

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
ด้วยโครงการสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์
Developing High School Students' Design Thinking Skills Through a Project on
Creating Nano Bricks from Polymer Wastes

นลินี ณ นคร^{1*}, สักรินทร์ ังตกรโท², กาญจนา วัฒนสุนทร³, พิมพ์น้ำผึ้ง วรรณสาม⁴
Nalinee Na Nakorn^{1*}, Sungworn Ngudgratoke², Kanjana Watanasuntorn³,
Pimnamphueng Wannasam⁴

^{1*}ค.ด.(การวัดและประเมินผลการศึกษา) รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Corresponding author E-mail: nalinee_na_nakorn@hotmail.com

²Ph.D. (Measurement and Quantitative Methods) รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

E-mail: sungworn@hotmail.com

³ค.ด.(การวัดและประเมินผลการศึกษา) รองศาสตราจารย์ ข้าราชการบำนาญ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

E-mail: drkanjanastou@gmail.com

⁴วท.บ.(เคมี) ครูชำนาญการ โรงเรียนมาบอำมฤตวิทยา E-mail: pimnamphueng@hotmail.com

Received: April 21, 2024 / Revised: May 26, 2024 / Accepted: June 16, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยโครงการสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมาบอำมฤตวิทยา จังหวัดชุมพร จำนวน 20 คน ซึ่งสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยผ่าน “กิจกรรมพัฒนา นักเรียน” ของโรงเรียน เครื่องมือวิจัย มี 2 ประเภท ดังนี้ 1) เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ใบงานการ ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์ แบบบันทึกข้อมูลการสังเกตและการสัมภาษณ์เกี่ยวกับ ปัญหาจากขยะพอลิเมอร์ และแบบบันทึกกระบวนการปฏิบัติงานการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์รวมทั้ง ปัญหาจากการดำเนินงานและข้อเสนอการปรับปรุง และ 2) เครื่องมือผลิตและทดสอบคุณภาพสิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ เครื่องหลอมพลาสติก เครื่องอัดอิฐบล็อก เครื่องทดสอบแรงอัดอิฐบล็อก และเครื่องวัดอุณหภูมิ อินฟราเรด การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ของการรับแรงอัดอิฐและการสะท้อนแสงของอิฐนาโน และ 2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การ วิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการปลูกฝังแนวทางการคิดเชิงออกแบบในการสร้าง อิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ให้กับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้การประเมินตนเองในการทบทวนงาน ตลอดทุกขั้นตอน ต้นแบบอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์นำไปใช้ประโยชน์เป็นอิฐปูทางเดิน มีความแปลกใหม่

และมีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สูงกว่ามาตรฐาน มอก.58 สำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก เมื่อผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ในส่วนผสมของอิฐทำให้ความร้อนของอิฐปูทางเดินลดลง เหมาะกับประโยชน์ใช้สอยมากขึ้น

คำสำคัญ : การคิดเชิงออกแบบ, อิฐนาโน, ขยะพอลิเมอร์, ประโยชน์ใช้สอย, มาตรฐานผลิตภัณฑ์

Abstract

The purpose of this research was to develop high school students' skills on design thinking through the project on 'nano brick production from polymer wastes'. The target of the study were 20 high school students, studying at Mapammaritwittaya school, Chumphon Province, who voluntarily participated to the study through school's 'student development activity'. Two kinds of tools were utilized in the study; firstly were data collecting tools, comprising worksheet for designing and creating artefacts from polymer wastes, observation and the interview forms for identifying problems on polymer wastes, and record form for reviewing the process and task performed together with problems emerged during working process on designing and creating inventions from polymer wastes and recording forms for product testing data; secondly were producing and testing devices, comprising plastic melting machine, block machine, compressive strength test block, and infrared thermometer. The criteria used in reviewing the quality of the brick were from Thai Industrial Standards Institute (TISI). Quantitative data were analyzed through arithmetic mean of compressive strength while qualitative data were analyzed through content analysis.

The study was found to be successful in cultivating the design thinking approach of working in students. They were capable of following the design thinking process effectively and also accepting and using self-assessment in reviewing their work along every step of the study process. The nano brick prototype from polymer wastes was proved to have quality of uniqueness and utility. It was tested for standard quality according to the criteria of Thai Industrial Standards Institute (TISI) with the compressive strength at 120 kg/cm², higher than TIS 58 standards for concrete blocks that cannot support weight. Nano titanium dioxide was added in brick mixtures to help reduce the heat of the brick, making the brick more suitable for use.

Keywords : Design thinking, Nano bricks, Polymer waste, Utility, Product standards

บทนำ

การคลี่คลายของการแพร่ระบาดของ โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ส่งผลให้เศรษฐกิจและการท่องเที่ยวกลับสู่ภาวะปกติ แหล่งท่องเที่ยวทางทะเลและชายฝั่งเริ่มมีนักท่องเที่ยวและกิจกรรมการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการบริการและการบริโภคที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้ภาชนะและบรรจุภัณฑ์อาหารประเภทพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว (single-use plastics) เพิ่มขึ้น และมีการทิ้งขยะประเภทนี้ไม่ถูกวิธีเพิ่มขึ้นมากขึ้น เช่น พบขยะลอยน้ำที่ไหลออกจากแม่น้ำลงสู่ทะเล และส่งผลต่อคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ผลการศึกษาสถานการณ์ขยะพลาสติกในประเทศไทย พ.ศ. 2565 พบว่ามีขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว เช่น ถ้วยร้อน ถ้วยเย็น ถ้วยหิ้ว แก้วพลาสติก หลอดพลาสติก กล่องโฟมบรรจุอาหาร ปริมาณ 2.83 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 11 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด (อันดับ 2 รองจากขยะอาหาร) เพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2564 ที่มีปริมาณขยะพลาสติก 2.76 ล้านตัน และพบว่ามีภาชนะพลาสติกกลับไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยประมาณ 0.71 ล้านตัน (ร้อยละ 25) เพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2564 เฉลี่ยประมาณ 0.52 ล้านตัน ส่วนที่เหลือ 2.04 ล้านตัน (ร้อยละ 72) เป็นขยะที่ถูกนำไปกำจัดโดยการฝังกลบรวมกับขยะมูลฝอยอื่น ๆ และประมาณ 0.08 ล้านตัน (ร้อยละ 3) ที่ไม่ได้รับการจัดการและตกค้างในสิ่งแวดล้อม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566) หากการจัดการขยะพลาสติกเหล่านี้ไม่เหมาะสม เช่น กองทิ้งไว้กลางแจ้ง เมื่อเวลาผ่านไปพลาสติกที่ถูกแสงแดดสามารถแตกตัวออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำ กลายเป็นปัญหาไมโครพลาสติกสะสมในห่วงโซ่อาหาร หากนำขยะพลาสติกไปฝังกลบจะใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนาน ปรากฏการณ์เหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ รวมถึงสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม (นิชชา บุรณสิงห์, 2562; ธาริตา เสนาวงษ์ และคณะ, 2564; นันทวุฒิ จำปางาม, 2563) รัฐบาลไทยตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลพิษที่เกิดจากขยะพลาสติกจึงได้กำหนดแผน (road map) การจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561-2573 ขึ้น เพื่อเป็นนโยบายการบริหารจัดการขยะพลาสติกในภาพรวมของประเทศสำหรับให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นกรอบแนวทางในการดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกของประเทศไทย โดยกำหนดเป้าหมายแรก คือ การลดและเลิกใช้พลาสติกเป้าหมายด้วยการใช้วัสดุทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป้าหมายที่สอง คือ การนำขยะพลาสติกเป้าหมายกลับมาใช้ประโยชน์เข้าสู่เศรษฐกิจหมุนเวียน (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กล่าวมาข้างต้นที่มีผลกระทบทางลบต่อชีวิตของประชาชนนั้น สถาบันการศึกษาเป็นหน่วยงานหนึ่งของสังคมที่จะใช้กระบวนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสร้างจิตสำนึกให้เยาวชนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและป้องกันการเกิดมลภาวะของสภาพแวดล้อมลักษณะนี้ โดยอาจใช้สถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นกรณีศึกษาเพื่อสร้างจิตสำนึกและความรับผิดชอบต่อสภาพแวดล้อมโดยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน เช่น ทักษะการคิดสร้างสรรค์ และบ่มเพาะและปลูกฝังจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม ย่อมจะเกิดผลดี เพราะเป็นสถานการณ์จริงที่สามารถนำไปบูรณาการกับเนื้อหาวิชาที่นักเรียนกำลังเรียนหรือจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนทำประโยชน์ให้กับชุมชนได้ งานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นจากความร่วมมือของหน่วยงานที่เป็นสถาบันบ่มเพาะเยาวชนระดับอุดมศึกษา คือ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และสถานศึกษาในท้องถิ่นที่ครูได้รับการถ่ายทอดกระบวนการคิดเชิงออกแบบในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาซึ่งเป็นทุนทางสังคมของ

มหาวิทยาลัย ทำหน้าที่บ่มเพาะความรู้ความสามารถ พัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ และพัฒนานวัตกรรม สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในการผลิตสิ่งประดิษฐ์นาโนจากขยะพอลิเมอร์ด้วยการคิดเชิงออกแบบ ผ่านกิจกรรมชุมนุม การคิดเชิงออกแบบเป็นกระบวนการคิดและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ครูสามารถปลูกฝังให้กับนักเรียนเพื่อเป็นกรอบการทำงานสำหรับโครงการในโลกแห่งความเป็นจริง (Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University, 2024) เน้นการลงมือปฏิบัติและการเรียนรู้จากการทดลอง มีลักษณะกระบวนการทำงานวนซ้ำจากการสร้างความเข้าใจมนุษย์ในการคิดเชิงสร้างสรรค์ มีการทดสอบเพื่อลดข้อผิดพลาด เพื่อให้สามารถพัฒนาความคิดและทางออกใหม่ที่ดีขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) การคิดเชิงออกแบบจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยผสมผสานระหว่างความคิดสร้างสรรค์และอรรถประโยชน์ของการใช้งานของสิ่งประดิษฐ์ได้อย่างเหมาะสม และคำนึงบริบทแวดล้อมจริงเพื่อสร้างกระบวนการคิดนอกกรอบให้แก่แก่นักเรียนรวมถึงสามารถสร้างนวัตกรรมออกมาได้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้อื่นได้ (นภาพรณ เยี่ยมทอง และเปรมพล วิบูลย์เจริญสุข, 2566) ลักษณะการทำงานของนักเรียนผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่สำคัญจะต้องปลูกฝังให้นักเรียนสามารถพัฒนางานของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล คือ ความสามารถในการประเมินการทำงานและผลงานของตนได้ทั้งในระหว่างการทำงานและเมื่อสิ้นสุดการทำงานรวมถึงผลลัพธ์ กระบวนการประเมินจึงเป็นมิติหนึ่งที่ต้องพัฒนาในตัวนักเรียนทั้งวิธีการประเมินและเครื่องมือที่ใช้ ซึ่งอาจมีทั้งความสามารถในการเลือกใช้และความสามารถในการพัฒนาเพื่อนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการประเมิน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติงาน การสังเกต การแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างเพื่อนนักเรียนและครูมาประเมินตนเองทั้งในระหว่างดำเนินงานและผลงานที่พัฒนาขึ้น และครูประเมินนักเรียน ทั้งนี้ครูและนักเรียนจะได้เรียนรู้การพัฒนาเครื่องมือและวิธีประเมินที่มีคุณภาพ รวมถึงสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนและครู ทั้งจุดเด่นที่ควรพัฒนาและข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุง เพื่อช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนของครูให้บรรลุเป้าหมาย

งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในการนำขยะพอลิเมอร์ กลับมาใช้ประโยชน์ผ่านการทำกิจกรรมชุมนุม ซึ่งนักเรียนต้องนำกระบวนการคิดเชิงออกแบบมาเป็นกรอบการทำงานเพื่อผลิตสิ่งประดิษฐ์นาโนจากขยะพอลิเมอร์ให้เป็นสิ่งใหม่และใช้ประโยชน์ได้อย่างปลอดภัย พร้อมกันนี้ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงานนักเรียนจะทำการประเมินตนเองควบคู่ไปกับการประเมินของครู ทำให้สามารถรายงานผลการปฏิบัติงานแก่นักเรียนได้ทันทีและทุกช่วงเวลาปฏิบัติงาน (real time) และปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนของครูด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยโครงการสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์

วิธีการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนวมอำมฤตวิทยา อำเภอบะพิต จังหวัดชุมพร จำนวน 20 คน ซึ่งสมัครใจเข้าร่วมโครงการบริการวิชาการแก่สังคมของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช โดยทำโครงการผ่าน “กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน” ของโรงเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

เครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ 2 ประเภท คือ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือผลิตและทดสอบคุณภาพสิ่งประดิษฐ์ รายละเอียดมีดังนี้

1. เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.1 ใบงาน เรื่อง การออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งกำหนดให้นักเรียนนำขยะพอลิเมอร์มาออกแบบและประดิษฐ์เป็นของใช้ที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีความแปลกใหม่ มีคุณค่า และใช้ประโยชน์ได้ ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน 24 ชั่วโมง

1.2 แบบบันทึกข้อมูลการสังเกตและการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการเกี่ยวกับปัญหาจากขยะพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นในชุมชนและโรงเรียน ซึ่งครอบคลุมให้นักเรียนใช้ในการเก็บข้อมูลจากผู้บริโภค ผู้ประกอบการ คนในชุมชน และโรงเรียน ในประเด็นที่เกี่ยวกับชนิดของขยะพอลิเมอร์ การเกิดปัญหาขยะพอลิเมอร์ และการจัดการขยะพอลิเมอร์อื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการ

1.3 แบบบันทึกกระบวนการปฏิบัติงานการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (design thinking) ของนักเรียน เป็นแบบบันทึกที่ครูใช้บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของนักเรียน ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่อิงแนวคิดของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด 5 ขั้นตอน (Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University, 2010) ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (empathize) ขั้นกำหนดปัญหา (define) ขั้นสร้างความคิด (ideate) ขั้นสร้างต้นแบบ (prototype) และขั้นทดสอบ (test) โดยแต่ละขั้นตอน นักเรียนทำการประเมินการทำงาน ผลการดำเนินงาน ปัญหาที่พบและการแก้ไข สาเหตุและ/หรือวิธีการแก้ไข หรือการขอความช่วยเหลือในการแก้ปัญหา

2. เครื่องมือผลิตและทดสอบคุณภาพสิ่งประดิษฐ์ มีดังนี้ เครื่องมือสำหรับผลิตสิ่งประดิษฐ์ ประกอบด้วย เครื่องหลอมพลาสติกและเครื่องอัดรีดบล็อก และเครื่องมือทดสอบคุณภาพสิ่งประดิษฐ์ ประกอบด้วย เครื่องทดสอบแรงอัดรีดบล็อก (compressive strength test block) และเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (infrared thermometer)

วิธีการดำเนินงาน

การวิจัยนี้ดำเนินงานร่วมกันระหว่างคณะผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัย ครูที่ปรึกษาชุมชน และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สมัครเข้าร่วมโครงการบริการวิชาการแก่สังคมของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ลักษณะการดำเนินงานอยู่ในรูปของการพัฒนานักเรียนให้สามารถใช้การคิดเชิงออกแบบในการทำโครงการผลิตสิ่งประดิษฐ์นาโนจากขยะพอลิเมอร์ผ่านกิจกรรมชุมชน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมที่จัดขึ้นสัปดาห์ละ 1 คาบเรียน นักเรียนที่สมัครเข้าร่วมโครงการนี้เป็นสมาชิกชุมชนหุ่นยนต์ปัญญาประดิษฐ์เทคโนโลยีและชุมชนธนาคารขยะของโรงเรียน กิจกรรมที่นักเรียนทำเน้นใน 2 ประเด็น ดังนี้ ประเด็นแรกดำเนินการผ่านขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบอิงแนวคิดของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด 5 ขั้นตอน คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นสร้างความคิด ขั้นสร้างต้นแบบ และขั้นทดสอบ และประเด็นที่สองนักเรียนทำการประเมินตนเองในการทำงานตามขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบ ทบทวนงาน และปรับปรุงงานตลอดทุกขั้นตอน รายละเอียดในการดำเนินงานมีดังนี้

ก่อนดำเนินการตามขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบ ครูที่ปรึกษาชุมชนปฐมนิเทศในคาบแรกของการเข้ากิจกรรมชุมชนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ครูและนักเรียนทำความเข้าใจกับโครงการที่จะทำ กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ร่วมกัน พิจารณาประเด็นความรู้ที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในการดำเนินงานตามโครงการ และใช้เงื่อนไขสำคัญในการดำเนินงานตามที่โครงการกำหนด คือ 1) ทำงานโครงการเพื่อแก้ปัญหาขยะพอลิเมอร์ในชุมชนและโรงเรียนโดยใช้ทักษะและความสามารถที่นักเรียนมีความรู้อยู่บ้างแล้วในเรื่องของขยะพอลิเมอร์ และ 2) นำขยะมาแปรรูปใหม่เป็นของที่มีประโยชน์ได้จริง จากนั้นครูที่ปรึกษาชุมชนให้ความรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากการเรียนการสอนปกติ 3 เรื่องหลัก ดังนี้ 1) ครูให้ความรู้ เรื่อง การคิดเชิงออกแบบเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหา การกำหนดปัญหา การสร้างความคิด การสร้างต้นแบบ และการทดสอบคุณภาพ 2) ครูทบทวนความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับขยะพอลิเมอร์ การใช้ประโยชน์จากขยะพอลิเมอร์ และเรื่องที่น่าสนใจสืบค้น และ 3) ครูให้ความรู้และฝึกทักษะ เรื่อง การออกแบบและกระบวนการผลิตสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์โดยครูและนักเรียนปฏิบัติการร่วมกัน ครูจัดกิจกรรมข้างต้นในคาบชุมชน 4 ชั่วโมง จากนั้นครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน จำนวน 4 กลุ่ม มอบหมายภาระงานให้นักเรียนลงพื้นที่เพื่อศึกษาปัญหาขยะพอลิเมอร์ในชุมชนและโรงเรียน ออกแบบและสร้างต้นแบบสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ทั้งนี้ ผลงานต้องมีความแปลกใหม่ มีคุณค่าสามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้เวลาในการเก็บข้อมูล สืบค้นข้อมูล และเรียนรู้กระบวนการผลิตจากการปฏิบัติ 24 ชั่วโมง (ใช้เวลาในคาบชุมชน 4 ชั่วโมง นอกเวลาปลายสัปดาห์ 20 ชั่วโมง) การปฏิบัติงานตามโครงการครั้งนี้มีครูที่ปรึกษาชุมชนทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและประเมินการดำเนินงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการสังเกตซักถาม ให้คำแนะนำพร้อมทั้งสะท้อนผลการปฏิบัติงานทุกช่วงเวลาของการปฏิบัติงาน ขณะเดียวกันนักเรียนต้องทำการประเมินตนเองทั้งในกระบวนการทำงานและผลงานที่สร้างรวมเวลาในการดำเนินงานตามโครงการทั้งสิ้น 28 ชั่วโมง สำคัญของการดำเนินงานในส่วนกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนลงพื้นที่เป็นกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาขยะชุมชน ทั้งจากการสังเกต การสัมภาษณ์ พูดคุยกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ตลอดจนสืบค้นข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในขั้นนี้นักเรียนอาจใช้วิธีการค้นหาปัญหาเพื่อทำความเข้าใจปัญหาเกี่ยวกับขยะพอลิเมอร์ที่ต่างกัน เช่น บางกลุ่มใช้กระบวนการกลุ่มโดยการพูดคุยกับชาวบ้านกลุ่มอาชีพ บางกลุ่มลงพื้นที่ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวพูดคุยกับนักท่องเที่ยว บางกลุ่มสังเกตสภาพขยะของชุมชนและโรงเรียน เหล่านี้เป็นต้น เพื่อให้ได้สภาพปัญหาที่ครอบคลุม รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหาในการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ที่เหมาะสมกับท้องถิ่น ครูที่ปรึกษาชุมชนเป็นผู้ให้คำปรึกษาและเพิ่มเติมความรู้ต่าง ๆ กรณีที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน หรือมีข้อสงสัย

ในขั้นตอนนี้ ผลที่ได้คือความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาขยะพอลิเมอร์ เช่น พฤติกรรมการใช้ภาชนะและบรรจุภัณฑ์ สภาพการทิ้งขยะ ความรู้ความเข้าใจในการจัดการขยะพอลิเมอร์ ข้อเสนอแนะในการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ การให้การสนับสนุนจากหน่วยงานท้องถิ่น

ขั้นที่ 2 กำหนดปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็นเพื่อคัดเลือกปัญหาที่กำลังจะแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมและมีความเป็นไปได้ในการจัดการปัญหาขยะพอลิเมอร์ภายในระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นครูจัดประชุมกลุ่มใหญ่ โดยนักเรียนเลือกตัวแทนเพื่อทำหน้าที่ดำเนินการอภิปรายในประเด็น “การระบุปัญหาและกรอบของปัญหาขยะพอลิเมอร์” ครูที่ปรึกษาชุมชนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและดูแลให้การดำเนินการระดมความคิดเห็นตรงประเด็น โดยเน้นย้ำให้นักเรียนเลือกเฉพาะข้อมูลที่เป็นปัญหาขยะพอลิเมอร์ เนื้อหาที่ใช้ในการระดมความคิดเห็นต้องเป็นปัญหาขยะพอลิเมอร์ที่ชุมชนและโรงเรียนกำลังเผชิญ

ในขั้นนี้ เพื่อให้ได้ความคิดเห็นกลุ่มที่ตรงประเด็น มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องครบถ้วนตามที่ได้ไปศึกษาและเก็บรวบรวมมา ครูแนะนำและสอนให้ใช้กระบวนการกลุ่มแบบ nominal group technique (NGT) โดยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่า ทุกคนสามารถเสนอความคิดเห็นได้อย่างอิสระ ขณะเสนอความคิดจะไม่มีมีการวิพากษ์วิจารณ์จนกระทั่งจดบันทึกข้อเสนอแนะของแต่ละคนเสร็จ เมื่อได้ความคิดเห็นและข้อมูลที่มีความเป็นอิสระจากกันแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาวิพากษ์ จากนั้นสมาชิกของกลุ่มลงมติจัดลำดับความสำคัญของปัญหาขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนและโรงเรียน เพื่อนำไปสร้างวิถีกแก้ปัญหาที่ตรงประเด็นและเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 การสร้างความคิด เป็นกระบวนการที่นักเรียนดำเนินกิจกรรมกลุ่มต่อเนื่องจากขั้นที่แล้ว ซึ่งครูที่ปรึกษาชุมชนกระตุ้นให้นักเรียนที่เข้าร่วมโครงการร่วมกันหาวิธีการหรือแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนและโรงเรียน โดยคิดอย่างอิสระ เปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นแนวทางแก้ปัญหา ระดมความคิดเห็นเพื่อทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาขยะในชุมชนและโรงเรียนในหลากหลายมุมมอง หลากหลายวิธีการให้ได้มากที่สุด ครูที่ปรึกษาชุมชนเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อช่วยให้นักเรียนมองปัญหาได้อย่างรอบด้านและละเอียดขึ้น รวมถึงหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างรอบคอบ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยการสร้างต้นแบบสิ่งประดิษฐ์ ในขั้นนี้ครูจะออกแบบกิจกรรมเพิ่มเติมโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปสืบค้นความรู้เกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ที่จะทำร่วมกัน แล้วนำมาแลกเปลี่ยน ครูตรวจสอบความถูกต้องของสิ่งที่นักเรียนสืบค้น

ผลที่ได้จากการดำเนินงานในขั้นนี้ นักเรียนระดมความคิดเห็นและตัดสินใจเลือกแนวคิดในการนำขยะพอลิเมอร์กลับมาใช้ประโยชน์ สามารถสร้างต้นแบบใหม่ โดยคำนึงถึงทางออกหลายทางออก ใช้ความรู้ความสามารถของตนเอง ความพร้อมของวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และมีเวลาเพียงพอ

ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ หลังจากการศึกษาปัญหาขยะ ความต้องการจำเป็นในการกำจัดขยะ ไปจนถึงการสร้างแนวความคิดจนได้รายละเอียดในกระบวนการเชิงระบบในการผลิต นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์ร่วมกัน โดยในขั้นนี้เป็นการทดลองหาอัตราส่วนผสมขยะพอลิเมอร์เพื่อทำอิฐประกอบด้วย 4 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการรับแรงอัดอิฐ และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น โดยนักเรียนดำเนินการเป็นลำดับดังนี้

- 1) ศึกษากระบวนการผลิตอิฐจากขยะพอลิเมอร์ และอัตราส่วนผสม
- 2) รวบรวม เตรียมขยะพอลิเมอร์ที่จะนำไปใช้ในการทำอิฐ ได้แก่ ขวดพลาสติก โฟม
- 3) ดำเนินการหลอมและอัดบล็อก ส่วนนี้มีการศึกษาและทดลองใช้ส่วนผสม และมีการทดสอบคุณภาพ 3 ด้าน คือ การรับแรงอัดอิฐบล็อก กลิ่น และการทะลุผ่านของแสง หลังการหลอมและอัดบล็อกมีการปรับส่วนผสมหลายครั้ง จนในที่สุดได้ส่วนผสมของอิฐที่มีคุณภาพ เครื่องหลอมและอัดบล็อกที่นำมาใช้เป็นเครื่องที่นักเรียนและครูสร้างขึ้นจากงบบริการทางวิชาการแก่สังคมของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- 4) ทดสอบการรับแรงอัดอิฐ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน

ในการดำเนินงานขั้นตอน 3) และ 4) เป็นการดำเนินงานต่อเนื่องกัน โดยที่เมื่อมีการหลอมและอัดบล็อกเสร็จสิ้นจะมีการทดสอบการรับแรงอัดอิฐ กลิ่น รวมทั้งการทะลุผ่านของแสง ทั้งนี้มีการทดสอบการรับแรงอัดอิฐตามมาตรฐาน มอก.58 สำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในทุกขั้นตอนของการผลิตโดยใช้เครื่องมือการทดสอบประสิทธิภาพของอิฐของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ และได้รับการสนับสนุนนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ จากวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรณีที่สิ่งประดิษฐ์ยังไม่ได้มาตรฐานนักเรียนจะปรับส่วนผสมใหม่และทดสอบใหม่เพื่อให้ผ่านมาตรฐาน

หมายเหตุ ระหว่างกระบวนการหลอม อัดบล็อก และทดสอบการรับแรงอัดอิฐ นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้แบบบันทึกข้อมูลในการบันทึกข้อมูลจากการดำเนินการ ประเมินการทำงาน ผลการดำเนินงาน ปัญหาที่พบ และการแก้ไขสาเหตุและ/หรือวิธีการแก้ไขหรือความช่วยเหลือที่ต้องการในการแก้ปัญหา ส่งบันทึกข้อมูลตามระยะการดำเนินงานตามแผนดำเนินงานของกลุ่ม และนำข้อมูลที่ได้มาแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม เพื่อปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงาน บันทึกที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับครูที่ปรึกษาชุมนุมในการให้ความช่วยเหลือหรือแนะนำต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ มีการทดสอบคุณภาพของการหลอมและอัดบล็อก และคุณภาพของผลงานเป็นระยะๆ ในขณะที่ดำเนินงานในขั้นที่ 4 ขั้นตอนที่ 3) และ 4) ครูที่ปรึกษาชุมนุมประสานงานกับหน่วยงานภายนอกเพื่อนำอิฐจากขยะพอลิเมอร์ไปทดสอบการรับแรงอัดอิฐ 3 ครั้ง คือ หลังจากการทดลองในขั้นสร้างต้นแบบ ขั้นตอน

ที่ 1 ถึง 3 ทำการส่งอิฐจากขยะพอลิเมอร์ที่นักเรียนผลิตไปทดสอบประสิทธิภาพของอิฐด้วยเครื่องทดสอบแรงอัดอิฐบล็อกที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ส่วนการทดสอบการทะลุผ่านของแสงด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดดำเนินการที่โรงเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตและการสัมภาษณ์ในกระบวนการคิดเชิงออกแบบโดยการวิเคราะห์เนื้อหา
2. ตรวจสอบกลิ่นของโฟมและพลาสติกขณะหลอมผ่านประสาทสัมผัส ด้วยการดมแล้วลงมติโดยประมาณการกลิ่น 5 ระดับ ตั้งแต่ฉุนมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด
3. ตรวจสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ โดยการทดสอบการรับกำลังแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบแรงอัดอิฐบล็อก ทั้งนี้การทดสอบการรับกำลังแรงอัดพิจารณาจากค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกตามมาตรฐาน มอก.58 สำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
4. วัดอุณหภูมิการทะลุผ่านของแสงด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด โดยการนำสิ่งประดิษฐ์ตากแดด 30 นาที แล้ววัดอุณหภูมิ เพื่อหาค่าเฉลี่ยการทะลุผ่านของแสงต่ำสุด

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยโครงการสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ รายงานตามขั้นตอนของการคิดเชิงออกแบบ ดังนี้

ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาจากขยะพอลิเมอร์ในชุมชนและโรงเรียน เพื่อใช้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการลดปัญหาดังกล่าว ผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้บริโภค การสัมภาษณ์ พูดคุยกับบุคคลในชุมชนและโรงเรียน สรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปัญหาจากขยะพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นในชุมชนและโรงเรียน

ผู้บริโภค	ผู้ประกอบการ	คนในชุมชน	โรงเรียน
ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์	ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์	ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต	ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต
พูดคุยกับนักเรียน ผู้ปกครอง	พูดคุยกับผู้ประกอบการ	และพูดคุยกับคนในชุมชน	และพูดคุยกับนักเรียน ครู
คนในชุมชน และนักท่องเที่ยว	เกี่ยวกับปัญหาของขยะใน	เช่น เจ้าหน้าที่เทศบาล	ภารโรง ผู้บริหาร
ซึ่งเป็นผู้บริโภค พบว่า	ชุมชน พบว่า	คนในชุมชน ผู้ปกครอง	สถานศึกษา พบว่า
1. ผู้บริโภคคุ้นเคยกับการใช้	1. ขยะที่มีมากคือ	พบว่า	1. ขยะขวดพลาสติก กล่อง
พลาสติก และภาชนะโฟม	ขวดพลาสติกและโฟม	1. ไม่มีการแยกขยะ	โฟมในธนาคารขยะมีเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้บริโภคร	ผู้ประกอบการ	คนในชุมชน	โรงเรียน
เพราะสะดวก หาซื้อง่าย ราคาถูก	2. การใช้บรรจุภัณฑ์ ทางเลือกมีราคาแพงกว่า	2. ยังมีการทิ้งขยะไม่ถูกที่	2. นักเรียนมีพฤติกรรม
2. ข้อจำกัดในการบริโภค คือ ผู้บริโภคมีตัวเลือกสินค้า ที่ปราศจากพลาสติกจำกัด	3. พลาสติกและโฟม ตอบสนองความต้องการ ของผู้บริโภค	3. พบโฟม ขยะทะเลและ อุปกรณ์จับปลาที่ถูกคลื่นซัด	3. ผู้เรียนยังขาดทักษะใน
	4. กากกาแฟมีจำนวนมาก ไม่เข้าใจวิธีการกำจัด 5. มี การทิ้งขยะมูลฝอย ขยะ พลาสติก ขยะโฟมรวมกัน	จนโฟมหลุดออกมาเป็นขยะ ลอยมาอยู่บริเวณริมชายหาด	การนำเทคโนโลยีที่สามารถ รีไซเคิลขยะพลาสติก/โฟมที่ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
		4. มีขยะโฟมใส่สัตว์น้ำ พุน้ำปลาและพุน้ำเลี้ยงหอย ของชาวประมงที่ชาวประมง ทิ้งบนฝั่ง	
		5. พบกากกาแฟที่ไม่ได้ใช้ ประโยชน์จำนวนมาก	
		6. คนในชุมชนขาดความเข้าใจ เกี่ยวกับการลดขยะ พลาสติกโดยการใช้ซ้ำหรือ การรีไซเคิลที่ไม่เป็นอันตราย ต่อสุขภาพ	
		7. คนในชุมชนไม่มีทางเลือก ในการใช้วัสดุทางเลือก บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้	
		8. ประชาชนบางส่วนมี การเผาทำลายขยะเพื่อลด ปริมาณขยะ	

จากปัญหาขยะพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นข้างต้นสามารถจัดกลุ่มปัญหาได้ดังนี้ 1) ขยะในชุมชนไม่ได้รับการ
คัดแยกขณะที่ขยะในโรงเรียนมีการแยกขยะเบื้องต้นโดยมีถังแยกตามประเภทขยะ และถูกคัดแยกไว้ใน
ธนาคารขยะของโรงเรียน 2) ขยะขวดพลาสติก กล่องอาหาร/กล่องโฟม ขยะโฟมจากชุมชนต่าง ๆ มีเพิ่มขึ้น
และขยะทะเลประเภทเชือก แห อวน ไม่ได้รับการคัดแยก และไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ 3) วิธีการจัดการขยะยัง
ไม่ถูกวิธี 4) กากกาแฟจากร้านกาแฟมีเพิ่มขึ้น และไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ และ 5) คนในชุมชนและในโรงเรียน
ขาดความรู้ ทักษะในการนำเทคโนโลยีที่สามารถรีไซเคิลขยะพลาสติก โฟมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ขั้นกำหนดปัญหา

ภายหลังจากที่นักเรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลมารวบรวมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น
เกี่ยวกับปัญหาขยะพอลิเมอร์ ได้ข้อสรุปของปัญหาและกรอบของปัญหาขยะพอลิเมอร์ โดยเรียงลำดับปัญหา
ดังนี้ 1) ขยะพลาสติกและโฟมทั้งในชุมชนและโรงเรียนมีเพิ่มขึ้น ซึ่งขยะเหล่านี้ใช้เวลาในการย่อยสลายนาน ถูก

ทั้งสะสมเป็นขยะอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดปัญหา ต่าง ๆ ตามมา เช่น ปัญหาขยะทะเลเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์น้ำ ปัญหาค่าใช้จ่ายในการฝังกลบและสิ้นเปลืองพื้นที่ที่ใช้ในการฝังกลบ 2) ขยะในธนาคารขยะยังไม่สามารถนำกลับมาใช้อย่างถูกวิธีและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม 3) ชุมชนไม่มีระบบการคัดแยกขยะ ยกเว้นในโรงเรียน และ 4) คนในชุมชนและนักเรียนขาดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องวิธีการจัดการขยะแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม เช่น การเผาทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศ การฝังกลบใช้เวลาย่อยสลายนาน ขยะบางประเภทไม่สามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้

ขั้นสร้างความคิด

ในขั้นนี้นักเรียนมีการระดมความคิดเห็นอย่างอิสระ และมีข้อตกลงร่วมกันว่า ขณะเสนอแนวคิดไม่มีการวิพากษ์ จนกว่าจะได้มีการจัดบันทึกข้อเสนอ เพื่อนำมาพิจารณาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันอีกครั้ง สำหรับใช้เป็นแนวทางแก้ปัญหา ข้อเสนอปัญหานี้ 1) ขยะพอลิเมอร์ในธนาคารขยะของโรงเรียนมีมากพอที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำโครงการ หากพบว่าขยะที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมีไม่เพียงพอสำหรับสร้างสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์ อาจมีโครงการรณรงค์การแยกขยะและรับบริจาคขยะพอลิเมอร์เข้าโครงการธนาคารขยะ และเพื่อให้โครงการมีความเป็นไปได้และนักเรียนสามารถดำเนินการได้ด้วยความรู้ ความสามารถของตนเอง ควรเริ่มจากการจัดการขยะพอลิเมอร์ในธนาคารขยะของโรงเรียน 2) ควรทำสิ่งประดิษฐ์จากขยะพอลิเมอร์ที่แตกต่างไปจากเดิม เนื่องจากโรงเรียนประถมศึกษาได้มีการนำของเหลือใช้มาทำเป็นสิ่งประดิษฐ์ จึงควรทำสิ่งประดิษฐ์ด้วยการแปรรูปขยะขวดพลาสติก/ โฟม ซึ่งครูได้สอนเรื่องพอลิเมอร์และปฏิบัติการแปรรูปพอลิเมอร์ในคาบเรียนมาแล้ว 3) สิ่งประดิษฐ์ที่ได้การแปรรูปขยะสามารถนำไปทำเป็นของใช้ได้ เช่น ของตกแต่งบ้าน กระถาง พวงกุญแจ อัฐูปูทางเดิน และ 4) ขณะนี้เป็นช่วงที่ฝนตกหนัก ทางเดินและ และโรงเรียนยังขาดอัฐูปูทางเดิน พื้นที่มีน้ำขัง พื้นแฉะทำให้เดินไม่สะดวก

ภายหลังจากการระดมความคิดเห็นได้ข้อสรุปคือ นำขยะขวดพลาสติก/ โฟมจากธนาคารขยะกลับมาใช้ใหม่ด้วยการแปรรูปเป็นอัฐูปูทางเดิน หากมีขยะไม่เพียงพอให้ขอรับบริจาคจากนักเรียนและชุมชน ในการออกแบบพื้นผิวของอัฐูปูทางเดินจากขยะพอลิเมอร์ มีการเสนอแนะให้นำวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้มาทำลวดลายหรือเขียนลวดลายบนอัฐูให้มีความแปลกใหม่ ทำให้เกิดคุณค่าในการใช้ประโยชน์ที่มีความเฉพาะตัวของแต่ละกลุ่ม เช่น ใช้ใบไม้ ฝาขวด เปลือกหอย หรือใช้กิ่งไม้เขียนลายเส้นเพื่อสร้างลวดลายให้กับอัฐู ส่วนรูปทรงของอัฐูจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องกระบวนการหลอมและอัดบล็อก

นอกจากนี้มีการอภิปรายถึงสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการดำเนินโครงการคือ ค่าใช้จ่ายงบประมาณ รวมทั้งเวลา เพื่อให้การจัดการกับปัญหาขยะพอลิเมอร์มีความเป็นไปได้ นักเรียนได้ข้อสรุปในเรื่องเวลาว่า จะใช้เวลาดำเนินงานนอกเวลาเรียนปลายสัปดาห์ในการทำโครงการนอกเหนือจากคาบชุมนุม ส่วนค่าวัสดุอุปกรณ์ ครูที่ปรึกษาชุมชนแจ้งให้นักเรียนทราบว่า ได้รับการสนับสนุนมาแล้ว

หมายเหตุ นอกจากนักเรียนกลุ่มนี้จะมีพื้นฐานเกี่ยวกับพอลิเมอร์และฝึกทดลองการแปรรูปพอลิเมอร์ในชั่วโมงเรียนมาแล้ว นักเรียนจะได้ฝึกทักษะการแปรรูปพอลิเมอร์ประเภทพลาสติกเพิ่มเติมจากครูที่ปรึกษาชุมนุมในชั่วโมงชุมนุมหุ่นยนต์ปัญญาประดิษฐ์เทคโนโลยี

ขั้นสร้างต้นแบบ

ในการสร้างต้นแบบอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ นักเรียนมีการทดลองหาอัตราส่วนผสม โฟม ขวดพลาสติก และส่วนผสมอื่น ๆ ในอัตราส่วนที่ต่างกันทั้งหมด 3 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีการทำซ้ำ 3 ครั้ง ดังนี้ ขั้นตอนแรกเป็นการหาอัตราส่วนของโฟมและขวดพลาสติก เพื่อให้ได้สูตรที่มีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกสูงสุด ขั้นตอนที่ 2 ทำการหาอัตราส่วนผสมของโฟม ขวดพลาสติกและกากกาแฟในการทำอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ เมื่อพบว่ามิกลื่นของโฟมและพลาสติก และขั้นตอนที่ 3 หาอัตราส่วนผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ในการทำอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์เพื่อลดโอความร้อนที่สะท้อน ผลการทดลอง พบว่า สูตรที่ดีที่สุดคือ สูตรที่มีส่วนผสม โฟม:ขวดพลาสติก:กากกาแฟ ในอัตรา 5:2:1 มีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อกำหนดน้ำหนักรวมของอิฐจากขยะพอลิเมอร์ 400 กรัม ใช้นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 1.5 เป็นส่วนผสมเพื่อลดโอความร้อนสะท้อน รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราส่วนผสมขยะพอลิเมอร์ในการทำอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ (โฟม:ขวดพลาสติก) ประกอบด้วย 5 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1 โฟมอย่างเดียว สูตรที่ 2 ส่วนผสมโฟม:ขวดพลาสติก ในอัตราส่วน 9:1 สูตรที่ 3 ส่วนผสมโฟม:ขวดพลาสติก ในอัตราส่วน 8:2 สูตรที่ 4 ส่วนผสมโฟม:ขวดพลาสติก ในอัตราส่วน 7:3 และสูตรที่ 5 ส่วนผสมโฟม:ขวดพลาสติก ในอัตราส่วน 6:4 ผลการทดลองพบว่า สูตรที่ใช้ส่วนผสมโฟม:ขวดพลาสติก ในอัตราส่วน 7:3 มีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกเฉลี่ยมากที่สุด รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการหาอัตราส่วนผสม โฟม:ขวดพลาสติก ในการทำอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ 5 สูตร

ครั้งที่	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3		สูตรที่ 4		สูตรที่ 5	
	โฟม		9:1		8:2		7:3		6:4	
	ขวด	การทนต่อ	ขวด	การทนต่อ	ขวด	การทนต่อ	ขวด	การทนต่อ	ขวด	การทนต่อ
	พลาสติก	แรงกด	พลาสติก	แรงกด	พลาสติก	แรงกด	พลาสติก	แรงกด	พลาสติก	แรงกด
	(g)	(kg/cm ²)	(g)	(kg/cm ²)	(g)	(kg/cm ²)	(g)	(kg/cm ²)	(g)	(kg/cm ²)
1	0.00	47	10.00	58	20.00	115	30.00	120	40.00	102
2	0.00	48	10.00	60	20.00	117	30.00	118	40.00	101
3	0.00	47	10.00	60	20.00	114	30.00	121	40.00	101
เฉลี่ย	0.00	47.33	10.00	59.33	20.00	115.33	30.00	119.67	40.00	101.33

ขั้นตอนที่ 2 ขณะทำการทดลองในขั้นที่ 1 พบว่า ขณะแปรสภาพมิกลีนของโฟมและพลาสติก จึงนำขยะในท้องถิ่นที่สามารถดับกลิ่นได้มาผสม คือ นำกากกาแฟมาผสมเพื่อดับกลิ่นขณะแปรสภาพ พบว่า อัตราส่วนผสมของโฟม:ขวดพลาสติก:กากกาแฟ สูตรที่ 5 อัตราส่วนผสม 4:2:1 มีค่าการรับแรงอัดอัฐิบล็อกเฉลี่ย คือ 121.33 รองลงมาคือสูตรที่ 4 ที่มีอัตราส่วนผสม 5:2:1 มีค่าการรับแรงอัดอัฐิบล็อกเฉลี่ย 119.67 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจวัดกลิ่นด้วยการดมโดยใช้ประสาทรับรู้ จากระดับ 1 ถึง 5 พบว่า สูตรที่ 4 มีกลิ่นน้อยกว่าสูตรที่ 5 ขณะที่สูตรที่ 5 มีกลิ่นกากกาแฟรุนแรงเกินไป จึงลงมติเลือกสูตรที่ 4 ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการหาอัตราส่วน โฟม:ขวดพลาสติก:กากกาแฟ ในการทำอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์

ครั้งที่	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3		สูตรที่ 4		สูตรที่ 5	
	ไม่มีกากกาแฟ		14:7:1		7:3:1		5:2:1		4:2:1	
	ความ	การทนต่อ	ความ	การทนต่อ	ความ	การทนต่อ	ความ	การทนต่อ	ความ	การทนต่อ
	สามารถ	แรงกด	สามารถ	แรงกด	สามารถ	แรงกด	สามารถ	แรงกด	สามารถ	แรงกด
	ในการ	(kg/cm ²)	ในการ	(kg/cm ²)	ในการ	(kg/cm ²)	ในการ	(kg/cm ²)	ในการ	(kg/cm ²)
	ดูดซับ		ดูดซับ		ดูดซับ		ดูดซับ		ดูดซับ	
	กลิ่น		กลิ่น		กลิ่น		กลิ่น		กลิ่น	
1	5	120	4	117	3	118	1	119	2	122
2	5	118	4	121	3	117	1	118	2	120
3	5	121	4	119	3	118	1	122	2	122
เฉลี่ย		119.67		119		117.67		119.67		121.33

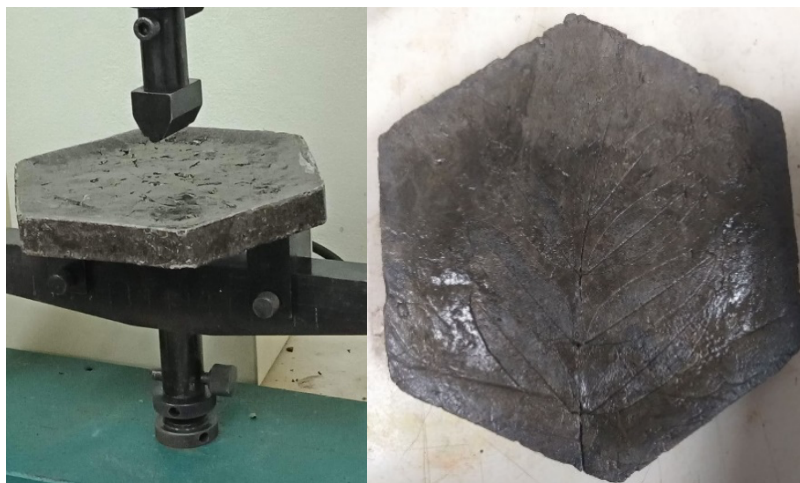
ขั้นตอนที่ 3 หลังการทดลองในขั้นตอนที่ 2 พบว่า เมื่อนำอิฐจากขยะพอลิเมอร์ไปปูทางเดินแล้วพบว่า มีไอร้อนสะท้อนขึ้นมา จึงทำการปรับปรุงคุณภาพอิฐจากขยะพอลิเมอร์เพื่อลดไอร้อนสะท้อน โดยการนำนาโนไททาเนียมไดออกไซด์มาผสมในส่วนผสมของอิฐที่มีส่วนผสมโฟม:ขวดพลาสติก:กากกาแฟ ในอัตราส่วน 5:2:1 ทำการทดลองเพิ่มส่วนผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ 5 สูตร คือ สูตรไม่ผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ และสูตรผสมไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 (0.575 กรัม) ร้อยละ 1 (1.150 กรัม) ร้อยละ 1.5 (1.725 กรัม) และร้อยละ 2 (2.300 กรัม) เมื่อผ่านกระบวนการหลอมและอัดบล็อกแล้วนำอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ทั้ง 5 สูตร ไปทดสอบการสะท้อนความร้อนของอิฐนาโน (การลดไอร้อนสะท้อน) โดยการนำอิฐจากขยะพอลิเมอร์ทั้ง 5 สูตรไปตากแดดบริเวณเดียวกันเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดอุณหภูมิ ผลการทดลองพบว่า สูตรที่ผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 1.5 และสูตรที่ผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 2 มีการสะท้อนความร้อนเท่ากัน จึงเลือกใช้สูตรที่ผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์น้อยกว่า คือ ร้อยละ 1.5 ผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการหาอัตราส่วนนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ในการทำอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์

ครั้งที่	สูตร A		สูตร B		สูตร C		สูตร D		สูตร E	
	ไม่ใส่นาโนไททาเนียมไดออกไซด์		นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ ร้อยละ 0.5		นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ ร้อยละ 1		นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ ร้อยละ 1.5		นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ ร้อยละ 2	
	การสะท้อนความร้อนของอิฐนาโน (°C)	การทนต่อแรงกด (kg/cm ²)	การสะท้อนความร้อนของอิฐนาโน (°C)	การทนต่อแรงกด (kg/cm ²)	การสะท้อนความร้อนของอิฐนาโน (°C)	การทนต่อแรงกด (kg/cm ²)	การสะท้อนความร้อนของอิฐนาโน (°C)	การทนต่อแรงกด (kg/cm ²)	การสะท้อนความร้อนของอิฐนาโน (°C)	การทนต่อแรงกด (kg/cm ²)
1	39	119	30	117	26	118	20	119	20	121
2	39	118	32	121	25	118	20	118	20	120
3	38	122	31	119	26	120	20	122	20	122
เฉลี่ย	38.67	119.67	31	119	25.67	118.67	20	119.67	20	121.67

ขั้นตอนการทดสอบ

ขยะพอลิเมอร์ประเภทโฟม ขวดพลาสติก และกากกาแฟถูกนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์สำหรับปูทางเดิน ในอัตราส่วนผสม 5:2:1 (โฟม:ขวดพลาสติก:กากกาแฟ) และผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 1.5 เมื่อทดสอบคุณสมบัติของอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ พบว่ามีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm²) เมื่อกำหนดน้ำหนักรวมของอิฐจากขยะพอลิเมอร์ 400 กรัม ใช้นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 1.5 เป็นส่วนผสมเพื่อลดการสะท้อนความร้อน ดังภาพที่ 1 ส่วนด้านคุณสมบัติของอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ คือ ผ่านเกณฑ์การทดสอบและเมื่อปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานตามเงื่อนไขที่กำหนด ไม่พบการชำรุดเสียหาย รูปทรงเป็นไปตามที่ออกแบบ สามารถนำไปใช้เป็นอิฐปูทางเดินได้ ตัวอย่างต้นแบบอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ภาพการทดสอบผลงานต้นแบบ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างต้นแบบอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์

สรุปผลการสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์

นักเรียนทั้ง 4 กลุ่มใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบและสร้างสรรค์อิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ มีการทำงานเป็นขั้นตอนและมีการทดสอบซ้ำ นักเรียนมีการใช้ข้อมูลย้อนกลับจากการประเมินตนเอง และคำแนะนำของครู ทั้งในเรื่องจุดเด่นที่ควรพัฒนาและข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ สร้างผลงานได้ตรงตามเงื่อนไขและเวลาที่กำหนด ต้นแบบอิฐนาโนที่สร้างขึ้นจากขยะพอลิเมอร์นำมาใช้ประโยชน์สำหรับปูทางเดินได้ แปลกใหม่ และมีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรสูงกว่ามาตรฐาน มอก.58 สำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อผสมนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ในส่วนผสมของอิฐสามารถลดการสะท้อนความร้อน อิฐมีไอความร้อนสะท้อนลดลง ทำให้อิฐปูทางเดินลดความร้อนของตัวอิฐลงเหมาะกับประโยชน์ใช้สอยมากขึ้น

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้ พบว่า 1) นักเรียนใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในการออกแบบและสร้างต้นแบบอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์สำหรับปูทางเดินได้ มีการทำงานครบถ้วนทุกขั้นตอนของการคิดเชิงออกแบบ 2) นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายทั้งในชุมชนและโรงเรียน มีการทำงานเป็นกลุ่ม มีแผนการดำเนินงานที่เป็นระบบ 3) นักเรียนมีการประเมินตนเองในการดำเนินงาน ใช้ผลการประเมินทบทวนผลการดำเนินงาน วิเคราะห์ปัญหาในการดำเนินงาน และสามารถแก้ปัญหาได้โดยแลกเปลี่ยนความสามารถของกลุ่มและเพื่อนนักเรียน 4) ด้านการใช้กระบวนการกลุ่มในการพิจารณาปัญหาและความต้องการจำเป็น นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ เทคนิค NGT ซึ่งลดปัญหาในการที่มีสมาชิกกลุ่มควบคุมความคิดสมาชิกอื่น ทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดและการดำเนินงาน 5) นักเรียนได้พัฒนาทักษะในการสืบค้นข้อมูล การแก้ปัญหาในการตรวจสอบคุณภาพด้วยเครื่องมือ การขอความร่วมมือในการใช้เครื่องมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การเสาะแสวงหาแหล่งข้อมูลและแหล่งการเรียนรู้ซึ่งเป็นความสามารถที่พึงประสงค์ในการดำเนินชีวิตในอนาคต 6) นักเรียนได้พัฒนาทักษะการใช้การคิดเชิงออกแบบที่มีการค้นหาปัญหา ค้นหาหาแนวทางแก้ปัญหา การออกแบบกระบวนการทำงานในเชิงวิจัย การประเมินตนเอง การสืบค้นมาตรฐานและเกณฑ์เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของอิฐปูทางเดินนาโนจากขยะพอลิเมอร์ที่ได้ผลิตขึ้น การปรับแก้คุณภาพของสิ่งผลิตตามผลการตรวจสอบที่ได้ รวมทั้งการคิดค้นหาวิธีแก้ไขกับปัญหาที่ได้ร่วมกันทำงาน และ 7) คุณภาพของอิฐปูทางเดินนาโนจากขยะพอลิเมอร์ที่ได้ผลิตขึ้น ได้ผลงานตรงตามเงื่อนไขและเวลาที่กำหนด มีการบันทึกข้อมูล พบว่า ชิ้นงานที่สร้างมีการทำใหม่ให้แปลก ต่างไปจากเดิม และมีคุณค่าต่อการนำไปใช้ประโยชน์ สามารถนำไปใช้เป็นอิฐปูทางเดินได้ โดยมีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกเฉลี่ย 120 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตรสูงกว่าค่ารับกำลังแรงอัดตามมาตรฐาน และเมื่อผสมนาโนไททาเนียมลงในส่วนผสมของอิฐสามารถลดการสะท้อนความร้อน ทำให้ความร้อนของอิฐปูทางเดินลดลง

อภิปรายผล

การคิดเชิงออกแบบเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่สำหรับครูผู้สอน และนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักเรียน การจัดทำโครงการสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์ด้วยแนวคิดนี้มีกระบวนการทำงานในเชิงของงานวิจัย เน้นการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ครบถ้วนทุกขั้นตอนตามที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University, 2010) พัฒนาขึ้น ผลงานที่ได้เน้นที่ความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ตามบริบทแวดล้อมจริง การผลิตผลงานแปลกใหม่ที่ต้องการทักษะความสามารถในการประเมินตนเอง การสะท้อนปัญหาในการดำเนินงาน และการแก้ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงานเพื่อนำไปสู่ผลงานที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของการใช้ประโยชน์ผลงานได้ในชีวิตจริง ตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน ผู้วิจัยและครูที่ปรึกษาชุมชนจึงต้องมีการแนะนำและชี้แนะการดำเนินงานอย่างใกล้ชิดแก่นักเรียนเพื่อนำข้อมูล การดำเนินงาน การประเมินตนเอง และการสะท้อนปัญหาการดำเนินงานของนักเรียนไปสู่การปฏิบัติงานต่อไป

ได้อย่างรวดเร็ว ระยะเวลาการทำงานที่ต่อเนื่องที่นักเรียนต้องใช้เวลาทำงานนอกเหนือจากคาบชุมนุมในวันหยุดเสาร์อาทิตย์ ครูต้องร่วมอยู่ในบริบทการทำงานของนักเรียนในรูปของผู้สังเกตและให้คำแนะนำเมื่อจำเป็นและเมื่อนักเรียนต้องการ บางครั้งพบว่า นักเรียนไม่ได้ร้องขอการช่วยเหลือ แต่เมื่อครูพบว่าการดำเนินงานมีปัญหาและต้องแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้มีการทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดความเสียหาย ครูอาจต้องใช้คำถามเพื่อนำทางให้นักเรียนทำงานได้ถูกทางไม่เบี่ยงเบนไปจากที่ควร เช่น การแนะนำให้ลองใช้เทคนิคกลุ่มแบบ NGT แทนการทำ brain storming ของกลุ่มแบบดั้งเดิม ซึ่งทำให้นักเรียนตื่นเต้น สนใจ และให้ความร่วมมือกับกลุ่ม ซึ่งลดปัญหาในการที่มีสมาชิกกลุ่มควบคุมความคิดสมาชิกอื่น ทำให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการคิดและการดำเนินงาน การฝึกให้นักเรียนตรวจสอบผลงานที่สร้างขึ้นที่ไม่ใช่การสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ แต่ใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนได้ใช้การค้นคว้าในด้านมาตรฐานการประเมินที่มีความเป็นวิทยาศาสตร์เป็นรูปธรรม การฝึกให้นักเรียนประเมินตนเองและกลุ่มในการดำเนินงาน ตรวจสอบผลตามแผนดำเนินการ การสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา ค้นคว้าแหล่งเรียนรู้ที่สามารถจะขอความร่วมมือที่ต้องการ แม้ว่าจะไม่ครบถ้วนหรือยังไม่เหมาะสมในการดำเนินงานต่อก็ตาม แต่ก็ทำให้นักเรียนได้ทักษะชีวิตที่จะนำไปใช้ในอนาคตเมื่อออกไปสู่โลกของอาชีพและการทำงานร่วมกับผู้อื่นที่ต้องมีการแบ่งปันหลาย ๆ อย่างเพื่อนำสู่ผลงานที่มีประสิทธิผลและประสิทธิภาพด้วย

สิ่งที่สำคัญในการทำโครงการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมหรือผลผลิตสร้างสรรค์ประการหนึ่ง คือ ความสามารถในการประเมินตนเอง การออกแบบเครื่องมือประเมิน และวิธีประเมินซึ่งผู้ประเมินอาจเป็นครูหรือนักเรียนประเมินตนเอง เหล่านี้เป็นทั้งเทคนิคด้านวิชาการและทักษะชีวิตที่จำเป็นในชีวิตของมนุษย์ งานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบวิธีการประเมินอิงสภาพจริงและการใช้ผลการประเมินร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน การที่นักเรียนสามารถประเมินตนเองได้และนำผลการประเมินไปเปลี่ยนแปลงตนเอง จัดการงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่ต้องการ แสดงว่า เป็นบุคคลที่รู้ถึงความรู้ความเข้าใจ (cognition) ของตนเอง และการควบคุมและการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของตนเองได้ ตามคำอธิบายเมตาคอกนิชันของ Flavell (1979) ดังนั้นการพัฒนานักเรียนผ่านโครงการนี้นับว่าเป็นวิธีหนึ่งในการพัฒนานักเรียนด้านเมตาคอกนิชัน (metacognition)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยในบริบทธรรมชาติของนักเรียน ได้รับทุนส่วนหนึ่งจากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทดสอบคุณภาพสิ่งประดิษฐ์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ และได้รับการสนับสนุนนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ จากวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกจากนี้ยังมีการดำเนินงานของนักเรียนในการใช้เทคนิคการคิดเชิงออกแบบที่อาจต้องการการฝึกฝนทั้งในชั้นเรียนปกติและในกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ปัจจัยเหล่านี้ขับเคลื่อนให้สิ่งทีผลผลิตขึ้นมีความแปลกใหม่และมีประโยชน์ใช้สอยสามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ในระดับเล็กและระดับกลางได้ แต่ยังไม่ได้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยหรือต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตซึ่งเป็นขั้นตอนที่ครูต้องบรรจุเรื่องนี้ไว้ในการสร้างชิ้นงานให้นักเรียนเรียนรู้ ค้นคว้าต่อไป อย่างไรก็ตาม ในภาพรวมการวิจัยนี้ ได้นำกระบวนการคิดและการทำงานในสภาพจริงที่นักเรียนได้มี

ประสบการณ์สร้างความแข็งแกร่งทางวิธีคิด ทักษะชีวิต ทักษะการทำงาน ความรับผิดชอบ การทำงานเป็นกลุ่ม การเรียนรู้ด้วยตนเอง และการแบ่งปันความสามารถให้กันและกัน

สำหรับกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนที่ใช้เป็นฐานในการทำโครงการวิจัยนี้ ทำให้นักเรียนได้สร้างและพัฒนาความสามารถและฝึกทักษะการรวบรวมข้อมูลภาคสนามกับชุมชนและผู้เกี่ยวข้องในชุมชน ถึงแม้ว่าในระยะแรก ๆ อาจไม่สามารถควบคุมกลุ่มได้ ต้องได้รับการชี้แนะและช่วยเหลือจากครูที่ปรึกษาชุมชน แต่ภายหลังจากนักเรียนมีความกล้าและเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น ได้เรียนรู้ว่าต้องมีการเตรียมตัวทำงาน หาข้อมูลล่วงหน้าก่อนที่จะเก็บข้อมูลจริง ทำให้ได้รับการยอมรับและความร่วมมือจากชุมชนมากขึ้น นอกจากนี้การที่นักเรียนสามารถระบุปัญหาและความผิดพลาดที่เกิดขึ้นที่ต้องแก้ไขโดยมีข้อมูลที่เป็นวิทยาศาสตร์ (ค่าการทดสอบการรับแรงอัดอิฐ ค่าการสะท้อนแรงของอิฐ) สนับสนุนเป็นการสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตที่มีคุณค่าต่อการดำรงชีวิตในอนาคตของเยาวชน

อิฐปูทางเดินนาโนจากขยะพอลิเมอร์เป็นผลงานที่มีคุณค่าในด้านประโยชน์ใช้สอยตามสภาพจริง ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปใช้เป็นอิฐปูทางเดินในโรงเรียน ซึ่งมีค่าการรับแรงอัดอิฐบล็อกเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรสูงกว่ามาตรฐาน มอก.58 อิฐสามารถลดการทะลุผ่านของแสง ทำให้อิฐมีไอความร้อนสะท้อนน้อยลง จัดว่าเป็นผลงานในลักษณะของนวัตกรรมเชิงสร้างสรรค์ซึ่งตรวจสอบได้จากเกณฑ์การประเมินผลงานเชิงนวัตกรรมสร้างสรรค์คือ ลักษณะของผลผลิตเป็นความสามารถในการปฏิบัติตามบริบทต้องมีความคิดริเริ่มที่มีความแปลกใหม่ และมีความมีคุณค่า เป็นประโยชน์ เหมาะสม ตามทฤษฎีมูลค่าเพิ่มทางความคิดสร้างสรรค์ (the investment theory of creativity) ของสเตอร์นเบิร์ก (Sternberg, 2012) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาทักษะการคิดซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในยุคดิจิทัลมีหลายวิธี ทางเลือกหนึ่งคือ การนำกระบวนการคิดเชิงออกแบบไปใช้ในการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหาแบบมีส่วนร่วม ทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ซึ่งหลักฐานจากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสามารถดำเนินการได้ ดังนั้นในการนำแนวคิดนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน ครูต้องสอนให้นักเรียนมีความรู้เรื่องการคิดเชิงออกแบบที่ถูกต้องเป็นพื้นฐานก่อนฝึกฝนโดยใช้สถานการณ์จริง ทั้งนี้สามารถบูรณาการกระบวนการคิดเชิงออกแบบกับการจัดการเรียนการสอนเชิงรุกในแบบต่าง ๆ ได้ ที่สำคัญคือ การให้กระบวนการวัดและประเมินผลเป็นกิจกรรมหนึ่งของการสอน และควรทำอย่างต่อเนื่อง

2. การพัฒนาทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนด้วยโครงการสร้างอิฐนาโนจากขยะพอลิเมอร์เป็นการทำงานกลุ่ม ครูสามารถประเมินคุณลักษณะอื่น ๆ ของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน เช่น การทำงานเป็นกลุ่ม ความเป็นผู้นำ ผู้ตาม การแบ่งปันความรู้ ทักษะระหว่างกัน เป็นต้น หลักการดำเนินงาน

คือ ให้นักเรียนมีส่วนในการพัฒนาวิธีการและเครื่องมือประเมิน ซึ่งจะช่วยทำความเข้าใจในตัวเอง และการทำงานให้กับนักเรียนด้วย

3. การสร้างนวัตกรรมหรือชิ้นงานของนักเรียนในการทำโครงงานใด ๆ ก็ตาม ควรให้มีการคิดค่าใช้จ่าย ต้นทุนการผลิตรายหน่วยด้วย เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติเป็นปกติในการทำงานใด ๆ เป็นการเพิ่มคุณค่าของงานที่นักเรียนทำ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

สถานศึกษาอาจใช้กิจกรรมพัฒนาผู้เรียนในการสร้างโครงงานที่ทำร่วมกันระหว่างสถานศึกษา ระหว่างนักเรียนและครู โดยใช้ปัญหาชุมชนและการพัฒนาวิชาชีพชุมชนเป็นฐานในการทำงาน โดยอาจเป็นงานการผลิตสิ่งของจากขยะ สิ่งของที่เหลือใช้ในชุมชน โดยนักเรียนเป็นผู้นำเทคนิคการคิดที่เป็นระบบในลักษณะการคิดเชิงออกแบบเข้าไปช่วยให้เกิดความคิดร่วมกัน เกิดความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน การฟังพากันและกันในชุมชนได้ด้วย

นอกจากนี้ควรทำการศึกษาวิจัยต่อยอดเทคนิควิธีการคิดค่าใช้จ่ายและต้นทุนในการทำงานหรือสร้างสรรค์ต้นแบบผลิตภัณฑ์ ให้นักเรียนได้เข้าใจระบบการทำงานและการผลิตในอนาคตได้อย่างถูกต้องเป็นมาตรฐาน รวมทั้งเข้าใจจุดคุ้มทุนและสามารถคิดเรื่องจุดคุ้มทุนได้ และศึกษาต่อยอดจากการสร้างต้นแบบเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องของการสร้างความแปลกใหม่ ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ต้นแบบในเรื่องของสี สัน ลวดลาย หีบห่อหรือการนำไปใช้เพื่อการตกแต่งนอกเหนือจากประโยชน์ใช้สอย และการตลาด เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณโครงการบริการทางสังคมจากมหาวิทยาลัยสุโขทัย ธรรมมาธิราช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ สนับสนุนเครื่องมือในการทดสอบประสิทธิภาพของอิฐ วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สนับสนุนนาโนไททาเนียมไดออกไซด์

รายการอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). กลไกการบริหารจัดการขยะพลาสติกของประเทศไทย ให้เป็นไปตามเป้าหมาย Roadmap.
https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2021/10/pcdnew-2021-10-19_08-59-31_527174.pdf
- ณิชา บุณยสิงห์. (2562). “ขยะพลาสติก” ปัญหาระดับโลกที่ต้องเร่งจัดการ.
https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=58603&filename=index
- ธาริตา เสนาวงษ์, นริสา อินทร์สอน, พงษ์เพชร ใบงาม, สง่า ทับทิมหิน, และปวีณา ลิ้มปิติปการ. (2564). การรับรู้นโยบายการจัดการขยะพลาสติกและพฤติกรรมการจัดการขยะพลาสติกของผู้ค้าในตลาดเจริญศรี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารศูนย์อนามัย*, 9(15), 210-223.
- นภาพรณ เจียมทอง, และเปรมพล วิบูลย์เจริญสุข. (2566). การจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ความคิดเชิงออกแบบสำหรับนักเรียนประถมศึกษา. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(4), 572-586.
- นันทวุฒิ จำปางาม. (2563). ไมโครพลาสติก: ปัญหาในระบบนิเวศแหล่งน้ำ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 14(2), 25-39.
<https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/240856/166060>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *ความเป็นมาของการคิดเชิงออกแบบ*.
<https://shorturl.at/1GVJn>
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2566). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2566. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
<https://www.onep.go.th/ebook/soe/soereport2023.pdf>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906 - 911.
- Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University. (2010). *An introduction to design thinking Process guide*.
<https://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf>
- Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University. (2024). *WHAT IS THIS?*.
<https://dschool.stanford.edu/resources/getting-started-with-design-thinking>
- Sternberg, R. J. (2012). The Assessment of Creativity: An Investment-Based Approach, *Creativity Research Journal*, 24(1), 3-12.