

# การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้น บูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนการสอนตาม แนวทางสะเต็มศึกษา

## The Development of Learning Achievement and Integrated Science Process Skills of Mattayomsuksa 2 Students through STEM Education

รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์<sup>1</sup>, ประสาท เนืองเฉลิม<sup>2</sup>

Rutdawan Wanapathorn<sup>1</sup>, Prasart Nuangchalerm<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2/1 โรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมิ่งคลาภิเษก อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 13 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา จำนวน 8 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และแบบสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.38 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ คิดเป็นร้อยละ 69.58 เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.00 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ คิดเป็นร้อยละ 79.17

### Abstract

The objectives of this research aimed to study learning achievement and integrated science process skills through STEM education, entitled “Food and living” for Mattayomsuksa 2 students. Target group consisted of 13 Mattayomsuksa 2/1 students attending in the second semester of academic year 2016, Dongyaiwittayakhom Ratchamunangkhalabhisek school, Wapipathum district, Mahasarakham province. Research instruments used in this study were 8 lesson plan STEM education, learning achievement test, integrated science process skills test, and anecdotal on STEM education. The statistics used for analyzing

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาโทสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> M.Ed. in Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Mahasarakham University

<sup>2</sup> Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Mahasarakham University



data were percentage, mean, and standard deviation. Findings revealed that that first cycle students had 69.38% of learning achievement and 69.58% of integrated science process skills. Then, second cycle students had 80.00% of learning achievement and 79.19% of integrated science process skills.

**Keywords:** science learning, STEM education, learning achievement, integrated science process skills

## บทนำ

โลกแห่งอนาคตเป็นโลกแห่งการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว ซึ่งเป็นสืบเนื่องจากการปรับตัวของข้อมูลข่าวสารที่มีอย่างมหาศาล การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยิ่งจำเป็นต้องรับการพัฒนาให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดและวิธีการที่จำเป็นเพื่อนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม. 2558ก) สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและสามารถตรวจสอบได้ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดความเข้าใจแนวความคิดหลักพื้นฐานวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งในการนำกิจกรรมการทดลองเทคโนโลยี สื่อต่างๆ มาประกอบการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องที่เข้าใจยากหรือเป็นเรื่องที่เป็นนามธรรม อีกทั้งเรื่องที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีและเข้าใจได้ลึกซึ้ง (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556) ผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้สู่การปฏิบัติทั้งภาคทฤษฎีและภาคทดลองให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่จะส่งเสริม สนับสนุนให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการดำเนินชีวิต

รายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาของโรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมิ่งคาภิเชก ในปีการศึกษา 2558 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่โรงเรียนกำหนด คือ ร้อยละ 70 โดยมีระดับผลการเรียนเฉลี่ย 67.32 ซึ่งมีนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการต่อการประเมินมีค่าเฉลี่ย 65 โดยนักเรียนที่มีผลการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการต่ำมีจำนวนทั้งหมด 12 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 ประกอบกับรายงานการประเมินภายนอกสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา ปี 2554 – 2558 (รอบสาม) พบว่าตัวบ่งชี้ที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน มีค่าคะแนน 8.30 อยู่ในระดับที่พอใช้ และจากการรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ต่ำและสาระที่โรงเรียนต้องเร่งพัฒนาเนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ ได้แก่ สารและสมบัติของสาร พลังงาน แรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ดาราศาสตร์และอวกาศ ร้อยละ 70 (โรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมิ่งคาภิเชก. 2558) แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำลังได้รับความสนใจกันอย่างมากในปัจจุบัน เป็นแนวการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการเนื้อหาและทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (รักษพล ธนานุวงศ์. 2556ก ; อภิสิทธิ์ ธงไชย. 2556) โดยที่วิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษานี้ล้วนแต่เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพใน



ศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความเป็นโลกาภิวัตน์สังคมตั้งอยู่บนฐานของความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยีที่นับวันยิ่งเจริญก้าวหน้าขึ้นไป (รักษพล ธนานุวงศ์. 2556ข) การเรียนรู้สามารถบูรณาการสู่การเรียนการสอน ส่งผลทำให้การเรียนรู้เนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มีความน่าสนใจและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ผู้เรียนยังได้ฝึกฝนทักษะการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการคิด การออกแบบ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลต่าง ๆ ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมมาบูรณาการร่วมด้วย (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2557)

ผู้สอนต้องผนวกองค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอน 2 ด้าน คือ ด้านบริบท (Context) ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนเอง และด้านเนื้อหา (Content) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้หลัก และนอกจากนี้จำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปราย และสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน คล้ายกับแนวทางการเรียนรู้โดยใช้โครงงาน (Project-Based Learning: PBL) เป็นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) (รักษพล ธนานุวงศ์. 2556ก ; อภิลิทธิ์ ธงไชย. 2556) และการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-Based Learning) (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556) อีกทั้งยังได้มีการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ผนวกการเรียนรู้อันฐานการออกแบบ ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้ วิศวกรรมศาสตร์เข้าไปด้วย ส่งผลทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงสืบเสาะหาความรู้และวิจัยด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้น รู้สึกสนุก ฟังพอใจและอยากเข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นด้วย (ประสาทเนื่องเฉลิม. 2558ข)

การวิจัยครั้งนี้จึงมีความมุ่งหมายเพื่อ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อาหารกับ

การดำรงชีวิต ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งผลที่ได้จะช่วยพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนและเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้สอนที่สนใจต่อไป

## ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70

## วิธีการวิจัย

### กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมังคลาภิเษก อำเภอบ้านดง จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 13 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 4 แผน ๓ ชั่วโมง รวมเวลา 12 ชั่วโมง วงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 4 แผน ๓ ชั่วโมง รวมเวลา 12 ชั่วโมง
2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ วงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 20 ข้อ วงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 20 ข้อ
3. แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นแบบปรนัย ชนิด



#### 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

#### 4. แบบสัมภาษณ์การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

##### การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำหลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนมีขั้นตอนตามวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ศึกษา สํารวจ และวิเคราะห์สภาพปัญหาการเรียน การสอน ศึกษา และวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษา การศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดเนื้อหาที่นำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง กับแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนการสอน และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา ดำเนินการสร้างและพัฒนา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 8 แผน และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน (Act) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งได้รับการปรับปรุงในขั้นที่ 1 ไปดำเนินการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมาย โดยแบ่ง เป็น 2 วงจรปฏิบัติการ โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 จัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4 วงจรปฏิบัติการที่ 2 จัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ได้พัฒนาปรับปรุงจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-8

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ขณะ

ที่ทำการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยได้สังเกตและจดบันทึกข้อมูลพฤติกรรมนักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) หลังจากดำเนินการจัดการเรียนการสอนจบแต่ละ วงจรปฏิบัติการผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการ ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ นำข้อมูลที่ได้จากการ ทดสอบและข้อมูลที่ได้จากการสังเกต สัมภาษณ์มา วิเคราะห์ และสรุปข้อมูลเพื่อนำไปพัฒนาในวงจร ปฏิบัติการต่อไป

##### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

##### ผลการวิจัย

##### ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จัดการเรียน การสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบ ว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์โดยรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 13.88 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็น ร้อยละ 69.38 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ ทาง การเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน ไม่ผ่าน เกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน วงจรปฏิบัติการ ที่ 2 การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขจาก วงจรปฏิบัติ



การที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.53 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80 นักเรียนมี

ผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100 ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2

เลขที่	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2	
	คะแนน (20)	ร้อยละ	คะแนน (20)	ร้อยละ
1	15	75	16	80
2	14	70	16	80
3	15	75	16	80
4	12	60 *	15	75
5	11	55 *	15	75
6	16	80	17	85
7	15	75	17	85
8	13	65 *	16	80
ค่าเฉลี่ย	13.88	69.38	16	80
SD	1.727		0.756	

จากผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่านักเรียนให้ความสนใจ ตั้งใจและมีความกระตือรือร้นในกิจกรรมการเรียนการสอน โดยตั้งใจศึกษา ใบสถานการณ์ที่กำหนดให้ ทำใบงานทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะทำงานให้สำเร็จ สามารถทำงานและปฏิบัติตามที่วางแผนไว้ได้ครบทุกขั้นตอน สามารถตอบคำถามได้ ผู้เรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทุกคนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 ทุกคน

**ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ขั้นบูรณาการ**

วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 13.92 คิดเป็นร้อยละ 69.58 มีนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ประเมินร้อยละ 70 จำนวน 8 คน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะทักษะการควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง มีทักษะที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ผ่าน ได้แก่ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น



บุคลากรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.92 คิดเป็นร้อยละ ผ่านเกณฑ์ประเมินร้อยละ 70 ทุกคน ดังตาราง 2  
79.17 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบุคลากร วงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2

ลำดับที่	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2	
	คะแนน (20)	ร้อยละ	คะแนน (20)	ร้อยละ
1	13	65 *	14	70
2	13	65 *	15	75
3	14	70	16	80
4	14	70	16	80
5	13	65 *	15	75
6	12	60 *	15	75
7	16	80	18	90
8	15	75	18	90
9	14	70	16	75
10	15	75	17	85
11	14	70	16	80
12	14	70	15	75
ค่าเฉลี่ย	13.92	69.58	15.92	79.17
SD	1.084		1.240	

จากการสังเกตและบันทึกหลังสอนพบว่า นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์และช่วยกันวิเคราะห์ ระบุปัญหาที่พบจากการศึกษาสถานการณ์และวางแผนออกแบบแก้ปัญหาได้ ให้ความสนใจในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี มีการแบ่งหน้าที่กันในการทำงานกลุ่ม ร่วมกันสืบค้นข้อมูลและออกแบบการแก้ปัญหาด้วยความกระตือรือร้น สนุกสนาน กล้าแสดงความคิดเห็นและอภิปรายมากขึ้น นำเสนอผลงานพร้อมทั้งอธิบายแนวทางการแก้ปัญหา ปรับปรุงชิ้นงานของกลุ่มด้วยความมั่นใจ

สรุป จากการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา 5 ขั้นตอน พบว่า

### วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. การระบุปัญหา พบว่ามีนักเรียนส่วนหนึ่งไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาได้ชัดเจนจากสถานการณ์ที่กำหนด ดังนั้นครูควรจะให้ให้นักเรียนกำหนดสถานการณ์ขึ้นเองก่อน แล้ววิเคราะห์ประเด็นปัญหาและควรใช้สถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง นักเรียนสามารถออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลได้จากการศึกษาใบความรู้และสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ สามารถรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้แต่มีนักเรียน 3 คน ที่ต้องให้การชี้แนะ



ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

3. การวางแผนและพัฒนา เมื่อนักเรียนมองปัญหาได้ชัดเจน มีข้อมูลที่จะใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีการ สามารถประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่จะแก้ปัญหา ข้อดี ข้อดีและความเหมาะสมของแต่ละวิธีโดยส่วนใหญ่กำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ แต่ต้องติดตามทุกกลุ่มให้ดำเนินการตามขั้นตอน

4. การทดสอบและประเมินผล นักเรียนแก้ปัญหาโดยการทดลองจากขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ นักเรียนปฏิบัติงานกลุ่มซึ่งพบว่าส่วนใหญ่ทดลองได้สำเร็จ แต่มีบางกลุ่มไม่ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ จึงต้องสร้างข้อตกลงร่วมกัน

5. การนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนได้สะท้อนผลการปฏิบัติว่าสำเร็จหรือไม่สำเร็จ มีปัจจัยอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง สรุปผลการเรียนรู้ร่วมกัน

มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน จึงได้พัฒนาการจัดเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดเทคนิค วิธีการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจนและเหมาะสมกับนักเรียน

## วงจรปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยได้จัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้ปรับปรุงจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

1. การระบุปัญหา ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ประเด็นปัญหา เป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือความต้องการรวมทั้งเงื่อนไขต่างๆจากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน เป็นปัญหาที่ท้าทาย น่าสนใจของนักเรียน โดยได้มาจากแหล่งต่างๆ เช่น ข่าว เหตุการณ์ประจำวันที่น่าสนใจ การเล่าเรื่อง และสถานการณ์จริง

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่างๆ แนวคิดที่จำเป็นสำหรับแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด ทั้งจากแหล่งเรียนรู้ภายในและภายนอกห้องเรียน ครูอำนวยความสะดวกในการแสวงหาข้อมูล การศึกษาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งการเลือกข้อมูลหรือความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ของนักเรียนมาใช้ ให้นักเรียนจัดระบบข้อมูล ประเมินความถูกต้องและเพียงพอของข้อมูลที่เก็บรวบรวมว่านำไปสู่การอ้างอิงได้หรือไม่ แยกแยะ จัดกลุ่ม จัดลำดับความสำคัญของข้อมูล

3. การวางแผนและพัฒนา ให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิด วางแผนการทดลองในการแก้ปัญหาร่วมกัน ตั้งสมมติฐาน คาดคะเนคำตอบอย่างมีเหตุผล หาวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด และออกแบบชิ้นงานด้วยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานและปฏิบัติจริง รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาให้ชัดเจน

4. การทดสอบและประเมินผล ในขั้นตอนนี้ให้นักเรียนดำเนินการวางแผนการทดลอง กำหนดวิธีการ ตามขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มได้ร่วมกันออกแบบไว้เป็นขั้นตอนการทดลองที่สามารถดำเนินการได้จริง รวมถึงวิธีการแก้ไขปัญหา อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นขณะทำการทดลอง เลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองอย่างเหมาะสม และนักเรียนมีการบันทึกข้อมูลทุกอย่างที่ได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปพิจารณาผลการทดลองต่อไป

5. การนำเสนอผลลัพธ์ ประเมินผลการทดลองของแต่ละกลุ่ม สรุปประเด็นสำคัญของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง สรุปผลโดยมีการบรรยายข้อมูล พร้อมทั้งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำการทดลองและบอกวิธีการแก้ไขปัญหาถ้านักเรียนยังไม่สามารถแก้ปัญหตามเงื่อนไขหรืออาจแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไขแล้ว และต้องปรับปรุงให้ดีขึ้นพร้อมทั้งอธิบายและเหตุผลประกอบ โดยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน ครูแนะนำ ช่วยเหลือ ในขณะที่นักเรียนมีปัญหา โดยใช้คำถามเกี่ยวกับ



กิจกรรมที่นักเรียนทำเพื่อให้นักเรียนสรุปได้

จากการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 ทุกคน

## อภิปรายผล

### ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วงจรถับปฏิบัติภารกิจที่ 1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.38 และ วงจรถับปฏิบัติภารกิจที่ 2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.00 ผลการวิจัยปรากฏเช่นนี้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากนักเรียนทุกคนได้ฝึกปฏิบัติตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่องตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในวงจรถับปฏิบัติภารกิจที่ 1 และ วงจรถับปฏิบัติภารกิจที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ โดยนักเรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และได้นำความรู้ออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (พลศักดิ์ แสงพรหมศรี และคณะ. 2558) การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ การระบุปัญหา เพื่อให้ให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหา หรือความต้องการรวมทั้งเงื่อนไขต่าง ๆ จากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา การวางแผนและการพัฒนา นักเรียนช่วยกันระดมความคิดวางแผนและออกแบบชิ้นงานด้วยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน

และปฏิบัติจริง การทดสอบและการประเมินผล ในขั้นตอนนี้นักเรียนดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มได้ร่วมกันออกแบบไว้ และนักเรียนมีการบันทึกข้อมูลทุกอย่างที่ได้ เพื่อนำไปพิจารณาผลการทดลองต่อไป การนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนได้ประเมินผลการทดลองของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างที่ทำการทดลองและบอกวิธีการแก้ไขปัญหา ถ้านักเรียนยังไม่สามารถแก้ปัญหาตามเงื่อนไขหรืออาจแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไขแล้ว และต้องปรับปรุงให้ดีขึ้นพร้อมทั้งอธิบายและเหตุผลประกอบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 4) ซึ่งนักเรียนจะได้วิเคราะห์ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ค้นหาข้อมูล แนวคิด วิธีการแก้ปัญหา ปฏิบัติตามขั้นตอนได้ถูกต้อง

การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น (Han and others. 2014) นอกจากนี้เจตคติต่อ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่บูรณาการสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนมีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนแปลงไปทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ สามารถสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกได้มากขึ้นและเห็นความสำคัญของการเรียนสะเต็มศึกษา (Tseng and others. 2013) การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน มีทักษะการทำงานกลุ่ม เรียนรู้ด้วยความสนุกสนาน ได้สืบค้นข้อมูลโดยการลงมือปฏิบัติ

### ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

วงจรถับปฏิบัติภารกิจที่ 1 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ คิดเป็น





ร้อยละ 69.58 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการคิดเป็นร้อยละ 79.17 ทั้งนี้เนื่องมาจากนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีกระบวนการเรียนอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการสืบค้นหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ รู้จักกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม อีกทั้งกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีลักษณะการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (รักษพล ธนาหุงศ์. 2556; Breiner and others. 2012) ซึ่งการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง ไม่ใช่แค่ท่องจำอย่างเดียว (ประสาธ เนิ่งเฉลิม. 2558ก) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มี การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเป็นฐาน ให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความรู้พื้นฐาน ใช้จินตนา ศึกษาค้นคว้า สืบค้น ตรวจสอบ แลกเปลี่ยนเรียนรู้และออกแบบการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (Laboy-Rush. 2012) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น และเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (พลศักดิ์ แสงพรหมศรี และคณะ. 2558) มีความสามารถในการ

คิดแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่อยู่ในระดับเดียวกันซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา (Scott. 2012) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรให้นักเรียนได้ปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ ต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. การสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีข้อจำกัดเรื่องเวลา ครูผู้สอนควรยืดหยุ่นเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามความเหมาะสม
3. ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมยังเป็นสิ่งใหม่สำหรับนักเรียน ถ้านักเรียน ไม่สามารถผ่านกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งไปได้ ก็อาจทำให้ไม่สามารถผ่านสู่ขั้นตอนกระบวนการวิศวกรรมต่อไปและอาจทำให้กระบวนการเรียนรู้ล่าช้าไป

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการกับปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

### เอกสารอ้างอิง

- ธีรวิมล เอกะกุล. (2551). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ*. อุบลราชธานี: ยงสวัสดิ์อินเตอร์กรุ๊ป 2552.
- ประสาธ เนิ่งเฉลิม. (2558ก). จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 9(4): 7-14.



- ประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2558ข). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *นักบริหาร*. 33(2): 49-56.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี ประสาธน์ เนื่องเฉลิม ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 9: 401-418.
- โรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมังคลาภิเษก. *รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. โรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมังคลาภิเษก, 1/2558
- รักษพล ธนาณรงค์. (2556ก). *รายงานสรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ STEM Education*. สืบค้นวันที่ 15 มีนาคม 2559 จาก <http://www.Slideshare.net/focusphysics/stemworkshopsummary>.
- รักษพล ธนาณรงค์. (2556ข). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *นิตยสาร สสวท*. 41(182), 15-20.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สุพรรณณี ชาญประเสริฐ. (2556). หลักสูตรกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี. *นิตยสาร สสวท*. 41(180): 34-37.
- สุพรรณณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*. 42(186), 3-5.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 19 (มกราคม - ธันวาคม 2556), 15-18
- Breiner, J.M., Caela, C.J., Harkness, S.S. and Koehler, C.M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*. 112(1): 3-11.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 13(5): 1089-1113.
- Laboy-Rush, D. (2011). *Integrated STEM education through project-based learning*. <http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/DisplayFile.aspx>.
- O'Neil, T.L., Yamagata, J.Y. and Togioka, S. (2012). Teaching STEM means teacher learning. *Phi Delta Kappan*. 94(1): 36-40.



- Scott, C. (2012). An investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) focused high school in the U.S. *Journal of STEM Education*. 13(5): 30–39.
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*. 23(1): 87-102.