

การศึกษาผลกระทบของคุณภาพอากาศ โดยการประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณ PM2.5 TVOC และ CO₂-eq

วิศวิทย์ ราชณรงค์*

*สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล: vissavavit@gmail.com

รับต้นฉบับ: 21 พฤษภาคม 2564; รับบทความฉบับแก้ไข: 22 มิถุนายน 2564; ตอบรับบทความ: 17 สิงหาคม 2564

เผยแพร่ออนไลน์: 13 ธันวาคม 2564

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาผลกระทบของคุณภาพอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOC) และ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-eq) ภายในและภายนอกสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ โดยการประดิษฐ์อุปกรณ์เครื่องวัดคุณภาพอากาศ เพื่อนำมาตรวจวัดค่าในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564 จากผลลัพธ์ของการศึกษาปริมาณ PM2.5 ภายในห้องทำงานมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง 31.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อยู่ในระดับดี ภายในอาคารเฉลี่ย 38.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อยู่ในระดับปานกลาง และภายนอกอาคารเฉลี่ย 44.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณ TVOC ภายในห้องทำงานมีค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง 0.58 mg/m^3 อยู่ในระดับดี ภายในอาคารเฉลี่ย 0.32 mg/m^3 อยู่ในระดับดี และภายนอกอาคารเฉลี่ย 0.41 mg/m^3 อยู่ในระดับดี และ ปริมาณ CO₂-eq ภายในห้องทำงานมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง 1122.73 mg/m^3 ภายในอาคารเฉลี่ย 983.97 mg/m^3 และภายนอกอาคารเฉลี่ย 922.88 mg/m^3

คำสำคัญ : ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

A Study of Air Quality Effect by Creating a Device Detect PM2.5, TVOC and CO₂-eq

Vissavavit Rachnarong^{*}

^{*}Department of Electronics Technology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

^{*}Corresponding Author. E-mail address: vissavavit@gmail.com

Received: 21 May 2021; Revised: 22 June 2021; Accepted: 17 August 2021

Published online: 13 December 2021

Abstract

This paper presents the study of air quality effect from particulate matter with diameter of less than 2.5 microns (PM_{2.5}), total volatile organic compound (TVOC) and carbon dioxide equivalent (CO₂-eq) for indoor and outdoor Department of Electronics Technology, Ramkhamhaeng University, Bangkok. By creating a device detect air quality for the period from November 2020 to March 2021. From the results, It was found that the average PM_{2.5} of 24-hour continuous is 31.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the inside office (good level), 38.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the inside building (moderate level) and 44.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the outside building (moderate level). The average TVOC of 8-hour continuous is 0.58 mg/m^3 for the inside office (good level), 0.32 mg/m^3 for the inside building (good level) and 0.41 mg/m^3 for the outside building (good level). The average CO₂-eq of 24-hour continuous is 1122.73 mg/m^3 for the inside office, 983.97 mg/m^3 for the inside building and 922.88 mg/m^3 for the outside building.

Keywords: Particulate matter with diameter of less than 2.5 microns, Carbon dioxide equivalent, Total volatile organic compound

1) บทนำ

คุณภาพอากาศของประเทศไทยในปัจจุบันนับวันยิ่งมีคุณภาพที่น้อยลงทุกวัน ปัจจัยส่วนหนึ่งมาจากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ แต่ปัจจัยที่เป็นปัญหาหลักมาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้ของถ่านหิน น้ำมัน ขยะ วัสดุทางการเกษตร ควันท่อจากยานพาหนะ การสูบบุหรี่ ทำอาหาร สารพิษจากโรงงาน การรื้อถอน ก่อสร้างตึก ถนน รถไฟฟ้า และอื่น ๆ ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) [1], [2] สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOC) [3], [4] และ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-eq) [5], [6] ส่งผลกระทบต่อคนที่เปราะบางทางเดินหายใจ โรคปอด โรคหัวใจ โรคมะเร็ง นับวันยิ่งเพิ่มมากขึ้นทุกวันในประเทศไทย [2] เพราะฉะนั้นเราควรตระหนักถึงความสำคัญของคุณภาพอากาศในปัจจุบันและในชีวิตประจำวันของเรา

มาตรฐานคุณภาพอากาศมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างเป็นตัวชี้วัดสำหรับประเทศไทยมีมาตรฐานดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Indication: AQI) ถูกกำหนดโดยกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง ของกรมควบคุมมลพิษ [7] ซึ่งกำหนดข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ (ข้อมูลรายวัน) 1 ค่า ที่บ่งบอกว่าคุณภาพอากาศในแต่ละวันมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ โดยมีค่าสารมลพิษทางอากาศ 6 ค่า คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) PM2.5 ก๊าซโอโซน (O₃) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เป็นตัวชี้วัด และยังมีการวัดดัชนีคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) ของปริมาณ TVOC เช่น เบนซีน (C₆H₆) ไตรคลอโรเอทิลีน (CH₂Cl₂) เตตราคลอโรเอทิลีน (C₂Cl₄) หรือ ไตรคลอโรเอทิลีน (C₂HCl₃) เป็นต้น ที่ถูกกำหนดโดย Integrated Device Technology (IDT), Inc. [8] และ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) มี 7 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF₃) ที่ถูกวัดออกมาเทียบกับศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1 หรือเรียกว่า คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-eq หรือ eCO₂) [6]

ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่วางขายอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกออกแบบให้บันทึกค่าลงใน SD Card (เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์)

บำรุงรักษาได้ยาก และราคาแพง วิจัยนี้จึงทำการศึกษาเครื่องวัดคุณภาพอากาศที่สามารถรองรับฟังก์ชันการทำงานได้หลากหลายจากอุปกรณ์ในท้องตลาด ที่มีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับและราคาไม่แพง เพื่อนำข้อมูลสภาพอากาศไปวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้น

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการศึกษาลักษณะของสภาพอากาศที่สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564 ซึ่งเป็นช่วงที่ฝุ่นละออง PM2.5 มีค่ามาก [1], [2] โดยการประดิษฐ์เครื่องวัดคุณภาพอากาศตรวจจับผลกระทบที่ 3 ตำแหน่ง คือ ภายในห้องทำงาน ภายในอาคาร (Open Air) และภายนอกอาคาร เพื่อนำค่าที่ได้ไปประมวลผลและวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับดัชนีคุณภาพอากาศตามมาตรฐาน และนำวิธีการศึกษานี้ไปตรวจวัดในสถานที่ต่าง ๆ เช่น สำนักพิมพ์ ศูนย์ข้อสอบ และ โรงเก็บขยะ เป็นต้น เพื่อหาวิธีรับมือและแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้น และพัฒนาอุปกรณ์ต่อยอด เพื่อปรับลดและแจ้งเตือนผลกระทบได้ไวยิ่งขึ้น

3) วิธีดำเนินการวิจัย

3.1) ดัชนีคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ

ระดับของดัชนีคุณภาพอากาศถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย และถูกแบ่งออกเป็นค่าสี่ตามระดับคุณภาพอากาศ แสดงดังตารางที่ 1 โดยปริมาณ PM2.5 คิดเป็นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง [7], [9] และ TVOC คิดเป็นค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง [8], [9] และในบทความนี้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-eq) ไม่อยู่ในดัชนีคุณภาพอากาศเนื่องจากเป็นระดับของปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 : ระดับดัชนีคุณภาพอากาศของ PM2.5 และ TVOC

คุณภาพอากาศ	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TVOC (mg/m^3)
ดีมาก (Excellent)	0–25	< 0.3
ดี (Good)	26–37	0.3–0.9
ปานกลาง (Moderate)	38–50	1.0–2.9
เริ่มมีผลกระทบ (Poor)	51–90	3.0–9.9
มีผลกระทบ (Unhealthy)	≥ 91	≥ 10.0

คำอธิบายของระดับผลกระทบต่อสุขภาพ [2], [3]

- ดีมาก คือ ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
- ดี คือ ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ, แนะนำให้ระบายอากาศ
- ปานกลาง คือ 1) มีความเสี่ยงต่อคนกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้ป่วย

โรคหัวใจ หลอดเลือด และระบบทางเดินหายใจ 2) มีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองจมูกและตา ผื่นแดง เจ็บคอ และ 3) แนะนำให้ระบายอากาศ และหาแหล่งกำเนิด TVOC (ภายในอาคาร)

- เริ่มมีผลกระทบ คือ 1) มีผลกระทบต่อคนกลุ่มเสี่ยง 2) มีผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แสบ แสบหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นผิดปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย ผื่นแดง เจ็บคอ และ 3) เพิ่มการระบายอากาศ ทำให้มีอากาศบริสุทธิ์เท่าที่จะทำได้ และหาแหล่งกำเนิด

- มีผลกระทบ คือ 1) ควรหลีกเลี่ยง หรือใช้เวลาอยู่ในพื้นที่ให้น้อยที่สุด 2) มีผลกระทบต่อคนกลุ่มเสี่ยง และมีผลกระทบต่อบุคคลทั่วไป 3) ควรสังเกตอาการผิดปกติ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แสบหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นผิดปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย ผื่นแดง เจ็บคอ หากมีอาการควรปรึกษาแพทย์ และ 4) ควรสวมใส่หน้ากากป้องกัน

ผลลัพธ์ของปริมาณ TVOC และ CO₂-eq ที่ได้จากอุปกรณ์วัดค่ามีหน่วยเป็น ppb และ ppm ตามลำดับ เมื่อ ppm คือ ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมี (มลพิษ) ในอากาศ 1 ส่วน ต่อ ปริมาณของอากาศ 1,000,000 ส่วน และ ppb คือ 1 ส่วน ต่อ 1,000,000,000 ส่วน แต่ในบทความนี้ใช้หน่วยเป็น mg/m³ และ µg/m³ จึงต้องแปลงหน่วยปริมาณให้อยู่ในหน่วยน้ำหนัก โดยใช้สมการการแปลงหน่วย แสดงดังสมการที่ 1 และ 2 [10] โดยกำหนดให้ความดันเท่ากับ 1 atm ที่อุณหภูมิ 25 °C

$$(ppm) = \frac{24.45}{MW} \times (mg/m^3) \quad (1)$$

$$(ppb) = \frac{24.45}{MW} \times (\mu g/m^3) \quad (2)$$

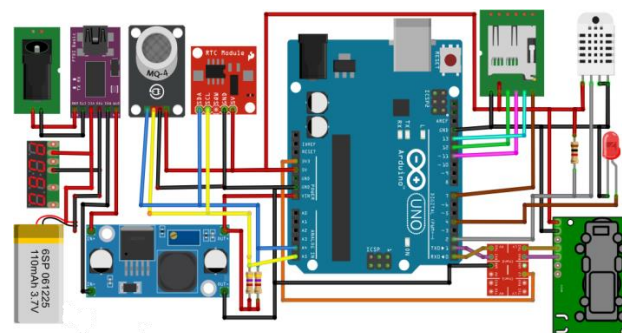
MW คือ น้ำหนักโมเลกุล มีหน่วยเป็น g/mol สำหรับการแปลง ppb เป็น µg/m³ ของ TVOC ใช้ค่าตัวแปร 2 ในการแปลง [8] เช่น TVOC = 50 ppb แปลงได้ 100 µg/m³ หรือ 0.1 mg/m³ และ การแปลง ppm เป็น mg/m³ ของ CO₂-eq

ใช้ค่าตัวแปร 1.8 (MW ของ CO₂ = 44.01 g/mol) ในการแปลง เช่น CO₂-eq = 50 ppm แปลงได้ 90 mg/m³

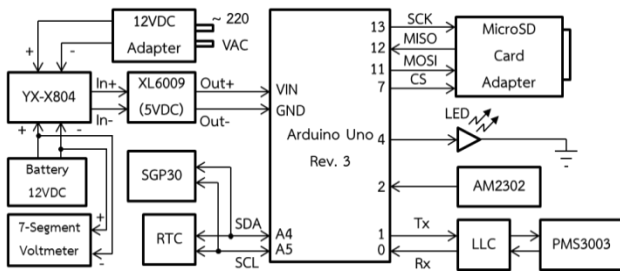
3.2) หลักการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพอากาศ

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องวัดคุณภาพอากาศ ดังนี้

1. Arduino Uno Rev3 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน รับส่งข้อมูล ของอุปกรณ์ต่อพ่วง
2. PMS3003 [9], [11]–[13] ทำหน้าที่วัดปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 มีหน่วยเป็น µg/m³ ที่ถูกคำนวณโดยไมโคร-โปรเซสเซอร์บนพื้นฐานทฤษฎีของมี (MIE Theory)
3. SGP30 [14] ทำหน้าที่วัดปริมาณก๊าซ TVOC และ CO₂-eq มีหน่วยเป็น ppb และ ppm ตามลำดับ
4. AM2302 [15], [16] ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้น มีหน่วยเป็น °C และ % RH ตามลำดับ
5. RTC DS3231 ทำหน้าที่นับ วัน เวลา ณ ปัจจุบัน
6. MicroSD Card Adapter ทำหน้าที่บันทึกข้อมูล วัน เวลา อุณหภูมิ ความชื้น PM2.5 TVOC และ CO₂-eq ลงใน MicroSD Card
7. Logic Level Converter (LLC) ทำหน้าที่ปรับระดับแรงดัน 3.3V และ 5V เพื่อการรับส่งข้อมูล ระหว่าง Arduino Uno R3 และ PMS3003
8. XL6009 ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงระดับแรงดันขึ้น-ลง จาก 5–32V เป็น 1.2–35V
9. YX-X804 ทำหน้าที่ตรวจจับแรงดันเพื่อสำรองไฟให้วงจรจาก อะแดปเตอร์ เป็น แบตเตอรี่



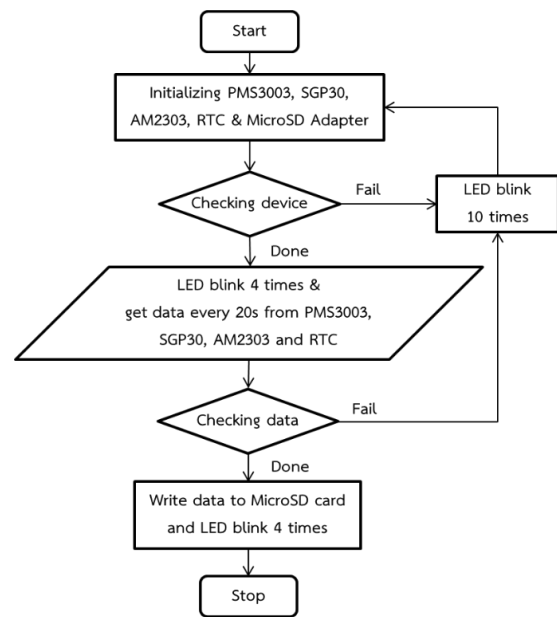
รูปที่ 1 : วงจรการทำงานของอุปกรณ์เครื่องวัดคุณภาพอากาศ



รูปที่ 2 : บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องวัด

รูปแบบการทำงานของเครื่องวัดจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Uno Rev3) เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในวงจร โดยรับข้อมูลจากอุปกรณ์ต่อพ่วง PMS3003 SGP30 RTC และ AM2302 เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณ PM_{2.5} TVOC และ CO₂-eq วันเวลา และ ความชื้นและอุณหภูมิ ตามลำดับ วงจรและบล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องวัดคุณภาพอากาศ แสดงดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้สามารถทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดี สามารถเพิ่มลดอุปกรณ์ต่อพ่วงและปรับแต่งการรับค่าต่าง ๆ ได้ โดยผู้เขียนโปรแกรม และเหมาะกับการศึกษาเพื่อพัฒนาต่อยอดมากกว่าเครื่องวัดสำเร็จรูป [9] อุปกรณ์ PMS3003 เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (สามารถปรับการ Sampling ข้อมูล เพื่อให้ Error ลดลง [12]) ผ่านขา Pin 0 (Rx) และ Pin 1 (Tx) โดยมี LLC เป็นตัวปรับระดับแรงดันให้ PMS3003 สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ อุปกรณ์ SGP30 และ RTC เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านการเชื่อมต่อแบบ I²C ผ่านขา Pin A4 (SDA) และ Pin A5 (SCL) อุปกรณ์ AM2302 เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านขา Pin 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำข้อมูลที่ได้อ่านเก็บใน MicroSD Card ที่ถูกเชื่อมต่อผ่าน MicroSD Card Adapter ผ่านการเชื่อมต่อแบบ SPI ผ่านขา Pin 7 (CS) Pin 11 (MOSI) Pin 12 (MISO) และ Pin 13 (SCK) ไฟ LED แสดงสถานะข้อมูลต่าง ๆ ของโปรแกรมถูกเชื่อมต่อที่ขา Pin 4 และ แรงดันของวงจรถูกป้อนเข้าที่ขา VIN และ GND โดยใช้โมดูล XL6009 ปรับระดับแรงดันอยู่ที่ 5VDC จากแหล่งจ่ายไฟ โดยแหล่งจ่ายไฟมี 2 รูปแบบ คือ ไฟหลัก 12VDC จาก Adapter (AC/DC) และ ไฟสำรอง 12VDC จากแบตเตอรี่ โดยโมดูล YX-X804 ทำหน้าที่เป็นตัวสวิตช์ระหว่างไฟหลักและไฟสำรอง เพื่อเก็บข้อมูลได้ต่อเนื่อง และแจ้งเตือนเมื่อไฟต่ำผ่าน 7-Segment วัดแรงดัน ตัวเครื่องวัดถูกออกแบบวงจรให้มีเสถียรภาพที่ดี เช่น การเชื่อมต่อ ยึดติดอุปกรณ์ และทนต่อการสั่นสะเทือน เป็นต้น

ผังงานการทำงานของโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 3 โดยเริ่มการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ต่อพ่วง PMS3003 SGP30 AM2302 RTC และ MicroSD Card Adapter ว่าถูกเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์สมบูรณ์หรือไม่ ถ้าไม่สมบูรณ์โปรแกรมจะแสดงสถานะทาง LED กระพริบ 10 ครั้ง และกลับไปตรวจสอบใหม่อีกครั้ง ถ้าเชื่อมต่อสมบูรณ์ LED กระพริบ 4 ครั้ง และรับข้อมูลจาก PMS3003 SGP30 AM2302 และ RTC ตามลำดับ ถ้าข้อมูลที่รับมาผิดพลาด โปรแกรมจะแสดงสถานะทาง LED กระพริบ 10 ครั้ง และกลับไปตรวจสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่อพ่วงใหม่อีกครั้ง ถ้ารับข้อมูลถูกต้องไมโครคอนโทรลเลอร์จะบันทึกค่าข้อมูลลงใน MicroSD Card และแสดงสถานะทาง LED กระพริบ 4 ครั้ง การบันทึกค่าข้อมูลจาก PMS3003 SGP30 AM2302 และ RTC จะถูกบันทึกทุก ๆ 20 วินาที ตลอดเวลาของการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3 : ผังงานการทำงานของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์เครื่องวัด

3.3) วิธีการดำเนินงาน

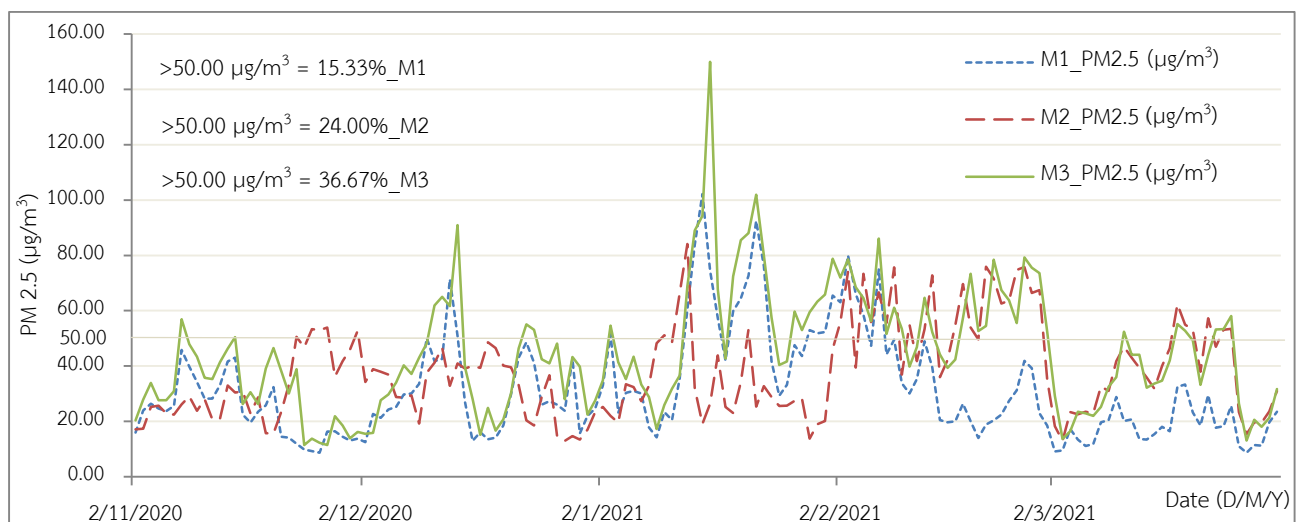
ในการศึกษาผลกระทบของคุณภาพอากาศจะวัดค่าปริมาณต่าง ๆ ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์อยู่ 3 ตำแหน่ง คือ ภายในห้องทำงาน ภายในอาคาร (Open Air) และภายนอกอาคาร แสดงดังรูปที่ 4 เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบและนำมาวิเคราะห์ผลกระทบตามระดับดัชนีคุณภาพอากาศของ PM_{2.5} และ TVOC ที่แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 4 : ตำแหน่งอุปกรณ์เครื่องวัดคุณภาพอากาศ ภายในห้องทำงาน ภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

ตารางที่ 2 : ปริมาณ PM2.5 ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

เดือน	ปริมาณ PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
	ภายในห้องทำงาน			ภายในอาคาร			ภายนอกอาคาร			ค่าเฉลี่ยรวม
	Max	Min	Avg.	Max	Min	Avg.	Max	Min	Avg.	
พฤศจิกายน	45.76	8.69	23.66	53.96	15.65	30.84	56.95	11.42	31.19	28.56
ธันวาคม	71.43	12.44	29.60	52.73	12.97	32.55	90.91	15.13	38.12	33.42
มกราคม	102.14	14.18	47.51	84.14	13.72	32.84	149.91	17.20	57.79	46.05
กุมภาพันธ์	79.94	14.03	38.62	75.91	35.94	59.52	86.06	39.37	61.84	53.33
มีนาคม	33.26	8.67	18.10	62.30	12.90	35.46	58.12	13.09	35.05	29.54
ค่าเฉลี่ยรวม	31.50			38.24			44.80			38.18



รูปที่ 5 : ปริมาณ PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากภายในห้องทำงาน (M1) ภายในอาคาร (M2) และ ภายนอกอาคาร (M3) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

4) ผลการทดลอง

ผลกระทบของคุณภาพอากาศ ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564 (150 วัน) จากการวัดปริมาณ PM2.5 (เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง) TVOC (เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง) และ CO₂-eq (เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง) จากอุปกรณ์เครื่องวัดคุณภาพอากาศที่ประดิษฐ์ขึ้น ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

4.1) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)

ผลลัพธ์ของการศึกษาปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 จากเครื่องวัดคุณภาพอากาศ 150 วัน ภายในห้องทำงานมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง $31.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ คุณภาพอากาศอยู่ในระดับดี โดยปริมาณ PM2.5 ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบ (Poor) มีค่า 15.33% (23 วัน จาก 150 วัน) ภายในอาคารมีค่าเฉลี่ย

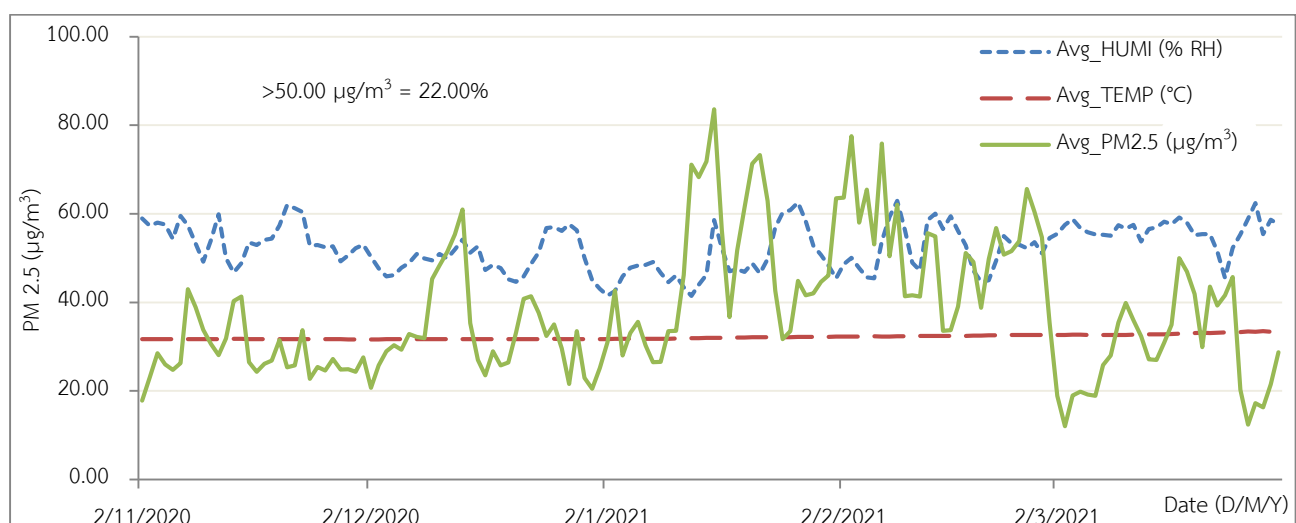
$38.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ คุณภาพอากาศอยู่ในระดับปานกลาง โดยปริมาณ PM2.5 ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบมีค่า 24.00% (36 วัน จาก 150 วัน) และ ภายนอกอาคารเฉลี่ย $44.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ คุณภาพอากาศซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยปริมาณ PM2.5 ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบมีค่า 36.67% (55 วัน จาก 150 วัน) แสดงดังตารางที่ 2 และ รูปที่ 5

ผลลัพธ์ของอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทำงานมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่องอยู่ที่ 30.78°C และ 49.33 % RH ภายในอาคารมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 30.63°C และ 55.12 % RH และ ภายนอกอาคารมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 33.63°C และ 53.01 % RH แสดงดังตารางที่ 3

ผลลัพธ์ PM2.5 จากเครื่องวัดคุณภาพอากาศมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่องทั้งภายในห้องทำงาน ภายในอาคาร และภายนอกอาคาร จาก 150 วัน อยู่ที่ $38.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

ตารางที่ 3 : ปริมาณอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

เดือน	ค่าเฉลี่ย ภายในห้องทำงาน		ค่าเฉลี่ย ภายในอาคาร		ค่าเฉลี่ย ภายนอกอาคาร		ค่าเฉลี่ยรวม อุณหภูมิ ($^\circ\text{C}$)	ค่าเฉลี่ยรวม ความชื้น (% RH)
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น		
พฤศจิกายน	30.85	51.27	31.10	58.95	33.52	53.64	31.69	31.69
ธันวาคม	30.78	48.76	30.10	52.49	33.39	49.62	50.29	31.68
มกราคม	30.25	47.39	29.70	50.15	32.09	50.26	49.27	31.96
กุมภาพันธ์	30.53	49.83	31.37	51.12	33.62	55.44	52.13	32.43
มีนาคม	31.51	49.39	30.86	62.89	35.54	56.11	56.13	32.92
ค่าเฉลี่ยรวม	30.78	49.33	30.63	55.12	33.63	53.01	47.90	32.14



รูปที่ 6 : ปริมาณ PM2.5 อุณหภูมิ และความชื้น เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

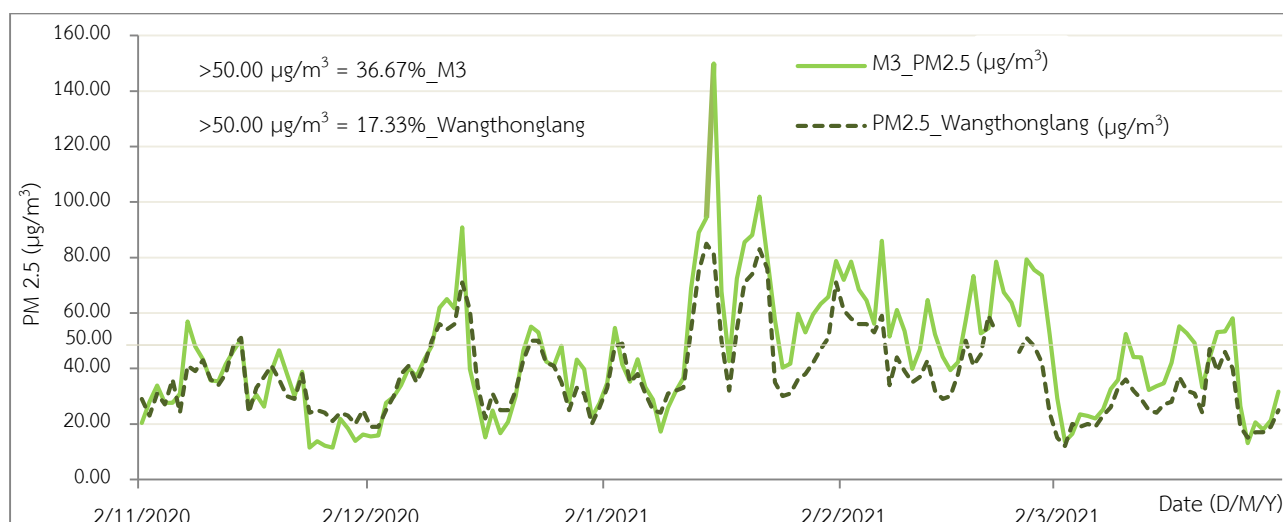
มีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับปานกลาง (มีความเสี่ยงต่อคนกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้ป่วยโรคหัวใจ หลอดเลือด และระบบทางเดินหายใจ) ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 32.14 °C และความชื้นเฉลี่ย 47.90 % RH โดยปริมาณ PM2.5 ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบมีค่า 22.00% (33 วัน จาก 150 วัน) แสดงดังรูปที่ 6

ผลลัพธ์ของ PM2.5 ที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากเครื่องวัดคุณภาพอากาศที่ประดิษฐ์ขึ้นเปรียบเทียบกับปริมาณ PM2.5 จากกรมควบคุมมลพิษ (สถานีริมถนนลาดพร้าว เขตวังทองหลาง) [17] ที่มีค่า PM2.5 ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบ 17.33% (26 วัน จาก 150 วัน) ในช่วงเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งมีความแตกต่างกันเฉลี่ยประมาณ 22.40% (150 วัน) [12] เนื่องจากวิธีการวัดหาค่า โดยเครื่องวัดคุณภาพอากาศที่ประดิษฐ์ใช้หลักการตรวจวัดโดยการกระเจิงของแสง (Light Scattering) บนพื้นฐานทฤษฎีของมี [11] เพื่อวัดขนาดของฝุ่นละอองต่อปริมาตร และเครื่องวัดของกรมควบคุมมลพิษใช้ระบบตรวจวัด

ด้วยวิธีการวิเคราะห์ (Gravimetric Method) ที่ใช้วิธีการดูดอากาศเข้ามาในแผ่นกรองและหาปริมาณฝุ่นจากแผ่นกรอง [18] สถานที่ตั้ง ความเร็วลม และลักษณะสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน เป็นต้น

4.2) ปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOC)

ผลลัพธ์ของการศึกษาปริมาณ TVOC ภายในห้องทำงานมีค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง (1 วัน = 3 คาบ) มีค่า 0.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ คุณภาพอากาศอยู่ในระดับดี (แต่ควรระบายอากาศอยู่เสมอ) โดยปริมาณ TVOC ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบมีค่า 0.89% (4 คาบ จาก 449 คาบ) ภายในอาคารมีค่าเฉลี่ย 0.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ คุณภาพอากาศอยู่ในระดับดี โดยปริมาณ TVOC ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบมีค่า 0.45% (2 คาบ จาก 449 คาบ) และภายนอกอาคารเฉลี่ย 0.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ คุณภาพอากาศอยู่ในระดับดี



รูปที่ 7 : ปริมาณ PM2.5 ภายนอกอาคาร (M3) จากเครื่องวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นเปรียบเทียบกับปริมาณ PM2.5 จากกรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 4 : ปริมาณ TVOC ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

เดือน	ปริมาณ TVOC เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง (mg/m^3)									
	ภายในห้องทำงาน			ภายในอาคาร			ภายนอกอาคาร			ค่าเฉลี่ย
	Max	Min	Avg.	Max	Min	Avg.	Max	Min	Avg.	รวม
พฤศจิกายน	2.77	0.00	0.56	0.28	0.00	0.04	0.89	0.00	0.29	0.30
ธันวาคม	11.26	0.04	0.72	0.68	0.00	0.22	1.54	0.01	0.51	0.48
มกราคม	4.84	0.03	0.68	0.84	0.00	0.35	1.88	0.00	0.48	0.50
กุมภาพันธ์	1.61	0.02	0.46	8.45	0.00	0.43	1.11	0.02	0.34	0.41
มีนาคม	2.54	0.04	0.49	11.95	0.02	0.55	1.20	0.01	0.42	0.49
ค่าเฉลี่ยรวม	0.58			0.32			0.41			0.44

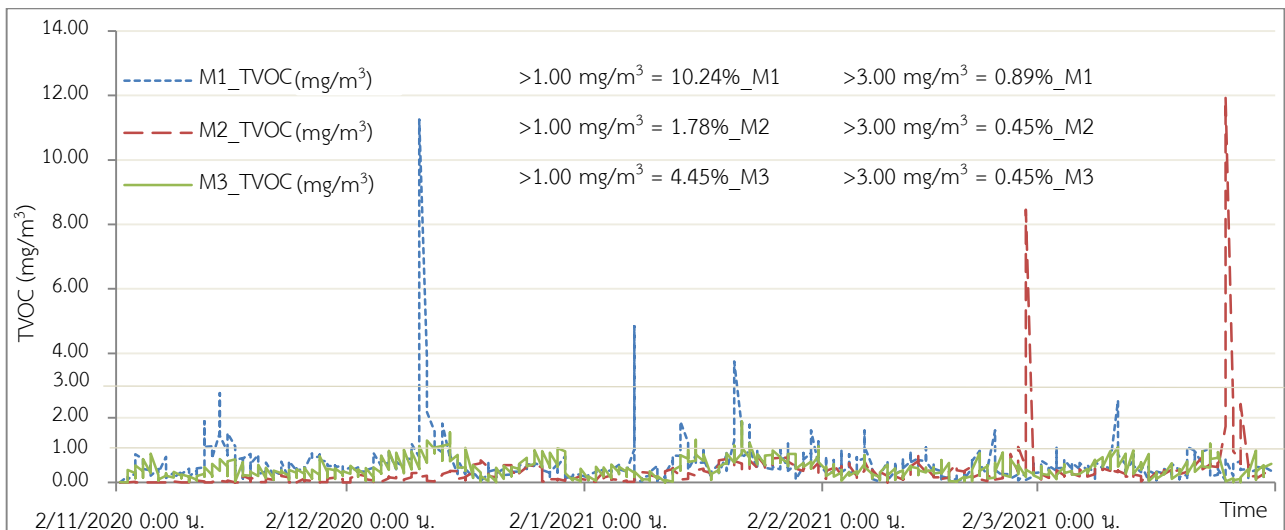
โดยปริมาณ TVOC ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบมีค่า 0.45% (2 คาบ จาก 449 คาบ) แสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 8 ปริมาณ TVOC เกิดขึ้นในช่วงเวลา 8:00–16:00 น. มากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงเวลาทำงาน และในสถานที่ที่มีอากาศปิดจะเกิดผลกระทบมากกว่าสถานที่ที่มีอากาศถ่ายเท ซึ่งภายในห้องทำงานสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ได้ติดตั้งเครื่องระบายอากาศและมีการทำความสะอาดอยู่เป็นประจำ

ผลลัพธ์ TVOC เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่องทั้งภายในห้องทำงานภายในอาคาร และภายนอกอาคาร จาก 449 คาบ (150 วัน) อยู่ที่ $0.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับดี (ควรระบายอากาศเพื่อให้มีอากาศถ่ายเทอยู่เสมอ) เกิดขึ้นในช่วงเวลา 8:00–16:00 น. มากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงเวลาทำงาน ที่อุณหภูมิ

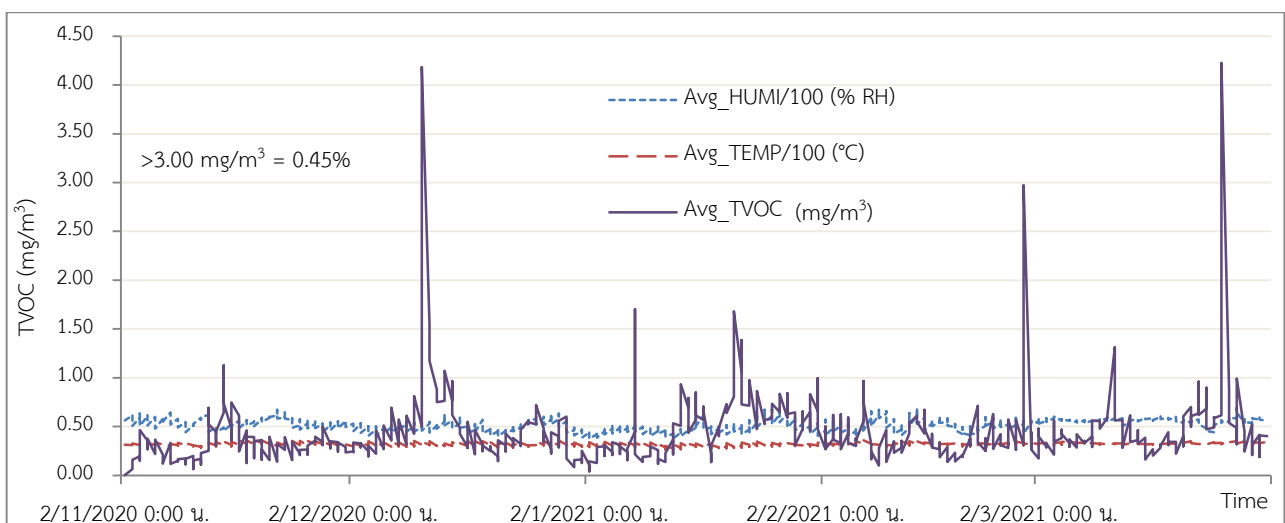
32.14°C และความชื้น $47.90\% \text{ RH}$ เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง โดยปริมาณ TVOC ที่มากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบมีค่า 0.45% (2 คาบ จาก 449 คาบ) แสดงดังรูปที่ 9

4.3) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{CO}_2\text{-eq}$)

ผลลัพธ์ของการศึกษาปริมาณ $\text{CO}_2\text{-eq}$ ภายในห้องทำงานมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง $1122.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ภายในอาคารมีค่าเฉลี่ย $983.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ ภายนอกอาคารเฉลี่ย $922.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ แสดงดังตารางที่ 5 และ รูปที่ 10 ผลลัพธ์ของปริมาณ $\text{CO}_2\text{-eq}$ จากสถานที่ที่มีอากาศปิดจะเกิดผลกระทบมากกว่าสถานที่ที่มีอากาศถ่ายเท



รูปที่ 8 : ปริมาณ TVOC เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากภายในห้องทำงาน (M1) ภายในอาคาร (M2) และภายนอกอาคาร (M3)

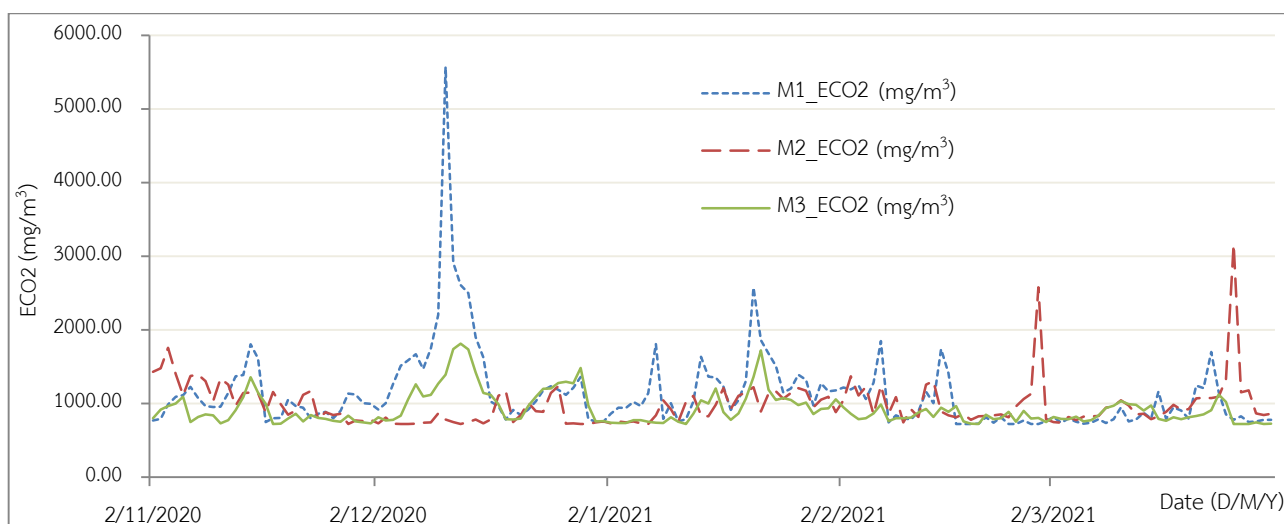


รูปที่ 9 : ปริมาณ TVOC อุณหภูมิ และความชื้น เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

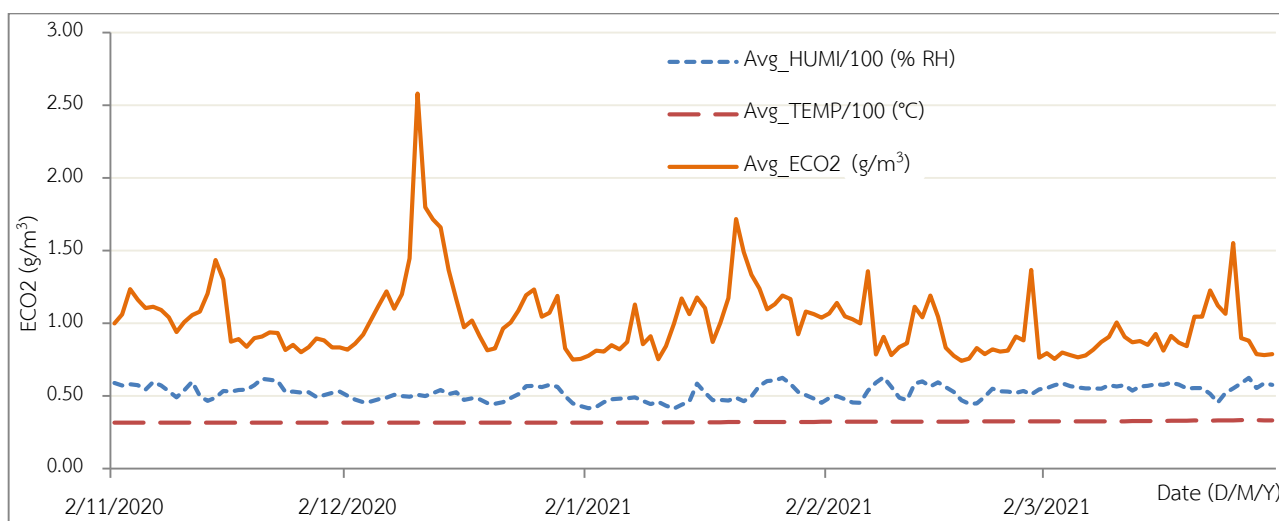
ผลลัพธ์ของปริมาณ CO₂-eq เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่องทั้ง วัน มีค่า 1009.86 ที่อุณหภูมิ 32.14 °C และความชื้น 47.90 %
ภายในห้องทำงาน ภายในอาคาร และภายนอกอาคาร จาก 150 RH เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 11

ตารางที่ 5 : ปริมาณ CO₂-eq ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

เดือน	ปริมาณ CO ₂ -eq เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง (mg/m ³)									ค่าเฉลี่ยรวม
	ภายในห้องทำงาน			ภายในอาคาร			ภายนอกอาคาร			
	Max	Min	Avg.	Max	Min	Avg.	Max	Min	Avg.	
พฤศจิกายน	1804.01	745.22	1035.83	1757.71	720.95	1101.84	1355.53	720.47	867.59	1001.75
ธันวาคม	5569.32	756.23	1509.27	1232.69	720.07	822.96	1812.63	731.37	1127.18	1153.14
มกราคม	2571.56	750.34	1216.55	1221.24	723.20	967.59	1720.00	720.16	931.18	1038.44
กุมภาพันธ์	1847.30	720.05	974.70	2576.95	741.80	1027.98	1056.48	722.52	844.71	949.13
มีนาคม	1699.41	723.61	877.28	3158.10	738.93	999.47	1120.24	720.26	843.75	906.83
ค่าเฉลี่ยรวม	1122.73			983.97			922.88			1009.86



รูปที่ 10 : ปริมาณ CO₂-eq เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง จากภายในห้องทำงาน (M1) ภายในอาคาร (M2) และ ภายนอกอาคาร (M3)



รูปที่ 11 : ปริมาณ CO₂-eq อุณหภูมิ และความชื้น เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564

5) สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาผลกระทบของคุณภาพอากาศ ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2563 ถึง มีนาคม 2564 จากเครื่องวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.14 °C และความชื้นเฉลี่ย 47.90 % RH โดยปริมาณ PM2.5 มีค่าเฉลี่ยภายในห้องทำงาน ภายในอาคารและภายนอกอาคารอยู่ที่ 38.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ คุณภาพอากาศอยู่ในระดับปานกลาง แต่มีความเสี่ยงต่อคนกลุ่มเสี่ยง และมีค่ามากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบ อยู่ 22.00% ปริมาณ TVOC มีค่าเฉลี่ย 0.44 mg/m^3 คุณภาพอากาศอยู่ในระดับดี แต่ควรระวังอากาศอยู่เสมอ เกิดขึ้นในช่วงเวลา 8:00–16:00 น. มากที่สุด และมีค่ามากกว่าระดับเริ่มมีผลกระทบ 0.45% และ ปริมาณ CO₂-eq มีค่าเฉลี่ย 1009.86 mg/m^3 ผลกระทบของ TVOC และ CO₂-eq จะเกิดขึ้นมากที่สุดในสถานที่ที่มีอากาศปิด เพราะอากาศไม่เกิดการถ่ายเท และ PM2.5 จะเกิดขึ้นมากที่ภายนอกอาคาร เพราะแหล่งกำเนิดส่วนมากเกิดขึ้นที่ภายนอก และ ปริมาณ PM2.5 ของเครื่องวัดที่ประดิษฐ์มีความแตกต่างจากปริมาณ PM2.5 ของกรมควบคุมมลพิษอยู่ประมาณ 22.40% เนื่องจากวิธีการวัดหาค่า สถานที่ตั้ง ความเร็วลม ลักษณะสภาพแวดล้อม และสมรรถนะของอุปกรณ์ เครื่องวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นจะมีความอ่อนไหวต่ออากาศขึ้นค่อนข้างมาก ควรติดตั้งเครื่องวัดไว้ในที่น้ำหรือละอองฝนเข้ามาไม่ถึง และควรถอดเซ็นเซอร์ PMS3003 SGP30 และ AM2302 ออกมาทำความสะอาดอยู่เสมอเมื่อสกปรก จะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนลดลง

REFERENCES

- [1] Ministry of Public Health, Nonthaburi, Thailand. *Operation Manual of Medicine and Public Health in Case of PM2.5 in 2020*. (in Thai). (2019). Accessed: Dec. 25, 2020. [Online]. Available: http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/downloads/do_manual_PM2.5.pdf
- [2] T. Ponpiboon, I. Jayasvasti, and A. Roongpisuthipong, "Disaster in the Winter of Particle Matter (PM2.5)," (in Thai), *EAU Heritage J.: Sci. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 40–46, Jun. 2014.
- [3] Bureau of Environmental Health, Department of Health, Ministry of Natural Resources and Environment, "Effect of VOCs," in *Volatile Organic Compounds: VOCs*, Bangkok, Thailand: WVO PRINTING (in Thai), 2012, ch. 2, pp. 7–39. [Online]. Available: https://env.anamai.moph.go.th/web-upload/migrated/files/env/n513_2ab2878f2a72fb61feedcf51190be398_a017.pdf
- [4] S. Junsiri, S. Thongdam, W. malakan, and P. Bunna, "The amount of volatile organic compounds (VOCs) in the working area and health conditions of workers in fuel stations: a case study in City Municipality Ubon Ratchathani province," (in Thai), *J. Sci. Technol. Mahasarakham Univ.*, vol. 36, no. 4, pp. 509–516, Aug. 2017.
- [5] W. Jawjit, S. Jawjit, and T. Kulruttanarak, "Life Cycle Greenhouse Gases Emissions of Processed Frozen Chicken," (in Thai), *Thai Sci. Technol. J.*, vol. 28, no. 9, pp. 1642–1654, Sep. 2020.
- [6] Bureau of Environmental Health, Department of Health, Ministry of Natural Resources and Environment, "Carbon Footprint," in *Health Service Center with Carbon Footprint*, 3rd ed. Bangkok, Thailand: Rongpimbuddha-press (in Thai), 2014, ch. 3, pp. 18–25. [Online]. Available: http://203.157.71.139/group_sr/allfile/1588988146.pdf
- [7] Air Quality and Noise Management Bureau, "Thailand's air quality Information," Pollution Control Department, Bangkok, Thailand. (in Thai). Accessed: Mar. 31, 2021. [Online]. Available: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php
- [8] C. Meyer, *Overview of TVOC and Indoor Air Quality*. (2021). Accessed: May. 10, 2021. [Online]. Available: <https://www.renexas.com/us/en/document/whp/overview-tvoc-and-indoor-air-quality>
- [9] N. Nuansawan, J. Pinnate, and T. Triwong, "Influence of Air Quality in Green Buildings on Comfortable Conditions," (in Thai), *J. Ind. Technol.*, vol. 16, no. 2, pp. 55–65, Aug. 2020.
- [10] T. K. Boguski, "Understanding Units of Measurement," *Environmental Science and Technology Briefs for Citizens*, no 2, pp. 1–2, Oct., 2006. [Online]. Available: <https://eng.ksu.edu/CHSR/outreach/resources/docs/2UnitsofMeasure022508.pdf>
- [11] Plantower Co., Ltd, Shunyi, Beijing, China. *PMS3003 series data manual*. (2016). [Online]. Available: <http://www.plan tower.com/en/content/?107.html>



- [12] T. Zheng, *et al.*, “Field evaluation of low-cost particulate matter sensors in high- and low-concentration environments,” *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 11, no. 8, pp. 4823–4846, 2018.
- [13] O. Phonrit, N. Arnansanti, N. Laotrakulngam, and N. Wattana, “Measuring Dust System in the Air on Smartphone Devices,” (in Thai), *J. Inf. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–9, Jun. 2020.
- [14] G. Yurko *et al.*, “Real-Time Sensor Response Characteristics of 3 Commercial Metal Oxide Sensors for Detection of BTEX and Chlorinated Aliphatic Hydrocarbon Organic Vapors,” *Chemosensors*, vol. 7, no. 3, Sep. 2019.
- [15] Z. Busabong, T. Saenkham, N. Poonsunk, and M. Dechbandid, “Developing an Online Blood Bank Management System with a Blood Bank Temperature Monitoring Device using Internet of Things Technology: a Case Study of Phutthaisong Hospital, Phutthaisong District, Buriram Province,” (in Thai), *J. Manage. Rajabhat Maha Sarakham Univ.*, vol. 7, no. 1, pp. 40–50, Jun. 2020.
- [16] T. Muangpool and O. Intharasombat, “Heat Transfer Development using Cooling Copper Tube and Microcontroller,” (in Thai), *J. Innov. Technol. Manage. Rajabhat Maha Sarakham Univ.*, vol. 4, no. 2, pp. 47–56, Dec. 2017.
- [17] Air Quality and Noise Management Bureau, “Thailand's air quality and situation reports,” Pollution Control Department, Bangkok, Thailand. (in Thai). Accessed: May. 5, 2021. [Online]. Available: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download_report.php?file=bkk_pm25_2021
- [18] Air Quality and Noise Management Division, “Standard of general particulate matter in air of Thailand,” in *Manual of Measuring Particulate Matter in Air*, Bangkok, Thailand: PCD. MNRE, (in Thai), 2003, ch. 2, sec. 2.2, pp. 4–5. [Online]. Available: <http://infofile.pcd.go.th/air/DustinAmbient.pdf>