

การศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริม การสร้างนวัตกรรมของนักเรียน: กรณีศึกษาครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

กิตติศักดิ์ มโนพัฒนกร*

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ**

วุฒิพงษ์ ทวีวงศ์***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน กรณีศึกษาคือครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 3 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ด้านการสอนและประสบการณ์สอนเกี่ยวกับการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา และกระบวนการคิดเชิงออกแบบแบบบูรณาการ 2) การจัดกระบวนการเรียนการสอนตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 3) บทบาทของครู และ 4) การวัดและประเมินผล

ผลการวิจัยพบว่า ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบในเรื่องการส่งเสริมให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของตัวต้นแบบ และปรับปรุงพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีที่สุด ส่วนในชั้นเรียน ครูมีความเข้าใจถูกต้องว่า ครูทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน และมีการวัดและประเมินผลนักเรียนทั้งในระหว่างการทำงาน และประเมินผลงานเมื่อแล้วเสร็จ ทั้งนี้ ครูวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนทำการสร้างตัวต้นแบบและทำการทดสอบซ้ำหลายครั้งเพื่อให้ได้นวัตกรรมที่ดีที่สุด งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการส่งเสริมและพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์ให้สามารถสอนโดยใช้การออกแบบเป็นฐานในสะเต็มศึกษา

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา; กระบวนการคิดเชิงออกแบบ; การสร้างนวัตกรรมของนักเรียน

*นิสิตระดับปริญญาเอก คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

**รองศาสตราจารย์ ดร. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

***รองศาสตราจารย์ ดร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900



The Study of Teaching Practices in STEM Education and Design Thinking Process to Promote Students' Creation of Innovations: A Case Study of Secondary School Science Teachers

Kittisak Manopattanakron*

Pongprapan Pongsophon**

Vudipong Davivongs***

Abstract

The research aimed to investigate the teaching methods used in STEM education and the design thinking process to encourage high school students to create innovations. The data was gathered through interviews with three high school science teachers using a protocol consisting of four parts: 1) teaching knowledge and experience in STEM education and the design thinking process, 2) instructional management related to the design thinking process, 3) teachers' roles in the classroom, and 4) assessment and evaluation.

The results of the study showed that science teachers have a limited understanding of the design thinking process. They did not encourage their students to create prototypes and test the effectiveness of the prototypes multiple times to develop optimal solutions. In their classrooms, the teachers acted as mentors and facilitated student innovation. They assessed students' work during the process and evaluated it at the end. This study suggests that science teachers should encourage their students to create prototypes and engage in iterative testing, redesigning, retesting, and redesigning again to achieve optimal prototypes. The research also highlights the need to promote and develop design-based learning among science teachers in STEM education.

Keywords: STEM education; Design thinking process; Students' creation of innovations

*Ph.D. student, Faculty of Education, Kasetsart University Bangkok 10900

**Associate Professor Dr., Faculty of Education, Kasetsart University Bangkok 10900

***Associate Professor Dr., Faculty of Architecture, Kasetsart University Bangkok 10900

Received: 4 November 2023/ Revised: 7 August 2024/ Accepted: 26 August 2024



ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาประเทศจำเป็นต้องอาศัยการสร้างนวัตกรรมเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม นวัตกรรมหลายอย่างในปัจจุบันเป็นนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยก่อนการสร้างนวัตกรรมจำเป็นต้องใช้ทักษะการคิดขั้นสูง การออกแบบ และการสร้างสรรค์นวัตกรรม ซึ่งจำเป็นต้องมีการส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะและความสามารถในการสร้างนวัตกรรมตั้งแต่ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัจจุบันมีนักวิชาการได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสอนที่ใช้การออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหาและสร้างนวัตกรรมในรายวิชาวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมาก (Fortus et al., 2011; Geitz & Geus, 2019; ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา ลดาชาติ, 2561) ซึ่งรูปแบบที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยคือการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา

ประเทศไทยมีการส่งเสริมการจัดการศึกษาที่ใช้สะเต็มศึกษามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 โดยสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาท้าทายที่พบเห็นในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) โดยประเทศไทยได้มีการจัดตั้งโรงเรียนศูนย์สะเต็มศึกษาภาคจำนวน 13 แห่งเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านสะเต็ม และเพื่อให้ครูในโรงเรียนเครือข่ายได้พัฒนาความรู้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางของสะเต็ม นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และกระทรวงศึกษาธิการยังมีนโยบายและเป้าหมายให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนผ่านการใช้ทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้า และแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษา แต่จากงานวิจัยของสุภารัตน์ พรหมแก้ว และคณะ (2563) พบว่า หน่วยงานทางการศึกษาของไทยไม่ได้ระบุแนวปฏิบัติที่ชัดเจนว่าโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษาต้องนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาบรรจุเข้าไปเป็นรายวิชาพื้นฐานหรือรายวิชาเพิ่มเติมในหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนจึงไม่ได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตร มีเพียงแต่การจัดกิจกรรมที่บูรณาการเข้าไปในรายวิชาจัดกิจกรรมชุมนุม และจัดกิจกรรมค่ายเท่านั้น จากลักษณะดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการปฏิบัติการสอนตามแนวทางของสะเต็มของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนศูนย์สะเต็มศึกษาภาคว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาในประเทศไทยนิยมใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการสอนโดยใช้การออกแบบเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (สุทธิกานต์ เลขาณูการ และคณะ, 2565) นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสอดคล้องกับกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (design thinking process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นิยมใช้สำหรับการพัฒนานวัตกรรมโดยยึดความต้องการของผู้ใช้งานสุดท้าย (end-users) เป็นศูนย์กลางในการออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา มีงานวิจัยที่นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบมาใช้ในการจัดการศึกษาทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเป็นจำนวนมาก (ไปรมา อิศรเสนา ณ อยุธยา และ ชูจิต ตรีรัตนพันธ์, 2560; พิษญา กล้าหาญ และ วิสูตร โพธิ์เงิน, 2564; Parker et al., 2021) การคิดเชิงออกแบบจำเป็นที่จะต้องคิดเชิงบวกและเป็นนักปฏิบัติ นักทดลองและทดสอบ และเป็นผู้ที่เรียนรู้ สิ่งที่น่าออกแบบเชิงความคิดทำคือการทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ทำซ้ำแล้วซ้ำอีกและพยายามค้นหาสิ่งที่เป็นแรงบันดาลใจ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าธนบุรี, 2560) กระบวนการคิดเชิงออกแบบยังสอดคล้องกับสมรรถนะหลักของผู้เรียนของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องเสริมสร้างให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนทุกคน ทั้งนี้ กระบวนการคิดเชิงออกแบบยังถือเป็นเรื่องใหม่ของการศึกษาไทย จากงานวิจัยของเบญจมาศ รอดวงศ์ และคณะ (2565) ที่ศึกษาการจัดกิจกรรมบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมยังไม่ทำให้นักเรียนสามารถเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาใหม่ที่แตกต่างจากแนวทางการแก้ไขเดิม ๆ ได้ นักเรียนบางส่วนสร้างชิ้นงานหรือต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยไม่ได้นึกถึงในมุมมองความต้องการของผู้ใช้งานจริง อีกทั้งกระบวนการคิดเชิงออกแบบยังเป็นความท้าทายในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอน (Razali et al., 2022)

ผลการวิจัยของลือชา ลดาชาติ และคณะ (2562ก) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่าครูบางส่วนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และยังไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และยังมีงานวิจัยที่พบว่า ครูมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสะเต็ม และไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการสร้างนวัตกรรมด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ชาตรี ฝ่ายคำตา และคณะ, 2566)

จากที่มาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน โดยศึกษาจากครูวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการฝึกอบรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบสำหรับการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นการศึกษานำแนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบไปใช้ในห้องเรียน และเป็นข้อมูลในการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

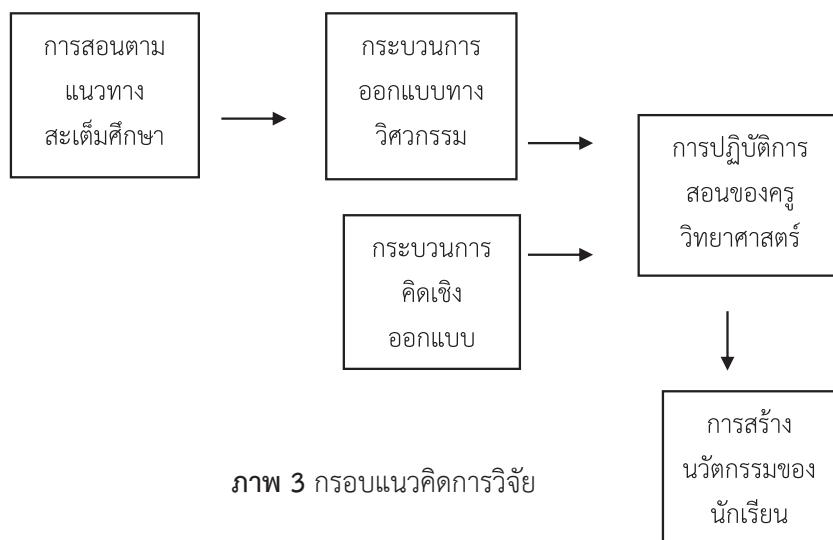
การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง รูปแบบการสอนที่ส่งเสริมผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการคิดเชิงออกแบบ หมายถึง ขั้นตอนที่นำมาใช้ดำเนินการแก้ปัญหาโดยเริ่มที่การทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้นวัตกรรม การระดมความคิด การออกแบบ การสร้างตัวต้นแบบและทดสอบเพื่อให้ได้นวัตกรรมที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอนของ The Hasso Plattner Institute of Design at Stanford (2022) หรือที่รู้จักกันว่า The Stanford d.school มาใช้ในการงานวิจัยนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย/กรอบแนวคิด

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษารายกรณี (Case Study) ในเรื่องของการปฏิบัติการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนจากครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน ในโรงเรียนศูนย์สะเต็มศึกษาภาคแห่งหนึ่ง



ภาพ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรณีศึกษา

กรณีศึกษา คือ การปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กำลังปฏิบัติงานในโรงเรียนศูนย์สะเต็มศึกษาภาคแห่งหนึ่ง ซึ่งผ่านการอบรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่ได้ปฏิบัติหน้าที่วิทยากรในการอบรมเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาให้กับหน่วยงานภายนอกโรงเรียน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการติดต่อและขอความยินยอมเข้าร่วมในกระบวนการวิจัยจำนวน 3 คน แบ่งเป็น 3 ประเภท ประเภทละ 1 คน ได้แก่ ครูผู้ช่วยที่มีประสบการณ์ในการทำงานไม่เกิน 2 ปี ครูประจำระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และครูประจำระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในงานวิจัยนี้ใช้รหัสแทนชื่อของครูด้วยเหตุผลทางด้านจริยธรรมการวิจัย ดังนี้

ครู T1 คือ ครูผู้ช่วยสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และสอนวิชาฟิสิกส์และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพศหญิง วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ในการสอน 1 ปี

ครู T2 คือ ครูประจำระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และสอนวิชาดาราศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพศหญิง วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ในการสอน 6 ปี

ครู T3 คือ ครูประจำระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพศหญิง วุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ประสบการณ์ในการสอน 5 ปี

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างรูปแบบปลายเปิดจำนวน 4 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านความรู้ด้านการสอนและประสบการณ์สอนเกี่ยวกับการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา และกระบวนการคิดเชิงออกแบบแบบบูรณาการ จำนวน 8 ประเด็น ได้แก่ 1.1 ความหมายและลักษณะของการสอนตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 1.2 การจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 1.3 ประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบให้กับนักเรียน 1.4 ความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา 1.5 เป้าหมายของการสอนสะเต็มศึกษา 1.6 ประสบการณ์ในการจัดหรือมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็ม 1.7 การเตรียมตัวของครูในการจัดการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา และ 1.8 ปัญหา อุปสรรคและความท้าทายของการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา

ด้านที่ 2 ด้านการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 5 ประเด็น ได้แก่ 2.1 การให้นักเรียนระบุปัญหา 2.2 การให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2.3 การให้นักเรียนระดมความคิด ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 2.4 การให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา การสร้างตัวต้นแบบ และ 2.5 การให้นักเรียนทดสอบประเมินผล ปรับปรุง และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือตัวต้นแบบ

ด้านที่ 3 ด้านบทบาทของครู

ด้านที่ 4 ด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ประเด็น ได้แก่ 4.1 การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน และ 4.2 การวัดและประเมินผลหลังเรียน

ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมของเนื้อหาและข้อคำถาม จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence; IOC) จากนั้นนำผลการประเมินมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาและข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์มีความเหมาะสม (ค่า IOC ทุกด้านมากกว่า 0.5)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำการนัดหมายวันเวลาที่ผู้วิจัยและครูผู้ให้สัมภาษณ์สะดวกเป็นรายบุคคล
2. ผู้วิจัยชี้แจงจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้ให้สัมภาษณ์ และขออนุญาตครูผู้ให้สัมภาษณ์ทุกคนในการบันทึกเสียงตลอดการสัมภาษณ์
3. ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ครูโดยใช้ข้อคำถามตามแบบสัมภาษณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แก่นสาระ (thematic analysis) โดยวิเคราะห์เนื้อหาจากการถอดเทปบันทึก เป็นการสัมภาษณ์ของครูผู้ให้สัมภาษณ์เป็นรายบุคคล เชื่อมโยงประเด็นที่เหมือนและประเด็นที่แตกต่างระหว่างครูทั้ง 3 คน และสรุปเป็นแก่นสาระสำคัญ

2. นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบโดยใช้เทคนิคหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ตรวจอิสระ (inter-rater reliability) เป็นการวิเคราะห์ตีความข้อมูลที่ได้อีกครั้งหนึ่ง นำผลที่ได้มาอภิปรายร่วมกัน หากข้อคิดเห็นของผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญสอดคล้องกันจึงจะนำผลไปสรุปและอภิปรายผล หากข้อคิดเห็นของผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญไม่สอดคล้องกันจะอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อสรุปร่วมกัน

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ของครูทั้ง 3 คน สรุปออกมาเป็นแก่นสาระจำนวน 4 แก่นสาระดังนี้

1. ครูเข้าใจความหมายและลักษณะของสะเต็มศึกษา แต่มีมุมมองว่าการจัดการเรียนการสอนต้องใช้เวลามาก และนักเรียนยังขาดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำมาใช้
2. ครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้เพียงบางขั้นตอนของกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
3. ในชั้นเรียน ครูทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบของนักเรียน
4. ครูมีการประเมินผลระหว่างเรียนโดยสังเกตการทำงานและประเมินความก้าวหน้า ส่วนการประเมินหลังเรียนครูประเมินชิ้นงานของนักเรียนเพียงครั้งเดียว โดยไม่ได้ให้นักเรียนได้แก้ไข ปรับปรุงเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีที่สุด

ทั้ง 4 แก่นสาระ ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างบางส่วนของคำสัมภาษณ์มาเป็นข้อมูลประกอบ ดังตาราง 1 – 4

ตาราง 1 การสัมภาษณ์เกี่ยวกับความรู้ด้านการสอนและประสบการณ์สอนเกี่ยวกับการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา และกระบวนการคิดเชิงออกแบบแบบบูรณาการ

ประเด็นในการสัมภาษณ์	ครู		
	T1	T2	T3
1. ความหมายและลักษณะของการสอนตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ	“...ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยให้นักเรียนแก้ปัญหาจากสิ่งรอบตัว...”	“...ให้สถานการณ์กับนักเรียนเพื่อออกแบบชิ้นงาน...”	“...ให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหา/นวัตกรรม ลงมือทำ...”
2. การจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในรายวิชาวิทยาศาสตร์	“...การเรียนวิทยาศาสตร์ต้องใช้การออกแบบ...”	ครู T2 ไม่แน่ใจ	“...ให้นักเรียนได้ลองออกแบบการแก้ปัญหาของร่างกาย...”
3. ประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบให้กับนักเรียน	“...เคยให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยนำทฤษฎีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างชิ้นงาน...”	“...เคยให้นักเรียนออกแบบ บูรณาการ ร่วมกับการสอน...”	“...เคยให้นักเรียนออกแบบการแก้ปัญหาในระดับชั้น ม.5...”
4. ความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา	“...การบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ...”	“...การออกแบบที่บูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ...”	“...บูรณาการศาสตร์ความรู้ เน้นแก้ปัญหาการสร้างนวัตกรรม...”



ประเด็นในการ สัมภาษณ์	ครู		
	T1	T2	T3
5. เป้าหมายของการ สอนสะเต็มศึกษา	“...1) นักเรียนเรียนรู้ วิธีการแก้ปัญหา 2) นักเรียนสามารถนำ ความรู้ไปต่อยอดใน ชีวิตประจำวัน...”	“...ส่งเสริมให้นักเรียนมี กระบวนการคิด การ ออกแบบ...”	“...อยากให้นักเรียนได้ บูรณาการความรู้ ทำ นวัตกรรมอย่างน้อย 1 ชิ้น...”
6. ประสบการณ์ในการ จัดหรือมีส่วนร่วมในการ จัดการเรียนการสอน ตามแนวสะเต็ม	“...ในรายวิชาของเล่น เคยให้นักเรียนออกแบบ ชิ้นงาน เช่น การนำ ความรู้เรื่องรถและ เพลามาสร้างรถของเล่น ใช้หลักการทาง คณิตศาสตร์ในการ คำนวณขนาด...”	“...ไม่เคยทำในห้องเรียน แต่เคยทำนอกห้องเรียน เช่น การจัดค่าย...”	“...เช่น อุปกรณ์ปลูก ต้นไม้ ประกอบด้วย การศึกษาปัจจัยที่ เกี่ยวข้องกับการ เจริญเติบโตของต้นไม้ ข้อมูลจากสื่อ สร้างสรรค์ ชิ้นงาน มีการคำนวณ การเจริญเติบโต...”
7. การเตรียมตัวของครู ในการจัดการสอนตาม แนวสะเต็มศึกษา	“...ให้อิสระนักเรียนใน การคิด การทำ แต่ นักเรียนอาจจะยังมี ความรู้ไม่เพียงพอ...”	“...ครูต้องศึกษาข้อมูล เกี่ยวกับเรื่องที่สอน เตรียมตัวอย่างให้กับ นักเรียน...”	“...เตรียมสถานการณ์ทำ ให้นักเรียนเข้าใจ ชิ้นงาน เปิดกว้าง...”
8. ปัญหา อุปสรรคและ ความท้าทายของการ สอนตามแนวสะเต็ม ศึกษา	“...นักเรียนไม่มีความรู้ ในการใช้เครื่องมือทาง วิทยาศาสตร์ ความคิด สร้างสรรค์น้อย...”	“...นักเรียนจะทำได้ ไหม...”	“...1) ใช้เวลามาก 2) ความรู้เดิมของนักเรียน แต่แก้ปัญหาได้โดยการ ใช้สื่อเทคโนโลยีช่วย...”

จากตาราง 1 พบว่า ครู T1 T2 และ T3 ทราบความหมายและลักษณะของการสอนแบบสะเต็มศึกษา แต่มีแค่ครู T3 ที่เคยให้นักเรียนออกแบบและสร้างนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ส่วนครู T1 ให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างเป็นของเล่น ส่วนของ T2 ไม่เคยให้นักเรียนออกแบบและสร้างนวัตกรรมในคาบเรียน แต่เคยจัดกิจกรรมในค่ายนอกห้องเรียน และครูทั้งสามคนมีความเห็นตรงกันว่า การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมมีข้อจำกัดเรื่องเวลา และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อีกทั้ง การสอนลักษณะนี้ครูผู้สอนต้องเตรียมตัวมากกว่าการสอนปกติ

ตาราง 2 การสัมภาษณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ประเด็นในการสัมภาษณ์	ครู		
	T1	T2	T3
1. การให้นักเรียนระบุปัญหา	“...นักเรียนต้องไปคิดมาก่อนว่าจะออกแบบชิ้นงานอะไร และจะใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร ...”	“...ให้นักเรียนเลือกตามความสนใจ...”	“...ให้นักเรียนไปศึกษาความต้องการของตลาดทำไมต้องแก้ ก่อนหน้ามีคนเคยทำไหม ทำแล้วได้ผลอย่างไร...”
2. การให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	“...ครูต้องยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ใกล้เคียงเพื่อให้นักเรียนเข้าใจ ให้นักเรียนเสนอความคิดเห็น ...”	“...นักเรียนไปหาข้อมูลจากสถานการณ์...”	“...ใช้ประโยชน์จากการทำ PBL ในโรงเรียนว่าทำมาแล้วได้อะไร เช่น จะปลูกถั่วออก ลักษณะที่ต้องการเป็นอย่างไร...”
3. การให้นักเรียนระดมความคิด ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	“...ให้นักเรียนคุยกัน...”	“...นักเรียนต้องออกแบบชิ้นงานให้ครูดูครูจะให้คำแนะนำ เพื่อแก้ไข...”	“...ให้นักเรียนระดมความคิด หาแนวทางการแก้ปัญหา ลอง try out วิธีการ อภิปรายกันเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุด...”
4. การให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา การสร้างตัวต้นแบบ	“...ไม่เคยให้นักเรียนทำตัวต้นแบบ...”	“...ไม่เคยให้นักเรียนทำ...”	“...ให้สร้างนวัตกรรม 1 ชิ้น เป็นลักษณะย่อส่วน อาจไม่สมบูรณ์...”
5. การให้นักเรียนทดสอบประเมินผล ปรับปรุง และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือตัวต้นแบบ	เนื่องจากครูไม่ได้ให้นักเรียนทำตัวต้นแบบจึงไม่มีขั้นตอนของการทดสอบ	เนื่องจากครูไม่ได้ให้นักเรียนทำตัวต้นแบบจึงไม่มีขั้นตอนของการทดสอบ	ครู T3 ไม่ได้ให้นักเรียนทดสอบ แต่ใช้การมานำเสนอ

จากตาราง 2 ครูทั้งสามคนเคยให้นักเรียนได้ศึกษาปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และให้นักเรียนได้ระดมความคิดในการแก้ปัญหาร่วมกันกับเพื่อน แต่ ครู T1 และ T2 ไม่เคยให้นักเรียนสร้างตัวต้นแบบในการแก้ปัญหา ส่วนครู T3 เคยให้นักเรียนสร้างตัวต้นแบบแต่ไม่ได้ให้ทำการทดสอบหรือปรับปรุงตัวต้นแบบนั้น

ตาราง 3 การสัมภาษณ์เกี่ยวกับบทบาทของครู

ประเด็นในการสัมภาษณ์	ครู		
	T1	T2	T3
บทบาทของครูตลอดการจัดการเรียนการสอน	“...ครูให้อิสระทางความคิดกับนักเรียน แต่ก็แนะนำ หากนักเรียนอยากทำอะไรที่เป็นไปได้ ยาก เช่น มีนักเรียนอยากทำรถบินได้...”	“...ให้คำปรึกษา คำแนะนำ กระตุ้นด้วยคะแนน...”	“...เป็นครูที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือข้อมูล กระตุ้นให้นักเรียนทำงาน...”

จากตาราง 3 พบว่า ครูทั้งสามคนทำหน้าที่เป็นครูที่ปรึกษาในการทำงานของนักเรียน และให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนยังบกพร่องในเรื่องของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ และทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนทำงานจนสำเร็จ

ตาราง 4 การสัมภาษณ์เกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

ประเด็นในการสัมภาษณ์	ครู		
	T1	T2	T3
1. การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน	“...ใช้การสังเกต ประเมินนักเรียนตั้งแต่เริ่มทำกิจกรรม...”	“...สมาชิกในกลุ่ม ช่วยกันใหม่ ความสามัคคีในกลุ่ม การทำงาน...”	“...ดูการมีส่วนร่วม ความคิดริเริ่มของงาน ทักษะที่เกี่ยวกับการทำงาน...”
2. การวัดและประเมินผลหลังเรียน	“...ประเมินว่างานของนักเรียนถูกหลักการไหม ใช้วัสดุ/อุปกรณ์คุ้มค่าไหม...”	“...การนำเสนอ วัสดุที่นำมาใช้ ความแข็งแรง...”	“...มีรูบริคสำหรับการประเมิน แจ้งให้นักเรียนทราบตั้งแต่ต้น ประเมินทั้งความรู้และทักษะ...”

จากตาราง 4 พบว่า ครูทั้งสามคนมีการประเมินนักเรียนในระหว่างเรียนโดยใช้การสังเกตการมีส่วนร่วมในการทำงาน และในการประเมินผลงานของนักเรียน ครูทั้งสามคนใช้หลักเกณฑ์ในการประเมินผลงานใกล้เคียงกัน คือ ความคุ้มค่าของการใช้วัสดุอุปกรณ์ของนักเรียน การนำหลักการความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบ แต่มีเพียงครู T3 ที่มีการสร้างเกณฑ์ในการประเมินผลงานนักเรียน



อภิปรายผล

การศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจำนวน 3 คน อภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

ด้านความรู้ด้านการสอนและประสบการณ์สอนเกี่ยวกับการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบแบบบูรณาการ ผลการวิจัยแสดงว่าครูที่ผ่านการฝึกอบรมเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเข้าใจความหมาย และสามารถอธิบายลักษณะของสะเต็มศึกษาได้ แต่การนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนของครูยังมีบางขั้นตอนไม่ครบถ้วน ครูวิทยาศาสตร์บางคนแทบจะไม่ได้จัดกิจกรรมแนวสะเต็มศึกษาในคาบเรียนเลย นอกจากนี้ครูทั้งสามคนยังไม่คุ้นเคยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ทำให้การจัดการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ยังไม่สมบูรณ์สอดคล้องกับงานวิจัยของ ลือชา ลดาชาติ และคณะ (2562ก) หากครูวิทยาศาสตร์มีการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้ออกแบบจะส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี (Doppelt et al., 2008) อีกทั้งประสบการณ์ของการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาของครูมีความสำคัญต่อความสำเร็จในการออกแบบและสร้างนวัตกรรมของนักเรียนสอดคล้องกับงานวิจัยของ Means et al. (2016) แต่ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลกับความสำเร็จอีก เช่น กลวิธีการสอน และเทคนิคการสอนที่ครูนำมาใช้ร่วมกับการสอนในคาบเรียน นอกจากนี้ ครูทั้งสามคนมีความเห็นว่า การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมมีข้อจำกัดด้านเวลา เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรค่อนข้างจำกัด จึงแทบจะไม่มีคาบเรียนที่ให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมได้มากเท่าที่ควร ครูที่สอนการสร้างนวัตกรรมต้องเตรียมการสอนมากกว่าการสอนปกติ และนักเรียนยังขาดความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hacıoglu et al. (2017) ที่พบว่าครูวิทยาศาสตร์มีมุมมองว่า การสอนที่ใช้การออกแบบมีความยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลามาก และจำเป็นต้องเตรียมการสอนมาอย่างถี่ถ้วน

ด้านการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากผลการวิจัยครูทั้งสามคนไม่เคยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในการจัดการเรียนการสอน แต่ใช้บางขั้นตอนของกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ การให้นักเรียนไปสืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหา การแยกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และการระดมความคิดร่วมกันกับเพื่อนเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งตรงกับลักษณะของขั้นตอนการทำความเข้าใจปัญหา การตีความปัญหาและกำหนดกรอบของโจทย์ และการสังเคราะห์ทางเลือกใหม่ ๆ ของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ และตรงกับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นว่าครูทั้งสามคนมีมุมมองว่าการให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาถือเป็นเรื่องสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ลือชา ลดาชาติ และคณะ (2562ข) ที่พบว่าการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาต้องทำความเข้าใจปัญหาและคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ แต่จากผลการวิจัย ครูส่วนใหญ่ยังไม่ได้ให้นักเรียนทำการสร้างตัวต้นแบบและทดสอบ ทำให้ขั้นตอนของกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมยังไม่สมบูรณ์



ด้านบทบาทของครู ในระหว่างการสอน และมอบหมายงานให้นักเรียนออกแบบและสร้างนวัตกรรม ครูทั้งสามคนทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ และอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน โดยไม่ไปปิดกั้นความคิดของนักเรียน ซึ่งเป็นลักษณะของการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมการออกแบบและสร้างนวัตกรรมของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Capobianco et al. (2016) ที่พบว่า ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำงานออกแบบและสร้างนวัตกรรม และสอดคล้องกับ ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ (2565) ที่กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้บนฐานการออกแบบมีศักยภาพในการพัฒนาอัตลักษณ์ด้านสะเต็มของนักเรียนได้ ทั้งนี้ ความสามารถของครูในการจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้สู่การออกแบบและสร้างนวัตกรรมได้นั้นถือเรื่องที่มีความสำคัญ แต่ทั้งนี้ ประสพการณ์ในการสอนที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการออกแบบและสร้างนวัตกรรมให้กับนักเรียนถือเป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะจากการผลการวิจัยจะพบว่า ครูที่มีประสพการณ์ในการสอนมากจะสามารถส่งเสริมให้นักเรียนให้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมได้มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lynch et al. (2018) ที่พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้แบบสะเต็มได้นั้น ต้องอาศัยความเป็นมืออาชีพของคณะครูผู้สอนในการสนับสนุนส่งเสริมนักเรียน

ด้านการวัดและประเมินผล จากการผลการวิจัยพบว่าครูทั้งสามคนมีการประเมินนักเรียนทั้งระหว่างเรียนและผลงานของนักเรียนหลังเรียนซึ่งเป็นลักษณะของการประเมินตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น เช่น งานวิจัยของ ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2559) ที่กล่าวถึงการประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาว่าต้องมีการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย โดยในการประเมินผลระหว่างเรียน ครูทั้งสามคนใช้การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรม และประเมินความก้าวหน้าของการทำงาน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดเห็นของตนเอง และประเมินข้อดีข้อจำกัดของงานตนเอง ถือว่าการประเมินผลระหว่างเรียนนั้น ครูทั้งสามคนมีการส่งเสริมนักเรียนได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park et al. (2018) ที่พบว่า เด็กเล็กที่ทำกิจกรรมแบบสะเต็มและผ่านการลองผิดลองถูกในการออกแบบหลายครั้งสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้แต่อาจจะยังไม่ครบถ้วน แต่ในการประเมินผลหลังเรียน ครูทั้งสามคนเน้นประเมินที่ตัวชิ้นงานของนักเรียนที่ทำเสร็จในครั้งแรกเลยโดยไม่ได้ให้นักเรียนได้ประเมินผลงานของตนเอง และทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่ดีที่สุด เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเวลา ความรู้ของนักเรียน และทรัพยากรที่มี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมให้กับนักเรียน ครูผู้สอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาชิ้นงาน นวัตกรรม หรือตัวต้นแบบอย่างเต็มที่ โดยให้นักเรียนทำการทดสอบ ปรับปรุง พัฒนาซ้ำ ๆ จนได้รูปแบบที่ดีที่สุด เพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 การสร้างเครือข่ายทางวิชาการเกี่ยวกับการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมให้กับนักเรียนเป็นสิ่งที่จำเป็น แม้ว่าครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะเคยผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการสอนที่ส่งเสริมการออกแบบและสร้างนวัตกรรมให้กับ

นักเรียน เช่น สะเต็มศึกษา มาแล้ว แต่ยังขาดการร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการนำสะเต็มศึกษาไปใช้ใน ห้องเรียนจริง ดังนั้น การสร้างเครือข่ายทางวิชาการ เช่น ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพที่เป็นการรวมกลุ่ม ของครูวิทยาศาสตร์ในการร่วมกันแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และผลที่เกิดขึ้นจากการสอน จะช่วยให้การสอน ที่ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมของนักเรียนสำเร็จได้มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัญชิสา เหมทานนท์ และคณะ (2563) ที่พบว่า การสร้างชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพในโรงเรียนช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดเชิง ออกแบบให้กับครูได้ดียิ่งขึ้น

1.3 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาของประเทศไทยควรมีการจัดอบรมเชิง ปฏิบัติการให้ครูผู้สอนสามารถนำการจัดการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิงออกแบบไปใช้ใน ห้องเรียนของตนเองได้ และควรมีการนิเทศติดตามผลการนำไปใช้ในห้องเรียน เพื่อเป็นข้อมูลสะท้อนกลับในการ พัฒนาการจัดการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสอนที่ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการคิดเชิง ออกแบบส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมให้กับนักเรียนของครูให้มากขึ้น โดยเฉพาะสถานศึกษาที่ครูผู้สอนใช้ กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการข้ามรายวิชา กล่าวคือ มีการจัด การเรียนการสอนร่วมกันของครูเป็นคณะทั้งครูวิทยาศาสตร์ ครูคณิตศาสตร์ และครูเทคโนโลยี นอกจากนี้ ควรมีการศึกษากระบวนการคิดเชิงออกแบบจากครูที่นำไปใช้จริงครบทั้ง 5 ขั้นตอน

เอกสารอ้างอิง

- ชาติรี ฝ่ายคำตา, มุสตาгим อาแว, ฌักทร สุขนฤเศรษฐกุล, และ ปริญญา มัจฉา. (2566). แนวโน้มการวิจัยด้าน สะเต็มศึกษาในประเทศไทย. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 7(1), 29-43.
- เบญจมาศ รอดวงษ์, เอกรัตน์ ทานาค, สุธรัตน์ โชติกปประค์ศิลป์, และ เบญจพร สาภักดี อัดัมส์. (2565). การบูรณา การสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องวงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงออกแบบ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 6(3), 44-58.
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2559). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. *วารสารวิชาการ แพร่ภาพลันธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 3(3), 129-140.
- ไพบรมา อิศรเสนา ณ อยุธยา และ ชูจิต ตรีรัตนพันธ์. (2560). *การคิดเชิงออกแบบ : เรียนรู้ด้วยการลงมือทำ*. ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ.
- พิชญา กล้าหาญ และ วิสูตร โพธิ์เงิน. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดกระบวนการคิดเชิง ออกแบบร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรรมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 49(2), 1-16.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2560). *คู่มือการจัดการเรียนการสอน. กระบวนการคิดเชิง ออกแบบ (Design Thinking)*. บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.

- ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2561). จากการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษาและการออกแบบ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 20(1), 246-260.
- ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2565). อัตลักษณ์ด้านสะเต็ม: อีกปัจจัยหนึ่งที่จะส่งเสริมความสำเร็จของสะเต็มศึกษาในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 5(1), 148-157. doi:10.14456/jsse.2022.13
- ลือชา ลดาชาติ, วิลาวัลย์ โพธิ์ทอง, วิไลภรณ์ ฤทธิคุปต์, และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2562ก). ความเข้าใจและมุมมองของครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 39(3), 133-149.
- ลือชา ลดาชาติ, วิลาวัลย์ โพธิ์ทอง, วิไลภรณ์ ฤทธิคุปต์, และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2562ข). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามความเข้าใจและมุมมองของครู. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 30(1), 89-103.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุดารัตน์ พรหมแก้ว, เอกรินทร์ สังข์ทอง, ขวลิต เกิดทิพย์, และ ชิตชนก เชิงเชาว์. (2563). การบริหารจัดการสะเต็มศึกษาของโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา: กรณีศึกษา โรงเรียนมัธยมศึกษาในประเทศไทย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 31(3), 199-212.
- สุทธิกานต์ เลขาณูการ, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ชาตรี ฝ้ายคำตา, และ เอกภูมิ จันทระขันตี. (2565). สมรรถนะการสอนการคิดเชิงออกแบบของครูวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 24(2), 370-380.
- อัญชิสา เหมทานนท์, วรรณวิศา สืบบุญธรรม คล้ายจำแลง, และ สุดารัตน์ สารสว่าง. (2563). แนวทางการประยุกต์ใช้การคิดเชิงออกแบบในการพัฒนากรอบความคิดเชิงออกแบบของครู: กรณีศึกษาครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2. *วารสารครุศาสตร์ปริทรรศน์*, 7(2), 132-146.
- Capobianco, B.M., De Lisi, J., & Radloff, J. (2016). Characterizing elementary teachers' enactment of high-leverage practices through engineering design-based science instruction. *Science Education*, 102(2), 342–376. doi:10.1002/sce.21325
- Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E., & Krysinski, D. (2008). Engagement and Achievements: A Case Study of Design-Based Learning in a Science Context. *Journal of Technology Education*, 19(2), 22-39.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2011). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855–879. doi:10.1080/09500690500038165
- Geitz, G., & Geus, J. (2019). Design-based education, sustainable teaching, and learning. *Cogent Education*, 6, 1-15. doi:10.1080/2331186X.2019.1647919

- Hacıoglu, Y., Yamak, H., & Kavak, N. (2017). The opinions of prospective science teachers regarding STEM education: The engineering design based science education. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(2), 649-684.
- Lynch, S. J., Burton, E. P., Behrend, T., House, A., Ford, M., Spillane, N., ... & Means, B. (2018). Understanding inclusive STEM high schools as opportunity structures for underrepresented students: Critical components. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 712-748. doi:10.1002/tea.21437
- Means, B., Wang, H., Young, V., Peters, V. L., & Lynch, S. J. (2016). STEM-focused high schools as a strategy for enhancing readiness for postsecondary STEM programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 709-736. doi:10.1002/tea.21313
- Park, D. Y., Park, M. H., & Bates, A. B. (2018). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 275-294. doi:10.1007/s10763-016-9776-0
- Parker, M., Cruz, L., Gachago, D., & Morkel, J. (2021). Design Thinking for Challenges and Change in K-12 and Teacher Education. *Journal of Cases in Educational Leadership*, 24(1) 3-14. doi:10.1177/1555458920975467
- Razali, N. H., Ali, N. N. N., Safiyuddin, S. K., & Khalid, F. (2022). Design Thinking Approaches in Education and Their Challenges: A Systematic Literature Review. *Creative Education*, 13, 2289-2299.
- The Hasso Plattner Institute of Design at Stanford. (2022). *Design Thinking Bootleg*. <https://dschool.stanford.edu/resources/design-thinking-bootleg>