้กับบอร์ด ESP8266 ที่เป็น Server โมดูลวัดค่าความสว่าง BH1750FVI แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โมดูลวัดค่าความสว่าง BH1750FVI

2.4 โมดูล PWM L298N [8]

L298N เป็นโมดูล PWM โดย PWM คือเทคนิคการส่งสัญญาณแบบสวิตช์หรือส่งค่า Digital แบบ 0-1 ซึ่งจะให้สัญญาณความถี่คงที่ การควบคุมระยะเวลาสัญญาณสูงและสัญญาณต่ำที่ต่างกัน ก็จะทำให้ค่าแรงดันเฉลี่ยต่างกันมากด้วย รูปที่ 5 แสดงโมดูล PWM L298N



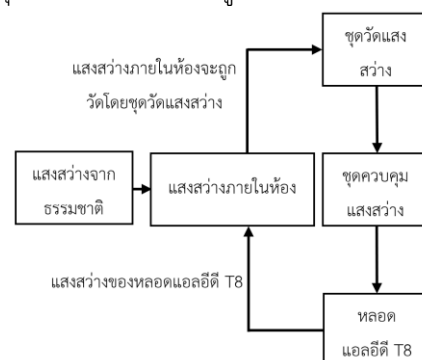
รูปที่ 5 โมดูล PWM L298N

โมดูล PWM L298N ถูกนำมาใช้สำหรับการควบคุมความสว่างของหลอดที่แรงดัน 0-10 Vdc โดยโมดูลนี้จะถูกควบคุมด้วยบอร์ด Arduino Uno R3 และใช้ไฟเลี้ยงที่ต่อจากสวิตช์ซึ่งพาวเวอร์ซัพพลาย โดยบอร์ด Arduino Uno R3 เมื่อได้รับค่าแสงสว่างที่ถูกส่งมาจากชุดวัดแสงสว่าง จะทำการประมวลผลและแสดงค่าสัญญาณดิจิทัล 0-255 เพื่อนำไปควบคุมโมดูลปล่อยสัญญาณ PWM เพื่อให้ตัวโมดูล PWM ก่อนที่จะเข้าวงจรกรองความถี่ต่ำเพื่อไปควบคุมหลอด LED T8 ดังนั้นค่าแรงดัน 0-10 Vdc ที่ถูกนำมาจ่ายเป็นแรงดัน

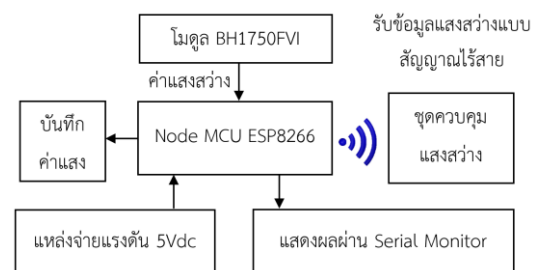
ไปควบคุมความสว่างของหลอด LED T8 นั้น จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล ซึ่งเราสามารถเปรียบเทียบสัดส่วนจำนวนจากเลขจริงเป็นเลขทางดิจิทัลได้

3. การออกแบบระบบควบคุม

ภาพรวมของระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์เพื่อการประหยัดพลังงานแสดงดังรูปที่ 6 โดยระบบแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ 1 เป็นชุดวัดแสงสว่างและส่วนที่ 2 เป็นชุดควบคุมแสงสว่าง โดยส่วนของชุดวัดแสงสว่าง จะทำหน้าที่วัดแสงสว่าง จากนั้นแสงสว่างที่วัดได้จะถูกส่งไปยังส่วนควบคุมแสงสว่างเพื่อควบคุมความสว่างของห้องที่ใช้ทดสอบให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ โดยชุดวัดแสงสว่าง มีแผนผังการทำงานแสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งจะทำหน้าที่วัดแสงสว่างภายในห้อง ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้ Node MCU ESP8266, BH1750FVI โดย BH1750FVI จะเป็นโมดูลสำหรับวัดค่าความสว่างโดยเชื่อมต่อกับ Node MCU ESP8266 ผ่านไลบรารี และส่งค่าผ่านสัญญาณ WIFI ไปยัง Node MCU ESP8266 ที่อยู่ในส่วนของชุดควบคุมแสงสว่าง โดยชุดวัดแสงสว่างแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 ภาพรวมการทำงานของระบบ

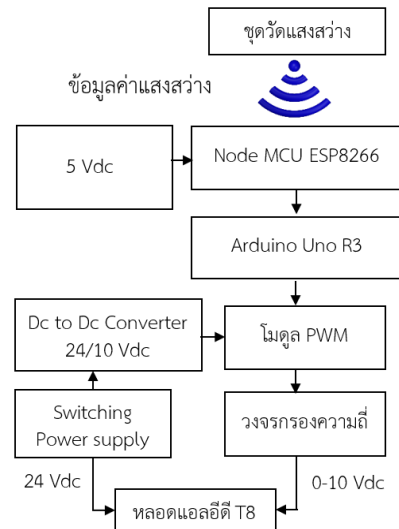


รูปที่ 7 แผนผังการทำงานของชุดวัดแสงสว่าง

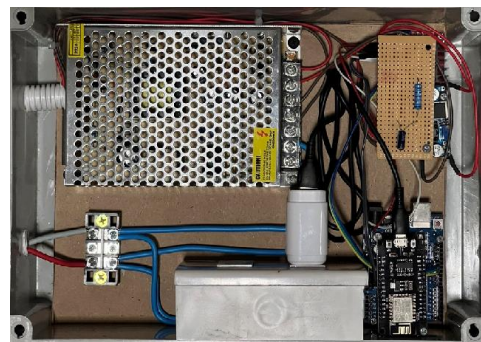


รูปที่ 8 ชุดวัดแสงสว่าง

ในส่วนที่ 2 เป็นชุดควบคุมแสงสว่าง ซึ่งมีแผนผังการทำงานดังแสดงในรูปที่ 9 ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่รับข้อมูลมาจากส่วนที่ 1 คือชุดวัดแสงสว่าง เมื่อ Node MCU ESP8266 รับค่าแสงสว่างที่ได้มาจากชุดวัดแสงสว่างแล้ว จะทำการส่งข้อมูลค่าแสงสว่างไปให้ Arduino Uno R3 เพื่อทำการประมวลผลเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้อ่านและทำการส่งสัญญาณดิจิทัล 0 - 255 ไปควบคุมโมดูล PWM โดยโมดูล PWM จะทำหน้าที่เป็นชุดขับหลอดแอลอีดี T8 ซึ่งหลอดแอลอีดี T8 ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ ที่ขั้วหลอดด้านหนึ่งเป็นด้านฝั่งไฟเลี้ยง 24 Vdc จะได้รับแรงดันมาจากสวิทช์ซึ่งพาวเวอร์ซัพพลายและทางอีกด้านหนึ่งจะเป็นด้านฝั่งที่รับแรงดัน 0-10 Vdc ที่ได้มาจากการขับของโมดูล PWM โดยแรงดัน 0-10 Vdc นี้จะถูกส่งไปที่ IC AL8861 ของหลอด ซึ่ง IC AL8861 จะทำหน้าที่ปรับค่ากระแสทางฝั่งไฟเลี้ยง 24 Vdc ของหลอดเพื่อเพิ่มและลดค่าแสงสว่างของหลอด สำหรับชุดควบคุมแสงสว่าง แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 9 แผนผังการทำงานของชุดควบคุมแสงสว่าง

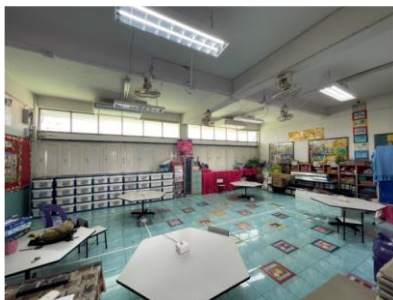


รูปที่ 10 ชุดควบคุมแสงสว่าง

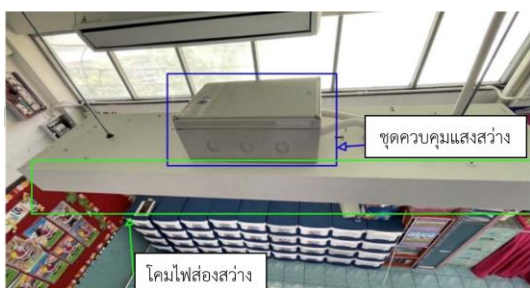
4. การทดสอบและผลการทดสอบ

ในการทดสอบจะทดสอบระบบการควบคุมกับห้องเรียนขนาด 6.3×8.8×3 เมตร ใช้ค่าความสว่างในการออกแบบที่ 350 lux (ระดับความสว่างเฉลี่ยต่ำสุดสำหรับห้องเรียนตามมาตรฐานกำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 300 lux แต่เนื่องจากว่าห้องทดสอบนี้ เป็นห้องสำหรับเด็กเล็ก ที่ใช้เป็นห้องอเนกประสงค์ โดยใช้เป็นห้องเรียน ห้องทำกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงเป็นห้องอ่านหนังสือ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงกำหนดไว้ที่ 350 lux) โดยทำการทดสอบและเก็บค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ของโคมไฟหลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง รวมถึงวัดค่าความสว่างในห้องทดสอบ โดยทำการทดสอบและวัดค่าจำนวน 20 วันทำการ (ยกเว้นวันเสาร์และอาทิตย์)

ตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึง 16.00 น. และทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง ห้องที่ใช้ทดสอบ ตำแหน่งที่ติดตั้งชุดวัดแสงสว่างและชุดควบคุมแสงสว่าง แสดงดังรูปที่ 11-13



รูปที่ 11 ห้องที่ใช้ทำการติดตั้งระบบ



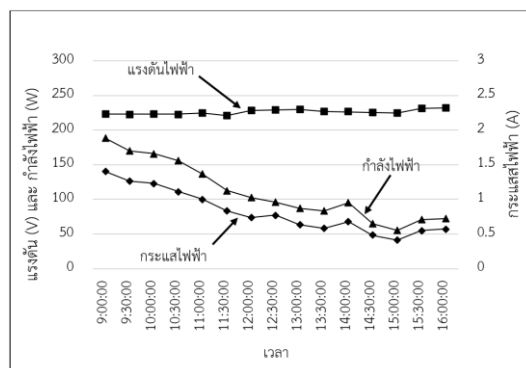
รูปที่ 12 ตำแหน่งที่ติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่าง



รูปที่ 13 ตำแหน่งที่ติดตั้งชุดวัดแสงสว่าง

4.1 ทดสอบและเก็บค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้าของหลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง โดยทำการวัดค่า

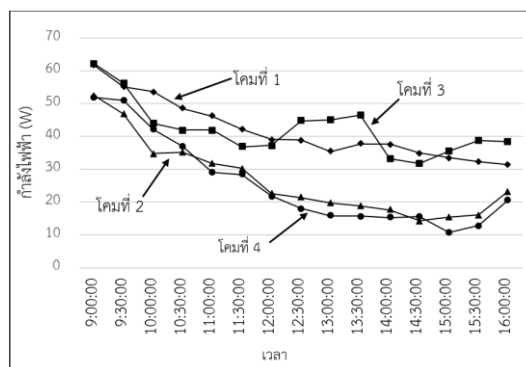
ตั้งแต่เวลา 09.00-16.00 น. ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และ กำลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 14 จะเห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับค่าแสงสว่างจากภายนอก ถ้าแสงสว่างจากภายนอกมาก การใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง และ ถ้าแสงสว่างจากภายนอกน้อย การใช้กำลังไฟฟ้าจะมากขึ้น ส่วนค่าแรงดันค่อนข้างคงที่ที่ประมาณ 220 V

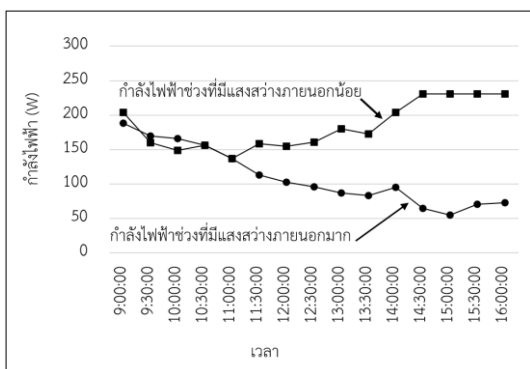
4.2 ทดสอบและวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของโคมไฟหลอดแอลอีดี T8 ที่มีติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคารแบบอัตโนมัติแต่ละชุด ในวันที่มีแสงสว่างภายนอกมาก ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของโคมไฟแต่ละชุดในวันที่มีแสงจากภายนอกมาก

จากรูปที่ 15 จะเห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของแต่ละโคมจะไม่เท่ากันเนื่องจากแสงสว่างภายนอกที่เข้ามาภายในห้องนั้นจะไม่สามารถเข้ามาในแต่ละจุดของห้องเท่ากัน จึงทำให้โคมไฟแต่ละโคมใช้กำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน โดยโคมที่ 1 และ 3 อยู่ในจุดที่แสงสว่างจากภายนอกเข้าถึงน้อย จึงทำให้ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าโคมที่ 2 และ โคมที่ 4 ซึ่งจะอยู่ในบริเวณริมหน้าต่างหรืออยู่ในจุดที่แสงสว่างเข้ามามาก

4.3 ทดสอบและเปรียบเทียบค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของโคมไฟทั้งหมดที่ติดตั้งในห้องที่ทดสอบ ที่ทำการทดสอบและวัดในวันที่มีแสงสว่างภายนอกมากและแสงสว่างภายนอกน้อย ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 16



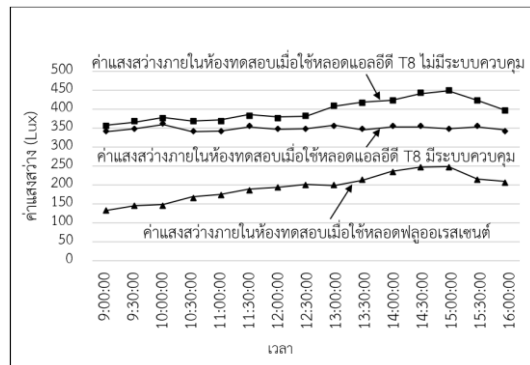
รูปที่ 16 เปรียบเทียบค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของโคมไฟทั้งหมดที่ติดตั้งในห้องทดสอบ

จากรูปที่ 16 จะเห็นได้ว่า ในวันที่มีแสงสว่างจากภายนอกมากนั้นค่าการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดทั้งวันมีค่าน้อยกว่าในวันที่มีแสงสว่างจากภายนอกน้อย

4.4 ทำการทดสอบและวัดค่าแสงสว่างในห้องทดสอบของโคมไฟหลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง ซึ่งในการทดสอบทำการทดสอบในห้องทดสอบเดียวกัน แต่ทดสอบในช่วงวันที่ต่างกัน โดยผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 17

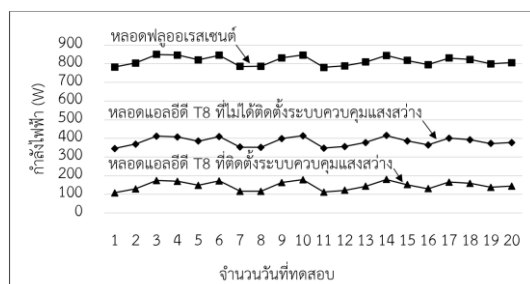
จากรูปที่ 17 เป็นการเปรียบเทียบค่าแสงสว่างที่วัดได้ในห้องทดสอบจากการใช้โคมไฟของหลอดแต่ละชนิด ซึ่งจะเห็นว่าค่าแสงสว่างที่วัดได้ในห้อง

ทดสอบเมื่อใช้โคมไฟหลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างมีค่าค่อนข้างจะคงที่ (เมื่อเปรียบเทียบกับโคมไฟที่ใช้หลอดชนิดอื่น) เนื่องจากมีระบบควบคุมแสงสว่างที่สามารถควบคุมแสงสว่างในห้องทดสอบให้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้



รูปที่ 17 เปรียบเทียบค่าแสงสว่างที่วัดได้ในห้องทดสอบจากการใช้โคมไฟของหลอดแต่ละชนิด

4.5 ทำการทดสอบและวัดค่ากำลังไฟฟ้าของโคมไฟหลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง โดยทำการทดสอบและเก็บผลจำนวน 20 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00 – 16.00 น. (ยกเว้นวันเสาร์และอาทิตย์) ซึ่งในการทดสอบได้ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดค่ากำลังไฟฟ้าและทำการเก็บผลและบันทึกค่าผ่าน data logger โดยมีผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 เปรียบเทียบค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของโคมไฟของหลอดแต่ละชนิด

จากรูปที่ 18 จะเห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดแอลอีดี T8 ที่ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง เหตุผลเนื่องมาจากในห้องทดสอบที่ใช้หลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง แสงสว่างจากภายนอกที่ผ่านเข้ามาทำให้ค่าความสว่างภายในห้องมีค่าตามที่กำหนดไว้ ทำให้การใช้กำลังไฟฟ้าสำหรับหลอดแอลอีดี T8 มีค่าน้อยลง

5. วิเคราะห์และสรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติที่ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์เพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร และ เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างระบบควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร ระบบควบคุมที่นำเสนอนี้เป็นระบบที่ทำการลดและเพิ่มค่าแสงสว่างจากหลอดแอลอีดี T8 โดยอัตโนมัติเพื่อให้แสงสว่างภายในห้องที่มีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามามีค่าความสว่างตามที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ชุด คือชุดวัดแสงสว่างและชุดควบคุมแสงสว่าง ชุดวัดแสงสว่างจะทำหน้าที่วัดค่าแสงสว่างภายในห้องทดสอบจากนั้นจะนำค่าแสงสว่างที่วัดได้ส่งไปยังชุดควบคุมแสงสว่างโดยเป็นการส่งสัญญาณแบบ Wi-Fi ไปที่ชุดควบคุมแสงสว่าง จากนั้นชุดควบคุมแสงสว่างจะนำค่าแสงสว่างที่วัดได้มาประมวลผลและทำการปรับค่าความสว่างของหลอดไฟภายในห้องทดสอบให้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ ในการทดสอบระบบได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างกับหลอดแอลอีดี T8 โดยทำการติดตั้งระบบและควบคุมแสงสว่างในห้องเรียนขนาด 6.3x8.8x3 เมตร ใช้เวลาในการทดสอบ 20 วันตั้งแต่วันที่ 9.00 – 16.00 น. (ยกเว้นวันเสาร์และอาทิตย์) และนำผลการทดสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง จากผลการทดสอบพบว่า หลอดแอลอีดี T8 ที่ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติใช้พลังงานไฟฟ้า 20.46 kWh

หลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้พลังงานไฟฟ้า 60.53 kWh และหลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่ได้ติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ ใช้พลังงานไฟฟ้า 33.02 kWh จากผลการทดสอบจะเห็นว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดแอลอีดี T8 ที่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง มีค่าน้อยกว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอดแอลอีดี T8 ที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง คิดเป็น 66.19% และ 38.03% ตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ดำเนินการและสำเร็จไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณธนพงษ์ พรหมราช ที่ช่วยให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการทำวิจัย รวมถึงหน่วยงานต่าง ๆ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงเรียนเทศบาลเมืองปทุมธานี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการติดตั้งและทดสอบระบบ และขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] LED and Fluorescents [Internet] [cited 2021 Nov 2] Available from: <https://www.ledinfinite.com> (in Thai)
- [2] Chuan T. Using of the Interior Lighting by Dimmable Electronic Ballast for Control the Artificial Light Integration with Daylight. [master's thesis]. Mahasarakham University; 2007. (in Thai)
- [3] Weerawat W. A smart lighting control system in office building design concept considering the daylighting factor. [master's thesis]. Faculty of Engineering: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; 2015. (in Thai)
- [4] Light meter [internet] [cited 2021 April]. Available from: <https://www.google.co.th/search?q=เครื่องตรวจวัดแสง&site/> (in Thai)

- [5] ArduinoAll, ESP8266 . [Internet] 2019 [cited 2020 Feb 5]. Available from: <https://www.arduinoall.com/article/30/nodemcu-esp8266-esp8285-arduino-1.html> (in Thai)
- [6] loxhop, Node MCU ESP32,. [Internet] 2018 [cited 2020 Feb 5]. Available from: <https://www.ioxhop.com//article/62/esp32-esp32.html> (in Thai)
- [7] Bh1750fvi Module [Internet] [cited 2021 Nov 2] Available from: <https://www.cybertice.com/product/712/gy-30-bh1750fvi-digital-light-intensity-light-module> (in Thai)
- [8] PWM L298N [Internet] [cited 2021 Nov 2] Available from: <https://www.robotsiam.com> (in Thai)

อิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อการอบแห้งเมล็ดโกโก้แบบลมร้อน

จันทิมา ชั่งสิริพร^{1*} พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า¹ และนิรนา ชัยฤกษ์¹

juntima.c@psu.ac.th^{1*}, prukraya.a@hotmail.com¹, nirana_1234@hotmail.com¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Received	: 9-Dec-2022
Revised	: 4-Apr-2023
Accepted	: 20-Apr-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อเวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ทำการศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วลมที่ไหลผ่านชั้นเมล็ดโกโก้บนถาดอบที่ 0.05, 0.067, 0.085 และ 0.1 เมตร/วินาที จัดวางเมล็ดโกโก้บนถาดอบ 1 และ 2 ชั้น โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความชื้น อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในกระบวนการอบแห้งเมล็ดโกโก้ จากการทดลองพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและความเร็วลมทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง โดยสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งที่ใช้เวลาและมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำ คือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็วลม 0.1 เมตร/วินาที ที่การจัดวางเมล็ด 1 ชั้น มีเวลาการอบแห้ง 130 นาที และมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 74 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำระเหย สมการกึ่งทฤษฎีของ Midilli et al. เป็นสมการทำนายการลดลงของความชื้นเมล็ดโกโก้ที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่สูงที่สุดและให้ค่า RMSE และ SSE ต่ำที่สุด โดยมี R^2 มากกว่า 0.9964 ค่า RMSE และค่า SSE เท่ากับ 0.01774 และ 0.000913 ตามลำดับ ผลการศึกษานี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการอบแห้งเมล็ดโกโก้ให้ได้คุณภาพต่อไป

คำสำคัญ: เมล็ดโกโก้ การอบแห้งด้วยลมร้อน ความชื้น อุณหภูมิ พลังงานจำเพาะ

The Influence of Temperature and Air Velocity on the Hot Air Drying of Cocoa Bean

Juntima Chungsiriporn^{1*}, Pukraya Pongyeela¹ and Nirana Chairerk¹
juntima.c@psu.ac.th^{1*}, prukraya.a@hotmail.com¹, nirana_1234@hotmail.com¹

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

Received	: 9-Dec-2022
Revised	: 4-Apr-2023
Accepted	: 20-Apr-2023

Abstract

The objective of this research was to investigate the effects of drying parameters on drying time and specific energy consumption of cocoa beans drying. The drying temperature of 50, 60, 70 and 80°C and air velocities of 0.05, 0.067, 0.085 and 0.1 m/s were studied. Amount of cocoa bean placing on drying tray at 1 and 2 layers were monitored. The moisture ratio, drying rate and energy consumption were analyzed. The results showed that the drying time decreased as the drying temperature and the air velocity increased. The optimum condition for drying cocoa beans was at 60°C with air velocity of 0.1 m/s at 1 layer of bean drying. The drying time of 130 min, which was the lowest energy consumption condition as the specific energy consumption of 74 MJ/kg water evaporated. The Midilli et al. model was an equation that predicts the optimum reduction of cocoa bean moisture. The highest decision coefficient (R^2) and the lowest RMSE, and SSE with R^2 greater than 0.9964 RMSE and SSE value were 0.01774 and 0.000913, respectively. These results can be used as a guideline for further development of cocoa bean drying quality.

Keywords: cocoa bean, hot air drying, moisture, temperature, specific energy consumption

1. บทนำ

โกโก้ (Cocoa) เป็นพืชเศรษฐกิจที่รัฐบาลและกระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก โดยทางภาครัฐอยู่ระหว่างการศึกษานโยบายการปลูกโกโก้แซมต้นยางพาราจนถึงการปลูกทดแทนการทำสวนยางพารา เพื่อให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นและช่วยลดผลกระทบจากราคายางพาราที่ตกต่ำในช่วงปี พ.ศ. 2559-2563 ไทยมีพื้นที่ปลูกต้นโกโก้เพิ่มขึ้นจาก 150 ไร่ ในปี พ.ศ. 2559 เป็น 1,931 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 [1] ผลโกโก้ประกอบด้วยเมล็ดโกโก้และเปลือกโกโก้ เมล็ดโกโก้ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นเมล็ดแห้งและนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบซึ่งสามารถใช้ผลิตเป็นอาหาร ขนมหวาน และเครื่องดื่มได้หลายชนิด

เมล็ดโกโก้ (Cocoa bean) ประกอบด้วยแคลอรี ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุต่างๆ [2] เมล็ดโกโก้แห้งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่กลุ่มเกษตรกรทำส่งขายให้โรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ขั้นตอนการทำเมล็ดโกโก้แห้งเริ่มต้นจากแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผล เมื่อแกะเมล็ดโกโก้ออกแล้วต้องนำมาหมักอีก 6 วัน เพื่อให้ได้กลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น จากนั้นนำเมล็ดโกโก้มาตากแห้ง ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อลดความชื้นจากร้อยละ 60 น้ำหนักเปียก ให้เหลือร้อยละ 7 น้ำหนักเปียก

การอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่สำคัญมากช่วยในการรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสียและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เป็นการลดค่าความชื้นในวัสดุเพื่อจะช่วยลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลให้เกิดการเน่าเสีย ที่เป็นสาเหตุสำคัญในการทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ รสชาติ สี และคุณค่าทางอาหาร [3] อัตราการอบแห้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นอยู่กับกลไกการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารในระหว่างกระบวนการอบแห้ง [4] ระหว่างการอบแห้งเมล็ดโกโก้จะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ทำให้เมล็ดมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น [5] การวิจัยและพัฒนาเพื่อช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการ

อบแห้งจึงเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพผ่านมาตรฐาน

การอบแห้งด้วยลมร้อน (Hot air drying) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและมีต้นทุนในการดำเนินการไม่สูง [6] ใช้เวลาในการอบแห้งไม่นาน โดยหลักการอบแห้งอาหารด้วยลมร้อนเป็นวิธีการที่ใช้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการให้ความร้อนกับน้ำในชิ้นอาหารและพาน้ำออกจากชิ้นอาหารจนกระทั่งอาหารแห้ง ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนและความชื้นโดยการพาความร้อนและมวลสารเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพสูง อุณหภูมิของลมและความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้ การเพิ่มอุณหภูมิและความเร็วลมจะช่วยเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำออกจากชิ้นอาหาร ทำให้ลดระยะเวลาในการอบแห้งลง การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารอาจเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของวัตถุดิบและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง [7]

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งด้วยลมร้อน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และอัตราการไหลของลมในการอบแห้งที่ส่งผลต่ออัตราส่วนความชื้น อัตราการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ได้พฤติกรรมการอบแห้งเมล็ดโกโก้ในการพัฒนากระบวนการอบแห้งต่อไป

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การอบแห้งเมล็ดโกโก้

เตรียมผลโกโก้พันธุ์ชุมพร 1 จากเกษตรกรปลูกในชุมชน อำเภอบ้านบอง จังหวัดพัทลุง แกะเมล็ดโกโก้และทำการหมักเป็นเวลา 7 วัน นำเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการหมักวัดค่าความชื้นตั้งต้นได้ร้อยละ 117 น้ำหนักแห้งแสดงดังรูปที่ 1 นำมาทำการอบแห้งครั้งละ 35 กรัม ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่ความเร็วลม 0.05, 0.067, 0.085 และ 0.1 เมตร/วินาที ศึกษาผลของการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ทดลองอบแห้งที่การจัดวางเมล็ดโกโก้ด้วยความหนา 1

และ 2 ชั้น โดยเมล็ดโกโก้ 1 ชั้นจะมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร ทำซ้ำ 3 ครั้งและบันทึกน้ำหนักของเมล็ดโกโก้ในระหว่างการอบแห้งทุก 5 นาที กำหนดความชื้นสุดท้ายของเมล็ดที่ร้อยละ 5 น้ำหนักแห้ง จึงหยุดการอบแห้ง โดยคำนวณน้ำหนักสุดท้ายที่ต้องการจากค่าความชื้นเริ่มต้น และหาอัตราส่วนความชื้นและอัตราการอบแห้งของเมล็ดโกโก้ ดังรูปที่ 2



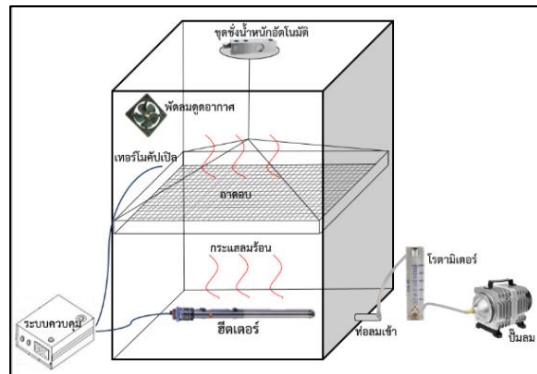
รูปที่ 1 เมล็ดโกโก้ที่ผ่านการหมัก



รูปที่ 2 เมล็ดโกโก้แห้งหลังอบแห้ง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เป็นเครื่องอบแห้งแบบถาดและมีลมร้อนไหลผ่านจากด้านล่างขึ้นด้านบน ขนาดกว้าง 45 เซนติเมตร และยาว 90 เซนติเมตร มีแผ่นฉนวนหุ้มเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ภายในห้องอบแห้งมีฮีตเตอร์ขนาด 300 วัตต์ให้ความร้อนในการอบแห้ง ทำการตั้งค่าอุณหภูมิและวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลที่เชื่อมกับระบบควบคุม มีถาดเป็นตะแกรงเจาะรูใส่วัตถุดิบจำนวน 1 ถาดที่แขวนต่อกับชุดชั่งน้ำหนักอัตโนมัติชนิด Load cell sensor (HX-711) ที่สามารถชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบภายในตู้ได้อัตโนมัติ ติดตั้งพัดลมดูดอากาศด้านบนถาดอบสำหรับระบายความชื้น และควบคุมอัตราการไหล

ของลมด้วยโรตาริเตอร์ ซึ่งไม่มีการนำความร้อนจากตู้อบกลับมาใช้ซ้ำ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ไดอะแกรมเครื่องอบแห้งในการทดลอง

2.2 การวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง

อัตราส่วนความชื้น (Moisture ratio) คือค่าที่บ่งบอกถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำในวัสดุเมื่อเทียบกับความชื้นเริ่มต้นเมื่อเวลาการอบแห้งดำเนินต่อไปในเวลาใดๆ ดังสมการที่ (1) [8]

$$MR = \frac{M_t - M_{eq}}{M_{in} - M_{eq}} \quad (1)$$

เมื่อ MR คือ อัตราส่วนความชื้น
 M_{in} คือ ความชื้นเริ่มต้น (ร้อยละมาตรฐานแห้ง)
 M_{eq} คือ ความชื้นสมดุล (ร้อยละมาตรฐานแห้ง)
 M_t คือ ความชื้นที่เวลาต่างๆ (ร้อยละมาตรฐานแห้ง)

อัตราการอบแห้ง (Drying rate) คือ อัตราการระเหยน้ำออกจากวัสดุต่อหน่วยเวลาระหว่างการทำแห้ง ดังสมการที่ (2) [9]

$$DR = \frac{M_0 - M_t}{T} \quad (2)$$

เมื่อ M_0 คือ ความชื้นเริ่มต้น (กรัม/กรัมมวลแห้ง)

M_t คือ ความชื้นของวัสดุที่เวลาใดๆ (กรัมน้ำ/กรัมมวลแห้ง)

T คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (นาท)

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงาน ที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุอบแห้ง ดังสมการที่ (3) [10]

$$SEC = \frac{E}{m_w} \quad (3)$$

เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

(เมกะจูล/กิโลกรัม)

E คือ พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้ง

(เมกะจูล)

m_w คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผลิตภัณฑ์อบแห้ง (กิโลกรัม)

2.3 ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งเมล็ดโกโก้

นำอัตราส่วนความชื้นที่เวลาใดๆ จากการทดลองสถานะที่เหมาะสมที่ได้จากการอบแห้งมาเปรียบเทียบกับสมการอบแห้งที่ใช้สำหรับทำนายค่าความชื้น 5 สมการ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยเป็นรูปแบบสมการอบแห้งชั้นบางแบบเอมพิริคัลและกึ่งทฤษฎี ดังตารางที่ 1 โดยผลจากโปรแกรมจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error: RMSE) และผลรวมกำลังสองของเศษเหลือของแบบจำลอง (SSE)

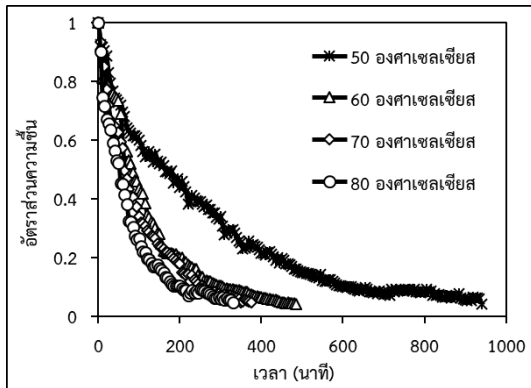
ตารางที่ 1 สมการอบแห้งแบบชั้นบาง

ชื่อสมการ	สมการ
Page [11]	$MR = \exp(-kt^n)$
Henderson and Pabis [12]	$MR = a \exp(-kt)$
Logarithmic [13]	$MR = a \exp(-kt) + c$
Midilli et al. [14]	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$
Two term [15]	$MR = a \exp(-k_1 t) + b \exp(-k_2 t)$

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

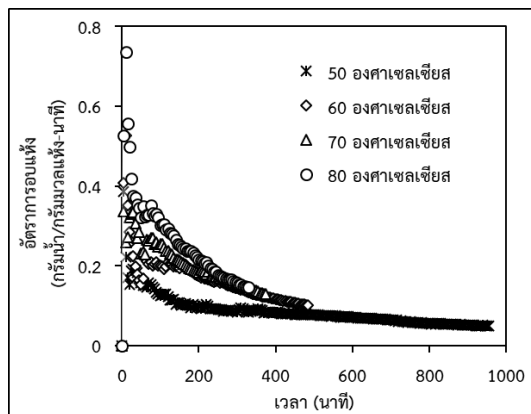
3.1 ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น

ผลการทดลองของอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งในกระบวนการอบแห้งเมล็ดโกโก้มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 117 น้ำหนักแห้ง อุณหภูมิอบแห้ง 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.05 เมตร/นาท การวางเมล็ด 1 ชั้น กำหนดความชื้นสุดท้ายเมล็ดโกโก้ของการอบแห้งที่ร้อยละ 5 น้ำหนักแห้ง ดังรูปที่ 4 พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น (80 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้อัตราส่วนความชื้นในเมล็ดโกโก้ลดลงได้เร็วกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (50 องศาเซลเซียส) สังเกตได้ว่าอัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตามเวลาในการอบแห้ง และการเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 80 องศาเซลเซียส ทำให้เวลาในการอบแห้งลดลง เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศร้อนกับอุณหภูมิวัสดุมีมากเกิดการถ่ายเทความร้อนในเนื้อวัสดุได้ดี จึงทำให้น้ำในเนื้อวัสดุเคลื่อนที่และระเหยได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ช่วงเวลาการทำแห้งลดลง [16] ซึ่งการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 940, 485, 375 และ 330 นาท ตามลำดับ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ความเร็วม 0.05 เมตร/นาท และการจัดวางเมล็ดโกโก้ 1 ชั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับความชื้น ดังรูปที่ 5 พบว่า ที่อุณหภูมิสูงสุด 80 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด โดยเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น วัสดุที่อบแห้งจะได้รับความร้อนเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้น้ำที่ผิวของวัสดุเกิดการระเหยได้มากขึ้น [17] ส่งผลให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับเวลาที่ความเร็วม 0.05 เมตร/นาท และการจัดวางเมล็ดโกโก้ 1 ชั้น

3.2 ผลของอุณหภูมิต่อความสัมพันธ์ของพลังงานจำเพาะ

จากการอบแห้งเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วม 0.05 เมตร/วินาที พบว่า

สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งที่มีการใช้พลังงานจำเพาะต่ำสุด คือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 2 โดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 296 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำระเหย ซึ่งต่ำกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 70 และ 80 องศาเซลเซียส แม้จะใช้เวลาการอบแห้งที่นานกว่าแต่มีพลังงานจำเพาะต่ำกว่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการใช้เวลาอบแห้งที่สั้นกว่าจึงทำให้เมื่อพิจารณาค่าพลังงานจำเพาะที่มีปัจจัยขึ้นกับเวลาที่ใช้จึงมีค่าพลังงานจำเพาะที่ต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ดังนั้น จึงเลือกใช้การอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส ในการดำเนินการศึกษาความเร็วลมในการอบแห้งเมล็ดโกโก้ต่อไป

ตารางที่ 2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่อุณหภูมิอบแห้ง 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

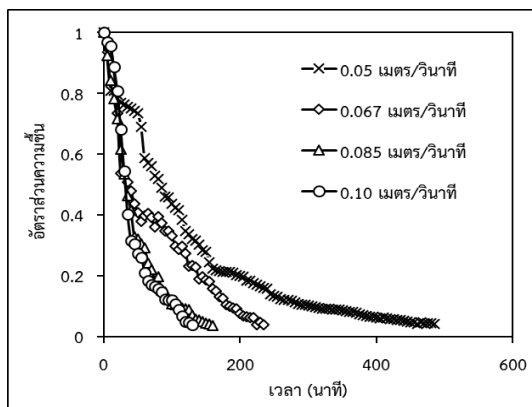
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาท)	ปริมาณน้ำ (กิโลกรัม)	พลังงานจำเพาะ (เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำระเหย)
50	940	0.0156±0.02	517±1.23
60	485	0.0169±0.03	296±2.36
70	375	0.0161±0.05	316±2.02
80	330	0.0149±0.09	389±0.85

3.3 ผลของความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้น

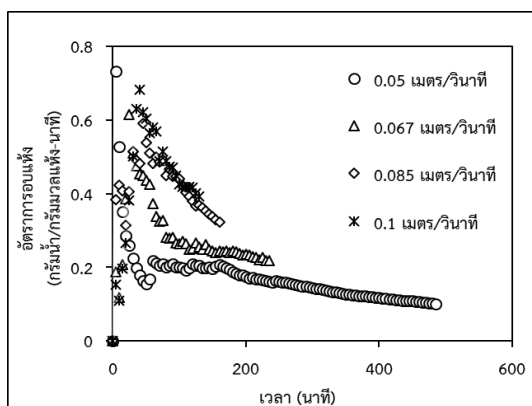
ผลการลดลงของอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งในกระบวนการอบแห้งเมล็ดโกโก้ อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส การจัดวางเมล็ด 1 ชั้น ที่ความเร็วม 0.05-0.1 เมตร/วินาที ดังรูปที่ 6 พบว่าการอบแห้งที่ความเร็วมสูง (0.1 เมตร/วินาที) จะทำให้อัตราส่วนความชื้นลดลงได้เร็วกว่าความเร็วมต่ำ (0.05 เมตร/วินาที) และใช้เวลาในการอบแห้งต่ำสุดเท่ากับ 130 นาที เนื่องจากการอบแห้งโดยใช้ความเร็วมต่ำจะทำให้เกิดการกักน้ำที่ระเหยออกจากผิว

เมล็ดโกโก้ได้ช้า ส่งผลให้มีปริมาณความชื้นค้างอยู่ใน เมล็ดได้สูงกว่า [18]

อัตราการอบแห้ง ในกระบวนการอบแห้งด้วย ลมร้อน ดังรูปที่ 7 ผลการศึกษาพบว่า อัตราการอบแห้ง จะมีค่าสูงเมื่อความเร็วลมสูงขึ้น โดยอัตราการอบแห้ง จะมีค่าสูงในช่วงเริ่มกระบวนการอบแห้งและจะเริ่ม ลดลงหลังการอบแห้งที่ 60 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการ ถ่ายเทความร้อนที่ผิวของเมล็ดและอัตราการอบแห้งจะ เริ่มลดลงในช่วงการถ่ายเทความร้อนภายในเนื้อเมล็ด เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการ พาคความชื้นจากผิวไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้ง ลดลง [19]



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับ เวลา ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส และการจัด วางความหนาเมล็ดโกโก้ 1 ชั้น



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับเวลา ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส และการจัดวาง ความหนาเมล็ดโกโก้ 1 ชั้น

3.4 ผลความเร็วลมต่อความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะ

จากการอบแห้งเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้ง แบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความหนา ของการวางเมล็ดแบบ 1 ชั้น ที่ความเร็วลม 0.05, 0.067, 0.085 และ 0.1 เมตร/วินาที พบว่า สภาวะที่ เหมาะสมในการอบแห้งที่มีการใช้พลังงานต่ำ คือ การ อบแห้งที่ความเร็วลม 0.1 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 3 โดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 74 เมกะจูล/ กิโลกรัมน้ำระเหย ซึ่งมีความใกล้เคียงกับการอบแห้งที่ ความเร็วลม 0.085 เมตร/วินาที ที่มีความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะ 82 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำระเหย และ ต่ำกว่าการอบแห้งที่ความเร็วลม 0.05 และ 0.067 เมตร/วินาที

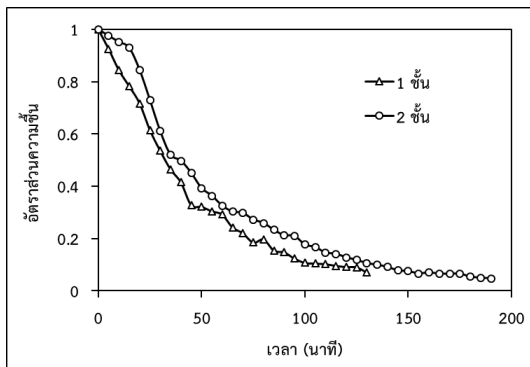
ตารางที่ 3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่อุณหภูมิ อบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.05, 0.067, 0.085 และ 0.1 เมตร/วินาที

ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำ (กก.)	พลังงาน จำเพาะ (เมกะจูล/กก. น้ำระเหย)
0.05	485	0.0169±0.03	296±1.52
0.067	235	0.0187±0.01	130±3.20
0.085	160	0.020±0.02	82±2.02
0.1	130	0.0185±0.06	74±1.02

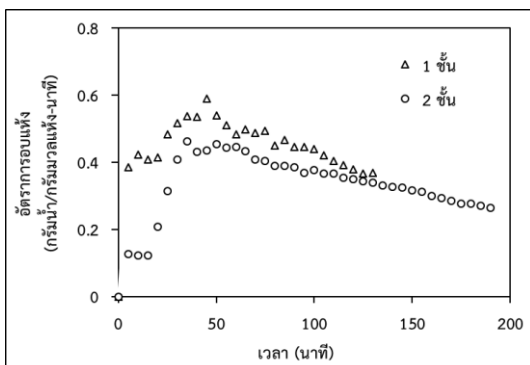
3.5 ผลของความหนาของเมล็ดโกโก้ต่อการ เปลี่ยนแปลงอัตราความชื้น

ผลการลดลงของอัตราส่วนความชื้นกับเวลา และอัตราการอบแห้งกับเวลาในการอบแห้งเมล็ดโกโก้ อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.1 เมตร/วินาที ที่ความหนาของการวางเมล็ดแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น ดังรูปที่ 8 และ 9 พบว่า เมื่อเพิ่ม ความหนาของเมล็ดโกโก้ในการอบแห้งจาก 1 ชั้น เป็น

2 ชั้น อัตราส่วนความชื้นและอัตราการอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกัน โดยอัตราส่วนความชื้นของการวางเมล็ดแบบ 1 ชั้น จะมีค่าลดลงเร็วและมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการวางเมล็ด 2 ชั้น ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้ง 130 นาที ซึ่งอัตราการอบแห้งจะมีค่าสูงในช่วงเริ่มกระบวนการอบแห้งที่ 50 นาที ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการถ่ายเทความร้อนที่ผิวของเมล็ดโกโก้และหลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะเริ่มลดลง เนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในวัสดุมายังผิวซ้ำ โดยการวางเมล็ดโกโก้ที่ไม่หนาเกินไปจะทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งต่ำกว่าการวางเมล็ดโกโก้หนา เนื่องจากความหนาของเมล็ดโกโก้จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่ช้า ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งนาน



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ความหนาของการวางเมล็ดโกโก้แบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น



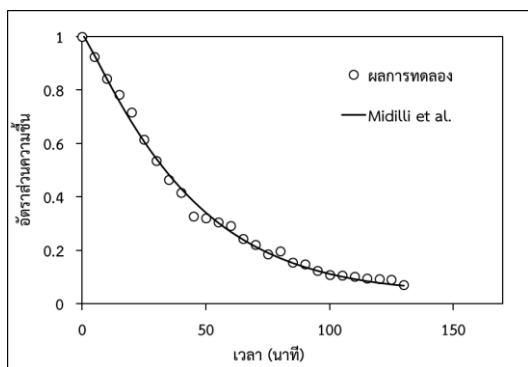
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับเวลาที่ความหนาของการวางเมล็ดโกโก้แบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น

3.6 ผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งเมล็ดโกโก้

พิจารณาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ พบว่า สมการกึ่งทฤษฎีของ Midilli et al. ให้ค่า R^2 สูงสุด และมีค่า RMSE กับ SSE ต่ำสุด โดยมี R^2 มากกว่า 0.9964 ค่า RMSE เท่ากับ 0.01774 และค่า SSE เท่ากับ 0.000913 ดังตารางที่ 4 ซึ่งแสดงถึงความคลาดเคลื่อนน้อยสุด ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ทำนายค่าการอบแห้งเมล็ดโกโก้ จากค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สมการของ Midilli et al. เมื่อนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากผลการทดลองและค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่ให้ผลการทำนายที่ดีที่สุด จะให้ค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากผลการทดลองและจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกันทุกเงื่อนไขการทดลอง ซึ่งสามารถทำนายผลการทดลองได้ดีที่สุดตลอดช่วงเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้งแบบชั้นบาง

สมการ	ตัวแปร		
	R^2	RMSE	SSE
Page	0.9948	0.02066	0.01323
Henderson and Pabis	0.9952	0.01995	0.01234
Logarithmic	0.9954	0.01978	0.01174
Midilli et al.	0.9964	0.01774	0.00913
Two term	0.9954	0.01991	0.01189



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาอบแห้งจากการทดลองและแบบจำลองของ Midilli et al. ที่ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.1 เมตร/วินาที และความหนาเมล็ดโกโก้ 1 ชั้น

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมมีผลต่อเวลาและพลังงานในการอบแห้ง โดยอุณหภูมิและความเร็วลมที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเมล็ดโกโก้คือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.1 เมตร/วินาที ที่การจัดวางเมล็ดโกโก้ 1 ชั้น ซึ่งเป็นสถานะที่ใช้เวลาในการอบแห้งและมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำ โดยมีเวลาการอบแห้ง 130 นาที และมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 74 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำระเหย สมการกึ่งทฤษฎีของ Midilli et al. เป็นสมการทำนายการลดลงของความชื้นเมล็ดโกโก้ที่เหมาะสมที่สุด ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่สูงที่สุดและให้ค่า RMSE และ SSE ต่ำที่สุด โดยมี R^2 มากกว่า 0.9964 ค่า RMSE เท่ากับ 0.01774 และค่า SSE เท่ากับ 0.000913

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chotin N. Cocoa, an alternative crop of the future. Technology Chaoban [Internet]. 2021 [cited 2021 Feb 9]. Available from : https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_171743. Accessed 21 February 2021. (in Thai)
- [2] Rakitikul W, Sirita J, Yodsuntorn P, Changruanngam T, Nanglae S. Chemical composition analysis to determine the identity of cocoa in Chiang Rai province. Journal of KPRU Science Mathemayics and Technology. 2022;1(1):19-34. (in Thai)
- [3] Maskan M. Microwave/ air and microwave finish drying of banana, Journal Food Engineering. 2000;44:71-8.
- [4] Asavarachan R. Drying agricultural products by microwave. Kasem Bundit Engineering Journal. 2021;1(2):31-42
- [5] Pérez-Marín J, Garrido-Mesa J, García-Sánchez F. Changes in color and phenolic content of cocoa seeds during roasting. Journal of agricultural and food chemistry. 2009;57(17): 7899-906.
- [6] Karam M.C, Petit J, Zimmer D, Baudelaire Djantou E, Scher J. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. Journal of Food Engineering. 2016;188 :32-49.
- [7] Orikasa T, Wu L, Shiina T, Tagawa A. Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying. Journal of Food Engineering. 2008;85:303-8.
- [8] Saniso E, Saudi F, Hanafee R. Moisture diffusivity coefficient specific energy consumption and specific moisture extraction rate of betel nut drying using combined thermal energy. Burapha Science Journal. 2012;17(1):142- 9.

- [9] Kar A. Gupta D.K. Air drying of osmosed button mushroom. *Journal of Food Science and Technology*. 2003;40(1):23-7.
- [10] Farla J, Blok K, Schipper L. Energy efficiency developments in the pulp and paper industry. *Energy Policy*. 1997;25:745–58.
- [11] Kumar P.G.D, Hebbar H.U, Ramesh M.N. Suitability of thin layer models for infrared-hot-air-drying of onion slices. *LWT – Food Science and Technology*. 2006;39:700-5.
- [12] Zhang Q, Litchfield J. An optimization of intermittent corn drying in a laboratory scale thin layer dryer. *Drying Technology*. 1991; 9(2):383- 95.
- [13] Togrul IT, Pehlivan D. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering*. 2002;55(3):209-16.
- [14] Henderson S. Progress in developing the thin layer drying equation. *T ASAE*. 1974;17(6): 1167-8.
- [15] Midilli A, Kucuk H, Tapar Z. A new model for single layer drying. *Drying Technology*. 2002;20(7):1503-13.
- [16] Nagaya K, Li Y, Jin Z, Fukumuro M, Ando Y Akaishi A. Low-temperature desiccant based food drying system with airflow and temperature control. *Journal of Food Engineering*. 2006;75:74-7.
- [17] Barthakur N.N, Arnold N.P. Evaporation rate enhancement of water with air ions from a corona discharge. *International Journal of Biometeorology*. 1995;39:29-33.
- [18] Vongsawasdi P, Noppharatana M, Jiranuntakul W, Vinuntamalakul T. Sitiworapong S. Effect of temperatures and hot air velocities on physical and sensorial qualities of glass noodle. *Food Journal*. 2007;37(1):93-104.
- [19] Wannathon I. A study of temperatures and moist characteristics porous media in hot air dryer chamber using Computational fluid dynamics. Master thesis: Srinakharinwirot University; 2011

การออกแบบบ้านและแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาหเพื่อผู้มีรายได้น้อย

ณิชาภา มินาบูลย์¹ นันทวัฒน์ สุวรรณอาศน์¹ วชิระ แสงรัศมี² และประชุม คำพุ่ม^{3*}

nichapha.min@rmutr.ac.th¹, nantawat.suw @rmutr.ac.th¹, vachira_s@rmutt.ac.th², prachoom_k@rmutt.ac.th^{3*}

¹ สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

² สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³ หน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received	: 25-Apr-2023
Revised	: 11-Jun-2023
Accepted	: 12-Jun-2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและจำลองบ้านซีเมนต์กระดาหสำหรับผู้มีรายได้น้อยโดยออกแบบและสร้างแบบจำลองต้นแบบในมาตราส่วน 1:25 การออกแบบคำนึงถึงควมมีเอกลักษณ์ของบ้านซีเมนต์กระดาห โดยออกแบบตามหลักสถาปัตยกรรม และคำนึงถึงหลักของการออกแบบให้ทุกคนสามารถใช้งานได้เสมอภาคกัน ผลการวิจัยต้นทุนราคาก่อสร้างบ้านซีเมนต์กระดาหขนาดพื้นที่ใช้สอย 39 ตารางเมตร พบว่าราคาก่อสร้างรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 339,976 บาท ราคาเฉลี่ยตารางเมตรละ 8,717 บาท ประหยัดกว่าการก่อสร้างทั่วไปในท้องตลาดซึ่งมีราคาเฉลี่ยตารางประมาณเมตรละ 10,826 บาท ทั้งนี้ไม่รวมค่าระบบไฟฟ้า, ค่าบริการหน้าดิน, ค่าสำรวจ และค่าที่ดินที่ปลูกสร้าง ยอดการผ่อนชำระสำหรับผู้มีรายได้น้อยกรณีขอสินเชื่อจากสถาบันทางการเงิน ยอดวงเงินกู้บ้านซีเมนต์กระดาห 339,976 อัตราดอกเบี้ย 3% ผ่อนสูงสุด 30 ปี อยู่ที่ 1,600 บาท/เดือน ซึ่งเป็นยอดผ่อนชำระในราคาไม่มาก

คำสำคัญ: การออกแบบ ผู้มีรายได้น้อย บ้านซีเมนต์กระดาห

House Design and Cement Paper House Models for Low Income Earners

Nichapha Minaboon¹, Nuntawat Suwannart¹, Vachira Sangrutsamee², and Prachoom Khamput^{3*}
nichapha.min@mutr.ac.th¹, nantawat.suw @mutr.ac.th¹, vachira_s@mutt.ac.th², prachoom_k@mutt.ac.th^{3*}

¹ Department of Facility Management, Faculty of Architecture and Design, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

² Department of Architectural Technology, Faculty of Architecture, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

³Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received	: 25-Apr-2023
Revised	: 11-Jun-2023
Accepted	: 12-Jun-2023

Abstract

This research study focuses on the design, modeling, and cost analysis of papercrete houses specifically targeted for low-income individuals. The objective was to develop a prototype model at a scale of 1:25 that embodies the unique characteristics of papercrete construction while adhering to architectural principles and ensuring accessibility for all. The research findings revealed that the construction cost of a papercrete house with a usable area of 39 square meters amounted to 339,976 baht, resulting in an average cost per square meter of approximately 8,717 baht. This cost-effective nature of papercrete houses makes them a viable alternative to conventional construction methods, which have a higher average cost per square meter of around 10,826 baht. It is important to note that the aforementioned cost estimate does not include expenses related to electrical systems, land surveying, land acquisition, and site preparation. For low-income individuals seeking financial assistance from lending institutions, the monthly installment payments for a papercrete house loan amounting to 339,976 baht, with an interest rate of 3% and a maximum repayment period of 30 years, would be approximately 1,600 baht per month, thus highlighting the affordability of monthly repayments.

Keywords: design, low income earners, cement paper house

1. บทนำ

บ้านเป็นที่อยู่อาศัยที่เจ้าของมีความผูกพันมากที่สุด บ้านแสดงถึงวิถีชีวิต วัฒนธรรม ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว ปัจจุบันผู้อยู่อาศัยมีความต้องการบ้านที่มีคุณภาพดี ราคาสมเหตุสมผล ลดค่าใช้จ่ายด้านการซ่อมแซมบำรุงรักษา ด้านพลังงาน ก่อสร้างเร็ว เพื่อช่วยลดระยะเวลาการจ่ายดอกเบี้ยและต้องมีความสวยงาม บ้านสำหรับผู้มีรายได้น้อยจึงพัฒนาการออกแบบบ้าน เทคนิคการก่อสร้าง ประสิทธิภาพด้านพลังงาน ประหยัดและพอเพียง เพราะบ้านเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับมนุษย์ เป็นแหล่งพักพิงที่ให้ความปลอดภัยและยังเป็นศูนย์รวมจิตใจของสถาบันครอบครัว บ้านคืออสังหาริมทรัพย์ที่ผู้บริโภคมักมีความต้องการอยู่ตลอดเวลา [1] บ้านจึงมีความสำคัญและใกล้ชิดกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ สามารถสร้างความสะดวกสบายเป็นศูนย์รวมความสุขของครอบครัว ทำให้เกิดความรู้สึกปลอดภัยเมื่ออยู่อาศัย จึงต้องสำคัญกับการออกแบบ มีความใส่ใจต่อการก่อสร้าง และการติดตั้งที่ได้มาตรฐาน [2] การออกแบบบ้านควรผ่านกระบวนการคิดอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้บ้านที่สามารถตอบสนองความต้องการของเจ้าของบ้านได้ ปัจจุบันพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันเปลี่ยนไป ดังนั้น การออกแบบจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบต้องทราบองค์ประกอบที่สำคัญในการออกแบบบ้านให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค เพื่อรองรับความต้องการอยากมีบ้านของผู้บริโภคที่มีมากขึ้น

สำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างไทยอาจจะคุ้นเคยกับการก่อสร้างบ้านด้วยไม้ เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่หาง่าย แข็งแรง ใช้เครื่องมือแบบง่าย ๆ ของท้องถิ่นได้ แต่ภายหลังไม้เริ่มหายาก และมีราคาแพง จึงมีการสร้างบ้านด้วยวัสดุที่เป็นคอนกรีตและเหล็กกันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกกว่า ปัจจุบันวัสดุคอนกรีตและเหล็กมีราคาสูงขึ้นสภาพอากาศได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และกระแสการสร้างบ้านสีเขียว (Green Building) มีมากยิ่งขึ้นเนื่องจากปัญหาโลกร้อน ผู้ที่ต้องการสร้างบ้านได้เริ่มให้ความสนใจกับการก่อสร้างบ้าน

ทางเลือกกันมากขึ้น การก่อสร้างบ้านด้วยซีเมนต์กระดาศ ยังไม่มีการนำเข้ามาในประเทศไทย แต่เป็นเทคโนโลยีการก่อสร้างบ้านทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะบ้านผสมซีเมนต์และกระดาศ สามารถตอบโจทย์ต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงได้ ทั้งราคาถูก แข็งแรง ทนทาน ลดโลกร้อน และความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี [3]

การก่อสร้างบ้านด้วยซีเมนต์กระดาศเป็นการนำกระดาศหนังสือพิมพ์ที่เหลือใช้มาแช่น้ำ แล้วมาตีผสมกับซีเมนต์ ให้เข้ากัน กระดาศหนังสือพิมพ์ที่ส่วนใหญ่ทำมาจากเยื่อไม้บด ซึ่งมีทั้งเส้นใยสั้นและเส้นใยยาว หากนำมาแทนที่ทรายในการผสมปูนฉาบ ช่วยในด้านลดการแตกร้าว และเส้นใยจากหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้วมีองค์ประกอบเป็นเส้นใยประเภทเซลลูโลสที่มีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งชอบน้ำจึงทำให้ดูดซึมน้ำได้มากกว่าทราย เพิ่มความชุ่มชื้นให้กับสภาพแวดล้อมในการใช้ผนัง อีกทั้งลักษณะทางสัณฐานวิทยา ขนาดของกระดาศหนังสือพิมพ์ มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของปูนฉาบค่อนข้างมาก ขนาดอนุภาคที่เล็กสามารถแทรกตัวเข้ากับซีเมนต์ได้ดี ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างซีเมนต์กับกระดาศหนังสือพิมพ์น้อยลง และการนำกระดาศหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง สามารถลดต้นทุนการผลิตโดยการเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาศหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้ว อีกทั้งยังลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งนับได้ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด ถือได้ว่าบ้านซีเมนต์กระดาศ เป็นทางเลือกหนึ่งในการก่อสร้างบ้านที่มีราคาถูก ประหยัดพลังงาน และบ้านซีเมนต์กระดาศ สามารถแก้ปัญหาที่ผู้อยู่อาศัยไม่ชอบในบ้านดิน เช่น ความชื้น ทำให้ผนังต้องซ่อมแซมบ่อย การมีแมลงในห้องในบ้านดิน บ้านที่ทำจากซีเมนต์กระดาศสามารถให้ความรู้สึกเหมือนบ้านปูนทั่วไปจนแยกไม่ออก แต่ก็มีคุณสมบัติแบบบ้านดิน คือ ความเป็นฉนวนความร้อน และราคาถูก ช่วยลดปัญหาโลกร้อน

2. ทฤษฎีการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

กระบวนการการออกแบบสถาปัตยกรรมประกอบด้วย กระบวนการหลายขั้นตอนด้วยกัน การกำหนดแนวความคิดในการออกแบบถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งจะนำไปสู่งานออกแบบ

ที่มีประสิทธิภาพ [2] อาคารที่มีการใช้สอยที่เกี่ยวข้องกับชุมชนและเมือง จะเห็นได้ชัดว่าเรื่องราวของสถาปัตยกรรมครอบคลุมและเกี่ยวเนื่องกับผู้คน สังคม และสภาพแวดล้อมในสัดส่วนต่างกัน การแยกลักษณะของการยึดครองที่ว่าง ที่ว่างที่มีลักษณะสนองประโยชน์ใช้สอยเพียงอย่างเดียว ไม่มีส่วนสัมพันธ์หรือต่อเนื่องกับส่วนอื่น รูปแบบการใช้ประโยชน์จะกำหนดเนื้อหาเฉพาะส่วนออกมา โดยมีรายละเอียดด้านการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ดังนี้

2.1 ความสัมพันธ์ของที่ว่างทางสถาปัตยกรรมกับประโยชน์การใช้สอย

ที่ว่างที่ถูกยึดครองด้วยประโยชน์ใช้สอย จะเป็นตัวกำหนดขนาดของที่ว่างแต่ละแห่ง ทั้งภายในและภายนอกของอาคาร ที่ว่างของเรือนจะเป็นที่ว่างเพื่อการพักอาศัยที่สมบูรณ์ยังไม่ได้ ถ้าไม่มีการระบุประโยชน์ใช้สอยที่เฉพาะเจาะจงลงไป พร้อมทั้งกำหนดขนาดของการใช้งานลงไปด้วย ถึงแม้ว่าเรือนไทยจะเป็นการสร้างแบบ สำเร็จรูป แต่ทว่าอาคารแต่ละหลังนั้น ไม่ได้มีขนาดเดียวกัน ขนาดของเรือนเกิดขึ้นจากการผสมผสาน ระหว่างประเภทของประโยชน์การใช้สอย เช่น เรือนนอนของครอบครัว ซึ่งอาจจะมีห้องแบ่งเป็น 2 ห้อง คือ ห้องใหญ่และห้องเล็ก ลักษณะการใช้งานประโยชน์ใช้สอยรองซึ่งตามติดมา ประโยชน์ใช้สอยรองย่อมมีขนาดในการใช้งานมากกว่าห้องเก็บของและห้องครัวเนื่องจากจำนวนผู้ใช้มากกว่าและลักษณะการใช้งานต้องการเนื้อที่มากกว่า

2.1.1 ความต่อเนื่องของที่ว่างกับประโยชน์ใช้สอย

อาคารในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นอาคารพักอาศัยหรืออาคารสาธารณะมักจะนิยมผังพื้น ชนิดที่เป็นแบบเปิด [4] คือ ลักษณะผังพื้นที่เป็นอิสระ ไม่ถูกบังคับด้วยผนังหรือส่วนกั้นประโยชน์ใช้สอยจนมากเกินไป ฉะนั้นในอาคารประเภทที่ใช้ผังพื้นเปิด ส่วนประโยชน์ใช้สอยไม่ต้องการความมิดชิดหรือ ความเป็นส่วนตัว ลักษณะผังแบบเปิดพบได้บ่อย มีลักษณะการใช้งาน ไปในทางที่สาธารณะเป็นส่วนใหญ่ การจัดสภาพแวดล้อมกายภาพภายในบ้าน ให้เกิดภาวะเป็นส่วนตัวระหว่างสมาชิกใน

ครอบครัว [5] และได้เสนอการจัดให้มีเขตกันชน ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออก โดยการกักไว้ก่อน

2.1.2 ขนาดและรูปทรงของที่ว่างส่วนบุคคล

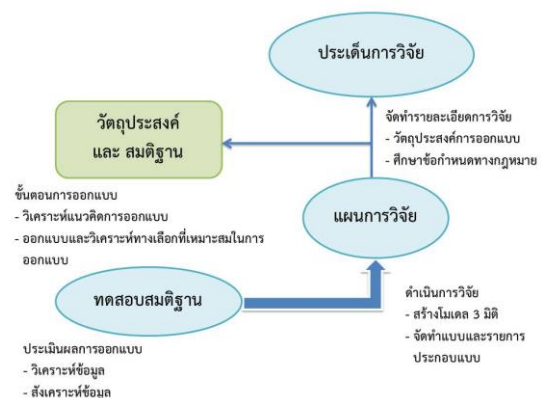
ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการมีระยะห่างระหว่างบุคคลที่มีการกระทำต่อกัน บุคคลมีระยะห่างระหว่างกันที่เหมาะสมกับการกระทำที่มีต่อกัน และการสัมผัสที่เกิดขึ้น แบ่งได้เป็น 4 ระยะ ด้วยกัน คือ

- ระยะใกล้ชิด (Intimate Distance)
- ระยะส่วนบุคคล (Personal Distance)
- ระยะสังคม (Social Distance)
- ระยะสาธารณะ (Public Distance)

โดยระยะทั้ง 4 เป็นประโยชน์ในการกำหนดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรม ทำให้สามารถออกแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่เหมาะสมกับการใช้สอยของมนุษย์ได้ [6]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการออกแบบและแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศ ตามขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 1 กรอบวิธีวิจัยในการออกแบบบ้านซีเมนต์กระดาศ

3.1 ศึกษาการออกแบบโดยมีตัวแปร

ในการวิจัยนี้ จะออกแบบโดยคำนึงประโยชน์ใช้สอยของบ้าน [7] และแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศเพื่อผู้มีรายได้น้อย ให้มีเอกลักษณ์ของบ้านซีเมนต์กระดาศ โดยมีตัวแปร คือ

3.1.1 ประโยชน์ใช้สอย

3.1.2 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

3.2 ศึกษากระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

ดำเนินการศึกษากระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมและสร้างแบบจำลอง (Model) มาตรฐาน 1:25 โดยมีกระบวนการออกแบบดังนี้

3.2.1 ศึกษาข้อกำหนดทางกฎหมายควบคุมอาคาร

3.2.2 ศึกษาวัตถุประสงค์ความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อกำหนดพื้นที่ใช้สอย

3.2.3 สร้างแบบจำลอง (Model) มาตรฐาน 1:25 เพื่อศึกษาสัดส่วนของอาคาร ความเหมาะสมในการใช้งานของผู้ใช้งานกับสถานที่ [8]



รูปที่ 2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองบ้านที่ก่อสร้างด้วยซีเมนต์กระดาศ

3.2.6 ศึกษาและกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมต่อการใช้งานของบ้านซีเมนต์กระดาศ

3.2.7 เขียนแบบก่อสร้าง รวมทั้งกำหนดรายละเอียดของงาน

3.2.8 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการ

ดำเนินงาน ได้แก่ อุปกรณ์วัดระยะ เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมเพื่อช่วยในการเขียนแบบ ได้แก่ AUTO CAD 2018 และ SKETCHUP 10

3.2.9 สังเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาสรุปผลและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบบ้านซีเมนต์กระดาศ

3.3 ศึกษาความคุ้มค่าบ้านซีเมนต์กระดาศเพื่อผู้มีรายได้น้อย

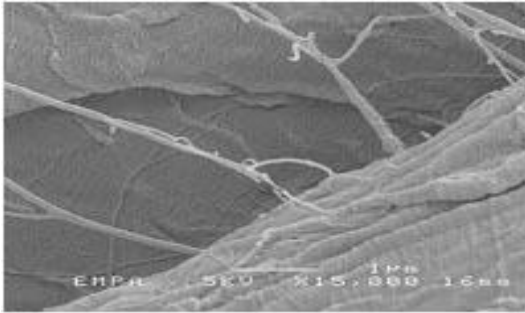
ดำเนินการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและศึกษาด้านความคุ้มค่า รวมทั้ง ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะในการออกแบบและแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศเพื่อผู้มีรายได้น้อย โดยคำนึงถึงราคาการประหยัดพลังงาน ความรวดเร็วในการก่อสร้างคุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ และอายุการใช้งานของบ้านจากซีเมนต์กระดาศ

4. วิเคราะห์ผลการวิจัย

สำหรับการวิจัยการออกแบบและแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศเพื่อผู้มีรายได้น้อย โดยแบ่งตามขั้นตอนกระบวนการ ออกแบบบ้านซีเมนต์กระดาศดังนี้

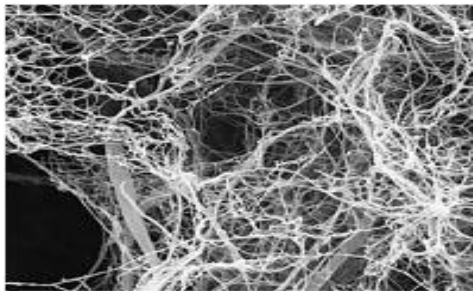
4.1 ผลการออกแบบโดยมีตัวแปร

4.1.1 ผลการศึกษาการออกแบบด้านประโยชน์ใช้สอย (Function) จากการวิจัยพบว่าการก่อสร้างบ้านด้วยซีเมนต์กระดาศ ยังไม่มีการนำเข้ามาในประเทศไทย แต่นับได้ว่าเป็นเทคโนโลยีการก่อสร้างบ้านทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะบ้านซีเมนต์กระดาศ ด้านประโยชน์การใช้สอยที่เปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดี ทั้งราคาถูก หาง่าย แข็งแรง ทนทาน ช่วยลดโลกร้อน และความเป็นฉนวนกันความร้อน และโดยทั่วไปกระดาศส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสไม้ จึงถือเป็นวัสดุเส้นใย เป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืชสำหรับกระดาศ เซลลูโลสเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติ เป็นสายโซ่ยาวของโมเลกุลน้ำตาลที่เชื่อมโยงกัน ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงของโมเลกุลที่เล็กกว่า



รูปที่ 3 ไฟบริล (Fibrils) เป็นหน่วยของเส้นใย [9]

เมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์ เป็นไปได้ที่จะเห็นโครงข่ายของเส้นใยเซลลูโลสและหน่อที่เล็กกว่าจากเส้นใยที่เรียกว่า Fibrils



รูปที่ 4 เส้นใยและเส้นใยไฟบริล (Fibrils) สร้างเป็นเมทริกซ์ซึ่งเคลือบด้วยปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ [9]

โครงสร้างเป็นเมทริกซ์ซึ่งเคลือบด้วยปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์เมื่อโครงข่ายหรือเมทริกซ์ของไฟเบอร์และไฟบริลเหล่านี้แห้ง จะเกิดการพันและเกาะติดกันด้วยพลังของพันธะไฮโดรเจน และจากการศึกษาส่วนประกอบของกระดาษผสมกับซีเมนต์ [9] พบว่าลักษณะโครงสร้างส่วนประกอบทางเคมีของกระดาษ ที่เข้ากันได้เป็นอย่างดีกับซีเมนต์

4.4.2 ผลการศึกษาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จากการวิจัยพบว่า การก่อสร้างบ้านด้วยซีเมนต์กระดาษเป็นการนำเอากระดาษที่เหลือทิ้ง นำมาแช่น้ำแล้วมาตีผสมกับซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนซีเมนต์ 10-40% กับเศษกระดาษและน้ำเปล่า โดยผสมกันหรือตีให้เข้ากันดี [10]



รูปที่ 5 การผสมปูนซีเมนต์, น้ำสะอาด และเศษกระดาษเหลือทิ้ง

ซึ่งอัตราส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ น้ำ และกระดาษเหลือทิ้งนี้ จะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงที่ต้องการ หากผสมกระดาษมากไปจะทำให้เกิดการยุบตัวมาก หรือหากต้องการประหยัดซีเมนต์มากยิ่งขึ้น ก็สามารถผสมกับดินเหนียว หรือซีเมนต์ได้อีก จะทำให้ประหยัดค่าปูนซีเมนต์ได้มากขึ้น



รูปที่ 6 ตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นจากการขึ้นรูปส่วนผสมซีเมนต์, น้ำ และกระดาษเหลือทิ้ง

เมื่อทำการผสมให้เข้ากันดีแล้ว ก็สามารถนำมาเทใส่บล็อกที่เตรียมไว้ ได้เป็นอิฐขนาด 5 x 12 x 24 ซม. นำมาตากแดดให้แห้งดี แล้วนำมาก่อได้เหมือนอิฐมอญทั่วไป



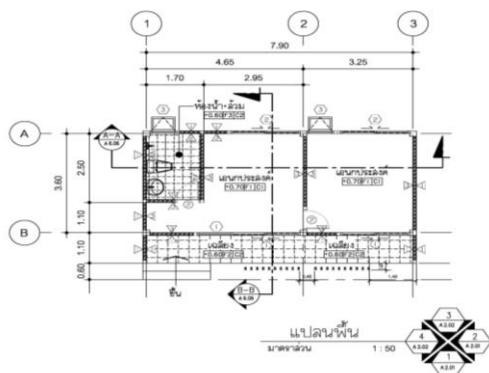
รูปที่ 7 การผลิตวัสดุก่อสร้างจากซีเมนต์, น้ำสะอาด และกระดาษเหลือทิ้ง

โดยสามารถนำอิฐซีเมนต์กระดาศมาก่อสร้างอาคารได้ทั้ง 2 แบบ คือ ก่อเป็นอิฐกันผนังกับโครงสร้างแบบเสาและคานทั่วไป หรือ นำมาก่อสร้างเป็นผนังรับแรง (Wall Bearing) ได้ ทำให้ประหยัดกว่าการก่อสร้างแบบเสาและคาน ซึ่งอิฐซีเมนต์กระดาศนี้จะมีค่าความต้านทานความร้อน (R Value) ได้ถึง 2-3 ต่อความหนา 1 นิ้ว [9]

4.2 ผลการศึกษากระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

4.2.1 ผลการศึกษาข้อกำหนดทางกฎหมายควบคุมอาคาร จากการวิจัยพบว่าการออกแบบบ้านซีเมนต์กระดาศ มีการออกแบบตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 แก้ไขโดย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2535, (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2543 (ฉบับที่ 4) พ.ศ.2550 (ฉบับที่ 5) พ.ศ.2558 และพระราชบัญญัติแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติแห่งกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความรับผิดชอบในทางอาญาของผู้แทนนิติบุคคล พ.ศ.2560

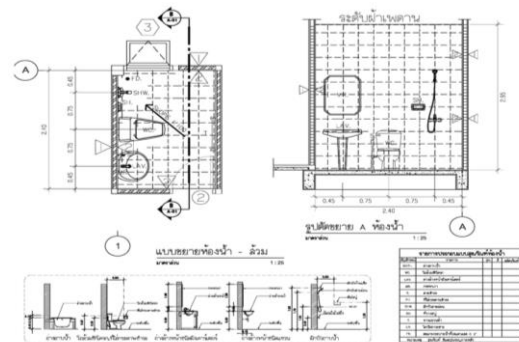
4.2.2 ผลการศึกษาวัตถุประสงค์ความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อกำหนดพื้นที่ใช้สอย มีผลการวิจัย ดังนี้



รูปที่ 8 การกำหนดพื้นที่ใช้สอยให้กับบ้านซีเมนต์กระดาศ

บ้านซีเมนต์กระดาศที่ในการวิจัยนี้ มีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 39 ตารางเมตร เหมาะกับครอบครัวที่มีรายได้น้อย-ปานกลาง มีพื้นที่ส่วนกลาง ได้แก่ ห้องรับแขก (พื้นที่อเนกประสงค์หน้าบ้าน) เพื่อให้สามารถมองเห็นกันได้ ทั้งยังเกิดการมีส่วนร่วมและ

ความปลอดภัย [8] โดยจัดวางให้อยู่ด้านหน้าบ้าน เพื่อให้มองเห็นกิจกรรมภายนอกและภายในบ้านได้อย่างชัดเจน ส่วนพื้นที่ห้องนอนนั้นจัดวางไว้ด้านหลัง เพื่อให้เกิดความสงบ และห้องน้ำนอกจากการคำนึงถึงการระบายอากาศที่ดีตามหลักทางสถาปัตยกรรมแล้ว ผู้ทำการวิจัยยังให้ความสำคัญ หลักของการออกแบบให้ทุกคนสามารถใช้งานได้เสมอภาคกัน (Accessibility) และความเข้าใจในการใช้งาน (Usability) คือมีการใช้งานง่ายและสะดวก ไม่ต้องทำความเข้าใจมาก



รูปที่ 9 การออกแบบห้องน้ำสำหรับบ้านซีเมนต์กระดาศ

4.3 ผลการสร้างแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศเพื่อผู้มีรายได้น้อย ทางผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศที่สามารถใช้งานได้จริง โดยสร้างแบบจำลอง (Model) ต้นแบบเพื่อให้เห็นรายละเอียดของแบบบ้านที่ได้ทำการออกแบบ โดยได้สร้างแบบจำลอง ต้นแบบมาตราส่วน 1:25 ดังนี้



รูปที่ 10 แบบจำลอง (Model) ต้นแบบบ้านซีเมนต์กระดาศ มาตราส่วน 1:25



รูปที่ 11 แบบจำลอง (Model) ต้นแบบบ้านซีเมนต์
กระดาช มาตรฐาน 1:25 แบบเปิดหลังคา

4.4. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่า

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน

พบว่า ราคาค่าก่อสร้างบ้านที่ออกแบบขนาด 8.10 x 4.80 เมตร พื้นที่รวมทั้งหมด 39 ตารางเมตร ราคาค่าก่อสร้างรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 350,802.15 บาท ราคาเฉลี่ย 8,994.93 บาท/ตารางเมตร ทั้งนี้ไม่รวมค่าระบบไฟฟ้า ค่าบริการหน้าดิน ค่าสำรวจ และค่าที่ดินที่ปลูกสร้าง พบว่าในการวิจัยหากได้ดำเนินการสร้างและออกแบบบ้านโดยใช้ซีเมนต์ผสมกระดาชแทนที่ในส่วนงานผนัง พบว่าหมวดงานผนังก่อฉาบและวัสดุก่อ มีพื้นที่งานก่ออิฐและงานฉาบปูนผนัง อย่างละ 82.50 ตารางเมตร รวมใช้ทรายละเอียด 4.95 ลูกบาศก์เมตร จากเดิมค่าวัสดุก่อผนัง 23,512.50 บาท และค่าวัสดุฉาบอยู่ที่ 6,600 บาท จะประหยัดค่าใช้จ่ายโดยค่าวัสดุก่อผนังลดลงเหลือ 16,458.75 บาท และค่าวัสดุฉาบอยู่ที่ 4,620 บาท บ้านซีเมนต์กระดาชนี้ จะมีราคาค่าก่อสร้างรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 339,976.10 บาท ราคาเฉลี่ยตารางเมตรละ 8,717.34 บาท ประหยัดกว่าการก่อสร้างทั่วไปในท้องตลาดซึ่งมีราคาเฉลี่ยตารางเมตรละ 10,826.05 บาท ทั้งนี้ไม่รวมค่าระบบไฟฟ้า ค่าบริการหน้าดิน ค่าสำรวจ และค่าที่ดินที่ปลูกสร้าง

4.4.2 การวิเคราะห์ด้านจุดคุ้มทุน

4.4.2.1 ในด้านการ

วิเคราะห์ยอดการผ่อนชำระ

กรณีขอสินเชื่อจากสถาบันทางการเงิน
ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ยอดการผ่อนชำระต่อเดือน กรณีขอสินเชื่อ
จากสถาบันทางการเงิน (บ้านปกติ)

ยอดวงเงินกู้	อัตราดอกเบี้ย 3%		
	20 ปี	25 ปี	30 ปี
350,802.15	2,200	1,900	1,700

หมายเหตุ : อัตราดอกเบี้ย 3% มาจากอัตราดอกเบี้ยที่รัฐบาลมอบ
ให้กับประชาชนผู้ได้รับบัตรสวัสดิการแห่งรัฐและประชาชนผู้มีรายได้น้อย
ที่มา: ธนาคารอาคารสงเคราะห์

จากตารางที่ 1 ยอดการผ่อนชำระต่อเดือน
กรณีขอสินเชื่อจากสถาบันทางการเงิน พบว่าผู้
สามารถผ่อนชำระค่าบ้านได้ โดยมียอดวงเงิน ดังนี้

- ยอดวงเงินกู้ 350,802.15 บาท อัตรา
ดอกเบี้ย 3% การผ่อนชำระ 2,200 บาทต่อเดือน
ระยะเวลาการผ่อน 20 ปี

- ยอดวงเงินกู้ 350,802.15 บาท อัตรา
ดอกเบี้ย 3% การผ่อนชำระ 1,900 บาทต่อเดือน
ระยะเวลาการผ่อน 25 ปี

- ยอดวงเงินกู้ 350,802.15 บาท อัตรา
ดอกเบี้ย 3% การผ่อนชำระ 1,700 บาทต่อเดือน
ระยะเวลาการผ่อน 30 ปี

4.4.2.2 ในด้านการ

วิเคราะห์ยอดการผ่อนชำระ

กรณีขอสินเชื่อจากสถาบันทางการเงิน ดังแสดง
ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ยอดการผ่อนชำระต่อเดือน กรณีขอสินเชื่อ
จากสถาบันทางการเงิน(บ้านซีเมนต์กระดาช)

ยอดวงเงินกู้	อัตราดอกเบี้ย 3%		
	20 ปี	25 ปี	30 ปี
339,976.10	2,100	1,800	1,600

หมายเหตุ : อัตราดอกเบี้ย 3% มาจากอัตราดอกเบี้ยที่รัฐบาลมอบ
ให้กับประชาชนผู้ได้รับบัตรสวัสดิการแห่งรัฐและประชาชนผู้มีรายได้น้อย
ที่มา: ธนาคารอาคารสงเคราะห์

จากตารางที่ 2 ยอดการผ่อนชำระต่อเดือน
กรณีขอสินเชื่อจากสถาบันทางการเงินจะพบว่า
สามารถผ่อนชำระค่าบ้านได้ โดยมียอดวงเงิน ดังนี้

- ยอดวงเงินกู้ 339,976.10 บาท อัตราดอกเบี้ย 3% การผ่อนชำระ 2,100 บาทต่อเดือน ระยะเวลาการผ่อน 20 ปี

- ยอดวงเงินกู้ 339,976.10 บาท อัตราดอกเบี้ย 3% การผ่อนชำระ 1,800 บาทต่อเดือน ระยะเวลาการผ่อน 25 ปี

- ยอดวงเงินกู้ 339,976.10 บาท อัตราดอกเบี้ย 3% การผ่อนชำระ 1,600 บาทต่อเดือน ระยะเวลาการผ่อน 30 ปี

5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่องการออกแบบและแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศเพื่อผู้มีรายได้น้อย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลด้านการออกแบบบ้านซีเมนต์กระดาศโดยมีตัวแปร ในการวิจัยนี้ การออกแบบโดยคำนึงประโยชน์ใช้สอยของบ้านให้มีเอกลักษณ์ของบ้านซีเมนต์กระดาศ โดยมีตัวแปร คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย จะพบได้ว่าลักษณะโครงสร้างส่วนประกอบทางเคมีของกระดาศ ที่เข้ากันได้เป็นอย่างดีกับซีเมนต์ ทำให้ด้านประโยชน์การใช้สอยบ้านซีเมนต์กระดาศมีความหลากหลายในการใช้งาน อีกทั้งราคาถูก หาง่าย แข็งแรง ทนทาน ช่วยลดโลกร้อน และความเป็นฉนวนกันความร้อน ส่วนด้านวัสดุบ้านซีเมนต์กระดาศที่ถูกออกแบบจากวัสดุที่ทำจากซีเมนต์, น้ำ และกระดาศ เหลือทิ้ง มาผลิตเป็นอิฐซีเมนต์กระดาศสามารถนำมาก่อสร้างอาคารได้ทั้ง 2 แบบ คือ ก่อเป็นอิฐกันผนังกับโครงสร้างแบบเสาคานาทั่วไป หรือ นำมาก่อสร้างเป็นผนังรับแรง (Wall Bearing) ได้ ทำให้ประหยัดกว่าการก่อสร้างแบบเสาและคานา

5.2 สรุปการศึกษากระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรม จากการวิจัยพบว่าในการออกแบบบ้านซีเมนต์กระดาศ จะยึดหลักการออกแบบตาม พรบ. ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และในด้านวัตถุประสงค์ความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อกำหนดพื้นที่ใช้สอย โดยคำนึงถึงการระบายอากาศที่ดีตามหลักทางสถาปัตยกรรมแล้ว ผู้ทำการวิจัยยังให้ความสำคัญหลักของการออกแบบให้ทุกคนสามารถใช้งานได้เสมอ

ภาคกัน (Accessibility) และความเข้าใจในการใช้งาน (Usability)

5.3 สรุปผลการสร้างแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศเพื่อผู้มีรายได้น้อย ทางผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลอง (Model) ต้นแบบ มาตราส่วน 1:25 จาก 3-D (Three-Dimension) ภาพเสมือนสามมิติ ซึ่งในการวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรมในการสร้างภาพเสมือนจริงสามมิติ จากโปรแกรม SKETCHUP 10 แล้วนำมาสร้างโมเดลแบบจำลองบ้านซีเมนต์กระดาศ เพื่อให้ผู้สนใจได้สามารถมองเห็นทุกแง่มุมของบ้านซีเมนต์กระดาศ ได้โดยสะดวก

5.4 สรุปด้านวิเคราะห์ต้นทุนและศึกษาด้านความคุ้มค่า

5.4.1 ด้านต้นทุน

การก่อสร้างบ้านด้วยซีเมนต์กระดาศเป็นการนำกระดาศที่เหลือใช้ทั้งกล่องกระดาศ เศษกระดาศ นำมาแช่น้ำแล้วมาตีผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนซีเมนต์ 10-40% กับเศษกระดาศและน้ำเปล่า พบว่าราคาก่อสร้างบ้านทั่วไปโดยไม่ใช้ซีเมนต์กระดาศขนาด 8.10 x 4.80 เมตร พื้นที่ใช้สอยรวมทั้งหมด 39 ตารางเมตร ราคาก่อสร้างรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 350,802.15 บาท ราคาเฉลี่ยตารางเมตรละ 8,994.93 บาท ทั้งนี้ไม่รวมค่าระบบไฟฟ้า ค่าบริการหน้าดิน ค่าสำรวจ และค่าที่ดินที่ปลูกสร้าง ส่วนราคาก่อสร้างบ้านซีเมนต์กระดาศพบว่า ราคาก่อสร้างรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 339,976.10 บาท ราคาเฉลี่ยตารางเมตรละ 8,717.34 บาท ประหยัดกว่าการก่อสร้างทั่วไปในท้องตลาดซึ่งมีราคาเฉลี่ยตารางเมตรละ 10,826.05 บาท ทั้งนี้ไม่รวมค่าระบบไฟฟ้า ค่าบริการหน้าดิน ค่าสำรวจ และค่าที่ดินที่ปลูกสร้าง

5.4.2 ด้านจุดคุ้มทุน

ในด้านการวิเคราะห์ยอดการผ่อนชำระสำหรับผู้มีรายได้น้อย กรณีขอสินเชื่อจากสถาบันทางการเงิน ยอดวงเงินกู้บ้านซีเมนต์กระดาศ 339,976.10 อัตราดอกเบี้ย 3% ผ่อนสูงสุด 30 ปี อยู่ที่ 1,600 บาท/เดือน

5.5 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยในอนาคตควรมีการสร้างบ้าน
ซีเมนต์กระดาศ เป็นตัวอย่างขนาดเท่าของจริง เพื่อให้
สามารถตอบสนองความต้องการ ตามกลุ่มเป้าหมายที่
ระบุไว้ได้ตามสภาพจริงและในการวิจัยในอนาคต ควร
เพิ่มการศึกษา บ้านซีเมนต์กระดาศ ในรูปแบบอื่นๆ
เช่น บ้านแบบอยู่อาศัยร่วม (Co-Living Space) ซึ่ง
ไม่ใช่เพียงบ้านในแนวราบที่แยกจากกันสำหรับ
ครอบครัว แต่จะมีการใช้พื้นที่ส่วนกลางร่วมกันสำหรับ
หลายครอบครัว

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก
งบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัยของมหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปีงบประมาณ
2560 เลขที่สัญญา A8-2560

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chitrakorn P. Smart design houses difficult for easy. Bangkok: House and Garden;2018
- [2] Yimrattanaboworn S. Development of residential design for the elderly with design principles for people of all ages. Academic Journal of the Faculty of Architecture, KMITL 2018;26(1):173-88.
- [3] Warathorn K. Jirati B. Baan Din: Sustainable Living Southeast Asia Engineering, Southeast Asia University, Bangkok: Southeast Asia University; 2008. (in Thai)
- [4] Wimonisit H. Preparing project details for Architectural design. Bangkok : Chulalongkorn University Printing House; 1998. (in Thai)
- [5] Michelson W. Man and His Urban Environment: A Sociological Approach. Reading, Mass.: AddisonWesley; 1970.
- [6] Chermayeff S. Alexander C. Community and Privacy: Toward a New Architecture of Humanism. New York: Doubleday; 1963.

[7] Hall, E.T. The Hidden Dimension, Garden City, N.Y., Doubleday; 1966.

[8] Boonwong N, Niamsap N. Interior design for people with disabilities. Bangkok: Chulalongkorn University Press;2002

[9] Barry J. Fuller . Living In Paper. [Internet]. West Elva Rae St: Tempe, AZ;2023 [cited 2017 May 18]. Available from: <http://www.livinginpaper.com/mixes.htm>

[10] Pomsema P. Papercrete construction materials save the world. [Internet]. Suankularb Wittayalai School (Jiraprawat): Nakhon Sawan;2017 [cited 2017 May 18]. Available from: <https://krunu1961.wordpress.com/home/papercrete-construction-materials-save-the-world>.

การสำรวจตลิ่งแม่น้ำโขงและความพึงพอใจต่อเขื่อนป้องกันตลิ่งและเขื่อนกันแม่น้ำโขง

อมเรศ บกสุวรรณ¹ สุขุม ลิปิเลิศ¹ และศุภกร ศิริพจนกุล^{1*}

amares.b@en.rmutt.ac.th¹, sukhom_l@rmutt.ac.th¹, suphakorn_s@rmutt.ac.th^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received	: 25-Apr-2023
Revised	: 12-Jun-2023
Accepted	: 15-Jun-2023

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการก่อสร้างเขื่อนกันแม่น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในแม่น้ำโขงเป็นจำนวนมาก ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำโขงเกิดการผันผวนมากที่สุดในรอบ 10 ปี ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพตลิ่งและวิถีชีวิตของชาวบ้านในพื้นที่ริมแม่น้ำโขงในประเทศไทย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการสำรวจลักษณะทางกายภาพและความพึงพอใจของประชาชนริมแม่น้ำโขงต่อเขื่อนป้องกันตลิ่งและผลกระทบจากเขื่อนกันแม่น้ำโขง โดยใช้เครื่องรับพิกัดทางดาวเทียมประกอบกับภาพถ่ายทางดาวเทียม เพื่อระบุตำแหน่งที่มีการพิบัติของตลิ่ง บริเวณที่มีและไม่มีเขื่อนป้องกันตลิ่ง ทำให้ทราบถึงความก้าวหน้าของการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง จากการสำรวจพบว่าความยาวตลิ่งรวมทั้งหมด 958 กิโลเมตร มีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง 430.38 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 45 ของความยาวตลิ่งทั้งหมด มีการพิบัติของเขื่อนป้องกันตลิ่ง 3 พื้นที่ พื้นที่ที่เสียหายมากที่สุดมีความยาว 320 เมตร ใน อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย และมีการพิบัติของตลิ่งในบริเวณที่ยังไม่มีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง 1 พื้นที่ มีระยะการพังทลายมากที่สุด 1.4 กิโลเมตร ใน อ.บ้านแพง จ.นครพนม และผลการสำรวจความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามจำนวน 300 ชุด พบว่า ร้อยละ 61 ประกอบอาชีพเกษตรกรรมและการประมง ประมาณร้อยละ 70 อาศัยอยู่ในพื้นที่มากกว่า 10 ปี และประชาชนกว่าร้อยละ 80 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดต่อเขื่อนป้องกันตลิ่ง แต่เขื่อนที่กั้นแม่น้ำโขงส่งผลกระทบต่อด้านลบต่อวิถีชีวิตของชาวบ้านทำให้กว่าร้อยละ 80 ไม่พึงพอใจในระดับมาก ประโยชน์ที่ได้รับจากการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งนอกจากการป้องกันการสูญเสียแผ่นดินจากการพังทลายของตลิ่งที่เกิดจากการกัดเซาะของน้ำแล้วยังทำให้ประชาชนในพื้นที่มีความมั่นใจในความปลอดภัยต่อการพักอาศัยริมตลิ่งแม่น้ำโขงและทำให้ราคาที่ดินมีมูลค่าสูงขึ้นด้วย

คำสำคัญ: การพิบัติของตลิ่ง การป้องกันตลิ่ง เครื่องรับพิกัดทางดาวเทียม

Investigation of The Mekong's Riverbanks and Social Preferences Towards the River Dam Projects

Amares Boksuan¹, Sukhom Lipiloet¹ and Suphakorn Sirapojanakul^{1*}
amares.b@en.rmutt.ac.th¹, sukhom_l@rmutt.ac.th¹, suphakorn_s@rmutt.ac.th^{1*}

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received	: 25-Apr-2023
Revised	: 12-Jun-2023
Accepted	: 15-Jun-2023

Abstract

In recent years, the construction of several mainstream hydropower dams along the Mekong River has caused significant fluctuations in water levels, resulting in adverse effects on the stability of riverbanks and local customs and lifestyles in Thailand. This study aims to investigate the physical condition of the riverbanks and the social preferences of local people towards the levees and mainstream dams along the river. The Global Positioning System (GPS) receivers coupled with satellite imagery are employed to identify the locations of levees; riverbanks; and levees failures. The findings present that 430.38 km levees of the total 985 km riverbank (about 45%) were built, along which 3 positions collapsed. The longest failure is in Wiang Kaen district in Chiang Rai, with a length of 320 m. Along the riverbanks with no levee protection, 1 positions collapsed with the longest length of 1.4 km found in Ban Phaeng district in Nakhon Phanom. Furthermore, the results from 300 questionnaires reveal that about 61% of respondents are farmers and fishers, and 70% of the total have lived in the area for more than 10 years. The majority (more than 80%) are satisfied, at the highest level, with constructed levees; however, they are dissatisfied, at the high level, with mainstream dams due to negative impacts currently affecting their lives. Benefits of constructing an embankment to prevent slope erosion extend beyond safeguarding against the loss of land caused by the collapse of slopes resulting from water erosion. It also instills a sense of security among the residents in the area regarding the safety of their homes along the Mekong River embankment, ultimately leading to an increase in land value.

Keywords: Riverbank failure, Riverbank Protection, The Global Positioning System (GPS)

1. บทนำ

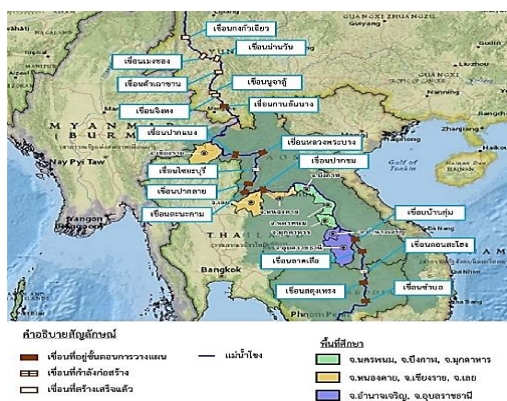
แม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำสายใหญ่ของโลก มีต้นกำเนิดอยู่ที่เทือกเขาหิมาลัย ไหลผ่าน 6 ประเทศได้แก่ จีน พม่า ลาว ไทย เวียดนาม กัมพูชา แม่น้ำเริ่มไหลเข้าประเทศไทยที่บริเวณสามเหลี่ยมทองคำ อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และไหลไปทางทิศตะวันออกผ่านอำเภอเชียงของ ก่อนที่จะไหลเข้าประเทศลาวที่แก่งผาได อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย จึงนับเป็นจุดสุดท้ายของแม่น้ำโขงที่ผ่านดินแดนภาคเหนือของประเทศไทย รวมความยาวที่จังหวัดเชียงรายเป็นระยะทางประมาณ 98 กิโลเมตร ก่อนที่จะไหลวกกลับเข้ามาในประเทศไทยอีกครั้ง ที่อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย แล้วไหลผ่านจังหวัดอื่นๆทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือดังนี้ จังหวัดหนองคาย บึงกาฬ นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี เป็นจังหวัดสุดท้ายของประเทศไทยรวมระยะทางได้ประมาณ 860 กิโลเมตร และรวมระยะทางที่แม่น้ำโขงไหลผ่านประเทศไทยทั้งหมดประมาณ 958 กิโลเมตร แล้วจึงไหลเข้าสู่ประเทศลาวที่เมืองปากเซ ก่อนเข้าประเทศกัมพูชา และไหลเข้าเขตประเทศเวียดนาม จนกระทั่งไหลออกสู่ทะเลจีนใต้ [1] ดังแสดงในรูปที่ 1 แม่น้ำโขงมีลักษณะสำคัญคือ มีตลิ่งที่สูงชันมากทั้งสองฝั่ง ไหลเลี้ยวเลาะไปตามไหล่เขา กระแสน้ำจะไหลจากทางเหนือลงสู่ทางใต้ตลอดทั้งปี มีความยาวทั้งหมดประมาณ 4,900 กิโลเมตร ยาวเป็นอันดับ 10 ของโลก [2] ดังแสดงในรูปที่ 2 ในปัจจุบันมีความต้องการในการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากขึ้นทุกปี ทำให้มีการก่อสร้างเขื่อนกันแม่น้ำโขงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันมีการก่อสร้างแล้วเสร็จกว่า 10 แห่งในแม่น้ำโขงของประเทศต่างๆยกเว้นในประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 จากการก่อสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำทำให้เกิดผลกระทบต่อน้ำท่วมของประเทศไทยที่แม่น้ำโขงไหลผ่าน [3] โดยเฉพาะสถานการณ์แม่น้ำโขงในประเทศไทยตอนนี้ก็ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างเขื่อนกันลำน้ำโขง ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำโขงผันผวนมากที่สุดในรอบ 10 ปี โดยจากข้อมูลพบว่าในช่วงปีพ.ศ.2561 ระดับน้ำโขงสูงที่สุดมากกว่า 13 เมตร ในช่วงเดือนกรกฎาคม แต่ในปี พ.ศ. 2562 ผันผวนต่ำสุด มีระดับน้ำอยู่ที่ประมาณ 4 เมตร [4] ทำให้ได้รับผลกระทบหลายอย่าง เช่น เกี่ยวกับปัญหา

ด้านการประมง ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและด้านการเกษตร เพราะระดับน้ำในแม่น้ำโขงเกิดการเปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นตามธรรมชาติทำให้เกิดการกัดเซาะและพังทลายของตลิ่งริมแม่น้ำโขง ก่อให้เกิดความเสียหายต่อประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่นั้นโดยได้รับความเดือดร้อนจากการสูญเสียพื้นที่ทำการเกษตรและเสียโอกาสในการใช้ประโยชน์ในที่ดิน ซึ่งในประเทศไทยได้เริ่มมีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำโขงตอนล่าง(จังหวัดหนองคายถึงอุบลราชธานี) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2548 แล้วเสร็จเป็นระยะทาง 66.82 กิโลเมตร โดยมีความยาวของตลิ่งที่เกิดการกัดเซาะทั้ง 220.65 กิโลเมตร ยังเหลือความยาวที่ต้องสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งอีก 153.83 กิโลเมตร [5]

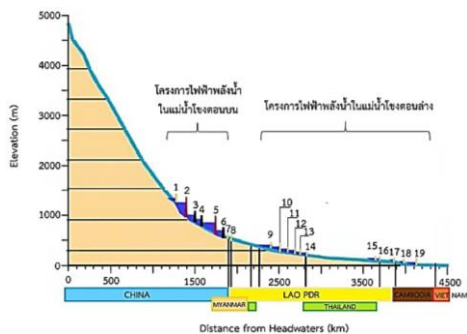
ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจลักษณะทางกายภาพของตลิ่งริมแม่น้ำโขง การกัดเซาะและการพังทลายของตลิ่งริมแม่น้ำโขง การป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำโขงและสำรวจความพึงพอใจของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ริมแม่น้ำโขง ซึ่งได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำโขงและเขื่อนในแม่น้ำโขง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหาและบรรเทาปัญหาของพื้นที่ริมแม่น้ำโขงและใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

2. พื้นที่ศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นพื้นที่ 8 จังหวัด ที่อยู่ริมตลิ่งแม่น้ำโขง ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เลย หนองคาย บึงกาฬ นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และจังหวัดอุบลราชธานี โดยครอบคลุมพื้นที่ตามระยะห่างริมตลิ่งแม่น้ำโขงประมาณ 15 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา และตำแหน่งของเขื่อน ป้องกันตลิ่ง [6]



รูปที่ 2 ภาพตัดขวาง แสดงตำแหน่งโครงการ ไฟฟ้าพลังน้ำ บนแม่น้ำโขงสายประธาน [6]

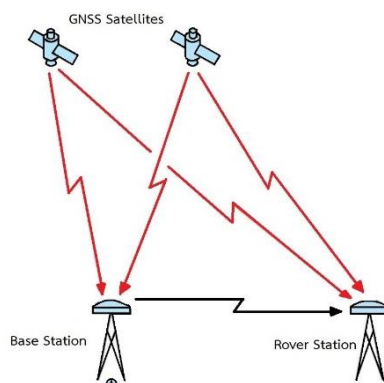
3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ในพื้นที่ที่ตั้งริมแม่น้ำโขงของพื้นที่ศึกษา 8 จังหวัด โดยการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยระบบการค้นหาดำเนินและนำทางด้วยดาวเทียม Global Positioning System (GPS) พร้อมเปรียบเทียบกับภาพถ่ายทางดาวเทียม และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยมีรายละเอียดของแต่ละวิธีดังนี้

3.1 ระบบการค้นหาดำเนินและนำทางด้วยดาวเทียม Global Positioning System (GPS) คือ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ย่อมาจากคำว่า Global Positioning System (GPS) หรือเรียกโดยย่อว่า GPS ซึ่งมีเครื่องรับ 2 รูปแบบ

(1) เครื่องรับแบบรับวัด ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย คือ อเมริกา รัสเซีย ยุโรป ของอเมริกา ชื่อ NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging GPS) มีดาวเทียม 28 ดวง มีรัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม. หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้เวลา ในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง ยุโรป ชื่อ Galileo มี 27 ดวง รัสเซีย ชื่อ GLONASS ในขณะนี้ภาคประชาชนทั่วโลกสามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมของทางอเมริกา (NAVSTAR) ได้ฟรี เป็นการหาพิกัดตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ (Differential GNSS หรือ DGNS) โดยใช้หลักการเปรียบเทียบกันระหว่างจุดสองจุด ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยเครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องหนึ่งจะวางรับสัญญาณที่หมดหลักฐานซึ่งรู้ตำแหน่ง X,Y,Z ที่แน่นอนแล้ว (known coordinate) เครื่องรับนี้ถูกเรียกว่าสถานีฐาน (Base station) ดังแสดงในรูปที่ 4 และนำเครื่องรับสัญญาณเครื่องที่สองไปยังจุดที่ต้องการหาตำแหน่ง

เปรียบเทียบกับสถานีฐาน โดยจะถูกเรียกว่า โรเวอร์ (Rover) ดังแสดงในรูปที่ 5 และจะนำค่าที่ได้จากทั้ง Base และ Rover มาประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งที่จุดนั้นต่อไป



รูปที่ 3 การทำงานของ GPS [6]



รูปที่ 4 การตั้ง Base Station [6]



รูปที่ 5 การตั้ง Rover Station [6]

(2) เครื่องรับแบบนำหน (Navigation Receiver) รับสัญญาณที่เป็นคลื่นวิทยุจากดาวเทียม ในขณะที่เดียวกันก็สร้างรหัส C/A (Coarse/Acquisition) ขึ้นมาเปรียบเทียบกับรหัสที่ ถอดได้จากสัญญาณ เมื่อ

เปรียบเทียบได้รหัสที่ตรงกัน จะทำให้รู้เวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ ในการหาตำแหน่ง (แบบสามมิติ) ต้องวัดระยะทางไปยังดาวเทียมพร้อมกัน 4 ดวง หากจำนวนดาวเทียมน้อยกว่า 3 ดวง ค่าตำแหน่งที่ได้จะไม่น่าเชื่อถือ และในกรณีที่มีดาวเทียมอยู่ในท้องฟ้ามากกว่า 4 ดวง เครื่องรับจะเลือกดาวเทียม 4 ดวง ที่มีรูปลักษณะเชิงเรขาคณิตที่ดีที่สุด หรือมีค่า Position Dilution of Precision (PDOP) ต่ำที่สุดมาใช้ในการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงชนิดของเครื่องรับ GPS แบบนำหน [6]

3.2 การสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือวิจัยอย่างหนึ่งที่ใช้รวบรวมข้อมูล ซึ่งตามปกติใช้กันมากในการวิจัยภาคสนามกับบุคคลหรือสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เป้าหมายที่ทำการวิจัย เพราะแบบสอบถามใช้บันทึกข่าวสารความรู้สึกนึกคิดและทัศนคติ (attitude) ของประชากรโดยตรง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณริมแม่น้ำโขง 8 จังหวัด ครอบคลุมพื้นที่ตามความยาวแม่น้ำโขงระยะห่างริมตลิ่งแม่น้ำโขงประมาณ 15 กิโลเมตร ซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงจากแม่น้ำโขงกำหนดเกณฑ์โดยกรมทรัพยากรน้ำและบริษัทที่ปรึกษา [6] กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามมีจำนวน 300 ชุด โดยใช้วิธีการคำนวณเก็บกลุ่มตัวอย่างโดยหลักการทาร์ยามานะ [6] ค่าสถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ อัตราร้อยละของกลุ่มตัวอย่างแล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 นำเสนอข้อมูลส่วนบุคคลของประชากร จำแนกตาม เพศ อายุ อาชีพ ช่วงเวลาในการอาศัยในพื้นที่ชุมชนริมฝั่งแม่น้ำโขง

ตอนที่ 2 นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจในการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำโขงและจากการก่อสร้างเขื่อนกั้นในแม่น้ำโขงสายประธาน

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็น

4 ผลการศึกษา

จากการสำรวจภาคสนามพื้นที่ตลิ่งริมแม่น้ำโขงได้กำหนดให้มีการสำรวจพื้นที่จำนวน 3 ครั้ง เพื่อให้ครอบคลุมทุกฤดูกาล โดยครั้งที่ 1 วันที่ 23 ตุลาคม – วันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ครั้งที่ 2 วันที่ 19 - 24 มีนาคม พ.ศ. 2561 เป็นช่วงฤดูแล้ง และครั้งที่ 3 วันที่ 13 - 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 เป็นช่วงปลายฤดูฝนต้นฤดูหนาว ได้ผลดังนี้

4.1 ผลการสำรวจนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

จากการสำรวจภาคสนามโดยใช้เครื่อง GPS แบบรับวัด และแบบนำหน เก็บบันทึกค่าพิกัดตำแหน่งที่มีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง ตลิ่งที่เกิดการพังทลายและเขื่อนป้องกันตลิ่งเกิดการชำรุดเสียหาย และบันทึกข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ของตลิ่งริมแม่น้ำโขงจากการสำรวจภาคสนาม 3 ครั้ง จำนวน 198 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างการบันทึกการสำรวจสภาพตลิ่งริมแม่น้ำโขง จากนั้นนำข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งต่าง ๆ มาลงในโปรแกรม Google Earth เพื่อนำภาพถ่ายทางดาวเทียมมาตรวจสอบกับการสำรวจภาคสนาม ดังแสดงในรูปที่ 7 เป็นภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนามและภาพถ่ายทางอากาศ (พ.ศ.2563) ที่ อ.ท่าอุเทน จ. นครพนม พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกัน จึงนำข้อมูลค่าพิกัดของตำแหน่งต่าง ๆ การสำรวจภาคสนามมารวบรวมประกอบการหาความยาวของตลิ่งและการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการบันทึกการสำรวจสภาพตลิ่งแม่น้ำโขง

หมู่บ้าน	ตำบล-อำเภอ-จังหวัด	ลักษณะของเขื่อน	ความยาว (ม.)	หมายเหตุ
ป่าสักทางเวียง	เวียง-เชียงแสน-เชียงราย	1,2,4	2,381	สภาพหินเรียง มีต้นไม้ มีหญ้าขึ้น
บ้านห้วยลึก	ม่วงยาย-เวียงแก่น-เชียงราย	1,2,4	1,200	มีการพังทลายของเขื่อน ยาว 320 เมตร
เชียงคาน หมู่ 2	เชียงคาน-เชียงคาน-เชียงราย	1,2,4	3,000	สภาพหินใหญ่มีดินถม ภูเขาปกคลุมใช้พื้นที่ทำการเกษตร
จอมมณี หมู่ 1	มีชัย-เมืองหนองคาย-หนองคาย	1,2,3,4	7,800	มีภูเขาปกคลุมหุบ การทาบเขื่อนเพื่อทำธุรกิจต่างๆ
หนองแวง	วิศิษฐ์-เมืองบึงกาฬ-บึงกาฬ	1,2	370	กำลังทำการก่อสร้างแล้วเสร็จ 70% ระยะ 370 เมตร

หมายเหตุ : 1 หมายถึง ลาดเอียง , 2 หมายถึง หินใหญ่ , 3 หมายถึง คอนกรีต 4 หมายถึงมีภูเขาปกคลุม



รูปที่ 7 ภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนามและทางอากาศ (พ.ศ.2563) อ.ท่าอุเทน จ.นครพนม

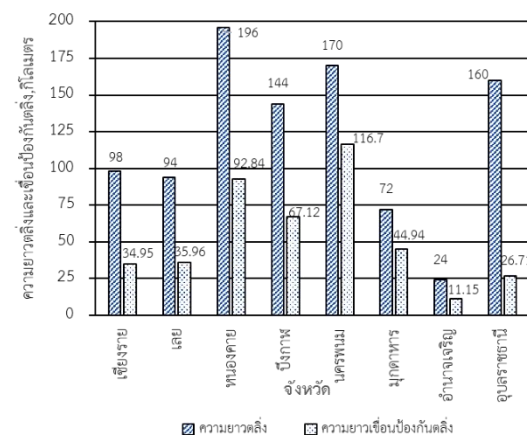
พบว่า การก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบบเรียงหิน (Slope 1:2.5) และการตอกเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานและพื้นที่บริเวณด้านหลังเขื่อน เพื่อป้องกันการกัดเซาะจนเกิดการพังทลาย [7] ส่วนใหญ่สภาพหน้าเขื่อนมีพืชปกคลุม มีหลายพื้นที่พบปัญหาการทรุดตัวของทางเดินบนหลังเขื่อน จากความยาวตลิ่งริมแม่น้ำโขงทั้งหมด 958 กิโลเมตร มีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแล้วเสร็จ 430.38 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 45 มีจังหวัดนครพนมก่อสร้างแล้วเสร็จมากที่สุด 116.71 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 69 ของความยาวที่แม่น้ำโขงไหลผ่านจังหวัดนครพนม และรองลงมาคือจังหวัดหนองคายและบึงกาฬ ก่อสร้าง

แล้วเสร็จคิดเป็นร้อยละ 47 ของความยาวที่แม่น้ำโขงไหลผ่านจังหวัดนั้น ๆ เช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 และแสดงในรูปที่ 8

ตารางที่ 2 สรุปความยาวแม่น้ำโขงที่ผ่านประเทศไทย

จังหวัด	(1) (กม.)	(2) (กม.)	(3) (กม.)	(4) (ร้อยละ)
เชียงราย	98.00	34.95	63.05	36
เลย	94.00	35.96	58.04	38
หนองคาย	196.00	92.84	103.16	47
บึงกาฬ	144.00	67.12	76.12	47
นครพนม	170.00	116.7	53.29	69
มุกดาหาร	72.00	44.94	27.06	62
อำนาจเจริญ	24.00	11.15	12.85	47
อุบลราชธานี	160.00	26.71	133.29	17
รวม	958.00	430.38	527.62	45

หมายเหตุ: (1) ความยาวของแม่น้ำโขงที่ผ่านในแต่ละจังหวัด (2) ความยาวของเขื่อนป้องกันตลิ่งที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ (3) ความยาวตลิ่งที่ยังไม่มีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง (4) ร้อยละของความยาวของเขื่อนป้องกันตลิ่งที่ก่อสร้างแล้วเสร็จกับความยาวของแม่น้ำโขงที่ผ่านในแต่ละจังหวัด



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบความยาวตลิ่งกับความยาวเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำโขงของแต่ละจังหวัด

จากผลการศึกษาของ สิริธัญญา ทองชาติ เรื่องรูปแบบการเคลื่อนพังและสภาพของลาดตลิ่งแม่น้ำโขงตอนกลาง ปีพ.ศ.2549 [5] พบว่าตลิ่งที่เกิดการกัดเซาะ มีความยาว 220.65 กิโลเมตร ต้องก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง ดังแสดงในตารางที่ 3 คอลัมน์ (2)* แต่ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า เขื่อนป้องกันตลิ่งที่ก่อสร้างแล้วเสร็จมี

ความยาว 359.47 กิโลเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3 คอลัมน์(1) ซึ่งมากกว่าความยาวของตลิ่งที่เกิดการกัดเซาะที่ศึกษาไว้เมื่อปีพ.ศ.2549 ถึง 150.16 กิโลเมตร ยกเว้นจังหวัดอุบลราชธานีเท่านั้นที่ยังขาดเชื่อมป้องกันตลิ่งอยู่ 11.34 กิโลเมตร นั้นย่อมแสดงให้เห็นว่าปัญหาการกัดเซาะตลิ่งริมแม่น้ำโขงมีความรุนแรงมากกว่าที่ได้ศึกษาไว้เมื่อกว่า 18 ปีที่แล้ว ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความยาวแม่น้ำโขงผ่านจังหวัดหนองคาย ถึงอุบลราชธานี [8-15]

จังหวัด	ความยาว ตลิ่ง (กม.)	(1) (กม.)	(2)* (กม.)	(3) (กม.)
หนองคาย**	340	159.96	81.35	78.61
นครพนม	170	116.71	45.3	71.41
มุกดาหาร	72	44.94	44.8	0.14
อุบลฯ**	184	37.86	49.2	-11.34
รวม	766	359.47	220.65	150.16***

หมายเหตุ: (1) ความยาวของเขื่อนป้องกันตลิ่งที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ (2562), (2)* ความยาวของตลิ่งที่เกิดการกัดเซาะ (2548), (3) ผลต่างระหว่างความยาวของเขื่อนป้องกันตลิ่งที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ (2562) กับความยาวของตลิ่งที่เกิดการกัดเซาะ (2548)

* ที่มา: [5] , ** จ.หนองคายรวมกับบึงกาฬ และ จ.อุบลราชธานีรวมกับอำนาจเจริญ *** ไม่รวม จ.อุบลราชธานี

4.2 ผลการสำรวจพบการพิบัติของตลิ่งริมแม่น้ำโขงดังนี้

จากการสำรวจพื้นที่ตลิ่งริมแม่น้ำโขงพบการพิบัติของตลิ่ง เกิดการพังทลาย เสียหายมีทั้งสิ้น 4 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่ง นั้นเกิดจากสาเหตุที่แตกต่างกัน วิเคราะห์ตามลักษณะของการพิบัติที่พบแบ่งเป็น 2 ลักษณะดังนี้ คือเกิดการพังทลายของตลิ่งโดยไม่มีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง และเขื่อนป้องกันตลิ่ง เกิดการชำรุด เสียหายจนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเขื่อนป้องกันตลิ่งได้ ต้องมีการแก้ไข ซ่อมแซมเสียก่อนจึงจะใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งวิเคราะห์ปัญหาการพิบัติของตลิ่ง ได้ดังนี้

1. การพังทลายของตลิ่งโดยไม่มีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง พบ 1 ตำแหน่ง ณ บ้านคอนแพง ตำบลบ้านแพง อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม เป็นพื้นที่ที่ยังไม่มีการป้องกันด้วยการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง จากการวิเคราะห์พบว่า รูปแบบการพังทลายเป็นแบบ Shallow Rotational slide [5] ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 10 สาเหตุการพังทลาย เกิดการกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำที่มีความเร็วและแรง และลักษณะชั้นดินในพื้นที่นั้นส่วนใหญ่เป็นดินมีทรายปนอยู่ทุกชั้นดิน [16] จึงเกิดการกัดเซาะได้ง่าย ก่อให้เกิดการกัดเซาะตามแนวตลิ่ง จนแนวตลิ่งพังทลาย ลึกเข้ามาในแผ่นดิน โดยมีความยาวประมาณ 1.4 กิโลเมตร และถ้าหากยังไม่มีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งในพื้นที่นี้ ก็จะเกิดปัญหาแผ่นดินพังทลายหายไป ก่อให้เกิดความเดือดร้อนต่อประชาชนที่ใช้พื้นที่นี้ในการประกอบอาชีพได้



รูปที่ 9 การพิบัติของตลิ่งบ้านคอนแพง
ต.บ้านแพง อ.บ้านแพง จ.นครพนม



รูปที่ 10 การพิบัติของตลิ่งบ้านดอนนางหงส์
อ.ธาตุพนม จ.นครพนม [5]

2. เชื่อนป้องกันตลิ่ง เกิดการชำรุด เสียหาย จนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเชื่อนป้องกันตลิ่งได้ ต้องมีการแก้ไข ซ่อมแซมเสียก่อนจึงจะใช้ประโยชน์ได้ จากการสำรวจพบ 3 ตำแหน่ง ดังต่อไปนี้

(1) เชื่อนป้องกันตลิ่งบ้านห้วยลึก ต.ม่วงยาย อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย จากการสอบถามข้อมูลของประชาชนในพื้นที่พบว่า การพังทลายของเชื่อนป้องกันตลิ่ง สาเหตุเกิดจากฝนตกหนักในปี พ.ศ. 2558 ทำให้มีปริมาณน้ำใต้ดินจากภูเขาไหลทะลุชั้นดินของเชื่อนป้องกันตลิ่ง และเนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำโขงต่ำมากอย่างกระทันหัน (Rapid drawdown) อันเนื่องมาจากการเก็บน้ำในแม่น้ำโขงสายประธานของประเทศไทย (มีเชื่อน 6 ตัวเปิดใช้งานและกั้นน้ำในปี พ.ศ. 2557) [3] จนเกิดการทรุดตัวของตัวเชื่อนฯ เกิดความเสียหายระยะทางประมาณ 320 เมตร จากความยาว 1,200 เมตรของตัวเชื่อนฯ ซึ่งขณะไปสำรวจกำลังมีซ่อมแซมอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ความเสียหายของเชื่อนป้องกันตลิ่งที่บ้านห้วยลึก ต.ม่วงยาย อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย

(2) เชื่อนป้องกันตลิ่งบ้านนาเช ต.นาเช อ.บ้านแพง จ.นครพนม โดยมีความยาวของการพังทลายประมาณ 300 เมตร จากความยาวทั้งหมด 1,400 เมตร จากการสำรวจและวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าบริเวณตัวเชื่อนฯ เกิดการทรุดตัว สาเหตุเกิดจากการใช้งานมาเป็นเวลานาน เกิดการทรุดตัวไม่สามารถรับน้ำหนักของโครงสร้างของตัวเชื่อนได้ และถูกปล่อยให้เป็นพื้นที่รกร้าง ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 ความเสียหายของเชื่อนป้องกันตลิ่งที่บ้านนาเช ต.นาเช อ.บ้านแพง จ.นครพนม

(3) เชื่อนป้องกันตลิ่งบ้านด่านใหม่ ต.โขงเจียม อ.โขงเจียม จ.อุบลราชธานี สาเหตุพบว่าจุดที่มีการสร้างเชื่อนป้องกันตลิ่งเป็นจุดที่เป็นร่องน้ำตามธรรมชาติ เมื่อมีการสร้างเชื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำโขงปิดร่องน้ำนั้น โดยการใส่ท่อลอด ซึ่งมีขนาดท่อเล็กเกินไป จึงไม่สามารถระบายน้ำลงแม่น้ำโขงได้ทัน เกิดการไหลข้ามเชื่อน ทำให้มีการกัดเซาะท้ายเชื่อนป้องกันตลิ่ง มีความเสียหาย ยาวประมาณ 18.44 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ความเสียหายของเชื่อนป้องกันตลิ่งที่บ้านด่านใหม่ ต.โขงเจียม อ.โขงเจียม จ.อุบลราชธานี

4.3 ผลการสำรวจด้วยแบบสอบถาม

1) ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าเป็นเพศชายร้อยละ 67 เป็นเพศหญิงร้อยละ 33 และร้อยละ 72 มีอายุ อยู่ระหว่าง 41-60 ปี เป็นเกษตรกรร้อยละ 38 ชาวประมงร้อยละ 23 และร้อยละ 70 อาศัยอยู่ในพื้นที่นานกว่า 10 ปี ดังแสดงในตารางที่ 4 และในรูปที่ 14 การวิเคราะห์ภาพรวมกลุ่มตัวอย่าง พบว่าส่วนใหญ่

เป็นผู้นำครอบครัว มีวิถีชีวิตหาเลี้ยงชีพและครอบครัว ในพื้นที่ริมตลิ่งแม่น้ำโขง และอาศัยอยู่บริเวณที่มีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งมานานกว่า 10 ปี ย่อมเห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นกับวิถีชีวิต ทั้งก่อนและหลังมีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งและเขื่อนกันแม่น้ำโขง ทำให้ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเพิ่มระดับความน่าเชื่อถือมากขึ้นและใช้เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาประเด็นต่าง ๆ ต่อไป



รูปที่ 14 การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม

ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	ร้อยละ
เพศ	
ชาย	67
หญิง	33
อายุ	
ต่ำกว่า 15	4
16-20	0
21-30	10
31-40	6
41-50	40
51-60	32
มากกว่า 60	8
อาชีพ	
ประมง	23
รับจ้างทั่วไป	2
เกษตรกร	38
รับราชการ	4
นักเรียน	4
ค้าขาย	9
อื่นๆ	20
เวลาที่พักอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ (ปี)	
1-3	0
3-5	4
5-7	10
7-10	16
มากกว่า 10	70

2) ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจแยกเป็น 2 ประเด็นดังนี้

ความพึงพอใจหลังการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง มีข้อคำถาม 10 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด กว่าร้อยละ 80 เกือบทุก ข้อ อันได้แก่ ความเหมาะสมกับพื้นที่ของเขื่อนป้องกันตลิ่ง ลดผลกระทบต่อวิถีชีวิต การสูญเสียพื้นที่และการกัดเซาะพื้นที่ริมตลิ่ง เพิ่มความสะดวกในการสัญจรและขนส่งทางน้ำ การใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมและด้านการประมง เป็นต้น และยังต้องการให้มีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งเพิ่มขึ้นอีกเพราะยังไม่เพียงพอ จากผลของแบบสอบถามความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยถึงน้อยมากที่สุด ร้อยละ 78 (ข้อ 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจพบว่าการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งเพียงร้อยละ 45 ของความยาวตลิ่งริมแม่น้ำโขง ดังในตารางที่ 2 ดังนั้นการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำโขง นอกจากจะส่งผลให้วิถีการดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ดีขึ้นแล้ว ยังลดการสูญเสียพื้นที่ ลดปัญหาการกัดเซาะพื้นที่ริมตลิ่ง และนำมาซึ่งการรักษาผืนแผ่นดินของประเทศไทยด้วย

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจหลังการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง

ข้อ	คำถาม	ระดับความพอใจ (ร้อยละ)				
		5	4	3	2	1
1	ความเหมาะสมพื้นที่ของเขื่อนป้องกันตลิ่ง	88	0	12	0	0
2	ความเพียงพอของเขื่อนป้องกันตลิ่ง	4	3	15	23	55

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจหลังการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	ระดับความพอใจ (ร้อยละ)				
		5	4	3	2	1
3	ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม ถนน	90	8	0	0	2
4	ลดการสูญเสียพื้นที่	86	8	4	2	0
5	ลดปัญหาการกัดเซาะพื้นที่ริมตลิ่ง	98	0	0	0	2
6	ลดผลกระทบต่อวิถีชีวิต	80	10	8	0	2
7	ภาพรวมของการก่อสร้าง	70	15	0	0	15
8	ความสะดวกในการสัญจรทางน้ำ	78	10	0	12	0
9	การใช้ประโยชน์เพื่อเกษตรกรรม	74	12	4	3	7
10	การใช้ประโยชน์ด้านการประมง	76	4	0	12	8

หมายเหตุ 5-มากที่สุด,4-มาก,3-ปานกลาง,2-น้อย ,1-น้อยที่สุด

หลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนกันน้ำในแม่น้ำโขง มีข้อคำถาม 6 ข้อ พบว่ากว่าร้อยละ 80 ทุกข้อ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย อันได้แก่ ผลกระทบต่อวิถีชีวิต การกัดเซาะพื้นที่ริมตลิ่งและการสูญเสียพื้นที่ การใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมและด้านการประมง เป็นต้น แสดงว่าการก่อสร้างเขื่อนกันน้ำในแม่น้ำโขง นอกเหนือจากการไหลเปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นตามธรรมชาติแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับต่ำด้วย ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความพึงพอใจต่อเขื่อนกันน้ำในแม่น้ำโขง

ข้อ	คำถาม	ระดับความพอใจ (ร้อยละ)				
		5	4	3	2	1
1	ผลกระทบต่อวิถีชีวิต	0	0	10	85	5
2	การใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรม	2	0	1	87	10
3	การใช้ประโยชน์ด้านการประมง	0	0	0	90	10

ตารางที่ 6 ความพึงพอใจต่อเขื่อนกันน้ำในแม่น้ำโขง(ต่อ)

ข้อ	คำถาม	ระดับความพอใจ (ร้อยละ)				
		5	4	3	2	1
4	ความสะดวกในการสัญจร/ขนส่งทางน้ำ	3	5	2	80	10
5	การกัดเซาะพื้นที่ริมตลิ่ง	0	0	3	85	12
6	การสูญเสียพื้นที่	0	0	6	86	8

หมายเหตุ 5-มากที่สุด,4-มาก,3-ปานกลาง,2-น้อย ,1-น้อยที่สุด

3) ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นจากแบบสอบถาม นอกเหนือจากข้อคำถามจากแบบสอบถามยังมีความคิดเห็นและข้อเสนอแนะสรุปได้ดังนี้

1. การก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งในบางพื้นที่ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ทำการเพาะปลูกไม่ควรล้ำเข้ามามากเกินไปเพราะทำให้ประชาชนเสียพื้นที่ในการใช้ประโยชน์นั้นและการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งเกือบทุกพื้นที่มีความล่าช้า หรือการปรับพื้นที่หลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ ไม่เรียบร้อยก่อให้เกิดปัญหาบริเวณหลังเขื่อนป้องกันตลิ่ง เช่นเป็นหลุมเป็นบ่อเกิดน้ำท่วมขังประชาชนในบริเวณนั้นเดือดร้อน ซึ่งเห็นผลได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจหลังการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่ง ข้อภาพรวมการก่อสร้างในด้านลบถึงร้อยละ 15 (ตารางที่ 5 (ข้อ7))

2. อยากให้หน่วยงานผู้รับผิดชอบการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งรับทำการซ่อมแซม แก้ไขเขื่อนป้องกันตลิ่งที่ชำรุดให้กลับมาใช้งานได้โดยเร็วและอยากให้มีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งในทุกพื้นที่ริมแม่น้ำโขง เพื่อความมั่นคงแข็งแรงของบ้านพักอาศัยในบริเวณนั้นด้วย และยังส่งผลให้ที่ดินในบริเวณนั้นมีราคาสูงขึ้นด้วย ซึ่งเห็นผลได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจหลังการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งพบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด กว่าร้อยละ 80 ในเกือบทุกข้อ (ตารางที่ 5)

3. ผลกระทบต่อการก่อสร้างเขื่อนกันน้ำในแม่น้ำโขงทำให้กระแสน้ำไหลไม่เป็นไปตามธรรมชาติแล้ว ส่งผลกระทบต่อผู้เลี้ยงปลาในกระชังด้วยทำให้ปลาตายเนื่องจากระดับน้ำเปลี่ยนแปลงกระทันหัน (หลายครั้งที่ไม่มีมีการประกาศเตือนการปล่อยน้ำจากเขื่อนกันน้ำ

โขงในประเทศเพื่อนบ้าน) และการออกหาปลาตามธรรมชาติในลำน้ำโขงก็ได้ปริมาณปลาลดลงกว่าก่อนมีเขื่อนกั้นในแม่น้ำโขงเป็นอย่างมาก และยังเกิดความเสียหายในกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชริมตลิ่งและในแม่น้ำโขงในช่วงฤดูแล้งจากในอดีตที่ผ่านมา แล้วมีการปล่อยน้ำจากเขื่อนทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นกระทันหันจึงเกิดความเสียหายในกลุ่มเกษตรกรเหล่านี้ และระดับน้ำที่ขึ้นลงไม่เป็นไปตามธรรมชาติยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศที่สัมพันธ์กัน อาทิเช่น ปลาบึกขนาดใหญ่ที่หายไปและนกหลายชนิดที่ช่วยกำจัดแมลงและศัตรูพืชก็มีปริมาณลดลงเนื่องจากสูญเสียพื้นที่วางไข่ในบริเวณหาดทรายริมตลิ่งแม่น้ำโขงตามธรรมชาติ ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรเสียหายมากขึ้นจากการที่แมลงศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้นแล้วเกษตรกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ โดยการซื้อยาและสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชเพิ่มขึ้น และจากการใช้ยาและสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชมีผลกระทบต่อเกษตรกรทำให้สุขภาพแย่ลง เจ็บป่วยได้ง่ายขึ้นทำให้ เสียเงิน เสียเวลาเสียโอกาสในการประกอบอาชีพมากขึ้น จากระดับน้ำที่ขึ้นลงไม่เป็นไปตามธรรมชาติของเขื่อนกั้นน้ำในแม่น้ำโขงซึ่งเห็นผลได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการก่อสร้างเขื่อนกั้นในแม่น้ำโขง พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับต่ำร้อยละ 80 ในทุกข้อ (ตารางที่ 6)

5 สรุปผล

จากการสำรวจภาคสนาม โดยใช้เครื่องรับพิกัดทางดาวเทียมประกอบกับภาพถ่ายทางดาวเทียม พบว่าจากความยาวตลิ่งริมแม่น้ำโขงทั้งหมด 958 กิโลเมตร มีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งแล้วเสร็จ 430.38 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 45 โดยมีจ.นครพนมก่อสร้างแล้วเสร็จมากที่สุด 116.71 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 69 ของความยาวที่แม่น้ำโขงไหลผ่าน จ.นครพนม และการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบบเรียงหินที่มีความลาดชัน 1:2.5 โดยพบมากในพื้นที่ริมตลิ่งที่ทำการเกษตรกรรม การประมงและอยู่ในชนบท ส่วนแบบเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กมักสร้างในพื้นที่ชุมชนเมืองเสียเป็นส่วนใหญ่ การมีเขื่อนป้องกันตลิ่ง ซึ่งนอกเหนือจากใช้เพื่อป้องกันการกัดเซาะ ที่เกิดการพังทลายของตลิ่งแล้ว ยังใช้ประโยชน์ในด้านสันหนาท่างต่าง ๆ อาทิเช่น งานแข่งเรือ

งานปั่นจักรยาน ประเพณีทางศาสนา และชมวิถีชีวิตระหว่างประเทศ เป็นต้น ซึ่งสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนอีกทางหนึ่งด้วย

การพิบัติของตลิ่ง กรณีตลิ่งที่ไม่มีการสร้างเขื่อนป้องกัน ส่วนมากพบรูปแบบการพิบัติเป็นแบบ Shallow Rotational slide สาเหตุการพังทลาย เกิดการกัดเซาะเนื่องจากการไหลของกระแสน้ำที่มีความเร็วสูงและลักษณะชั้นดินในพื้นที่นั้นส่วนใหญ่เป็นดินปนทราย จึงเกิดการกัดเซาะง่าย ทำให้ตลิ่งพังทลายลงมา และกรณีการพิบัติของตลิ่งที่มีเขื่อนป้องกันตลิ่งอยู่แล้ว สาเหตุเนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำโขงลดต่ำมาอย่างกระทันหัน (Rapid drawdown) ก่อให้เกิดน้ำใต้ดินแรงดันสูงไหลผ่านทะเลตลิ่งเขื่อนป้องกันตลิ่งทำให้เกิดการพังทลาย ส่วนอีกสาเหตุหนึ่งพบว่าเขื่อนป้องกันตลิ่งเกิดการทรุดตัวเนื่องจากผ่านการใช้งานมาเป็นเวลานาน ไม่สามารถรับน้ำหนักของโครงสร้างของตัวเขื่อนได้และอีกกรณีหนึ่งพบว่าการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งปิดร่องน้ำตามธรรมชาติโดยการใส่ท่อลอดที่มีขนาดไม่เหมาะสม จึงไม่สามารถระบายน้ำลงแม่น้ำโขงได้ทัน เกิดการไหลข้ามเขื่อน ทำให้มีการกัดเซาะจนเขื่อนป้องกันตลิ่งพังทลายลงมา

ผลการสำรวจความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามพบว่าส่วนใหญ่เป็นผู้นำครอบครัว เป็นช่วงวัยกลางคนมีอายุระหว่าง 41-60 ปี มีวิถีชีวิตหาเลี้ยงชีพโดยการประกอบอาชีพเกษตรกรรมและประมง ในพื้นที่ริมตลิ่งแม่น้ำโขงและอาศัยอยู่บริเวณที่มีการสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งมานานกว่า 10 ปี หลังการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด กว่าร้อยละ 80 และยังต้องการให้มีการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งเพิ่มขึ้นอีก ส่วนเขื่อนกั้นน้ำในแม่น้ำโขง นอกจากส่งผลให้การไหลไม่เป็นไปตามธรรมชาติแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของประชาชนในหลายๆด้าน ผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจอยู่ในระดับต่ำและยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศที่รุนแรง รวดเร็วกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติด้วยแนวทางในการแก้ปัญหาของเขื่อนกั้นแม่น้ำโขง ต้องให้หน่วยงานภาครัฐทำการติดต่อ ประสานงาน แลกเปลี่ยน สอบถามเรื่องข้อมูลการกักเก็บน้ำในแม่น้ำโขงและการระบายน้ำจากเขื่อนกั้นแม่น้ำโขงเพื่อแจ้งให้ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่

ริมแม่น้ำโขงเตรียมตัวรับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นอย่าง
ทันทั่วทั้งที่

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์
เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด หรือ UAE ในการ
อนุเคราะห์ค่าใช้จ่ายออกสำรวจภาคสนาม รวมทั้งกรม
ทรัพยากรน้ำและสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองทุกจังหวัด
ที่แม่น้ำโขงไหลผ่านที่เอื้อเพื่อสนับสนุนข้อมูลในการศึกษา
ครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่สละเวลาอ่าน
งานวิจัยเรื่องนี้ และให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อปรับปรุง
งานวิจัยนี้ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Thanwutto S.Mekong River of Life,[Internet]. 2012
[cited 2023 Jan 12];Available from : https://www.dmc.tv/pages/ideas/mekong_river_of_life-ideas_around_Body.html. (in Thai)
- [2] WWF Thailand, Mekong General Information,
[Internet]. 2015 [cited 2023 Jan 12] ; Available from :
http://www.wwf.or.th/what_we_do/wetlands_and_production_landscape/mekongriver/#TB. (in Thai)
- [3] Thai Publica Online News Agency, Dam
Construction on the Mekong River (3), Hydroelectric
Dam Project Changes the Mekong River Never the
same again!, [Internet]. 2012 [cited 2023 Jan 13];
Available from: <https://thaipublica.org/2012/10/dam-on-the-mekong-river-3/>. (in Thai)
- [4] Matichon Online, Mekong water turbulence,
bankrupt soil collapses, damages 2 tons of fish
cages, [Internet]. 2019 [cited 2023 Jan 14] ;Available
from: https://www.matichon.co.th/region/news_1571885#. (in Thai)
- [5] Thongchat S, Sooksatra V, Sorulump S, Apaphant
P. Dislocation patterns and conditions of the central
Mekong riverbank, 11th National Civil Conference,
April 20-22, 2006, Merlin Beach Resort, Patong,
Province. Phuket. (in Thai)
- [6] Department of Water Resources, Report: Impact
Study and Monitoring of Transboundary
Environmental Impacts from Hydropower Projects
on the Mekong River Mainstream Fiscal Year 2017,
Prepared by: United Analyst and Engineering
Consultant Co., Ltd., Department of Water
Resources Ministry of Natural Resources and
Environment, 2018. (in Thai)
- [7] Geotechnical Engineering Research and
Development Center, Kasetsart University, Project
of Study and Preparation of Bank Protection Dam
Standards, [Internet]. 2013 [cited 2023 Feb 10]

;Available from: http://www.gerd.eng.ku.ac.th/News/2013_Aug/summary.pdf. (in Thai)

- [8] Chiang Rai Office of Public Works and Town &
Country Planning, summary of the riverbank
protection dam construction project on the Mekong
River, Chiang Rai Province, Department of Public
Works and Town & Country Planning Ministry of
Interior, 2019. (in Thai)
- [9] Loei Office of Public Works and Town & Country
Planning, Summary of the Bank Protection Dam
Construction Project on the Mekong River, Loei
Province, Department of Public Works and Town &
Country Planning Ministry of Interior, 2019. (in Thai)
- [10] Nong Khai Office of Public Works and Town &
Country Planning, Summarize the construction of a
dam to protect the banks of the Mekong River, Nong
Khai Province, Department of Public Works and
Town & Country Planning Ministry of Interior, 2019.
(in Thai)
- [11] Bueng Kan Office of Public Works and Town &
Country Planning, Summarize the construction of
the embankment protection project along the
Mekong River, Bueng Kan Province, Department of
Public Works and Town & Country Planning Ministry
of Interior, 2019. (in Thai)
- [12] Nakhon Phanom Office of Public Works and
Town & Country Planning, Summary of the
construction of a dam on the Mekong River, Nakhon
Phanom Province, Department of Public Works and
Town & Country Planning Ministry of Interior, 2019.
(in Thai)
- [13] Mukdahan Office of Public Works and Town &
Country Planning, Summary of the Mekong River
Bank Dam Construction Project, Mukdahan
Province, Department of Public Works and Town &
Country Planning Ministry of Interior, 2019. (in Thai)
- [14] Amnat Charoen Office of Public Works and
Town & Country Planning, Summary of the Mekong
River Bank Protection Dam Construction Project,
Amnat Charoen Province, Department of Public
Works and Town & Country Planning Ministry of
Interior, 2019. (in Thai)
- [15] Ubon Ratchathani Office of Public Works and
Town & Country Planning, Summarize the Bank
Protection Dam Construction Project on the Mekong
River, Ubon Ratchathani Province, Department of
Public Works and Town & Country Planning Ministry
of Interior, 2019. (in Thai)
- [16] Department of Public Works and Town &
Country Planning, Report of Exploration Drilling:
Project for Designing a Dam on the Mekong River,
Department of Public Works and Town & Country
Planning Ministry of the Interior. (in Thai)

คั่นกันล้อยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยมลลสติกว้สตุเหลื้ท้ัง จกการผลิพลลสติกรีไซเคิล

ณิชาภา มินาบูลย์¹ สุธน รุ่งเรือง² จุฬารัตน์ เอี่ยมสมย์³ และประชุม คำพุฒ^{4*}

nichapha.min@rmutr.ac.th¹, suthon.ru@rmutr.ac.th², chularat.lam@rmutr.ac.th and prachoom_k@rmutt.ac.th^{4*}

¹สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

²สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

³สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

⁴หน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received	: 10-Apr-2023
Revised	: 18-Jun-2023
Accepted	: 20-Jun-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคั่นกันล้อยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยมลลสติกว้สตุเหลื้ท้ังจกการผลิพลลสติกรีไซเคิล โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ : ทราย : หินคลุก เท่ากับ 1 : 2 : 4 ใช้เศษขุยมลลสติกแทนที่หินในอัตราส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% โดยน้ำหนัก ทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการวิจัยพบว่าการใช้เศษขุยมลลสติกแทนที่หินในอัตราส่วน 50% เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือสามารถรับกำลังอัดได้ 214.52 ksc มีค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย 5.67% มีค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย 1,932 kg/m³ และมีน้ำหนักเบาว่าชิ้นงานที่ขายทั่วไปในท้องตลาด 19 kg ส่วนด้านราคาค้นทุนที่ใช้จำหน่ายพบว่าประหยัดกว่าคั่นกันล้อยนต์ที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดประมาณ 773 บาทต่อ/ท่อน (ไม่รวมค่าขนส่ง) และเมื่อผลิถัณฑ์นี้ทดสอบคุณสมบัติด้านความเป็นพิษที่กรมวิทยาศาสตร์บริการพบว่า ปริมาณสารแคดเมียม (Cd) และ สารตะกั่ว (Pb) มีค่า 0.0001 mg/L ถือว่าผ่านค่ามาตรฐานโลหะหนัก ไม่เป็นอันตรายกับผู้ใช้สินค้า

คำสำคัญ: คั่นกันล้อยนต์ ขุยมลลสติก พลลสติกรีไซเคิล

Concrete Wheel Stop for Parking Lot Made From Plastic Scraps, Waste Materials from the Production of Recycled Plastic

Nichapha Minaboon¹, Suthon Rungruang², Chularat Iamsamai³ and Prachoom Khamput^{4*}
nichapha.min@rmutr.ac.th¹, suthon.ru@rmutr.ac.th², chularat.lam@rmutr.ac.th³ and prachoom_k@rmutt.ac.th^{4*}

¹ Department of Facility Management, Faculty of Architecture and Design, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

² Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

³ Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

⁴ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received	: 10-Apr-2023
Revised	: 18-Jun-2023
Accepted	: 20-Jun-2023

Abstract

This research is to study the concrete wheel stopper for the parking lot from plastic scraps, a waste material from the production of recycled plastics. By using the ratio of cement: sand: crushed stone equal to 1: 2: 4, using plastic fluff instead of stone in the ratio of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% by weight. Test the compressive strength at age 7, 14, 21, and 28 days. The results showed that using plastic scraps to replace stone in the ratio of 50% was the best ratio, which was able to obtain the compressive strength of 214.52 ksc with average water absorption of 5.67%, with an average dry density of 1,932 kg/m³ and is 19 kg lighter than the pieces that are generally sold in the market. In terms of the cost price found that the used of plastic scraps is cheaper than the concrete wheel stop that is generally sold in the market about 773 baht per/piece (excluding cost transportation) and when bringing this product to testing the toxicity properties at the Department of Science Service found that the content of cadmium (Cd) and lead (Pb) was 0.0001 mg/L, considered passing the standard of heavy metals, not harmful to product users.

Keywords: concrete wheel stopper, plastic scraps, recycled plastic

1. บทนำ

คั่นกันล้อยนต์เป็นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้ในงานบริเวณลานจอดรถ ช่วยลดอุบัติเหตุจากการเข้าจอดรถโดยช่วยหยุดล้อรถเมื่อรถจอดได้ตำแหน่งแล้ว เป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันอย่างมากในงานวิศวกรรมโยธา และการก่อสร้างงานระบบโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เช่น อาคาร ถนน เป็นต้น องค์ประกอบคั่นกันล้อยนต์ของคอนกรีตจะประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ หิน หินทราย และ น้ำ เมื่อนำมาผสมกันจะแปรสภาพเป็นของแข็ง และมีความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก ต้นทุนทางด้านวัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต ก็จะมีต้นทุนที่สูงขึ้นตามประสิทธิภาพในการออกแบบการรับน้ำหนักในแต่ละชนิดที่กำหนดไว้ การลดวัสดุส่วนผสมของคอนกรีตโดยที่ยังได้ประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ก็จะช่วยประหยัดต้นทุนของคอนกรีตได้

ปัจจุบันพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน และกระบวนการผลิตพลาสติกส่วนใหญ่จะมีการใส่สารเติมแต่งและไมโครพลาสติก (Microplastic) สารเหล่านี้ยากแก่การย่อยสลายและกลายเป็นขยะตกค้างในสิ่งแวดล้อม และสารเติมแต่งบางชนิดยังก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งพลาสติกส่วนใหญ่เป็นพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว (Single-use plastics) ไม่มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยส่วนใหญ่จะถูกทิ้งเป็นขยะมูลฝอยในปริมาณและสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ประชาชนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งซื้อสินค้าและอาหารผ่านระบบออนไลน์เพิ่มขึ้น ประกอบกับการคัดแยกขยะมูลฝอยเพื่อนำมารีไซเคิลน้อยลง เนื่องจากหวั่นเกรงมูลฝอยติดเชื้อที่ทิ้งปะปนมากับขยะมูลฝอยชุมชน [2] พลาสติก จึงเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้งานในด้านต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนอาจกล่าวได้ว่าพลาสติกเป็นวัสดุที่มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ [3] การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยวิธีขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นวิธีที่นิยมกันมาก เป็นการรีไซเคิลพลาสติกเริ่มต้นด้วยการแยกพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกัน และจะถูกบีบให้แบนแล้วมัดรวมกันเป็นก้อน

เพื่อแยกส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลที่โรงงาน และพลาสติกแต่ละชนิดจะถูกนำมาบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นจะถูกล้างทำความสะอาดในบ่อน้ำขนาดใหญ่ ในขั้นตอนนี้ฝุ่นและสิ่งสกปรกจะถูกกำจัดออกไป หลังจากนั้นชิ้นพลาสติกจะถูกทำให้แห้งโดยการตากแดดหรือใช้อากาศร้อน ป้ายกระดาษหรือฟิล์มที่ติดมากับชิ้นพลาสติกจะถูกเป่าแยกออกมา จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการหลอมขึ้นพลาสติกผ่านเครื่องอัดรีด (Extruder) ออกมาเป็นเส้น ก่อนตัดให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ บรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ หากการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลทั้งหมด ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพลดลง บางครั้งโรงงานจะนำเม็ดพลาสติกใหม่มาผสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติดีขึ้น และในกระบวนการผลิตพลาสติกรีไซเคิลนี้ ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต ได้แก่ เศษขุยพลาสติกเป็นจำนวนมาก ซึ่งถูกนำไปทิ้ง หรือใช้ถมที่ เท่าที่ศึกษา ยังไม่มีการนำเศษขุยพลาสติกไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างเท่าที่ควร

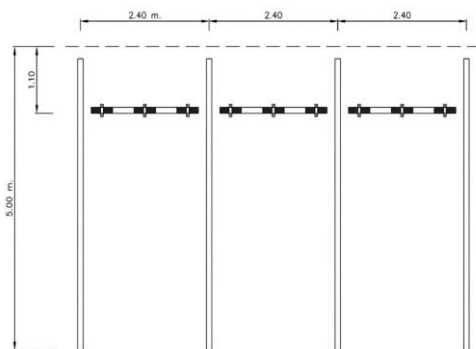
ในการวิจัยนี้ได้พิจารณาตัวแปร คือ มวลรวม หยาบ หรือหิน ที่เป็นส่วนประกอบในการออกแบบคอนกรีต ดังนั้น จึงมีผลประโยชน์อย่างมากหากมีการลดปริมาณมวลรวมหยาบ โดยทดแทนด้วยเศษขุยพลาสติก และการพัฒนาวิธีการนำไปใช้งานจริง การลดต้นทุนคอนกรีตและวิธีการกำจัดของเหลือทิ้งในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยวิธีการผสมในคอนกรีตสำหรับทำคั่นกันล้อยนต์จะสามารถช่วยลดปริมาณขยะจากกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกและต้นทุนการกำจัดขยะรวมทั้งต้นทุนของวัสดุส่วนผสมในคอนกรีต โดยคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเศษขุยพลาสติกนี้จะเป็นคอนกรีตต้นทุนต่ำที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างและเป็นการใช้กำจัดขยะพลาสติกในชุมชนอีกทางหนึ่งด้วย นับได้ว่าเป็นการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตพลาสติกรีไซเคิล ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น และลดปริมาณขยะพลาสติกที่นำมาฝังกลบที่มักเกิดปัญหาย่อยสลายยาก

2. คั่นกันล้อรถยนต์

คั่นกันล้อรถยนต์คอนกรีตคืออุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุจากการจอดรถใช้ในการกำหนดตำแหน่งหยุดรถเพื่อจัดการความเรียบร้อย หรือความปลอดภัยของที่จอดรถ เพื่อแบ่งเลนที่จอดรถทำให้ผู้ใช้รู้ว่าควรจอดรถในแนวใดและที่ไหน โดยมากมักจะใช้ในลานจอดรถเพื่อเป็นหมอนคอนกรีตหยุดรถขณะถอยจอด เพื่อป้องกันการชนกับผนัง เป็นต้น

2.1 การติดตั้ง

ระยะปลอดภัยมาตรฐานสำหรับติดตั้ง ที่กั้นหยุดล้อรถ (Wheel stopper) ระยะห่างจากสิ่งกีดขวาง ไม่น้อยกว่า 1.10 เมตร



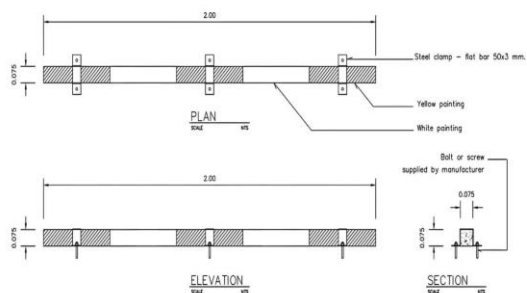
ขนาดช่องจอดรถยนต์มาตรฐาน ตาม พรบ.ควบคุมอาคาร 2522

รูปที่ 1 ระยะปลอดภัยมาตรฐานสำหรับติดตั้ง [4]

2.2 ระยะยึดของประกับเหล็ก (Clamp)

ระยะในการยึดของประกับเหล็กจะใช้ clamp 3 ตัว สำหรับคอนกรีตคั่นล้อ 1 ท่อน ติดที่กึ่งกลางของระยะแถบสีเหลืองทั้ง 3 แถบ

Concrete Wheel Stopper. size W75 H75 L2000 mm.



รูปที่ 2 ระยะยึดของประกับเหล็ก [4]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเรื่องคั่นกันล้อรถยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ : ทราย : หินคลุก เท่ากับ 1 : 2 : 4 ใช้เศษขุยพลาสติกแทนที่หินในอัตราส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% โดยน้ำหนัก ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล และศึกษาคุณสมบัติความทนทานที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 656-2556 [5]

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ประกอบด้วย

3.1.1 วัสดุประสาน ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



รูปที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

3.1.2 วัสดุผสมมวลรวมละเอียดประเภททรายหยาบ ใช้ทรายจากบ่อทราย จ.นครปฐม



รูปที่ 4 ลักษณะทรายหยาบที่ใช้วิจัย

3.1.3 วัสดุผสมมวลรวมหยาบใช้หินคลุก (หินเบอร์ 2) ขนาด 1 นิ้ว ร้อยละ 20 และขนาด 3/4 นิ้ว ร้อยละ 80 จากร้านวัสดุก่อสร้างในเขต จ.นครปฐม



รูปที่ 5 ลักษณะหินคลุกที่ใช้ในการวิจัย

3.1.4 น้ำ ใช้น้ำประปาที่ใช้ตาม

บ้านทั่วไป

3.1.5 เศษขุยพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุ

เปรียบเทียบ โดยเกิดจากขวดพลาสติกรีไซเคิลผ่านเครื่องตัดแล้วเกิดเศษขุยพลาสติกเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตพลาสติกรีไซเคิล ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์วัสดุวิจัยจาก โรงงานบี๊กบอย พลาสติก ต.สวนกล้วย อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี นำมาร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8



รูปที่ 6 ขุยพลาสติกที่วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล

3.2 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

ในการวิจัยนี้ ได้ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุของสมาคม ทดสอบวัสดุอเมริกา (American Society for Testing Materials ASTM.) มาตรฐานอังกฤษ (British Standards BS.)

3.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล

ในการวิจัยนี้ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบขุยพลาสติกผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 โดยใช้อัตราส่วนผสม

ปูนซีเมนต์ : ทราย : หินคลุก เท่ากับ 1 : 2 : 4 ใช้เศษขุยพลาสติกแทนที่หินในอัตราส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% โดยน้ำหนัก ขนาดของตัวอย่างคอนกรีตคอนกรีต ขนาด กว้าง 10 cm ยาว 10 cm สูง 10 cm ที่ออกแบบกำลังรับแรงอัดไว้ที่ 210 ksc จะใช้เป็นค่าตั้งต้นสำหรับเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยขุยพลาสติก ในอัตราส่วนต่าง ๆ ทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน โดยมีตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมของวัสดุ

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุ

ส่วนผสมจากขุย	สัญลักษณ์	อัตราส่วน %	ปริมาณวัตถุดิบชั้นรูปชิ้นงาน				
			ซีเมนต์ (kg)	ทราย (kg)	หิน (kg)	ขุยพลาสติก (kg)	น้ำ (kg)
พลาสติก	P ₀	0%	0.374	0.632	1.283	0	0.168
แทนที่หิน 1:2:4	P ₁	25%	0.374	0.632	0.962	0.115	0.168
	P ₂	50%	0.374	0.632	0.642	0.230	0.168
	P ₃	75%	0.374	0.632	0.321	0.346	0.168
	P ₄	100%	0.374	0.632	0	0.461	0.168

3.4 ศึกษาต้นทุนการผลิต

ในการวิจัยนี้จะดำเนินการศึกษาต้นทุนการผลิตและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตระหว่างคั่นกันล้อยนต์ทั่วไปและคั่นกันล้อยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล

3.5 ศึกษาความเป็นพิษของคั่นกันล้อยนต์

ในการวิจัยนี้จะทดสอบคุณสมบัติความเป็นพิษของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกภายในอาคาร ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4. วิเคราะห์ผลการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง คั่นกันล้อยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยได้ ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

ผลการศึกษาสมบัติพื้นฐานของวัสดุแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุทางวิศวกรรม สำหรับเศษขุยมลสารที่ได้มาจากของเหลือทิ้งในกระบวนการรีไซเคิลมีคุณสมบัติดูดซึมน้ำได้ต่ำ เมื่อนำมาใช้แทนที่มวลรวมละเอียด ทำให้ช่วยป้องกันการซึมผ่านของน้ำและสารต่าง ๆ ได้ดี

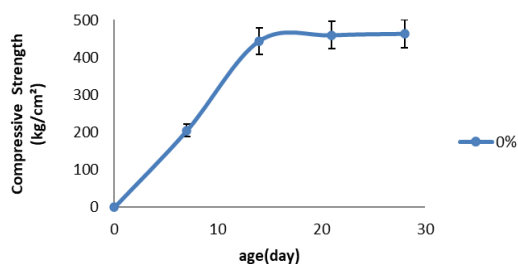
ตารางที่ 2 คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตผสมขุยมลสาร

Type of Material	Specific Gravity	Absorption (%)	Fineness Modulus	Unit Weight (kg/m ³)
Cement	3.15	-	-	3,150
Sand	2.54	4.76	5.20	1,574.65
Coarse Aggregate	2.60	2.60	3.84	1,645
High Density Polyethylene	0.97	-	3.77	536.09

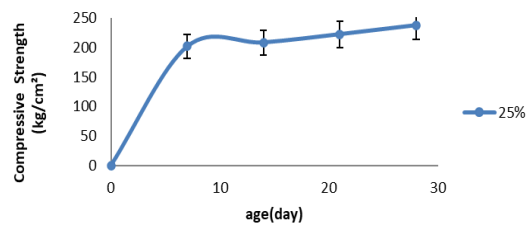
หมายเหตุ : ขุยมลสารไม่เกิดการดูดซึมน้ำ

4.2 ผลการศึกษาค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต

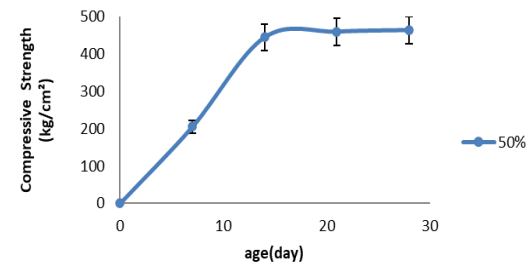
รูปที่ 7- 11 แสดงกำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยมลสารแทนที่หินในอัตราส่วน 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จากการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดที่ออกแบบใช้ 210 ksc ของตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด กว้าง 10 cm ยาว 10 cm สูง 10 cm โดยทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน ได้กำลังอัดประลัย ดังรูปต่อไปนี้



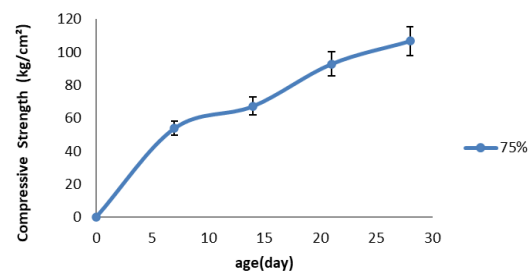
รูปที่ 7 กำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยมลสารแทนที่หินในอัตราส่วน 0% โดยน้ำหนัก



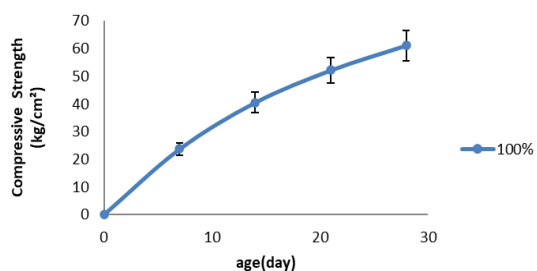
รูปที่ 8 กำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยมลสารแทนที่หินในอัตราส่วน 25% โดยน้ำหนัก



รูปที่ 9 กำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยมลสารแทนที่หินในอัตราส่วน 50% โดยน้ำหนัก



รูปที่ 10 กำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยมลสารแทนที่หินในอัตราส่วน 75% โดยน้ำหนัก



รูปที่ 11 กำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยมลสารแทนที่หินในอัตราส่วน 100% โดยน้ำหนัก

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยมลสาร ขนาดกว้าง 10 cm ยาว 10 cm สูง 10 cm ที่ออกแบบรับกำลังแรงอัดไว้ที่ 240 ksc จะใช้เป็นค่าตั้งต้นสำหรับเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยขุยมลสาร ในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์หา

ค่ากำลังรับแรงอัดที่ต่ำที่สุด มาวิเคราะห์ผลต่อไป โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยพลาสติกโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตโดยการนำขุยพลาสติกแทนที่หิน

Type	Age (Day)			
	7	14	21	28
ผสมพลาสติก	205.08	444.43	459.43	463.12
0 % (kg/cm ²)				
ผสมพลาสติก	201.41	208.01	222.06	237.30
25 % (kg/cm ²)				
ผสมพลาสติก	83.18	133.73	170.91	214.52
50 % (kg/cm ²)				
ผสมพลาสติก	53.85	67.22	92.76	106.60
75 % (kg/cm ²)				
ผสมพลาสติก	23.69	40.47	52.13	61.10
100% (kg/cm ²)				

จากตารางที่ 3 แสดงเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตโดยการนำขุยพลาสติกแทนที่หิน พบว่าอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้นทำให้กำลังอัดของคอนกรีตในแต่ละส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้น คอนกรีตที่ไม่มีขุยพลาสติกมีค่ากำลังอัดสูงที่สุดเท่ากับ 205.08, 444.43, 459.43 และ 463.12 ksc ที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ เมื่อแทนที่หินด้วยขุยพลาสติกเพิ่มขึ้นกำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความแข็งแรงของขุยพลาสติกมีน้อยกว่าหินมากส่งผลให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละการลดลงของกำลังอัด พบว่า อัตราส่วนผสมของขุยพลาสติกที่ 25% ค่ากำลังอัดลดลง 51% โดยประมาณ เมื่อเทียบกับคอนกรีตตัวควบคุม อัตราส่วนผสมของขุยพลาสติกที่ 50% ค่ากำลังอัดลดลง 46% โดยประมาณ เมื่อเทียบกับคอนกรีตตัวควบคุม อัตราส่วนผสมของขุยพลาสติกที่ 75% ค่ากำลังอัดลดลง 23% โดยประมาณ เมื่อเทียบกับคอนกรีตตัวควบคุม และอัตราส่วนผสมของขุยพลาสติก

ที่ 100% ค่ากำลังอัดลดลง 13% โดยประมาณ เมื่อเทียบกับคอนกรีตตัวควบคุม

4.3 ผลการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

การดูดซึมน้ำของคอนกรีตของคั่นกันล้อยยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งการผลิตพลาสติกรีไซเคิล ที่อายุ 28 วัน มีรายละเอียดผลการทดสอบดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมขุยพลาสติกโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าการดูดซึมน้ำและค่าความหนาแน่นแห้งของคั่นกันล้อยยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล

อัตราส่วนผสม	Weight (kg)			% Absorption Test
	Dry	Wet	Oven dry	
1:2:4				
ผสมพลาสติก	2.438	2.461	2.345	4.95%
0 %				
ผสมพลาสติก	2.225	2.253	2.144	5.08%
25 %				
ผสมพลาสติก	1.932	1.958	1.853	5.67%
50 %				
ผสมพลาสติก	1.702	1.766	1.621	8.95%
75 %				
ผสมพลาสติก	1.339	1.506	1.330	13.23%
100 %				

ตารางที่ 4 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตของคั่นกันล้อยยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล พบว่าค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเศษขุยพลาสติกวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิลเพิ่มขึ้น ปริมาณคอนกรีตผสมขุยพลาสติกแทนที่หินในอัตราส่วน 0%, 25, 50%, 75% และ 100% โดยน้ำหนัก มีค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 4.95%, 5.08%, 5.67%, 8.95% และ 13.23% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการแทนที่ด้วยพลาสติกเพิ่มช่องว่างภายใน

เนื้อของคอนกรีตเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำสูงขึ้น

4.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติความเป็นพิษของคั่นกันล้อยนต์ผสมขุยมะพร้าวโดยการทดสอบคุณสมบัติความเป็นพิษที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ ตามมาตรฐาน มอก.656-2556 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความเป็นพิษ

สารที่ทดสอบความเป็นพิษ (โลหะหนัก)	ผลการทดสอบความเป็นพิษ
แคดเมียม (Cd)	<0.0001
ตะกั่ว (Pb)	<0.0001

หมายเหตุ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความเป็นพิษ เมื่อนำตัวอย่างคั่นกันล้อยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยมะพร้าววัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิลไปทดสอบคุณสมบัติด้านความเป็นพิษที่กรมวิทยาศาสตร์บริการพบว่า ปริมาณสารแคดเมียม (Cd) และ สารตะกั่ว (Pb) มีค่า 0.0001 mg/L ถือว่าผ่านค่ามาตรฐานโลหะหนัก

4.5 ผลการศึกษาจุดต้นทุนการผลิต

ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตระหว่างคั่นกันล้อยนต์ทั่วไปและคั่นกันล้อยนต์จากเศษขุยมะพร้าววัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล มีรายละเอียดการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต ดังตารางที่ 6

แสดงเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตคั่นกันล้อยนต์ ค่าใช้จ่ายต่อ 1 ชิ้นงาน โดยเลือกอัตราส่วนคั่นกันล้อยนต์ผสมเศษขุยมะพร้าวแทนที่หินโดยน้ำหนัก ที่มีคุณสมบัติดีที่สุด จำนวน 3 อัตราส่วน มาทำการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต พบว่าคั่นกันล้อยนต์จากเศษขุยมะพร้าววัสดุเหลือทิ้งจากพลาสติกรีไซเคิล ประหยัดกว่าคั่นกันล้อยนต์ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป เฉลี่ยประมาณ 713 บาทต่อท่อน (ทั้งนี้ไม่รวมค่าขนส่งและค่าแรงในการจัดทำ) โดยราคาเฉลี่ยคั่นกันล้อยนต์ผสมขุยมะพร้าวที่อัตราส่วน

25% ราคา 192 บาท/ชิ้นงาน, อัตราส่วน 50% ราคา 177 บาท/ชิ้นงาน และ อัตราส่วน 75% ราคา 162 บาท/ชิ้นงาน

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตคั่นกันล้อยนต์ ค่าใช้จ่ายต่อ 1 ชิ้นงาน

วัสดุ	คั่นกันล้อยนต์ที่ขายทั่วไป	ราคาบาท/ชิ้นงาน		
		คั่นกันล้อยนต์ผสมขุยมะพร้าว (บาท)		
		25%	50%	75%
เหล็ก RB 6 mm		15	15	15
ค่าแรง		75	75	75
ปูนซีเมนต์	890 บาท	30	30	30
หินคลุก		45	30	15
ทรายหยาบ		27	27	27
ขุยมะพร้าว	-	-	-	-
รวม		192	177	162

หมายเหตุ : จากการคำนวณค่าวัสดุอุปกรณ์เป็นไปตามราคาในระยะเวลาที่ทำการศึกษาดูงานจึงอาจมีการคลาดเคลื่อนไปตามระยะเวลา และการคำนวณนี้ยังไม่รวมค่าขุยมะพร้าวเนื่องจากราคาวัสดุอุปกรณ์จะแปรเปลี่ยนไปตามราคาของตามท้องตลาด ดังนั้นจึงอาจจะต้องดูตามราคาที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์และระยะเวลาอีกด้วย

5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยคั่นกันล้อยนต์สำหรับลานจอดรถจากเศษขุยมะพร้าววัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล จากการใช้การศึกษาคุณสมบัติการต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยขุยมะพร้าว ที่อายุ 28 วัน ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างทดสอบมีลักษณะแตกแบบรับแรงอัดพบว่าในอัตราส่วนที่ร้อยละ 50 มีการพัฒนากำลังของซีเมนต์เพสต์ที่เหมาะสมและประหยัดมากที่สุด โดยคอนกรีตสามารถรับกำลังสูงสุดที่ 214.52 ksc มีค่ากำลังอัดลดลง 46% โดยประมาณ ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 5.67% และมีค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย 1,932 kg./m³ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับคอนกรีตตัวควบคุมซึ่งเหมาะสำหรับนำไปผลิตคั่นกันล้อยนต์ผสมขุยมะพร้าวมากที่สุด ทั้งนี้ต้นแบบผลิตภัณฑ์คั่นกันล้อยนต์ผสมขุยมะพร้าวแสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ต้นแบบคั่นกันล้อรถยนต์จากเศษขุยมะพร้าวอัด (วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตพลาสติกรีไซเคิล)

งานวิจัยครั้งนี้ ได้ผลลัพธ์ไปในทางที่ดี สามารถนำขุยมะพร้าวมาใช้ในการทดแทนมวลรวม หยาบได้ และผลการวิจัยคุณสมบัติความเป็นพิษ (โลหะหนัก) ค่ามาตรฐาน แคดเมียม (Cd) 0.01 mg/L และค่าตะกั่ว (Pb) 0.05 mg/L จากกรมวิทยาศาสตร์บริการ พบว่าแคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ค่าที่ได้เท่ากับ 0.0001 mg/L ถือว่า ผ่านค่ามาตรฐานโลหะหนัก ไม่เป็นพิษ และไม่อันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป หากได้วัสดุขุยมะพร้าวที่มีขนาดเล็กหรือละเอียดมากขึ้น ให้นำมาใช้แทนที่ทราย เพราะจะช่วยไปแทรกในช่องว่างของเนื้อคอนกรีตมากขึ้น ลดการดูดกลืนน้ำลง ทำให้ความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้กำลังต้านทานแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2564 เลขที่สัญญา A-9/2564 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และหน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollution Control Department. Information on municipal solid waste. Supporting documents for the preparation of the Environmental Quality Situation Report; 2021. (in Thai)
- [2] Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. Environmental Quality Situation Report. Bangkok; 2019 (in Thai)
- [3] Kittima W. Department of Physiology. Faculty of Pharmacy Mahidol University Plastic products and food. Article disseminating knowledge to the public; 2012. [sited 2019 Dec 17]. Available from: [https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/86/ Plastic products and food/](https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/86/Plastic%20products%20and%20food/)
- [4] Department of Environmental Quality Promotion. Discipline Building Manual for Sustainable Waste Management. Department of Environmental Quality Promotion, Ministry of Natural Resources and Environment; 2014. (in Thai)
- [5] Thai Industrial Standards Institute. Standard for Analytical methods for food contact plastics (Tis no. 656-2556). Ministry of industry; 2013. (in Thai)

รูปแบบบทความสำหรับ วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมนคลธัญบุรี

ปรกษ สิริสุวณณ^{1*} สุมณมณลย เนียมหลาง² และกุลยา สาริชีวิน³

porakoch.s@en.rmutt.ac.th^{1*}, sumonman.n@en.rmutt.ac.th², kullaya.s@en.rmutt.ac.th³

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวเกี่ยวกับรูปแบบและวิธีการส่งบทความเพื่อเสนอต่อกองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมนคลธัญบุรี ผู้ส่งบทความต้องยึดรูปแบบตามบทความนี้อย่างเคร่งครัด บทความใดที่มีรูปแบบไม่ถูกต้องจะถูกส่งคืนเพื่อทำการแก้ไขก่อนนำส่งผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ หากไม่ทำการแก้ไขให้ถูกต้องกองบรรณาธิการจะทำการตัดสิทธิ์การส่งบทความนี้ ทั้งนี้บทคัดย่อต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ แต่ละภาษาควรมีเพียงย่อหน้าเดียว

คำสำคัญ: วิธีการส่งบทความ รูปแบบบทความ ขนาดตัวอักษร รูปแบบตัวอักษร การเว้นบรรทัด

Manuscript Preparation Guidelines for the Papers Submitted to Journal of Engineering, RMUTT

Porakoch Sirisuwan^{1*}, Sumonman Niamlang² and Kullaya Saricheewin³
porakoch.s@en.rmutt.ac.th^{1*}, sumonman.n@en.rmutt.ac.th², kullaya.s@en.rmutt.ac.th³

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

² Department of Materials and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

³ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Abstract

This article describes a submission procedure and a format of the manuscript for the Journal of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi (JERMUTT). Authors are required to strictly follow the guideline provided here, otherwise, the manuscript will be returned for proper correction before to be reviewed by two referees who are specialists in that fields. If not completed on this step your manuscript will be rejected and cannot be considered again. So that an abstract should have had only one paragraph. Both Thai and English.

Keywords: submission procedure, manuscript format, font size, font style and blank line

1. ข้อกำหนดทั่วไป

บทความต้องประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ตามลำดับต่อไปนี้ คือ

1. ชื่อเรื่อง/บทความ (Title)
2. ชื่อผู้เขียน/อีเมล (Author, E-mail)
3. ที่อยู่ผู้เขียน (Affiliation)
4. บทคัดย่อ (Abstract)
5. คำสำคัญ (Keywords)
6. บทนำ (Introduction)
7. เนื้อหา (Text)
8. สรุป (Conclusion)
9. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) (Acknowledgements)
10. เอกสารอ้างอิง (References)

2. คำแนะนำในการเขียนและพิมพ์

คำแนะนำทั่วไป

2.1. ชื่อเรื่อง/บทความ (Title) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้นและกระชับแต่ครอบคลุมสาระทั้งเรื่องสื่อความหมายชัดเจนไม่ควรใช้คำย่อ และวางกึ่งกลางหน้ากระดาษ

2.2. ชื่อผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) และผู้เขียนร่วม (Co-Author) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใส่หมายเลขลำดับ (ด้วยก) เรียงตามลำดับความสำคัญ โดยใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) ผู้เขียนหลักถัดจากหมายเลขลำดับ (ด้วยก)

2.2.1 E-mail ผู้เขียนเรียงตามลำดับชื่อผู้เขียนและ ใส่เครื่องหมาย (*) ถัดจากหมายเลขลำดับ (ด้วยก) ของผู้เขียนหลัก

2.3. ที่อยู่ผู้เขียน (Affiliation) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ต้องระบุตำแหน่งวิชาการ หรือสถานะของนักศึกษาใดๆ ทั้งสิ้น

2.4. บทย่อดัด (Abstract) เป็นการสรุปประเด็นเนื้อหาที่เป็นแก่นสำคัญเน้นประเด็นสำคัญของงาน ที่ต้องการนำเสนอจริงๆ ควรเขียนให้สั้น และกระชับ

2.5. คำสำคัญ (Keywords) ให้ระบุไม่เกิน 3-5 คำ

2.6. บทนำ (Introduction) ส่วนนำจะเป็นส่วนที่ผู้เขียนจงใจให้ผู้อ่านเกิดความสนใจในเรื่องนั้นๆ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย และข้อมูลทางวิชาการ

2.7. เนื้อหา (Text) บทความที่เสนอจะต้องพิมพ์เป็นภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษ ตามรูปแบบที่กำหนด ซึ่งพร้อมที่จะนำไปถ่ายเพลท เพื่อพิมพ์ออฟเซตได้ทันที

การพิมพ์ให้พิมพ์ลงบนกระดาษ A4 โดยพิมพ์เป็น 2 คอลัมน์ตามรูปแบบบทความนี้ ขนาดของคอลัมน์เป็นไปตามที่กำหนด จะต้องพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์ที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 300 dpi.

ให้พิมพ์โดยไม่เว้นบรรทัด เมื่อจะขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้นบรรทัด 1 บรรทัด และจะต้องพิมพ์ให้เต็มคอลัมน์ก่อนที่จะขึ้นคอลัมน์ใหม่ หรือขึ้นหน้าใหม่ ห้ามเว้นที่เหลือไว้ว่างเปล่า

การลำดับหัวข้อในส่วนของเนื้อเรื่องนี้ ให้ใส่เลขกำกับโดยให้บทนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีการแบ่งหัวข้อย่อย ก็ใช้เลขระบบทศนิยมกับหัวข้อย่อย เช่น 1.1 เป็นต้น

ตารางที่ 1 การตั้งค่าหน้ากระดาษ

ระยะขอบ	เซนติเมตร
บน (Top)	3
ล่าง (Bottom)	2
ซ้าย (Left)	3
ขวา (Right)	3
ระยะห่างคอลัมน์	1

ตารางที่ 2 ขนาดตัวอักษรและการเว้นระยะ

พิมพ์บทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษด้วยตัวอักษรรูปแบบ “TH SarabunPSK”

รายการ	ขนาด	ตำแหน่ง	ลักษณะ
ชื่อเรื่อง	18	กึ่งกลาง	ตัวหนา
ชื่อผู้เขียน อีเมล	14	กึ่งกลาง	ปกติ
ที่อยู่ผู้เขียน	12	ชิดซ้าย	ปกติ
บทย่อดัด	14	ชิดซ้าย	ปกติ
ชื่อหัวข้อ, หัวข้อย่อย	14	ชิดซ้าย	ตัวหนา
เนื้อความ	14	กระจายแบบไทย	ปกติ

รายการ	ขนาด	ตำแหน่ง	ลักษณะ
สมการต่างๆ	14	กึ่งกลาง	ตัวเอียง
คำบรรยายประกอบรูปและตาราง	14	กึ่งกลาง	ปกติ

ให้จัดเนื้อเรื่องในแต่ละบรรทัดเรียงชิดซ้าย และขวาอย่างสวยงาม เยื้องบรรทัดแรกของย่อหน้า ใช้ 1 แท็บ หรือ 0.5 นิ้ว

2.7.1 การจัดทำรูปภาพ

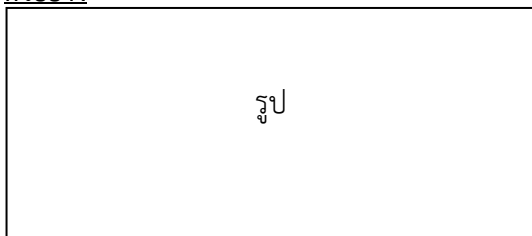
รูปภาพจะต้องมีความกว้างไม่เกิน 70 มม. เพื่อให้ลงในหนึ่งคอลัมน์ได้ หรือกรณีจำเป็นจริงๆ เพื่อรักษารายละเอียดในภาพ อาจยอมมิให้ความกว้างได้เต็มหน้ากระดาษ(กว้าง 150 มม.)

ตัวอักษรทั้งหมดในภาพจะต้องมีขนาดใหญ่ สามารถอ่านได้สะดวก

รูปภาพทุกรูปจะต้องมีหมายเลข และคำบรรยายได้ภาพ

คำบรรยายได้ภาพห้ามใช้คำว่า “แสดง” เช่น ห้ามเขียนว่า “รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง..” ที่ถูกต้องควรเป็น “รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง..”

ตัวอย่าง



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง....

รูปลายเส้นจะต้องเป็นเส้นหมึกดำ ส่วนรูปถ่ายควรจะเป็นรูปขาวดำที่มีความคมชัด รูปสีอ่อนโลมให้ใช้ได้ รูปภาพควรมีรายละเอียดเท่าที่จำเป็นเท่านั้น เช่น ภาพถ่ายรูปคลื่นจากออสซิลโลสโคปที่ปรากฏให้เป็นเฉพาะจอภาพ เป็นต้น และเพื่อความสวยงามให้เว้นบรรทัดเหนือรูปภาพ 1 บรรทัดและเว้นใต้คำบรรยาย 1 บรรทัด

2.7.2 การเขียนสมการ

สมการทุกสมการจะต้องมีหมายเลขกำกับอยู่ภายในวงเล็บและเรียงลำดับที่ถูกต้อง ควรใช้ตัวพยัญชนะเอียงแสดงถึงพารามิเตอร์หรือตัวแปรในสมการ ตำแหน่งของหมายเลขสมการจะต้องอยู่ชิดขอบด้านขวาของคอลัมน์ เว้นหนึ่งบรรทัดก่อนเขียนสมการ และเว้นหนึ่งบรรทัดหลังเขียนสมการ จัดให้สมการอยู่ตรงกลางคอลัมน์ ดังตัวอย่างนี้

$$a + b = c \quad (1)$$

เริ่มเขียนคำอธิบายตั้งแต่บรรทัดนี้

2.7.3 การจัดการทำตาราง

ตัวอักษรในตารางจะต้องไม่เล็กกว่าตัวอักษรในเนื้อเรื่อง ควรตีเส้นกรอบตารางด้วยหมึกดำให้ชัดเจน

ตารางทุกตารางจะต้องมีหมายเลข และคำบรรยายกำกับเหนือตาราง หมายเลขกำกับและคำบรรยายเหนือตารางห้ามใช้คำว่า “แสดง” เช่นเดียวกับกรณีรูปภาพ

เพื่อความสวยงามให้เว้นบรรทัดเหนือตาราง 1 บรรทัด และเว้นบรรทัดใต้คำบรรยายรูปภาพ 1 บรรทัด

2.7.4 ความยาวของบทความ

เมื่อรวมทุกส่วนแล้ว บทความไม่ควรจะมีความยาวน้อยกว่า 8 หน้า และยาวไม่เกิน 12 หน้ากระดาษ A4

2.7.5 กรณียบทความภาษาอังกฤษ

ผู้พิมพ์บทความเป็นภาษาอังกฤษ กรุณาดูคำแนะนำ วิธีการพิมพ์บทความภาษาอังกฤษที่แนบมาด้วย

2.7.6 การส่งบทความ

ผู้เขียนสามารถส่งต้นฉบับ ทางเว็บไซต์ออนไลน์ ของวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมคลธัญบุรี <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jermutt>



โดยต้องทำการลงทะเบียนเพื่อสมัครสมาชิกวารสารและนำส่งวารสารต้นฉบับในรูปแบบไฟล์

- Word
- PDF

กรุณาจัดส่ง แบบฟอร์มยืนยันการส่งบทความทางวิชาการ เพื่อลงตีพิมพ์ใน วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี มายังอีเมล enjournal@en.rmutt.ac.th หรือ จัดส่งไปรษณีย์มายังกองบรรณาธิการ วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหลวง อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110” จึงจะถือว่า การส่งวารสารนั้นเสร็จสมบูรณ์

หากขั้นตอนการนำส่งวารสารทั้ง 2 ขั้นตอน คือ การส่งวารสารทางเว็บไซต์ออนไลน์ และการนำส่งแบบฟอร์มยืนยันการส่งบทความมายังอีเมล enjournal@en.rmutt.ac.th ไม่ครบถ้วนทั้ง 2 ขั้นตอน บทความนั้นจะถูกส่งคืน และไม่สามารถผ่านการพิจารณาได้

3. สรุป (Conclusion)

ผู้เขียนบทความกรุณาตรวจสอบบทความอย่างรอบคอบโดยใช้เวลาอย่างเพียงพอก่อนส่งให้คณะกรรมการพิจารณา จะทำให้บทความของท่านมีคุณภาพสูง ผ่านการพิจารณาได้ง่ายขึ้น และหากไม่มีการแก้ไขบทความกลับภายในระยะเวลา 3 เดือน หลังจากได้รับบทความกลับคืน บทความนั้นจะถูกยกเลิกการพิจารณาโดยอัตโนมัติ และไม่รับพิจารณาบทความใดๆ ของผู้เขียนนั้น เป็นระยะเวลา 1 ปี นับตั้งแต่วันครบกำหนดการส่งบทความกลับคืน

4. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบคุณ ข้อมูลจาก TCI และผู้เขียนบทความทุกท่านที่ให้ความร่วมมือรักษาระเบียบการเขียนบทความอย่างเคร่งครัด

5. เอกสารอ้างอิง (References)

การอ้างอิงเอกสารใช้ระบบ (Vancouver Style) เรียงตามลำดับ 1,2,3 ตามการใช้งาน โดยใส่ตัวเลขของเอกสารอ้างอิงไว้ในวงเล็บ เช่น [1] เป็นต้น

แล้วรวบรวมไปเขียนอ้างอิง ตามรูปแบบวารสารกำหนด

ในการเขียนเอกสารอ้างอิงผู้เขียนต้องเขียนเป็นภาษาอังกฤษ ในกรณีแหล่งข้อมูลที่ใช้อ้างอิงมาจากแหล่งอ้างอิงภาษาไทย เช่น ตำราไทย วารสารไทย เป็นต้น ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ แล้ววงเล็บด้านท้ายชื่อภาษาต้น เช่น (in Thai) ทั้งนี้ผู้เขียนบทความควรใช้แหล่งอ้างอิงที่ได้รับการยอมรับกันตามเกณฑ์สากล

ตัวอย่าง (Example)

[1] Kalsirisilp R, Nadpakdee A, Langkapin J. Performance evaluation of sugarcane grab loader. Journal of Engineering, RMUTT. 2018; 16(1):1-12. (in Thai)

ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

(เครื่องหมายหมายถึง เว้นวรรค 1 ระยะ)

รูปแบบบทความวารสาร

(Articles in Journals)

[2] Author.\Article Title.\Journal Title.\ Year of Publication;Volume(Issue Number):Pagintion.

ตัวอย่าง(Example)

[3] Nanthasamroeng N. Application of center of risk gravity in the location analysis for a sitting of emergency medical service vehicles. Journal of Engineering RMUTT. 2011;9(2):21-9. (in Thai)

[4] Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. N Engl J Med. 2002;347(4):284-7.

รูปแบบหนังสือและเอกสารเฉพาะเรื่อง

(Books and Other Monographs)

[5] Author.\Title.\Edition.\ Place of Publication: \Publisher;\Year of Publication.

[6] Author.\Title\[dissertation or master's thesis].\ Place of Publication:\ University; \Year of Publication.

ตัวอย่าง(Example)

[7] Murray PR, RoawnrhL KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. Medical microbiology. 4th ed. St.Louis: Mosby; 2002.

[8] Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a telephone survey of Hispanic Americans [dissertation]. Mount Pleasant (MI): Central Michigan University; 2002.

รูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Material)

[9] Author.\ Article Title.\ Journal Title.\[Internet].\ Year of Publication\[cited YYMM\DD] ;Volume (Issue Number):page numbers.\ Availability From:\ URL

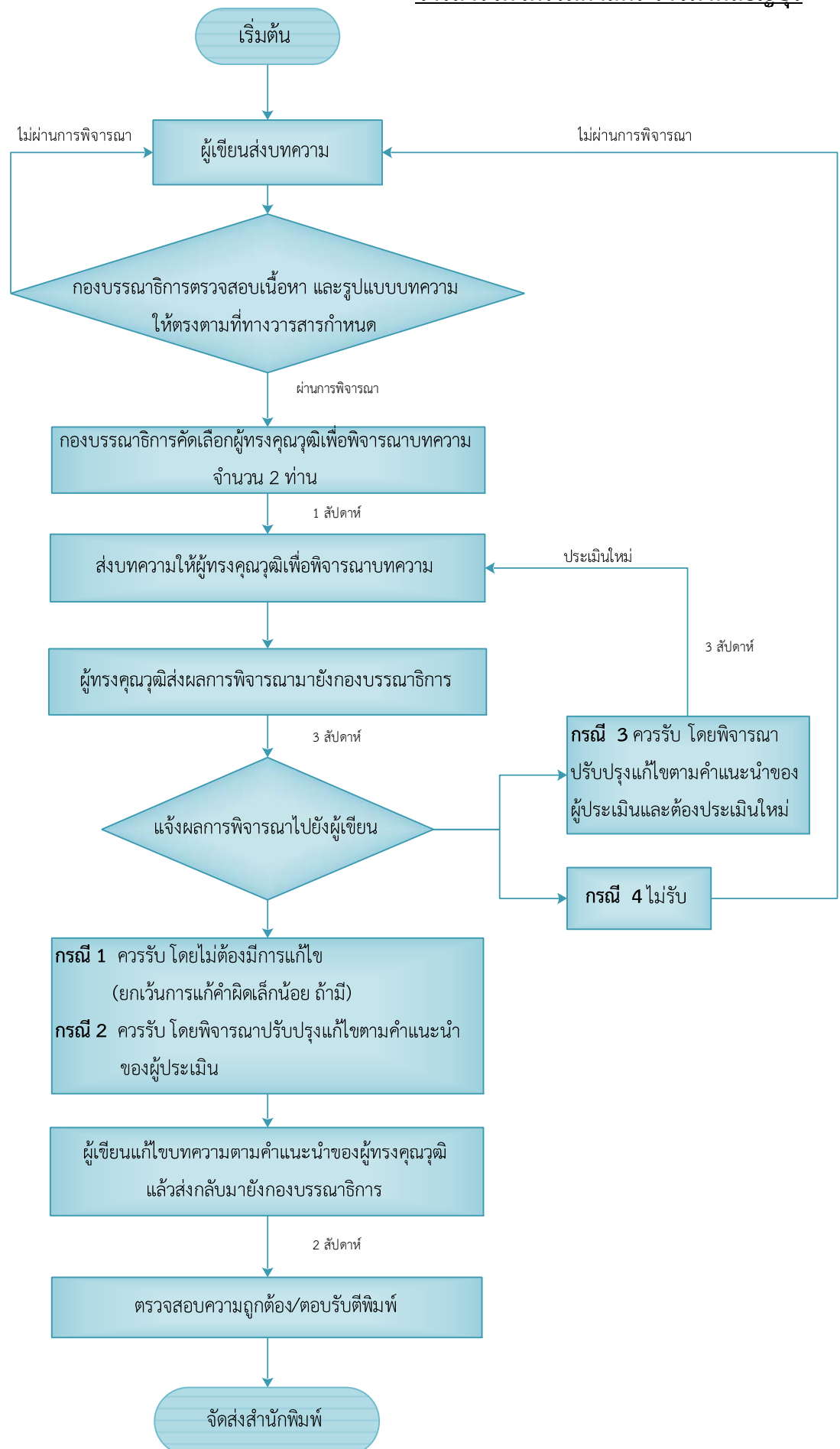
ตัวอย่าง(Example)

[10] Siriprasert R. Model development for health screening system in prachinburi province. Journal of Health Science [Internet]. 2010 [cited 2011 Feb 25];19(3):409-21. Available from:http://pubnet.moph.go.th/pubnet2/e_doc.php?id=2593 (in Thai)

[11] Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. Am J Nurs [Internet]. 2002 Jun [cited 2002 Aug 12];102(6): [about 1 p.]. Available from : <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm>Article

สามารถดาวน์โหลดรูปแบบบทความ Template ในรูปแบบ Word และคู่มือการอ้างอิงระบบ (Vancouver Style) ได้ที่

<https://drive.google.com/drive/folders/1jPxtFBwmeIUTtRwHH3HEfFuVZXsIOPV>



ในกรณีที่ 2 และ 3 หลังจากบทความผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้เขียนควรพิจารณาการแก้ไขและส่งบทความกลับมาในระยะเวลาที่กำหนดหากล่าช้าเกิน 90 วัน (นับจากวันแจ้งแก้ไข) กองบรรณาธิการขอแจ้งไม่รับพิจารณาบทความโดยอัตโนมัติ และผู้เขียนไม่สามารถส่งบทความเข้าสู่ระบบได้เป็น ระยะเวลา 1 ปี (เนื่องจากมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการประเมินบทความ และขาดความต่อเนื่องในการพิจารณาบทความจากผู้ทรงคุณวุฒิ)

หมายเหตุ : รวมระยะเวลาโดยประมาณ 90 วัน หากไม่มีการแก้ไขใดๆเพิ่มเติม



สมาชิกเลขที่

.....

ใบสมัครสมาชิการสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี

วันที่สมัคร

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว สกุล อาชีพ
ที่อยู่ (สำหรับจัดส่งวารสาร) เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล
เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร e-mail

มีความประสงค์สมัครเป็นสมาชิก

อัตราค่าสมาชิก

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี ปี

1 ปี 2 ฉบับ 120 บาท

(สำหรับบุคคลทั่วไป)

80 บาท

(สำหรับนักศึกษา)

ต่ออายุสมาชิก ปี

1 ปี 2 ฉบับ 120 บาท

(สำหรับบุคคลทั่วไป)

80 บาท

(สำหรับนักศึกษา)

พร้อมกันนี้ ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน บาท

จำนวนเงินตัวอักษร

ชำระเงินโดยวิธี

ธนาคาร ส่งจ่าย

ตั๋วแลกเงินไปรษณีย์ ส่งจ่าย

โอนเงินเข้าบัญชีธนาคาร ชื่อบัญชี เลขที่บัญชี

หมายเหตุ 1. กรุณาส่งสำเนาใบเข้าบัญชี (pay-in-slip) หรือโทรสารมายังสำนักงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ พร้อมเขียน

ชื่อ - นามสกุล และหมายเลขสมาชิก (ถ้ามี)

2. นักศึกษาที่สมัครทางไปรษณีย์ กรุณาส่งสำเนาทะเบียนราษฎรประจำตัวนักศึกษาแนบมาด้วย

ลงชื่อ ผู้สมัคร

(.....)

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

โทรศัพท์ 0-2549-3493 โทรสาร 0-2549-3493 <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jermutt>

e-mail: enjournal@en.rmutt.ac.th

แบบฟอร์มการส่งบทความทางวิชาการ
เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมนคลธัญบุรี

ข้าพเจ้า ☐ นาย ☐ นาง ☐ นางสาว ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ชื่อ-สกุล.....

(ภาษาอังกฤษ).....

ตำแหน่งทางวิชาการ (โปรดระบุ) ☐ ศาสตราจารย์ ☐ รองศาสตราจารย์ ☐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

☐ อาจารย์ ☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

ที่อยู่ (ที่ติดต่อได้).....

โทรศัพท์ที่ทำงาน..... โทรศัพท์มือถือ.....

โทรสาร..... อีเมล.....

มีความประสงค์ขอส่งบทความ เรื่อง:

ชื่อบทความ (ภาษาไทย).....

ชื่อบทความ (ภาษาอังกฤษ).....

การตรวจสอบ ☐ ทำการลงทะเบียน และ ส่งวารสารต้นฉบับใน

ระบบออนไลน์ <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jermutt> เรียบร้อยแล้ว

วันที่ ส่งวารสารต้นฉบับ เข้าสู่ระบบออนไลน์

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า บทความนี้เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามชื่อที่ระบุไว้ในบทความจริง และบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และข้าพเจ้าจะไม่นำส่งบทความนี้ไปพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารอื่นภายใน 60 วัน นับจากวันที่ข้าพเจ้าส่งบทความ

ลงนาม.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

TECHNICAL ARTICLE FORM
FOR PUBLISHING ON JOURNAL OF ENGINEERING, RMUTT

Title ☐ Mr. ☐ Ms. ☐ Others (Please specify).....

Name-Surnames

Academic Positions (Please specify) ☐ Professor ☐ Associate Professor ☐ Assistant

Professor ☐ Lecturer ☐ Others (Please specify).....

Address (for Contact).....

.....

.....

Office Phone Number..... Mobile Phone Number.....

Fax Number..... E-mail.....

Name of Article:.....

.....

.....

Submission Checklist ☐ Already register and submit the manuscripts on

<https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jermutt>

The days of Online Submission.....

I promise this article belongs to me and co-authors as the name indicated in the article.

In addition, this article has not been previously published on another journal. Furthermore, I will not submit this article on another journal within 60 days from the day of my submission on the JOURNAL OF ENGINEERING, RMUTT.

Sign

(.....)

...../...../.....