

DEVELOPMENT OF A STEM EDUCATION LEARNING UNIT ON GEOLOGICAL RESOURCES TO ENHANCE COLLABORATION SKILLS AND LEARNING ACHIEVEMENT FOR EIGHTH GRADE STUDENTS

Siriwalee Maniam¹ and Chaninan Pruekpramool²

¹M.Ed. (Science Education), Master of Education Student

²Ed.D. (Science Education), Assistant Professor

Science Education Center,

Faculty of Science Srinakharinwirot University, Thailand

E-mail: siriwalee.man@gmail.com

97

ปีที่ 26
ฉบับที่ 3
ก.ย.
-
ส.ค.
2563

Abstract

The purposes of this study were 1) to develop a STEM education learning unit on geological resources to enhance the collaboration skills and learning achievement of eighth grade students 2) to study the effects of using a STEM education learning unit on geological resources regarding collaboration skills and learning achievement and 3) to study eighth grade students' opinions toward learning with a STEM education learning unit on geological resources. The participants of this study were forty students who were studying in eighth grade from one classroom

in the first semester of the 2018 academic year and selected using purposive selection. The research instruments used in this study included 1) a STEM education learning unit on geological resources 2) collaboration skills self-evaluation form 3) learning achievement test and 4) students' opinions toward learning with a STEM education learning unit on geological resources questionnaire. The results could be summarized as follows: 1) the Index of Congruency mean scores were in a range between .67-1.00 in all components. The appropriateness mean scores of language usage and the application were in a range between 4.00 -5.00, which was at a high level. 2) The collaboration skills mean score of the students after learning with a STEM education learning unit on geological resources was higher than before learning at .05 level of statistical significance. 3) The learning achievement mean score of the students after learning with a STEM Education learning unit on geological resources was higher than before learning at .05 level of statistical significance. And 4) the eighth grade students' opinions toward learning with a STEM education learning unit on geological resources mean scores were in a range between 4.16-4.36 in all aspects.

Keywords: a container school, construction site, marginal children, social equity

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2

สิริวลี มาเนียม¹ ชนินันท์ พฤกษ์ประมุล²

¹กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), นิสิตรระดับปริญญาโท

²กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: siriwalee.man@gmail.com

99

ปีที่ 26
ฉบับที่ 3
ก.ย.

-
ส.ค.
2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) ศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในด้านทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ 1) หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) แบบประเมินตนเองด้านทักษะการทำงานร่วมกัน 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรัพยากรธรณี และ 4) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง .67-1.00 มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในทุกองค์ประกอบ และมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ออยู่ในช่วง 4.00-5.00 ซึ่งอยู่ในระดับมากขึ้นไป 2) นักเรียนมีทักษะการทำงานร่วมกันหลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3.) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.16-4.36 ซึ่งอยู่ในระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยมากในทุกด้าน

คำสำคัญ: ทักษะการทำงานร่วมกันทรัพยากรธรณี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

บทนำ

การพัฒนาคนไทยให้มีคุณภาพสู่ยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงของโลก ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลง ทักษะการทำงานร่วมกัน (Collaboration skills) เป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (The Partnership for 21st Century Learning. 2015; National Education Association. 2012; Career and Technical Education. 2015; นำนนต์ เรืองฤทธิ์. 2553; ญาณิ วัฒนากร. 2558; ธัญญภัทร์ ศิริธรรมาโรจน์. 2559) ถือเป็นทักษะสำคัญในทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and innovation skills) ที่ส่งเสริมความสำเร็จในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการเป็นพลเมืองในสังคมแห่งศตวรรษที่ 21 ตามกรอบแนวคิดของภาคีเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 หรือ P21 (The Partnership for 21st Century Learning) (The Partnership for 21st Century Learning. 2007) โดยเฉพาะในการเรียนรู้หรือการประกอบอาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยทักษะการทำงานร่วมกันในการสืบเสาะหาความรู้ หรือการอภิปรายเพื่อแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนานวัตกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ (Wolpert-Gawron. 2015; Fazzino. 2017) จำเป็นต้องมีทักษะการทำงานร่วมกันเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ เพราะในการทำงานนั้นไม่ได้ทำแต่เพียงลำพัง (Donald. 2013; Fazzino. 2017) ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ควบคู่กันไปกับการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกันเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดประสิทธิภาพและสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต (Fazzino. 2017)

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ตระหนักถึง

ความจำเป็นในการพัฒนาและส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนในระบบการศึกษาขั้นพื้นฐานตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยกำหนดให้มีการมีทักษะการทำงานร่วมกันเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถในการใช้ทักษะชีวิตซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของคุณภาพมาตรฐานการเรียนรู้โดยมุ่งหวังให้นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะทำงานร่วมกับผู้อื่นบนพื้นฐานความเป็นประชาธิปไตย มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ราบรื่นและมีความสำเร็จหรือมีผลงานจากการสร้างสรรค์ร่วมกันตามวัยในแต่ละชั้นปี เพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญในการดำเนินชีวิตในสังคมอย่างมีความสุข (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2554) แต่จากการประเมินทักษะของเด็กไทยในศตวรรษที่ 21 พบว่า นักเรียนเลือกที่จะแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ปฏิเสธการถามความคิดเห็นและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทั้งที่ทักษะการทำงานร่วมกันถือเป็นคุณลักษณะที่ตลาดแรงงานและบริษัทชั้นนำของโลกต้องการ (สุนีย์ ชัยสุขสังข์. 2556) ซึ่งสอดคล้องกับสำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย (2558) ที่กล่าวว่า นักเรียนไทยยังขาดทักษะการทำงานร่วมกันที่มีต่อการเรียนและการประกอบอาชีพ นักเรียนไทยควรได้รับการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน ซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพและผลงานที่เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันเป็นความพยายามสร้างผลงานแบบองค์รวม สามารถสร้างความรู้ได้มากขึ้น และเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จ (National Education Association. 2012)

สำหรับการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยนั้น ได้ให้ความสำคัญกับด้านแผนการศึกษาของชาติและการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการจัดการ

เรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินการปรับปรุงหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และจัดทำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 โดยมุ่งหวังให้นักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน และดำรงชีวิตในสังคมและประชาคมโลกในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2560) แต่เมื่อพิจารณาจากการทดสอบระดับนานาชาติ ซึ่งได้แก่ PISA (Program for International Student Assessment) และ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) และการทดสอบระดับชาติ ได้แก่ O-NET (Ordinary National Education Test) ถือเป็นข้อมูลที่ได้รับการยอมรับและถูกอ้างอิงในฐานะเป็นตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กไทยในปัจจุบัน (สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน. 2555) พบว่า ประเทศไทยต้องเร่งพัฒนาความรู้ความสามารถของนักเรียนโดยเฉพาะในด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559ก)

จากปัญหาด้านทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กไทยตามที่กล่าวข้างต้นนั้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานครที่พบว่า ในการจัดกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนนั้น นักเรียนยังไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเท่าที่ควร นักเรียนบางส่วนยังขาดทักษะการทำงานร่วมกันกับผู้อื่น ครูต้องช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันทำกิจกรรมร่วมกัน นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์การประเมินที่โรงเรียนกำหนด แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา ซึ่งทักษะการทำงานร่วมกัน

เป็นทักษะสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนได้ดีขึ้น ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่มให้บรรลุเป้าหมาย เกิดการเรียนรู้ที่คงทนและส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สูงขึ้นตามไปด้วย (ทิตนา แชมมณี. 2551)

นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เฉพาะเรื่อง ทรัพยากรธรณี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2559 พบว่า นักเรียนมีคะแนนสอบต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มมากถึงร้อยละ 53.95 ซึ่งความรู้เรื่อง ทรัพยากรธรณี เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น เป็นแหล่งอาหาร เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรที่สำคัญในการนำไปพัฒนาประเทศ เช่น เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นแหล่งเชื้อเพลิง ใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554) โดยจัดอยู่ในสาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ที่ประกอบด้วยองค์ความรู้เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี และปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเนื้อหา เรื่อง ทรัพยากรธรณี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นส่วนหนึ่งในนโยบายทางการศึกษาทั้งของประเทศไทย และต่างประเทศ และมุ่งเน้นเป้าหมายเดียวกัน คือ ต้องการพัฒนา ประชากรให้มีความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาเพื่อการดำรงชีวิตใน สังคมอย่างมีคุณภาพและสร้างแรงจูงใจในการประกอบอาชีพทาง ด้านสะเต็มซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการนำประเทศไปสู่การแข่งขันทาง

เศรษฐกิจในระดับโลก โดยมีลักษณะการจัดการเรียนรู้ในแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์ เน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหา พัฒนานวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ (ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ. 2557) อีกทั้งยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออก โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559; Goode. 2013; Jolly. 2015) และการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนซึ่งเป็นทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559; Jolly. 2015)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการยกระดับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของประเทศไทย โดยได้เสนอให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนไทยในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานร่วมกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559ข) เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการ บูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) 6 ขั้นตอน กล่าวคือ

1. ขั้นระบุปัญหา (Identifying the problem) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการอภิปรายเพื่อระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันตามที่ครูกำหนดให้ซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียน

แต่ละกลุ่มมีบทบาทในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์หรือประเด็นปัญหาอย่างละเอียดเพื่อกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไข และครุมีบทบาทในการนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำสถานการณ์หรือประเด็นปัญหาที่น่าสนใจมากระตุ้นนักเรียนเพื่อให้เกิดความท้าทายนำไปสู่การระดมความคิดเพื่อระบุปัญหาและกระตุ้นให้เกิดความต้องการในการคิดหาวิธีการแก้ปัญหา

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (Collecting related information) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสืบค้นข้อมูลว่า ปัญหานี้เคยเกิดขึ้นหรือไม่แล้วมีวิธีแก้ปัญหานี้อย่างไร และค้นหาแนวคิดหรือแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดไว้เป็นทางเลือก แล้วจึงประเมินความรู้หรือแนวคิดเหล่านั้นโดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการใช้แก้ปัญหา เจื่อนไข ความคุ้มค่า และข้อดีข้อเสีย แล้วจึงตัดสินใจเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และครุมีบทบาทในการให้ความรู้หรือเตรียมแหล่งเรียนรู้เพื่ออำนวยความสะดวกในการสืบค้นหาข้อมูลของนักเรียน แนะนำแนวทางในการสืบค้นหาข้อมูล นักเรียนและครุร่วมกันอภิปรายวิเคราะห์ทรัพยากรและข้อจำกัดในการแก้ปัญหานี้และกำหนดหรือวางแผนไขในการแก้ปัญหาร่วมกัน

3. ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Designing problem-solving method) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปแนวคิดและตัดสินใจเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานี้แล้วนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบวิธีการ กำหนดขั้นตอนหรือองค์ประกอบของวิธีการเพื่อสร้างเค้าโครงวิธีการแก้ปัญหานี้ ซึ่งครุมีบทบาทในการให้คำปรึกษาเพื่อช่วยให้นักเรียนได้แนวทางในการแก้ปัญหานี้ให้เหมาะสมและกระตุ้น

โดยใช้คำถามให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมในการแก้ไขปัญหา

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and solving the problem) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ตามเค้าโครงวิธีการแก้ปัญหาโดยการกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน ซึ่งครูมีบทบาทในการให้คำแนะนำแก่นักเรียนแต่ละกลุ่มเมื่อเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยใด ๆ หรือซักถามนักเรียนขณะดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ข้อเสนอแนะและดูแลให้กิจกรรมดำเนินไปอย่างราบรื่น

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงต้นแบบนวัตกรรม (Testing, evaluating and improving innovations) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนดำเนินการทดสอบและประเมินผลการใช้งานต้นแบบนวัตกรรมตามข้อกำหนดหรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้โดยนำผลการทดสอบและผลการประเมินผลการใช้งานของต้นแบบนวัตกรรมมาปรับปรุงเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งการทดสอบและประเมินผลการใช้งานสามารถทำได้หลายครั้ง นักเรียนและครูร่วมกันกำหนดเกณฑ์หรือข้อจำกัดในการทดสอบต้นแบบนวัตกรรม นักเรียนแต่ละกลุ่มมีบทบาทในการร่วมกันทดสอบและประเมินผลการใช้งานของต้นแบบนวัตกรรมตามข้อกำหนดหรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้และวิเคราะห์หาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไขโดยบันทึกผลการทดสอบอย่างละเอียดเป็นข้อมูลเพื่อหาจุดบกพร่อง แล้วเสนอวิธีการปรับปรุงจุดบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ต้นแบบที่ดีที่สุด และครูมีบทบาทในการให้คำแนะนำในการทดสอบและประเมินผลการใช้งานต้นแบบนวัตกรรมและจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

6. ขั้นการนำเสนอผลงาน (Presenting the result) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการนำเสนอผลหลังจากการทดสอบและปรับปรุง

จนได้นวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มมีบทบาทในการระดมความคิดและออกแบบวิธีการนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองที่น่าสนใจและเข้าใจได้ง่าย โดยนำเสนอให้เห็นหลักการแนวคิด หรือความรู้ที่นำมาใช้ในสร้างและพัฒนานวัตกรรมและผลที่ได้จากการใช้นวัตกรรม ทั้งนี้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแนวคิดและวิธีการออกแบบต้นแบบเพื่อแก้ไขปัญหาตลอดจนวิธีการปรับปรุงต้นแบบร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปความรู้ที่ได้ในการทำกิจกรรมทั้งหมด

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยทักษะการทำงานร่วมกันในงานวิจัยนี้ เป็นความสามารถของนักเรียนในการทำงาน การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมกลุ่มอื่น ๆ กับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนสามารถประเมินได้จากแบบประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของตนเอง ซึ่งเป็นการประเมินตนเองจากลักษณะของผู้ที่มีทักษะการทำงานร่วมกัน 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านบทบาทของตนเอง หมายถึง การที่นักเรียนเป็นผู้ที่มีความเต็มใจ มีความมุ่งมั่นพยายาม แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล ให้ความร่วมมือและปฏิบัติตามกฎระเบียบอย่างเคร่งครัดในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ หรือการทำกิจกรรมกลุ่มอื่น ๆ 2. ด้านการปฏิบัติต่อผู้อื่น หมายถึง การที่นักเรียนเป็นผู้ที่มีความยืดหยุ่นประนีประนอมต่อเพื่อนร่วมงาน มีความรับผิดชอบในการทำงานร่วมกัน และมีความไว้วางใจซึ่งกันและกัน ใน

การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ หรือ การทำกิจกรรมกลุ่มอื่น ๆ และ 3. ด้านการจัดการภาระงาน หมายถึง การที่นักเรียนเป็นผู้ที่รู้เป้าหมายของงานอย่างชัดเจน สามารถดำเนินไปตามแผนการดำเนินงานที่กำหนดไว้ และร่วมกันปรึกษาหารือกัน เมื่อเกิดข้อสงสัยหรือปัญหาต่าง ๆ อย่างเปิดเผยเพื่อให้เกิดความเข้าใจ ที่ตรงกันส่วนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น เป็นความสามารถทางสมองหรือสติปัญญาของบุคคลนั้น หลังจากการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งวัดจากพฤติกรรม การด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ดังนี้ 1. ด้านความรู้ 2. ด้านความเข้าใจ 3. ด้าน การนำไปใช้ 4. ด้านการวิเคราะห์ 5. ด้านการสังเคราะห์ และ 6. ด้าน การประเมินค่า (Bloom; & et al. 1956) โดยงานวิจัยมุ่งเน้นที่จะ พัฒนาทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนให้สูงขึ้น ส่งเสริมให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และนำไปสู่ ความสำเร็จในการเรียนและการประกอบอาชีพในสังคมยุคศตวรรษที่ 21 เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป

จุดประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. เพื่อศึกษาผลการหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับระดับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามประเด็นดังนี้
 - 2.1 ทักษะการทำงานร่วมกัน
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีทักษะการทำงานร่วมกันหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับที่เห็นด้วยมากต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 8 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 400 คน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 40 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีนักเรียนคละความสามารถและผู้วิจัยเป็นครูผู้สอน

4.2 แบบแผนการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) ตามแบบแผนการทดลอง One-group pretest-posttest design เป็นการใช้กลุ่มการทดลอง 1 กลุ่มและทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน โดยใช้เวลาทั้งหมด 14 คาบ ดังตาราง 1

2. แบบประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของตนเอง แบ่งประเด็นในการประเมินออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านตนเอง 2) ด้านการปฏิบัติต่อผู้อื่น และ 3) ด้านการจัดการภาระงาน ตามลักษณะของผู้ที่มีทักษะการทำงานร่วมกัน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ ปฏิบัติเป็นประจำ ปฏิบัติเป็นบางครั้ง และไม่เคยปฏิบัติเลย จำนวน 15 ข้อ

3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ซึ่งวัดจากพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน

4. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี เป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย และเห็นด้วยน้อยที่สุด และตอนที่ 3 คำถามเพิ่มเติม เป็นลักษณะข้อคำถามและให้นักเรียนเขียนตอบแบบสั้น

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ทรัพยากรธรณี

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง	หัวข้อ เนื้อหา	กรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา			
			วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1. นักสำรวจดิน	3	ดิน	หน้าที่ของดิน ปัจจัยในการเกิดดิน สมบัติบางประการ ของดิน การนำ ไปใช้ประโยชน์ และการปรับปรุง คุณภาพดิน	การเลือกใช้ เครื่องมือใน การตรวจสอบ คุณภาพดิน	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม เพื่อการตรวจสอบ คุณภาพดิน	การนำเสนอ ข้อมูล
2. ฝ่ายหินจะล่อน้ำจำลอง	4	หินและ แร่	ลักษณะทั่วไปของ หิน การเกิด ชนิด แหล่งที่พบและ ประโยชน์ของหิน อิตาลี หินตะกอน และหินแปร ลักษณะและสมบัติ ทางกายภาพของแร่ ชนิด แหล่งที่พบและ ประโยชน์ของแร่	การเลือกวัสดุ ในการสร้างฝาย จำลอง	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม เพื่อสร้างฝายหิน ชะลอน้ำจำลองที่มี ประสิทธิภาพ	การวัดระยะและ การคาดคะเน ความกว้างและ ความหนาของ แนวฝายจำลอง

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ทรัพยากรธรณี (ต่อ)

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง	หัวข้อ เนื้อหา	กรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา			
			วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์(E)	คณิตศาสตร์ (M)
3.แผนที่การใช้ เชื้อเพลิงในชุมชน	3	ถ่านหินและ ปิโตรเลียม การใช้ ประโยชน์จากเชื้อ เพลิงธรรมชาติ	การเลือกเชื้อ เพลิงอย่างเหมาะสม และไม่สิ้นเปลือง ทรัพยากร ธรรมชาติ	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม เพื่อสร้างแผนที่ การใช้เชื้อเพลิงใน ชุมชนและเลือกเชื้อ เพลิงอย่างเหมาะสม และไม่สิ้นเปลือง ทรัพยากรธรรมชาติ	การนำเสนอ ข้อมูลการใช้เชื้อ เพลิงธรรมชาติใน ชุมชน	
4. แบบจำลอง แหล่งกักเก็บน้ำ บาดาล	4	น้ำผิวดิน น้ำบาดาล การใช้ประโยชน์ และการอนุรักษ์ แหล่งน้ำ และธรณี พิบัติภัยจากน้ำ	การเลือกวัสดุใน สร้างแบบจำลอง แหล่งกักเก็บน้ำ บาดาล	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม เพื่อออกแบบการ สร้างแบบจำลอง แหล่งกักเก็บน้ำ บาดาลและบ่อ บาดาล	รูปทรงและ การวัดความยาว ของเขื่อน	

4.4 การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินหน่วยการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่อไปนี้

1.1 การประเมินความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ไม่น้อยกว่า .50 (พิชิต ฤทธิ์จำรูญ. 2557)

1.2 การประเมินความเหมาะสมของหน่วยการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมไม่น้อยกว่า 3.50 (ศิริลักษณ์ ชาวกลุ่มบัว. 2558)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการทำงานร่วมกัน และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนทดลองและหลังทดลอง โดยใช้วิธีทางสถิติการทดสอบค่าที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 50 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนดไว้ว่า นักเรียนต้องมีการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 จึงจะผ่านการประเมิน (แบบบันทึกผลการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน. 2560) โดยใช้วิธีทางสถิติการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (one sample t-test)

4. วิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัย ผู้วิจัยได้นำเสนอตามความมุ่งหมายของงานวิจัยดังนี้

1. ผลการหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมิน หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการประเมินความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ

การหาประสิทธิภาพ ของหน่วยการเรียนรู้ ตามความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ	คะแนนเฉลี่ย			
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่			
	1	2	3	4
1.ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของหน่วยการเรียนรู้ 1. 1จุดประสงค์การเรียนรู้กับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1.00	1.00	1.00	1.00
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้กับสาระสำคัญ	1.00	1.00	1.00	1.00
1.3 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้กับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	1.00	1.00	1.00	1.00
1.4 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5 ใบกิจกรรมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	1.00	1.00	1.00	1.00
1.6 ใบความรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00

ตาราง 2 ผลการประเมินความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้กับ
จุดประสงค์การเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม
ศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

การหาประสิทธิภาพ ของหน่วยการเรียนรู้ ตามความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ	คะแนนเฉลี่ย			
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่			
	1	2	3	4
1.7 แบบฝึกหัดกับจุด ประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00
1.8 สื่อการสอนด้วย โปรแกรม PowerPoint มีเนื้อหาตรงตามจุด ประสงค์การเรียนรู้	1.00	0.67	1.00	0.67
1.9 วิธีการวัดและ ประเมินผลการเรียน รู้กับจุดประสงค์การ เรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00
ค่าเฉลี่ย	1.00	0.96	1.00	0.96
แปลผล	สอดคล้อง	สอดคล้อง	สอดคล้อง	สอดคล้อง
2. การประเมินความ เหมาะสมของหน่วยการ เรียนรู้สะเต็มศึกษา	4.42	4.58	4.36	4.57
แปลผล	เหมาะสม มากที่สุด	เหมาะสม มาก	เหมาะสม มาก	เหมาะสม มาก

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องตามตาราง 2 พบว่า
มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.96 ถึง 1.00 แสดงให้
เห็นว่า ทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องของหน่วยการเรียนรู้
กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในทุกหัวข้อของการประเมิน และค่าเฉลี่ย
ของคะแนนความเหมาะสมต่อการนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ของผู้เชี่ยวชาญ

ตามตาราง 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.36 ถึง 4.58 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากขึ้นไป

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการทำงานร่วมกันของตนเอง ก่อนและหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี ดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการทำงานร่วมกันของตนเองรายด้านก่อนและหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ลักษณะ ของผู้ที่มี ทักษะ การทำงาน ร่วมกัน	n	ก่อนการใช้ หน่วยการ เรียนรู้		หลังการใช้ หน่วยการ เรียนรู้		t	p
		(X)	SD	(X)	SD		
1. ด้าน ตนเอง	40	2.40	.29	2.65	.23	3.706*	.001
2. ด้านการ ปฏิบัติต่อ ผู้อื่น	40	2.44	.24	2.61	.28	3.082*	.004
3. ด้าน การจัดการ ภาระงาน	40	2.41	.30	2.58	.32	3.099*	.004
โดยรวม	40	2.41	.19	2.61	.24	4.536*	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 3 พบว่า ทักษะการทำงานร่วมกันของตนเองของนักเรียนหลังจากเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการทำงานร่วมกันสูงกว่าก่อนเรียนทั้ง 3 ด้าน อย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยทักษะการทำงานร่วมกันก่อนเรียนเท่ากับ 2.41 คะแนน (SD= .19) และค่าเฉลี่ยทักษะการทำงานร่วมกันหลังเรียนเท่ากับ 2.61 คะแนน (SD= .24)

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้สะเต็ม เรื่อง ทรัพยากรธรณี ดังตาราง 4

ตาราง 4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้

การทดสอบ	จำนวนผู้เข้าสอบ (n)	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	คะแนนเฉลี่ย (X)	SD	t	p
ก่อนเรียน	40	40	22.00	10.00	14.33	3.62	11.305*	.000
หลังเรียน	40	40	33.00	18.00	23.60	3.18		

จากตาราง 4 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.305$, $p = .000$) โดยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีค่าเท่ากับ 14.33 คะแนน (SD = 3.62) และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีค่าเท่ากับ 23.60 คะแนน (SD = 3.18)

3. ผลเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับเกณฑ์ที่กำหนด ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้กับเกณฑ์ที่กำหนด

การทดสอบ	จำนวนผู้เข้าสอบ (n)	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	คะแนนเฉลี่ย (X)	SD	t	p
หลังเรียน	40	40	33.00	18.00	23.60	3.18	7.149*	.000

จากตาราง 5 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนด (20 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 7.149$, $p = .000$)

4. ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี ดังตาราง 6

ตาราง 6 คะแนนเฉลี่ยของความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี

ความคิดเห็นของนักเรียน	n	X	SD	แปลความหมาย
1.ด้านเนื้อหา	40	4.16	.37	เห็นด้วยมาก
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	40	4.29	.41	เห็นด้วยมาก
3. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้	40	4.36	.37	เห็นด้วยมาก
4. ด้านการวัดและประเมินผล	40	4.18	.35	เห็นด้วยมาก
โดยภาพรวม	40	4.25	.31	เห็นด้วยมาก

จากตาราง 6 พบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ($SD=.37$) อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าหน่วยการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ดี ความคิดเห็นของนักเรียนในด้านกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 ($SD=.41$) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนมีโอกาสมากขึ้นในการทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน ๆ มากขึ้น ความคิดเห็นของนักเรียนด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ($SD=.37$) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสื่อและแหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้และความคิดเห็นของนักเรียนในด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ($SD=.35$) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลชิ้นงานของตนเอง ในส่วนผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยรวม พบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยรวม มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.25 ($SD=.31$) อยู่ในระดับเห็นด้วยมากต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

อภิปรายผลการวิจัย

ในงานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยขอเสนอประเด็นการอภิปราย ออกเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1. หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ ที่พัฒนาขึ้น มีจุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สำคัญ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ รวมทั้ง วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ มีความ

เหมาะสมทางภาษาและการนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ อยู่ในระดับมากขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องมาจากการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีกระบวนการพัฒนาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนและคำนึงถึงการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนด้านทักษะการทำงานร่วมกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรสวรรค์ สองแควและอังคณา อ่อนธานี (2560: 210) ที่ทำการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง รู้รักถิ่นถิ่นถิ่นแม่ฮ่องสอน ที่มีประสิทธิภาพ โดยเสนอว่า การสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้นต้องเป็นไปตามขั้นตอน กล่าวคือ มีการศึกษาแนวทางการสร้างและวิเคราะห์องค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้ วิเคราะห์และกำหนดสาระการเรียนรู้จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้วจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2560) ที่ได้พัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มีประสิทธิภาพ โดยมีการสร้างและพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่างเป็นขั้นตอน กล่าวคือ มีการศึกษาแนวคิดและแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา วิเคราะห์สาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด มาใช้ในการกำหนดสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามลำดับ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของสุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559) ที่ได้ทำการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศที่มีประสิทธิภาพ โดยได้เสนอว่าในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์สาระ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ศึกษาหลักการและวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ตามลำดับ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งเมื่อมีการศึกษาแนวทางการสร้างและวิเคราะห์องค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา วิเคราะห์และกำหนดสาระการเรียนรู้จากหลักสูตร

แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชัดเจนและสามารถพัฒนาทักษะของนักเรียนได้ จะให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (Jolly. 2016)

อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ฯ จาก การทดลองใช้ ผู้วิจัยพบว่า ในขั้นการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ฯ นั้น ครูควรเน้นใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนให้ได้คิด แก้ปัญหาหรือหาวิธีในการค้นหาคำตอบ ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียน เข้าใจเนื้อหา เกิดการทำทหายความคิด หรือจุดประกายความสนใจ นำไปสู่การคิดวิเคราะห์และคิดหาคำตอบหรือคาดคะเนล่วงหน้า ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของนุรอาซีกิน สา ณฺจูนี โมพันธุ์ และมฮ์ดี แวดราแมคู (2560) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยได้เสนอว่า การสอนโดยการใช้คำถามเป็นการ กระตุ้นความคิดให้ผู้เรียนได้คิดเอง โดยคำถามมีลักษณะถามเพื่อให้คิด เชื่อมโยงกับประสบการณ์ ถามชักนำความคิด ถามตั้งประเด็นเริ่ม ถาม ต้อนความคิดโดยหลักการเปรียบเทียบ ให้ผู้เรียนดึงความรู้เดิมและ ประสบการณ์มาผนวกให้ได้คำตอบและสามารถสรุปความคิดให้เชื่อมโยงกัน ดังนั้น การสอนโดยเน้นใช้คำถามนั้น มีความเหมาะสมกับการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการตั้งคำถามทำให้นักเรียนดึงเอา ความรู้มาอธิบาย ช่วยกระตุ้นความช่างสังเกต กระตุ้นให้ค้นคว้าเพิ่มเติม และกระตุ้นความคิด ทำให้ผู้เรียนเข้าใจความรู้ที่เรียนมากขึ้น ซึ่งในการ พัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ฯ ผู้วิจัยได้พบข้อบกพร่องหลังจาก การนำไปทดลองใช้ กล่าวคือ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้น ครูต้องเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นในกิจกรรมที่หลากหลายและเพียงพอต่อ นักเรียน จำเป็นต้องเตรียมแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลหรืออาจ

ให้ความรู้แก่นักเรียน เพื่อเป็นองค์ความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้ไขปัญหาในกิจกรรมสะเต็มศึกษา

2. หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ นี้สามารถส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างได้ กล่าวคือ ทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนที่ประเมินตนเองหลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559; Jolly. 2015) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Goode (2013) ที่ได้เสนอเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือสำหรับนักเรียนแผนการเรียนสะเต็มศึกษา โดยเสนอว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม จึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกันกับผู้อื่นและยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออก เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่มและในชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ

3. หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ นี้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรัพยากรธรณี ให้สูงขึ้นเนื่องจากกิจกรรมสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ นี้ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรัพยากรธรณี มี สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาสาระทางสาระวิชา ดังเช่น กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง แบบจำลองแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล ที่ช่วยได้นำความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล มาบูรณาการกับเทคโนโลยีโดยการเลือกวัสดุในสร้างแบบจำลองแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล และผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อออกแบบการสร้างแบบจำลองแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลและบ่อบาดาลแบบชั่วคราวหรือในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง แผนที่ใช้เชื้อเพลิงในชุมชน เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ประโยชน์ของเชื้อเพลิงธรรมชาติ

มาบูรณาการกับเทคโนโลยีในการเลือกเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม และบูรณาการกับคณิตศาสตร์ในการนำเสนอข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงธรรมชาติในชุมชนในรูปแบบแผนภูมิ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ดังเช่น กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง นักสำรวจดิน เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การวัดค่า pH ด้วยกระดาษอินดิเคเตอร์และกระดาษลิตมัส การใช้หลอดหยดสารหรือช้อนตักสาร เป็นต้น และยังได้ฝึกทักษะการสังเกตโดยการสังเกตองค์ประกอบของดิน รวมทั้งการฝึกทักษะการทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลโดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบคุณภาพดินมารวมกันอธิบายถึงคุณภาพของดินเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงและการนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาได้ ดังเช่น กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ฝายหินชะลอน้ำจำลอง ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาได้โดยนักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ของหินแต่ละประเภทที่คุณสมบัติและกระบวนการเกิดที่แตกต่างกันมาเป็นแนวคิดที่เป็นเหตุที่ทำให้นักเรียนตัดสินใจเลือกหินชนิดนั้นมาใช้ในการออกแบบฝายหินชะลอน้ำจำลองเพื่อกักเก็บน้ำและช่วยดักตะกอนที่ไหลมากับน้ำเพื่อลดการตื้นเขินของปลายน้ำ หรือในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง แผนที่ใช้เชื้อเพลิงในชุมชน โดยนักเรียนสืบความข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชนทั้งในหนังสือเรียนหรืออินเทอร์เน็ต เพื่อนำความรู้มาเป็นเหตุผลในการเลือกใช้เชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมชุมชนและวิเคราะห์การสำรองปริมาณเชื้อเพลิงธรรมชาติ เป็นต้น

จะเห็นว่า หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ฯ นี้ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมทักษะในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล

สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาได้ ยังส่งเสริมการนำองค์ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตได้อีกด้วย เป็นผลให้หน่วยการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษาฯ นี้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีการถ่วงให้สูงขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ที่ได้ใช้กิจกรรมการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ และงานวิจัยของอาทิตย์ พูนเรือง (2559) ที่ได้จัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสะสมเต็มศึกษา เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน รวมทั้งงานวิจัยของพัทธนันท์ นุชคง (2559) ที่ได้ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะสมเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 75.56 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2559) ที่ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งงานวิจัยของลัดดาวัลย์ นงประโคน (2559) ที่ได้พัฒนา แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะสมเต็มศึกษา เรื่อง การสะท้อนแสงและภาพที่เกิดจากการสะท้อนของเพื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 75 อีกด้วย

4. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ อยู่ในระดับเห็นด้วยมากต่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ นักเรียนมีความเห็นคิดว่าหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ ที่พัฒนาขึ้น สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ดี เนื้อหา มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นครูสามารถจัดเชื่อมโยงกิจกรรมสะเต็มศึกษากับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในช่วงเรียนปกติได้และส่งเสริมให้นักเรียนมีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเพื่อฝึกประสบการณ์ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และนำไปสู่การสร้างและพัฒนานวัตกรรมได้ (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. 2557) และนักเรียนยังมีความคิดเห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนมีโอกาสทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของการประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนที่ประเมินตนเอง หลังการเรียนรู้ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้ นักเรียนยังมีความคิดเห็นว่าสื่อและแหล่งเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาฯ มีความเหมาะสมต่อเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ เนื่องมาจากกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนต้องใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้จริงที่สามารถนำมาใช้ในการทำกิจกรรมได้ เช่น ครูต้องมีใบความรู้ที่ชัดเจน อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมได้จริง หรือการอธิบายความรู้ของโดยใช้โปรแกรมนำเสนอต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ชัดเจนเห็นจริงในสิ่งที่กำลังศึกษาช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เข้ากับการดำรงชีวิตในประจำวันได้ (Parisot. 2009) และนักเรียนยังมีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของตนเอง นักเรียนสามารถทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบนวัตกรรมตามข้อกำหนดหรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้เพื่อหาจุดบกพร่องของต้นแบบนวัตกรรม และสามารถร่วมกันอภิปรายเพื่อ

เสนอวิธีการปรับปรุงจุดบกพร่องที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. การนำหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ทรัพยากรธรณี ไปใช้อาจต้องพิจารณาความเหมาะสมของเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยสามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนรู้ ให้เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนได้

2. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกลุ่มนั้น ควรพิจารณาจำนวนสมาชิกในกลุ่มให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรม เพราะหากจำนวนสมาชิกน้อยเกินไปอาจทำให้เสียเวลาในการทำกิจกรรมมาก แต่หากสมาชิกมากเกินไปอาจทำกิจกรรมได้ไม่ทั่วถึง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มนักเรียนกลุ่ม 6 คน ซึ่งสังเกตเห็นว่าสมาชิกในกลุ่มทุกคนสามารถทำกิจกรรมร่วมกันได้อย่างเหมาะสมกับกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น

3. การเตรียมอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาต้องมีความหลากหลาย เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมได้มากขึ้น

4. การประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของตนเองของนักเรียนนั้น ครูควรใช้วิธีการประเมินรูปแบบอื่น เช่น การสัมภาษณ์ แบบสังเกตรายบุคคล เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนทักษะการทำงานร่วมกันได้ในหลายมิติมากยิ่งขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

สามารถนำแนวทางในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนอื่น ๆ โดยพิจารณาความเหมาะสมของตัวชี้วัดและเนื้อหา กิจกรรม และช่วงวัยของนักเรียน

สามารถนำหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน หรือทักษะอื่น ๆ ในศตวรรษที่ 21 โดยอาจทำการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบกลุ่มผู้เรียนที่แตกต่างกันและศึกษาวิจัยในเชิงคุณภาพ ให้ได้ข้อมูลพฤติกรรมของนักเรียนในเชิงลึกมากขึ้น

สามารถต่อยอดพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำงานร่วมกันในรูปแบบอื่นๆ เช่น อาจทำเป็นแบบวัดเชิงสถานการณ์ที่สามารถสะท้อนทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนได้ชัดเจนและแม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ญาณิ วัฒนากร. (2558). *การพัฒนาลักษณะเฉพาะของแบบวัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นแห่งศตวรรษที่ 21 ของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี*. ปริญญาานิพนธ์ ค.บ. (วัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัดกิจ ยามาลี. (2543). *ผลของกิจกรรมกลุ่มที่มีต่อพฤติกรรมการทำงานร่วมกันของผู้รับการคุ้มครองสถานคุ้มครองและพัฒนาอาชีพ บ้านเกร็ดตระการ*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการแนะแนว). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทิตนา แหมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัญญภัทร์ ศิริธัชวรโรจน์. (2559). *จิตวิทยากับการพัฒนาดน*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- น้ามนต์ เรืองฤทธิ์. (2553). *การพัฒนารูปแบบกิจกรรมโครงงานออนไลน์สำหรับโครงการการศึกษاب้นึงเพื่อแลกเปลี่ยนนักเรียนใน*

ภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกด้วยวิธีการเรียนแบบร่วมมือเพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารและทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนไทย และนักเรียนเกาหลีใต้. ปรินญานิพนธ์ ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. นูรอาซีกิน สา; และณัฐินี โมพันธ์; และมัยดี แวดราแมคู. (2560, มกราคม-มิถุนายน). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 5(3), 81-95.

ปิยวรรณ ศิริรัตน์. (2543). การเปรียบเทียบความเข้าใจในการอ่านความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษและความสามารถในการทำงานร่วมกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบโครงสร้างระดับยอดด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ CIRC กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พรณี ขาญประเสริฐ (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท. 42(186), 3.

พรสวรรค์ สองแคว; และอังคณา อ่อนธานี. (2560). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง รู้รักภักดี ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร. 19(3), 210-224.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการ

เรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม. 9(ฉบับพิเศษ), 401-418

พัทธนันท์ นุชคง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิด
วิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับ
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ. เอกสาร
ประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1 ประจำปี 2559
“การพัฒนางานวิจัย เพื่อรับใช้สังคม”. กาญจนบุรี: สถาบันวิจัย
และพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.

พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2557). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ:
แฮออฟเคอร์มิสท์.

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ. (2560). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ. รายงานสืบเนื่องการประชุม
วิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 นวัตกรรม
สร้างสรรค์ ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนไทยแลนด์ 4.0.
875-881.

ลัดดาวัลย์ นงประโคน. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อ
พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิด
สร้างสรรค์ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่ 2. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการและนำเสนอ
ผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 นวัตกรรมสร้างสรรค์ ศาสตร์
พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนไทยแลนด์ 4.0. 548-554.

ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็ม
ศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญา
นิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). *คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *เด็กกลยุทธ์สะเต็มศึกษาสู่การพัฒนาอาชีพ*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2560, จาก <http://www.ipst.ac.th/index.php/articles?start=20>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559ก). *คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษา (ม.1-ม.6)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือครูรายวิทยาศาสตร์พื้นฐานวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2554). *แนวทางการพัฒนาทักษะชีวิตบูรณาการการเรียนการสอน 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน. (2555). *เด็กไทยเก่งแค่ไหนในเวทีโลก*. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน.
- สำนักบริหารงานกรมมัธยมศึกษาตอนปลาย. (2558). *แนวทางการจัดทำทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะสาขาวิชาชีพ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์. (2559). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาการทางการ ศึกษาและการจัดการเรียนรู้). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุนีย์ ชัยสุขสังข์. (2556). สสค. เปิดผลสำรวจทักษะของเด็กไทยในศตวรรษ ที่ 21. สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2559, สืบค้นจาก <http://www.qlf.or.th/Home/Contents/570>.

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความ สามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Bloom, et al. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.

Donald, A (2013). *Future discoveries are more likely to be made by scientists sharing ideas than alone genius*. Retrieved July 18, 2017, From <https://www.theguardian.com/commentisfree/2013/feb/03/teamwork-science-transforming-the-world>.

Fazzino, M. (2017). *The skills of the 21st century*. Retrieved July 18, 2017, From <https://blogs.unimelb.edu.au/science-communication/2017/08/10/the-skills-of-the-21st-century-emma-fazzino>.

Goode, C. (2013). *STEM students learn best in collaborative teams*. Retrieved 18 August 2017, from <https://www.middleweb.com/7300/is-teaming-in-your-teacher-toolkit/>

- Jolly, A. (2015). *Building teamwork in STEM classes*. Retrieved August 18, 2017, from <http://www.edweek.org/tm/articles/2015/08/11/building-teamwork-in-stem-classes.html>
- Jolly, A. (2016). *How to design a successful STEM lesson*. Retrieved 10 December 2016, from <http://www.edweek.org/tm/articles/2016/09/23/how-to-design-a-successful-stem-lesson.html>
- Marra, R. M. (2016). *Beyond “group work”: an integrated approach to support collaboration in engineering education*. International Journal of STEM Education. 3: 17.
- National Education Association. (2012). *Preparing 21st century student for a global society: an educator’s guide to the “Four Cs”*. Retrieved 18 May 2017, From <http://www.nea.org/assets/docs/A-Guide-to-Four-Cs.pdf> Career and Technical Education. 2015
- Parisot, A. (2009). *Integrated instruction: What it is, Why it is important, How it works*. Retrieved 11 Aug 2017, from http://www.carcom.com/downloads/Integrated_Instruction.pdf
- The Partnership for 21st Century Learning. (2015). *Framework for 21st century learning*. Retrieved 1 February 2017, from <http://www.p21.org/about-us/p21-framework>.
- Wolpert-Gawron, H. (2013). *Collaboration: key to innovation*. Retrieved 1 February 2017, from <https://www.edutopia.org/blog/collaboration-key-innovation-heather-wolpert-gawron>.

