

มุมมองทฤษฎีระบบของรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม

The System Theory Views of STEM Teacher Professional Development Model

สุทธิดา จำรัส¹ มนต์นัทธ มโนการณ² และ จุฬารัตน์ ธรรมประทีป³Suthida Chamrat¹ Monnapat Manokarn² and Jurarat Thammaprateeep³¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่³รองศาสตราจารย์ ดร. ประจำแผนกวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและสร้างรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในการรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน การดำเนินการเริ่มจากออกแบบและพัฒนาลือ และกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม เพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม 11 กิจกรรม จากนั้นนำไปออกแบบและดำเนินการพัฒนาครูสะเต็มตามลักษณะสำคัญที่สังเคราะห์ขึ้น ประชากรเป็นครูในเขตจังหวัดเชียงใหม่ที่เข้าร่วมการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มจำนวน 237 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 40 คน ในจำนวนนี้มีผู้ให้ข้อมูลสำคัญ จำนวน 8 คนที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงและอาสาสมัคร เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ (1) แบบสอบถามการรู้เรื่องสะเต็ม (2) แบบสัมภาษณ์รายกลุ่มแบบ Focus Group (3) แบบสังเกตกิจกรรม (4) เอกสารและชิ้นงานที่ครูสร้างขึ้น (5) การปฏิสัมพันธ์ของครูในเครือข่ายสังคมออนไลน์ (6) แบบตรวจสอบรายการลักษณะสำคัญ (7) แบบบันทึกการวิเคราะห์เนื้อหา และ (8) แบบสอบถามในการทำประชาพิจารณ์ ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์เนื้อหาและการเปรียบเทียบซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาวิชาชีพครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีการรู้เรื่องสะเต็มที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งส่งเสริมความสามารถในการออกแบบและนำกิจกรรมสะเต็มไปใช้ในชั้นเรียน ภายใตกรอบแนวคิดที่มุ่งเชื่อมโยงและพัฒนาบริบทชีวิต เศรษฐกิจและสังคมของผู้เรียน เป็นปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อน มีปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องมาก ไม่สามารถมองปรากฏการณ์ในเชิงเหตุการณ์เชิงเดี่ยวได้ การใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีระบบเพื่อนำเสนอรูปแบบการพัฒนาครูสะเต็มที่ประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า กระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ผลผลิต ผลลัพธ์และผลกระทบ เป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยพัฒนาครูและขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งผลลัพธ์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของครูสะเต็มอย่างมีประสิทธิภาพ ที่จะส่งผลกระทบต่อผู้เรียนให้มีศักยภาพสะเต็มซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในปัจจุบัน

คำสำคัญ: การพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม การรู้เรื่องสะเต็ม ทฤษฎีระบบ

Abstract

This research aimed to explore and develop STEM literacy professional development model for basic education level teachers. The study started with the design and the development of 11 STEM for life, economy and society material sets and learning activities. Then, these series of STEM activity, together with the synthesized key characteristics of STEM teacher professional development, were designed and implemented with STEM teachers. Population were 237 teachers in Ching Mai province who participated in STEM teacher professional development. Sample consisted of 40 teachers obtained by cluster random sampling, 8 teachers were purposively selected and they volunteered to be key informants. The research instruments included (1) a STEM literacy questionnaire; (2) a focus group interview protocol; (3) an activity observation note; (4) documents and pieces of work created by teachers; (5) teachers' interaction on social network; (6) STEM activity and PD key characteristic checklist; (7) a content analysis note, and (8) a public hearing questionnaire. Quantitative data were analyzed by using t-test and analysis of variance. Qualitative data were analyzed by using content analysis and constant comparative method. The research findings indicated that improving teachers' STEM literacy is complicated. There were many factors hindering the success of STEM teacher professional development and therefore it cannot be seen as a single incident. The use of the system theory as a framework in developing STEM teacher professional development model which consists of input, transformative process, output outcome and impact is an important mean to develop STEM teachers and drives STEM learning systematically. The expected outcome focuses on the effectiveness of teachers' STEM instruction which will lead to students' STEM competency that is an important current educational goal.

Keywords: STEM teacher professional development, STEM literacy, System theory

บทนำ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นกรอบแนวคิดการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการศาสตร์หรือสาขาวิชาทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและมีการดำเนินการอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นนโยบายสำคัญทางการศึกษา ปรากฏอย่างชัดเจนในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 ที่กำหนดเป้าหมายระยะยาวว่า สถานศึกษาร้อยละ 95 จะมีการจัดการศึกษาโดยบูรณาการองค์ความรู้แบบสะเต็มศึกษาภายใน 20 ปี ทั้งนี้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด และการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม พร้อมกันนี้ยังได้กำหนดบทบาทของหน่วยงานระดับต่างๆ ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค เช่น สำนักงานศึกษาธิการภาค สำนักงานศึกษาธิการจังหวัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษารวมทั้งหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องในระดับภูมิภาค/พื้นที่ขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาศักยภาพคนทุกช่วงวัย และการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้สู่การปฏิบัติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) นอกจากนี้ในแผนพัฒนาการศึกษา

ของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) ยังได้ระบุว่า ในการพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้ ส่วนหนึ่งต้อง “ใช้ระบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อยกระดับการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้งพัฒนานวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนตามกลุ่มสาระวิชาให้มีความเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560ข) จากเอกสารสำคัญในระดับนโยบายดังกล่าว เป็นที่เด่นชัดว่าการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาจะเดินหน้าและทวีความสำคัญยิ่งขึ้นไป

ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งของการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา คือ การพัฒนาครูเพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในห้องเรียนของตนเองได้ อย่างไรก็ตามพบว่า เป็นปัจจัยที่มีความซับซ้อนมากที่สุด เนื่องจากการผลิตและพัฒนาครูนั้นประกอบด้วยปัจจัยที่ส่งผลกระทบจำนวนมาก (Faikhamta, Ketsing, Tanak & Chamrat, 2018) และยิ่งซับซ้อนมากขึ้นในกรณีของการพัฒนาครูสะเต็มเนื่องจาก ณ ปัจจุบัน ยังไม่มีการกำหนดสาขาวิชาสะเต็มที่กำหนดครอบคลุมมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี (มคอ.1) ในสาขาของการผลิตครูสะเต็ม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2554) แต่เป็นสหสาขาที่ใช้การบูรณาการของศาสตร์ทั้ง 4 ผสมกับวิธีสอน ดังนั้นทางเลือกของการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาจึงเน้นไปที่การพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสะเต็มศึกษาในประเทศไทย ซึ่งพบว่าตลอดระยะเวลาที่มีการดำเนินการเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามีหน่วยงานที่เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการพัฒนาการจัดการศึกษาด้านสะเต็ม ทั้งหน่วยงานรัฐบาล องค์กรมหาชน องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร มูลนิธิ รวมทั้งหน่วยงานเอกชน เน้นไปที่การพัฒนาวิชาชีพครู (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559)

อย่างไรก็ตาม ได้มีงานวิจัยที่สังเคราะห์ผลการพัฒนาวิชาชีพครูจำนวนมากกว่า 1,300 กรณี พบว่าการพัฒนาวิชาชีพครูไม่ใช่เรื่องง่าย มีปัจจัยซับซ้อนและผลที่จะส่งผ่านไปยังผู้เรียนที่ตรวจสอบยากมาก (Yoon, Duncan, Lee, Scarloss & Shapley, 2007) ข้อค้นพบนี้สร้างความตระหนักว่า การจัดการอบรมพัฒนาวิชาชีพครูในปัจจุบันที่เน้นการบรรยาย การถ่ายทอดความรู้หรือการลงมือปฏิบัติเพียงผิวเผิน ในระยะเวลาสั้น ๆ อาจจะต้องมีการทบทวนและปรับให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในกรณีของการพัฒนาวิชาชีพครูเกี่ยวกับสะเต็ม ยิ่งเป็นกรณีที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เพราะโดยเนื้อหาแล้ว หากครูคนเดียวจะออกแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มจะต้องมีความรู้และแนวปฏิบัติของทั้งสี่ศาสตร์บูรณาการกัน ในกรณีที่เป็นการสอนร่วม (Co-teaching) ก็จะต้องมีการร่วมมือระหว่าง ครูวิทยาศาสตร์ ครูคณิตศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี ที่สอนเกี่ยวกับเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ รวมทั้งวิศวกรรมศาสตร์เบื้องต้นเป็นแนวคิดพื้นฐานสำคัญในการออกแบบและแก้ปัญหา ซึ่งใช้ในหลากหลายสาขา โดยเฉพาะสาขาที่เน้นการปฏิบัติ การสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือโครงการต่าง ๆ การดำเนินการในลักษณะดังกล่าวต้องอาศัยความร่วมมือ การจัดการความรู้ (Knowledge management) และการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ของนักปฏิบัติ (Practitioner Learning Community) ที่เป็นมากกว่าการสร้างกลุ่มการเรียนรู้เชิงวิชาชีพเท่านั้น แต่ต้องเน้นแนวปฏิบัติในเชิงสะเต็มด้วย

เมื่อพิจารณาตามกรอบแนวคิดของการพัฒนาวิชาชีพที่สำคัญคือ การพัฒนาความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge, PCK) (Shulman, 1986; Ashton, 1990) ที่นำเสนอว่า ครูจะสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความรู้ในเนื้อหาที่จะสอนผนวกกับความรู้เกี่ยวกับการสอนในเนื้อหานั้น ๆ ดังนั้นหากต้องการพัฒนาครูให้มีศักยภาพในการออกแบบการสอนและการปฏิบัติการสอนสะเต็ม ครูต้องมีความรู้เนื้อหาผนวกกับวิธีสอนสะเต็ม (STEM Pedagogical Content Knowledge, STEM-PACK) ทั้งนี้การพัฒนาครูให้มี STEM-

PACK ไม่ใช่เรื่องง่าย เพราะเป็นเรื่องใหม่สำหรับครู ครูส่วนใหญ่ไม่ได้ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบนี้มาก่อน (Lederman and Lederman, 2013) นอกจากนี้ในภูมิภาคหลังด้านการเรียนไม่ปรากฏวิชาสะเต็ม หรือการเรียนรู้ที่สาขาวิชามานูรณาการกัน รวมทั้งขาดประสบการณ์ในการเรียนด้านวิศวกรรมศาสตร์ (De Miranda, 2008) การพัฒนาครูในช่วงแรกมีการออกแบบกิจกรรมสะเต็มสำหรับครูเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียน อย่างไรก็ตาม การออกกิจกรรมมาก่อน โดยผู้เชี่ยวชาญ แล้วทำการอบรมขยายผลให้กับครูเพื่อนำไปใช้ ไม่ใช่การพัฒนา STEM-PACK อย่างยั่งยืน การเปิดโอกาสให้ครูได้เข้าร่วมกิจกรรมที่ออกแบบสื่อ และการเรียนการสอนตามความเข้าใจและความต้องการของตัวเอง โดยมีผู้เชี่ยวชาญมาให้ความรู้พื้นฐานและให้ข้อเสนอแนะตลอดช่วงระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ต่อเนื่อง เป็นวิธีการที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจและการปฏิบัติการสอนสะเต็มของครู (Wang, Moore, Roehrig, Gillian & Park, 2011)

นอกจากนี้ การพัฒนาครูเพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจำเป็นต้องพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มของครู ซึ่งจะส่งผลไปยังผู้เรียน (Ledbetter, 2012) สอดคล้องกับการนำเสนอของ National Research Council (2011) ที่ระบุว่าจุดมุ่งหมายสำคัญของสะเต็มศึกษา คือ การพัฒนาระดับการรู้เรื่องสะเต็มของผู้เรียน ทั้งที่มีเป้าหมายและไม่ได้มีเป้าหมายในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มในอนาคต แนวคิดที่กล่าวถึงปรากฏอย่างชัดเจนในหนังสือ Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics (National Research Council, 2011 p. 5) ที่ระบุอีกว่า การตัดสินใจทั้งในส่วนบุคคลและระดับสังคมในศตวรรษที่ 21 จะต้องใช้ความเข้าใจทั้งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น ไม่ว่าจะอยู่ในบริบทของสุขภาพสิ่งแวดล้อม หรือเทคโนโลยี (สุทธิดา จารัส, 2560ก) ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อที่จะสามารถใช้กระบวนการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องทั้งในเชิงวัฒนธรรมและความเป็นพลเมือง รวมทั้งความสามารถในการผลิตหรือผลิตภาพ (Productivity) การที่สะเต็มมุ่งเน้นในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการใช้ชีวิต การมีส่วนร่วมทางสังคม และการมองในเชิงมิติของเศรษฐศาสตร์ เป็นการเตรียมผู้เรียนให้เป็นพลเมืองที่พร้อมสำหรับการเผชิญความท้าทายในสังคมที่ขับเคลื่อนด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐาน กรอบแนวคิดดังกล่าวได้ถูกใช้ในการออกแบบกิจกรรมของงานวิจัยในครั้งนี้ กิจกรรมจะใช้บริบทเชื่อมโยงทั้งในส่วนของงานแก้ไขและตัดสินใจปัญหาในชีวิตประจำวันของผู้เรียน การใช้สะเต็มเพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์และเชื่อมโยงไปสู่โอกาสทางธุรกิจ รวมทั้งการใช้แนวคิดสะเต็มเพื่อแก้ปัญหาสังคมโดยเฉพาะในด้านสิ่งแวดล้อม

กล่าวโดยสรุป การพัฒนาให้ผู้เรียนมีการรู้เรื่องสะเต็มเพื่อให้เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียน การใช้ชีวิตและการทำงานในอนาคต ปัจจัยที่สำคัญมากคือครูผู้สอน งานวิจัยในครั้งนี้จึงเน้นไปที่การพัฒนาวิชาชีพครูโดยให้ความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพของครูด้วยกิจกรรมสะเต็มที่ออกแบบและพัฒนาภายใต้กรอบแนวคิดลักษณะสำคัญของกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา จากนั้นส่งเสริมให้ครูกิด ออกแบบ สร้างสรรค์สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มภายใต้บริบทของตนเอง ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืนเพราะศักยภาพนี้จะติดตัวครูไปเพื่อไปสร้างสรรค์ ต่อยอดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการพัฒนาวิชาชีพเพื่อเสริมสร้างศักยภาพได้เน้นไปที่การรู้เรื่องสะเต็มเนื่องจากเป็นแนวคิดและแนวปฏิบัติที่จะพัฒนา STEM-PACK ของครูได้ นอกจากนี้การรู้เรื่องสะเต็มยังเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานก่อนที่ผู้เรียนจะก้าวไปสู่การเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้าสู่การทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายด้านสะเต็มของประเทศ (คณะกรรมการวิชาการ

สื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ, 2558) โดยการพัฒนาครูจำเป็นต้องใช้มุมมองของทฤษฎีระบบเพื่อให้สามารถจัดการกับความซับซ้อนของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาที่มุ่งเน้นการสร้างรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในการรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบวัตถุประสงค์การวิจัย คำถามวิจัย และเครื่องมือวิจัย

วัตถุประสงค์การวิจัย	คำถามวิจัย	เครื่องมือวิจัย
ศึกษาและสร้างรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในการรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน	รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในการรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มเป็นอย่างไร	(1) แบบสอบถามการรู้เรื่องสะเต็ม (2) แบบสัมภาษณ์รายกลุ่มแบบ Focus Group (3) แบบสังเกตกิจกรรม (4) เอกสารและชิ้นงานที่ครูสร้างขึ้น (5) การปฏิสัมพันธ์ของครูในเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Network) (6) แบบตรวจสอบรายการลักษณะสำคัญ (7) แบบบันทึกการวิเคราะห์เนื้อหา และ (8) แบบสอบถามในการทำประชาพิจารณ์

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยครั้งนี้เป็นครูจากโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น สำนักงานการศึกษาเอกชน และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม จำนวน 237 คน แบ่งได้ 4 กลุ่มซึ่งจำแนกตามรุ่นที่เข้ารับการพัฒนาวิชาชีพ และกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) 1 กลุ่ม จำนวน 40 คน จากนั้นทำการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) และการเลือกแบบอาสาสมัคร (volunteer sampling) จำนวน 8 คน เพื่อเป็นผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants)

กลุ่มประชาพิจารณ์ได้มาจากการเลือกแบบอาสาสมัคร (volunteer sampling) 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) ครูระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ประถมศึกษา-มัธยมศึกษาตอนต้น) จำนวน 95 คน (2) ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 15 คน (3) คณะครูและผู้บริหารจากโรงเรียนเดียวกัน 16 คน

2. นิยามศัพท์

รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม หมายถึง ตัวแทนกรอบความคิด (conceptual representatives) ที่แสดงลักษณะสำคัญและความเชื่อมโยงขององค์ประกอบการพัฒนาครูเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้

การรู้เรื่องสะเต็ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการทำความเข้าใจแนวคิดสะเต็ม ปฏิบัติสะเต็ม การประยุกต์ใช้สะเต็ม เจตคติด้านสะเต็ม/ต่อสะเต็ม และการเชื่อมโยงสะเต็มกับบริบท เพื่อสืบเสาะ อธิบาย แก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ที่ไม่สามารถทำได้โดยสาขาความรู้แบบเดี่ยว รวมถึงการให้คุณค่าและตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปยังบริบทอื่นๆ

3. เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัยทุกชิ้นผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อหาค่า IOC (index of item-objective congruence) และปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามการรู้เรื่องสะเต็มไปทดลองใช้กับครูซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 143 คน คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha Reliability Coefficient) ได้เท่ากับ 0.97 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง (Taber, 2017)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์โดยใช้ การเปรียบเทียบสถิติเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประชากรสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent t-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) แบบ Scheffé Post Hoc

ข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ วิเคราะห์ด้วยวิธี Content Analysis และ Constant comparative ด้วยโปรแกรม Atlas.ti รุ่น 7.5.18 และ 8 ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแปลงเป็นไฟล์เอกสาร/ไฟล์รูปภาพ ทั้งรูปแบบ Microsoft Words และ PDF เพื่อนำเข้าโปรแกรม Atlas.ti เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยขั้นตอนและวิธีการนำเสนอโดย Neuendorf (2002) และวิธีการเปรียบเทียบซ้ำที่อธิบายโดย Glaser (1965, อ้างถึงใน Glaser & Strauss, 1999) ประยุกต์และอธิบายโดย จอร์จคัลด์ บั้วระพันธ์ (2553)

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มเพื่อให้นักเรียนพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาได้นั้น ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบคือ (1) สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม เพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม (2) รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในการรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (3) การรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบและพัฒนากิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา (4) ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและความสำเร็จของการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มซึ่งสามารถนำไปสรุปเป็นข้อค้นพบรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มในหัวข้อทฤษฎีระบบและการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม โดยมีรายละเอียดข้อค้นพบดังนี้

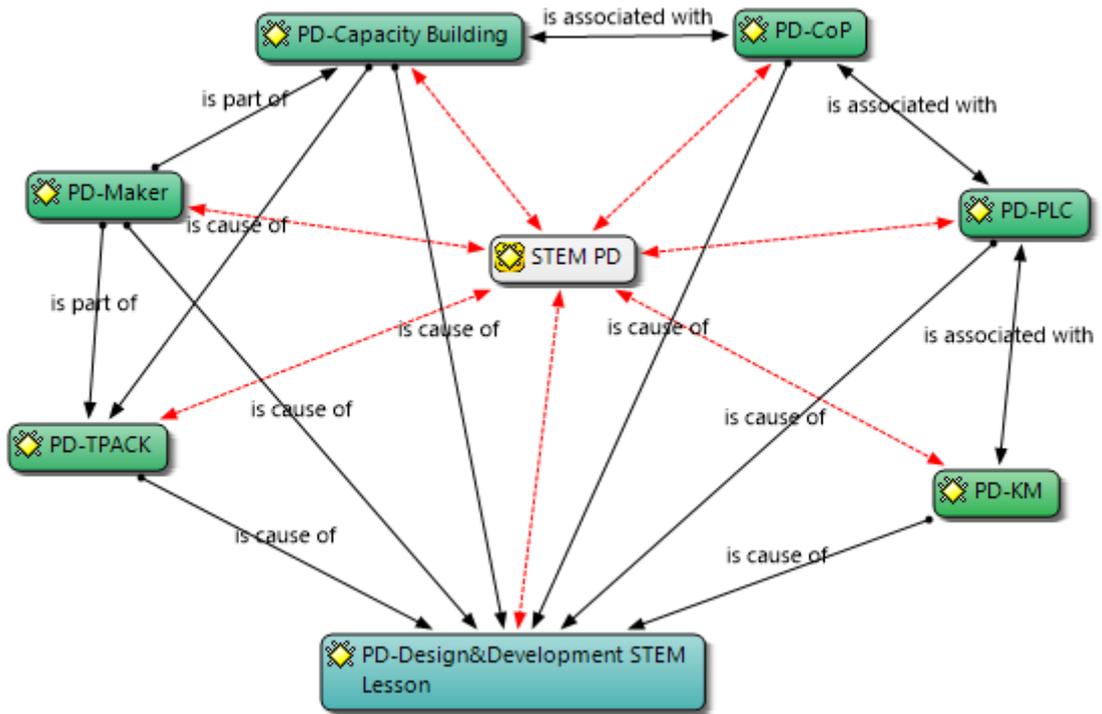
สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม เพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม

สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม เพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม เป็นเครื่องมือของกระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ซึ่งใช้ในกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 11 กิจกรรม ได้แก่กิจกรรม วงจรไฟฟ้า (Electrical Circuit) เสียงจากร่างกาย (Voices of the Body) ขยะอวกาศ (Space Debris) หวานแต่ไหนถ้ามใจเธอดู (Drinking by design) น้ำเกลือเพื่อชีวิต (Saline for Life) ฝนจากฟ้า (Harvest the Rain) วัดพื้นที่ใบไม้ (Measure the leaf) พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) ค้าขายไอศกรีม (Ice Cream Trading) บรรจุภัณฑ์ (Packaging) และ โซลาร์เซลล์และรถยนต์พลังงาน โซลาร์เซลล์ (Solar cell and Solar cell powered car) แต่ละกิจกรรมมีระยะเวลาดำเนินกิจกรรม 2-4 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของเนื้อหา โดยเวลารวมทั้งหมดคือ 29 ชั่วโมง ครอบคลุม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพ และเทคโนโลยี

สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 9 มาตรฐาน ได้แก่ ว 1.1 ว 1.2 ว 2.1 ว 2.2 ว 3.1 ว 3.2 ว 5.1 ว 6.1 และ ว 7.1 มาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 6 มาตรฐาน ได้แก่ ค 1.1 ค 2.1 ค 2.2 ค 3.1 ค 5.1 และ ค 6.1 และมาตรฐานการเรียนรู้การงานอาชีพ และเทคโนโลยี 2 มาตรฐาน ได้แก่ ง 1.1 และ ง 2.1 โดยแต่ละกิจกรรมจะมีภาระงาน/โครงการ/ชิ้นงานสุดท้าย กำกับเป้าหมายกิจกรรมไว้ครบทุกกิจกรรม โดยมีลักษณะสำคัญ 6 ประการ คือ (1) การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (2) กรอบแนวคิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (3) การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (4) บริบทชีวิต เศรษฐกิจและสังคม (5) การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง และ (6) การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานและการแก้ปัญหา (สุทธิดา จำรัส, 2560) การดำเนินกิจกรรมจะให้ผู้เรียน (ในที่นี้คือครู) ปฏิบัติผ่านสื่อการเรียนรู้หลากหลายประเภท โดยเน้นสื่อที่หาได้จากชีวิตประจำวัน และสื่อประเภทเครื่องเขียนที่ตรงกับบริบทการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทั้งนี้มีการใช้สื่อประเภทดิจิทัลที่หลากหลาย และมีบางส่วนเป็นสื่อเฉพาะทางทั้งเครื่องมือช่าง อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สารเคมี รวมทั้งอุปกรณ์ที่มีลักษณะการใช้งานที่เฉพาะกับสาขาวิชา หรือวิชาชีพ (สุทธิดา จำรัส, 2562)

รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในการรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การพัฒนาวิชาชีพครูมี 6 องค์ประกอบโดยมีความสัมพันธ์ดังรูปแบบที่แสดงในภาพ 1 ซึ่งแสดงองค์ประกอบสำคัญและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ โดยอธิบายได้ว่า การพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม (STEM PD) ต้องเน้นการพัฒนาศักยภาพ (Capacity Building) ของครูซึ่งเน้นไปที่ความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ในด้านสะเต็ม โดยเฉพาะแนวคิดแบบเมกเกอร์ (Maker concept) ที่ต้องอาศัยการสร้างชุมชนการเรียนรู้ของนักปฏิบัติ (Practitioner Learning Community, PLC) เช่น พื้นที่การเรียนรู้ของเมกเกอร์ ชุมชนนักปฏิบัติ (Community of practitioner, CoP) เพื่อให้เกิดการจัดการความรู้ (Knowledge Management, KM) โดยองค์ประกอบทั้ง 6 นอกจากจะมีปฏิสัมพันธ์กันตามลูกศรดังกล่าวคือ องค์ประกอบที่เป็นส่วนหนึ่ง (is part of) หรือ สัมพันธ์กัน (is associated with) แล้ว ยังเป็นปัจจัย (is caused of) ที่ส่งเสริมให้ครูออกแบบและสร้างกิจกรรมสะเต็ม (Design and Development STEM lesson) ได้ ดังความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Atlas.ti ในภาพ 1 ทั้งนี้การออกแบบและสร้างกิจกรรมสะเต็มได้เป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มที่ยั่งยืน



ภาพที่ 1 รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคม

การรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามการรู้เรื่องสะเต็มของครูทั้งก่อนและหลังเข้าร่วม โครงการฯ พบว่า ครูที่เข้าร่วมโครงการมีการพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มในภาพรวมมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณารายโดเมนของการรู้เรื่องสะเต็มพบว่า แนวปฏิบัติสะเต็ม การประยุกต์ใช้สะเต็ม เจตคติด้านสะเต็ม/ต่อสะเต็ม มีการพัฒนามากที่สุดตามลำดับ โดยโดเมนเจตคติด้านสะเต็ม/ต่อสะเต็ม และการเชื่อมโยงสะเต็มกับบริบท ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างก่อนและหลังเข้ารับการพัฒนาวิชาชีพฯ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยในแต่ละโดเมนของการรู้เรื่องสะเต็มก่อนและหลังการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม

โดเมน	ผลต่าง ของ ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	Standard error of the mean (SE)	95% Confidence interval of the difference		t	df	Sig (2- tailed)
				Lower	Upper			
ภาพรวม	.16105	.29539	.06777	.30343	.01868	2.377*	18	.029
แนวคิดสะเต็ม	.25504	.38554	.08845	.44086	.06922	2.883*	18	.010
แนวปฏิบัติสะเต็ม	.18988	.33779	.07704	.35172	.02803	2.465*	18	.024
การประยุกต์ใช้ สะเต็ม	.14684	.27051	.06206	.27722	.01646	2.366*	18	.029
เจตคติด้านสะเต็ม/ เจตคติต่อสะเต็ม	.06579	.34931	.08014	.10257	.23415	.821	18	.422
การเชื่อมโยงสะเต็ม กับบริบท	.03842	.29086	.06673	.10177	.10177	.576	18	.572

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่าระดับการรู้เรื่องสะเต็มในโดเมนที่มีการพัฒนาขึ้นจากก่อนที่ครูจะเข้ารับการพัฒนาวิชาชีพครูมีความแตกต่างจากระดับการรู้เรื่องสะเต็มที่ไม่มีการพัฒนาหรือไม่ โดยการทดสอบด้วยการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแปรปรวนรายคู่ ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ One way ANOVA แบบ Scheffé Post Hoc โดยเปรียบเทียบระดับการรู้เรื่องสะเต็มรายโดเมนก่อนและหลังการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม โดยเปรียบเทียบแยกเป็นรายคู่ของแต่ละโดเมน พบว่าการเปรียบเทียบรายโดเมนไม่มีความแตกต่างกัน แปลความหมายได้ว่า การรู้เรื่องสะเต็มในภาพรวมของครูเป็นผลรวมของแต่ละโดเมนและระดับของการรู้เรื่องสะเต็มของแต่ละโดเมนเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการรู้เรื่องสะเต็มในภาพรวม ทั้งก่อนและหลังการพัฒนาวิชาชีพครูฯ แต่จากระดับค่านัยสำคัญของการทดสอบ t-test ก่อนและหลังพบว่ามีค่า .029 แต่จากการเปรียบเทียบความแปรปรวนรายคู่ของ 5 โดเมนไม่แตกต่างกัน

ความสามารถในการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของครู

จากชิ้นงานการออกแบบกิจกรรมสะเต็มด้วยเครื่องมือที่ชื่อว่า เมทริกซ์เพื่อการออกแบบและพัฒนากิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Activity Design and Development Matrix: STEM Matrix DD) (สุทธิดา จำรัส, 2560ข) ซึ่งเป็นชิ้นงานที่ครูพัฒนาขึ้นหลังการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมในระยะที่ 1 (14-15 ตุลาคม พ.ศ.2560) พบว่า ครูทั้ง 8 คน สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ โดยสามารถกำหนดบริบทของการเรียนรู้ในระดับบุคคล

ที่ประกอบด้วยหัวข้อ (1) วงจรไฟฟ้าและความเข้มของการส่องสว่าง (2) การบริหารจัดการน้ำระดับบุคคล (3) การออกแบบเครื่องนุ่งห่ม (4) การออกแบบและทำอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมกับบุคคล (5) การคำนวณความเสี่ยงต่อการเป็นเบาหวาน (6) การเปลี่ยนแปลงในระดับภูมิภาค (7) ถ่ายละอองเกสรของพืชท้องถิ่น และ (8) การวัดปริมาณน้ำฝนในท้องถิ่นของตนเอง

ในส่วนนริบพระระดับสังคมและท้องถิ่น พบว่า มีครูที่ใช้บริบทนี้จำนวน 4 คน โดยออกแบบกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ (1) การบริหารจัดการน้ำระดับบุคคล (2) การเปลี่ยนแปลงในระดับภูมิภาค (3) การถ่ายละอองเกสรของพืชท้องถิ่น และ (4) การวัดปริมาณน้ำฝนในท้องถิ่นของตนเอง ในด้านการเชื่อมโยงไปยังบริบทด้านเศรษฐกิจ มี 6 กิจกรรมที่เชื่อมโยงจากบริบทระดับตนเองและบริบทระดับท้องถิ่นไปสู่ความเชื่อมโยงในมิติของเศรษฐกิจ ได้แก่ วงจรไฟฟ้าและความเข้มของการส่องสว่าง การบริหารจัดการน้ำระดับบุคคล การออกแบบเครื่องนุ่งห่ม การคำนวณความเสี่ยงต่อการเป็นเบาหวาน การถ่ายละอองเกสรของพืชท้องถิ่น และ การวัดปริมาณน้ำฝนในท้องถิ่นของตนเอง โดยบริบทการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ครูใช้มากที่สุดคือ บริบทระดับบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตในมิติสุขภาพและการดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อม สำหรับบริบทที่เชื่อมโยงไปสู่การประกอบอาชีพ พบว่า มีความถี่ของอัญพจน์ (Quotation) สูงสุดคือ 12 ครั้งจากการของของอัญพจน์ในรหัส (Code) การเชื่อมโยงบริบททั้งหมด 30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 40 ของกิจกรรม โดยมีของอัญพจน์การเชื่อมโยงไปยังสังคมหรือท้องถิ่นจำนวน 11 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 36.67 ทั้งนี้พบว่าไม่มีครูที่เลือกใช้บริบทระดับโลก (Global context/issues)

หลังการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม (14-15 ตุลาคม และ 25-26 พฤศจิกายน พ.ศ.2560) ผู้วิจัยได้ติดตามการนำกิจกรรมที่ครูได้ออกแบบไปใช้ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ครูได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้ในบริบทของตนเอง ผ่านกิจกรรมที่แตกต่างกัน ซึ่งพบ 4 รูปแบบ คือ การออกแบบและจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในรูปแบบห้องเรียนปกติ รูปแบบกิจกรรมพิเศษ รูปแบบกิจกรรมชุมนุม และรูปแบบของคาบเรียนสะเต็ม โดยพบว่ามีลักษณะกิจกรรมที่ออกแบบ 2 กลุ่มใหญ่คือ การนำกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยสื่อและกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมไปใช้ โดยมีการปรับเพียงเล็กน้อย กับรูปแบบที่มีการประยุกต์กิจกรรม

ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและความสำเร็จของการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม

ระบบการพัฒนาวิชาชีพครูเป็นระบบเปิดที่ได้รับผลกระทบบางประการทั้งที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ จากสิ่งแวดล้อม การนำผลวิจัยไปใช้จึงต้องรายงานปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมผ่านกระบวนการประชาพิจารณ์กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล 3 กลุ่ม ที่ประกอบด้วย (1) กลุ่มครูระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 95 คน (2) กลุ่มผู้บริหารสถานศึกษาจำนวน 15 คน และ (3) กลุ่มครูและผู้บริหารที่มาจากโรงเรียนเดียวกันจำนวน 16 คน ซึ่งผลการทำประชาพิจารณ์โดยสรุปพบว่า ทั้งสามกลุ่มให้ความเห็นต่อสื่อและกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคมว่า มีความโดดเด่นในประเด็นการบูรณาการของศาสตร์ทั้ง 4 มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 77.03 93.33 และ 85.71 ตามลำดับ โดยประเด็นที่มีความโดดเด่นรองลงมาคือ การเน้นการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คิดเป็นร้อยละ 74.32 93.33 และ 85.71 ตามลำดับ ประเด็นที่มีความโดดเด่นอันดับสามคือ กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 74.32 93.33 และ 78.57 ตามลำดับ ส่วนประเด็นอื่น ๆ มีความแตกต่างกันไป

ระหว่างกลุ่มครู กลุ่มผู้บริหารสถานศึกษา และกลุ่มครูและผู้บริหารที่มาจากโรงเรียนเดียวกันที่ได้ทดลองใช้กิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม

ในส่วนของข้อจำกัดนั้น ประเด็นที่ทุกกลุ่มเห็นสอดคล้องคือ การขาดแคลนสื่อและอุปกรณ์ รวมทั้งบุคลากรที่สามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ ส่วนประเด็นของการนำไปใช้ ผู้บริหารสถานศึกษาเห็นว่า ควรนำสื่อและกิจกรรมสะเต็ม เพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคมไปใช้ในคาบเรียนปกติ (ร้อยละ 80) ในขณะที่ครูเห็นว่าควรนำไปใช้ในคาบชุมนุมและคาบเรียนพิเศษ รวมทั้งกิจกรรมใน โอกาสพิเศษ หากพิจารณาประเด็นของการนำไปใช้ในเขตพื้นที่/สถานศึกษา ทั้งสามกลุ่มเห็นว่าควรนำไปใช้พัฒนาครูทั้งโรงเรียนมากที่สุด รองลงมาคือ การพัฒนาครูทั้งเขตพื้นที่การศึกษา/กลุ่มโรงเรียน โดยมีครู ผู้บริหาร และกลุ่มครูและผู้บริหารที่มาจากโรงเรียนเดียวกันร้อยละ 45.94 53.33 และ 35.71 (ตามลำดับ) เท่านั้นที่เห็นว่าควรพัฒนาครูผ่าน โครงการพัฒนาครูรูปแบบครบวงจร (คุปองครู)

สำหรับการเผยแพร่สื่อและกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคมนั้น ส่วนใหญ่เห็นพ้องว่าควรเผยแพร่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์พร้อมใช้ รองลงมาคือสื่อสิ่งพิมพ์ ในประเด็นประโยชน์ของสื่อและกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ที่มีต่อนักเรียน พบว่า จะส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาของนักเรียน โดยเฉพาะบริบทชีวิตจริง การมีความคิดสร้างสรรค์ คิดเป็นระบบ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อกลุ่มวิชาสะเต็มด้วย ส่วนผลที่มีต่อครูนั้น ผู้ให้ข้อมูลประชากรพิจารณาทั้งสามกลุ่มเห็นว่า เป็นการพัฒนาผู้เรียนโดยผ่านครู ครูได้พัฒนาตนเอง ปรับเปลี่ยนวิธีการสอนที่สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งตระหนักในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับผลที่มีต่อโรงเรียนนั้น พบว่า เป็นการขับเคลื่อนนวัตกรรม การเรียนรู้ ก่อให้เกิดการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระ เกิดความร่วมมือ เชื่อมโยงบริบทท้องถิ่นเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ มีการปรับเปลี่ยนการเรียนรู้ไปสู่ Active Learning มีสื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

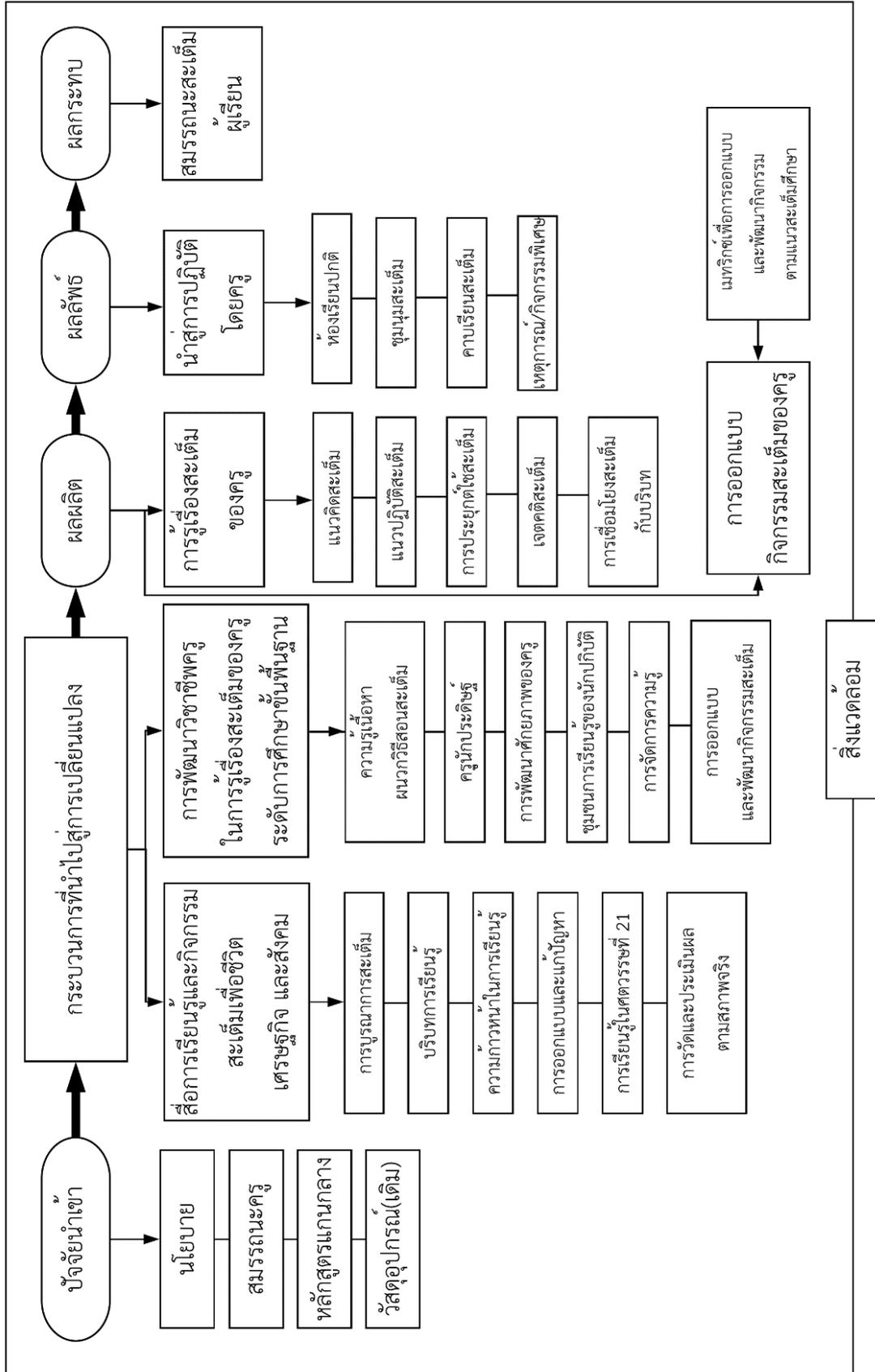
ในประเด็นสุดท้าย ปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่จะนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ไปใช้ พบว่า สิ่งที่เป็นปัญหาคือ การขาดแคลนสื่อ การจัดสรรเวลา การพัฒนาครู ความตระหนักของผู้บริหาร รวมทั้งการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา การขาดแคลนวิทยากร งบประมาณและความยั่งยืนของโครงการ

ทฤษฎีระบบและการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม

การขับเคลื่อนการพัฒนาวิชาชีพครู โดยมีเป้าหมายคือ การพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มของครูและความสามารถในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่มีสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคมเป็นแกนนั้น ไม่ได้มีมิติเดียว ที่เน้นแต่เพียงการมุ่งพัฒนาแนวคิดสะเต็ม แต่ยังเน้นแนวคิดสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นั้นเป็นเพราะลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม นอกเหนือจากการบูรณาการแนวคิดและแนวปฏิบัติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ยังปรากฏอีก 5 องค์ประกอบที่เป็นลักษณะสำคัญ ทั้งหมดนี้ถูกออกแบบให้ปรากฏและบรรจุเป็นลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มศึกษา ประกอบกับรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูในการรู้เรื่องสะเต็มของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีถึง 6 องค์ประกอบที่เป็นลักษณะสำคัญของรูปแบบการพัฒนาครูฯ ที่สังเคราะห์ขึ้นในงานวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยนำเข้า และสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อเป้าหมายการพัฒนาครูสะเต็ม ข้อค้นพบการวิจัยที่จะนำเสนอเป็นรูปแบบการพัฒนาครูสะเต็ม จึงมีความซับซ้อนและมี

รายละเอียดปลีกย่อยมากเกินไป ยากต่อการนำไปใช้ เป็นผลวิจัยที่ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทางปฏิบัติ (Non-practical research findings) เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย มีผลจากปัจจัยภายนอกหรือสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง ข้อค้นพบในงานวิจัยครั้งนี้จึงจำเป็นต้องแสดงออกมาเป็นตัวแทนความคิด (Representatives) ในรูปแบบที่สามารถทำความเข้าใจและจัดการได้ ผู้วิจัยจึงต้องแสวงหารอบแนวคิดหรือทฤษฎี เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนนี้ได้ โดยข้อค้นพบสำคัญของงานวิจัยสามารถสร้างเป็นคำอธิบายได้ ในรูปแบบที่สร้างขึ้นจากกรอบแนวคิดทฤษฎีระบบ (System theory) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิด เพื่อทำความเข้าใจในแต่ละตัวแปรที่สำคัญ ในฐานะองค์ประกอบของระบบหรือปัจจัยแวดล้อมในลักษณะเหตุและผล (Causes and effects) ที่มีความสัมพันธ์แบบองค์รวม (Von Bertalanffy, 1973) ทฤษฎีระบบพื้นฐาน อธิบายโดย Kast และ Rozenweig (1972) และ Hammond (2010) ได้เสนอแนะการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นออกมาเป็นระบบเพื่อสามารถที่จะทำความเข้าใจ ประเมิน หรือพัฒนาระบบได้ โดยระบบประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลิตผลย้อนกลับ และสิ่งแวดล้อม (The Development Assistance Committee Working Party on Aid Evaluation, 2002)

จากผลการวิจัยผนวกกับการตีความด้วยมุมมองจากทฤษฎีระบบ การพัฒนาครูเพื่อการรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาก็เป็นระบบหนึ่ง โดยนโยบายด้านสะเต็มศึกษา สมรรถนะการรู้เรื่องสะเต็มของครูที่มีอยู่เดิม หลักสูตรแกนกลาง รวมทั้งสื่อและแหล่งการเรียนรู้ เป็นปัจจัยนำเข้าของระบบ สื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม และกระบวนการพัฒนาวิชาชีพครูฯ ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้เป็นกระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ในส่วนของผลผลิตคือ การรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มของครู ผลลัพธ์คือการจัดการเรียนรู้ในบริบทการทำงานของครู ผลกระทบคือ สมรรถนะสะเต็มของผู้เรียนที่จะเติบโตไปใช้ชีวิตทั้งการเรียนและโลกของการทำงาน ส่วนสิ่งแวดล้อมคือ ปัจจัยที่จะส่งผลต่อการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม องค์ประกอบเหล่านี้ สามารถนำไปสร้างรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม การใช้ทฤษฎีระบบจึงเป็นตัวแทนความคิด (Representatives) หรือรูปแบบที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย เมื่อระบบที่ซับซ้อนถูกถอดออกมาเป็นรูปแบบ (Model) ดังข้อสรุปผลการวิจัย ภาพที่ 2 จึงเอื้อการทำความเข้าใจระบบ เข้าใจความสัมพันธ์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินระบบปรับปรุงรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครู (Chen & Stroup, 1993) ด้วยการใช้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) มาปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม รวมทั้งการนำไปต่อยอดในเชิงการวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาได้



ภาพที่ 2 การอธิบายรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยต่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม จากมุมมองทฤษฎีระบบ

โดยมุมมองทฤษฎีระบบของรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มซึ่งเป็นข้อค้นพบสำคัญ สามารถนำไปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มได้ โดยอาจจะศึกษาด้วยมุมมองเชิงบริหารวิชาการ การวิจัยประเมินโครงการพัฒนาวิชาชีพครู การประเมินเชิงระบบ รวมทั้งการศึกษาตัวแปร และความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยส่งผลต่อการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม โดยเฉพาะการพัฒนาวิชาชีพครูตามโดเมนการรู้เรื่องสะเต็ม (แนวคิดสะเต็ม แนวปฏิบัติสะเต็ม การประยุกต์ใช้สะเต็ม เจตคติด้านสะเต็ม/ต่อสะเต็ม การเชื่อมโยงสะเต็มกับบริบท) ซึ่งงานวิจัยในอนาคตสามารถศึกษาลงลึกถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาแต่ละโดเมน รวมทั้งความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อกันของแต่ละโดเมน

สรุปข้อค้นพบการวิจัย

การพัฒนาวิชาชีพครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีความรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบและนำกิจกรรมสะเต็มไปใช้ในชั้นเรียน ภายใต้กรอบแนวคิดที่มุ่งเชื่อมโยงและพัฒนาบริบทชีวิต เศรษฐกิจและสังคมของผู้เรียน เป็นปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อน มีปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องมาก ไม่สามารถมองปรากฏการณ์ในเชิงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นครั้งเดียวแล้วจบได้ ผู้วิจัยจึงต้องใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีระบบมาจัดการกับข้อสรุปที่ค้นพบจากการตอบคำถามวิจัย เพื่อให้สามารถถอดข้อค้นพบออกมาเป็นรูปแบบดังภาพ 2 การพัฒนาวิชาชีพครูเพื่อให้มีความรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบและนำกิจกรรมไปใช้ ต้องพิจารณาปัจจัยนำเข้า คือสถานการณ์ ณ ปัจจุบันของการศึกษาที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลง สิ่งเหล่านี้ประกอบด้วยนโยบาย สมรรถนะครู ณ ปัจจุบัน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ธรรมชาติของห้องเรียน โดยเฉพาะสื่ออุปกรณ์ที่ครูใช้อยู่ ทั้งนี้ผลลัพธ์ปลายทางที่มุ่งหวังคือ การที่ครูนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไปใช้ในบริบทวิชาชีพของตนเอง รวมทั้งผลกระทบที่พัฒนาสมรรถนะสะเต็มให้กับผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามผลลัพธ์และผลกระทบจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยกระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ซึ่งผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบหลักของกระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงประกอบด้วยกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพครูที่มีสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมเป็นตัวขับเคลื่อน โดยสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมฯ จะมีลักษณะสำคัญ 6 ประการ คือ (1) การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (2) กรอบแนวคิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (3) การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (4) บริบทชีวิต เศรษฐกิจและสังคม (5) การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง และ (6) การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างชิ้นงานและการแก้ปัญหา ดำเนินการร่วมกับกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพครูฯ ที่มีองค์ประกอบที่มุ่งเน้นการพัฒนาครู 6 ด้าน ได้แก่ (1) ความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็ม (STEM-PACK) (2) ชุดความคิดแบบนักประดิษฐ์ (Maker Mindsets) (3) การพัฒนาศักยภาพตนเอง (4) ชุมชนการเรียนรู้ของนักปฏิบัติ (5) การจัดการความรู้ และ (6) การออกแบบและพัฒนากิจกรรมสะเต็ม

สำหรับผลผลิตในด้านความสามารถในการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม ครูที่เป็นพลวิจัยทุกคน สามารถออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่เน้นบริบทชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมได้ โดยใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า “เมทริกซ์เพื่อการออกแบบและพัฒนากิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา” ซึ่งมีลักษณะสำคัญคือการจัดการความรู้ด้วยมุมมองแบบองค์รวม (Holistic view) เพื่อให้ครูสามารถระบุลักษณะสำคัญของกิจกรรมสะเต็ม โดยเฉพาะชิ้นงานหรือโครงการที่

เป็นผลลัพธ์ปลายทางตามหลักการการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการสะเต็ม (STEM-PBL) ก่อนที่จะลงสู่รายละเอียดของการพัฒนาแผนกิจกรรมหรือแผนการจัดการเรียนรู้

เมื่อสิ้นสุดระยะของการพัฒนาวิชาชีพครูครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้ใช้การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม (Focus Group) ร่วมกับการติดตามการนำกิจกรรมไปปฏิบัติในบริบทการทำงานของครู พบว่าครูมีรูปแบบการนำกิจกรรมสะเต็มไปใช้ 4 รูปแบบได้แก่ การนำไปใช้ในห้องเรียนปกติ กิจกรรมชุมนุมสะเต็ม คาบเรียนสะเต็ม และการจัดกิจกรรมในโอกาสพิเศษต่าง ๆ เช่น สัปดาห์วิทยาศาสตร์ ค่าวิทยาศาสตร์ จากการติดตามผลการนำไปใช้ ได้พบผลกระทบบางประการที่มีต่อผู้เรียน ยกตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถระบุแนวคิดและแนวปฏิบัติของสะเต็มเมื่อได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม

ประเด็นสุดท้าย เนื่องจากระบบการพัฒนาวิชาชีพครูเป็นระบบเปิดที่ได้รับผลกระทบบางประการทั้งที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้จากสิ่งแวดล้อม การนำผลวิจัยไปใช้จึงต้องรายงานปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ผู้วิจัยได้ ทำการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมผ่านกระบวนการประชาพิจารณ์กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล 3 กลุ่ม ที่ประกอบด้วย ครูระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 95 คน ผู้บริหารสถานศึกษาจำนวน 15 คน และกลุ่มครูที่มาจากโรงเรียนเดียวกันจำนวน 16 คน พบว่า มีปัจจัยจำนวนมากที่ส่งผลกระทบต่อระบบการพัฒนาวิชาชีพครูฯ ทั้งเรื่องของการบริหารจัดการเวลางบประมาณ ผู้บริหารไม่ให้ความสำคัญ ขาดวิทยากรที่สามารถถ่ายทอดให้ครูเข้าใจ อย่างไรก็ตามหากนำปัจจัยด้านข้อจำกัดที่พบจากการทำประชาพิจารณ์มาวิเคราะห์ พบว่า มีหลายปัจจัยที่มีแนวโน้มว่าสามารถจัดการได้ด้วยระบบการพัฒนาวิชาชีพครูดังที่กล่าวไป เช่น การขาดแคลนอุปกรณ์ ก็สามารถจัดการได้ด้วยข้อค้นพบของการวิจัย คือ องค์ประกอบของสื่อการเรียนรู้ที่จัดหาได้โดยง่ายจากสิ่งของในชีวิตประจำวัน การขับเคลื่อนสะเต็มที่ไม่ตรงกับบริบทของแต่ละโรงเรียน สามารถแก้ไขได้โดยการกำหนดกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับชีวิตและสังคมของผู้เรียน เป็นต้น

ระบบการพัฒนาวิชาชีพครูเพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาและขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มุ่งผลลัพธ์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของครูอย่างมีประสิทธิภาพ ที่จะส่งผลกระทบต่อผู้เรียนให้มีศักยภาพสะเต็มซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในปัจจุบัน

อภิปรายผล

การพัฒนาผู้เรียนให้มีศักยภาพสูงสุดเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษา ทั้งนี้เป้าหมายของการศึกษาแปรเปลี่ยนไปตามสภาพเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละยุค ซึ่งอาจจะสะท้อนผ่านนโยบายด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศที่ผ่านมา โดยปัจจุบันแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมด้วยแนวคิดสะเต็มเพื่อองความสามารถในการแข่งขันด้านเศรษฐกิจและแก้ปัญหาค่าความเหลื่อมล้ำในสังคม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนประเทศนั้นต้องอาศัยศักยภาพของทรัพยากรมนุษย์เพื่อให้สามารถพัฒนานวัตกรรมได้ ดังแนวคิดที่นำเสนอโดย Dyer, Gregersen, และ Christensen (2009) ว่า บุคคลที่สร้างนวัตกรรม หรือที่เรียกว่า “นวัตกรรม” ต้องมีคุณลักษณะบางอย่าง ที่เรียกว่า

ดีเอ็นเอของนักนวัตกรรม (The innovator's DNA) ที่ประกอบด้วย ทักษะในการเชื่อมโยงความคิด ทักษะการตั้งคำถาม ทักษะการสังเกต ทักษะการปฏิสัมพันธ์ และทักษะการทดลอง ซึ่งทักษะเหล่านี้ต้องถูกปลูกฝังอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุดของการศึกษาขั้นพื้นฐาน คือ ครู จากงานวิจัย Meta-analysis ของ John Hattie (2003) ยืนยันว่าท่ามกลางปัจจัยมากมายที่ส่งผลต่อผู้เรียน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวครู ทั้งวิธีสอนของครู การปฏิสัมพันธ์ของครู รวมทั้งวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับของครู (Feedback) ล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อผู้เรียนมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ ในกรณีของการพัฒนาศักยภาพของคนในด้านสะเต็มก็เช่นกัน แม้ผลลัพธ์ปลายทางอยู่ที่ผู้เรียน แต่หัวใจสำคัญของการพัฒนาอยู่ที่คุณภาพของครูที่ส่งผลต่อคุณภาพผู้เรียน ผ่านมวลประสบการณ์ที่ครูเป็นผู้ออกแบบและนำไปใช้ในการปฏิบัติหน้าที่ตามวิชาชีพครู ทั้งนี้แม้ว่าครูจะไม่ได้รับการพัฒนาในสาขาที่ไม่ได้เรียน ในช่วงก่อนจะมาเป็นครูประจำการ แต่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาได้ด้วยการพัฒนาศักยภาพด้านสะเต็มของครู การพัฒนาศักยภาพในด้านสะเต็ม มีความสอดคล้องกับการรู้เรื่องสะเต็ม เพราะการรู้เรื่องสะเต็ม เป็นการรู้เรื่องพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มในหลายแง่มุม ประกอบด้วย ความรู้หรือแนวคิด แนวปฏิบัติที่ต้องอาศัยทักษะหลายอย่าง รวมทั้งเจตคติที่เป็นคุณลักษณะเชิงจิตวิทยา โดยการรู้เรื่องสะเต็มในการวิจัยครั้งนี้จะเน้นการรู้เรื่องสะเต็มในเชิงบูรณาการไม่ได้แยกการรู้เรื่องของแต่ละศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Williams (2011) ที่ตั้งข้อสังเกตไว้ว่าหากนิยามการรู้เรื่องสะเต็มให้ความสำคัญหรือเน้นการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เป้าหมายของการเรียนรู้เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์จะไม่ชัดเจน และหากเป้าหมายไม่ชัดเจน รูปแบบของโปรแกรมการพัฒนาคูสะเต็มจะประสบความสำเร็จได้ยากยิ่ง

การวิจัยในครั้งนี้จึงต้องการศึกษาว่าการรู้เรื่องสะเต็มของครูเป็นอย่างไรในเชิงบูรณาการ ไม่ได้แยกนิยามการรู้เรื่องของแต่ละศาสตร์เมื่อผ่านกิจกรรมการพัฒนาคูที่ได้ดำเนินการไป ผลการวิจัยที่เก็บข้อมูลจากแบบสอบถามการรู้เรื่องสะเต็มก่อนและหลังการพัฒนาวิชาชีพครูฯ แสดงให้เห็นว่า ครูมีการพัฒนาคูรู้เรื่องสะเต็มในภาพรวมที่สูงขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยโดเมนที่พัฒนามากที่สุดคือ แนวคิดสะเต็ม แนวปฏิบัติสะเต็ม และการประยุกต์ใช้สะเต็ม ตามลำดับ ส่วนโดเมนด้านเจตคติสะเต็ม (เจตคติด้านสะเต็ม และเจตคติที่มีต่อสะเต็ม) และโดเมนด้านการเชื่อมโยงสะเต็มกับบริบทไม่มีความแตกต่าง (ตารางที่ 2) แต่ความไม่แตกต่างใน 2 โดเมนดังกล่าวเป็นคะแนนเฉลี่ยระดับ 4 จาก 5 ซึ่งไม่แตกต่างจากระดับการรู้เรื่องสะเต็มในโดเมนแนวคิดสะเต็ม แนวปฏิบัติสะเต็ม และการประยุกต์ใช้สะเต็ม แปลผลได้ว่า ระดับการรู้เรื่องสะเต็มในภาพรวมมีการพัฒนาจากแนวคิดสะเต็ม แนวปฏิบัติสะเต็ม และการประยุกต์ใช้สะเต็ม ที่พัฒนาขึ้นมาเท่ากับ โดเมนด้านเจตคติสะเต็มและโดเมนด้านการเชื่อมโยงสะเต็มกับบริบทที่มีระดับค่อนข้างสูง (4 จาก 5 ระดับ) ตั้งแต่ก่อนการพัฒนาวิชาชีพครู

ประเด็นการอภิปรายเกิดจากคำถามของผู้วิจัยว่าจะอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้อย่างไร และอะไรคือสาเหตุของผลดังกล่าว การอธิบายอาจจะต้องย้อนกลับไปพิจารณาลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มศึกษา ร่วมกับรูปแบบและองค์ประกอบของการพัฒนาวิชาชีพครูที่ได้ดำเนินการไป (ภาพที่ 2) เมื่อพิจารณาลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม พบว่าโดเมนแนวคิดสะเต็ม แนวปฏิบัติสะเต็ม และการประยุกต์ใช้สะเต็ม ถูกเน้นและปฏิบัติในลักษณะสำคัญ 4 ประเด็นคือ การบูรณาการสะเต็ม

ความก้าวหน้าของการเรียนรู้ทั้งแนวคิดและแนวปฏิบัติสะเต็ม การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการออกแบบและแก้ปัญหา โดยลักษณะดังกล่าวเชื่อมโยงไปยังองค์ประกอบของรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูคือ การพัฒนาความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็ม การพัฒนาศักยภาพสะเต็มในตัวครู การพัฒนาครูให้มีแนวคิดแบบนักประดิษฐ์หรือเมกเกอร์ ทั้งสามส่วนล้วนแต่เป็นแนวคิดที่นำไปสู่กิจกรรมการพัฒนาครูที่เน้นโดเมนแนวคิดสะเต็ม แนวปฏิบัติสะเต็ม และการประยุกต์ใช้สะเต็ม ทั้งสิ้น ในขณะที่โดเมนด้านเจตคติสะเต็มและโดเมนด้านการเชื่อมโยงสะเต็มกับบริบท ไม่ได้ปรากฏอย่างเด่นชัดในองค์ประกอบของรูปแบบการพัฒนาครู แต่กลับถูกแฝงไว้ในเครื่องมือเมทริกซ์เพื่อการออกแบบและพัฒนากิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา (สุทธิกา จำรัส, 2560)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาลักษณะกิจกรรมทั้ง 11 พบว่า การเชื่อมโยงบริบท และการเน้นเจตคติด้านสะเต็มถูกใช้ในการออกแบบกิจกรรมในฐานะการเชื่อมโยงกิจกรรมสู่โลกภายนอกทั้งด้านชีวิต เศรษฐกิจและสังคม แต่ไม่ได้ถูกกำหนดเป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ที่ชัดเจน ก็อาจจะเป็นคำอธิบายว่าเพราะเหตุใด โดเมนด้านเจตคติสะเต็มและโดเมนด้านการเชื่อมโยงสะเต็มกับบริบท จึงไม่มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการพัฒนาวิชาชีพครู แต่จากระดับการเรียนรู้ที่สูงกว่าโดเมนด้านอื่นอาจจะอธิบายได้ว่า การรับรู้ว่าจะเต็มมีความเชื่อมโยงกับการดำรงชีวิต การเห็นคุณค่า และตระหนักถึงความสำคัญของสะเต็มเกิดขึ้นจากปัจจัยการพัฒนาสะเต็มศึกษาในประเทศไทยที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ.2559-2560 เช่น โครงการอบรมครูด้วยระบบทางไกล โครงการบูรณาการสะเต็มศึกษาที่ครอบคลุมครูทั่วประเทศ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2018) ก็อาจจะเป็นปัจจัยสนับสนุนโดเมนดังกล่าวมาก่อนหน้านี้ ซึ่งถือว่าเป็นสัญญาณเชิงบวก เพราะเป็นพื้นฐานที่ดีของการต่อยอดไปสู่การพัฒนาการเรียนรู้เรื่องสะเต็มในโดเมนอื่น ๆ

จากข้อค้นพบว่า ครูมีการพัฒนาการเรียนรู้เรื่องสะเต็ม มีความสอดคล้องกับข้อค้นพบว่า ครูสามารถออกแบบสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นการเชื่อมโยงไปยังการพัฒนาคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมของผู้เรียน ครูทั้ง 8 คน สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และนำกิจกรรมสะเต็มไปใช้ในบริบทของตนเองได้ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของสื่อการเรียนรู้และกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม ร่วมกับรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูฯ ที่มีจุดมุ่งหมายชัดเจนในการให้ครู ได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการออกแบบการใช้สื่อการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Avery และ Reeve (2013) ที่เสนอแนะว่าผู้ออกแบบหลักสูตรการพัฒนาครูควรพัฒนาครูให้สามารถบูรณาการแนวคิดสะเต็มไปสู่สื่อการสอนของตนเองได้ (STEM PD Should Train Teachers How to Integrate STEM Concepts into Their Instructional Materials) แต่ก่อนที่ครูจะสามารถออกแบบการใช้สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มได้ โปรแกรมการพัฒนาครูต้องได้รับการออกแบบและจัดการมาเป็นอย่างดีทั้งการพัฒนาศักยภาพส่วนบุคคลและการพัฒนาเชิงวิชาชีพ เพื่อให้การพัฒนาวิชาชีพครูเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งนี้ผู้ออกแบบหลักสูตรและผู้ดำเนินการต้องมีมุมมองในเชิงระบบมากกว่าเชิงเหตุการณ์หรือกิจกรรม

ข้อค้นพบจากการวิจัยยังมีประเด็นที่น่าสนใจคือ ช่วงรอยต่อระหว่างการเข้ารับการพัฒนาวิชาชีพและช่วงการนำไปใช้ อาจจะต้องมีช่วงรอยต่อของการนำไปใช้โดยผู้วิจัยได้ให้คำปรึกษาและแนะนำ รวมทั้งการสนับสนุนอุปกรณ์ในการดำเนินกิจกรรม ถึงแม้ว่าสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบมาจะสามารถหาได้โดยง่าย แต่ช่วงระยะเวลาของการ

เข้าสู่การนำไปใช้ซึ่งเปรียบเทียบได้กับช่วงการเตรียมตัวเข้าสู่วิชาชีพครูและการให้คำปรึกษา (Induction and mentoring) ก็มีความสำคัญ การออกแบบโปรแกรมหรือหลักสูตรการพัฒนาวิชาชีพครูจะต้องพิจารณากิจกรรมในลักษณะที่มีการเตรียมตัวเข้าสู่กระบวนการนำเสนอเพิ่มเติมไปใช้ด้วยในขั้นรอยต่อหรือจุดเชื่อมระหว่างผลผลิตการพัฒนาครูไปสู่ผลลัพธ์

ข้อค้นพบที่ผู้วิจัยสนใจจะนำมาอภิปรายอีกประเด็นคือ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม รวมทั้งการออกแบบการใช้สื่อการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการนำไปใช้ในห้องเรียน เนื่องจากเนื้อหาที่ไม่แยกส่วนจากงานในหน้าที่ ทำให้ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการเรียนการสอนปกติของตนเอง โดยการนำไปใช้ในรูปแบบการเรียนรู้ในห้องเรียนปกติ พบมากที่สุดในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นการนำปัจจัยนำเข้า (หลักสูตรแกนกลาง) มาเชื่อมกับกระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Avery และ Reeve (2013) เช่นกันที่เสนอแนะว่าการพัฒนาครูควรช่วยให้ครูออกแบบกิจกรรมด้วยการเชื่อมโยงไปยังมาตรฐานหรือหลักสูตรแกนกลาง นอกจากนี้การออกแบบกิจกรรมสะเต็มในการพัฒนาวิชาชีพครูไม่เพียงเน้นการเชื่อมโยงในมิติของการพัฒนาผู้เรียนเท่านั้น แต่ควรเชื่อมโยงไปยังบริบทการเรียนการสอนของครูด้วย

โดยสรุปของการอภิปรายเกี่ยวกับการรู้เรื่องสะเต็มและความสามารถในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาของครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่าครูมีการพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มในภาพรวม และมีการพัฒนาในรายโดเมนคือ แนวคิดสะเต็ม แนวปฏิบัติสะเต็ม และการประยุกต์ใช้สะเต็ม โดยการเรียนรู้เรื่องสะเต็มมีส่วนสัมพันธ์ในการออกแบบกิจกรรมศึกษา เพราะครูต้องวิเคราะห์เนื้อหาและองค์ประกอบกิจกรรมที่ต้องใช้การรู้เรื่องสะเต็มที่ประกอบด้วยโดเมนทั้ง 5 การพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มจึงมีความสำคัญ แต่จากประวัติศาสตร์ที่ผ่านมาทำให้เรียนรู้ได้ต้องใช้เวลานานกว่าที่การรู้เรื่องสะเต็มจะกลายมาเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้ เช่นเดียวกับการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ที่ต้องผ่านระยะเวลาหลายทศวรรษ กว่าที่จะเป็นที่ยอมรับว่าสมรรถนะของผู้เรียนที่เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คือเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Oliver et al., 2001) แต่หากการเรียนรู้เรื่องสะเต็มได้รับความสนใจในเวลาที่เร็วกว่าอดีต งานวิจัยที่เน้นการพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็ม เครื่องมือวัดการรู้เรื่องสะเต็ม (Hayford et al., 2015) ก็จะได้รับ ความสนใจมากขึ้น โดยนักวิจัยอาจจะเลือกศึกษาเชิงลึกในโดเมนย่อย เช่น วัดเจตคติสะเต็ม (Mahoney, 2015) หรือการเน้นสมรรถนะในเชิงปฏิบัติดังที่ Mobley (2015) วัดศักยภาพครูในการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกรอบแนวคิดสะเต็ม รวมทั้งการสร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนของครูด้วยโปรโตคอลการสังเกตห้องเรียนสะเต็ม (Smith et al., 2013) ทั้งนี้ไม่ว่าการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มจะเน้นตัวแปรใดหรือดำเนินการในลักษณะใด การใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีระบบเพื่อนำเสนอรูปแบบการพัฒนาครูสะเต็มที่ประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า กระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ผลผลิต ผลลัพธ์และผลกระทบ จะช่วยให้ผู้วิจัยหรือผู้ดำเนินโครงการมองการดำเนินงานในลักษณะองค์รวม เพื่อจะช่วยในการทำความเข้าใจระบบ ตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย “การพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็มของครูระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยสื่อและกิจกรรมสะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจและสังคม” ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาครุศาสตร์ และสาขาศึกษาศาสตร์ (หลักสูตร 5 ปี)*. เข้าถึงได้จาก http://www.mua.go.th/users/tqfhed/news/FilesNews/FilesNews6/education5year_m1.pdf.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560ก). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579*. กรุงเทพฯ: บริษัท พรักหวานกราฟฟิค.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560ข). *แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)*. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ เข้าถึงได้จาก <http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=47194&Key=news20>.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2553). *กระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ: เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการวิเคราะห์ผลการใช้เครื่องมือพิเศษ ติดตามการจัดการเรียนการสอนคณะชั้นใน โรงเรียนขนาดเล็ก*. กรุงเทพฯ.
- คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ. (2558). *รายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา (STEM Education) นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์*. เข้าถึงได้จาก http://library.senate.go.th/document/Ext11101/11101417_0003.PDF.
- สุพธิดา จำรัส. (2560ก). *การเรียนรู้ที่บูรณาการร่วมกับเทคโนโลยี*. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: จริยสุนิทวงศ์ การพิมพ์.
- _____. (2560ข). *สะเต็มศึกษานบนเส้นทางวิชาการรับใช้สังคม: จุดเปลี่ยนการเรียนรู้สู่อนาคต*. *ศึกษาศาสตร์ปริทรรศน์*, 31(3), 34-47.
- _____. (2560ค). *นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา*. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 10(2), 13-34.
- _____. (2562). *การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ และสังคม*. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 12(2), 1150-1170.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564)*. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). *รายงานการวิจัยเพื่อจัดทำข้อเสนอนโยบายการส่งเสริมการจัดการศึกษาด้านสะเต็มของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
- Ashton, P. T. (Ed.). (1990). Theme: Pedagogical content knowledge [Special issue]. *Journal of Teacher Education*, 41(3).
- Association of American Universities. (2013). *Framework for systemic change in undergraduate STEM teaching and learning*. Retrieved from https://www.aau.edu/sites/default/files/STEM_Scholarship/AAU_Framework.pdf.

- Avery, Z. K., & Reeve, E. M. (2013). Developing effective STEM professional development programs. *Journal of Technology Education*, 25(1), 55-69.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM project-based learning: An intergrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media.
- Chen, D., & Stroup, W. (1993). General system theory: Toward a conceptual framework for science and technology education for all. *Journal of Science Education and Technology*, 2(3), 447-459.
- De Miranda, M. A. (2008). Pedagogical content knowledge and engineering and technology teacher education: Issues for thought. *Journal of the Japanese Society of Technology Education*, 50 (1), 17-26.
- Dyer, J. H., Gregersen, H. B., & Christensen, C. M. (2009). The innovator's DNA. *Harvard Business Review*, 87(12), 60-67.
- Faikhamta, C., Ketsing, J., Tanak, A., & Chamrat, S. (2018). Science teacher education in Thailand: a challenging journey. *Asia-Pacific Science Education*. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s41029-018-0021-8>.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1999). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine Transaction.
- Hammond, D. (2010). *The science of synthesis: Exploring the social implications of general systems theory*. University Press of Colorado.
- Hattie, J.A.C. (2003). *Teachers make a difference: What is the research evidence?* Paper presented at the Building Teacher Quality: What does the research tell us ACER Research Conference, Melbourne, Australia. Retrieved from http://research.acer.edu.au/research_conference_2003/4/.
- Hayford, B., Blomstrom, S., & Mumpower, L. A. (2015). Formation and assessment of a tool to evaluate STEM literacy in service-learning projects. *Journal on Excellence in College Teaching*, 26(4), 73.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) (2018). *STEM education movement project fiscal year 2018*. Retrieved from http://pd.ipst.ac.th/?page_id=2990.
- Kast, F. E., & Rosenzweig, J. E. (1972). General systems theory: Applications for organization and management. *Academy of Management Journal*, 15(4), 447-465.
- Ledbetter, M. L. S. (2012). Teacher preparation: One key to unlocking the gate to STEM literacy. *CBE—Life Sciences Education*, 11(3), 216-220.
- Lederman, N., & Lederman, J. (2013). Is it STEM or “S & M” that we truly love? *Journal of Science Teacher Education*, 24(8), 1237-1240.
- Mahoney, M. P. (2010). *Students' attitudes toward STEM: Development of an instrument for high school STEM-based programs*. Retrieved from <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JOTS/v36/v36n1/mahoney.html>.

- Mobley, M. C. (2015). *Development of the SETIS instrument to measure teachers' self-efficacy to teach science in an integrated STEM framework*. Doctoral Dissertation, University of Tennessee.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington DC: National Academies Press.
- Neuendorf, K. A. (2002). *The content analysis guidebook*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Oliver, J. S., Jackson, D. F., Chun, S., Kemp, A., Tippins, D. J., Leonard, R., Kang, W.H., & Rascoe, B. (2001). The concept of scientific literacy: A view of the current debate as an outgrowth of the past two centuries. *Electronic Journal of Literacy through Science*, 1(1). Retrieved from <http://sweeveyhall.sjsu.edu/ejls>.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Smith, M. K., Jones, F. H. M., Gilbert, S. L., & Wieman, C. E. (2013). The classroom observation protocol for undergraduate stem (COPUS): A new instrument to characterize university STEM classroom practices. *CBE Life Sciences Education*. Retrieved from <https://doi.org/10.1187/cbe.13-08-0154>.
- Taber, K. S. (2017). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1-24.
- The Development Assistance Committee Working Party on Aid Evaluation. (2002). *Glossary of key terms in evaluation and results based management*. France: OECD Publications.
- Von Bertalanffy, L. (1973). The meaning of general system theory. *General system theory: Foundations, development, applications*. New York: George Braziller.
- Wang, H., Moore, T., Roehrig J., Gillian H., & Park., M. (2011) "STEM Integration: Teacher perceptions and practice, *Journal of Pre-College Engineering Education Research* (J-PEER), 1(2),2, [Online]. Available <http://dx.doi.org/10.5703/1288284314636>.
- Williams, P. (2011). STEM Education: Proceed with caution. *Design And Technology Education: An International Journal*, 16(1), 26-35. Retrieved from <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/1590>.
- Yoon, K. S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B., & Shapley, K. (2007). *Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement* (Issues & Answers Report, REL 2007–No. 033). Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Regional Educational Laboratory Southwest. Retrieved from <http://ies.ed.gov/ncee/edlabs>.