สุโขทัยสู่ห้องเรียนสะเต็มบีซีจี : การพัฒนาสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน

Sukhothai into STEM-BCG Classroom: Promoting Competency of Sustainable Coexistence with Living in the Harmony of Nature and Science

จิรภา ภูทวี[1*] อรวรามิญช์ วงศ์บุษยมาส[1] กรกนก เลิศเดชาภัทร[1] และธาฤชร ประสพลาภ[2]

Jirapa Pootawee[1*] Ornwaramin Vongbusayamas[1] Kornkanok Lertdechapat[1] and Tharuesean Prasoplarb[2]

[1]ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University)

[2] ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University)

บทคัดย่อ

แม้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะผ่านการลงมือปฏิบัติในสถานการณ์จริง แต่พบว่าผู้เรียนไม่สามารถออกแบบแนวทางแก้ปัญหาเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาที่ส่งเสริมสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน และ วิเคราะห์พฤติกรรมที่สะท้อนสมรรถนะดังกล่าวหลังเข้าร่วมกิจกรรมบีซีจีเพื่อการศึกษา ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นบริบทของปัญหาในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย ใบกิจกรรม และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์แบบนิรนัยร่วมกับการวิเคราะห์แก่นสาระ ผลการวิจัยพบว่าแนวปฏิบัติที่ดีในการสอน ผู้สอนควรคำนึงถึงการกำหนดเงื่อนไขของสถานการณ์และบริบทจริงอย่างชัดเจน การนำสื่อของจริงมาให้ผู้เรียนได้ศึกษาผ่านประสบการณ์ตรง และการใช้สื่อหรือเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้อย่างสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากประสบการณ์เดิม ซึ่งส่งผลต่อความหลากหลายของแนวทางในการแก้ไขปัญหา อีกทั้งการใช้บริบทชุมชนในจังหวัดสุโขทัยในการเรียนการสอนช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และดึงศักยภาพของผู้เรียนออกมาได้อย่างเต็มที่ พัฒนาเป็นสมรรถนะและสร้างสรรค์นวัตกรรมสู่การพัฒนาชุมชนได้

คำสำคัญ: โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี สะเต็มศึกษา สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน

ABSTRACT

Despite the emphasis of STEM education on applying knowledge and skills through practical, real-world experiences, students frequently encounter difficulties in designing environmentally sustainable solutions. This study aims to delineate best practices in STEM-BCG education that cultivate competency of sustainable coexistence with living in the harmony of nature and science. Furthermore, it seeks to examine the behaviors indicative of these competencies following participation in BCG educational activities. Data were collected from lesson plans addressing local issues in Sukhothai Province, including activity sheets and post-learning reflections. The analysis employed deductive methods and thematic analysis. The results suggest that effective instructional practices should involve the precise determination of situational conditions and contexts, the incorporation of real-life materials for experiential learning, and the alignment of media and technology with their applicational purposes. These practices facilitate students' problem analysis and the development of diverse solutions informed by prior experiences. Additionally, integrating local community contexts in Sukhothai into the teaching process fosters meaningful learning experiences, maximizes students' potential, and supports the development of competencies and innovations essential for community advancement.

KEYWORDS: BCG Model, STEM Education, Competency of Sustainable Coexistence with Living in the Harmony of Nature and Science

---

**Corresponding author, E-mail: jirapapootawee@gmail.com Tel. 0979695459*

Received: 22 May 2024 /Revised: 15 August 2024 /Accepted: 15 August 2024 /Published online: 27 December 2024

บทนำ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ให้ความสำคัญกับการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาคนในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อยกระดับเศรษฐกิจและพัฒนาประเทศให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของโลก (Pongsophon et al., 2021; Tytler, 2020) ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครอบคลุมการมุ่งเน้นการบูรณาการ การพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริง การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง และการส่งเสริมการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาและการดำเนินการแก้ปัญหา (Chamrat, 2017; Hanuscin, & Zangori, 2016) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์วิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยใช้ความรู้ ทักษะ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียน (Honey et al., 2020) โดยมุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Faikhamta et al., 2023; Roehrig et al., 2021) และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Morrison & Bartlett, 2009) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในปัจจุบันมุ่งเน้นการพัฒนาในศาสตร์วิชาเทคโนโลยี คณิตศาสตร์ แต่ยังไม่ครอบคลุมในด้านของสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม อันจะส่งผลกระทบต่อการเตรียมพลเมืองให้เป็นไปตามเป้าหมายของการพัฒนาประเทศให้สอดคล้องกับหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน (Faikhamta et al., 2022)

นักวิชาการหลายกลุ่มได้นำแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี (BCG Economy) เชื่อมโยงกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ภายใต้ชื่อแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา (STEM-BCG for Education) ซึ่งเป็นนโยบาย

การพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมโดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างพลเมืองไทยเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ครอบคลุมทั้ง 3 มิติ ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy: B) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy: C) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy: G) ไปพร้อมกัน (Faikhamta et al., 2022) เพื่อต่อยอดฐานเศรษฐกิจภายในประเทศให้เกิดความมั่นคง รวมถึงตอบโจทย์การพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ (National Science and Technology Development Agency, 2020) และส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างงานวิจัยของ Faikhamta et al. (2022) ได้พัฒนากรอบแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะ (Competency) ตาม CBE Thailand (2021) โดยมุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะแบบองค์รวม (Holistic Development) ผ่านการนำบริบทท้องถิ่น ชุมชน และวัฒนธรรมสังคมที่สอดคล้องกับเศรษฐกิจบีซีจีกำหนดเป็นประเด็นหรือสถานการณ์ และการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาหรือพัฒนาชุมชน สร้างสรรค์เป็นนวัตกรรม ผ่านการบูรณาการความรู้ศาสตร์ต่าง ๆ ในกระบวนการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในปัจจุบันสะท้อนถึงสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับบริบทของชุมชนที่เป็นอยู่ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของตนเองได้ Bradley and Churchill (2023) แนะนำว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเชื่อมโยงบริบทท้องถิ่นเข้าสู่ชั้นเรียนโดยใช้การบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและสามารถประยุกต์ความรู้เข้ากับบริบทท้องถิ่นของตัวเองได้ และงานวิจัยในประเทศไทยส่วนใหญ่มองสะเต็มศึกษาเป็นเพียงแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น อีกทั้งผู้สอนสะเต็มโดยส่วนมากยังมีความเข้าใจในศาสตร์เฉพาะทางที่ไม่ครอบคลุม ส่งผลให้การบูรณาการกับศาสตร์วิชาอื่นเป็นเพียงความรู้ความเข้าใจโดยทั่วไปเท่านั้น แต่ยังไม่สะท้อนถึงความตระหนักถึงมิติธรรมชาติ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม (Xu, Fang, & Hobbs, 2023)

ปัจจุบันการศึกษาไทยสนับสนุนการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูผู้สอนจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาความรู้ความสามารถด้านการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ผู้ปกครอง ชุมชน และประเทศชาติรวมไปถึงนโยบายทางการศึกษาที่มุ่งผลิตผู้เรียนที่มีความรู้ ความสามารถ และเป็นคนดีของสังคม แนวทางการจัดการเรียนการสอนในประเทศไทยจึงเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย ดังนั้นการศึกษาจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะของคนยุคใหม่ เป็นผู้นำแห่งการเปลี่ยนแปลง และมีคุณลักษณะตามที่มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561 กำหนดคือเป็นผู้เรียนรู้ ผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม และพลเมืองที่เข้มแข็งของสังคม (CBE Thailand, 2021) โดยที่หนึ่งในสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนที่สอดคล้องกับคุณลักษณะดังกล่าวคือ สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืนสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals; SDGs) เพื่อเป็นแนวทางให้แต่ละประเทศดำเนินการร่วมกันไว้ 17 เป้าหมาย ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 169 เป้าหมายย่อย และ 247 ตัวชี้วัด ขององค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ หรือ UNESCO (2015) เพื่อส่งเสริมการรับรู้เกี่ยวกับเป้าหมาย SDGs และเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียน ผู้สอนควรบูรณาการเป้าหมายทั้ง 17 ประการเข้ากับหลักสูตรรายวิชาโดยมุ่งเน้นการเรียนรู้แบบองค์รวม และยังต้องคำนึงถึงลักษณะเด่นของรายวิชาที่นำมาบูรณาการด้วย ซึ่งเป้าหมาย SDGs 9 ประการ จาก 17 ประการ พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับหลักสูตรรายวิชาในระดับต่ำ ผู้สอนควรเพิ่มเติมให้มีเนื้อหาการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ และกิจกรรมที่สอดคล้องกับเป้าหมาย SDGs มากขึ้น (Yuan et al., 2021)

สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน เป็นสมรรถนะหลักของผู้เรียนที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทั้งในมิติวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (CBE Thailand, 2021) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ได้แก่ 1) การเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ 2) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เพื่อการอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืน 3) การสร้าง ใช้ และรู้เท่าทันวิทยาการเทคโนโลยี และ 4) การมีคุณลักษณะทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สำหรับการเข้าใจระบบธรรมชาติและการอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวในบริบทชั้นเรียนใดชั้นเรียนหนึ่ง ผู้เรียนอาจไม่สามารถพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวได้ดีเท่าที่ควร หากไม่มีการออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ที่เอื้อให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ ในการทำงานหรือการลงมือปฏิบัติจริงได้อย่างสำเร็จ (CBE Thailand, 2021)

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้แนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาสะท้อนถึงการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ SLED Model: The Science Learning through Engineering Design Model ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Capobianco et al. (2013) ร่วมกับการใช้สถานการณ์ในชุมชนของจังหวัดสุโขทัย 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ขยะจากกระทง สถานการณ์ฝุ่น PM 2.5 จากการเผาพืชผลทางการเกษตร และสถานการณ์ปัญหาของถั่วทอดกลอย มาเป็นบริบทการเรียนรู้ เพื่อนำสู่การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ปัญหา และผลกระทบของปัญหานั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจเชิงลึก และออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบริบทดังกล่าวได้อย่างจำเพาะกับพื้นที่ของจังหวัดสุโขทัย งานวิจัยนี้จึงมุ่งนำเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาที่ส่งเสริมสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน ผ่านการบูรณาการสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในจังหวัดสุโขทัยเป็นบริบทหลักในการจัดการเรียนรู้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำประสบการณ์ของตนจากสถานการณ์หรือบริบทรอบตัว มาเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการเรียนรู้ของตนเองได้ เพื่อเป็นข้อมูลให้ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ความรู้จากวิชาต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา สร้างนวัตกรรม พัฒนาทักษะเพื่อต่อยอดสู่อาชีพในอนาคตและเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย สร้างประโยชน์แก่ตนเอง นำไปสู่การพัฒนาชุมชนและประเทศชาติได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาที่ส่งเสริมสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน

2. เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมที่สะท้อนสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืนของผู้เรียน หลังจากที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจี (STEM-BCG) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยดำเนินการตามขั้นตอนของ The Science Learning through Engineering Design (SLED) Model for engineering design หรือ SLED Model (Capobianco et al., 2013) ผ่านการบูรณาการความรู้ ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศาสตร์วิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ร่วมกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจีครอบคลุมทั้ง 3 มิติ ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (B) เศรษฐกิจหมุนเวียน (C) และเศรษฐกิจสีเขียว (G) โดยมุ่งเน้นเป้าหมายในการแก้ปัญหาในบริบทจริง ผ่านการกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดในการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ในลักษณะของชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify problem) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาสถานการณ์ เพื่อระบุปัญหาสำคัญ บริบทของปัญหา รวมทั้งความจำเป็นของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว ทั้งผู้ใช้งานหรือผู้ว่าจ้างให้ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนและวางแผน (Share and develop a plan) ผู้เรียนรายบุคคลศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและความรู้วิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการแก้ปัญหา จากนั้นนำเสนอให้กับสมาชิกกลุ่ม นอกจากนั้น แต่ละบุคคลยังต้องออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาซึ่งอาจเป็นชิ้นงานหรือแนวทางการแก้ปัญหาก็ได้ ก่อนจะนำเสนอให้กับสมาชิกในกลุ่มได้วิเคราะห์ข้อดีและจำกัด และเลือกแนวทางการแก้ปัญหาของกลุ่ม 1 แนวทาง

ขั้นที่ 3 สร้างและทดสอบ (Create and test) ผู้เรียนเป็นกลุ่มร่วมกันสร้างแนวทางการแก้ปัญหา อาจเป็นลักษณะของการสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาขั้นตอนในการแก้ปัญหา จากนั้นดำเนินการทดสอบแนวทางการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น โดยมีการบันทึกผลการทดสอบ และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ

ขั้นที่ 4 นำเสนอและรับฟังข้อเสนอแนะ (Communicate results and gather feedback) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดสอบให้กับกลุ่มอื่น เพื่อรับข้อสังเกตในการปรับแก้ไขแนวทางการแก้ปัญหาให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อาจกล่าวได้ว่า เป็นกระบวนการพิจารณาว่า จะปรับแก้ไขให้บรรลุเงื่อนไขและข้อจำกัดได้อย่างไร

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงและทดสอบซ้ำ (Improve and retest) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการปรับแก้ไขแนวทางการแก้ปัญหาตามข้อสังเกตที่ได้รับ และดำเนินการทดสอบซ้ำเพื่อประเมินว่า แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ปรับแก้ไขนั้นสามารถบรรลุเงื่อนไขและข้อจำกัดได้มากขึ้นหรือไม่ อย่างไร

2. สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน หมายถึง สมรรถนะหลักของผู้เรียนในการทำเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในมิติวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน รู้เท่าทันวิทยาการเทคโนโลยี มีคุณลักษณะของความเป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อการดำรงชีวิต และอยู่ร่วมกับธรรมชาติได้อย่างยั่งยืน องค์ประกอบและพฤติกรรมบ่งชี้แสดงได้ดัง Table 1

Table 1 องค์ประกอบและพฤติกรรมบ่งชี้สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน (ปรับจาก CBE Thailand, 2021)

องค์ประกอบ	พฤติกรรมบ่งชี้
1) การเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ	- สังเกตและตั้งคำถามโดยมีสมมติฐานถึงสาเหตุของปรากฏการณ์ เพื่อสร้างแบบร่างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด - วิเคราะห์ข้อมูลหลากหลายประเภทโดยใช้ความรู้ หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และเลือกหนึ่งวิธีการที่ตรงกับเงื่อนไขและข้อจำกัด - อธิบายความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบและภาพรวมของปรากฏการณ์ โดยคำนึงถึงปัจจัย เงื่อนไข ข้อจำกัดและครอบคลุมทั้ง 3 มิติของแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี
2) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เพื่อการอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืน	- ระบุปัญหาจากสถานการณ์ วิเคราะห์ปัญหาในเชิงระบบทั้งภาพรวม ภาพย่อยของปัญหา เพื่อค้นหาสาเหตุ โดยเชื่อมโยงกับมนุษย์ สิ่งแวดล้อม และธรรมชาติ - ประยุกต์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีวิจารณญาณ หรือสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา - นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อการดำรงชีวิตในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของชุมชนโดยใช้ความรู้ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้อย่างเหมาะสม และนำไปสร้างแบบร่าง ตรวจสอบและปรับปรุงแบบร่างให้สมบูรณ์ สอดคล้องกับเงื่อนไข ข้อจำกัด และครอบคลุมทั้ง 3 มิติของแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี
3) การสร้าง ใช้ และรู้เท่าทันวิทยาการเทคโนโลยี	- สร้างแบบร่าง และเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อการแก้ปัญหาในท้องถิ่น โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม - ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่หลากหลาย เพื่อจัดการการทำงานให้เหมาะสมกับความต้องการส่วนบุคคล หรือชุมชน - ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องและมีจริยธรรม เข้าใจถึงสิทธิของตนเอง และเคารพสิทธิของผู้อื่น

องค์ประกอบ	พฤติกรรมบ่งชี้
4) การมีคุณลักษณะทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สำหรับการเข้าใจระบบธรรมชาติและการอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืน	- มุ่งมั่น อดทนในการหาความรู้ หาแนวทางการแก้ปัญหา หรือสร้างแบบร่าง - ยอมรับการความคิดเห็นที่หลากหลายอย่างมีเหตุผล - อนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่นโดยมุ่งมั่นในการปรับตัวให้สามารถอยู่ร่วมกันกับธรรมชาติและวิทยาการได้อย่างสมดุล

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยกรณีศึกษา โดยหน่วยของการศึกษาคือ บทเรียนสะเต็มบีซีจี จำนวน 3 บทเรียน ได้แก่ 1) สถานการณ์ขยะจากกระทง 2) สถานการณ์ฝุ่น PM2.5 จากการเผาพืชผลทางการเกษตร และ 3) สถานการณ์ปัญหาของถั่วทอดกลอย

กลุ่มตัวอย่างวิจัย

กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มนักเรียนในห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ที่เน้นการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการสร้างสรรค์นวัตกรรมระดับชั้นเรียน

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจี ตาม SLED Model จำนวน 3 แผน ครอบคลุมสถานการณ์ในชุมชนของจังหวัดสุโขทัย คือ 1) สถานการณ์ขยะจากกระทง 2) สถานการณ์ฝุ่น PM2.5 จากการเผาพืชผลทางการเกษตร และ 3) สถานการณ์ปัญหาของถั่วทอดกลอย เครื่องมือข้างต้นผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา รวม 3 ท่าน และดำเนินการปรับแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง ใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งสิ้น 10 คาบ คาบละ 55 นาที

ผู้วิจัยวิเคราะห์กิจกรรมหลักของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจี ตาม SLED Model แสดงได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา กิจกรรมหลักในขั้นระบุปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนของจังหวัดสุโขทัย โดยให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสังเกตรูปภาพและสื่อวิดีโอ โดยนำเสนอสถานการณ์ข้อจำกัดของแนวทางการแก้ปัญหาที่มีอยู่ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่กลุ่มตนเองเลือกในมิติของแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี ผ่านการระดมความคิด ความสอดคล้องของสถานการณ์กับเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว จากนั้นผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ที่สอดคล้องกับแนวคิดบีซีจี ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่เลือก ผ่านการลงสำรวจข้อมูลในพื้นที่ชุมชนเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา สาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากคนในชุมชน

ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนและวางแผน สมาชิกกลุ่มพูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่ชุมชนภายในกลุ่มของตนเอง โดยแลกเปลี่ยนข้อมูลในหัวข้อประเด็นปัญหา สาเหตุของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น ร่วมกันเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาให้ได้มากที่สุดโดยระบุแนวทางการแก้ไขปัญหาใน Padlet จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเลือกแนวทางในการแก้ไขปัญหา 1 แนวทาง ที่สามารถทำได้จริงภายในระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นวิเคราะห์ความรู้และทักษะในแต่ละด้านของ S T E M ที่ต้องใช้ในแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เลือก และนำสู่การแลกเปลี่ยนข้อมูล รายละเอียดเพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาบรรจุภัณฑ์ถั่วทอดกลอย และผู้เรียนลงมือออกแบบแบบร่าง (Prototype) โดยผู้เรียนวาดภาพ พร้อมระบุรายละเอียดให้ชัดเจน ครอบคลุมรายละเอียดด้านขนาดและวัสดุอุปกรณ์ โดยใช้ Padlet เป็นพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนผลงาน

ขั้นที่ 3 สร้างและทดสอบ เนื่องด้วยข้อจำกัดของการสร้างโมเดลต้นแบบ ในช่วงระยะเวลาของการเรียนที่จำกัด ผู้วิจัยจึงปรับจากการสร้างนวัตกรรมต้นแบบ มาเป็นการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาและแบบร่างนวัตกรรมที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัด และดำเนินการพัฒนาเป็นแบบร่างที่สมบูรณ์ จากนั้น สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทดสอบประสิทธิภาพของแบบร่างนวัตกรรมที่ออกแบบ เพื่อประเมินว่า แบบร่างดังกล่าวสอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัดในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ที่สะท้อนโมเดลเศรษฐกิจหรือไม่ อย่างไร ทั้งนี้ การเลือกใช้แบบร่างนวัตกรรม แทนการสร้างโมเดลต้นแบบยังคงสะท้อนกิจกรรมหลักภายในขั้น ทั้งการอภิปรายภายในกลุ่ม และร่วมกันปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาเป็นระยะ ๆ เพื่อนำสู่ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัด

ขั้นที่ 4 นำเสนอและรับฟังข้อเสนอแนะ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอภาพร่างแนวทางการแก้ปัญหาโดยอธิบายให้ปรากฏความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กับแนวทางการแก้ปัญหาที่ออกแบบ รวมทั้งนำเสนอผลการประเมินการบรรลุเงื่อนไขและข้อจำกัด ซึ่งเป็นข้อมูลจากขั้นที่ 3 เพื่อให้ผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ร่วมแบ่งปันข้อสังเกตสำหรับการพัฒนาการแนวทางการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงและทดสอบซ้ำ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการปรับแก้ไขแนวทางการแก้ปัญหาตามข้อสังเกตที่ได้รับและทดสอบซ้ำ เพื่อตรวจสอบว่าแนวทางการแก้ปัญหาที่ปรับแก้ไขนั้น บรรลุเงื่อนไขและข้อจำกัดของการออกแบบได้ดีขึ้นหรือไม่ ซึ่งจะสะท้อนถึงประสิทธิภาพของแนวทางการแก้ปัญหาที่ออกแบบขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกหลังสอนและแบบบันทึกภาคสนาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบบันทึกหลังสอน มีลักษณะที่กำหนดประเด็นการสะท้อนการสอนในรายขั้น เพื่อมุ่งค้นหาแนวปฏิบัติการสอนที่ดีและแนวปฏิบัติการสอนที่ควรปรับปรุง พร้อมทั้งระบุพฤติกรรมหรือการแสดงความรู้ความสามารถของผู้เรียน เป็นหลักฐานประกอบการสะท้อนการสอนของตนเอง ผ่านประเด็นหลัก คือ ฉันดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร ผู้เรียนตอบสนองต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้นอย่างไร ดำเนินการบันทึกโดยผู้วิจัยคนที่ 1 ซึ่งเป็นผู้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้

2) แบบบันทึกภาคสนาม มีลักษณะเป็นแบบสังเกตการสอนในรายขั้น เพื่อมุ่งบันทึกพฤติกรรมของทั้งผู้สอนและผู้เรียน รวมถึงลักษณะของกิจกรรมต่าง ๆ ว่าส่งผลต่อผู้เรียนอย่างไร โดยในมุมมองของผู้บันทึกมีข้อสังเกตหรือข้อเสนอแนะต่อกิจกรรมเหล่านั้นอย่างไร ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยใช้การสนทนากลุ่มระหว่างผู้วิจัยคนที่ 1 ผู้วิจัยคนที่ 2 และผู้เชี่ยวชาญภายนอกอีก 3 ท่าน เพื่อปรับประเด็นการสะท้อนและสังเกตในเครื่องมือทั้งสองโดยสังเขป หลังจากนั้นทดลองใช้เครื่องมือทั้งสองในชั้นเรียนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลการวิจัย เพื่อให้ได้แนวทางในการบันทึกเบื้องต้นร่วมกัน

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สะท้อนร่องรอยพฤติกรรมตามสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน โดยผู้วิจัยลำดับที่ 1 และ 2 ดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนเป็นรายบุคคลจากการสังเกตชั้นเรียน โดยใช้วิธีการสังเกตแบบมีส่วนร่วม ในระหว่างที่ผู้วิจัยลำดับที่ 1 เป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้ระยะเวลา 10 คาบ คาบละ 55 นาที และผู้วิจัยลำดับที่ 2 ดำเนินการบันทึกภาคสนาม เมื่อจบแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน จะนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากแบบบันทึกภาคสนาม มาอภิปรายร่วมกับผู้วิจัยลำดับที่ 3 และ 4 เพื่อปรับการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยลำดับที่ 1 และ 2 ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบนิรนัย (Deductive coding) ร่วมกับการวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกหลังสอนและแบบบันทึกภาคสนาม โดยใช้องค์ประกอบของสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน (CBE Thailand, 2021) เป็นหลักในการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้น ผู้วิจัยลำดับที่ 1-4 ร่วมกันตรวจสอบผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการบันทึกภาคสนามและผลการสังเกตชั้นเรียน อีก 2 รอบ เพื่อกำหนดประเด็นหลักในการวิเคราะห์ข้อมูลว่า ผู้สอนมีกลยุทธ์การสอนอย่างไรที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาตามแนวคิดสะเต็มบีซีจี เพื่อนำสู่การวิเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีในการสอน อีกทั้ง ยังพิจารณาว่าผู้เรียนมี

การแสดงออกอย่างไรที่สะท้อนสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ หากปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับ ผู้วิจัยลำดับที่ 1-4 จะอภิปรายเพื่อหาข้อตกลงร่วมกันในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยตอนที่ 1 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษาที่ส่งเสริมสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน ในมุมมองของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังจากมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ SLED model ร่วมกับสะเต็มบีซีจี ปรากฏได้ 3 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 การจัดการเรียนรู้ที่กำหนดเงื่อนไขในการทำกิจกรรม ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบริบทของสถานการณ์ปัญหารอบตัวได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ กำหนดสถานการณ์ที่จำเพาะกับพื้นที่สุโขทัย ครอบคลุมสถานการณ์ขยะจากกระทง สถานการณ์ฝุ่น PM 2.5 จากการเผาพืชผลทางการเกษตร และสถานการณ์ปัญหาของถั่วทอดกลอย เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์จุดเด่นที่มีในจังหวัดสุโขทัย นำสู่การวิเคราะห์ปัญหาที่สอดคล้องกับจุดเด่นดังกล่าว และการกำหนดสถานการณ์ปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุดเด่นที่ 1 สุโขทัยมีสถานที่ท่องเที่ยวมรดกโลก ได้แก่ อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย มีเทศกาลประเพณีที่สำคัญ เช่น งานลอยกระทง งานประเพณีเผาเทียนเล่นไฟ เป็นต้น หากพิจารณาเฉพาะงานลอยกระทง ซึ่งเป็นเทศกาลที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ มีประสบการณ์ร่วม พบว่า ปัญหาหลักที่พบในช่วงเทศกาลลอยกระทงคือ การเกิดขยะจำนวนมากจากกระทงที่ลอยในแหล่งน้ำ จากปัญหานี้ ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเงื่อนไข 4 ข้อ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ได้แก่ 1) นวัตกรรมต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 2) กระบวนการผลิตต้องเกิดขยะหรือของเสียน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย 3) ใช้วัสดุท้องถิ่นในชุมชนเพื่อเพิ่มมูลค่าให้วัสดุดังกล่าว และ 4) ใช้ต้นทุนในการผลิตไม่เกิน 500 บาท

จุดเด่นที่ 2 คุณภาพของดินในพื้นที่จังหวัดสุโขทัยเหมาะแก่การเกษตร มีพืชเศรษฐกิจที่หลากหลาย เช่น อ้อย ข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ชาวบ้านมักใช้การเผาในช่วงของการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นขนาดเล็ก หรือ PM 2.5 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเงื่อนไข 4 ข้อ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ได้แก่ 1) นวัตกรรมต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 2) กระบวนการผลิตต้องเกิดขยะหรือของเสียน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย 3) ใช้วัสดุท้องถิ่นในชุมชนเพื่อเพิ่มมูลค่าให้วัสดุดังกล่าว และ 4) ใช้ต้นทุนในการผลิตไม่เกิน 500 บาท

จุดเด่นที่ 3 สินค้าพื้นเมืองของจังหวัดสุโขทัยมีความหลากหลายและมีชื่อเสียง มีผลิตภัณฑ์โอท็อป เช่น ผ้าพื้นเมือง ถั่วทอดกลอย เครื่องสังคโลก ทองศรีสัชนาลัย เป็นต้น หากพิจารณาเฉพาะถั่วทอดกลอย พบปัญหาคือ บรรจุภัณฑ์ของถั่วทอดกลอยสร้างขยะพลาสติกจำนวนมากและอาจส่งผลให้คุณภาพของถั่วทอดกลอยเปลี่ยนแปลงไป คือ ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ไม่กรอบ แตกไม่เป็นแผ่น ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเงื่อนไข 4 ข้อ เพื่อเป็นข้อกำหนดในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ได้แก่ 1) ออกแบบนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้า 2) บรรจุภัณฑ์ต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและป้องกันการเหม็นหืน 3) บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถป้องกันการแตกหักของถั่วทอดกลอยได้ และ 4) บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

จุดเด่นข้างต้น ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและตระหนักรู้ถึงสภาพปัญหาในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย อีกทั้งยังมีความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว มีความต้องการให้ชุมชนเกิดการพัฒนาในทิศทางที่ดีขึ้นไปพร้อม ๆ กับการคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณชุมชน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ดังจะเห็นได้จากการตอบคำถาม อภิปรายภายในกลุ่มและร่องรอยการเรียนรู้ เช่น ใบกิจกรรม การนำเสนอ โดยผู้เรียนมีการอธิบายเหตุผลประกอบการสร้างแบบร่างนวัตกรรมในด้านของผลกระทบที่มีต่อตนเอง ครอบครัวหรือชุมชน และการเลือกใช้วัสดุ วิธีการได้มาซึ่งวัสดุดังกล่าว ไปจนถึงการสร้างแบบร่างที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนดในแต่ละสถานการณ์ปัญหา

ประเด็นที่ 2 การนำสื่อของจริงมาให้ผู้เรียนได้ศึกษาผ่านประสบการณ์ตรง ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่ศึกษาได้ชัดเจนกว่าการเรียนรู้ด้วยวิธีการอื่น

แม้ว่าถั่วทอดกลอยจะเป็นเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมของจังหวัดสุโขทัยและเป็นขนมที่ได้รับความแพร่หลายในชุมชน แต่เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงกับถั่วทอดกลอย ครูจึงนำถั่วทอดกลอยมาให้ผู้เรียนได้ชิมรสชาติ หยิบแผ่นของถั่วทอดกลอย สังเกตความมันที่ติดอยู่กับนิ้วมือที่หยิบแผ่นถั่วทอดกลอย ข้อมูลด้านรสชาติ ความมัน และลักษณะของแผ่นถั่วจะเป็นข้อมูลสำคัญประกอบการตัดสินใจออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สอดคล้องและมีความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้พบจากการได้รับประสบการณ์ตรงข้างต้น ดัง Figure 1 (ซ้าย) ที่แสดงลักษณะของชิ้นถั่วทอดกลอยที่วางขายตามท้องตลาด และ Figure 1 (ขวา) ที่ผู้เรียนได้จับและชิมรสชาติของถั่วทอดกลอย เพื่อเชื่อมโยงกับการระบุปัญหาที่ผู้เรียนประสบระหว่างการทำกิจกรรม

Figure 1 (ซ้าย) บรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ถั่วทอดกลอย

Figure 1 (ขวา) ครูนำถั่วทอดกลอยซึ่งเป็นวัตถุจริงให้ผู้เรียนได้สังเกต สัมผัส ดมกลิ่น ลิ้มรส เพื่อนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา

ประเด็นที่ 3 การใช้สื่อหรือเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้อย่างสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อและเทคโนโลยีดังกล่าวได้อย่างมีความหมาย

ด้านมุมมองด้านเทคโนโลยีการศึกษา ผู้สอนเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ลักษณะต่าง ๆ ตามความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้รูปภาพหรือวีดิทัศน์แสดงสถานการณ์หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้นในชุมชน ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจวิถีชีวิตของชุมชนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถั่วทอดกลอย ทั้งการจัดเตรียมวัตถุดิบ การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตของชุมชนนั้น ๆ โดยมีความเชื่อว่า ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อและแหล่งเรียนรู้ที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วว่า จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบริบทในชุมชนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน เพื่อให้ปรากฏตัวอย่างของการใช้งาน ผู้เขียน จึงมุ่งนำเสนอตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ผ่านสถานการณ์การออกแบบบรรจุภัณฑ์ถั่วทอดกลอย ดังภาพที่ 2 ที่นำเสนอแบบร่างของบรรจุภัณฑ์จากสถานการณ์ปัญหาบรรจุภัณฑ์ของถั่วทอดกลอยโดยมีรายละเอียดของวัสดุที่ใช้แหล่งที่มาของวัสดุดังกล่าว ภาพร่างของบรรจุภัณฑ์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัดในสถานการณ์

Figure 2 ร่างต้นแบบนวัตกรรม (Prototype) จากสถานการณ์ปัญหาบรรจุภัณฑ์ของถั่วทอดกลอย

ผลการวิจัยตอนที่ 2 สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืนของผู้เรียน ที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา แสดงได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 1 การเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกและในเอกภพ ผู้เรียนมีโอกาสได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับลักษณะของถั่วทอดกลอย และปัญหาของบรรจุภัณฑ์ถั่วทอดกลอยที่มักใช้งานตามท้องตลาด ผ่านการสังเกตผ่านประสาทสัมผัส ผ่านการมอง การดมกลิ่น การลิ้มรส และการใช้มือสัมผัส ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) หากพิจารณาผ่านมุมมองของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการขับเคลื่อนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแล้ว พบว่า กระบวนการทำความเข้าใจและวิเคราะห์สภาพของสถานการณ์ การวิเคราะห์และระบุปัญหา สาเหตุ รวมทั้งผลกระทบของปัญหา เป็นกระบวนการสำคัญที่สุดของการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อให้มั่นใจได้ว่า แนวทางการแก้ปัญหาที่จะดำเนินการออกแบบนั้นมีความสอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ลักษณะเช่นนี้สอดคล้องกับองค์ประกอบแรกในมิติของการทำความเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้น ทั้งสาเหตุ กระบวนการ และผลกระทบของสิ่งนั้น จากตัวอย่างสถานการณ์ถั่วทอดกลอย ปัญหา สาเหตุของปัญหา และผลกระทบที่เกิดขึ้น แสดงได้ดัง Table 2

Table 2 ตัวอย่างการระบุปัญหา สาเหตุ และผลกระทบของปัญหา ในสถานการณ์ถั่วทอดกลอย

ปัญหา	สาเหตุ	ผลกระทบ
เมื่อบรรจุถั่วทอดกลอยในถุงพลาสติกที่ไม่มิดชิดจะส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ไม่สามารถซับแรงกระแทกในระหว่างการขนส่งได้ เกิดปัญหาขยะพลาสติกใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง และราคาขายที่ค่อนข้างถูก	- บรรจุภัณฑ์ปิดไม่มิดชิด - บรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะกับการขนส่ง - ถุงพลาสติกแบบใช้แล้วทิ้ง - บรรจุภัณฑ์ราคาถูก	- ถั่วทอดกลอยมีกลิ่นเหม็นหืน - ถั่วทอดกลอยแตกหักไม่เป็นแผ่น - เกิดขยะพลาสติกอันเป็นหนึ่งในสาเหตุของภาวะโลกร้อน - รายได้ของคนในชุมชนต่ำเนื่องจากราคาขายที่ถูก

การเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 2 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เพื่อการอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืน ในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เรียนจำเป็นต้องพิจารณาธรรมชาติของศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยนำมาเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์และ

เหมาะสมกับบริบทชุมชน อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนยังจำเป็นต้องตระหนักว่า ผลกระทบของการดำเนินการออกแบบและใช้แนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวจะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมอย่างไร จากสถานการณ์ถั่วทอดกลอย ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาบรรจุภัณฑ์ถั่วทอดกลอย ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ มองสะเต็มเป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและทักษะต่าง ๆ ในศาสตร์ที่มากกว่า 1 สาขาวิชาร่วมกันและพร้อมกัน ลดขอบเขตของสาขาวิชาเพื่อเพิ่มความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชามากขึ้น ที่มีความสัมพันธ์กับหัวข้อหลัก (Vasquez et al, 2013) ในเรื่องของ ถั่วทอดกลอย ดัง Table 3

Table 3 ตัวอย่างการระบุรายละเอียดของประเด็นที่ศึกษาตามมุมมองสะเต็มศึกษา ในสถานการณ์ถั่วทอดกลอย

ประเด็นที่ศึกษา	รายละเอียดที่เฉพาะกับสถานการณ์ถั่วทอดกลอย
วิทยาศาสตร์	การทำปฏิกิริยาของสาร บรรจุภัณฑ์ที่มีช่องว่างให้อากาศภายนอกเข้าไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดร-ไลซิส จึงทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน, และบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยลดแรงกระแทกจากการขนส่ง เพื่อป้องกันการแตกหักของถั่วทอดกลอย
คณิตศาสตร์	การคำนวณขนาดของบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับปริมาณของผลิตภัณฑ์
เทคโนโลยี	การใช้เทคโนโลยีในการออกแบบเครื่องหมายการค้าและบรรจุภัณฑ์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานบรรจุภัณฑ์
วิศวกรรมศาสตร์	การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง ทนทาน ไม่มีรอยรั่วซึ่งอาจก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนและป้องกันแรงจากการกระแทก
เงื่อนไข	1. ออกแบบนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้า 2. บรรจุภัณฑ์ต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและป้องกันการเหม็นหืน 3. บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถป้องกันการแตกหักของถั่วทอดกลอยได้ 4. บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้
ข้อจำกัด	ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จะต้องใช้วัสดุจากธรรมชาติจากชุมชน กลุ่มละ 1 อย่าง
เป้าหมาย	1. นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถอธิบาย เชื่อมโยงปัญหา สาเหตุและผลกระทบตามแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี (BCG) ผ่านกิจกรรมสะเต็ม (STEM) ในเรื่องปัญหาของบรรจุภัณฑ์และรสชาติของถั่วทอดกลอยของฝากประจำจังหวัดสุโขทัย 2. นักเรียนสามารถออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาในกิจกรรมสะเต็มบีซีจี (STEM-BCG) ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด

การเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 3 การสร้าง ใช้ และรู้เท่าทันวิทยาการเทคโนโลยี ผู้เรียนออกแบบบรรจุภัณฑ์ในลักษณะของเทคโนโลยีช่วยอำนวยความสะดวก ดังจะเห็นได้จากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับถั่วทอดกลอย ใช้วัสดุที่มีความทนทานและปลอดภัยต่อการบริโภค อีกทั้งผู้เรียนยังใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ที่ตอบโจทย์กับเงื่อนไขและข้อจำกัดในการออกแบบ ผ่านการเข้าถึงเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถืออย่างมีสติในการกรองข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการใช้สื่อและสังคมออนไลน์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความฉลาดทางดิจิทัลอีกด้วย จากสถานการณ์ถั่วทอดกลอย เทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

การนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักกับกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มบีซีจี โดยครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้คำถามเพื่อดึงประสบการณ์เดิมของผู้เรียน เกี่ยวกับเครื่องพ่นยาทางการเกษตรแบบใช้แรงคนและใช้เครื่องยนต์ ดัง Figure 3 ที่ผู้เรียนได้แบ่งปันความคิดเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยในนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกิจกรรมได้มีการใช้สื่อและ

เทคโนโลยีเพื่อกระตุ้นความสนใจและความพร้อมในการเรียนของผู้เรียน เช่น รูปภาพ สื่อวิดีโอ Mentimeter จากนั้นครูเป็นผู้นำสรุปความรู้จากการทำกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้มองเห็นภาพรวมของกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มบีซีจีเพื่อการศึกษา นำไปสู่การต่อยอดแนวคิดดังกล่าวในกิจกรรมต่อไป การใช้ Mentimeter ในสถานการณ์ดังกล่าว มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ โดยใช้การเชื่อมโยงอย่างเป็นเหตุเป็นผลจนนำมาสู่คำตอบของนักเรียนแต่ละคน โดยมีข้อดีคือ นักเรียนกล้าตอบคำถามตามความเป็นจริง เนื่องจากในคำตอบไม่มีการระบุว่านักเรียนคนใดเป็นคนตอบคำถามนั้น ๆ และมีข้อจำกัดคือ การใช้งานโดยทั่วไปสามารถสร้างข้อคำถามและเลือกรูปแบบของคำถามได้อย่างจำกัด โดยการใช้งานอย่างเต็มรูปแบบอาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

Figure 3 ตัวอย่างคำตอบในระหว่างการระดมความคิด โดยใช้ Mentimeter

การเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 4 การมีคุณลักษณะทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สำหรับการเข้าใจระบบธรรมชาติและการอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืน ตลอดกระบวนการดำเนินงาน ผู้เรียนพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาที่เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์จริงในชุมชนที่ผู้เรียนได้เผชิญ หากผู้เรียนไม่เป็นผู้มีความช่างสังเกต ความอยากรู้อยากเห็น และความรู้สึกอยากจะแก้ไขปัญหาจากการมีส่วนร่วมของผู้เรียนเอง คงจะไม่สามารถดำเนินงานได้อย่างบรรลุเป้าหมาย หรืออาจล้มเลิกการทำงานระหว่างทางได้หากเกิดปัญหาหรืออุปสรรคจากสถานการณ์ถั่วทอดกลอย คุณลักษณะที่ระบุข้างต้น แสดงรายละเอียดการได้รับการพัฒนาผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ ดัง Table 4

Table 4 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สำหรับการเข้าใจระบบธรรมชาติและการอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืน

คุณลักษณะ	ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้
ความช่างสังเกต	นักเรียนใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 เพื่อวิเคราะห์ปัญหา ผลกระทบของถั่วทอดกลอยจากการสังเกต การสัมผัส การลิ้มรส และการดมกลิ่น เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา
ความอยากรู้อยากเห็น	การเล่นเกมเพื่อสุ่มเลือกวัสดุจากธรรมชาติจากชุมชน กลุ่มละ 1 อย่าง และนำวัสดุนั้นไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับเงื่อนไข
ความมุ่งมั่นในการแก้ไขปัญหา	การลงสำรวจพื้นที่ชุมชนเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการหรือความจำเป็นของผู้ผลิตในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และความต้องการของผู้บริโภคในชุมชน
การอนุรักษ์วัฒนธรรม	การนำประเพณี วัฒนธรรม วิถีชีวิตของผู้คนในชุมชนมากำหนดเป็นสถานการณ์ในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ที่จะนำไปสู่การอนุรักษ์ประเพณี วัฒนธรรม พัฒนาวิถีชีวิตผู้คนในชุมชนให้สามารถอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการได้อย่างยั่งยืน

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับการค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมบีซีจี ได้แสดงถึงแง่มุมที่เกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อนการส่งเสริมสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน ดังนี้

ประการที่ 1 การกำหนดเงื่อนไขทางสะเต็มบีซีจีหรือการออกแบบเงื่อนไขในการศึกษาและทำกิจกรรมของผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อบริบทของสถานการณ์ปัญหาเข้ากับความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น บริบททางสังคมหรือวัฒนธรรม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่าและการแก้ปัญหาทางสะเต็ม หรือสะตีม หรือสะตีมบีซีจีเหล่านั้น ว่าจะสร้างความหมายต่อผู้คน ชุมชน หรือสังคมที่เกี่ยวข้องได้อย่างไรบ้าง ผ่านการดำเนินการสอนอย่างต่อเนื่องพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดการบูรณาการความรู้จากหลายสาขาวิชามาเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาที่มีลักษณะจับต้องได้มากขึ้น (Tangible solution) รวมไปถึงการคำนึงถึงบริบทของชุมชนเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหา (Contextual solution) (Sevian, Judy, & Parchmann, 2018) จากการกำหนดสถานการณ์เป็นเทศกาลที่มีโอกาสเกิดอย่างน้อยปีละครั้ง (เทศกาลลอยกระทง) สู่สถานการณ์ที่เป็นปัญหารอบตัวที่พบได้ในชุมชน (ประเด็นขยะและมลภาวะ) โดยผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสามารถด้านการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เพื่อการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการวิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัด และแนวทางการแก้ปัญหาตามแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี ควบคู่กับการคำนึงถึงวัฒนธรรมหรือเอกลักษณ์ของท้องถิ่นในสุโขทัย ผ่านการรับฟังความเห็นและมุมมองที่หลากหลายของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

ประการที่ 2 การนำสื่อของจริงจากผลิตภัณฑ์ในชุมชนมาให้ผู้เรียนได้ศึกษาผ่านประสบการณ์ตรง ช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงสถานการณ์ปัญหาได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว เกิดการตระหนักถึงสภาพปัญหาและกระตุ้นให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาได้ตรงประเด็น โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์ อีกทั้งผลกระทบที่มีต่อผู้คนรวมถึงสิ่งแวดล้อมในชุมชน การจัดกิจกรรมในชั้นเรียนควรเริ่มด้วยการนำเสนอสถานการณ์หรือบริบทปัญหาในชีวิตจริงที่ผู้เรียนคุ้นเคย สอดคล้องกับช่วงวัย เป็นไปตามความสนใจของผู้เรียน จากนั้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เข้ากับสถานการณ์จริงได้ (Srikoom et al., 2018) นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้ จากการนำผลิตภัณฑ์ที่วางขายในชุมชนเข้ามาสู่ห้องเรียน ให้ผู้เรียนได้เกิดการคิด วิเคราะห์ ถึงปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นตามสภาพจริง ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่ศึกษาได้ชัดเจนกว่าการเรียนรู้ด้วยวิธีการอื่น โดยผู้เรียนแสดงออกผ่านการตอบคำถามในชั้นเรียน การระบุปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาในใบกิจกรรม รวมไปถึงการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน จากงานวิจัยของ Yuan et al. (2021) ในการส่งเสริมการรับรู้เกี่ยวกับเป้าหมาย SDGs และเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียน งานวิจัยนี้จึงนำเอาเป้าหมาย SDGs บูรณาการเข้ากับเนื้อหาการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ และกิจกรรมในชั้นเรียน โดยใช้บริบทและสื่อการเรียนรู้ที่มีอยู่ในชุมชนเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เข้ากับบริบทท้องถิ่นของตัวเองได้ (Bradley & Churchill, 2023) การปฏิบัติของผู้เรียนข้างต้น สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ตามองค์ประกอบการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เพื่อการอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยไม่เพียงแต่ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังพัฒนากระบวนการที่เฉพาะกับศาสตร์ข้างต้น ในระหว่างการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา อีกทั้งยังสะท้อนถึงความมุ่งมั่นในทำงานเพื่อออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงเอกลักษณ์ของท้องถิ่นสุโขทัย

ประการที่ 3 การใช้สื่อหรือเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนพัฒนาทักษะและความรู้ด้านเทคโนโลยีเพื่อการทำงานอย่างสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงความเป็นนวัตกรรมที่ตอบโจทย์แนวทางการแก้ปัญหาในชุมชนจากสถานการณ์ทั้ง 3 สถานการณ์ การบูรณาการเทคโนโลยีร่วมกับการจัดการเรียนการสอนเป็นสิ่งสำคัญและยังช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของตนเองในการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ อีกทั้งยังกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดีจากการใช้เทคโนโลยีในการสร้างสื่อที่หลากหลาย และยังเป็นการเตรียมความพร้อมผู้เรียนเข้าสู่สังคมยุคใหม่ (Starfish Academy, 2022) จากการใช้สื่อหรือเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายและ

ใช้งานได้ง่าย สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เรียนสามารถตอบคำถาม ทำใบกิจกรรมและสร้างผลงาน ผ่านสื่อหรือเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแบ่งปันความรู้ผ่านสื่อเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ เป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง (Assegaff et al., 2016) อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทั้ง 4 องค์ประกอบ ของสมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน (CBE Thailand, 2021) และเรียนรู้ที่จะสร้างสรรค์นวัตกรรมโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิต เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน จากตัวอย่างพฤติกรรมของผู้เรียนข้างต้น สอดคล้องกับการพัฒนาพฤติกรรมการสร้าง ใช้ และรู้เท่าทันวิทยาการเทคโนโลยี โดยมุ่งให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีสิทธิภาพ ควบคู่กับการมีจริยธรรมในการใช้งาน เพื่อนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาใช้ในการทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ความแตกต่างของนักเรียนและบริบทของแต่ละชุมชนเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มบีซีจีประสบผลสำเร็จ ดังงานวิจัยนี้ นำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชุมชนรอบตัวของผู้เรียน มาเป็นจุดเริ่มต้นในการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อนำสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งพื้นที่อื่น ๆ อาจไม่ได้มีปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาดังที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ดังนั้น ครูผู้สอนจึงต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและชุมชน ผ่านการกำหนดสถานการณ์ใกล้ตัวผู้เรียน เพื่อนำสู่การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาได้อย่างชัดเจนและตรงกับบริบทนั้น ๆ

2. การเชื่อมโยงแนวคิดสะเต็มบีซีจีเพื่อใช้ในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์ปัญหานั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจแนวคิดสำคัญของมิติเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ที่สะท้อนถึงความเฉพาะของบริบทของชุมชนนั้น ๆ ดังนั้น ครูผู้สอนจึงต้องออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เข้าใจจุดเด่นของมิติเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว ที่มีความเฉพาะกับสถานการณ์และบริบทของชุมชน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดดังกล่าวไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่เฉพาะกับบริบทได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในด้านของระยะเวลา ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สร้างสรรค์นวัตกรรมในรูปแบบของแบบร่าง (Prototype) ซึ่งอาจจะยังไม่สามารถทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของแบบร่างดังกล่าวได้ในบริบทจริง ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไปสามารถให้นักเรียนดำเนินการสร้างนวัตกรรมต้นแบบตามแผนที่วางไว้ เพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมต้นแบบผ่านการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการ บุคลากรและผู้เรียนโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย และผู้ปกครองในชุมชนจังหวัดสุโขทัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัย มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลเพื่อเก็บรวบรวมเป็นข้อมูลวิจัย และอำนวยความสะดวกในด้านการใช้สถานที่สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้

References

Assegaff S., Kurniabudi, K. & Hendri, H. (2016). Social media success for knowledge sharing: Instrument content validation. *International Journal of Electrical and Computer Engineering, 6*(5), 2447-2453.

Bradley G., & Churchill, D. (2023). STEM teachers' private theories and their learning design in international schools in Hong Kong. *European Journal of STEM Education, 8*(1), 1-13.

Capobianco, B. M., Nyquist, C., & Tyrie, N. (2013). Shedding light on engineering design. *Science and Children, 50*(5), 58-64.

CBE Thailand. (2021). *Competency-based education.* Retrieved from https://cbethailand.com [in Thai]

Chamrat, S. (2017). The definition of STEM and key features of STEM education learning activity. *STOU Education Journal, 10*(2), 13-34. [in Thai]

Faikhamta C., Suknarusaithagul N., Yokyong S., Panyanukit P., Muangsong K., Ninubon J., & Prasoplarb T. (2022). Decoding STEM education integrated with BCG economic model activity. *IPST Magazine, 50*(238), 31-37. [in Thai]

Faikhamta, C., Awae, M., Suknarusaithagul, N., & Mutcha, P. (2023). Research trends in STEM education in Thailand. *CMU Journal of Education, 7*(1), 29-43. [in Thai]

Hanuscin, D. L., & Zangori, L. (2016). Developing practical knowledge of the Next Generation Science Standards in elementary science teacher education. *Journal of Science Teacher Education, 27*(8), 799-818.

Honey, M., Alberts, B., Bass, H., Castillo, C., Lee, O., Strutchens, M. M., Vermillion, L., & Rodriquez, F. (2020). *STEM education for the future: A visioning report*. Washington, DC: National Science Foundation.

Morrison, J., & Bartlett, V. R. (2009). *STEM as a curriculum.* Retrieved from https://www.edweek.org/teaching-learning/opinion-stem-as-a-curriculum/2009/03.

National Science and Technology Development Agency. (2020). What is *BCG economy model.* Retrieved from https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/what-is-bcg-economy-model/. [in Thai]

Pongsophon, P., Pinthong, T., Lertdechapat, K., & Vasinayanuwatana, T. (2021). Developing science teachers' understanding of engineering design process through workshop on biomimicry for green design. *Srinakharinwirot Science Journal, 37*(1), 56-57. [in Thai]

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 3*, 1-18.

Sevian, H., Judy, D. Y., & Parchmann, I. (2018). How does STEM context-based learning work: What we know and what we still do not know. *International Journal of Science Education, 40*(10), 1-13.

Srikoom, W., Faikhamta, C., & Hanuscin, D. (2018). Dimensions of effective STEM integrated teaching practice. *K-12 STEM Education, 4*(2), 313-330.

Starfish Academy. (2022). *Using technology to support teaching and learning management.* Retrieved from https://www.starfishlabz.com. [in Thai]

Tytler, R. (2020). STEM education for the twenty-first century. *Integrated approaches to STEM education: An International Perspective*, 21-43.

Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, N.H.: Heinemann Publishing.

Xu, L., Fang, S.C., & Hobbs, L. (2023). The relevance of STEM: A case study of an Australian secondary school as an arena of STEM curriculum innovation and enactment. *International Journal of Science and Mathematics Education, 21*, 667–689.

Yuan, X., Yu, Le., & Wu, Hao. (2021). Awareness of sustainable development goals among students from a Chinese senior high school. *Education Sciences, 11*(458), 1-25.