

การจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ESPReL กรณีศึกษา ห้องปฏิบัติการไมโครเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Laboratory Safety management in Accordance with ESPReL Standards: A case Study of Microtechnique Laboratory, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University

ปริศนา พันธงาม¹ มัลลิกา ปัญญาคะโป² และ อุมาร์จน์ สันติสุขเกษม³

Prisana Phanngam¹ Mallika Panyakapo² and Umarat Santisukkasaem³

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท ²รองศาสตราจารย์ และ ³อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

¹Master student, ²Associate professor and ³Lecturer, Department Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University

*Corresponding author; E-mail: prisana.pha@gmail.com

Received: 09 June 2020 /Revised: 16 July 2020 /Accepted: 25 August 2020

บทคัดย่อ

ความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้ปฏิบัติงานทุกคน ดังนั้นสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติจึงได้กำหนดแนวทางการจัดการความปลอดภัยตามมาตรฐาน ESPReL ซึ่งประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบริหารระบบการจัดการความปลอดภัย 2) ระบบการจัดการสารเคมี 3) ระบบการจัดการของเสีย 4) ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ 5) ระบบป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย 6) การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ และ 7) การจัดการข้อมูลและเอกสาร ห้องปฏิบัติการไมโครเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ได้ดำเนินการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการตามแนวทางนี้ ผลการดำเนินการพบว่าการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้ง 7 องค์ประกอบ โดยตอนเริ่มโครงการในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 มีคะแนนรวมเพียงร้อยละ 22.3 และเมื่อสิ้นสุดโครงการในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีคะแนนรวมเท่ากับร้อยละ 87.0 โดยเมื่อพิจารณาคะแนนในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ร้อยละของคะแนนขององค์ประกอบที่ 7 การจัดการข้อมูลและเอกสาร มีคะแนนสูงสุดร้อยละ 100 เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่จัดการได้ง่ายและสามารถจัดทำและรวบรวมเอกสารได้พร้อม ๆ กับการดำเนินงานยกระดับขององค์ประกอบอื่น ๆ และในองค์ประกอบที่ 3 ระบบการจัดการของเสีย มีคะแนนร้อยละ 82.5 ซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด เพราะในองค์ประกอบนี้ยังมีข้อจำกัดในการส่งบำบัดและกำจัดของเสียของห้องปฏิบัติการ เนื่องจากต้องใช้งบประมาณและแผนงานในระยะยาวในการบริหารจัดการเพื่อ



รอส่งกำจัดต่อไป อย่างไรก็ตามองค์ประกอบนี้มีคะแนนเพิ่มขึ้นมากเนื่องจากการดำเนินงานตามแผนงานระยะสั้น เช่น ด้านการจัดการข้อมูล ของเสีย การเก็บของเสีย และการลดการเกิดของเสีย

คำสำคัญ : การจัดการความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มาตรฐาน ESPReL ห้องปฏิบัติการไมโครเทคนิค

Abstract

Laboratory safety is very important for all laboratory staffs and students. Therefore, the National Research Council of Thailand has established safety management guidelines in accordance with the ESPReL standard, which consists of 7 components as follows: (1) system administration of safety management, (2) chemical management systems, (3) waste management system, (4) physical characteristics of the laboratory equipment and tools, (5) hazard prevention and correction system, (6) providing basic knowledge about laboratory safety and (7) data and document management. The microtechnique laboratory, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University has implemented the safety management in accordance with this approach. The results showed the significant improvement of all components. At the beginning of the project in September 2019, the total score is 22.3 percent whereas at the end of the project in February 2020, the total score is 87.0 percent. When considering in each component, the score of the 7th component: data and document management; has reached the full score of 100 percent as it is an easy to manage element and the documents can be prepared and compiled simultaneously with the enhancement operations of the 1st-6th components. However, the 3rd component has the least score of 82.5 percent due to the limitations of laboratory waste delivery, treatment and disposal which the additional budget and long-term management plan and need. However the score of this component is significantly increased because of the short-term implementations such as management of waste data, waste collection and waste minimization.

Keywords: ESPReL standards, Laboratory safety management, Microtechnique laboratory

บทนำ

มาตรฐานความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ มักเกี่ยวข้องกับการจัดการด้านสารเคมี การกำจัดของเหลือ ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการรวมถึง สิ่งอื่นใดที่ส่งผลถึงความปลอดภัยด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน [1] ประเทศไทยมีสถาบันการศึกษา ทั้งภาครัฐและเอกชนที่มีห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการดำเนินกิจกรรมด้านการศึกษา วิจัย และการบริการวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ที่ใช้ อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และสารเคมี ซึ่งก่อให้เกิดอันตราย และเสี่ยงต่อความปลอดภัยของ อาจารย์ นักศึกษา ผู้รับบริการ รวมทั้งพนักงานทำความสะอาด ในห้องปฏิบัติการเหล่านั้น มีการใช้ สารเคมีหลากหลายชนิด สารเคมีบางชนิด เช่น สารก่อมะเร็ง สารกัดกร่อน สารเป็นพิษ สารไวไฟ สารออกซิไดซ์ วัตถุระเบิด สารที่ไวต่อปฏิกิริยา สารในรูป เปรอออกไซด์ เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพที่เกิดจากกิจกรรมการวิจัยในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันไป [2] ดังนั้น สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จึงสนับสนุนให้มีการดำเนินงานโครงการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand ; ESPReL) โดยกำหนดแนวทางการจัดการความปลอดภัยตามมาตรฐาน ESPReL 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบริหารระบบการจัดการความปลอดภัย 2) ระบบการจัดการสารเคมี 3) ระบบการจัดการของเสีย 4) ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ 5) ระบบป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย 6) การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยใน

ห้องปฏิบัติการ และ 7) การจัดการข้อมูลและเอกสาร [3]

ห้องปฏิบัติการไม่โครเทคนิค สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน การวิจัยของนักศึกษานักวิทยาศาสตร์ และอาจารย์ ในด้านพฤกษศาสตร์ และสัตววิทยาตามขั้นตอนของเทคนิคการทำสไลด์ถาวรพืช และสัตว์ โดยใช้เทคนิคพาราฟิน รวมทั้งการใช้วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือพิเศษทางด้านไมโครเทคนิค ส่งผลให้มีโอกาสเสี่ยงให้เกิดอันตรายจากการใช้สารเคมีอันตราย เครื่องมือต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและประเมินสถานภาพความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ESPReL ประเมินความเสี่ยงของห้องปฏิบัติการ และจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการให้สอดคล้องตามมาตรฐาน ESPReL ทำให้ทราบถึงผลการประเมินสถานภาพความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ แนวทางและกระบวนการจัดการความปลอดภัย สามารถยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการให้สอดคล้องตามมาตรฐาน ESPReL จนส่งผลให้เกิดความปลอดภัยต่อนักศึกษา อาจารย์ นักวิทยาศาสตร์ได้

วิธีการดำเนินงาน

1) ห้องปฏิบัติการไม่โครเทคนิค

ห้องปฏิบัติการไม่โครเทคนิค (ศว 413) ตั้งอยู่ที่ชั้น 4 อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี อาคารมี 4 ชั้น มีอายุการใช้งานมากกว่า 25 ปี สภาพภายนอกค่อนข้าง

เก่าและทรุดโทรม ห้องปฏิบัติการดังกล่าวมีขนาด 21 ตารางเมตร เดิมเป็นห้องที่ใช้สำหรับจัดเก็บวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดและไม่ได้ใช้งาน ต่อมาเมื่อ ปี พ.ศ. 2558 ได้ก่อตั้ง ห้องปฏิบัติการไมโครเทคนิค เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาพฤกษศาสตร์ สัตววิทยา ดำเนินกิจกรรมการวิจัย และการบริการวิชาการ เพื่อศึกษาสรีรวิทยา และสัณฐานวิทยาของพืชและสัตว์ ทั้งนี้การสำรวจห้องปฏิบัติการมาประเมินคะแนนความปลอดภัยโดยใช้ ESPReL Checklist ตาม มอก. 2677-2558 ทั้ง 7 องค์ประกอบ จำนวน 162 ข้อ (กองมาตรฐานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2558) และวางแผนการดำเนินงานโดยกำหนดความถี่ในการตรวจประเมินตามแผนงานอย่างต่อเนื่องทุก 1-2 เดือน โดยตั้งเป้าหมายเพื่อยกระดับความปลอดภัยตั้งแต่ระดับขั้นพื้นฐาน ที่ผ่านการประเมินสถานภาพ ความปลอดภัย ESPReL Checklist ขั้น พื้น ฐาน จำนวน 137 ข้อ จากทั้งหมด 162 ข้อ มุ่งสู่ระดับต้นแบบที่มีการยกระดับความปลอดภัยอย่างมีกระบวนการและผลผลิตที่เป็นรูปธรรม ทั้ง 7 องค์ประกอบ หรือองค์ประกอบเฉพาะด้าน โดยประเมินผ่านความปลอดภัยขั้นพื้นฐานขององค์ประกอบนั้น ๆ ซึ่งผลการประเมินจะมีระดับคะแนนเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 80 แผนผังห้องแสดงดัง Figure 1 และรูปถ่ายห้องปฏิบัติการก่อนการยกระดับความปลอดภัยซึ่งไม่สะอาดและไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยแสดงดัง Figure 2

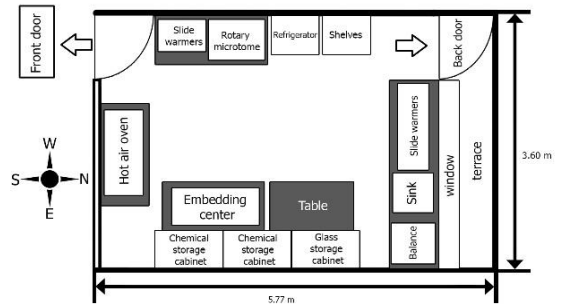


Figure 1. Microtechnique laboratory layout



Figure 2. (A) The front of microtechnique laboratory prior to the management, (B) The balcony of microtechnique laboratory prior to the implementation and (C) The interior of microtechnique laboratory prior to the implementation

2) ขั้นตอนการดำเนินงาน ประกอบด้วย

2.1) ลงทะเบียนห้องปฏิบัติการในเว็บไซต์ของกองมาตรฐานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ URL: esprel.labsafety.nrct.go.th

2.2) ทำการสำรวจห้องปฏิบัติการก่อนดำเนินการยกระดับความปลอดภัย เพื่อประเมินคะแนนเริ่มต้นตาม ESPReL Checklist version 2015 ทั้ง 7 องค์ประกอบ โดย Checklist ตาม มอก.2677-2558 มีทั้งหมด 162 ข้อ

2.3) นำประเด็นต่าง ๆ ตาม ESPReL Checklist มาประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What if analysis [4] เพื่อจัดลำดับความสำคัญ และวางแผนการจัดการยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

2.4) ดำเนินการยกระดับความปลอดภัยตามแผน และทำการประเมินตนเองในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 และ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 เพื่อทราบความก้าวหน้าของการดำเนินการ

2.5) รับการตรวจประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจากศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (COSHEM) มหาวิทยาลัยมหิดล สรุปคะแนนและแนวทางพัฒนาห้องปฏิบัติการ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การดำเนินงานยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการไมโครเทคนิคเริ่มตั้งแต่เดือนกันยายนพ.ศ. 2562 จนถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2563 โดยผลการดำเนินงานทั้ง 7 องค์ประกอบ มีดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การบริหารระบบการจัดการ

ก่อนการยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการพบว่านโยบายด้านความปลอดภัยครอบคลุมในระดับมหาวิทยาลัย ระดับคณะ แต่ไม่ครอบคลุมในระดับภาควิชาและห้องปฏิบัติการ ไม่มีแผนงานด้านความปลอดภัยในระดับห้องปฏิบัติการ ไม่มีโครงสร้างการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย และไม่มีกำหนดผู้รับผิดชอบดูแลด้านความปลอดภัยในด้านต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ESPReL

การดำเนินการยกระดับความปลอดภัย ส่งผลให้ร้อยละของคะแนนของห้องปฏิบัติการ ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 เพิ่มขึ้น เนื่องจากได้มีการจัดการเกี่ยวกับระบบการจัดการด้านความปลอดภัย การจัดทำนโยบาย การจัดทำแผนงานด้านความปลอดภัยครอบคลุมในระดับคณะ ภาควิชา และห้องปฏิบัติการ มีโครงสร้างการบริหารจัดการ และกำหนดผู้รับผิดชอบดูแลด้านความปลอดภัย ทั้งนี้พบว่าคะแนนการประเมินส่วนที่ขาดหายไป เกิดจากการที่ห้องปฏิบัติการยังขาดประเด็นด้านการมีแผนงานด้านความปลอดภัยที่ครอบคลุมในระดับมหาวิทยาลัย ร้อยละของคะแนนองค์ประกอบที่ 1 แสดงดัง Figure 3

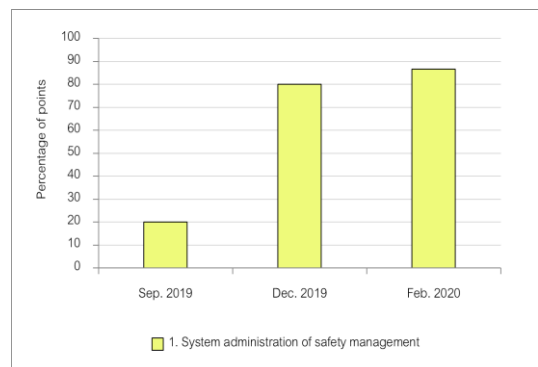


Figure 3. The percentage of laboratory scores according to the 1st component

องค์ประกอบที่ 2 ระบบการจัดการสารเคมี

องค์ประกอบที่ 2 ระบบการจัดการสารเคมี ตามที่ห้องปฏิบัติการมีการใช้สารเคมีหลายชนิดตามวัตถุประสงค์ของการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน การวิจัย ของห้องปฏิบัติการ ความปลอดภัยของการใช้สารจึงได้รับการตระหนักในแวดวงของผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น การวิเคราะห์โดยใช้ระบบ Exploratory Factor

Analysis (EFA) ของ Abbas et al. [5] รวมถึง การศึกษาโดยการออกแบบสอบถามในประเด็นที่ เกี่ยวข้อง [6, 7, 8] องค์ประกอบนี้ประกอบด้วย 3 ข้อ ย่อย ได้แก่ 2.1 การจัดการข้อมูลสารเคมี 2.2 การ จัดเก็บสารเคมี 2.3 การเคลื่อนย้ายสารเคมี ก่อนการ จัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการไม่มีการบันทึกข้อมูลสารเคมี ไม่มี หลักเกณฑ์ในการจัดเก็บสารเคมีที่ถูกต้อง เช่น ไม่แยก ความเข้ากันไม่ได้ของสารต่าง ๆ จัดวางสารเคมี ของแข็งปนกับของเหลว และไม่มีภาชนะรองรับ จัด วางสารเคมีประเภทกรดไว้ได้อย่างล้างมือ ดัง Figure 4



Figure 4. (A) The untidiness and mismanagement of chemical storage, (B) The storage of liquid and solid chemical together, (C) The storage of acid chemical under the sink and (D) The storage of liquid chemical without tray (before the implementation)

การดำเนินการยกระดับความปลอดภัย ส่งผลให้ร้อยละของคะแนนของห้องปฏิบัติการ ใน เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 เพิ่มขึ้น เนื่องจากได้มีการ จัดทำสารบบสารเคมี เก็บสารเคมีของแข็งแยกออก จากของเหลว และการแยกกลุ่มของสารตามความเข้า

กันไม่ได้ (Incompatibility chart) [18] จัดทำข้อมูล รายชื่อสารเคมี ชื่อผู้รับผิดชอบดูแลตู้และสัญลักษณ์ ความเป็นอันตรายหน้าตู้เก็บสารเคมีในการ เคลื่อนย้ายสารเคมี มีการจัดซื้ออุปกรณ์ป้องกัน ส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสมและเพียงพอต่อ ผู้ใช้งาน โดยการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเพื่อ ป้องกันตัวเองเมื่อทำงานกับสารเคมีอันตราย ตัวอย่าง ทั่วไปของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ได้แก่ เสื้อกาวน์, รองเท้านิรภัย, ถุงมือนิรภัย, แว่นตานิรภัย, หน้ากาก ป้องกัน ใบหน้ารวมทั้งจัดซื้อภาชนะรองรับ (secondary retainer) วัสดุดูดซับ และวัสดุกัน กระแทก [3] ดัง Figure 5



Figure 5. (A) Putting up the safety sign on the chemical storage cabinet, (B) Trays for corrosive chemical storage, (C) List of chemical and responsible person and (D) Use of chemical and adsorbents tray during external transportation (after the implementation) ทั้งนี้ยังพบว่า ยังมีคะแนนการประเมินส่วนที่ขาด หายไป เนื่องจากขาดประเด็นด้านการจัดการข้อมูล สารเคมี ที่มีการใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อการบริหาร

จัดการในการแบ่งปันสารเคมี ร้อยละของคะแนนองค์ประกอบที่ 2 แสดงดัง Figure 6

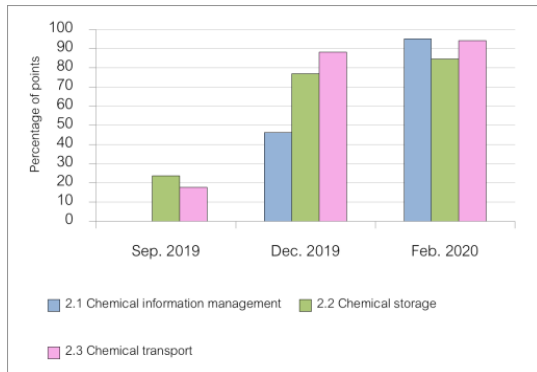


Figure 6. The percentage of laboratory scores according to the 2nd component

องค์ประกอบที่ 3 ระบบการจัดการของเสีย

ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากของเสียที่เกิดจากห้องปฏิบัติการในรูปของเป็นกรด โลหะหนัก สารละลายและผลิตภัณฑ์ที่ได้ ที่มีต่อสภาพแวดล้อม เป็นสิ่งที่ต้องผู้เกี่ยวข้องพึงตระหนักมาโดยตลอด [9] ดังแสดงให้เห็นว่าแต่ละแห่งมีมาตรการ/คู่มือ (Guideline) ในการจัดการสารเคมีในห้องปฏิบัติการ [8] [10, 11, 12] องค์ประกอบที่ 3 นี้ประกอบด้วย 4 ข้อย่อย ได้แก่ 3.1 การจัดการข้อมูลของเสีย 3.2 การเก็บของเสีย 3.3 การลดการเกิดของเสีย 3.4 การบำบัดและกำจัดของเสีย ก่อนดำเนินการยกระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ ไม่มีการบันทึกและรายงานข้อมูลของเสีย ไม่มีการแยกของเสียอันตรายออกจากของเสียทั่วไป และจัดเก็บของเสียไวไฟใกล้ปลั๊กไฟ เป็นต้น นอกจากนี้ มักจะพบว่าผู้ปฏิบัติงานทั้งสารเคมีของเสียโดยตรงกับอ่างล้างมือ และยังไม่มีการส่งของเสียไปกำจัดกับบริษัทที่รับกำจัดดัง Figure 7



Figure 7. The waste container and waste storage area (before the implementation)

การดำเนินการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการได้มีการสำรวจและบันทึกข้อมูลของเสียทั้งหมดภายในห้องปฏิบัติการ มีการประเมินความเสี่ยงจากอันตรายของของเสีย รายงานข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น ตลอดจนการจัดเตรียมงบประมาณในการกำจัด แต่เนื่องจากห้องปฏิบัติการยังไม่มีการส่งกำจัดของเสียกับบริษัทรับกำจัด ดังนั้นจึงดำเนินการจัดเก็บของเสียไว้ในห้องปฏิบัติการ แต่อยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนดในการจัดเก็บของเสียที่เหมาะสม ซึ่งใช้เกณฑ์การจัดจำแนกกลุ่มของเสียของห้องปฏิบัติการ [13] และวางแผนการรวบรวมของเสียเพื่อรอส่งกำจัดต่อไป ทำการติดฉลากของเสีย บ้ายจุดวาง และจัดให้มีพื้นที่จัดวางของเสียที่แน่นอนดัง Figure 8 และทำสัญลักษณ์พื้นที่จัดวางของเสีย ด้วยแถบสีแดง และมีการกำจัดของเสีย (disposal) อย่างปลอดภัยตามหลัก 3Rs [14] ด้วยการลดการเกิดของเสีย เช่น การเตรียมสารละลายคงสภาพเนื้อเยื่อ Formaldehyde Acetic Acid ในปริมาณที่เหมาะสม และการนำสารละลายหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ เช่น Formalin, Acetic acid, สีย้อมซาฟรานิน, สีย้อมฟาสกรีน,

Alcohol (50-95 %) และ Paraplast เป็นต้น ร้อยละของคะแนนองค์ประกอบที่ 3 แสดงใน Figure 9



Figure 8. The appropriate waste container specifically for flammable chemical and stored away from heat, fire sources and flame (after the implementation)

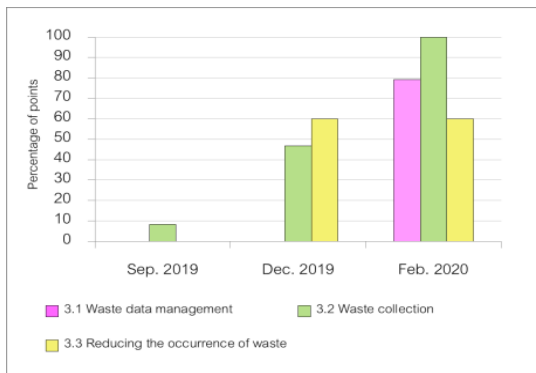


Figure 9. The percentage of laboratory scores according to 3rd component

องค์ประกอบที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ

การสำรวจและตรวจทดสอบในด้านลักษณะทางกายภาพของอาคารและห้องปฏิบัติการ ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ องค์ประกอบหนึ่งในองค์ประกอบของความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการทั้ง 7 ด้าน ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี มอก. 2677 [15] องค์ประกอบนี้ประกอบด้วย 7 ข้อย่อย ได้แก่ 4.1 งานสถาปัตยกรรม 4.2 งานสถาปัตยกรรมภายใน 4.3 งานวิศวกรรมโครงสร้าง 4.4 งานวิศวกรรมไฟฟ้า 4.5 งานวิศวกรรมสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม 4.6 งานวิศวกรรมระบบระบายอากาศและปรับอากาศ 4.7 งานระบบฉุกเฉินและระบบติดต่อสื่อสาร ก่อนทำการยกระดับความปลอดภัย ภายในห้องปฏิบัติการพบรอยแตกร้าวบริเวณผนัง ฝ้าเพดานชำรุด ลูกบิดประตูชำรุด เนื่องจากอาคารเก่า มีอายุการใช้งานมากกว่า 25 ปี ใช้อุปกรณ์สายไฟฟ้า เต้ารับ เต้าเสียบ ที่ยังไม่ได้มาตรฐาน มีการต่อสายพวงซึ่งใช้งานเกิน 8 ชม. ตามข้อกำหนดของมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) สวิตช์ไฟชำรุด ประตูมีการติดสติ๊กเกอร์ทึบแสง ทำให้ไม่มีช่องสำหรับมองจากภายนอก (vision panel) ไม่มีระบบแยกระบบน้ำทิ้งทั่วไปกับระบบน้ำทิ้งปนเปื้อนสารเคมีออกจากกัน ไม่มีป้ายชื่อห้องปฏิบัติการ และข้อมูลสำหรับติดต่อสื่อสารของห้องปฏิบัติการในกรณีภาวะฉุกเฉิน ไม่มีระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ด้วยมือ และไม่มีถังดับเพลิงเคลื่อนที่ติดตั้งภายในห้องปฏิบัติการ และภายนอกห้องปฏิบัติการ จะมีการติดตั้งถังดับเพลิงแบบเคลื่อนที่ แต่ก็อยู่สูงเกินกว่าระดับที่มาตรฐานกำหนด (มาตรฐาน : การติดตั้งเครื่องดับเพลิง จะต้องติดตั้งอยู่ในบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและสามารถหยิบฉวยเพื่อนำไปใช้ ในการดับเพลิงได้โดยสะดวก ต้องไม่เกิน 150 เซนติเมตรจากพื้นถึงคันบีบ) และขาดการตรวจสอบลักษณะทาง

กายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือที่เป็นรูปธรรม ดัง Figure 10

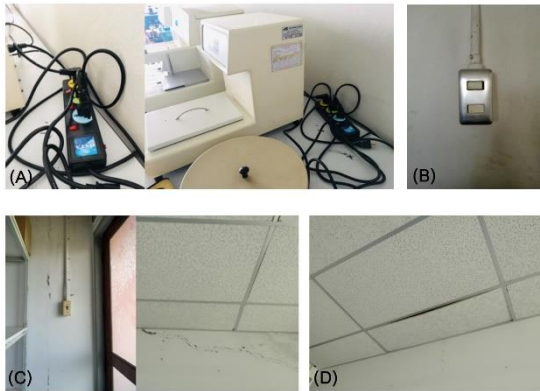


Figure 10. (A) Non standard wiring, plugs, sockets and use extension cord for over 8 hours, (B) Damaged electrical switch, (C) Damaged wall and (D) Damaged ceiling (before implementation)

การดำเนินการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการได้มีการซ่อมลูกบิดประตูใหม่ จัดซื้อเต้ารับเต้าเสียบตรงตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ทำการลอกสติกเกอร์ที่หน้าประตูห้องปฏิบัติการ และติดเพียงบางส่วนโดยเว้นช่องให้มีช่องสำหรับมองจากภายนอก (vision panel) ได้เพื่อสามารถมองเห็นอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานเพียงลำพัง สามารถช่วยเหลือได้อย่างรวดเร็ว [3] จัดทำป้ายชื่อห้อง แผนผังแสดงตำแหน่งและเส้นทางหนีไฟ ข้อมูลสำหรับติดต่อสื่อสารและตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ฉุกเฉินของห้องปฏิบัติการ จัดซื้อขวดสเปรย์ดับชนิดโฟมติดตั้งไว้ภายในห้องปฏิบัติการ และแก้ไขการติดตั้งถังดับเพลิงแบบเคลื่อนที่บริเวณนอกห้องปฏิบัติการให้อยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนด

(มาตรฐาน : ไม่เกิน 150 เซนติเมตร จากพื้นถึงคันบีบ) อ้างอิงตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย วสท. 3002-51 และตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540) และฉบับที่ 55 (พ.ศ.2543) ดัง Figure 11

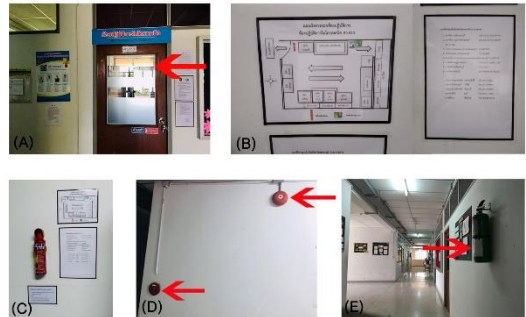


Figure 11. (A) Vision panel door, (B) Layout showing important information, (C) Portable foam fire extinguisher, (D) External hand fire alarm system and (E) Install fire extinguisher at less than 150 cm height from floor to discharge lever (after the implementation)

เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ เป็นองค์ประกอบที่อาจทำให้สมบรูณ์ได้ยาก เพราะอาคารมีอายุการใช้งานมายาวนาน จึงมีความเสื่อมโทรมตามสภาพการใช้งาน ดังนั้นแนวปฏิบัติบางข้ออาจยังไม่สามารถดำเนินการได้ เช่น การติดตั้งแสงสว่างฉุกเฉินภายในห้องปฏิบัติการ การแยกน้ำทิ้งทั่วไปกับน้ำทิ้งปนเปื้อนสารเคมี เป็นต้น โดยได้มีการกำหนดงานที่ยังไม่สามารถดำเนินการเป็นแผนงานระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล [16] ที่กล่าวว่า ต้องใช้งบประมาณและเวลา

ในการทำงานค่อนข้างมาก ต้องมีการวางแผนเพื่อจัดสรรงบประมาณจากทางคณะและดำเนินการจัดจ้างบริษัทรับเหมาก่อสร้าง เข้ามาดำเนินการปรับปรุง เช่น การปรับปรุงและติดตั้งระบบสุขาภิบาล และสิ่งแวดล้อม ร้อยละของคะแนนตามองค์ประกอบที่ 4 แสดงใน Figure 12

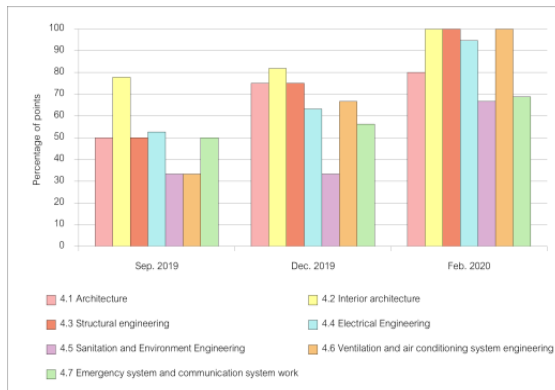


Figure 12. The percentage of laboratory scores according to the 4th component

องค์ประกอบที่ 5 ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย

จากความสำคัญของการเตรียมความพร้อมเพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด [12] องค์ประกอบนี้ประกอบด้วย 3 ข้อย่อย ได้แก่ 5.1 การบริหารความเสี่ยง 5.2 การเตรียมความพร้อม/ตอบโต้เหตุภาวะฉุกเฉิน 5.3 ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยโดยทั่วไป ก่อนดำเนินการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ไม่มีระเบียบ ไม่มีสัดส่วนและไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน ยังไม่มีการจัดทำการบริหารความเสี่ยง ไม่มีอุปกรณ์สำหรับตอบโต้เหตุฉุกเฉิน ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipments, PPE) ไม่มีป้ายแนะนำแนวปฏิบัติหรือเอกสารคู่มือที่ชัดเจน และ มีการจัดวาง

อุปกรณ์เครื่องมือ และสารเคมีปนกันทั้งบนโต๊ะปฏิบัติการและชั้นวางของ ดัง Figure 13



Figure 13. (A) Untidy and inappropriate working area in the laboratory and (B) Storage of equipment, tools and chemicals together both on the laboratory bench and shelf (before the implementation)

การดำเนินการยกระดับความปลอดภัยได้ประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) และจำแนกประเภทอันตรายในห้องปฏิบัติการ (ACHIL) [17] ในระดับบุคคล และห้องปฏิบัติการ ผลการประเมินความเสี่ยง พบว่าประเด็นที่มีความเสี่ยงสูงมาก ได้แก่ ไม่มีการแยกเก็บสารเคมีตามสมบัติการเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจินดาวัลย์ เพ็ชรสูงเนิน และคณะ [18] วางขวดสารเคมีได้วางล้างมือ จัดเก็บสารไวไฟในระดับที่ต่ำและไม่จัดไว้ในตู้ที่เหมาะสม เก็บกรดไว้ใกล้กับตัวทำลายอินทรีย์ เช่น Alcohol ชนิดต่าง ๆ และ Ether ไม่มีเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data

Sheet , SDS) ไม่มีพื้นที่จัดเก็บของเสียที่แน่นอน และ
ไม่บำบัดของเสียก่อนทิ้ง ไม่มีการแสดงข้อมูลผังพื้น
ตำแหน่งเส้นทางหนีไฟและอุปกรณ์ฉุกเฉิน และยังไม่มี
มีการสื่อสารความเสี่ยง และประเด็นที่มีความเสี่ยงสูง
ได้แก่ ไม่เก็บสารเคมีของแข็งแยกออกจากของเหลว
ไม่ระบุข้อมูลรายชื่อสารเคมี ชื่อผู้รับผิดชอบดูแลตู้
และสัญลักษณ์ความเป็นอันตราย ไม่ติดฉลากภาชนะ
บรรจุของเสีย พบรอยแตกรั่วบริเวณผนัง
ห้องปฏิบัติการ ไม่มีแนวปฏิบัติด้าน ความ
ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงมีการจัดการ
ความเสี่ยง (Risk treatment) ได้แก่ จัดทำคู่มือ/แนว
ปฏิบัติ การสอน และการแนะนำแก่ผู้ปฏิบัติงาน และ
มีการสื่อสารความเสี่ยงด้วยวิธีและรูปแบบต่าง ๆ
ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Omidvari [19]
และ Finster [12] ที่กล่าวว่า การสื่อสารความเสี่ยง
(Risk communication) เป็นขั้นตอนที่องค์กรต้อง
ถ่ายทอดข้อมูลให้ประชาชนรับทราบโดยผ่าน
การสื่อสารรูปแบบต่าง ๆ เช่น การติดป้ายสัญลักษณ์
อ้างอิงตามระบบ GHS (Globally Harmonised
System for Classification and labeling of
Chemicals) และระบบการจัดกลุ่มสารเคมี การติด
ฉลาก และการแสดงรายละเอียดบนเอกสารข้อมูล
ความปลอดภัย (SDS) ระบุจุดอันตรายและพื้นที่เสี่ยง
[20] โดยพื้นที่ทำงานที่มีความเสี่ยงสูงซึ่งแสดงด้วย
แถบกาวยาสีเหลือง จนถึงสูงมากแสดงด้วยแถบกาวยาสี
แดง จัดซื้อและติดตั้งชุดขูดล้างตาแบบฉุกเฉิน
เวชภัณฑ์ ชุดอุปกรณ์สำหรับสารเคมีหกทั่วไหล
อุปกรณ์ทำความสะอาด ติดป้ายบอกตำแหน่งที่จัด
วางอุปกรณ์พร้อมตอบโต้ภาวะฉุกเฉินเสมอ ดัง

Figure 14 และร้อยละของคะแนนตามองค์ประกอบที่
5 แสดงใน Figure 15



Figure 14. (A) Identification of working area:
yellow tape for high risk area and red tape
for extreme risk area, (B) Eye wash equipment
and inspection, (C) The provision and putting up
sign of location of chemical spill cleanup kits
and (D) Putting up of several signs
(after the implementation)

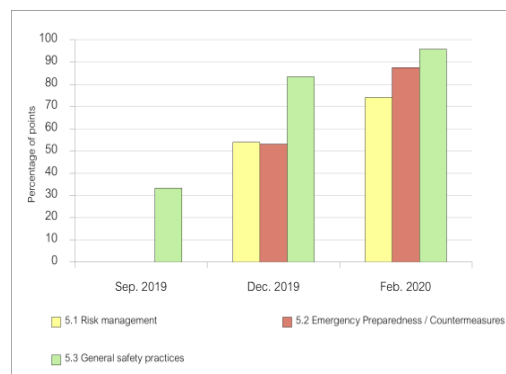


Figure 15. The percentage of laboratory scores
according to the 5th component

องค์ประกอบที่ 6 การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ ด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

ถึงแม้องค์กรหรือหน่วยงานจะมีระบบการบริหารจัดการอย่างดี แต่หากบุคคลในองค์กรหรือหน่วยงานขาดความรู้และทักษะ ขาดความตระหนัก และเพิกเฉยแล้ว จะก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหายต่าง ๆ ได้ [21] ก่อนการดำเนินการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ไม่มีการให้ความรู้ด้านความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานอย่างเป็นทางการเป็นประจำ การประเมินความเสี่ยงในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นช่วงเริ่มโครงการ ครอบคลุมระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า มีระดับคะแนนความเสี่ยงปานกลาง และเมื่อทำการประเมินความเสี่ยงครอบคลุมผู้ปฏิบัติงาน พบว่า นักศึกษามีระดับความเสี่ยงปานกลาง นักวิทยาศาสตร์ และอาจารย์ มีระดับความเสี่ยงต่ำ จึงนำไปสู่การกำหนดมาตรการ ดังนี้ สำหรับระดับความเสี่ยงปานกลาง จะนำไปสู่การจัดทำแผนและมาตรการควบคุมความเสี่ยง การดำเนินการยกระดับความปลอดภัย ขั้นแรกได้ทำการรวบรวมความรู้ที่สอดคล้องกับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับผู้ปฏิบัติงานในระดับ นักศึกษา อาจารย์ และพนักงานทำความสะอาด แล้วจึงทำการอบรมคนแต่ละกลุ่ม ตัวอย่างความรู้ที่อบรมสำหรับนักศึกษา ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เอกสารข้อมูลความปลอดภัย (SDS) บ้ายสัญลักษณ์ด้านความปลอดภัย ตัวอย่างความรู้ที่อบรมสำหรับพนักงานทำความสะอาด ได้แก่ การป้องกันและตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล การให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงาน แสดงใน Figure

16 ร้อยละของคะแนนตามองค์ประกอบที่ 6 แสดงใน
Figure 17



Figure 16. (A) Providing knowledge on safety to the students and (B) Providing knowledge on safety to the cleaner

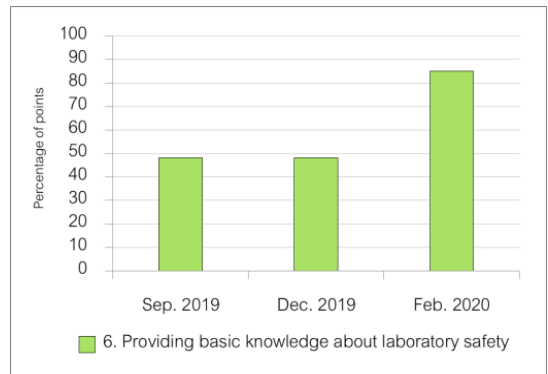


Figure 17. The percentage of laboratory scores according to the 6th component

องค์ประกอบที่ 7 การจัดการข้อมูลและเอกสาร

ข้อมูลและเอกสารด้านความปลอดภัยสามารถใช้เป็นหลักฐานบันทึกที่สามารถส่งงานต่อกันได้หากมีการเปลี่ยนผู้รับผิดชอบ และเป็นการต่อยอดของความรู้ในทางปฏิบัติ ให้การพัฒนาความปลอดภัยเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน [21] ก่อนทำการยกระดับความปลอดภัย ห้องปฏิบัติการนี้มีเพียงระเบียบการปฏิบัติทั่วไป มีคู่มือการใช้งาน

เครื่องมือและการจัดการความปลอดภัย แต่ขาดประสิทธิภาพ ไม่มีเอกสารที่เป็นแนวปฏิบัติ (Standard Operating Procedure, SOP) ไม่มีการควบคุมเอกสารและการปรับปรุงเอกสารที่เป็นปัจจุบัน

การดำเนินการยกระดับความปลอดภัย ห้องปฏิบัติการมีการปรับปรุงเอกสารให้เป็นปัจจุบัน มีจัดใส่แฟ้มที่เฉพาะ และชั้นวางอย่างเป็นระเบียบและระบบ จัดวางเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (SDS) รายงานอุบัติเหตุและเอกสารแนวปฏิบัติ (SOP) ให้อยู่ในบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าถึงได้ พร้อมทั้งติดป้ายบอกตำแหน่ง ดัง Figure 18 ร้อยละของคะแนนตามองค์ประกอบที่ 7 แสดงใน Figure 19



Figure 18. The systematic document collection (after the implementation)

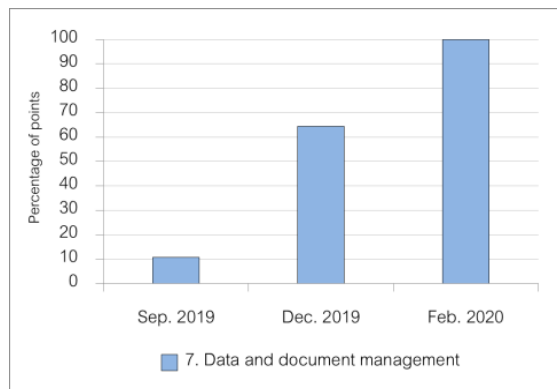


Figure 19. The percentage of laboratory scores according to the 7th component

สรุปผล

ห้องปฏิบัติการที่ใช้เป็นกรณีศึกษาได้รับการยกระดับความปลอดภัยตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2562 เป็นต้นมา ก่อนการยกระดับมีคะแนนรวมร้อยละ 22.3 เท่านั้น และเมื่อพิจารณาคะแนนในแต่ละองค์ประกอบพบว่าร้อยละของคะแนนขององค์ประกอบที่ 4 มีคะแนนร้อยละ 51.3 ซึ่งเป็นคะแนนสูงสุด เพราะหน่วยงานมีแผนงานในการบริหารจัดการ ซ่อมบำรุงอาคาร ประจำปีงบประมาณ และในองค์ประกอบที่ 3 มีคะแนนร้อยละ 3.5 มีคะแนนน้อยที่สุด เนื่องจากไม่เคยมีมาตรการใด ๆ ในการจัดการของเสียมาก่อน

ภายหลังการยกระดับพบว่ามีการพัฒนากระบวนการจัดการความปลอดภัยที่สอดคล้องตามมาตรฐาน ESPrEL ทั้ง 7 องค์ประกอบ โดยมีผลของการยกระดับความปลอดภัยอย่างต่อเนื่องและเพิ่มมากขึ้นในแต่ละเดือน โดยในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีคะแนนรวมของทุกองค์ประกอบร้อยละ 87.0 เมื่อพิจารณาคะแนนในแต่ละองค์ประกอบพบว่าองค์ประกอบที่ 7 มีคะแนนร้อยละ 100 ซึ่งเป็นคะแนนสูงสุด เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่มีการดำเนินงานควบคู่ไปกับการดำเนินงานยกระดับขององค์ประกอบที่ 1-6 ในขณะที่องค์ประกอบที่ 3 มีคะแนนรวมน้อยสุดอยู่ที่ร้อยละ 82.5 เพราะยังมีข้อจำกัดในการส่งบำบัดและกำจัดของเสียของห้องปฏิบัติการ เนื่องจากสารเคมีจากการเรียนการสอนยังมีปริมาณน้อย จึงต้องจัดเก็บรวบรวมไว้ภายในห้องปฏิบัติการตามข้อกำหนดในการจัดเก็บของเสียของบริษัทรีไซเคิลเอ็นจิเนียริง [13] เพื่อให้ได้ปริมาณเพียงพอที่จะส่งไปบำบัด ร้อยละของคะแนนของแต่ละองค์ประกอบ

แสดงใน Table 1 และร้อยละของคะแนนรวมทั้ง 7 องค์ประกอบแสดงใน Figure 20

Table 1: Percentage of scores for each component

| Element | Sep. 2019 | Dec. 2019 | Feb. 2020 |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 20.0 | 80.0* | 89.7 |
| 2 | 13.0 | 67.3 | 90.0 |
| 3 | 3.5** | 27.0** | 82.5** |
| 4 | 51.3* | 66.3 | 86.0 |
| 5 | 12.3 | 64.6 | 85.4 |
| 6 | 48.1 | 48.1 | 85.2 |
| 7 | 10.7 | 64.3 | 100.0* |
| รวม | 22.3 | 59.9 | 87.0 |

* Maximum

** Minimum

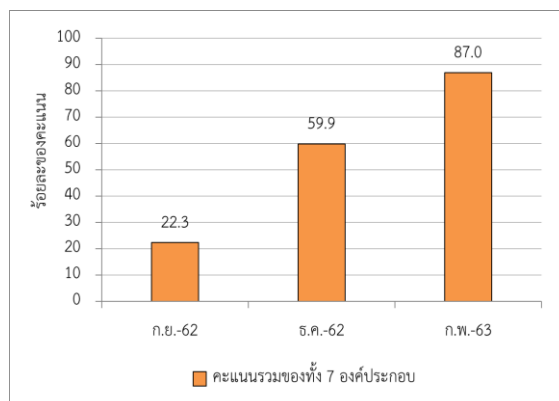


Figure 20. Percentage of scores of all components at different duration of laboratory safety enhancement

ข้อจำกัดของการดำเนินการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการนี้ได้แก่

- ข้อจำกัดด้านงบประมาณ ได้แก่ การจัดซื้อจัดหาครุภัณฑ์ใหม่ และติดตั้งโต๊ะปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน การออกแบบและติดตั้งท่อระบายน้ำที่แยกระบบน้ำทิ้งทั่วไปกับระบบน้ำทิ้งปนเปื้อนสารเคมีออกจากกัน

- บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการยังขาดการมีส่วนร่วมและความตระหนักในการดำเนินการด้านความปลอดภัย

ดังนั้นจึงควรมีการดำเนินการต่อไปอย่างเป็นระบบตั้งแต่กระบวนการวางแผน (Plan) เช่น การลงมือทำ (Do) การตรวจสอบ (Check) และการพัฒนาปรับปรุง (Act) ซึ่งเป็นวงจรอย่างต่อเนื่องและเป็นรูปธรรม จนส่งผลให้ห้องปฏิบัติการมีความปลอดภัยมากขึ้นตามมาตรฐาน ESPReL

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ได้สนับสนุนในการจัดทำงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือในการจัดทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณครอบครัว คุณพ่อคุณแม่ น้องชาย ที่ได้ให้กำลังใจ สนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Shrivastava, S.K. 2017. SAFETY PROCEDURES IN SCIENCE LABORATORY. *International Journal of Engineering & Scientific Research*. 5: 53-64.



2. The American Chemical Society's Committee on Chemical Safety. Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories. [online] available:file:///C:/Users/user/Downloads/identifying-and-evaluating-hazards-in-research-laboratories.pdf. 2019.
3. ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และของเสียอันตรายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://esprel.labsafety.nrcr.go.th/files/ESPreL-Book1.pdf>. 2562.
4. นันทวรรณ จินากุล, ดวงใจ จันทร์ตัน และ รัชชิตีร์ คำมานิตย์. 2560. การบ่งชี้อันตรายและประเมินความเสี่ยงในห้องปฏิบัติการทางชีวภาพ. *วารสารการแพทย์บูรพา*. 4: 20-34.
5. Abbas, M., Zakaria, A., Balkhyour, M., Kashif, M. 2016. Chemical Safety in Academic Laboratories: An Exploratory Factor Analysis of Safe Work Practices & Facilities in a University. *Journal of Safety Studies*. 2: 1-14.
6. Anza, M., Bibiso, M., Kuma, B., Osuman, K. 2016. Investigation of Laboratory and Chemical Safety in Wolaita Sodo University, Ethiopia. *Chemistry and Materials Research*. 8: 23-33.
7. Al-Zyoud, W., Qunies, A.M., Walters, A.U.C. Jalsa, N.K. 2019. Perceptions of Chemical Safety in Laboratories. *Safety Journal*. 5: 1-18.
8. Kandel, K.P., Bhakta, B., Giri, N.B. 2017. Status of chemistry lab safety in Nepal. *PLoS ONE Journal*. 12: 1-10.
9. Nascimento, E.d.S and Filho, A.T. 2010. Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 46: 187-198.
10. Kalpana, V. N., Prabhu, D.S., Vinodhini, S., V, D. 2016. Biomedical waste and its management. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 8: 670-676.
11. Stuart, R.B. and McEwen, L.R. 2016. The Safety "Use Case": Co-Developing Chemical Information Management and Laboratory Safety Skills. *Journal of Chemical Education*. 93: 516-526.
12. Finster, D.C. Safety in Academic Chemistry Laboratories. [online] available:file:///C:/Users/user/Downloads/safety-in-academic-chemistry-laboratories-students.pdf. 2017.
13. บริษัทรีไซเคิลเอ็นจีเนียริง จำกัด. คู่มือการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.recycleengineering.com/assets/file/Lab-Waste-management-guidelines.pdf>. 2562.

14. นันทวรรณ จินากุล. 2561. การประเมินความเสี่ยงด้านระบบการจัดการของเสียอันตรายจากสารเคมีในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา. *บูรพาเวชสาร*. 5: 36-51.
15. ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล. 2560. การสำรวจประเมินองค์ประกอบด้านลักษณะทางกายภาพของอาคารที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการความปลอดภัย: อาคารมหามงกุฏ (รหัสอาคาร: SCI25) คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. *วารสารวิชาการสถาปัตยกรรมศาสตร์*. 66: 19-36.
16. ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล. 2562. การจัดทำเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพห้องปฏิบัติการวิจัยปลอดภัยในประเทศไทย. *วารสารวิชาการสถาปัตยกรรมศาสตร์*. 68: 35-54.
17. Jean-Luc, M., Kirstin, F., Thierry, M. 2011. Safety Management and Risk Assessment in Chemical Laboratories. *CHIMIA International Journal for Chemistry*. 9: 734-737.
18. จินดาวัลย์ เพ็ชรสูงเนิน สาริณี ลิพันธ์์ สุราณี นันทวรรณ จินากุล, ดวงใจ จันทร์ตัน และ รัชฉิณีย์ คำมานิตย์. 2559. การบ่งชี้อันตรายห้องปฏิบัติการเคมี: กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการเคมีอุตสาหกรรม. *วารสารวิจัย มสค สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 9: 21-34.
19. Omidvari, M., Mansouri, N. & Nouri, J. 2015. A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. *Safety Science*. 73: 34-42.
20. Yarahmadi, R., Moridi, P., Roumiani, Y. 2016. Health, safety and environmental risk management in laboratory fields. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran (MJIRI) Iran University of Medical Sciences*. -30: 1-9.
21. ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล. 2558. การพัฒนาตัวอย่างห้องปฏิบัติการวิจัยปลอดภัยในประเทศไทย. *วารสารวิชาการสถาปัตยกรรมศาสตร์*. 64: 33-46.