Chulalongkorn University
Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2018

การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

ธนา เครือวงค์
คณะครุศาสตร์

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd

Part of the Science and Mathematics Education Commons

Recommended Citation

เครือวงค์, ธนา, "การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา" (2018). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 2860.
https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/2860

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

นายธนา เครือวงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' ENVIRONMENTAL LITERACY USING GREEN STEM EDUCATION APPROACH

Mr. Thana Kruawong

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา
โดย	นายธนา เครือวงค์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ธนา เครือวงค์ : การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา. (DEVELOPMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' ENVIRONMENTAL LITERACY USING GREEN STEM EDUCATION APPROACH) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา (2) เพื่อเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร การวิจัยนี้เป็นการทดลองเชิงวิจัยเบื้องต้น มีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา แบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม โดยมีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาอยู่ที่ 0.86 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.33-0.90 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าความเที่ยงโดยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.85 และค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินอยู่ระหว่าง 0.85-0.96 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบทีแบบไม่เป็นอิสระ

ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

(1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีการรู้สิ่งแวดล้อมในระดับสูง

(2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีระดับการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	**2561**	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6083319627 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Green STEM Education, Environmental literacy

Thana Kruawong : DEVELOPMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' ENVIRONMENTAL LITERACY USING GREEN STEM EDUCATION APPROACH. Advisor: Asst. Prof. sakolrat KAEWDEE, Ph.D.

The purpose of this research were to (1) investigate the average level of upper secondary school students' environmental literacy after learning through Green STEM Education approach, and (2) to compare the level of upper secondary school students' environmental literacy before and after learning through Green STEM Education approach. The studied group was tenth grade students of academic year 2018 from a large secondary school in Bangkok. The design of this pre-experimental research was one group pretest-posttest design. The research instruments were Green STEM Education lesson plans and an environmental literacy test which has the content validity index at 0.86, the items' difficulty value between 0.33-0.90, the items' discrimination value between 0.20-0.80, the acceptable reliability α at 0.85. The collected data were analyzed by arithmetic mean, percentage mean, standard deviation, and independent *t*-test. The research findings were as follows : (1) students' environmental literacy level, after learning with Green STEM Education approach were rated at high. (2) The mean score of students' environmental literacy between before and after learning with Green STEM Education approach was a statistically significant difference at .05 level.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Science Education	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนดูแลติดตามและให้กำลังใจในการทำงานเสมอมา รวมถึงอาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงยังให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบเพื่อพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยรวมถึงให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงงานวิจัย ขอบพระคุณคณะผู้บริหารและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยเป็นอย่างดี รวมถึงขอขอบคุณนักเรียนกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือและกลุ่มที่ศึกษาจริงในการวิจัยครั้งนี้ที่ให้ความร่วมมือและตั้งใจทำกิจกรรมอย่างเต็มที่

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่กรุณาอบรมสั่งสอนและส่งเสริมการศึกษารวมทั้งน้องชายที่คอยให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนในทุกระดับการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกชั้นปี เพื่อนระดับบัณฑิตศึกษาทั้งสถาบันเดียวกันและต่างสถาบันที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยเสมอมา

อนึ่งในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษานี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษาประจำปีการศึกษา 2560 ซึ่งสนับสนุนค่าเล่าเรียนและค่าใช้จ่ายในการเรียนตลอดระยะเวลา 2 ปี ทำให้ข้าพเจ้าสามารถเล่าเรียนได้เต็มที่ ตลอดจนดำเนินการจัดทำและเผยแพร่วิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้อย่างราบรื่น จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ธนา เครือวงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญแผนภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1. คำถามวิจัย 5
2. วัตถุประสงค์การวิจัย 5
3. สมมติฐานการวิจัย 5
4. ขอบเขตการวิจัย 6
5. คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
1. การรู้สิ่งแวดล้อม 9
1.1 ความเป็นมาของการรู้สิ่งแวดล้อม 10
1.2 ความสำคัญของการรู้สิ่งแวดล้อม 11
1.3 ความหมายของการรู้สิ่งแวดล้อม 13
1.4 องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม 15
1.5 แนวทางในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อม 19
1.6 แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม 28
2. แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 31
2.2 ความหมายของแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 35
2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 37
2.4 หลักการจัดการเรียนการสอนแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 38
2.5 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 39
2.6 การปฏิบัติที่เป็นเลิศของกรีนสะเต็มศึกษา 46
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 49
3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สิ่งแวดล้อม 49
3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 51
4. กรอบแนวคิดการวิจัย 53
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 54
1. รูปแบบการวิจัย 54
2. กลุ่มที่ศึกษา 55
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 56
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 56
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 62
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 69
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 70
5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 70
5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 71
6. จริยธรรมและคุณธรรมการวิจัย 72
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 73
1. การวิเคราะห์ระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียน การสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 82

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 89

1. สรุปผลการวิจัย 89

2. การอภิปรายผลการวิจัย 89

3. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย 95

3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ 95

3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป 96

บรรณานุกรม 98

รายการภาคผนวก 106

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 107

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 109

ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 136

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือวิจัยและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 150

ภาคผนวก จ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม 157

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพชิ้นงานนักเรียน 161

ประวัติผู้เขียน 163

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 บริบทที่ของการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมในระดับต่าง ๆ 20

ตารางที่ 2 หัวข้อเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อม (Kaya, 2019) 29

ตารางที่ 3 รายละเอียดขั้นตอนในกระบวนออกแบบทางวิศวกรรม 42

ตารางที่ 4 กรณีศึกษาที่ 1 ของกิจกรรมการปฏิบัติที่เป็นเลิศของกรีนสะเต็มศึกษา 46

ตารางที่ 5 กรณีศึกษาที่ 2 ของกิจกรรมการปฏิบัติที่เป็นเลิศของกรีนสะเต็มศึกษา 48

ตารางที่ 6 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 56

ตารางที่ 7 เนื้อหาในแผนรายหน่วยที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน 59

ตารางที่ 8 จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ ความรู้และทักษะที่ต้องใช้สร้างชิ้นงาน 59

ตารางที่ 9 ตัวชี้วัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและตัวอย่างข้อคำถาม 63

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์สัดส่วนและข้อคำถามตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม .. 64

ตารางที่ 11 องค์ประกอบและนิยามของพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม 65

ตารางที่ 12 ตัวชี้วัดที่แสดงพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม 65

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Erdal, 2016) 67

ตารางที่ 14 เกณฑ์การแปลความหมายคะแนนเฉลี่ย 71

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ย (X) และค่าร้อยละ(X)$_{ร้อยละ}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One Sample t-test) และระดับของการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=30) 74

ตารางที่ 16 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในแต่ละองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมจากการตรวจแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ (n=30) 75

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ย (X) และค่าร้อยละ(X)$_{ร้อยละ}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) และค่าทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบก่อนหลัง (Dependent t-test) และระดับของการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=30) 82

ตารางที่ 18 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาแต่ละระดับการรู้สิ่งแวดล้อม..... 83

ตารางที่ 19 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาแต่ละองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม... 84

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ . 151

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำนิยามของตัวชี้วัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ..... 152

ตารางที่ 22 ค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) 153

ตารางที่ 23 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน..... 154

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในองค์ประกอบที่ใช้ในการประเมินการรู้สิ่งแวดล้อม 22

แผนภาพที่ 2 กรอบแนวคิดที่นำเสนอเพื่อประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมในโครงการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) ปี ค.ศ. 2015 (Hollweg et al., 2011)..... 23

แผนภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบสอบความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก)..... 24

แผนภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบวัดด้านจิตพิสัย..... 25

แผนภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมเป็นแบบสอบหลายตัวเลือก 26

แผนภาพที่ 6 ตัวอย่างแบบวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม 27

แผนภาพที่ 7 กรอบแนวคิดสิ่งแวดล้อมสะเต็มศึกษา Kaya (2019) 35

แผนภาพที่ 8 ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2016) โดยวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 43

แผนภาพที่ 9 กรอบแนวคิดการวิจัย 53

แผนภาพที่ 10 รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน..... 54

แผนภาพที่ 11 แบบร่างความคิดในการพัฒนาเครื่องกรองน้ำตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา ครั้งที่ 1 ของกลุ่มนักเรียนคนที่ 4 และ 21 เป็นสมาชิก 79

แผนภาพที่ 12 แบบร่างความคิดเพื่อพัฒนาเครื่องกรองน้ำตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา ครั้งที่ 2 (ปรับปรุงแล้ว) 80

แผนภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 21 158

แผนภาพที่ 14 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 21 158

แผนภาพที่ 15 ตัวอย่างคำตอบด้านพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 21..... 159

แผนภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 30 159

แผนภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 9..... 160

แผนภาพที่ 18 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 6..... 160

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภาพที่ 19 ตัวอย่างชิ้นงานเครื่องบำบัดน้ำเสียที่นักเรียนได้จัดทำขึ้น 162
แผนภาพที่ 20 ตัวอย่างชิ้นงานเครื่องกรองฝุ่นละอองที่นักเรียนได้จัดทำขึ้น..... 162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกประสบปัญหาด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่มีต่อโลกเพื่อตอบสนองความต้องการอาหาร น้ำสะอาด พลังงาน และที่อยู่อาศัย ด้วยจำนวนประชากรโลกในปี ค.ศ. 2017 ประมาณ 7.5 พันล้านคนที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 9.8 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 (Population Reference Bureau, 2017) อาจนำไปสู่กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เพิ่มมากขึ้นด้วย กิจกรรมเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบตามมาเป็นทอด ๆ จากรายงาน Global Environmental Outlook (GEO-5) ขององค์กรสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Program; UNEP) ใน ค.ศ. 2012 ได้ระบุตัวบ่งชี้ที่เป็นประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม 4 ประเด็นดังต่อไปนี้ (1) ปัญหาโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Global Warming and Climate Change) ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นแก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้น (2) ปัญหาสารเคมีและของเสีย (Chemicals and Waste) ตกค้างในทะเลและการเพิ่มขึ้นของจำนวนขยะและซากพลาสติกตกค้างในมหาสมุทร (3) ปัญหาการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนน้ำในระดับรุนแรงส่งผลกระทบต่อประชากรโลกกว่า 500 ล้านคน (4) ปัญหาการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ชนิดพันธุ์ต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตมีจำนวนลดลงจนอยู่ในระดับอันตราย (Alarming rate) ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศทำให้น้ำทะเลมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว (Bleaching) ในระดับรุนแรง (Ivanova et al., 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถาบันวิจัยประชากรและสังคมได้รายงานข้อมูลจำนวนประชากรของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2561 ว่ามีจำนวน 66 ล้านคนซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2551 ที่มีประมาณ 63 ล้านคน (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2561) การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรนี้นอกจากจะส่งผลให้เกิดการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติยังนำไปสู่การปล่อยของเสียและมลพิษที่เป็นอันตรายแก่สิ่งแวดล้อม โดยหากพิจารณาปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับชาติ พบว่า ประเทศไทยเผชิญปัญหาขยะมูลฝอยที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม แหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีมีแนวโน้มลดลง โดยมีสาเหตุมาจากการระบายน้ำทิ้งจากชุมชน ปัญหามลพิษทางอากาศ พบว่า มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก สูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างต่อเนื่องในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยมลพิษมาจากยานพาหนะและการจราจรที่เพิ่มมากขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและ

สิ่งแวดล้อม, 2560) จากสภาพปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม หรือที่เรียกว่าสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อส่งให้ประชากรเป็นพลเมืองที่มีความรู้ ความตระหนัก สมรรถนะและพฤติกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การจัดการศึกษาของประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมโดยกำหนดให้เป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานดังที่ระบุในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ว่า “สถานศึกษาจะต้องให้การศึกษาแก่เยาวชนเพื่อให้มีความรู้และประสบการณ์ที่สามารถบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน” และยังสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่ได้กำหนดไว้ว่า “การสอนวิทยาศาสตร์จะต้องพัฒนาผู้เรียนให้เข้าใจถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม มีความซาบซึ้งห่วงใย มีพฤติกรรมการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า รวมทั้งมีส่วนร่วมในการพิทักษ์รักษาทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม” (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2561) นอกจากนี้การเรียนการสอนด้านสิ่งแวดล้อมในระดับมัธยมศึกษายังถือเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์ของแผนการพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่กำหนดให้จัดการศึกษาเพื่อสร้างเสริมคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สนับสนุนให้ผู้เรียนทุกระดับการศึกษามีจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม แสดงออกถึงความตระหนักในความสำคัญของการดำรงชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสถานศึกษาต้องส่งเสริมการพัฒนาหลักสูตร จัดการเรียนการสอน และแหล่งเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องและส่งเสริมคุณภาพชีวิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) ซึ่งนำไปสู่เป้าหมายหนึ่งของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่กำหนดไว้ว่าเพื่อให้ผู้เรียนมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและพัฒนาสิ่งแวดล้อม โดยในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดให้การจัดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมไว้ในสาระการเรียนรู้พื้นฐาน (สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ) มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนมีเข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิตในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2561)

อย่างไรก็ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมยังเป็นการเรียนรู้ที่เน้นด้านความรู้ความจำ มุ่งเน้นการถ่ายทอดเนื้อหาผ่านการบรรยาย จดบันทึก และศึกษาผ่านวิดีทัศน์ โดยครูผู้สอนเป็นศูนย์กลางและยึดตำราเรียนเป็นหลักในการกำหนดการจัดการเรียนรู้ (คงศักดิ์ ธาตุ

ทอง, 2541) ครูสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเน้นการจัดการเรียนรู้ภายในห้องเรียนมากกว่าการสอนภายนอกห้องเรียนเป็นผลให้นักเรียนขาดประสบการณ์ตรง ขาดการบูรณาการและการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ชุมชนในท้องถิ่น (พิมพ์พรรณ เทพสุเมธานนท์, 2548; สมควร ไข่แก้ว, 2556) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวทำให้นักเรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง อีกทั้งไม่สามารถพัฒนาจิตสำนึกอันจะนำไปสู่การปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ถูกต้อง (สมบุญ ศิลป์รุ่งธรรม, 2547; สมควร ไข่แก้ว, 2556)

จากสภาพปัญหาดังกล่าวและเมื่อพิจารณาเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจต่อเนื้อหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มีคุณลักษณะ ความรู้สึกจิตสำนึก ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจนพฤติกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือเป็นผู้รู้สิ่งแวดล้อมนั่นเอง ทำให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์และครูวิทยาศาสตร์ไทยให้สนใจการส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้สิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยพบว่ามีการวิจัยหลากหลายรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการรู้สิ่งแวดล้อม ผ่านการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อม (พงศ์กรณ์ พันธุ์โยศรี, 2558; อรอนงค์ เดชโยธิน, 2560; ธีรดา หลงศริ, 2561) รวมถึงการพัฒนาเครื่องมือในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน (ธนดล ยิ้มถนอม, 2555; สิขเรศ อำไพ, 2558; นิติกร อ่อนโยน, 2561) หรือส่งเสริมคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ถือว่าเป็นองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม เช่น ความรู้ความเข้าใจด้านสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม เจตคติต่อสิ่งแวดล้อม จิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม ความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นต้น โดยแนวโน้มสำคัญคือ มีการนำแนวคิดการสอน รูปแบบการสอนต่าง ๆ มาเป็นตัวแปรจัดกระทำในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้สิ่งแวดล้อม โดยแนวคิดการศึกษาที่ถูกนำมาใช้แล้ว ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม (พงศ์กร พันธุ์โยศรี, 2558) การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558; Ua-Umakul & Chauwatchatuphon, 2017) การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการศึกษาอิงสถานที่ (ธีรดา หลงศิริ, 2561) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน (พัชรินทร์ ศรีคำ, 2559) การจัดการเรียนการสอนแบบการสืบสอบหาความรู้ร่วมกับการสอนตามแนวลัทธิเต๋า (วภิรญา เสรียศภัทร, 2559) การสอนโดยใช้โครงงานที่เน้นการคิดแก้ปัญหาเป็นฐาน (อรนงค์ เดชโยธิน, 2560) เป็นต้น

ทั้งนี้แนวคิดทางการศึกษาที่สำคัญและนิยมใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ให้กับนักเรียนคือ แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education approach) โดยเป็นคำย่อมาจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology)

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นแนวคิดที่เน้นการจัดการเรียนการสอนบูรณาการระหว่างสาขาวิชา ให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงในการดำรงชีวิต โดยเน้นกระบวนการเชิงระบบแบบวิทยาศาสตร์ที่นำมาเชื่อมโยงในกระบวนการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการคิดค้นวิธีแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งสามารถเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน โดยนำสิ่งที่เรียนรู้ในระบบโรงเรียนไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

เนื่องจากแนวคิดสะเต็มศึกษามีเป้าหมายสำคัญคือ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนประกอบวิชาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น เนื่องจากเข้าสู่ยุคของการแข่งขันทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงเป็นที่น่าสงสัยว่าเมื่อนักเรียนได้รับการเน้นให้แข่งขันเพื่อให้ได้มาซึ่งความสำเร็จอาจมองข้ามคุณค่าทางจิตใจและความตระหนักต่อสังคมไป (Padamsi (Padamsi, 2017) ที่แสดงถึงความห่วงใยต่อการขาดหายไปของการเน้นคุณค่าความตระหนักต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้ Blackley and Sheffield (2016) เสนอแนะในการเพิ่มความหมายตัวย่อ “E” ที่หมายถึง Engineering (วิศวกรรมศาสตร์) ในแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นจริยธรรมและสิ่งแวดล้อม (Ethic and Environment) เพื่อช่วยพัฒนาการตัดสินใจอย่างรับผิดชอบ (Responsible decision-making) ดังนั้นสิ่งที่นักการศึกษาควรคำนึงถึงในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มคือ ควรเน้นให้นักเรียนตระหนักถึงมิติด้านจริยธรรม ชุมชน สังคมและสิ่งแวดล้อม

ทั้งนี้ในปี ค.ศ. 2015 สหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (The National Federation; NWF) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอแนวคิดที่ต่อยอดจากแนวคิดสะเต็มศึกษาดั้งเดิม โดยระบุว่าผู้เรียนจะมีแรงจูงใจในการเรียนและร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนได้ดีขึ้น เป็นการเรียนรู้ที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐาน โดยเน้นให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นบริบทจริงใกล้ตัว และนำเสนอแนวคิดการสอนนี้ว่า “กรีนสะเต็มศึกษา (Green STEM Education)” โดยเป็นแนวคิดการผสานรวมกันของการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาแบบดั้งเดิมเข้ากับการศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐาน (Soper et al., 2015)

ลักษณะสำคัญของแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีแนวโน้มในการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนได้เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของกรีนสะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบหรือแนวคิดทางการศึกษาเคยมีผลการวิจัยที่เป็นหลักฐานชัดเจนว่าสามารถพัฒนาองค์ประกอบย่อย ๆ และที่จะ

นำไปสู่การรู้สิ่งแวดล้อม เช่น การเรียนการสอนที่ใช้โครงงานเป็นฐาน การเรียนการสอนที่ใช้เน้นปัญหาเป็นฐาน การเรียนการสอนอิงสถานที่ การเรียนการสอนที่ใช้บริบทเป็นฐาน เมื่อนักเรียนได้แก้ปัญหาจากบริบทหรือสิ่งแวดล้อมรอบตัวจะทำให้ได้เข้าใจและส่งเสริมเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น แนวคิดต่าง ๆ เหล่านี้ได้ถูกรวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาโดยลักษณะของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและการใช้สิ่งแวดล้อมในบริบทของชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่โดยมีปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นตัวตั้งต้น ลักษณะเหล่านี้จะช่วยพัฒนาองค์ประกอบต่าง ๆ และนำไปสู่การรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนได้อย่างชัดเจน ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางให้ครูวิทยาศาสตร์นำไปจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาและส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้สิ่งแวดล้อม

1. คำถามวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาดังนั้นคำถามวิจัยในครั้งนี้ คือ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่อย่างไร และระดับใด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

จากคำถามวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังต่อไปนี้

1) เพื่อศึกษาระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

2) เพื่อเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

3. สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษางานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นกระบวนการเน้นการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาวิธีการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตผ่านการบูรณาการจัดการเรียนรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Vasquez, Comer, & Snieder, 2013) และสามารถพัฒนาองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมให้แก่ผู้เรียนได้ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม (Ua-Umakul & Chauwatchatuphon, 2017) ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558) นอกจากนี้ Heitkamp (2016) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนที่เน้น

การแสวงหาความรู้เชิงสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM-Themed Environmental Investigations) ซึ่งได้นำแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนทั้งนี้ แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา (Green STEM Education Approach) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการแนวคิดการศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐาน (Environmental-Based Education) กับสะเต็มศึกษาดั้งเดิม (Traditional STEM Education) (Soper et al., 2015) ที่เน้นให้นักเรียนบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อสร้างชิ้นงานที่เป็นนวัตกรรมมาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในสังคมและบริบทที่ตนเองอาศัยอยู่ก็เป็นแนวคิดที่น่าจะสามารถส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาน่าจะสามารถส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน จึงกำหนดเป็นสมมติฐาน 2 ข้อ ดังนี้

(1) นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีคะแนนโดยเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมได้ในระดับสูง

(2) นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีคะแนนโดยเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โครงการห้องเรียนความเป็นเลิศของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรที่จะศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ (treatment variable) คือ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม (dependent variables) คือ การรู้สิ่งแวดล้อมวัดได้จากองค์ประกอบ 2 ด้าน ได้แก่

2.2.1 สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม (Competencies) คือ ความสามารถที่มีความจำเพาะต่องานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมของแต่ละบุคคล ได้แก่ (1) การระบุประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม (2) การวิเคราะห์ประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม (3) ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (4) นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม

2.2.2 พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmentally Responsible Behavior) คือ การมีส่วนร่วมทั้งพฤติกรรมด้านความตั้งใจ และการปฏิบัติที่เป็นกิจวัตรทั้งส่วนบุคคลและเป็นกลุ่มในการทำงานเพื่อแก้ไขและป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การจัดการเชิงนิเวศ การเชิญชวนและการเป็นผู้บริโภคที่ดี

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 (เดือนกุมภาพันธ์ 2562 – เดือนมีนาคม 2562)

5. คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนสร้างประสบการณ์เรียนรู้ผ่านการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากบริบทรอบตัวที่นักเรียนอาศัยอยู่ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอนตาม Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2016) โดย University of Colorado Boulder ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นถาม (Ask) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทจริงและกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามโดยใช้สถานการณ์ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าว

ขั้นที่ 2 ขั้นค้นหา (Research) นักเรียนสืบค้นข้อมูลความรู้จากกิจกรรมสืบสอบที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเป็นกลุ่ม เช่น กิจกรรมการสำรวจปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน กิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำ กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อบอกคุณภาพอากาศ เป็นต้น วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ขั้นที่ 3 ขั้นจินตนาการ (Imagine) นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดด้วยการระดมสมองเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้สืบค้น และร่างตัวต้นแบบเบื้องต้นโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อมผ่านการให้คำแนะนำจากครูผู้สอน

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผน (Plan) นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อปรับปรุงร่างตัวต้นแบบเบื้องต้น แล้วนำเสนอแบบร่างตัวต้นแบบ ร่วมกันวางแผนและบทบาทหน้าที่ในการสร้าง ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงตัวต้นแบบตามลำดับ

ขั้นที่ 5 ขั้นสร้างชิ้นงาน (Create) นักเรียนสร้างตัวต้นแบบจากร่างตัวต้นแบบที่กลุ่มเลือก

ขั้นที่ 6 ขั้นทดสอบและประเมิน (Test and Evaluate) นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในสภาพจริง รวบรวมข้อมูลป้อนกลับในด้านประสิทธิภาพของตัวต้นแบบและผลกระทบต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อม

ขั้นที่ 7 ขั้นปรับปรุง (Improve) นักเรียนนำข้อมูลป้อนกลับไปปรับปรุงตัวต้นแบบ ทดสอบประสิทธิภาพอีกครั้ง นำเสนอชิ้นงานต่อสมาชิกในห้องเรียน

2. การรู้สิ่งแวดล้อม (Environment Literacy) หมายถึง การมีความรู้ แนวโน้มจิตนิสัย สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม และพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถตัดสินใจและลงมือปฏิบัติการเกี่ยวกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมได้ วัดได้โดยใช้แบบประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามองค์ประกอบของสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (North American Association for Environmental Education; NAAEE) (Hollweg et al., 2011) ในงานวิจัยนี้วัดการรู้สิ่งแวดล้อมสององค์ประกอบได้แก่ สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้แบบประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.1 สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม (Competencies) คือ การมีความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม ความสามารถและทักษะที่มีความจำเพาะต่อบริบทรอบตัวของแต่ละบุคคล โดยสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การระบุประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อมโดยประเมินจากการประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม ตอนที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบอัตนัยแบบใช้สถานการณ์ (Situational Test)

2.2 พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmentally Responsible Behavior) คือ การมีส่วนร่วมทั้งพฤติกรรมด้านความตั้งใจ และการปฏิบัติที่เป็นกิจวัตรทั้งส่วนบุคคลและเป็นกลุ่มในการทำงานเพื่อแก้ไขและป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากการมีความรู้และแนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การจัดการเชิงนิเวศ การเชิญชวน และการเป็นผู้บริโภคที่ดี ประเมินได้จากจากแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมตอนที่ 2 การประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นแบบสอบวินิจฉัยเลือกตอบสองระดับ (Two-tier Diagnostic Test)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การรู้สิ่งแวดล้อม

    1.1 ความเป็นของการรู้สิ่งแวดล้อม

    1.2 ความสำคัญของการรู้สิ่งแวดล้อม

    1.3 ความหมายของการรู้สิ่งแวดล้อม

    1.4 องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม

    1.5 แนวทางในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

    1.6 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม

2. แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

    2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของกรีนสะเต็มศึกษา

    2.2 ความหมายของกรีนสะเต็มศึกษา

    2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

    2.4 หลักการของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

    2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

    2.6 การปฏิบัติที่เป็นเลิศของกรีนสะเต็มศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

    3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สิ่งแวดล้อม

    3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

1. การรู้สิ่งแวดล้อม

การศึกษาเกี่ยวกับการรู้สิ่งแวดล้อมนำเสนอประเด็นสำคัญที่นำไปสู่การทำวิจัยตามลำดับ ได้แก่ (1) ความเป็นมาของการรู้สิ่งแวดล้อม (2) ความสำคัญของการรู้สิ่งแวดล้อม (3) ความหมายของการรู้สิ่งแวดล้อม (4) องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม และ (5) แนวทางในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อม (6) แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม เนื้อหาสาระที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

1.1 ความเป็นมาของการรู้สิ่งแวดล้อม

การรู้สิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy) เป็นคำศัพท์ที่เกิดขึ้นจาก Charles Roth นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันจากการเขียนบทความวิจารณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลทำลายชั้นบรรยากาศของโลกว่า *"เป็นบุคคลที่มีการรู้สิ่งแวดล้อมต่ำ"* และได้ตั้งคำถามสำคัญขึ้นว่า *"เราจะทำอย่างไรให้ประชาชนในสังคมโลกมีการรู้สิ่งแวดล้อม"* บทความดังกล่าวได้รับการตีพิมพ์ในสื่อของ Massachusetts Audubon ในปี 1968 เขาได้ให้นิยามคัพท์คำนี้ว่าหมายถึง *"ความสามารถในการรับรู้ ตีความความสัมพันธ์ระหว่างสภาพของสิ่งแวดล้อมกับการลงมือปฏิบัติเพื่อดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม"* (Roth, 1968)

ในปี ค.ศ. 1972 ประธานาธิบดี Richard Nixon ได้นำศัพท์คำว่า "การรู้สิ่งแวดล้อม" ไปใช้ในการกล่าวสุนทรพจน์ในงานการจัดการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการตื่นตัวต่อศัพท์คำนี้ในเหล่านักวิทยาศาสตร์และนักสิ่งแวดล้อมขึ้นประกอบกับในช่วงคริสตศักราช 1970 - 1979 UNESCO ได้เป็นผู้นำในการกำหนดเป้าหมายในการจัดการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมไว้ (UNESCO, 1978) ดังนี้

"การจัดการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมมุ่งสร้างให้ประชากรโลกมีความสำนึกและห่วงใยในปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ มีความรู้ เจตคติ ทักษะ ความตั้งใจจริง และความมุ่งมั่นที่จะหาทางแก้ไขปัญหาที่เผชิญอยู่และป้องกันปัญหาใหม่ทั้งด้วยตนเองและด้วยความร่วมมือกับผู้อื่น"

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา การรู้สิ่งแวดล้อมก็ได้รับความสนใจให้กลายเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งแวดล้อมศึกษา (Hungerford, & Volk ,1990; Ernst & Monroe, 2006; Chu et al, 2007) และได้รับการนิยามคำจำกัดความจากนักสิ่งแวดล้อมศึกษา นักวิจัยรวมถึงนักการศึกษาหลายท่าน แต่ก็ยังขาดความครอบคลุมเนื่องจากถูกสร้างขึ้นตามบริบทและข้อค้นพบจากงานวิจัยของตนเอง (Swanepoel, Loubser, & Chacko, 2002) ต่อมาในปี ค.ศ. 1995 Deborah Simmons และนักวิจัยจากสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ได้ทบทวนวรรณกรรมและนำกรอบแนวคิดการจัดการศึกษาสิ่งแวดล้อมที่พัฒนาโดย UNESCO มาสร้างกรอบแนวคิดการรู้สิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมและเหมาะกับการประเมินในระดับชาติ กรอบแนวคิดดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ในการนำไปใช้วิจัยเพื่อพิจารณาภาพรวมการรู้สิ่งแวดล้อมของประชากรในประเทศสหรัฐอเมริการวมถึงงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ (McBride, Brewer, Berkowitz, & Borrie, 2013)

ในปี ค.ศ. 2011 สมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) โดยการนำของ Karen Hollweg ได้พัฒนากรอบแนวคิดในการประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมนำไปใช้ในการทดสอบระดับนานาชาติ เช่น การสอบ PISA โดยเริ่มจากการพัฒนากรอบแนวคิดของ Simmons ให้เป็นกรอบที่เหมาะสมในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมกับประชากรในประเทศสหรัฐอเมริกาจากนั้นจึงพัฒนากรอบแนวคิดในการวัดให้เหมาะสมกับการวัดในระดับนานาชาติของเด็กอายุ 15 ปี เพื่อส่งกรอบแนวคิดฉบับนี้ให้กับองค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) โดยให้เป็นส่วนหนึ่งของกรอบแนวคิดในการจัดสอบ PISA 2015 ปัจจุบันกรอบแนวคิดดังกล่าวจึงมีความครอบคลุมและชัดเจนที่สุด

1.2 ความสำคัญของการรู้สิ่งแวดล้อม

เป้าหมายที่สำคัญประการหนึ่งของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 นอกจากจะเตรียมประชากรให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคล และการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อระบุคำถาม อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และสรุปผลตามหลักฐานเกี่ยวกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Organization for Economic Co-operation and Development, 2013) แล้วเป้าหมายที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการเตรียมประชากรให้เป็นผู้รู้สิ่งแวดล้อม (Environmentally Literate Citizen) สิ่งที่ท้าทายในการจัดการศึกษาตามแนวคิดการศึกษาและทักษะในอนาคตปี ค.ศ. 2030 คือ ความต้องการในการหาวิธีแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศและการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติอย่างรวดเร็ว(Organization for Economic Co-operation and Development, 2018) ทั้งนี้การศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science Education)และสิ่งแวดล้อมศึกษา (Environmental Education) จึงมีเป้าหมายสำคัญที่เหมือนกันคือ การให้การศึกษาและเตรียมผู้เรียนให้กลายเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบ (Responsible Citizen) (Volk, 1984)

การจัดการศึกษาของประเทศไทยให้ความสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโดยกำหนดเป็นเป้าหมายหนึ่งของการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานดังที่ระบุในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ว่า สถานศึกษาจะต้องให้การศึกษาแก่เยาวชนเพื่อให้มีความรู้และประสบการณ์ที่สามารถบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืนและยังสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้กำหนดไว้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์จะต้องพัฒนาผู้เรียนให้เข้าใจถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อมมีความซาบซึ้งห่วงใยมีพฤติกรรมการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า

รวมทั้งมีส่วนร่วมในการพิทักษ์รักษา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2561)

ความสำคัญของการจัดการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาให้เยาวชนของชาติได้มีความตระหนัก และมีพฤติกรรมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมยังคงได้รับการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายของหน่วยงานของรัฐบาล เช่น ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศข้อที่ 4 ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560 – 2564 มีเป้าหมายพัฒนาเศรษฐกิจที่เติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560 – 2579 ได้กล่าวถึงการให้ความสำคัญกับการจัดการศึกษาเพื่อเสริมสร้างคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันการบูรณาการสิ่งแวดล้อมศึกษาเข้าไปในหลักสูตรการศึกษาและกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องนั้นยังเกิดขึ้นน้อย จากรายงานการวิจัยเรื่องถอดรหัสสิ่งแวดล้อมศึกษาของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2549) พบว่า การจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาในสถานศึกษาทั้งรัฐบาลและเอกชนทั่วประเทศ ส่วนใหญ่ยังมีการจัดการเรียนการสอนอย่างจำกัดอยู่ใน 3 รูปแบบหลัก คือ

(1) การสอดแทรกรายวิชาที่เกี่ยวข้องในเวลาเรียนปกติ ได้แก่ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม

(2) การสอดแทรกสิ่งแวดล้อมศึกษาในกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ซึ่งปรากฏให้เห็นในโรงเรียนส่วนใหญ่โดยเฉพาะกิจกรรมลูกเสือ เนตรนารี นอกจากนี้ยังมีการสอดแทรกสิ่งแวดล้อมศึกษาในกิจกรรมชุมนุมและการจัดค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

(3) การจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมสิ่งแวดล้อมศึกษาภายใต้โครงการต่าง ๆ ที่ริเริ่มโดยหน่วยงานภาครัฐและองค์กรเอกชนที่ไม่แสวงหาผลกำไร 2 รูปแบบย่อย คือ การบูรณาการแบบโครงการและการจัดเป็นส่วนหนึ่งในสาระการเรียนรู้ท้องถิ่น และการจัดกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมของโรงเรียนทั้งในและนอกสถานศึกษา เช่น การอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน เน้นกิจกรรมอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมการจัดการขยะและรักษาความสะอาดตลอดจน แหล่งเรียนรู้ด้านอาชีพและภูมิปัญญา

ทั้งนี้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีส่วนสำคัญในการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นพื้นฐานที่ดีในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อการพิทักษ์รักษาสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจ มีเจตคติที่ดีและสามารถลงมือปฏิบัติการ มีพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี จะเห็น

ว่า เป้าหมายของหลักสิ่งแวดล้อมศึกษามีความสัมพันธ์กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน

ปัจจุบันสาระการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กำหนดตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมไว้ในสาระการเรียนรู้ที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากรปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2561) เนื้อหาดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน

1.3 **ความหมายของการรู้สิ่งแวดล้อม**

การรู้สิ่งแวดล้อมเป็นคำที่แปลมาจาก คำว่า “Environmental Literacy” ในภาษาอังกฤษ เกิดจากการสร้างคำศัพท์ใหม่ในภาษาอังกฤษ 2 คำ ได้แก่คำว่า “Environmental” แปลว่า เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และคำว่า “Literacy” แปลว่า การรู้ขั้นพื้นฐานหรือการรู้หนังสือ เมื่อนำสองคำมารวมกัน จึงได้คำศัพท์ใหม่และแปลเป็นภาษาไทยได้ว่าเป็นการรู้เรื่องที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม หากบุคคลทั่วไปได้ยินคำเหล่านี้มักจะนึกถึงความหมายเพียงแค่การรู้เนื้อหาและเรื่องราวที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมหรือทราบและเข้าใจประเด็นที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมถึงแม้ว่าความรู้และความเข้าใจจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการรู้สิ่งแวดล้อม แต่ก็ไม่สามารถกล่าวได้ว่า การรู้สิ่งแวดล้อมมีความหมายในเชิงพุทธิพิสัยเท่านั้น (National Environmental Education Foundation, 2015) โดยในการให้ความหมายของคำว่า “การรู้สิ่งแวดล้อม” ของแต่ละนักสิ่งแวดล้อมศึกษาแต่ละคนนั้นไม่เหมือนกัน เมื่อพิจารณาจากความเป็นมาแล้วพบว่าคำนี้จะได้รับการให้ความหมายเมื่อมีถูกนำไปใช้ในทางวิชาการเช่น การวิจัย การสร้างแนวทางการวัดเท่านั้น จากการทบทวนเอกสารความหมายของการรู้สิ่งแวดล้อมที่ผ่านมาได้รับการนิยามจากนักวิจัยและนักสิ่งแวดล้อมศึกษา ดังนี้

Roth (1968) ให้ความหมายไว้ว่า การรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง ความสามารถในการรับรู้ตีความความสัมพันธ์ระหว่างสภาพของสิ่งแวดล้อมกับการลงปฏิบัติเพื่อดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม

Simmons (1995) ให้ความหมายไว้ว่า การรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง การมีความรู้สำคัญที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมความรู้สึกทางบวกต่อสิ่งแวดล้อมทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในการดูแลแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมและมีพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

Loubser, Swanepoel, and Chacko (2001) ให้ความหมายไว้ว่า การรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง ความสามารถที่ตระหนักถึงสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ ซึ่งช่วยเพิ่มความรู้ที่จะลดความไม่สมดุลและปัญหาต่าง ๆ ที่จะกระทบกับสิ่งแวดล้อม และสามารถสร้างเจตคติที่ดีเพื่อเป้าหมายในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและปกป้องสิ่งแวดล้อมรวมทั้งผลักดัน การมีส่วนร่วมในการป้องกันฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมทั้งปัจจุบันและอนาคตของคนรุ่นถัดไป

National Science Teachers Association (2003) ให้ความหมายว่า การรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อประเมินสถานการณ์ ประเด็นทางสิ่งแวดล้อมและตัดสินใจที่จะอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยคำนึงถึงการเป็นทรัพยากรสำคัญของโลก

Hollweg et al., (2011) ให้ความหมายว่า การรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง การมีความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม มีพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม มีทักษะทางปัญญาและแรงจูงใจที่ดีที่จะใช้ทักษะเหล่านั้นในการมีส่วนร่วมทำงานด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

DC Environmental Literacy Plan Workgroup (2012) ให้ความหมายว่าการรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง การพัฒนาความรู้ เจตคติ และทักษะที่จำเป็นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระบบของธรรมชาติกับเมือง

จากการศึกษาความหมายของการรู้สิ่งแวดล้อมพบว่า นิยามที่กำหนดโดยสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) โดยคณะนักวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาภายใต้การนำของ Karen Hollweg ใน ค.ศ. 2011 เพื่อการประเมินผลระดับชาติได้ถูกสร้างขึ้นไว้อย่างครอบคลุมและเป็นต้นแบบของการวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาและการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมในเวลาต่อ จึงสรุปได้ว่า การรู้สิ่งแวดล้อม หมายถึง การมีความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม มีพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม มีทักษะทางปัญญาและแรงจูงใจที่ดีที่ จะใช้ทักษะเหล่านั้นในการมีส่วนร่วมทำงานด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

1.4 องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม

เมื่อพิจารณาจากความเป็นมาและการให้ความหมายของการรู้สิ่งแวดล้อมแล้วพบว่า การนิยามการรู้สิ่งแวดล้อมจะเกิดขึ้นเมื่อมีผู้วิจัยต้องการจะทำวิจัยในเรื่องนี้เท่านั้น (Swanepoel et al., 2002) และมีความแตกต่างกันไปตามยุคสมัย ส่งผลให้การแบ่งองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมจึงต่างกันไปด้วย โดยก่อนปี ค.ศ. 2011 นักการศึกษาและผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับการรู้สิ่งแวดล้อมได้ใช้องค์ประกอบของ Simmons (1995) แต่หลังจากที่สมาคมการจัดการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) โดยการนำของ Hollweg et al., (2011) ได้พัฒนากรอบแนวคิดเพื่อวัดการรู้สิ่งแวดล้อมขึ้นมา ก็ทำให้เห็นถึงองค์ประกอบชัดเจน ถือเป็นรากฐานที่ผู้วิจัยในเวลาต่อมานำไปพัฒนาต่อยอดหรือใช้เป็นกรอบแนวคิดหลักเพื่อสร้างแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมเรื่อยมา จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นักสิ่งแวดล้อมศึกษา นักการศึกษาและองค์กรทางการศึกษาได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

Disinger and Roth (1992) แบ่งองค์ประกอบการรู้สิ่งแวดล้อมออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความรู้ทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Knowledge) มีความเข้าใจองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ประเภทและตัวอย่างของความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติและองค์ประกอบพื้นฐานของระบบทางสังคม

2) ความรู้สึกต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Affective) มีความรู้สึกซาบซึ้งต่อธรรมชาติและสังคม มีความอ่อนไหวและรู้สึกร่วมกับธรรมชาติและสังคม

3) ทักษะด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Skill) ระบุและนิยามปัญหา ยอมรับปัญหาที่อยู่รอบ ๆ ตัวและเสนอวิธีการแก้ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม

4) พฤติกรรม (Environmental Behavior) ปฏิบัติการรักษาสภาพแวดล้อมทั้งในระดับครอบครัว โรงเรียน องค์กรทางเยาวชน ตอบสนองและเลียนแบบพฤติกรรมเหล่านี้

Simmons (1995) แบ่งองค์ประกอบการรู้สิ่งแวดล้อมออกเป็น 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1) จิตใจ (Affect) ความอ่อนไวและซาบซึ้งในความผิดชอบที่มีต่อมลภาวะ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ การอนุรักษ์ และการปฏิบัติทางสิ่งแวดล้อม แรงจูงใจในการมีส่วนร่วมที่จะปรับปรุง ป้องกันและแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น ความปรารถนาที่จะให้คุณค่าสิ่งแวดล้อมแต่ละหน่วยและความมั่นใจที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับปัญญาทางสิ่งแวดล้อมตามคุณธรรมของบุคคลแต่คน

2) ความรู้ด้านระบบนิเวศ (Ecological Knowledge) ความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาเป็นความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ หลักการ หรือทฤษฎี ที่สำคัญทางนิเวศวิทยา รวมถึงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของระบบธรรมชาติและปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบธรรมชาติกับระบบสังคม

3) ความรู้ด้านสังคมและการเมือง (Socio-Political Knowledge) ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อ (Beliefs) ระบบการเมือง (Political systems) และค่านิยมทางสิ่งแวดล้อมของวัฒนธรรมที่หลากหลาย (Environmental Values of Various Cultures) ความเข้าใจทางภูมิศาสตร์ในระดับท้องถิ่น ภูมิภาค และระดับโลก การยอมรับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงตามสังคมและวัฒนธรรม

4) ความรู้ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (Knowledge of Environmental Issue) ความเข้าใจปัญหาปัญหาและประเด็นทางสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย และผลของปัญหาดังกล่าวที่มีต่อการเมือง การศึกษา เศรษฐกิจ และสถาบันทางการรัฐบาล ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณภาพของอากาศ คุณภาพของน้ำ คุณภาพของดิน การจัดการที่ดินสำหรับแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า จำนวนประชากร และของเสีย

5) ทักษะด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Skills) ระบุปัญหาสิ่งแวดล้อม ตั้งคำถามเกี่ยวกับสภาพและปัญหาสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม ค้นหาปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางสังคม จากแหล่งข้อมูลทั้งระดับปฐมภูมิและทุติยภูมิ ประเมินและตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสังคมและการเมือง ใช้ความรู้เลือกวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม วางแผนและประเมินแผนการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับต่าง ๆ

6) พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmentally Responsible Behavior) การมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น โดยมีเป้าหมายที่การแก้ปัญหาและคลี่คลายประเด็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการเป็นผู้บริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Chu et al. (2007) ได้พัฒนาแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมสำหรับเด็กเกาหลี (the Environment Literacy Instrument for Korean Children; ELIKC) โดยสังเคราะห์องค์ประกอบจาก Simmons (1995) แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบได้แก่

1) ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความรู้ด้านระบบนิเวศ ความรู้เกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม

2) เจตคติ (Attitude) หมายถึง มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม มีความวิตกกังวลต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ต้องการให้ตัวเองมีส่วนเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม มีการกำกับควบคุมตัวเอง

3) พฤติกรรม (Behavior) หมายถึง การลงมือปฏิบัติที่กระตือรือร้น การจัดการด้านนิเวศอย่างมีแรงจูงใจ

4) ทักษะ (Skill) หมายถึง การแปลความข้อมูลเพื่อการแก้ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม

Hollweg et al., (2011) พัฒนากรอบแนวคิดเพื่อวัดการรู้สิ่งแวดล้อมให้กับสมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) โดยเสนอองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปสู่การวัดประเมินตามกรอบแนวคิดแบ่งองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมเป็น 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความรู้ทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Knowledge) เข้าใจระบบกายภาพและระบบนิเวศ ระบบสังคมวัฒนธรรมและการเมือง ปัญหาสิ่งแวดล้อม การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม กลยุทธ์และการมีส่วนร่วมของประชาชน

2) แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม (Dispositions toward the Environment) มีความอ่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อม เจตคติ และมุมมองที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ความรับผิดชอบ กลไกการควบคุมตนเอง แรงจูงใจและความมุ่งมั่น

3) สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม (Competencies) ได้แก่ ระบุปัญหาสิ่งแวดล้อม ตั้งคำถามเกี่ยวกับสภาพและปัญหาสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม ค้นหาปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางสังคม จากแหล่งข้อมูลทั้งระดับปฐมภูมิและทุติยภูมิ ประเมินและตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสังคมและการเมือง การใช้ความรู้เลือกวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม วางแผนและประเมินแผนการแก้ปัญหา สิ่งแวดล้อมในระดับต่าง ๆ

4) พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmentally Responsible Behavior) แสดงออกถึงความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม สมรรถนะเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในบริบทหนึ่ง ๆ

5) บริบท (Contexts) สถานการณ์ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อ้างอิงสถานที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจหรือหาวิธีการแก้ปัญหา แบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย กล่าวคือ (1) บริบทเชิงบุคคล เช่น พัฒนาการระดับขั้นทางปัญญา ระดับของการศึกษา สถานการณ์ส่วนบุคคล และประสบการณ์ชีวิตสามารถอธิบายเหตุผลของการปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อม (2) บริบทเชิงสังคม เช่น อิทธิพลของระบบทางสังคม และ (3) บริบททางกายภาพ เช่น อิทธิพลของเวลา สถานที่จะส่งผลต่อการกระทำรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

Genc and Akilli (2016) ได้เสนอองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมที่มีฐานมาจากกรอบแนวคิดของ NAAEE โดยวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analyzes; EFA)

และหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม โดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างผ่านโปรแกรม LISREL ได้องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Knowledge) มีความรู้ทางนิเวศวิทยาและวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มีความสามารถเข้าใจ สืบค้น วิเคราะห์ประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและมีทักษะและพร้อมที่นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

2) เจตคติต่อสิ่งแวดล้อม (Attitude toward the Environment) ได้แก่ เจตคติทางด้านบวกและลบ ความคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงความกลัว ความโกรธต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม การตัดสินคุณค่า และความพร้อมในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม

3) พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmentally Responsible Behavior) วางแผน แสดงออกอย่างมีส่วนร่วมโดยมุ่งเป้าหมายไปที่การแก้ปัญหา พฤติกรรมทางสิ่งแวดล้อมสามารถจัดกลุ่มได้คือ การโน้มน้าว พฤติกรรมของผู้บริโภค พฤติกรรมการป้องกันเชิงกายภาพ พฤติกรรมทางการเมืองและกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

4) แนวโน้มเอียงด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Tendencies) ให้คุณค่าสิ่งแวดล้อมในตัวบุคคล ความอ่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อม การควบคุมกำกับตนเอง ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม และความพร้อมในการช่วยป้องกันสิ่งแวดล้อม

Goldman, Pe’er, and Yavetz (2017) ได้เสนอองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาและตรวจสอบแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมของวัยรุ่นในประเทศอิสราเอล โดยได้เสนอองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความรู้ในเนื้อหาเกี่ยวกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (Subject Knowledge of Environmental Issues) ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน ปัญหาหลักทางด้านสิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่นและระดับโลก

2) เจตคติด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Attitude) ความวิตกกังวลต่อสิ่งแวดล้อม การรับรู้ความสามารถของตนเองในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม

3) การปฏิญาณตนเกี่ยวกับการสนับสนุนด้านสิ่งแวดล้อม (Verbal Commitment for Environmentally Supportive Actions) ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม ความพร้อมในการแสดงพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อม

4) การรายงานพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Self-reported Environmentally Responsible Behavior) ความถี่ของพฤติกรรมที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

Szczytko et al. (2018) ได้เสนอองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาและตรวจสอบแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมของวัยรุ่นในรัฐ North Carolina ประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ววิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้โดยใช้โมเดลสมการโครงสร้าง ได้องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความรู้ด้านนิเวศวิทยา (Ecological Knowledge) เข้าใจในกระบวนการและระบบที่ก่อให้เกิดสิ่งแวดล้อม อิทธิพลของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม

2) ความหวัง (Hope) มีเจตคติ ความเชื่อมโยงทางอารมณ์ หรือความอ่อนไหว การรับรู้ความสามารถของตนเอง ความเชื่อในความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ไม่มีความคิดด้านลบเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

3) ทักษะด้านพุทธิปัญญา (Cognitive Skills) ประยุกต์คำถาม วิเคราะห์ มีทักษะในการแปลความให้เข้ากับความรู้ในระบบนิเวศเพื่อช่วยในการตัดสินใจ สามารถระบุและวิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ดี

4) พฤติกรรม (Behavior) ระดับความถี่ในการปฏิบัติกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อม เช่น การรีไซเคิล การอนุรักษ์น้ำ

1.5 แนวทางในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

การวัดประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมในทางการศึกษาเริ่มมีการดำเนินการครั้งแรกในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา ในประมาณปี ค.ศ. 1970 โดยจุดเน้นสำคัญในช่วงเริ่มแรกจะเน้นการวัดความรู้และเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมต่อมาได้เพิ่มความสนใจในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นหลังจากที่มีการกำหนดกรอบแนวคิดในการวัดระดับชาติและนานาชาติขึ้นโดยสมาคมการจัดการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมแห่งอเมริกาเหนือเพื่อระบุองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมและออกแบบเครื่องมือวัดได้อย่างชัดเจน (Hollweg et al., 2011)

จากการศึกษาองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมของสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ได้เสนอองค์ประกอบเพื่อประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Knowledge) (2) แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม (Dispositions toward the Environment) (3) สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม (Competencies) และ (4) พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmentally Responsible Behavior) โดยมีการกำนดบริบทในแต่ละระดับเมื่อต้องการประเมิน

ทั้งนี้การนำเสนอบริบทที่กว้างพอจะสร้างความสนใจแก่นักเรียน และทำให้นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถและศักยภาพในการจัดการกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อม บริบทที่มีความ

หลากหลายดังกล่าวควรจัดให้รวมอยู่ในสถาการณ์ทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ ทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ที่ดิน โดยควรมีตั้งแต่บริบทท้องถิ่น (Local) จนถึงบริบทระดับโลก (Global) และเกี่ยวข้องตั้งแต่ระดับบุคคลจนถึงความรับผิดชอบในฐานพลเมือง (Civic Responsibilities) โดยสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ได้กำหนดบริบทของการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมไว้ในตารางที่ 1 ดังนี้

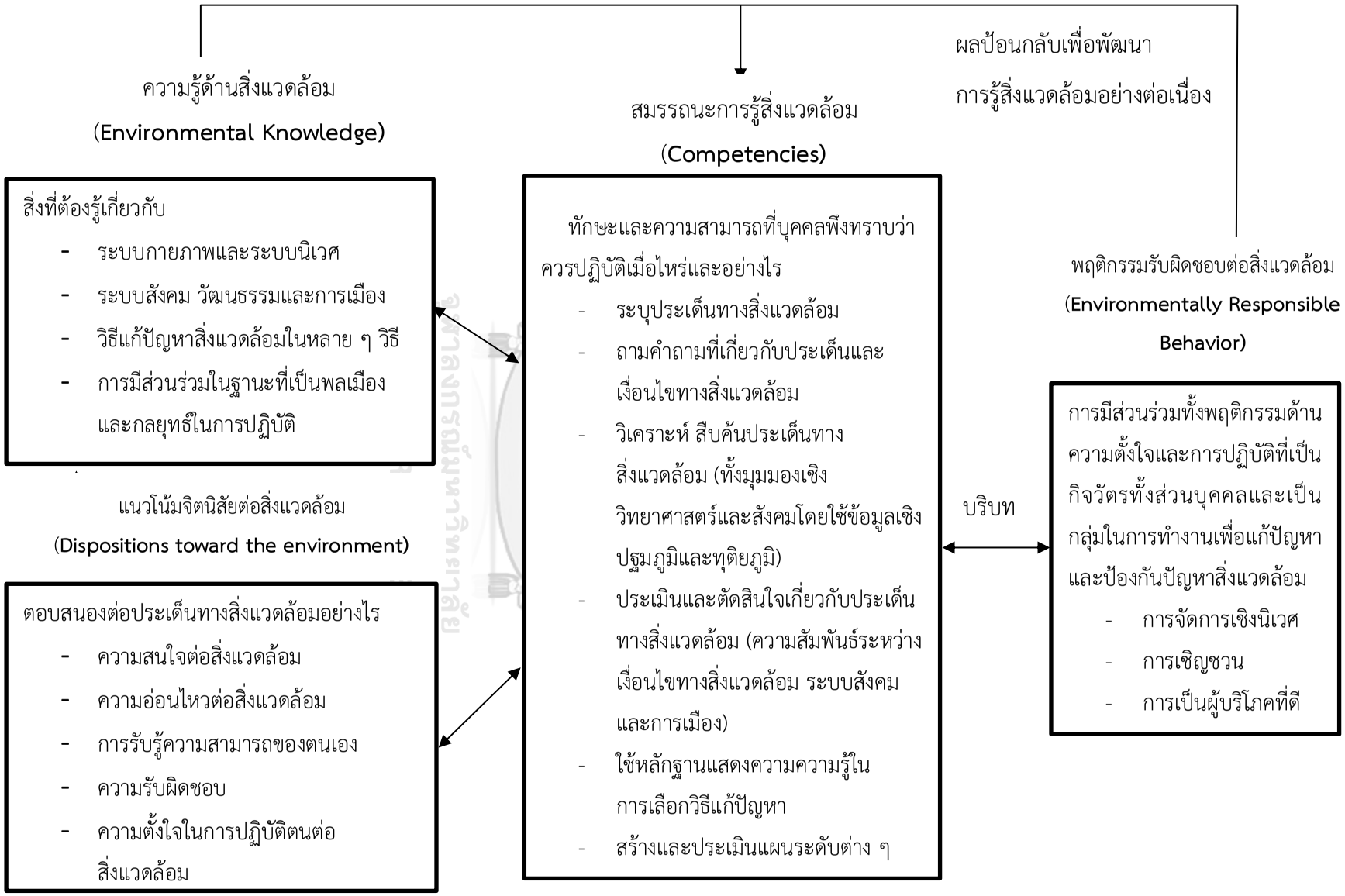
ตารางที่ 1 บริบทที่ของการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมในระดับต่าง ๆ

มิติทางสิ่งแวดล้อม	บริบทระดับท้องถิ่น	บริบทระดับภูมิภาค	บริบทระดับโลก
ความหลากหลายทางชีวภาพ	พืชและสัตว์	การสูญเสียชนิดพันธุ์ การสูญเสียที่อยู่อาศัย และการรุกรานที่อยู่ของสัตว์ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น	ความยั่งยืนของระบบนิเวศ
การเพิ่มจำนวนประชากรโลก	อัตราการเกิด อัตราการตาย การอพยพเข้าและออก	การดูแลสุขภาพประชากร การกระจายตัวของประชากร ประชากรล้นโลก	การเติบโตของเศรษฐกิจและสังคม
ทรัพยากรธรรมชาติ	การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ	ผลผลิตและการกระจายอาหาร น้ำดื่มและพลังงาน	การนำทรัพยากรที่ใช้แล้วเกิดทดแทนได้กับใช้แล้วหมดไปมาใช้อย่างยั่งยืน
คุณภาพสิ่งแวดล้อม	ผลกระทบจากการกำจัดขยะต่ออากาศและน้ำ	ผลกระทบของการกำจัดสิ่งปฏิกูลและขยะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อม	การดูแลระบบนิเวศอย่างยั่งยืน
อันตรายจากธรรมชาติและสภาพอากาศที่รุนแรง	การตัดสินใจเกี่ยวกับที่อยู่อาศัยในที่เสี่ยงต่ออุทกภัยและวาตภัย	ความเสี่ยงและประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่นแผ่นดินไหว และเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ เช่น การกัดเซาะชายฝั่ง	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสภาพอากาศที่มีความรุนแรง
การใช้ที่ดิน	การอนุรักษ์ที่ดินทางการเกษตรและบริเวณธรรมชาติ	ผลกระทบของการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงทางน้ำและที่ราบน้ำท่วมถึง	การผลิตและการสูญเสียหน้าดินที่ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

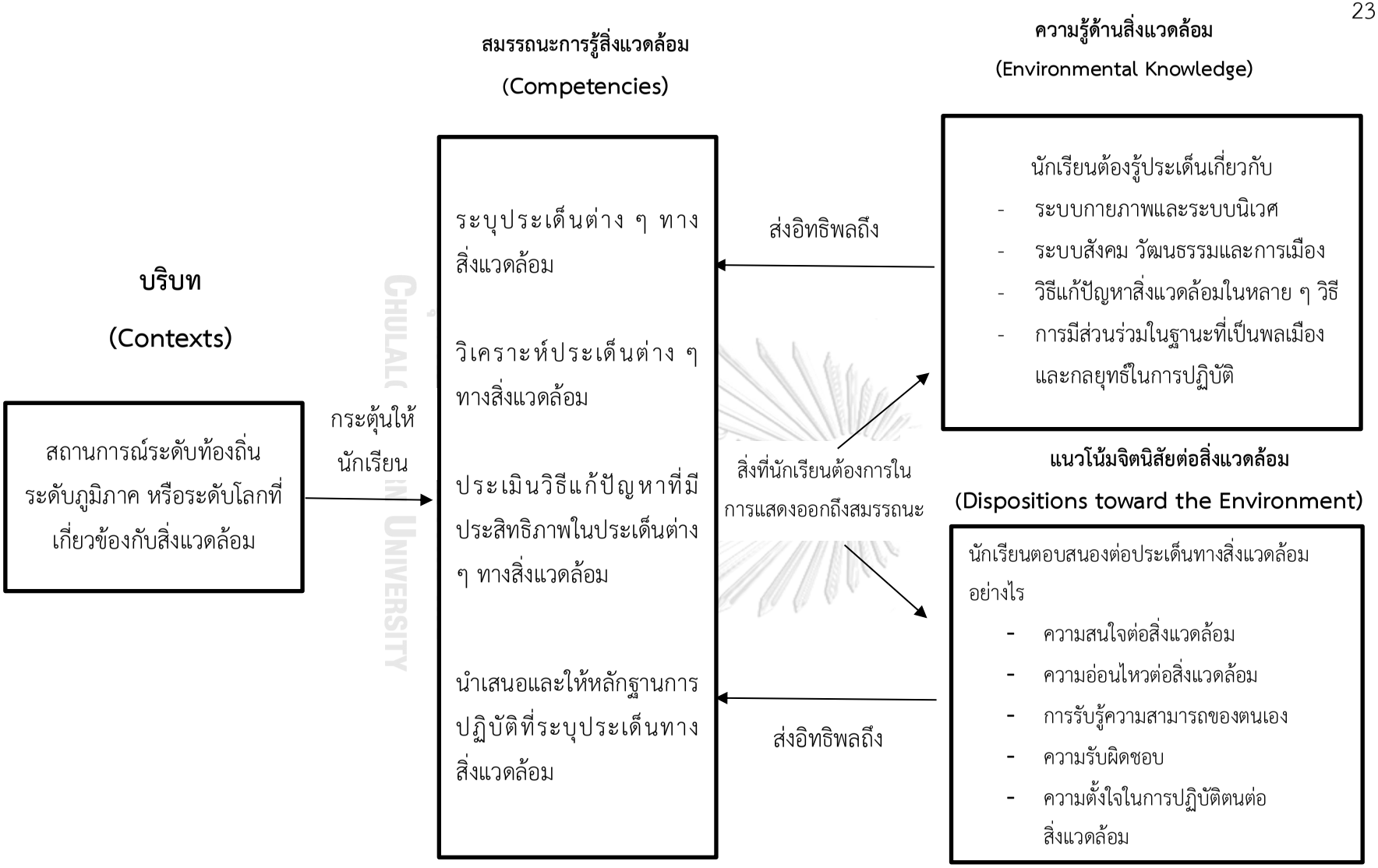
ทั้งนี้สมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ได้เสนอกรอบแนวคิดในการประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมโดยแสดงความเชื่อมโยงองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม และบริบท ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 โดยคาดหวังให้ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม และสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมจะนำไปสู่พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในบริบทต่าง ๆ อันเป็นเป้าหมายสูงสุดของการรู้สิ่งแวดล้อม การวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมักจะใช้แบบรายงานตนเอง (Self-Reports) ซึ่งนักวิจัยหลาย ๆ คนถือว่ามีระดับความน่าเชื่อถือต่ำ ดังนั้น สมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) จึงเสนอกรอบแนวคิดเพื่อประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมในโครงการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) ปี ค.ศ. 2015 โดยกำหนดให้มีการวัดเพียงสามองค์ประกอบได้แก่ ความรู้ แนวโน้มจิตนิสัยและสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมเท่านั้น ดังแสดงในแผนภาพที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในองค์ประกอบที่ใช้ในการประเมินการรู้สิ่งแวดล้อม

ของสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) (Hollweg et al., 2011)



แผนภาพที่ 2 กรอบแนวคิดที่นำเสนอเพื่อประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมในโครงการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) ปี ค.ศ. 2015 (Hollweg et al., 2011)

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากองค์ประกอบทั้ง 5 ของการรู้สิ่งแวดล้อมใช้เครื่องมือในการวัดที่ต่างกัน เช่น ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวแปรทางด้านพุทธิพิสัย จึงจะพบแบบสอบที่เป็นปรนัย หรือแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก เน้นทดสอบความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่เกี่ยวระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติ (พงศ์กรณ์ พันธุ์โยศรี, 2558; สิขเรศ อำไพ, 2558; อรอนงค์ เดชโยธิน, 2560; William, 2017) ดังแสดงตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 1 แบบสอบความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

(อรอนงค์ เดชโยธิน, 2560)

1. สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร
    ก. สิ่งที่อยู่รอบตัวเราและไม่มีวันหมดสิ้น
    ข. สิ่งที่อยู่รอบตัวเราทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต
    ค. สิ่งที่อยู่รอบตัวเราทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น
    ง. สิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ ดิน น้ำ อากาศ แสง และแร่ธาตุ
2. ความเชื่อ ประเพณี และกฎระเบียบ จัดเป็นสิ่งแวดล้อมประเภทใด
    ก. สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ
    ข. สิ่งแวดล้อมที่เกิดมาจากสิ่งมีชีวิต
    ค. สิ่งแวดล้อมที่มีเองตามธรรมชาติ สัมพันธ์กับสิ่งอื่น ๆ
    ง. สิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์จับต้องไม่ได้
3. ในชุมชนควรจะมีวิธีการกำจัดขยะอย่างไรที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม
    ก. ทิ้งในถังขยะของเทศบาล
    ข. นำไปทิ้งและเผาในเตาเผาขยะ
    ค. เก็บส่วนที่ขายได้ไว้ เผาส่วนที่ไม่ต้องการ
    ง. นำขยะไปฝังดินเพื่อทำปุ๋ยหมัก

ตัวอย่างที่ 2 แบบทดสอบ ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

(Williams, 2017)

1. ส่วนของน้ำบนโลกที่สามารถบริโภคได้
    ก. มากกว่า 90% ข. ประมาณ 45%
    ค. ประมาณ 20% ง. น้อยกว่า 3% จ. ไม่ทราบ
2. เหตุการณ์ใดที่ไม่ได้เป็นเหตุการณ์ที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
    ก. การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ข. น้ำท่วมในชายฝั่งทะเล
    ค. การขยายตัวของธารน้ำแข็ง ง. สภาพอากาศที่รุนแรง จ. ไม่ทราบ
3. เหตุผลสำคัญที่สุดที่ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง คืออะไร
    ก. มลพิษของแหล่งที่อยู่อาศัย ข. การนำ exotic species เข้ามาในประเทศ
    ค. การสำรวจค้นหาที่มากเกินไป ง. การทำลายแหล่งที่อยู่อาศัย จ. ไม่ทราบ

แผนภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบสอบความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก)

แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม เป็นตัวแปรทางด้านจิตพิสัย การวัดองค์ประกอบประเภทนี้จะสามารถวัดได้โดยใช้มาตรวัดทางจิต โดยรูปแบบการวัดจะเป็น แบบวัดแบบตรวจสอบรายการ หรือเลือกตอบแบบ Likert Scale ตามระดับความรู้สึกที่มีต่อสิ่งแวดล้อม (Shephard et al., 2014; วภิรญา เสรียศภัทร, 2559) ดังตัวอย่างที่ 3 และแบบวัดแบบสอบวินิจฉัย (Diagnostic Test) ที่ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบที่ตัวเองต้องการและระบุเหตุผล (ธีรดา หลงศิริ, 2561) ดังตัวอย่างที่ 3 และ 4

ตัวอย่างที่ 3 แบบวัดเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม

(วภิรญา เสรียศภัทร, 2559)

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็นและแนวโน้มต่อสิ่งแวดล้อม				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1	ฉันชอบการเดินทางไปท่องเที่ยวในธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ น้ำตก ภูเขา					
2	เหตุผลหลักการของการดูแลรักษาแหล่งน้ำให้สะอาด คือเพื่อให้มีสถานที่ที่ใช้ในการพักผ่อนหย่อนใจ					
3	ฉันชอบเข้าร่วมชมรมหรือกลุ่มอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม					
4	ฉันคิดว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้					
5	ฉันสนับสนุนนโยบายในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม					

ตัวอย่างที่ 4 แบบวัดด้านจริยธรรมสิ่งแวดล้อม

(ธีรดา หลงศิริ, 2561)

ร้านขนมแห่งหนึ่งตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุขนมเพื่อจำหน่ายซึ่งมี 3 รูปแบบคือ

รูปแบบที่ 1 ใช้กล่องโฟมที่มีราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย

รูปแบบที่ 2 ใช้กล่องพลาสติก ดูสะอาด สวยงาม

รูปแบบที่ 3 ใช้กล่องชายอ้อยที่ทำจากวัสดุธรรมชาติแต่มีราคาแพง

หากนักเรียนเป็นเจ้าของร้านแห่งนี้นักเรียนจะเลือกใช้กล่องรูปแบบใด

ก. รูปแบบที่ 1 ข. รูปแบบที่ 2 ค. รูปแบบที่ 3

เหตุผล 1. ใช้ง่ายและหาซื้อได้ทั่วไป 3. ทำให้สินค้าดูน่ารับประทาน ดึงดูดลูกค้า

2. ราคาถูกเพื่อลดต้นทุน 4. เป็นวัสดุย่อยสลายได้ง่าย ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

แผนภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบวัดด้านจิตพิสัย

สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมมีรูปแบบการวัดเป็นสถานการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมแล้วให้นักเรียนเลือกตอบจากคำตอบหลายตัวเลือก มีดังเช่นตัวอย่างที่ 5

ตัวอย่างที่ 5 แบบวัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม

(สิขเรศ อำไพ, 2558)

โปรดเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดและทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ชุมชนแห่งหนึ่งมีลักษณะเป็นชุมชนแออัด ลักษณะบ้านเป็นแบบสร้างอยู่ชั่วคราวติดกับแหล่งน้ำ ท่านต้องการศึกษาความสัมพันธ์ของปัญหาน้ำเน่าเสียกับความรู้ในเรื่องการกำจัดขยะของคนในชุมชน ข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาก่อนทำการศึกษาปัญหาในชุมชนนี้คืออะไร

1. คนที่ศึกษาต้องได้มาแบบสุ่ม
2. คนที่ศึกษาต้องมีอายุเท่ากัน
3. คนที่ศึกษาต้องได้จบการศึกษาภาคบังคับ
4. คนที่ศึกษาต้องไม่เป็นโรคที่น่ารังเกียจของสังคม
5. คนที่ศึกษาต้องมีสมาชิกในครอบครัว 2 คน ขึ้นไป

2. กานต์เป็นลูกบ้านหมู่บ้านสวัสดิ์รักษา วันหนึ่งเขาได้เดินไปตลาดนัดซึ่งจัดที่บริเวณลานดินในวัดสวัสดิ์รักษา หลังจากตลาดวายเขาพบว่าเศษขยะจะถูกทิ้งเกลื่อนอยู่ที่ลานและมีเด็กวัดคอยกวาดขยะอยู่เสมอ เมื่อถึงวันประชุมหมู่บ้านประจำเดือนกานต์ได้นำสิ่งที่เขาพบเห็นเล่าให้กับสมาชิกในที่ประชุมฟัง ก้อยได้ฟังดังนั้นจึงเสนอการแก้ปัญหาที่ค่อนข้างเหมาะสมกับตลาดนัดในวัดของหมู่บ้านมาก ข้อใดเป็นข้อเสนอของก้อย

1. ปรับเงินผู้ทิ้งขยะไม่ลงถัง
2. ให้มีการตั้งถังขยะรวมไว้ที่ลานวัด
3. ให้มีการงดใช้ถุงพลาสติก แต่ให้ผู้ซื้อนำถุงผ้ามาเอง
4. ให้มีการงดใช้พื้นที่ลาดวัดหากมีการทิ้งขยะไม่ถูกลักษณะ
5. ให้มีการจัดกิจกรรมเรียนรู้วิธีแยกขยะ และจัดตั้งถังขยะแบบแยกไว้ที่ลานวัด

แผนภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมเป็นแบบสอบหลายตัวเลือก

แบบวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมักจะเป็นแบบสอบถามความถี่ของพฤติกรรมของผู้ตอบ (ธนดล ยิ้มถนอม, 2555; นิติกร อ่อนโยน, 2561) โดยในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกล่าวว่าการประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมต้องประเมินความรู้และความรู้สึกต่อสิ่งแวดล้อม เพราะถือว่าองค์ประกอบทั้งสองมีความสัมพันธ์กันส่งผลให้เกิดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (นิติกร อ่อนโยน, 2561; Szczytko et al., 2018; Goldman, Pe’er & Yavetz, 2017; Genc & Akilli, 2016; Carmi, Arnon & Orion, 2015; ธนดล ยิ้มถนอม, 2555) ดังแสดงในตัวอย่างที่ 6 และ 7 ดังนี้

ตัวอย่างที่ 6 แบบสอบถามพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

(นิติกร อ่อนโยน, 2561)

ในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด

ข้อ	ข้อความ	1	2	3	4	5
1	ฉันทิ้งขยะลงในถังขยะตามประเภทที่จัดเตรียมไว้ให้					
2	ฉันนำสมุดหรือกระดาษที่เหลือมาใช้งานซ้ำอีกครั้ง					
3	ฉันปฏิเสธการใส่สินค้าในถุงพลาสติกเมื่อซื้อของปริมาณน้อยชิ้นหรือไม่จำเป็น					
4	ฉันตักอาหารปริมาณมากเพราะกลัวไม่อิ่ม ถ้าเหลือก็จะทิ้งไป					
5	ฉันใช้แก้วหรือขวดน้ำเพื่อเติมน้ำดื่มแทนการซื้อน้ำบรรจุขวด					
6	ฉันเชิญชวนคนรู้จักให้ปฏิเสธการรับถุงพลาสติกเมื่อซื้อของน้อยชิ้น					
7	ฉันเข้าร่วมกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมเก็บขยะหรือคัดแยกขยะ					

ตัวอย่างที่ 7 แบบสอบถามพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อม

(ธนดล ยิ้มถนอม, 2555)

ในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด

โปรดทำเครื่องหมาย **√** ในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

โดย 1 หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติน้อยกว่า 10% เมื่อฉันมีโอกาสปฏิบัติ
2 หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติน้อยกว่า 30% เมื่อฉันมีโอกาสปฏิบัติ
3 หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติน้อยกว่า 50% เมื่อฉันมีโอกาสปฏิบัติ
4 หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติน้อยกว่า 70% เมื่อฉันมีโอกาสปฏิบัติ
5 หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติน้อยกว่า 90% เมื่อฉันมีโอกาสปฏิบัติ

ข้อ	ข้อความ	1	2	3	4	5
1	เปิดน้ำขณะแปรงฟันหรือขณะถูสบู่อาบน้ำ					
2	นำน้ำจากการซักผ้าหรือล้างจานไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ต่อ เช่น ใช้รดน้ำต้นไม้เป็นต้น					
3	ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดหลังเลิกใช้งาน					
4	ใช้พัดลมแทนเครื่องปรับอากาศถ้าอากาศไม่ร้อนมาก					
5	รับประทานอาหารไม่หมดจาน					
6	เลือกใช้สินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น สินค้าที่ผลิตในประเทศหรือในท้องถิ่น เครื่องใช้ไฟฟ้ามีฉลากเบอร์ 5 เป็นต้น					
7	ซื้อสินค้าโดยคำนึงความทันสมัยมากกว่าความจำเป็น					

แผนภาพที่ 6 ตัวอย่างแบบวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า กรอบแนวคิดการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมที่เสนอโดยสมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ที่พัฒนาเพื่อประเมินในโครงการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) ค.ศ. 2015 มีความครอบคลุมในการวัดการรู้สิ่งแวดล้อม โดยกรอบการประเมินดังกล่าวเสนอองค์ประกอบที่ใช้ในการวัดประเมินเพียง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม แนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมส่วนพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมทางสมาคมมิได้ประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยข้อจำกัดเกี่ยวกับวิธีการเก็บข้อมูลที่ต้องการวัดประเมินนักเรียนจำนวนมาก

ทั้งนี้องค์ประกอบทั้ง 4 นี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กล่าวคือ การที่บุคคลมีความรู้และแนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อมจะสามารถพัฒนาให้เป็นที่มีสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม ในการประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม บุคคลจะต้องอาศัยความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องในการระบุ วิเคราะห์ ประเมินและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยแนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน ดังนั้นการวัดองค์ประกอบด้านสมรรถนะจึงสามารถบ่งชี้ความรู้และแนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อมของบุคคลได้ นอกจากนี้ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมและแนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อมยังส่งผลโดยตรงต่อการเกิดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (นิติกร อ่อนโยน, 2561; Szczytko et al., 2018; Goldman, Pe’er & Yavetz, 2017; Genc & Akilli, 2016; Carmi, Arnon & Orion, 2015; ธนดล ยิ้มถนอม, 2555)

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยที่ผ่านมาสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมได้รับการประเมินด้วยแบบสอบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) ที่ใช้สถานการณ์ (Situational Test) ซึ่งผู้ตอบอาจจะเดาคำตอบได้ (สิขเรศ อำไพ, 2558) การประเมินโดยใช้แบบสอบอัตนัยที่ใช้สถานการณ์เพื่อให้อธิบายจึงเป็นรูปแบบของการประเมินที่ควรนำมาใช้เพื่อลดการเดาคำตอบส่วนพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมโดยส่วนใหญ่ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลโดยให้ผู้ตอบระบุความถี่พฤติกรรมต่าง ๆ ที่ถือว่าเป็นพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจมีข้อจำกัดคือเป็นรูปแบบการประเมินที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดที่เน้นปริมาณของผู้ตอบจึงเป็นวิธีที่นักวิจัยส่วนมากใช้ (Hollweg et al., 2011) นักวิจัยจึงควรคำนึงถึงข้อดี ข้อจำกัดของวิธีต่าง ๆ ในการประเมินการรู้สิ่งแวดล้อม

1.6 แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม

จากความสำคัญของการรู้สิ่งแวดล้อมที่ได้กล่าวไว้ทำให้นักการศึกษาพยายามที่จะส่งเสริมการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน จากการศึกษาโดยใช้วิธีเดลฟาย (Delphi study) ซึ่งเป็นการทำวิจัยโดยสอบถามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมสามรอบและเสนอหัวข้อเกี่ยวกับ

สิ่งแวดล้อมที่ควรบรรจุไว้ในหลักสูตรการศึกษาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจนดังแสดงในตารางที่ 2 นี้

ตารางที่ 2 หัวข้อเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อม (Kaya, 2019)

หัวข้อ	ตัวอย่างเนื้อหา
1. ธรรมชาติของแนวคิดทางสิ่งแวดล้อม (**Nature of Environmental Concepts**)	นิเวศวิทยา และทรัพยากรธรรมชาติ
2. ตัวอย่างปัญหาสิ่งแวดล้อม (**Examples of Environmental Problems**)	ภาวะโลกร้อน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ชนิดพันธุ์ใกล้สูญพันธุ์
3. ความยั่งยืน (**Sustainability**)	การพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต
4. มุมมองทางสังคม (**Social Perspectives**)	ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
5. การรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (**Environmental Perceptions**)	เจตคติ ความรับผิดชอบและจริยธรรมต่อสิ่งแวดล้อม
6. ตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (**Examples of Environmentally friendly Behavior**)	การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าและการป้องป้องทรัพยากรธรรมชาติ
7. การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม (**Solutions for Environmental Problems**)	พลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้และการรีไซเคิล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากเนื้อหาเกี่ยวกับที่ควรบรรจุลงในหลักสูตรการศึกษาเพื่อเป็นความรู้ที่ชัดเจนแล้ว แนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมก็ได้รับความสนใจจากนักการศึกษาอยู่ไม่น้อย จึงมีความพยายามที่จะนำแนวคิดการสอน วิธีการสอนต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อม หรือองค์ประกอบที่นำไปสู่การรู้สิ่งแวดล้อม เช่น เจตคติต่อสิ่งแวดล้อม ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เป็นต้น มาทดลองจัดการศึกษาในโรงเรียนเรียน จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าโดยสรุปแล้วแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมมีดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมในมิติของวิทยาศาสตร์และสังคม เป็นการเรียนแบบวิพากษ์วิจารณ์ ให้ความสำคัญกับการจัดประสบการณ์ทาง

สังคมแสวงหาแนวคิดและเทคนิควิธีใหม่ๆและนำเสนอวิพากษ์วิจารณ์ภายในกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาในสังคมและสิ่งแวดล้อมของตนได้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำไปใช้ในการแก้ปัญหาสังคมและสิ่งแวดล้อมของตน เช่น การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม (Science, Technology, Society and Environment) ร่วมกับการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ (Experiential Learning) (นิติกร อ่อนโยน, 2561) หรือการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม (Socio-Scientific Issue) ที่เน้นประเด็นทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับบริบททางสังคม

2. การจัดการเรียนการสอนที่เน้นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม (Febriasari & Supriatna, 2017) เป็นการอิงบริบทสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวหรือการจัดการเรียนการสอนที่อิงสถานที่ (Placed-Based Education) (ธีรดา หลงศิริ, 2561) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทชุมชนของตนเองและมีความตระหนักถึงผลเสียของสิ่งแวดล้อมดังกล่าวต่อชุมชน บริบทรอบตัวเองเป็นจุดเน้นและนำไปสู่การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เป็นการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-Based learning) เพื่อพัฒนาเจตคติและจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม(พัชรินทร์ ศรีคำ, 2559) ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาข้อมูลประสบการณ์ตรงเพื่อจะนำมาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบท ไม่เน้นการท่องจำเกินไป รู้จักท้องถิ่นและสังคมของตน และเน้นให้ผู้เรียนตระหนักว่าตนเองมีบทบาทต่อสังคมและท้องถิ่นของตนในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ตระหนักว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมจะมีผลกระทบถึงตัวเองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ มีความจำเป็นในการที่จะร่วมกันป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก

3. การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ ส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสหวิชา (Interdisciplinary) โดยเชื่อมโยงสาระสำคัญของแต่ละวิชา ใช้เนื้อหาเชิงบูรณาการ แสดงความสัมพันธ์ในระหว่างวิชา เพื่อให้เกิดแนวคิดที่สมดุลกัน เน้นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงออก เช่น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) (Karayol & Akaygun, 2017) เน้นโครงการที่ให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา(Project-Based teaching with Problem Solving thinking) (อรอนงค์ เดชโยธิน, 2560) ซึ่งการประดิษฐ์ชิ้นงานขึ้นมาเพื่อนำมาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยสร้างความสัมพันธ์ด้านความรู้สึก ความรู้ ทักษะการแก้ปัญหาสอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558) และความสามารถในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่ได้(Ua-Umakul & Chauwatchatuphon, 2017) และการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการ

แสวงหาความรู้เชิงสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM-Themed Environmental Investigations) เน้นการปฏิบัติกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่ (Heitkamp, 2016) ทั้งนี้ Goodwin (2015) ได้เสนอแนะในบทความของสมาคมการรู้สิ่งแวดล้อม (The Environmental Literacy Council) แนะนำให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้เนื้อหาและสร้างความเข้าใจให้กับนักเรียน

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมพบว่าแนวทางต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การใช้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทสิ่งแวดล้อมรอบตัวและสถานที่อยู่อาศัยของนักเรียนตลอดจนการจัดประสบการณ์ในการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงานของนักเรียนเป็นลักษณะสำคัญที่จะส่งเสริมและพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมโดยลักษณะสำคัญหรือแนวทางที่ได้กล่าวมานั้น ปรากฏเป็นลักษณะที่เป็นองค์ประกอบของแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

2. แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

การศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษานำเสนอประเด็นสำคัญที่นำไปสู่การทำวิจัยตามลำดับ ได้แก่ (1) ความเป็นมาและความสำคัญของกรีนสะเต็มศึกษา (2) ความหมายของกรีนสะเต็มศึกษา (3) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา (4) หลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา และ (5) กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเนื้อหาสาระที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา (Green STEM Education approach) เป็นแนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่ผสานกันระหว่างการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานกับแนวคิดการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาดั้งเดิม (Soper et al., 2015) โดยในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องจะกล่าวถึงความเป็นมาของแนวคิดสะเต็มศึกษาดั้งเดิม และการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานตามลำดับ

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวคิดการจัดการศึกษาแบบบูรณาการข้ามรายวิชา คำว่า “STEM” ที่ย่อมาจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นแนวคิดทางการศึกษาฝั่งตะวันตก มีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกาโดยมุ่งพัฒนาคุณภาพทางการศึกษาโดยส่งเสริมความสามารถทาง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนวคิดสะเต็มศึกษาถูกพัฒนาขึ้นในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 มีสาเหตุหลักมาจากสภาวะถดถอยทางการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วงเวลาเดียวกันที่สหภาพโซเวียตมีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ที่ล้ำหน้าในการปล่อยดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรเป็นชาติแรกของโลกในปี ค.ศ. 1950 ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ที่ล้ำหน้าของสหภาพโซเวียตส่งผลให้การศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาเกิดความตื่นตัวทางการศึกษาและเปลี่ยนแปลงการศึกษาแบบดั้งเดิมไปสู่การศึกษาที่เน้นวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นหลัก (Bybee, 2013) ทั้งนี้คำว่า “STEM” ปรากฏขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 2001 โดย Ramaley ผู้บริหารของมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Science Foundation; NSF) เป็นผู้ให้คำนิยามเหตุการณ์สำคัญที่ทำให้แนวคิดสะเต็มศึกษาได้ถูกผลักดันให้นำไปใช้ในนโยบายหลักของประเทศสหรัฐอเมริกาคือ ผลการสอบของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment; PISA) และโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS) ที่ลดลงเช่นกัน รวมถึงเยาวชนไม่ให้ความสำคัญกับความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เมื่อสำเร็จการศึกษา ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากในห้องเรียนมาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพได้ จึงส่งผลให้รัฐบาลสหรัฐอเมริกามีนโยบายผลักดันให้เกิดการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012) โดยเป้าหมายสำคัญที่สุดของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคือการเป็นผู้รู้สะเต็ม (STEM literacy) (Bybee, 2010; National Research Council, 2012; Vasquez et al. ,2013)

นอกจากนี้เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาคือ เพื่อพัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (Lantz, 2009; Capraro et al., 2013) อันได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการร่วมมือรวมพลัง รวมทั้งมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง ความท้ายทายอีกประการหนึ่งของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาคือ การนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาพัฒนาคุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติและการตอบสนองต่อภาวะโลกร้อน โดยบทบาทสำคัญของสะเต็มศึกษาคือการทำความเข้าใจและส่งเสริมให้เกิดการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความเชื่อมโยงกับ เศรษฐกิจ การเมืองและสังคม จุดเน้นสำคัญอยู่ที่ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Awareness) และความเข้าใจกลไกของระบบนิเวศ การประยุกต์สมดุลของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติคุ้มค่า เช่น การบริโภคอาหาร การใช้เชื้อเพลิง เป็นต้น (Bybee, 2013)

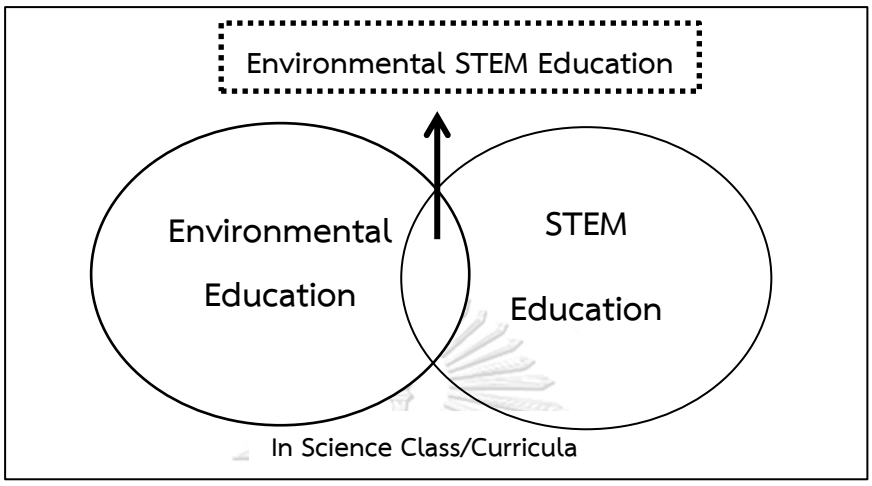
ในปี ค.ศ. 2001 สมาคมสิ่งแวดล้อมศึกษาแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ได้นำเสนอแผนการจัดการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Environment-Based Education for Lifelong Learning) โดยได้นำเสนอการจัดการศึกษาที่นำสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรียน สิ่งแวดล้อมรอบ ๆ โรงเรียนมาใช้เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนานักเรียนโดยเรียกว่าเป็น "การจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐาน (Environment-Based Education) เป็นการจัดการศึกษาที่มีรากฐานมาจากสิ่งแวดล้อมศึกษาโดยเป็นการจัดการศึกษาที่มีบริบทกว้างกว่าในขณะที่สิ่งแวดล้อมศึกษามุ่งเป้าหมายหลักไปที่การสร้างความรู้และทักษะพื้นฐานที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Stewardship) การศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานเน้นการจัดการเรียนการสอนผ่านเนื้อหาวิชาที่น่าสนใจเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้และสร้างบริบทการเรียนรู้ที่กว้างขึ้นสำหรับ และนำไปสู่การเรียนรู้ในบริบทของชุมชน โดยเน้นย้ำการบูรณาการสหสาขาวิชาของเนื้อหารายวิชา (Interdisciplinary Integration of Subject Matter) การเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาและประเด็นเป็นฐาน (Problem-and issue-based learning) การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิดสรรคนิยม (Constructivism Approach) และการเรียนรู้นำตนเอง (Self-Directed Learning) ซึ่งลักษณะสำคัญเหล่านี้จะนำไปสู่การพัฒนามุ่งเน้นให้นักเรียนกลายเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิตที่มีประสิทธิภาพ เป็นผู้นำชุมชนที่มีความคิดรอบคอบและเป็นบุคคลที่มีส่วนร่วมในการดูแลสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมรอบตัว (Hollweg et al., 2011)

ต่อมาในปีค.ศ. 2015 สหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นองค์กรที่พัฒนาแนวคิดโครงการ Eco-School ที่เน้นการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐาน โดยมีโรงเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกาเข้าร่วมโครงการกว่า 5 ล้านโรงเรียนได้นำเสนอแนวคิดการจัดการเรียนการสอนต่อยอดจากโครงการ Eco-School โดยให้ชื่อว่า กรีนสะเต็มศึกษา (Green STEM Education) ซึ่งเป็นการนำแนวคิดในการสอนแบบสะเต็มศึกษามารวมกับการจัดการศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐาน โดยเล็งเห็นว่าความท้าทายของปัญหาสิ่งแวดล้อม น้ำสะอาด อากาศสดชื่น ตลอดจนถึงการอนุรักษ์สัตว์ป่าและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงและจะต้องส่งเสริมให้เด็กรุ่นใหม่เป็นผู้รู้สะเต็ม ทั้งนี้จากงานวิจัยต่าง ๆ ของ State Education and Environmental Round-table (SEER) การบูรณาการเนื้อหาสิ่งแวดล้อมเข้ากับหลักสูตรของโรงเรียน และแนวคิดการสอนโดยรวมมีผลเชิงบวกในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการประยุกต์การเรียนรู้ไปยังสถานการณ์ใหม่ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ดังนั้นการนำแนวคิดการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวมาใช้ในการกระตุ้นความสนใจในวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์จึงได้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษานั่นเอง (Soper et al., 2015)

ทั้งนี้เหตุผลสำคัญที่ NWF นำแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามาเป็นเครื่องมือในการจัดการศึกษาในปัจจุบันคือ มาตรฐานการศึกษาของระดับชาติและระดับรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาสนับสนุนการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานโดย Next Generation Science Standard (NGSS) ได้ระบุให้โรงเรียนจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานในการสอนสะเต็มศึกษา มาตรฐานเหล่านี้กล่าวถึง (1) การเรียนรู้เกี่ยวกับระบบธรรมชาติ การเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศและระบบนิเวศ (2) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้บริบท (3) การประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในโลกแห่งความเป็นจริงและ (4) การเชื่อมโยงการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยกรอบแนวคิดนี้เน้นการจัดการเรียนการสอนในเชิงลึกมากกว่าเชิงกว้างใช้กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อจัดประสบการณ์เรียนรู้โดยใช้มโนทัศน์หลักทางวิทยาศาสตร์มาช่วยสร้างการเรียนรู้เบื้องต้น (Prior Learning) และนำไปสู่การสร้างความเข้าใจเนื้อหาในเชิงลึก นอกจากนี้การศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานสนับสนุนการอ่านเพื่อสร้างมโนทัศน์ (reading conceptualization) และการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายหลักของ the Common Core State Standards (CCSS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา คือ การพัฒนาการคิดเชิงลึก การพัฒนามโนทัศน์ และการแก้ปัญหาโดยรูปแบบการจัดการศึกษานี้จะเน้นเรื่องการพิจารณาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบทำให้เข้าใจระบบที่ซับซ้อน ความพยายามในการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานคือเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกลุ่มของสถานการณ์เดียว (One Set of Circumstances) และการจัดการกับสถานการณ์ดังกล่าวทำให้นักเรียนได้แนวคิดหลักซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ เมื่อพิจารณาจากมาตรฐานของ NGSS และ เป้าหมายของ CCSS แล้ว แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาถือเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับการพัฒนาการศึกษาของทั้งสององค์กรเป็นอย่างมาก (Soper et al., 2015)

อนึ่ง แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาได้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมเชิงสะเต็มศึกษา (Environmental STEM Education) ที่นำเสนอโดย Kaya (2019) โดยเสนอให้ครูวิทยาศาสตร์นำสิ่งแวดล้อมศึกษามาบูรณาการเข้ากับสาขาวิชาของสะเต็มศึกษามีเป้าหมายสองประการ ได้แก่ ประการที่ 1 เพื่อพัฒนานวัตกรรมเชิงความคิดและเชิงวัตถุโดยต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ และสิ่งแวดล้อมรอบตัว กล่าวคือ เมื่อนักเรียนพัฒนาชิ้นงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแล้ว ชิ้นงานนั้นต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ประการที่ 2 คือ การหาวิธีเพื่อพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมและพัฒนาวิธีการเพื่อนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ได้มาจากการบูรณาการสี่สาขาวิชาไปแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมี

การเสนอกรอบแนวคิดของการนำสิ่งแวดล้อมศึกษามาบูรณาการกับแนวคิดสะเต็มศึกษาดังแผนภาพที่ 7



แผนภาพที่ 7 กรอบแนวคิดสิ่งแวดล้อมสะเต็มศึกษา Kaya (2019)

กล่าวโดยสรุปคือ แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดที่ผสานรวมระหว่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานเข้ากับแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ที่จะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตลอดจนออกแบบนวัตกรรมและนำชิ้นงานที่ได้ไปแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทสังคม ชุมชนที่อยู่รอบตัวเอง ทั้งนี้แนวคิดดังกล่าวได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนจากองค์กรทางสิ่งแวดล้อม โดยมีลักษณะและหลักการที่เป็นแนวปฏิบัติชัดเจนซึ่งศึกษาได้จากคู่มือ Green STEM: How Environment Based Education Boosts Student Engagement and Academic Achievement in Science, Technology, Engineering and Math โดยสหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2 ความหมายของแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดในการจัดการศึกษาที่เกิดจากการผสมผสานกันของแนวคิดสะเต็มศึกษาแบบดั้งเดิม (traditional STEM Education) เข้ากับการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐาน โดยจะกล่าวถึงแนวคิดคิดสะเต็มศึกษาและการจัดการศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐานตามลำดับ แนวคิดสะเต็มศึกษามีผู้ให้ความหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้หลายทรรศนะด้วยกัน ดังนี้

Breiner et al. (2012) กล่าวว่าแนวคิดสะเต็มศึกษาคือ การจัดการศึกษาที่มีการบูรณาการข้ามสาระวิชาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

Vasquez et al. (2013) ให้ความหมายว่า แนวคิดสะเต็มศึกษาคือ การเรียนการสอนที่บูรณาการเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อเป้าหมายการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้เด็กเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในเรื่องที่เรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ให้ความหมายว่า แนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตประจำวันเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับเด็กในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

โดยสรุปแล้วแนวคิดสะเต็มศึกษาคือ แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมานำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและทักษะในสาขาวิชาไปพร้อมกัน

สหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษานี้มาผสมผสานกับการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานซึ่งเป็นการนำสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนและกิจกรรมนอกโรงเรียนมาเป็นส่วนช่วยในการจัดการศึกษา ในขณะที่สิ่งแวดล้อมศึกษา (Environmental Education) เน้นการพัฒนาความรู้และทักษะด้านสิ่งแวดล้อม การจัดการศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐานจะเน้นการนำเนื้อหาวิชาที่น่าสนใจมาพัฒนาทักษะการเรียนรู้เพื่อสร้างบริบททางการเรียนรู้ของนักเรียนและครูให้กว้างขึ้นนักเรียน การศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐานจะเน้นการบูรณาการเนื้อหาสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration of Subject Matter) การเรียนรู้ที่ใช้ประเด็นและปัญหาเป็นฐาน (Problem and Issues-based Learning Experience) และการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการเรียนรู้นำตนเอง (Self-Directed learning)

เมื่อนำการจัดการศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐานมารวมกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ได้เครื่องมือที่มีศักยภาพในการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน ทั้งนี้การเรียนรู้

ที่มีความเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริงจะเพิ่มโอกาสในการฝึกการแก้ปัญหา โดยลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา(Soper et al., 2015) มีดังนี้

(1) การเรียนรู้ที่เป็นสหวิทยาการเนื้อหาในวิชาเรียนถูกทำให้เชื่อมโยงกับธรรมชาติท้องถิ่นและสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม โดยลดข้อแตกต่างระหว่างสาขา

(2) ประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านโครงงานโดยนักเรียนได้รับการกระตุ้นความสนใจในกระบวนการเรียนรู้ผ่านการระบุปัญหาและการแก้ไขปัญหา การแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาของประเด็นต่าง ๆ และการสร้างชิ้นงานโดยมีผู้รับฟังที่นอกเหนือจากครูผู้สอน เพื่อให้งานของนักเรียนมีความหมายและมีคุณค่ามากขึ้น

(3) การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง จุดเน้นสำคัญของประสบการณ์การเรียนรู้จะมีมากกว่าความสนใจและปัญหาที่นักเรียนคิดขึ้น ทั้งนี้นักเรียนจะเป็นผู้เลือกว่าจะแก้ไขปัญหาใด

(4) แนวคิดสรรคนิยม นักเรียนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่จากกิจกรรมการเรียนรู้เดิม โดยถือเป็นการสร้างทักษะและความรู้จากประสบการณ์ที่เคยมีมาก่อน การสะท้อนคิดเป็นองค์ประกอบสำคัญในแต่ละกิจกรรมที่สร้างขึ้น โดยจะนักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง

สรุปได้ว่าแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาหมายถึง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ผสานระหว่างการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เสริมสร้างประสบการณ์ และเพิ่มแรงจูงใจ เพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมผ่านการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) เสนอโดย Seymour Papert ในปี ค.ศ. 1986 จากการประยุกต์ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ของ Jean Piaget โดยได้ต่อยอดทฤษฎีนี้และอธิบายว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้หากมีโอกาสเรียนรู้ผ่านการออกแบบ (Learning by Design) โดยการนำความรู้นั้นไปคิดสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อเทคโนโลยี วัสดุ และอุปกรณ์ที่เหมาะสม กระบวนการในการสร้างสรรค์ชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนได้เผชิญสถานการณ์ สภาพแวดล้อมและปัญหา โดยสถานการณ์ดังกล่าวจะช่วยให้สามารถแสดงความคิดออกมาเป็นรูปธรรมที่เห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้การวิพากษ์วิจารณ์ชิ้นงานของผู้เรียนหรือการได้นำชิ้นงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นไปใช้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายมากขึ้น ทั้งนี้วัสดุอุปกรณ์ทุกประเภทสามารถนำมา

สร้างสรรค์ชิ้นงานได้ตามความเหมาะสมของผู้เรียนและบริบทโดยมีความสำคัญอยู่ที่ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกแก้ปัญหา ฝึกความอดทนและได้เรียนรู้การบูรณาการความรู้หลาย ๆ ด้าน

ทั้งนี้จากทฤษฎีของ Papert (1986) การเรียนรู้ของมนุษย์ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนรับโครงสร้างความรู้เข้าไปภายในสมองของตนเองแล้วเกิดการแปลความหมายของประสบการณ์ที่กลายเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง

2) กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติตัวเอง ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการแปลความหมายของสิ่งที่ตนได้รับจากประสบการณ์นั้น โดยนำความรู้ไปใช้สร้างชิ้นงานขึ้นมาด้วยความชอบหรือความถนัดของตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างด้วยตนเองได้ดีขึ้น การที่ผู้เรียนได้มีโอกาสเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองด้วยความสนใจ และความต้องการของตัวผู้เรียนเองนี้จะส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานสอดคล้องกับแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นแนวคิดของการสอนแบบบูรณาการหลายสาขาวิชาเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้หลากหลายด้าน เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อนำความรู้ที่ได้มาออกแบบการสร้างชิ้นงานหรือสร้างเทคโนโลยี โดยเชื่อว่าการที่ผู้เรียนจะออกแบบชิ้นงานใดชิ้นงานหนึ่งได้ผู้เรียนต้องสามารถใช้ความรู้ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ในการออกแบบหรือการนำเสนอชิ้นงาน นอกจากนี้ผู้เรียนจะได้รับการฝึกให้คิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหาและปรับปรุงชิ้นงานผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4 หลักการจัดการเรียนการสอนแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

หลักสำคัญของแนวคิดสะเต็มศึกษาดั้งเดิม คือ การเรียนการสอนที่ผ่านการบูรณาการ 4 สาขาวิชา อันประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ (Science) ที่ศึกษาปรากฏการณ์รอบ ๆ ตัว รวมไปถึงข้อเท็จจริง หลักการ แนวคิดหรือกฎที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์ โดยอาศัยกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) (Bybee, 2010) วิชาเทคโนโลยี (Technology) ที่ประยุกต์ความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยอาศัยกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ที่ประยุกต์ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี มาใช้ในการออกแบบ สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกหรือผ่อนแรงในการทำงานของมนุษย์ และวิชาคณิตศาสตร์

(Mathematics) ที่ศึกษารูปแบบและความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขผ่านการคำนวณ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาและต่อยอดทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ โดยเมื่อสมาพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) ประเทศสหรัฐอเมริกาเสนอแนวคิดการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาจึงได้นำเสนอหลักการของการจัดการเรียนตามแนวคิดดังกล่าว 4 ประการ ดังนี้

1) นักเรียนต้องสามารถระบุปัญหาสิ่งแวดล้อมตามสภาพจริง โดยเป็นปัญหาที่อยู่ในบริบทชีวิตจริง หรือรอบโรงเรียนแล้วใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process) ประกอบด้วย ระบุปัญหา (Define the Problems) ค้นหาข้อมูลของปัญหา (Conduct Background Research) พัฒนาแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา (Develop multiple ideas for solution) สร้างตัวต้นแบบ (Create Prototypes) ทดสอบและประเมินการทดสอบ (Test and Evaluate) และ การออกแบบใหม่อีกครั้ง (Redesign) ขั้นที่ต้องให้ความสำคัญมากคือ วิเคราะห์ ออกแบบใหม่ และทดสอบอีกครั้งจนกว่าจะได้วิธีการที่แก้ไขปัญหาได้

2) นักเรียนต้องใช้กระบวนการสืบสอบที่เน้นการลงมือปฏิบัติ (Hands-On Inquiry) และ การสำรวจปลายเปิด (Open-Ended Exploration) นอกจากนี้ยังมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มตัดสินใจร่วมกันเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหา นักเรียนสื่อสารกันเพื่อแบ่งปันแนวคิดและการนำตัวต้นแบบมาปรับปรุงอีกครั้งและควรมีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

3) ครูกระตุ้นความสนใจนักเรียนในทางที่มีความหมายและสร้างสรรค์ ในการทำงานเป็นทีม เพื่อพัฒนาการทำงานร่วมกัน โดยเป็นการทำงานร่วมกันตามสภาพสิ่งแวดล้อมจริง (Authentic Work Environment) เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอิงท้องถิ่นหรืออิงสถานที่

4) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาสามารถใช้ได้กับทุกเนื้อหาวิชา สามารถเชื่อมโยงและบูรณาการเนื้อหา ภาษา สังคมศึกษา คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยนำเนื้อหาวิชาต่าง ๆ มาบูรณาการจะทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีความหมายมากขึ้น

2.5 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเนื่องจากแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาพัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษาดั้งเดิมซึ่งมีลักษณะสำคัญคือการจัดการเรียนการสอนโดยใช้

กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมทั้งนี้สหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2015 ได้นำเสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนไว้ได้แก่ ระบุปัญหา (Identify problem) ค้นหาข้อมูล (Conduct background research) สร้างตัวต้นแบบ (Create Prototypes) ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงตัวต้นแบบ (Test, Evaluate and Redesign) จากการสืบค้นข้อมูลของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมได้มีนักวิจัยทางการศึกษา นักการศึกษา และองค์กรทางการศึกษาเสนอขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมได้อย่างสอดคล้องกัน ดังนี้

National Center for Technological Literacy (2004) เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตั้งคำถาม (Ask) ระบุปัญหาและเงื่อนไขข้อจำกัดในการแก้ปัญหา

2) ขั้นจินตนาการ (Imagine) หาแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาโดยระดมความคิด เลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

3) ขั้นวางแผน (Plan) วางแผนโดยอาจสร้างเป็นแผนภาพวิธีการ กำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

4) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) ลงมือปฏิบัติการดำเนินงาน สร้างชิ้นงานหรือวิธีการตามแผนการที่วางไว้ รวมถึงการทดสอบชิ้นงาน

5) ขั้นปรับปรุง (Improve) ปรับปรุงชิ้นงานและสร้างขึ้นมาใหม่อีกครั้งให้ดีกว่าเดิม และทำการทดสอบอีกครั้งนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Capraro et al. (2013) เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (Identify Problem and Constraints) นำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนปัญหาจากสถานการณ์การแก้ปัญหาดังกล่าว

2) ขั้นศึกษาค้นคว้า (Research) จัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้และการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดกระทำข้อมูล รวมทั้งการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์

3) ขั้นคิดออกแบบ (Ideate) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยให้มีความคิดหลากหลายมากที่สุด รวมทั้งระบุความเป็นไปได้ในแต่ละความคิดอย่างมีเหตุผล

4) ขั้นวิเคราะห์ความคิด (Analyses Ideas) วิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบโดยมีเป้าหมายเพื่อการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ และสอดคล้องกับข้อจำกัดโดยอาจเลือกวิธีการแก้ปัญหาวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือประมวลมาจากวิธีการแต่ละแบบ

5) ขั้นสร้างชิ้นงาน(Build) สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่า ตัวต้นแบบ (Prototype) โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

6) ขั้นทดสอบและปรับปรุง (Test and Refine) ทดสอบตัวต้นแบบว่าสามารถบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือไม่ ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลว่าตัวต้นแบบมีข้อบกพร่องอย่างไร ปรับปรุงและพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นจนสามารถบรรลุเกณฑ์ชี้วัด ทดสอบและปรับปรุงอีกครั้งไปเรื่อย ๆ เป็นวงจร จนกว่าจะได้ตัวต้นแบบสุดท้ายที่บรรลุเกณฑ์ชี้วัด และสอดคล้องกับข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

7) ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (Communicate and Reflect) นำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบการแก้ปัญหา เป็นการเผยแพร่ความคิดสู่สังคม ซึ่งต้องใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยี สารสนเทศในการหาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เผยแพร่ความคิดในลักษณะของนิทรรศการหรือการเผยแพร่สู่โลกออนไลน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Reeve (2015) เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุสถานการณ์ (Identify a Challenge) เสนอสถานการณ์ที่นำไปสู่ความท้าทายในการตั้งประเด็นปัญหา โดยมีเงื่อนไข และข้อจำกัดในการปัญหา

2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Explore Ideas) ค้นหาหรือสืบสอบความรู้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาตามประเด็นที่ตั้งไว้ ตลอดจนวิเคราะห์และคัดกรองข้อมูลที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

3) ขั้นวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ออกแบบวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน เลือกวิธีการและลงมือสร้างวิธีการหรือชิ้นงานขึ้นมาเพื่อนำไปแก้ปัญหาตามที่ตั้งไว้

4) ขั้นทดสอบและประเมินชิ้นงาน(Test and Evaluate) ทดสอบชิ้นงาน และประเมินชิ้นงานนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้ดีขึ้น

5) ขั้นนำเสนอผลการดำเนินงาน (Present the Solution) การออกแบบชิ้นงานและผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ได้และผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ได้

Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2016) โดยวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยโคโลราโดโบวเดอร์เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นถาม (Ask : Identify the Need and Constrains) ครูถามคำถามสำคัญที่ปัญหาที่ต้องการแก้ไข ลักษณะชิ้นงานที่อาจจะแก้ปัญหาได้ กลุ่มเป้าหมายที่นำชิ้นงานไปใช้จริง ข้อจำกัดและเป้าหมายของผู้เรียน

2) ขั้นค้นหา (Research: the Problem) นักเรียนค้นหาข้อมูลแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ การค้นหาชิ้นงานเคยถูกผลิตขึ้นแล้ว หรือมีเทคโนโลยีใดที่นำมาใช้พัฒนาชิ้นงานเพื่อให้เข้ากับความต้องการ

3) ขั้นจินตนาการ (Imagine: Develop Possible Solution) นักเรียนทำงานเป็นทีมในการแลกเปลี่ยนความคิด ระดมสมองเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่มีการสร้างแนวคิดและมีการสนทนา มุ่งประเด็นที่ลักษณะชิ้นงานที่ต้องการจะพัฒนา

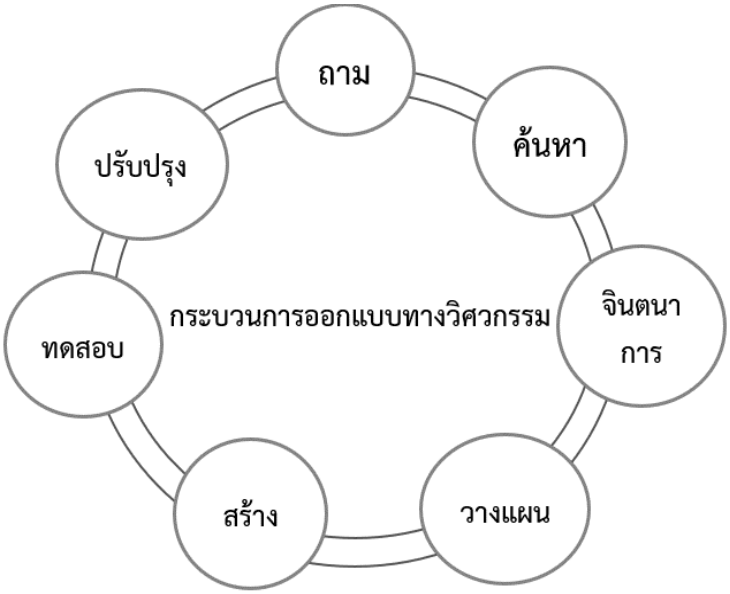
4) ขั้นวางแผน (Plan: Select a Promising Solution) นักเรียนหารือความต้องการกับกลุ่มอีกครั้ง แล้วเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดแล้วพัฒนาชิ้นงานตามวิธีการที่เลือก

5) ขั้นสร้างชิ้นงาน (Create: Build a Prototype) นักเรียนสร้างตัวต้นแบบจากแนวคิดที่ได้เลือกไว้ ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ช่วยตรวจสอบว่า การออกแบบในขั้นก่อนหน้าสามารถแก้ปัญหาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่

6) ขั้นทดสอบและประเมิน (Test: and Evaluate Prototype) นักเรียนทดสอบว่าตัวต้นแบบที่ได้สามารถทำงานได้ถูกต้องในสภาพจริง สื่อสารผลที่ได้และข้อมูลป้อนกลับ วิเคราะห์และพูดคุยประเด็นที่ไม่เป็นไปตามแผน ประเด็นที่ต้องปรับปรุงให้ตัวต้นแบบดีขึ้น

7) ขั้นปรับปรุง (Improve: Redesign as Needed) นักเรียนนำความคิดที่ได้จากการตกลงกันในขั้นก่อนหน้ามาปรับปรุงชิ้นงานและพัฒนาเพื่อให้บรรลุความต้องการที่วางไว้

โดยวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยโคโลราโดโบวเดอร์ได้นำเสนอแผนภาพของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่เป็นวงจรของขั้นตอนไว้ดังนี้



แผนภาพที่ 8 ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2016) โดยวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยโคโลราโดโบวเดอร์

ทั้งนี้เมื่อนำขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมที่นำเสนอโดยนักการศึกษาและองค์กรการศึกษาต่าง ๆ มาวิเคราะห์ความสอดคล้องจะได้ผลตามตารางที่ 3 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3 รายละเอียดขั้นตอนในกระบวนออกแบบทางวิศวกรรม

1. National Center for Technological Literacy (2004)	2. Capraro et.al. (2013)	3. Reeve (2015)	4. Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2016)
ขั้นตั้งคำถาม (ask) ระบุปัญหาและเงื่อนไขข้อจำกัดในการแก้ปัญหา	ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (Identify problem and Constraints) นำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนตั้งปัญหาจากสถานการณ์การแก้ปัญหาดังกล่าว	ขั้นระบุสถานการณ์ (Identify a Challenge) เสนอสถานการณ์ที่นำไปสู่ความท้าทายในการตั้งประเด็นปัญหา โดยมีเงื่อนไข และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา	ขั้นถาม (Ask : Identify the Need and Constrains) ครูถามคำถามสำคัญที่ ปัญหาที่ต้องการแก้ไข ลักษณะชิ้นงานที่อาจจะแก้ปัญหาได้
ขั้นจินตนาการ (Imagine) หาแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา โดยระดมความคิดเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด	ขั้นศึกษาค้นคว้า (Research) จัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้และปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์	ขั้นค้นหาแนวคิด (Explore Ideas) ค้นหาหรือสืบสอบความรู้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาตามประเด็นที่ตั้งไว้ ตลอดจนวิเคราะห์และคัดกรองข้อมูลที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	ขั้นค้นหา (Research: the Problem) นักเรียนค้นหาข้อมูลแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ การค้นหาชิ้นงานเคยถูกผลิตขึ้นแล้ว หรือมีเทคโนโลยีใดที่นำมาใช้พัฒนาชิ้นงานเพื่อให้เข้ากับความต้องการ
ขั้นวางแผน (Plan) วางแผนโดยอาจสร้างเป็นแผนภาพวิธีการ กำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้	ขั้นคิดออกแบบ Ideate) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยให้มีความคิดหลากหลายมากที่สุด รวมทั้งระบุความเป็นไปได้ในแต่ละความคิดอย่างมีเหตุผล ขั้นวิเคราะห์ความคิด (Analyses Ideas) วิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ และสอดคล้องกับข้อจำกัดโดยเลือกวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือประมวลมาจากวิธีการแต่ละแบบ	ขั้นวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ออกแบบวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน เลือกวิธีการและลงมือสร้างวิธีการหรือชิ้นงานขึ้นมา เพื่อนำไปแก้ปัญหาตามที่ตั้งไว้	ขั้นจินตนาการ (Imagine: Develop Possible Solution) นักเรียนทำงานเป็นทีมในการแลกเปลี่ยนความคิด ระดมสมองเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่มีการสร้างแนวคิดและมีการสนทนา มุ่งประเด็นที่ลักษณะชิ้นงานที่ต้องการจะพัฒนา ขั้นวางแผน (Plan: Select a Promising Solution) นักเรียนหารือความต้องการกับกลุ่มอีกครั้ง แล้วเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดแล้วพัฒนาชิ้นงานตามวิธีการที่เลือก

1. National Center for Technological Literacy (2004)	2. Capraro et.al. (2013)	3. Reeve (2015)	4. Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2016)
ขั้นสร้างสรรค์ (Create) ลงมือปฏิบัติการดำเนินงาน สร้างชิ้นงานหรือวิธีการตามแผนการที่วางไว้ รวมถึงการทดสอบชิ้นงาน	ขั้นสร้างชิ้นงาน(Build) สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่าตัวต้นแบบ (Prototype) โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์		ขั้นสร้างชิ้นงาน (Create: Build a Prototype) นักเรียนสร้างตัวต้นแบบจากแนวคิดที่ได้เลือกไว้ ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ช่วยตรวจสอบว่า การออกแบบในขั้นก่อนหน้าสามารถแก้ปัญหาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่
ขั้นปรับปรุง (Improve) ปรับปรุงชิ้นงานและสร้างขึ้นมาใหม่อีกครั้งให้ดีกว่าเดิม และทำการทดสอบอีกครั้งนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ดีขึ้น	ขั้นทดสอบและปรับปรุง (Test and Refine) ทดสอบตัวต้นแบบว่าสามารถบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือไม่ ตรวจสอบว่ามีข้อบกพร่องอย่างไร ปรับปรุงและพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นจนสามารถบรรลุเกณฑ์ชี้วัด ทดสอบและปรับปรุงอีกครั้งจนกว่าจะได้ตัวต้นแบบสุดท้ายที่บรรลุเกณฑ์ชี้วัดและสอดคล้องกับข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	ขั้นทดสอบและประเมินชิ้นงาน (Test and Evaluate) ทดสอบชิ้นงาน และประเมินชิ้นงานนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้ดีขึ้น	ขั้นทดสอบและประเมิน (Test: and Evaluate Prototype) นักเรียนทดสอบว่าตัวต้นแบบที่ได้สามารถทำงานได้ถูกต้องในสภาพจริง สื่อสารผลที่ได้และข้อมูลป้อนกลับ วิเคราะห์และพูดคุยประเด็นที่ไม่เป็นไปตามแผน ประเด็นที่ต้องปรับปรุงให้ตัวต้นแบบดีขึ้น ขั้นปรับปรุง (Improve: Redesign as Needed) นักเรียนนำความคิดที่ได้จากการตกลงกันในขั้นก่อนหน้ามาปรับปรุงชิ้นงานและพัฒนาเพื่อให้บรรลุความต้องการที่วางไว้
	ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (Communicate and Reflect) นำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบการแก้ปัญหา เป็นการเผยแพร่ความคิดสู่สังคม ซึ่งใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการหาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อเผยแพร่ความคิดในลักษณะของนิทรรศการหรือการเผยแพร่สู่โลกออนไลน์	ขั้นนำเสนอผลการดำเนินงาน (Present the Solution) การออกแบบชิ้นงานและผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ได้และผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ได้	

จากตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดของขั้นตอนที่ใช้ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยนักการศึกษาหรือองค์กรทางการศึกษา เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมมีความสอดคล้องกันดังขั้นตอนต่อไปนี้ต้องให้สถานการณ์ที่สามารถระบุปัญหาและตั้งคำถามรวมถึงการมีข้อจำกัด มีการสืบค้นข้อมูลหรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาได้ หลังจากนั้นมีการกระตุ้นเพื่อนำไปสู่การจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด วางแผนการทำงานเพื่อสร้างตัวต้นแบบ สร้างตัวต้นแบบตามที่วางแผนไว้ตลอดจนการทดสอบประสิทธิภาพของตัวต้นแบบที่สร้างเสร็จ รวบรวมข้อมูลป้อนกลับจากการประเมินรวมถึงนำไปปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตามพบว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่เสนอโดยกลุ่ม Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 ของวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์มหาวิทยาลัยโคโลราโดโบวเดอร์ในปี ค.ศ. 2016 มีความสอดคล้องกับแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาที่เสนอสหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2015 จากหนังสือ “Green STEM Guidebook How environment-based education boosts Students engagement and learning achievement in Science, Technology, Engineering and Math” กล่าวคือ ขั้นตอนดังกล่าว เริ่มจากการกระตุ้นด้วยคำถามจากการให้สถานการณ์ที่เป็นปัญหา การสืบค้นหรือจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่นำไปสู่การสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การคิดหาวิธีการแก้ปัญหา การจินตนาการระดมสมองแลกเปลี่ยนความคิดในการหาวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนเพื่อสร้างตัวต้นแบบเพื่อสร้างชิ้นงานตลอดจนการประเมินชิ้นงานที่สร้างสำเร็จและการปรับปรุงชิ้นงานหลังจากนำไปทดสอบ การดำเนินงานตามแผนงานดังกล่าวจนสำเร็จลุล่วง นอกจากขั้นตอนการออกแบบนี้ทางวิศวกรรมที่ว่านี้ยังเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมกล่าวคือ ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ เริ่มจากสถานการณ์ปัญหาที่อ้างอิงจากบริบทรอบตัวนักเรียนและเชื่อมโยงกับการเรียนการสอนที่อิงสถานที่นำไปสู่ขั้นถามที่ฝึกให้นักเรียนได้ระบุประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ขั้นการค้นหาจะทำให้นักเรียนสืบค้นและเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาสร้างเป็นองค์ความรู้ด้วยตัวเอง นักเรียนได้มีโอกาสวิเคราะห์ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ขั้นจินตนาการและวางแผนนำไปสู่การฝึกประเมินการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพตลอดจนการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาและลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยการพัฒนาตัวต้นแบบแล้วนำไปทดสอบและประเมินในขั้นเหล่านี้นักเรียนจะเห็นปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทที่นักเรียนอาศัยอยู่ หาวิธีแก้ปัญหาซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันก็ส่งผลต่อการพัฒนาพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะตามมาได้ สรุปได้ว่ากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามขั้นตอนของกลุ่ม Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 มีลักษณะที่เหมาะสมและสอดคล้องกับ

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาและเอื้อต่อการส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมได้โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นถาม (Ask) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทจริงและกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามโดยใช้สถานการณ์ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าว

ขั้นที่ 2 ขั้นค้นหา (Research) นักเรียนสืบค้นข้อมูลความรู้จากกิจกรรมสืบสอบที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเป็นกลุ่ม เช่น กิจกรรมการสำรวจปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน กิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำ กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อบอกคุณภาพอากาศ เป็นต้น วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ขั้นที่ 3 ขั้นจินตนาการ (Imagine) นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดด้วยการระดมสมองเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้สืบค้น และร่างตัวต้นแบบเบื้องต้นโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อมผ่านการให้คำแนะนำจากครูผู้สอน

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผน (Plan) นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อปรับปรุงร่างตัวต้นแบบเบื้องต้น แล้วนำเสนอแบบร่างตัวต้นแบบ ร่วมกันวางแผนและบทบาทหน้าที่ในการสร้าง ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงตัวต้นแบบตามลำดับ

ขั้นที่ 5 ขั้นสร้างชิ้นงาน (Create) นักเรียนสร้างตัวต้นแบบจากร่างตัวต้นแบบที่กลุ่มเลือก

ขั้นที่ 6 ขั้นทดสอบและประเมิน (Test and Evaluate) นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในสภาพจริง รวบรวมข้อมูลป้อนกลับในด้านประสิทธิภาพของตัวต้นแบบและผลกระทบต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อม

ขั้นที่ 7 ขั้นปรับปรุง (Improve) นักเรียนนำข้อมูลป้อนกลับไปปรับปรุงตัวต้นแบบ ทดสอบประสิทธิภาพอีกครั้ง นำเสนอชิ้นงานต่อสมาชิกในห้องเรียน

ทั้งนี้ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมได้มีการกล่าวถึงการสร้างตัวต้นแบบ (Prototype) จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า Gero (1990) ได้ให้คำนิยามของตัวต้นแบบ (Prototype) ในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมไว้ว่า หมายถึง แบบจำลอง (Model) หรือผลิตภัณฑ์ชิ้นแรก (Early Product) ที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อทดสอบแนวคิดหรือกระบวนการเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ตัวต้นแบบจะทำมาใช้ในการประเมินกระบวนการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้ได้ตรวจสอบการใช้งานเบื้องต้นผ่านการทดสอบก่อนนำไปใช้งานในบริบทจริงและเพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจโดยผ่านการวิเคราะห์จากผู้ใช้ ประโยชน์ของการมีตัวต้นแบบคือเป็นการเพื่อให้นำไปทดสอบได้ในบริบทจริง (Specification for a Real) มากกว่าการออกแบบที่เป็นเพียงทฤษฎี (Theoretical Design) การออกแบบตัวต้นแบบเป็นกระบวนที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างและการประเมินแนวคิด

นอกจากนี้องค์กร Science Buddies ของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานสำหรับนักเรียนในระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลายได้ให้ความหมายของตัวต้นแบบในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมไว้ว่า เป็นการรูปแบบหนึ่งของปฏิบัติงานเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา โดยมักสร้างขึ้นจากวัสดุที่ราคาถูกและหาง่ายมากกว่ารูปแบบที่สำเร็จแล้ว (Final Version) โดยตัวต้นแบบนี้จะถูกนำไปทดสอบเพื่อประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา และผลป้อนกลับ การสร้างตัวต้นแบบทำเพื่อทดสอบ ยังไม่ถือว่าเป็นชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาสุดท้าย ดังนั้นจากการให้นิยามของวิศวกรและองค์กรที่เกี่ยวกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ จึงสรุปได้ว่า ตัวต้นแบบในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมคือ ผลิตภัณฑ์ชิ้นแรกที่ได้มีการสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ระบุไว้ในขั้นต้น

2.6 การปฏิบัติที่เป็นเลิศของกรีนสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาได้รับการส่งเสริมจากสหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องมาจากโครงการ Eco-School โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นตัวอย่างและแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้กับโรงเรียนต่าง ๆ ที่ต้องการนำแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาไปใช้ โดยได้คัดสรรการปฏิบัติที่เป็นเลิศจากโรงเรียนต่าง ๆ ที่เข้าร่วมโครงการในช่วง ค.ศ. 2013-2014 และรวบรวมเป็นแนวการปฏิบัติกิจกรรมที่เป็นเลิศและเผยแพร่ในปี ค.ศ. 2015 กิจกรรมการปฏิบัติที่เป็นเลิศนี้สรุปได้เป็น 2 รูปแบบดังต่อไปนี้

รูปแบบที่ 1 กิจกรรมที่จัดขึ้นในชั้นเรียนและขยายผลเป็นชมรมที่จัดขึ้นในโรงเรียน กรณีศึกษาตัวอย่างที่ 1 “The Vertical Hydroponic Gardening in an Urban Settings” โดย Aaron Bell โรงเรียนมัธยมปลาย Maspeth เมือง Queens รัฐนิวยอร์ก

ตารางที่ 4 กรณีศึกษาที่ 1 ของกิจกรรมการปฏิบัติที่เป็นเลิศของกรีนสะเต็มศึกษา

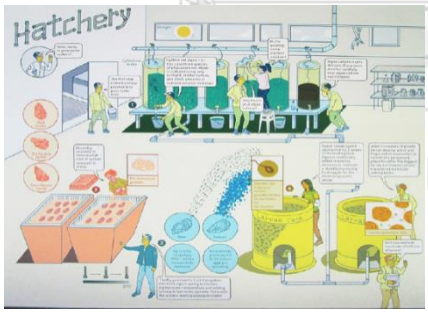
รายละเอียดกิจกรรม	จุดเน้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา
กิจกรรมการพัฒนานวัตกรรมการสร้างเครื่องปลูกพืชโดยไม่ใช่ดินในแนวตั้ง โดยการใช้หลักการ Window-farm กิจกรรมนี้เริ่มจากชั้นเรียนชีววิทยาในการสอนเรื่องการตอบสนองของพืชต่อแสดง (Phototropism) มีกิจกรรมให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจาก	**วิทยาศาสตร์** การสืบสอบการอนุรักษ์สสาร กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ชีวเคมีในเนื้อหา pH ธาตุอาหารสำรองของพืช ความแตกต่างของสารอาหารในสิ่งมีชีวิต

รายละเอียดกิจกรรม	จุดเน้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา
เว็บไซต์ออนไลน์แล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการปลูกพืชโดยไม่ใช่ดินและมีข้อจำกัดคือ การปลูกในห้องกระจก วัตถุประสงค์ของกิจกรรมคือ นักเรียนสามารถใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อสร้างระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบฟาร์มหน้าต่างและทำการทดลองระบบต่าง ๆ จนได้ ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบฟาร์มหน้าต่างที่มีประสิทธิภาพ Windowfarm in Aaron Bell's science classroom at Maspeth High School. Photo: Aaron Bell	พวก Autotroph และ Heterotroph การตอบสนองของพืชต่อและสายใยอาหาร **เทคโนโลยี** การสืบค้น การสร้างการนำเสนอเนื้อหารูปแบบต่าง ๆนวัตกรรม Window-farm ในเกษตรกรรม **วิศวกรรมศาสตร์** การสร้างระบบ Window-farm การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเมื่อใช้การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เช่นการกำจัดศัตรูพืช การออกแบบและสร้างระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยตนเอง **คณิตศาสตร์** การวัด การแก้โจทย์ปัญหาพีชคณิตและเรขาคณิตเพื่อการจัดการที่ว่าง การเจริญเติบโตของพืชประชากรและขนาด

มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปแบบที่ 2 กิจกรรมที่จัดขึ้นในรูปแบบค่ายสำรวจชุมชนในบริบทท้องถิ่น กรณีศึกษาตัวอย่างที่ 2 กิจกรรม “Billion Oyster Project” โดย Samuel Janis โรงเรียนมัธยม New York Harbor เมือง Governor’s island รัฐนิวยอร์ก

ตารางที่ 5 กรณีศึกษาที่ 2 ของกิจกรรมการปฏิบัติที่เป็นเลิศของกรีนสะเต็มศึกษา

รายละเอียดกิจกรรม	จุดเน้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา
กิจกรรมการศึกษาหอยนางรมในท้องถิ่นอ่าวนิวยอร์ก นักเรียนได้ศึกษาสภาพน้ำเสียของเมืองจากการเก็บตัวอย่างน้ำและทดสอบน้ำเสียจากอ่าวนิวยอร์กและผลกระทบต่อชนิดพันธุ์ของหอยนางรม วงจรชีวิตและระบบนิเวศ In two hours, these oysters filtered a tank of algae-filled river water from the Chesapeake Bay, benefiting the entire ecosystem. Photo: Maryland Seafood เป้าหมายสำคัญคือเพื่อสร้างสภาพที่น่าเป็นอยู่ของ Keystone species และที่อยู่อาศัย ความสำคัญของหอยนางรมต่อระบบนิเวศในอ่าวนิวยอร์กและค้นหาแนวทางในการอนุรักษ์หอยนางรมและการปรับปรุงแก้ไขน้ำเสีย  	**วิทยาศาสตร์** ผลกระทบของมนุษย์ต่อทรัพยากรน้ำ วัฏจักรน้ำ วัฏจักรชีวิตของพืช **เทคโนโลยี** การนำเสนองานโดยใช้โปรแกรม Animoto และ iMovie **วิศวกรรมศาสตร์** การสร้างระบบกรงที่อยู่อาศัยให้หอยนางรม **คณิตศาสตร์** การคำนวณร้อยละ การวัดและการทำกราฟ

โดยสรุปแล้วการปฏิบัติเป็นเลิศของกิจกรรมกรีนสะเต็มศึกษาจะเป็นการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้สิ่งแวดล้อมรอบตัวนักเรียนมาจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนระบุปัญหาในบริบทท้องถิ่น โดยสร้างชิ้นงานผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม โดยพบว่าการปฏิบัติที่เป็นเลิศมีทั้งกิจกรรมในชั้นเรียนและพัฒนาเป็นชมรมและกิจกรรมนอกโรงเรียนที่นักเรียนได้มีโอกาสรับประสบการณ์โดยตรงกับสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว ซึ่งถือเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั่นเอง

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สิ่งแวดล้อม

(1) งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวกับการรู้สิ่งแวดล้อม

Febriasari and Supriatna (2017) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาในประเทศอินโดนีเซียด้วยการออกแบบการวิจัยในชั้นเรียนที่มีนักเรียนชาย 15 คน และหญิง 12 คน แบ่งองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ความตระหนัก และทักษะ พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยเพิ่มการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนได้

Karayol and Akaygun (2017) ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานต่อการรู้สิ่งแวดล้อมและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประเทศตุรกี ในรายวิชาชีววิทยาโดยพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมและเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับคะแนนก่อนเรียน คะแนนพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมและทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานช่วยส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน

(2) งานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวกับการรู้สิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ธีรดา หลงศิริ (2561) ได้พัฒนาหลักสูตรสถานที่เป็นฐานเรื่องวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อม ด้านความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ทักษะสติปัญญาทางสิ่งแวดล้อมและด้านจริยธรรมสิ่งแวดล้อมโดยใช้บริบทของจังหวัดระยองมาเป็นฐานในการพัฒนาหลักสูตรโดยจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดการใช้สถานที่เป็นฐาน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยหลักสูตรสถานที่เป็นฐานเรื่องวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเชื่อมโยงบริบทเข้ากับสถานที่ของจังหวัดระยองมีคะแนนเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมในภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรอนงค์ เดชโยธิน (2560) ศึกษาและเปรียบเทียบการรู้สิ่งแวดล้อม ด้านความรู้ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การสอนแบบโครงการที่เน้นการคิดแก้ปัญหากับการเรียนแบบปกติ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความรู้ด้าน

สิ่งแวดล้อม แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบโครงการที่เน้นการคิดแก้ปัญหา มีความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยรวมและได้คะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พัชรินทร์ ศรีคำ (2559) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดบริบทเป็นฐานต่อเจตคติทางสิ่งแวดล้อมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาชีวิตและสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า เจตคติทางสิ่งแวดล้อมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการสืบค้นข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สิ่งแวดล้อมพบว่า มีแนวโน้มการวิจัยเพื่อพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมโดยใช้รูปแบบของการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) และการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ที่มากขึ้นทั้งต่างประเทศและภายในประเทศโดยนำรูปแบบการเรียนการสอน แนวคิดการจัดการเรียนการสอน มาเป็นตัวแปรจัดกระทำผ่านการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนเพื่อมุ่งพัฒนาตัวแปรตามคือ การรู้สิ่งแวดล้อม แนวคิดการเรียนรู้ที่มีการวิจัยแล้วว่าสามารถพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ของการรู้สิ่งแวดล้อมมาแล้วได้แก่ แนวคิดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning Approach) แนวคิดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning Approach) แนวคิดการเรียนการสอนอิงสถานที่ (Place-Based Learning Approach)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนี้ยังพบว่า องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมหลาย ๆ องค์ประกอบได้ถูกนำมาเป็นตัวแปรตามโดยใช้แนวคิด และวิธีการสอนหลาย ๆ รูปแบบเช่น เจตคติด้านสิ่งแวดล้อม จิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม ความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ความตระหนักในการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น โดยมีการจัดการเรียนการสอนตามโดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-Based Learning Approach) การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สรุปได้ว่า มีการศึกษาและการทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนเพิ่มมากขึ้นทั้งในมิติด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาและการศึกษาวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้สิ่งแวดล้อม พบว่า การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียนต้องใช้กระบวนการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง การทำโครงงานที่

เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประสบการณ์ตรงกับสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่เน้นปัญหาเป็นฐานโดยเริ่มจากปัญหาสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหา นำไปสู่การแก้ปัญหา ตระหนักและเห็นความสำคัญของสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การนำบริบทสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวของนักเรียนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนก็ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม ซึ่งกิจกรรมที่ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมเหล่านี้ได้รับการปรับใช้ให้เหมาะสมกับการออกแบบการเรียนการสอนในงานวิจัยนี้

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

(1) งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

Heitkamp (2016) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการแสวงหาความรู้เชิงสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM-themed Environmental Investigations) ซึ่งใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาของสหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) มาเป็นฐานที่มีต่อการรู้สิ่งแวดล้อมที่ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ ความรู้สึก ทักษะ และพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการเก็บข้อมูลโดยใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบสอบถาม Middle School Environmental Literacy Survey (MSELS) และข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์นักเรียนในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเมื่อเรียนด้วยแนวคิดดังกล่าว และการสังเกตและจดบันทึกในการสะท้อนคิดของครูผู้สอน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความรู้และทักษะด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นแต่มีความรู้สึกและพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อมลดลงโดยผลการศึกษาทั้งสองข้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(2) งานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

Ua-Umakul and Chauwatchatuphon (2017) ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมผ่านการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยพัฒนานักเรียนกลุ่มที่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 แล้วใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนคือ (1)ระบุปัญหา (2)วิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหา (3)การสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (4)การสร้างโครงงานสะเต็มศึกษา และ (5)การประเมินวิธีการแก้ปัญหา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มสูงได้คะแนนมากกว่ากลุ่มปานกลางและกลุ่มต่ำ ตามลำดับ

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ได้พัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องอ้อยเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเนื้อหาระบบนิเวศ จำนวน 81 คน ผลการวิจัย พบว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 โดยเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังไม่พบว่ามีการนำแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาไปพัฒนาการเรียนการสอนในประเทศไทย แต่ก็พบว่ามีงานวิจัยที่ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษามาพัฒนาองค์ประกอบย่อย ๆ ของการรู้สิ่งแวดล้อม เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาที่มีรากฐานมาจากแนวคิดสะเต็มศึกษาและการจัดการศึกษาโดยใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฐานโดยมีลักษณะสำคัญคือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน การใช้ปัญหาเป็นฐานผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่คำนึงถึงบริบทรอบตัวที่ผู้เรียนอาศัยอยู่ ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวนี้จึงอาจจะพัฒนาองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมนำไปสู่การพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้สิ่งแวดล้อมต่อไป ในงานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาที่เสนอโดยสหพันธ์สัตว์ป่าแห่งชาติ (NWF) มาออกแบบและพัฒนาเป็นแผนการจัดการเรียนรู้โดยมุ่งหวังที่จะพัฒนาให้เกิดการรู้สิ่งแวดล้อมกับนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาที่มีต่อการรู้สิ่งแวดล้อมสามารถนำเสนอกรอบแนวคิดการวิจัยได้ ดังนี้

ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) (Papert, 1986) การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ผ่านการออกแบบ(Learning by design) โดยการนำความรู้นั้นไปคิดสร้างสรรค์ชิ้นงาน กระบวนการในการสร้างสรรค์จะช่วยให้ผู้เรียนได้เผชิญสถานการณ์และแก้ปัญหา และช่วยให้สามารถแสดงความคิดออกมาเป็นรูปธรรมชัดเจน

แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา(Green STEM Education)

(Soper, Fano, & Hammonds, 2015)

แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ผสานระหว่างการจัดการศึกษาที่เน้นสิ่งแวดล้อมเป็นฐานกับแนวคิดสะเต็มศึกษาแบบดั้งเดิม โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมและเพิ่มแรงจูงใจการสร้างนวัตกรรม ผ่านการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม(Engineering Design Process)

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนสร้างประสบการณ์เรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เน้นความตระหนักถึงบริบทของชุมชนและสังคม โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนของ Teach Engineering STEM Curriculum for K-12 (2016) ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นถาม (Ask: Identify the needs and constraints)
2. ขั้นค้นหา (Research the problems)
3. ขั้นจินตนาการ (Imagine: Develop Possible Solutions)
4. ขั้นวางแผน (Plan: Select a Promising Solution)
5. ขั้นสร้างผลงาน (Create: Build a prototype)
6. ขั้นทดสอบและประเมิน (Test and Evaluate Prototype)
7. ขั้นปรับปรุง (Improve: Redesign as Needed)

การรู้สิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy)

สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม

(Environmental Literacy Competencies)

ความสามารถในการระบุ วิเคราะห์ ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม ประเมินศักยภาพวิธีแก้ปัญหาในประเด็นต่าง ๆ ทางสิ่งแวดล้อม นำเสนอและให้หลักฐานการปฏิบัติที่ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม

พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

(Environmentally Responsible Behavior)

การมีส่วนร่วมทั้งพฤติกรรมด้านความตั้งใจ ที่จะจัดการเชิงนิเวศ การเชิญชวนและ การเป็นผู้บริโภคที่ดีเพื่อแก้ไขและป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม

แผนภาพที่ 9 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการวางแผนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. รูปแบบของการวิจัย
2. กลุ่มที่ศึกษา
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทดลองแบบการทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) มีกลุ่มที่ศึกษาเพียงกลุ่มเดียวและสมาชิกของกลุ่มที่ศึกษาไม่ได้มาจากกระบวนการสุ่มและไม่มีกลุ่มควบคุม (วรรณี แกมเกตุ, 2555) ใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) โดยมีกลุ่มที่ศึกษา 1 กลุ่มได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

$$O_1 \text{ ---------- } X \text{ ---------- } O_2$$

แผนภาพที่ 10 รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

O_1	หมายถึง	การประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน
X	หมายถึง	การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา
O_2	หมายถึง	การประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมหลังการจัดการเรียนการสอน

2. กลุ่มที่ศึกษา

2.1 กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คนที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในโครงการความเป็นเลิศของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ วิธีเลือกโรงเรียนและกลุ่มที่ศึกษาเป็นแบบ (Purposive Selection)

(1) การเลือกโรงเรียน

โรงเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โรงเรียนดังกล่าวใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มีการจัดการเรียนสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและมีห้องเรียนโครงการพิเศษ นักเรียนในโครงการนี้จะเรียนวิชาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำโครงงานหรือการทำวิจัยเป็นฐานจำนวน 2 คาบต่อสัปดาห์นอกเหนือจากวิชาบังคับ นอกจากนี้โรงเรียนยังมีแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น ห้องสมุดโรงเรียน และมีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เอื้ออำนวยให้นักเรียนมีความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลมีวัสดุ อุปกรณ์ มีสื่อการเรียนการสอน มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยและเพียงพอกับจำนวนนักเรียนในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งโรงเรียนตั้งอยู่ในชุมชนที่มีความเหมาะสมต่อการสำรวจตรวจสอบประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ เช่น รอบโรงเรียนมีแหล่งน้ำที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่องมลพิษทางน้ำ โรงเรียนอยู่ไม่ห่างจากแหล่งสัญจรที่มีการจราจรพลุกพล่านสามารถเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่องมลพิษทางอากาศ โดยสามารถนำมาประเด็นเหล่านี้มาเป็นจุดเริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาได้

(2) การเลือกกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ผู้วิจัยใช้การเลือกแบบเจาะจงเนื่องจากนักเรียนกลุ่มดังกล่าวศึกษาอยู่ในโครงการห้องเรียนความเป็นเลิศ นักเรียนมีความมุ่งหวังที่จะประกอบอาชีพด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีความสามาถในการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองและมีความรับผิดชอบต่อการเรียนเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากเหตุผลดังกล่าวนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจึงมีความเหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

รายละเอียดและขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ ดังแสดงต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในการวิจัยนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยจำนวน 2 แผน โดยมีขั้นตอนในการสร้างและพัฒนา เครื่องมือ ดังนี้

3.1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยว หลักการและแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาโดยอ้างอิงคู่มือจากคู่มือ Green STEM: How Environment Based Education Boosts Students Engagement and Academic Achievement in Science, Technology, Engineering and Math (Soper et al., 2015) เป็นหลักและศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา งานวิจัยนี้ใช้ขั้นตอนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Teach Engineering STEM curriculum for K-12 (Teach Engineering STEM Curriculum for K-12, 2016)

3.1.2 วิเคราะห์กิจกรรม บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเพื่อให้เป็นไปตามหลักการและแนวทางของกรีนสะเต็มศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นถาม		
ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อม กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามจากสถานการณ์ปัญหาทาง	1. นำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริง 2. กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามที่	1. วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ครูให้ข้อสังเกตด้วยความรู้เดิมของตนเอง

ขั้นตอนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
สิ่งแวดล้อมที่ครูนำเสนอ เชื่อมโยงสู่บริบทชุมชนของนักเรียน	นำไปสู่การสืบค้นเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม	2. ตั้งคำถามที่นักเรียนจำเป็นต้องสืบค้นในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม
2. ขั้นค้นหา		
นักเรียนสืบค้นข้อมูลความรู้จากกิจกรรมสืบสอบที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเป็นกลุ่ม เช่น กิจกรรมการสำรวจปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน กิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำ กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อบอกคุณภาพอากาศ เป็นต้น วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการสืบสอบเป็นกลุ่ม เช่น การทดลอง การสืบค้นข้อมูล เพื่อนำไปสู่การสืบสอบหาความรู้ วิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม 2. ชี้แนะให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	1. ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อรวบรวมข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยี รวมถึงวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม 2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
3. ขั้นจินตนาการ		
นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดด้วยการระดมสมองเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้สืบค้น และร่างตัวต้นแบบเบื้องต้นโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อมผ่านการให้คำแนะนำจากครูผู้สอน	1. กระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้เพื่อนำไปสู่การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา 2. กระตุ้นให้นักเรียนนำวิธีการแก้ปัญหาไปร่างตัวต้นแบบโดยแสดงรายละเอียดหรือกระบวนการทำงานของตัวต้นแบบ	1. แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดระดมสมองเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 2. กระตุ้นให้นักเรียนนำวิธีการแก้ปัญหาไปร่างตัวต้นแบบโดยแสดงรายละเอียดหรือกระบวนการทำงานของตัวต้นแบบ
4. ขั้นวางแผน		
นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อปรับปรุงร่างตัวต้นแบบเบื้องต้นแล้วนำเสนอแบบร่างตัวต้นแบบ วางแผนขั้นตอนการทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงตัวต้นแบบตามลำดับ	1. กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกร่างตัวต้นแบบที่ดีที่สุดโดยคำนึงถึงข้อจำกัด (Constraints) และความเป็นไปได้ (Feasibility) 2. กระตุ้นให้นักเรียนวางแผนและแบ่งบทบาทหน้าที่ในการสร้างตัวต้นแบบ ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงตัวต้นแบบ	1. อภิปรายเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกร่างตัวต้นแบบที่ดีที่สุดโดยคำนึงถึงข้อจำกัดและความเป็นไปได้ 2. วางแผนและแบ่งบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบในการสร้างตัวต้นแบบ ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงตัวต้นแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
5. ขั้นสร้างชิ้นงาน		
นักเรียนสร้างตัวต้นแบบจากร่างตัวต้นแบบที่กลุ่มเลือก	1. สังเกต ให้คำปรึกษาและดูแลความเรียบร้อยในการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 2. ให้นักเรียนบันทึกการทำงานในแต่ละขั้นตอนลงในแบบบันทึกกิจกรรม	1. ลงมือปฏิบัติตามแผนและบทบาทหน้าที่ที่วางไว้ 2. บันทึกการปฏิบัติงานลงในแบบบันทึกกิจกรรม
6. ขั้นทดสอบและประเมิน		
นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในสภาพจริง รวบรวมข้อมูลป้อนกลับในด้านประสิทธิภาพของตัวต้นแบบ	1. อำนวยความสะดวกในการทดสอบประสิทธิภาพของตัวต้นแบบ 2. กำหนดประเด็นและกระตุ้นให้นักเรียนบันทึกข้อมูลป้อนกลับของตัวต้นแบบและผลกระทบต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อม	1. ทดสอบประสิทธิภาพของตัวต้นแบบ 2. บันทึกข้อมูลป้อนกลับของตัวต้นแบบและผลกระทบต่อชุมชนหรือสิ่งแวดล้อมตามประเด็นที่ครูกำหนดให้ในแบบประเมินตัวต้นแบบ
7. ขั้นปรับปรุง		
นักเรียนนำข้อมูลป้อนกลับไปปรับปรุงตัวต้นแบบ ทดสอบประสิทธิภาพ และนำเสนอชิ้นงานต่อสมาชิกในห้องเรียน	1. ชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงตัวต้นแบบ 2. กำหนดประเด็นในการนำเสนอชิ้นงาน 3. จัดหาเวลาและสถานที่ให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานให้เพื่อนในชั้นเรียน	1. ปรับปรุงตัวต้นแบบและทดสอบประสิทธิภาพอีกครั้ง 2. นำเสนอชิ้นงานตามประเด็นที่ครูกำหนดด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การสาธิต การใช้วิดีทัศน์ 3. นำเสนอชิ้นงานต่อเพื่อนในชั้นเรียน

3.1.3 กำหนดเนื้อหา จำนวนคาบเรียน วัตถุประสงค์ของการเรียน สาระการเรียนรู้ เพื่อจัดทำแผนรายหน่วยสำหรับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา ดังตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ตามลำดับ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7 เนื้อหาในแผนรายหน่วยที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ชื่อเรื่อง	หน่วย	เนื้อหา	ชิ้นงาน	เวลา
น้ำเสียในคลองหลังโรงเรียน	1	สถานการณ์น้ำเสียในคลองภาษีเจริญ ปัญหาน้ำเสียที่ส่งผลต่อชุมชน ระบบนิเวศในน้ำและผลกระทบเมื่อน้ำเสีย การตรวจวัดคุณภาพน้ำ pH, DO, BOD เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย	สร้างนวัตกรรมบำบัดน้ำเสีย	8 คาบ
ปัญหาฝุ่นละอองในเมืองกรุง	2	สถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร PM 2.5 วัฏจักรของคาร์บอนและออกซิเจน การตรวจวัดคุณภาพอากาศ: ฝุ่นละออง ภัยร้ายของอากาศเสียต่อร่างกายมนุษย์	สร้างนวัตกรรมกรองฝุ่นละออง	9 คาบ
		รวม 17 คาบ		

ตารางที่ 8 จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ ความรู้และทักษะที่ต้องใช้สร้างชิ้นงานในแต่ละหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้

แผน	หัวข้อ	ประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม	รายละเอียดจุดเน้นเกี่ยวกับกรีนสะเต็มศึกษา
1.	น้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน (8 คาบ)	ปัญหาน้ำเสียถือว่าเป็นปัญหาสำคัญของกรุงเทพมหานครที่เกิดจากการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องจนทำให้เป็นปัญหาที่เรื้อรังมานานหลายปี คลองสาขามีคุณภาพเสื่อมโทรมอย่างต่อเนื่อง รวมถึงคลองภาษีเจริญและคลองสาขารอบชุมชนวัดปากน้ำภาษีเจริญซึ่งมีคุณภาพเสื่อมโทรมมากมีวัชพืชและขยะ	**วิทยาศาสตร์ (Science)** 1. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ 2. วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการผลิต EM-Ball

แผน	หัวข้อ	ประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม	รายละเอียดจุดเน้นเกี่ยวกับกรีนสะเต็มศึกษา
		มูลฝอยส่งผลกระทบต่อชุมชน กลิ่นน้ำเน่าและขยะต่าง ๆ ทำให้เสียทัศนียภาพ ที่ผ่านมานั้นหน่วยงานราชการได้แก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำคลองภาษีเจริญมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 จนถึงปัจจุบันโดยมีแนวทางสำคัญ 3 ด้าน ประกอบด้วย การควบคุมแหล่งน้ำเสียทั้งโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชน การอนุรักษ์ ฟื้นฟูคุณภาพน้ำ รวมถึงการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ส่งผลให้คุณภาพน้ำมีแนวโน้มที่ดีขึ้นระดับหนึ่ง แต่ยังคงไม่ไปเป็นตามมาตรฐาน หากนักเรียนเป็นทีมนักวิชาการของหน่วยงานราชการที่ดูแลเรื่องปัญหามลพิษทางน้ำนั้นนักเรียนจะออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร	**เทคโนโลยี (Technology)** 1. การประยุกต์นำอุปกรณ์หรือวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ญหาน้ำเสีย 2. การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ **วิศวกรรมศาสตร์(Engineering)** 1. การออกแบบการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่และข้อจำกัดด้านต่าง ๆ **คณิตศาสตร์ (Mathematics)** 1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลข 2. การใช้สถิติในการบันทึกคุณภาพน้ำจากพื้นที่ต่างๆ 3. การคำนวณค่าใช้จ่ายในการสร้างชิ้นงานที่คุ้มค่า **บริบทที่เกี่ยวกับชุมชน** 1. ตระหนักถึงการอนุรักษ์แหล่งน้ำชุมชนรอบโรงเรียน
2.	ปัญหาฝุ่นละอองในเมืองกรุง (9 คาบ)	ปัญหาสถานการณ์ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครโดยเฉพาะแหล่งชุมชนที่ใกล้ท้องถนนยังเป็นที่น่าเป็นห่วง ในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 มีการตรวจวัดฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานคร พบว่าการตรวจวัดค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงอยู่ที่ 61 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีขนาดสูงกว่ามาตรฐาน	**วิทยาศาสตร์ (Science)** 1. องค์ประกอบของอากาศเสีย มลพิษทางอากาศ PM 2.5 2. ผลกระทบของอากาศเสียต่อระบบต่าง ๆ ร่างกายของมนุษย์ เช่นระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น **เทคโนโลยี (Technology)** 1. การประยุกต์นำอุปกรณ์หรือวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผน	หัวข้อ	ประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม	รายละเอียดจุดเน้นเกี่ยวกับกรีนสะเต็มศึกษา
		ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคหอบหืด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคเยื่อบุตาอักเสบ และโรคผิวหนังที่อาจจะเกิดจากฝุ่นละออง หากนักเรียนเป็นทีมนักวิจัยเพื่อช่วยแก้ไขมลพิษอากาศ หรือต้องสร้างนวัตกรรมที่ช่วยป้องกันฝุ่นละออง และมลพิษของทางอากาศเพื่อใช้ในครัวเรือนในกรุงเทพมหานครนักเรียนจะออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างไร	เพื่อดักจับฝุ่นละอองหรือตรวจปริมาณฝุ่นละออง 2. การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับฝุ่นละออง **วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)** 1. การออกแบบการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่และข้อจำกัดด้านต่าง ๆ **คณิตศาสตร์ (Mathematics)** 1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลข 2. การดูข้อมูลทางสถิติคุณภาพอากาศ 3. การคำนวณค่าใช้จ่ายในการสร้างชิ้นงานที่คุ้มค่า **บริบทที่เกี่ยวกับชุมชน** 1. ตระหนักถึงผลเสียของมลพิษอากาศต่อชุมชนสังคมเมืองที่อาศัยอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.4 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยจำนวน 2 แผนจากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

3.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ (1) นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ (2) ผู้เชี่ยวชาญการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาจากสถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และ (3) ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสบการณ์จัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน ตรวจสอบความถูกต้องของสาระที่สอน ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (วรรณี แกมเกตุ, 2555) แล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้

และการประเมินการเรียนรู้มีค่ามากกว่า 0.5 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สรุปได้ ดังนี้

(1) ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ควรเพิ่มเติมคำถามให้มากขึ้นเพื่อให้นักเรียนคิด มากกว่าการระบุภาระงาน ว่าต้องทำอะไร หรือหลักการและเหตุผลในการผลิตชิ้นงาน

(2) ด้านเนื้อหาสาระ ควรเพิ่มเติมความรู้สึกเชิงจำนวน ในมิติการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ให้มากขึ้น โดยอาจจะเพิ่มให้คำนวณพื้นที่หรือเขียนแผนผังบริเวณที่ศึกษาและกำหนดมาตราส่วน

(3) คำแนะนำอื่น ๆ เสนอให้ออกแบบแบบบันทึกร่องรอยของนักเรียน ในรูปแบบของอนุทินของนักเรียนและพยายามเน้นทักษะเชิงบูรณาการมากกว่านี้ โดยเฉพาะทักษะศตวรรษที่ 21 และมีการเชื่อมโยงไปยัง STEM Career น่าจะมีคำถามปิดท้ายเกี่ยวกับมีการเชื่อมโยงหรือสะท้อนสิ่งที่ตัวเองเรียนรู้

3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการแก้ไขไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2561 ที่มิใช่กลุ่มที่ศึกษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อไปทดลองกับกลุ่มทดลองจริงซึ่งเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า บุคคลที่มีความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมและแนวโน้มจิตนิสัยที่ตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมจะมีแนวโน้มที่จะแสดงสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการพัฒนาพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งนำไปสู่การเป็นผู้รู้สิ่งแวดล้อมได้ (Hollweg et al., 2011) เนื่องจากความรู้และแนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อมส่งผลโดยตรงและทำให้เกิดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมสองส่วน ได้แก่ ตอนที่ 1 การประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม และตอนที่ 2 การประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นตอนใน (1) การสร้างเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลและ (2) การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.2.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตอนที่ 1 การประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม

แบบวัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมหมายถึงแบบวัดที่ใช้เพื่อวัดองค์ประกอบของสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อม 4 ประการ ได้แก่ (1) การระบุประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม (2) การวิเคราะห์ประเด็นปัญหา

ทางสิ่งแวดล้อม (3) ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (4) นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม โดยมีรูปแบบเป็นแบบสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ (Situational Test) ทำการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) โดยดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้างข้อคำถาม ดังนี้

(1) ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมในแง่ของความหมายและองค์ประกอบของ Hollweg et al. (2011) เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดลักษณะและโครงสร้างของแบบวัดรวมทั้งการกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนในข้อคำถาม

(2) นำนิยามและองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมที่ได้ศึกษาจากเอกสารมาใช้กำหนดลักษณะของการวัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมใช้เป็นรูปแบบข้อสอบอัตนัยซึ่งประกอบด้วยส่วนของสถานการณ์ปัญหา จำนวน 2 สถานการณ์และท้าทายให้นักเรียนใช้ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมและแนวโน้มจิตนิสัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยข้อคำถามมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม (Hollweg et al., 2011) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตัวชี้วัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและตัวอย่างข้อคำถาม

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัดพฤติกรรม
1. ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (Identifying environmental issues)	แยกแยะประเด็นทางสิ่งแวดล้อมออกจากประเด็นทางสังคมอื่น ๆ เช่น เศรษฐกิจ การเมือง
2. วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (Analyzing environmental issues)	วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม โดยประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายสาเหตุของปัญหาและทำนายผลกระทบที่จะเกิดขึ้น
3. ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (Evaluating potential solutions to environmental issues)	ประเมินศักยภาพ หรือความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาต่อประเด็นทางสิ่งแวดล้อม และตัดสินเกี่ยวกับสาเหตุและผลกระทบของประเด็นทางสิ่งแวดล้อม
4. นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม (Proposing and justifying actions to address environmental issues)	บอกวิธีการและเสนอกลยุทธ์ที่จะแก้ไขประเด็นและปัญหาทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักฐานที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และระบบสังคมการเมืองในการสนับสนุนวิธีการหรือข้อเสนอดังกล่าว

(3) สร้างข้อสอบตอนที่ 1 ตามลักษณะที่ได้กำหนดไว้เป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจำนวน 2 สถานการณ์ จำนวน 8 ข้อคำถาม โดยกำหนดคะแนนข้อละ 3 คะแนน รวมเป็น 24 คะแนน โดยมีตารางการวิเคราะห์ข้อสอบ (Table of specification) ดังนี้

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์สัดส่วนและข้อคำถามตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบ	ข้อคำถาม	ข้อที่	คะแนน
1. ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	จากข้อมูลในข่าวประเด็นทางสิ่งแวดล้อมคืออะไร นักเรียนจึงคิดว่าประเด็นดังกล่าวเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมเพราะอะไร	1,5	6
2. วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	นักเรียนคิดว่าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เกิดจากสาเหตุใดบ้างและหากยังไม่ได้รับการแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของคนและสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องในด้านใดบ้าง ให้ระบุสาเหตุและผลกระทบมาอย่างละ 3 ข้อ	2,6	6
3. ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนายเมฆาและนายวายุ นักเรียนคิดว่าวิธีไหนที่มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด เพราะเหตุใด	3,7	6
4. นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	หากนักเรียนต้องเป็นหนึ่งในทีมวิชาการที่ต้องแก้ปัญหาดังกล่าว นักเรียนจะได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าวได้อย่างไร จงระบุรายละเอียดของวิธีดังกล่าวมาอย่างน้อย 3 ข้อ	4,8	6
	รวม	8	24

ตอนที่ 2 การประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

การวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมจากองค์ประกอบทั้ง 4 ประการ ได้แก่ (1) การจัดการเชิงนิเวศ (2) การเชิญชวน (3) การเป็นผู้บริโภคที่ดี โดยใช้รูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยชนิดเลือกตอบ 2 ระดับที่ใช้วัดพฤติกรรมของนักเรียนก่อนทดลองและหลังทดลอง (Pretest-Posttest)

โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงสถานการณ์เลือกตอบ 2 ตัวเลือก เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกตอบในตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น โดยมีรายละเอียดการสร้างแบบวัดพฤติกรรมดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของความหมายและองค์ประกอบของ Hollweg et al. (2011) เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดองค์ประกอบพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 องค์ประกอบและนิยามของพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบ	นิยามขององค์ประกอบ Hollweg et al. (2011)
1. การจัดการเชิงนิเวศ (Eco-management)	การดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมโดยปัจเจกบุคคลเพื่อช่วยป้องกันหรือแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม
2. การเชิญชวน (Persuasion)	การกระทำเพื่อดึงดูดความสนใจ (Appeal to) ของผู้อื่นเพื่อช่วยป้องกันหรือแก้ไขประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยเชิญชวนในเชิงตรรกะ(logical) เชิญชวนเชิงอารมณ์(emotional) และเชิญชวนเชิงบังคับ (Coercion)
3. การเป็นผู้บริโภคที่ดี (Consumer action)	การซื้อ การขาย หรือการใช้จ่ายที่จะส่งผลต่อประเด็นทางสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อช่วยป้องกันหรือแก้ไขประเด็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม

(2) กำหนดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับนิยามและองค์ประกอบของพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของ Hollweg et al. (2011) ได้ดังตารางที่ 11 ตัวชี้วัดที่แสดงถึงพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อสร้างเป็นข้อคำถามเพื่อวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตัวชี้วัดที่แสดงพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

	1. การจัดการเชิงนิเวศ	2. การเชิญชวน	3. การเป็นผู้บริโภคที่ดี
1. ตัวชี้วัดที่แสดงถึงพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ***(หน่วย***	- เข้าร่วมกลุ่มเพื่อทำกิจกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของโรงเรียน	- แนะนำเพื่อนให้เลือกผู้สมัครประธานนักเรียนที่มีนโยบายเพื่ออนุรักษ์น้ำ	- ตักอาหารในปริมาณที่พอเหมาะ เพื่อไม่ให้เหลือทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ - ใช้แก้วหรือขวดน้ำ

	1. การจัดการเชิงนิเวศ	2. การเชิญชวน	3. การเป็นผู้บริโภคที่ดี
การเรียนรู้เรื่องน้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน)	- ปฏิบัติกิจกรรมรณรงค์เพื่อทำความสะอาดคลองภาษีเจริญและคลองสาขารอบโรงเรียน - ไม่ลอยกระทงเพื่อลดขยะและมลพิษต่อแหล่งน้ำ	- ปฏิบัติกิจกรรมรณรงค์เพื่อทำความสะอาดคลองภาษีเจริญและคลองสาขารอบโรงเรียน - บอกเพื่อนเกี่ยวกับข้อเสียของการทิ้งขยะลงในแม่น้ำ	เพื่อเติมน้ำดื่มแทนการซื้อน้ำบรรจุขวดเพื่อลดขยะพลาสติกและโอกาสทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ
2. ตัวชี้วัดที่แสดงถึงพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ***(หน่วยการเรียนรู้เรื่องปัญหาฝุ่นละอองในเมืองกรุง)***	- ปฏิเสธการใส่สินค้าในถุงพลาสติกเมื่อซื้อของปริมาณน้อยชิ้นหรือไม่จำเป็นเพื่อการเผาทำลายพลาสติก - ปฏิบัติกิจกรรมรณรงค์ลดการขับขี่ยานพาหนะ หรือการเผาขยะในชุมชนเพื่อลดมลพิษทางอากาศ	- จัดทำโปสเตอร์รณรงค์ลดการขับขี่ยานพาหนะ หรือการเผาขยะในชุมชนเพื่อลดมลพิษทางอากาศ - แนะนำคนอื่น ๆ ให้ใช้บริการขนส่งสาธารณะเพื่อเดินทางมาโรงเรียน	- ใช้บริการขนส่งสาธารณะเพื่อเดินทางมาโรงเรียน - เดินทางมาโรงเรียนด้วยการเดินหรือขี่จักรยาน

(3) สร้างข้อคำถามเพื่อวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม มีลักษณะเป็นแบบสอบวินิจฉัย 2 ระดับโดยใช้สถานการณ์ ในตอนที่ 1 จะมีตัวเลือก 2 ตัวเลือกที่แสดงพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและตอนที่ 2 จะมีที่ว่างให้เขียนเหตุผลในการเลือกตัวเลือกในตอนที่ 1 โดยผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ จำนวน 20 สถานการณ์ ประกอบไปด้วยสถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาน้ำเสีย จำนวน 10 ข้อ และปัญหาสถานการณ์มลภาวะทางอากาศ จำนวน 10 ข้อ

(4) สร้างเกณฑ์การกำหนดคะแนนพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเครื่องมือที่เป็นแบบเลือกตอบหลายระดับนั้น ในหนึ่งข้อนักเรียนต้องตอบคำตอบในหลายระดับ ผู้วิจัยจึงให้คะแนนตามการกำหนดรูปแบบการกำหนดคะแนนสำหรับการตอบของนักเรียนที่เสนอโดย Erdal (2016) ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (Erdal, 2016)

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงสถานการณ์	คะแนน	ตอนที่ 2 เหตุผลสนับสนุนการเลือกตอบ	คะแนน
ถูกต้อง	1	เหตุผลสนับสนุนถูกต้อง	1
ไม่ถูกต้อง	0	เหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้อง	0
ไม่เลือกคำตอบ	0	ไม่ตอบเหตุผล	0

3.2.2 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมได้รับการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การตรวจคุณภาพเครื่องมือโดยหาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิ โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

1.1 นำแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยข้อสอบย่อยเพื่อวัดองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมสองส่วน (ตอนที่ 1 สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม และตอนที่ 2 พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม) นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.2 นำแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ (1) อาจารย์จากสาขาวัดประเมินผลการศึกษาจากคณะครุศาสตร์ (2) อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ และ (3) อาจารย์จากภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยตรวจสอบคุณภาพความตรงของเนื้อหารายข้อ (Item Content Validity) พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Item Objective Congruence; IOC) โดยให้คะแนนเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

+1 หมายถึง มีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

-1 หมายถึง ไม่มีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

1.3 คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวชี้วัด (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) ในแต่ละข้อ รวมทั้งความถูกต้องและความชัดเจนของภาษาแล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผลการตรวจสอบ

ความตรงเชิงเนื้อหา โดยพบว่าแบบวัดมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวชี้วัดของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมมากกว่า 0.5 ทุกข้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) และคำนวณค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (The Content Validity Index; CVI) มีค่าเท่ากับ 0.86 ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สรุปได้ดังนี้

1. ด้านเนื้อหาของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม ปรับข้อคำถามให้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจากตัวชี้วัดข้อนั้น ๆ
2. ด้านเนื้อหาของพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ควรมีการปรับสถานการณ์ให้เหมาะสมกับบริบทที่ใกล้ตัวกับนักเรียน เพื่อนักเรียนเข้าใจและแสดงความตั้งใจในการแสดงออกพฤติกรรมนั้นได้อย่างชัดเจน

ขั้นที่ 2 การตรวจคุณภาพเครื่องมือโดยการนำไปทดลองใช้ (Try Out) และการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index; RAI) เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัย (Objectivity) ในการตรวจคำตอบ

2.1 นำแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมที่แก้ไขปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องโครงการสะเต็มศึกษา จำนวน 22 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มที่ศึกษาและสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและความเข้าใจเกี่ยวกับการทำแบบวัด

2.2 นำตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจำนวน 3 คนที่มีความสามารถแตกต่างกันมาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index; RAI) เพื่อความเป็นปรนัยในการตรวจคำตอบแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม โดยหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 2 ท่าน ได้แก่ (1) นักวิชาการด้านสิ่งแวดล้อมศึกษา (2) ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (รายนามดังภาคผนวก ก) กับผู้วิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (สูตรคำนวณ ดังแสดงในภาคผนวก ง) ผลการตรวจสอบคุณภาพสรุปว่า ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิกับผู้วิจัยคนที่ 1 เท่ากับ 0.86 และผู้ทรงคุณวุฒิกับผู้วิจัยคนที่ 2 เท่ากับ 0.85 และค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 และคนที่ 2 เท่ากับ 0.91 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องของผู้ประเมินโดยใช้แบบวัดนี้นำไปใช้ได้ (สุรชัย มีธาตุ, 2547)

ขั้นที่ 3 การตรวจคุณภาพเครื่องมือเพื่อหาความยาก (Difficulty; P) อำนาจจำแนก (Discrimination; r) และค่าความเที่ยงของครอนบาค (Reliability)

3.1 ตรวจคำตอบของนักเรียนกลุ่ม Try Out ทุกคนแล้วนำคะแนนที่ได้มาคำนวณเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดรายข้อด้วยการหาระดับความยาก (Level of Difficulty; P) โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.2-0.8 (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) ผลการตรวจสอบพบว่า ตอนที่ 1 (สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม) มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.33-0.77 และตอนที่ 2 (พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม) มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.45-0.85 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

3.2 นำคะแนนของนักเรียนที่ได้มาคำนวณเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (Power of Discrimination; r) โดยกำหนดค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป พบว่าตอนที่ 1 (สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและตอนที่ 2 (พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22 ขึ้นไป (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

3.3 วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมทั้งฉบับด้วยการตรวจสอบความเที่ยง (Reliability) ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 (Ebel, 1972)

3.4 นำแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมที่ปรับแก้ไขแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งก่อนนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 การเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยวัดการรู้สิ่งแวดล้อมด้วยแบบประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จากนั้นแนะนำรายวิชาเรียนชี้แจงจุดประสงค์วิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา บทบาทของครูและนักเรียนแก่กลุ่มที่ศึกษา

4.2 การดำเนินการทดลอง ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง (1) น้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน (2) ปัญหาฝุ่นละอองในเมืองกรุง เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวผู้วิจัยเองตามขั้นตอนดำเนินการทดลองรวมทั้งสิ้น 17 คาบเรียน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ซึ่งเป็นช่วงหลังจากที่นักเรียนสอบปลายภาคเรียนประจำปีการศึกษาที่ 2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและทักษะต่าง ๆ ผ่านการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ จากแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา (รายละเอียดดังภาคผนวก ข) ในแต่แผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้รับมอบหมายให้สร้างชิ้นงานออกมาเพื่อแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในบริบทที่กำหนดให้ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเข้ากลุ่ม กลุ่มละ 5 คนซึ่งเป็นกลุ่มในการจัดกิจกรรมในรายวิชาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 2 (แบ่งกลุ่มตามสมัครใจตั้งแต่เริ่มเข้าศึกษา) โดยถือว่าความสามารถของนักเรียนในกลุ่มไม่แตกต่างกันมากเพราะนักเรียนกลุ่มนี้ได้ผ่าน

การคัดเลือกก่อนเข้าศึกษาในโครงการพิเศษ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การบันทึกอนุทินหลังเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และการประเมินชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา เพื่อนำข้อมูลบางส่วนมาสนับสนุนข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง หลังการดำเนินการทดลองครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาด้วยการวัดการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนด้วยแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดวิธีการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เพื่อศึกษาระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

1. หาคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนรวมการรู้สิ่งแวดล้อมของกลุ่มที่ศึกษาหลังการทดลอง จากแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม โดยให้อัตราส่วนการประเมินจากสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมร้อยละ 50 และการประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมร้อยละ 50 รวมน้ำหนักของทั้งสองส่วนเป็นคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อม 100 คะแนน แล้วทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมกับเกณฑ์การรู้สิ่งแวดล้อมที่เสนอโดยสิขเรศ อำไพ (2558) เนื่องจากเกณฑ์วิเคราะห์การรู้สิ่งแวดล้อมดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นจากกระบวนการพัฒนาแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม โดยนำกรอบแนวคิดการประเมินการรู้สิ่งแวดล้อมของสมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งอเมริกาเหนือ (NAAEE) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดเดียวกับที่ผู้วิจัยใช้เป็นองค์ประกอบในการพัฒนาแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมในงานวิจัยนี้ โดยเกณฑ์ดังกล่าวได้ถูกเสนอไว้ดังตารางที่ 14 และใช้สถิติทดสอบทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample t-test) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

ตารางที่ 14 เกณฑ์การแปลความหมายคะแนนเฉลี่ย
การรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน (สิขเรศ อำไพ, 2558)

ร้อยละ	ความหมาย
81-100	มีการรู้สิ่งแวดล้อมสูง
61-80	มีการรู้สิ่งแวดล้อมค่อนข้างสูง
41-60	มีการรู้สิ่งแวดล้อมปานกลาง
21-40	มีการรู้สิ่งแวดล้อมค่อนข้างต่ำ
1-20	มีการรู้สิ่งแวดล้อมต่ำ

2. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วย (1) การวิเคราะห์คำตอบในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนและหลังเรียน (2) การวิเคราะห์ข้อความในบันทึกอนุทินสะท้อนหลังเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ของนักเรียน และ (3) การประเมินการสร้างชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. หาคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนรวมการรู้สิ่งแวดล้อมของกลุ่มที่ศึกษาหลังการทดลอง จากแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมโดยคำนวณอัตราส่วนการประเมินจากตอนที่ 1 สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมร้อยละ 50 และการประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมร้อยละ 50 รวมน้ำหนักของทั้งสองส่วนเป็นคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อม 100 คะแนน

2. ทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมของกลุ่มที่ศึกษาจากการรวมคะแนนของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและคะแนนพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างก่อนและหลังเรียนที่มีคะแนนเต็ม 100 คะแนนด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (dependent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. ตรวจสอบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้วยการวิเคราะห์คำตอบในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนและหลังเรียนด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และรายงานผลเพื่อให้เห็นความแตกต่างของการตอบแบบวัดก่อนและหลังเรียนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

6. จริยธรรมและคุณธรรมการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ชี้แจงให้นักเรียนและผู้ปกครองทราบถึงวัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินงานวิจัยโดยละเอียด นักเรียนและผู้ปกครองของนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยจะลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ ทั้งนี้ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน เช่น ชื่อ ใบหน้า โรงเรียนจะได้รับการให้รหัส ซึ่งไม่สามารถระบุตัวตนหรือสืบย้อนไปหานักเรียนได้ว่าเป็นผู้ใด ข้อมูลทั้งหมดที่ได้เกิดจากความสมัครใจ โดยนักเรียนสามารถออกจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ ข้อมูลที่ได้จึงแสดงถึงความเข้าใจและความสามารถของนักเรียนอย่างแท้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาและเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลและการรายผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา โดย (1) วิเคราะห์คะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนเทียบกับเกณฑ์และยกตัวอย่างข้อมูลเชิงคุณภาพจากคำตอบของนักเรียนที่มีระดับการรู้สิ่งแวดล้อมสูง (2) นำเสนอข้อมูลแบบร่างความคิดชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาที่นักเรียนออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อแสดงกระบวนการพัฒนาชิ้นงานที่นำไปสู่การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อม และ (3) วิเคราะห์ข้อความในอนุทินของนักเรียนหลังเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

2. การเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา และยกตัวอย่างข้อมูลเชิงคุณภาพที่เป็นคำตอบของนักเรียนที่มีคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. การวิเคราะห์ระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

การวิเคราะห์ระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา โดยแบ่งการวิเคราะห์และรายงานผลข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และ (2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย โดยสถิติที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานและร้อยละ และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเทียบกับเกณฑ์การรู้สิ่งแวดล้อมที่

เสนอโดย สิขเรศ อำไพ(2558) ซึ่งกำหนดให้นักเรียนที่มีการรู้สิ่งแวดล้อมผ่านเกณฑ์ต้องมะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 81 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม โดยสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือการทดสอบค่าทีของกลุ่มที่ศึกษาแบบกลุ่มเดียวเทียบเกณฑ์ (One Sample t-test) รายงานผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าร้อยละ($\bar{X}$)$_{ร้อยละ}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และค่าทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One Sample t-test) และระดับของการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=30)

องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			เกณฑ์ร้อยละ ระดับการรู้สิ่งแวดล้อม	t	*P*
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*SD*			
สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม	24	21.61	90.06	1.62	>81	5.44*	0.00
พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม	24	21.53	89.72	1.71	>81	4.89*	0.00
รวมคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อม	48	43.15	89.90	2.51	>81	9.03*	0.00

*p<.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 15 พบว่า เมื่อพิจารณาแยกแต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีความสามารถอยู่ในระดับสูงทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมมีคะแนนเฉลี่ย 21.61 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนนคิดเป็น ร้อยละ 90.06 และองค์ประกอบด้านพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมีคะแนน 21.53 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 89.72 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรวมกันรู้สิ่งแวดล้อมพบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีคะแนน 43.15 คะแนนจากคะแนนเต็ม 48 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 89.90 แปลความได้ว่ามีการรู้สิ่งแวดล้อมในระดับสูง

ตารางที่ 16 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในแต่ละองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม จากการตรวจแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ (n=30)

ระดับการรู้สิ่งแวดล้อม	สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม		พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม		คะแนนการรู้สิ่งแวดล้อม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
สูง (81-100)	28	93.33	28	93.33	27	90
ค่อนข้างสูง (61-80)	2	6.67	2	6.67	3	10
ปานกลาง (41-60)	0	0	0	0	0	0
ค่อนข้างต่ำ (21-40)	0	0	0	0	0	0
ต่ำ (1-20)	0	0	0	0	0	0
รวม	30	100	30	100	30	100

จากตารางที่ 16 พบว่า มีนักเรียนจำนวน 27 คนที่มีคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับสูง และอีก 3 คนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาแยกแต่ละองค์ประกอบพบว่า สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนเกินร้อยละ 81 แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ด้วยแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนมีระดับการรู้สิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับสูงตามเกณฑ์ของ สิขเรศ อำไพ (2558)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 15 และ 16 เมื่อทดสอบคะแนนเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One Sample t-test) เทียบกับเกณฑ์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับสูงขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลเชิงลึกมาแสดงเป็นตัวอย่างของนักเรียนที่มีการรู้สิ่งแวดล้อมสูงใช้การวิเคราะห์ข้อมูล 3 ส่วนได้แก่ การวิเคราะห์คำตอบในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน (รายละเอียดในภาคผนวก ค) การวิเคราะห์ชิ้นงานตามแนวคิด

กรีนสะเต็มศึกษา และการวิเคราะห์อนุทินที่นักเรียนบันทึกหลังเรียนเพื่อสะท้อนสิ่งที่ได้เรียน (รายละเอียดในภาคผนวก จ)

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์คำตอบในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่มีระดับการรู้สิ่งแวดล้อมสูงพบว่า นักเรียนมีลักษณะการตอบแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม ดังแสดงตัวอย่าง ดังนี้

ด้านการประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมเมื่อกำหนดสถานการณ์ "มลพิษทางน้ำในคลองแสนแสบ" และให้นักเรียนระบุสาเหตุและผลกระทบตอวิถีชีวิตของคนและสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องในด้านใดบ้างโดยให้ระบุมาอย่างละ 3 ข้อ พบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม โดยสามารถระบุสาเหตุของน้ำเสียที่เป็นไปได้ในหลาย ๆ ประการ รวมถึงทำนายผลกระทบที่จะเกิดขึ้นอย่างครอบคลุมทั้งมุมมองทางระบบนิเวศ สุขภาพ และผลกระทบในมิติทางสังคม แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างคำตอบเช่น

นักเรียนคนที่ 21 ระบุสาเหตุของน้ำเสียจากสถานการณ์ว่า *"เกิดจาก (1) การสะสมของเสียที่ระบายมาจากโรงงานอุตสาหกรรม (2) การปล่อยน้ำเสียออกจากครัวเรือน และ (3) การทิ้งขยะลงในแหล่งน้ำ* ผลกระทบของปัญหาดังกล่าวได้แก่ *(1) ด้านชีวภาพทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตายเพราะขาดออกซิเจน (2) ด้านกายภาพผู้คนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นจะต้องสูดดมกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพ และ (3) เสียภาพลักษณ์ที่ดี"*

นักเรียนคนที่ 4 ระบุสาเหตุของน้ำเสียจากสถานการณ์ว่า *"เกิดจาก (1) การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยไม่มีการบำบัด (2) ประชาชนขาดจิตสำนึกทิ้งขยะลงแม่น้ำ และ (3) ไม่มีการช่วยกันดูแลรักษา* ผลกระทบของปัญหาดังกล่าวได้แก่ *(1) ทำให้น้ำในคลองเกิดการเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็น (2) ส่งผลต่อสุขภาพ เช่น ระบบทางเดินหายใจ (3) ส่งผลต่อภาพลักษณ์ของประเทศ"*

นักเรียนคนที่ 17 ระบุสาเหตุของน้ำเสียจากสถานการณ์ว่า *"เกิดจาก (1) การทิ้งขยะลงในลำคลอง (2) การปล่อยน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมสู่ลำคลอง และ (3) ขาดบุคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์ในการเดินระบบ* ผลกระทบของปัญหาดังกล่าว ได้แก่ *(1) น้ำในคลองส่งกลิ่นเหม็น (2) ระบบนิเวศของน้ำลดลง และ(3) สุขภาพคนในพื้นที่ไม่ดี เจ็บป่วยง่าย*

นักเรียนคนที่ 30 ระบุสาเหตุของน้ำเสียจากสถานการณ์ว่า *"เกิดจาก (1) ของเสียที่ระบายจากครัวเรือนสู่แม่น้ำลำคลองโดยตรง (2) โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสียลงในแหล่งน้ำโดยไม่การบำบัดก่อน และ (3) ผู้คนไร้จิตสำนึกทิ้งขยะลงในแม่น้ำลำคลอง ผลกระทบของปัญหาดังกล่าว ได้แก่*

(1) สัตว์น้ำตาย (2) ผู้คนในชุมชนได้รับกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ส่งผลต่อสุขภาพ และ (3) ทัศนียภาพของชุมชนและแหล่งน้ำดูไม่สวยงาม”

เมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลวิธีการเพื่อตัดสินใจประเมินศักยภาพของวิธีแก้ไขปัญหาโดยให้เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสมและเป็นไปได้ในบริบทที่กำหนดให้มากที่สุดเพื่อแก้ปัญหามลพิษทางอากาศที่มีฝุ่นละออง $PM_{2.5}$

นักเรียนคนที่ 21 เลือกใช้วิธีการทำฝนหลวงโดยให้เหตุผลว่า *“วิธีแก้ปัญหาโดยการทำฝนหลวงเนื่องจากการทำฝนหลวง จะทำให้ละอองน้ำที่มากับฝนไปจับกับฝุ่นละออง ทำให้ฝุ่นละอองติดไปกับน้ำลดปัญหาฝุ่นได้ทันทีส่วนวิธีการตรวจจับฝุ่นละอองก็สามารถลดฝุ่นได้จริงแต่การตรวจวัดต้องใช้เวลาและรถยนต์ในประเทศไทยมีจำนวนมาก หากต้องการแก้ปัญหาภายใน 1-2 วันจะไม่ทำให้ฝุ่นหมดไป”*

ลักษณะคำตอบเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับนักเรียนคนที่ 4 เลือกวิธีการทำฝนเทียม โดยให้เหตุผลว่า *“เป็นการลดฝุ่นได้จริงและเป็นวิธีที่แก้ปัญหาได้ทันทีส่วนการตรวจวัดควันดำเป็นวิธีการแก้ที่ต้นเหตุจริงแต่จะใช้เวลานานมากและหมดไปยากมากในเวลานี้วิธีทำฝนเทียมจึงดีที่สุด”*

ด้านการประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม นักเรียนเลือกปฏิบัติพฤติกรรมที่ห่วงใยความสะอาดของแหล่งน้ำ เมื่อผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการร่วมงานประเพณีลอยกระทงและให้เลือกตัดสินใจว่าจะลอยกระทงหรือไม่และระบุเหตุผล นักเรียนเลือกที่จะไปร่วมงานแต่ไม่ลอยกระทง และเหตุผลที่นักเรียนให้เพื่อสนับสนุนการเลือกพฤติกรรมดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการเลือกปฏิบัติที่เป็นผู้บริโภคที่ดีและมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยนักเรียนให้เหตุผลในแนวทางคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างเช่น

นักเรียนคนที่ 21 ให้เหตุผลว่า *“ไปร่วมงานก็ดีแล้วแต่เลือกที่จะไม่ลอยกระทง เพราะ<u>ถ้าลอยกระทงก็จะทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย</u>และถ้าลอยเป็นจำนวนมากก็จะทำให้เน่าเสียมากจึงเลือกที่จะไม่ลอยดีกว่า”*

นักเรียนคนที่ 4 ที่กล่าวว่า *<u>การเลือกลอยกระทงไม่ว่าจะลอยด้วยขนมปังหรือวัสดุธรรมชาติก็ทำให้เกิดน้ำเน่าเสียทั้งนั้น</u> ทางที่ดีเราไม่ควรลอยหรือลอยออนไลน์จะดีกว่า*

นักเรียนคนที่ 30 ให้เหตุผลว่า *"การลอยกระทงในปัจจุบันมีวิธีมากมาย เช่น การลอยกระทงออนไลน์ ก็ถือเป็น<u>การสืบสานประเพณีอย่างรักสิ่งแวดล้อมและไม่ทำลายธรรมชาติ</u>เช่นกัน"*

การเลือกพฤติกรรมที่ไปร่วมงานลอยกระทงแต่ไม่เลือกที่จะลอยกระทงและให้เหตุผลสนับสนุนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความตระหนักต่อผลกระทบของแหล่งน้ำจากขยะกระทง นักเรียนจึงเลือกที่จะไม่ซื้อ หรือทำกระทงไปลอย แสดงให้เห็นว่าเป็นผู้บริโภคที่ดี เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

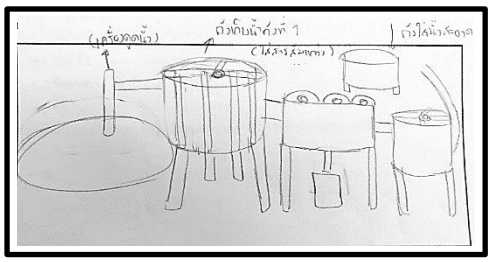
นอกจากนี้เมื่อให้นักเรียนเลือกแสดงพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงการเชิญชวน เพื่อลดการเพิ่มมลพิษทางอากาศ โดยเลือกพฤติกรรมโน้มน้าวไม่ให้ครอบครัวประกอบพิธีเผากระดาษเงินกระดาษทองในประเพณีตรุษจีนนักเรียนเลือกที่จะปฏิบัติพฤติกรรมโน้มน้าวให้ครอบครัวไม่ประกอบพิธีเผากระดาษเงินกระดาษทอง โดยยกเรื่องข่าวมลพิษ $PM_{2.5}$ ขึ้นมาสนับสนุนแสดงให้เห็นถึงการมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมผ่านพฤติกรรมการเชิญชวนคนรอบข้าง ตัวอย่างเหตุผลสนับสนุนที่นักเรียนให้ประกอบการตัดสินใจ เช่น

นักเรียนคนที่ 21 ให้เหตุผลว่า *"การเผากระดาษเป็นแหล่งที่<u>ก่อให้เกิดการสะสมของมลพิษที่มีมากขึ้น</u> เราจึงควรพูดโน้มน้าวไม่ให้เผากระดาษและบอกถึงโทษของ $PM_{2.5}$ ที่จะตามมาถ้าเราเผากระดาษ"*

นักเรียนคนที่ 17 ให้เหตุผลว่า *"เราสามารถรำลึกถึงบรรบุรุษด้วยวิธีอื่นก็ได้ และการเผากระดาศก็เป็น<u>การเพิ่มปัญหาฝุ่นควันในอากาศ</u> ทำให้คนสูดดมเข้าไปเกิดปัญหาสุขภาพตามมาทีหลัง ดังนั้นคนโน้มน้าวให้งดการเผากระดาษเงินกระดาษทอง"*

นักเรียนคนที่ 30 ให้เหตุผลว่า *"การช่วยลดมลพิษควันเป็นเรื่องสำคัญ เพราะทุกคนควรตระหนักถึงหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การทำตามประเพณีก็ถือเป็นเรื่องดี <u>แต่หากมันก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมก็ไม่ควรทำ</u>"*

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียน โดยเริ่มตั้งแต่แบบร่างความคิด ครั้งที่ 1 และแบบร่างความคิดครั้งที่ 2 (ตัวต้นแบบ) ของนักเรียนที่มีการรู้สิ่งแวดล้อมสูงเพื่อดูกระบวนการในการพัฒนาสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและแสดงให้เห็นถึงกระบวนการพัฒนาสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมผ่านการเรียนการสอน ดังแสดงในตัวอย่างดังนี้

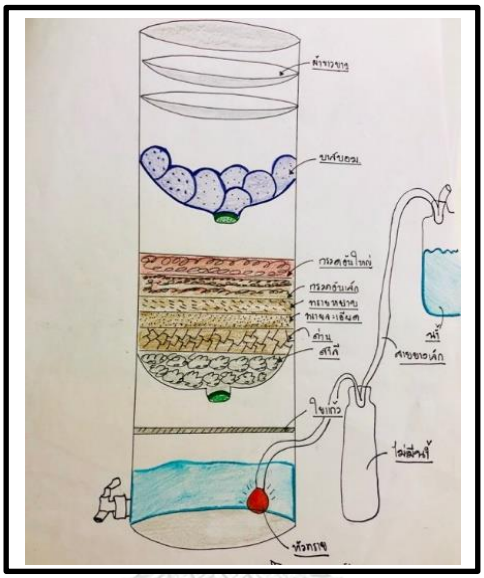


แผนภาพที่ 11 แบบร่างความคิดในการพัฒนาเครื่องกรองน้ำตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา ครั้งที่ 1 ของกลุ่มนักเรียนคนที่ 4 และ 21 เป็นสมาชิก

แผนภาพที่ 11 เป็นแบบร่างของกลุ่มที่นักเรียนคนที่ 21 และคนที่ 4 เป็นสมาชิกซึ่งมีระดับการรู้สิ่งแวดล้อมสูงโดยการออกแบบชิ้นงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนเลือกที่จะบูรณาวิธีการบำบัดน้ำเสียจากหลาย ๆ แนวคิดที่ได้เรียนจากในห้องเรียน ได้แก่ เทคโนโลยีการกรองเพื่อปรับคุณภาพของน้ำเชิงกายภาพ โดยประดิษฐ์ถังเพื่อกรองน้ำเสีย ตลอดจนการเพิ่มการแกว่งสารส้มเพื่อให้สารแขวนลอยตกตะกอน และนำแนวคิด วิธีการต่าง ๆ เพิ่มเติมเมื่อต้องการออกแบบเป็นชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้ำเสียของกลุ่มตัวเอง โดยเห็นได้จากแบบร่างตัวต้นแบบฉบับที่ 1 ที่แสดงถึงกลไกการกรองน้ำในบ่อและมีบ่อพักน้ำแยกเป็นถังจำนวน 4 ถังโดยถังสุดท้ายคือ น้ำสะอาด จากการทำกิจกรรมในขั้นค้นหา นักเรียนได้ทดสอบคุณภาพของน้ำเสียจากคลองข้าง ๆ โรงเรียน เมื่อเห็นลักษณะดังกล่าวแล้วจึงนำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมสืบค้นเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียที่ได้มาออกแบบชิ้นงานเพื่อกรองน้ำเสียตามลักษณะของน้ำเสียในชุมชน การที่นักเรียนสามารถเลือกนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ที่ครูได้จัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ มาออกแบบเป็นแบบร่างตัวต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาน้ำเสียได้นั้นเป็นกระบวนการที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์ประเด็นปัญหาน้ำเสียและเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาน้ำเสียได้

ทั้งนี้ในขั้นวางแผน เมื่อนักเรียนได้ปรึกษาหารือกันในกลุ่ม นักเรียนได้มีการปรับปรุงและแก้ไขร่างความคิดครั้งที่ 1 และนำเสนอแบบร่างความคิดครั้งที่ 2 อันเป็นการแสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาและประเมินศักยภาพของวิธีการแก้ปัญหาเท่าที่เป็นไปได้ กล่าวคือ ในกระบวนการปรับเปลี่ยนแบบร่างนั้นพบว่า การแยกน้ำออกเป็นถัง ๆ อาจมีข้อจำกัดที่ต้องใช้กลไกในการเพิ่มแรงดันน้ำในแต่ละถัง รวมถึงค่าใช้จ่ายที่อาจสูงเกินไป นอกจากนี้ขนาดของชิ้นงานอาจมีขนาดใหญ่ ไม่กะทัดรัดเหมาะกับการใช้ในครัวเรือน นักเรียนจึงปรับเปลี่ยนมาเป็นแบบร่างความคิดครั้งที่ 2 คือ เป็นเครื่องกรองน้ำโดยใช้หลักการของแรงโน้มถ่วง ในขั้นนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ประเมินศักยภาพของชิ้นงานรวมถึงความเป็นไปได้ในการสร้างนวัตกรรมจริง ๆ กับข้อจำกัดที่มี นักเรียนจึงปรับปรุงและเสนอวิธีการแก้ปัญหาใหม่ โดยการแบ่งช่องการกรองต่าง ๆ ซึ่งแต่ละช่องนักเรียนได้นำ

ความรู้ที่ได้มาเพิ่มเติมเพื่อให้ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียมีมากขึ้น โดยปรับคุณภาพน้ำเสียด้วยวิธีเชิงเคมีด้วยการเพิ่ม Baht Bomb และการเติมออกซิเจน ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มคุณภาพของน้ำด้านลักษณะทางกายภาพและเป็นผลมาจากการเรียนรู้ในขั้นค้นหา นอกจากนี้นักเรียนสืบค้นและประยุกต์หลักการของกาลักน้ำที่ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนได้มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาชิ้นงานจนได้เครื่องกรองน้ำเสียต้นแบบซึ่ง พร้อมจะนำไปสร้างชิ้นงานจริงและทดสอบในขั้นถัดไป ดังแสดงในแผนภาพที่ 12



แผนภาพที่ 12 แบบร่างความคิดเพื่อพัฒนาเครื่องกรองน้ำตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา ครั้งที่ 2 (ปรับปรุงแล้ว)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากขั้นต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอในการจัดการเรียนการสอนแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนอันเป็นตัวบ่งชี้สำคัญว่านักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเกิดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์บันทึกของนักเรียนจากการเขียนอนุทินหลังการจัดการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง “น้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน” และ “ปัญหาฝุ่นละอองในเมืองกรุง” พบว่าเนื้อหาที่นักเรียนจากการเขียนสะท้อนในอนุทินแสดงให้เห็นถึงข้อความรู้ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ โดยความรู้ ข้อมูลดังกล่าวนำไปสู่การวิเคราะห์หาวิธีการบำบัดน้ำเสียและสร้างเครื่องกรองฝุ่นละออง ดังแสดงในตัวอย่าง

"สิ่งที่ได้เรียนรู้คือการบำบัดน้ำเสียมันเป็นอย่างไรการบำบัดน้ำเสียไม่ใช่แค่เครื่องกรองน้ำ ไม่ใช่แค่กังหันน้ำเพิ่มออกซิเจน แต่มันคือการทำให้น้ำนั้นมีคุณภาพที่ดีขึ้นไม่ว่าจะเป็นการกรองน้ำ การเพิ่มออกซิเจนในน้ำ การลดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ภายในน้ำ การลดค่า pH ภายในน้ำการแกว่งสารส้ม การนำสารปรับสภาพมาใช้ทำให้คุณภาพนั้นดีขึ้น"

"สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำงานชิ้นนี้ (เครื่องกรองฝุ่นละออง) คือ เราได้เรียนรู้ว่ามลพิษทางอากาศนั้นไม่ได้มีแค่ฝุ่นละอองเพียงอย่างเดียว ยังมีสิ่งอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น ควันขา ควันดำ คาร์บอนมอนนอกไซด์ เป็นต้น และอันตรายจากฝุ่นละอองเมื่อเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ในการลงมือสร้างเครื่องกรองฝุ่นละอองต้องมีความรู้ด้านการต่อไฟ การที่เราดูดฝุ่นเข้ามากรองทำให้ฝุ่นลดลงและส่งผลดีต่อสุขภาพ"

นักเรียนยังได้แสดงให้เห็นถึงการมองปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นบางครั้งไม่จำเป็นต้องพึ่งพาคนอื่น แสดงให้เห็นการมองเห็นศักยภาพของตัวเองในการเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มจากวัสดุที่มีอยู่และหาไม่ได้ไม่ยาก และแสดงถึงความภูมิใจที่ได้เป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม

"เครื่องบำบัดน้ำเสียนั้นใช่ว่าเราจะต้องไปหาซื้อตามท้องตลาดเพียงอย่างเดียว เครื่องบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ภายในครัวเรือนนั้นก็มี เราก็ยังสามารถประดิษฐ์ด้วยตนเองได้ โดยค่าใช้จ่ายนั้นก็ไม่มาก การที่เราประดิษฐ์เครื่องบำบัดน้ำเสียนี้มันพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาการปฏิบัติของเราและเรายังภูมิใจว่าเราก็มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียและช่วยให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น"

CHULALONGKORN UNIVERSITY

"เนื่องจากปัญหาสุขภาพจากมลพิษอุตสาหกรรมไม่ถูกแก้ไข การประดิษฐ์เครื่องกรองอากาศเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือน โดยการนำสิ่งของรอบตัวมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น เครื่องกรองอากาศจำเป็นในพื้นที่ที่มีมลพิษมันสามารถช่วยลดมลพิษที่มองเห็นและมองไม่เห็นได้ เหมาะสำหรับผู้ที่มีปัญหาทางเดินหายใจ หากเราซื้อเครื่องฟอกอากาศโดยตรงจะมีราคาแพงเราจึงหาวิธีทำเองเพื่อลดค่าใช้จ่าย เราต้องตระหนักถึงผลกระทบของมลพิษทางอากาศ ควรลดการก่อมลพิษที่ทำลายสิ่งแวดล้อม"

2. การเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

การเปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และ (2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานและร้อยละ หลังจากนั้นเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนคือการทดสอบค่าทีของกลุ่มที่ศึกษาแบบไม่เป็นอิสระ (dependent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าร้อยละ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(*SD*) และค่าทีของกลุ่มที่ศึกษากลุ่มเดียวเทียบก่อนหลัง (Dependent t-test) และระดับของการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=30)

องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม	ค่าสถิติ						t	*p*
	ก่อนเรียน			หลังเรียน				
	$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*SD*	$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	*SD*		
สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม	11.12	46.74	2.48	21.61	90.06	1.62	18.98*	0.00
พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม	15.20	63.33	4.21	21.53	89.72	1.69	7.67*	0.00
รวมคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อม	26.28	54.76	4.80	43.15	89.90	2.51	15.64*	0.00

*$p<.05$

จากตารางที่ 17 พบว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 26.28 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 54.90 หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีคะแนนรวมการรู้สิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 43.15 คะแนนจากคะแนนเต็ม 48 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 89.90 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นถึง 16.87 คะแนน พิจารณาการคำนวณโดยใช้สถิติทดสอบทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent t-test) พบว่าคะแนนเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมหลังการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาแยกแต่ละองค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มจากคะแนนก่อนเรียนถึง 10.49 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 43.32 และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนถึง 6.33 คิดเป็นร้อยละ 26.39 เมื่อพิจารณาการคำนวณโดยใช้สถิติทดสอบทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent t-test) พบว่าคะแนนเฉลี่ยการรู้สิ่งแวดล้อมหลังการจัดการเรียนการสอนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสององค์ประกอบจึงสามารถสรุปได้ว่าคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

ตารางที่ 18 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาแต่ละระดับการรู้สิ่งแวดล้อม ก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 30)

ระดับการรู้สิ่งแวดล้อม	การรู้สิ่งแวดล้อม			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
สูง (81-100)	0	0	27	90
ค่อนข้างสูง (61-80)	9	30	3	10
ปานกลาง (41-60)	18	60	0	0
ค่อนข้างต่ำ (21-40)	3	10	0	0
ต่ำ (1-20)	0	0	0	0
รวม	30	100	30	100

จากตารางที่ 18 เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเทียบกับหลังเรียน พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเพิ่มขึ้นจากระดับปานกลาง 18 คน และค่อนข้างต่ำ 3 คนขึ้นมาเป็นระดับค่อนข้างสูงขึ้นไปทั้งหมด

ตารางที่ 19 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาแต่ละองค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 30)

ระดับการรู้สิ่งแวดล้อม	องค์ประกอบของการรู้สิ่งแวดล้อม							
	สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม				พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
สูง (81-100)	0	0	28	93.33	5	16.67	28	93.33
ค่อนข้างสูง (61-80)	4	13.33	2	6.67	14	46.67	2	6.67
ปานกลาง (41-60)	18	60.00	0	0	9	30.00	0	0
ค่อนข้างต่ำ (21-40)	7	23.33	0	0	2	6.67	0	0
ต่ำ (1-20)	1	3.33	0	0	0	0	0	0
รวม	30	100	30	100	30	100	30	100

จากตารางที่ 19 เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยแยกตามองค์ประกอบ โดยนำไปเทียบกับเกณฑ์ระดับการรู้สิ่งแวดล้อม พบว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีจำนวนนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมปานกลางจนถึงต่ำจำนวน 26 คน โดยทั้ง 26 คนนี้ได้มีคะแนนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผ่านการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา เห็นได้จากคะแนนเฉลี่ยของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมที่อยู่ในระดับค่อนข้างสูงจนถึงสูง หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา ในขณะที่เมื่อพิจารณาพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนส่วนนี้ในระดับปานกลางจนถึงระดับค่อนข้างต่ำอยู่ 11 คน ซึ่งจำนวนนักเรียนเหล่านี้ก็ได้คะแนนเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา โดยมีจำนวนนักเรียนในระดับค่อนข้างสูง 2 คนและระดับสูงจำนวน 28 คน

เมื่อพิจารณาตารางที่ 18 พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเพิ่มขึ้นจากระดับปานกลาง 18 คน และค่อนข้างต่ำจำนวน 3 คน ในจำนวนนักเรียนทั้งสามคนนี้หลังจากเรียนผ่านการจัดการเรียน

การสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาแล้ว เมื่อวัดการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนพบว่า มีจำนวน 2 คนที่ได้คะแนนเพิ่มขึ้นจากระดับค่อนข้างต่ำมาเป็นระดับค่อนข้างสูง และมีนักเรียน 1 คนที่ได้คะแนนเพิ่มขึ้นจากระดับค่อนข้างต่ำเป็นระดับสูง และนักเรียนอีก 2 คนได้คะแนนเพิ่มขึ้นจากระดับปานกลางเป็นระดับสูง ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์การตอบคำถามของนักเรียนที่คะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนเรียนค่อนข้างต่ำ (นักเรียนคนที่ 9) และคะแนนการตอบคำถามของนักเรียนที่คะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนเรียนในระดับปานกลาง (คนที่ 6) เพื่อให้เห็นความแตกต่างของการตอบคำถามก่อนและหลังเรียนจึงนำคำตอบของนักเรียนทั้งสองคนนี้มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำคำตอบของนักเรียนคนที่ 9 และคนที่ 6 มาวิเคราะห์และนำเสนอเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์คำตอบในแบบสอบอัตนัยในการประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนและหลังเรียนในข้อที่นักเรียนได้คะแนนเพิ่มขึ้นมาก ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์คำตอบและเหตุผลประกอบในการเลือกปฏิบัติพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังเรียนในข้อที่มีการเลือกตอบพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปจากก่อนเรียน โดยแสดงตัวอย่างของคำตอบดังนี้

ประเด็นที่ 1 การเปรียบเทียบคำตอบในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมตอนที่ 1 การประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน โดยเมื่อผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนเลือกและประเมินศักยภาพของวิธีการแก้ปัญหาแหล่งน้ำเสียในคลองแสนแสบด้วยวิธีการสองวิธี วิธีที่ 1 คือการติดตั้งกังหันน้ำชัยพัฒนาให้ลอยไปตามคลองหลาย ๆ จุดเพื่อเพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจน และวิธีที่ 2 คือ การใช้ EM-Ball เพื่อแก้ปัญหาจุลินทรีย์ในน้ำ พบว่าการตอบคำถามของนักเรียนหลังเรียนเปลี่ยนไปจากเดิม ดังแสดงในตัวอย่าง

นักเรียนคนที่ 9

<u>ก่อนเรียน</u>

ก่อนเรียนนักเรียนเลือก*วิธีการใช้กังหันน้ำชัยพัฒนา* โดยให้เหตุผลว่า *“เพราะสาเหตุน้ำเน่าเสียเกิดจากการที่น้ำขาดออกซิเจนเราจึงต้องเติมออกซิเจนเข้าไป”* ซึ่งวิธีการที่นักเรียนเลือกก่อนเรียนนี้เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีข้อจำกัดและไม่เหมาะสมกับบริบทน้ำเน่าในคลองแสนแสบนั้นไม่ได้มีเพียงสาเหตุของการขาดออกซิเจน แต่มาจากการการสะสมจุลินทรีย์ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์

<u>หลังเรียน</u>

นักเรียนตัดสินใจเปลี่ยนวิธีโดยเลือกการใช้ EM-Ball โดยให้เหตุผลว่า *เป็นการใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าการใช้กังหันชัยพัฒนาเพราะกังหันชัยพัฒนาเป็นเพียงการเพิ่มออกซิเจนภายในน้ำแต่ EM-Ball ช่วยในการกำจัดกรดในน้ำ การกำจัดสิ่งสกปรกและเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตได้อีกด้วย และเหตุผลอีกอย่างที่เราควรเลือกก็คือ ถ้าเราใช้วิธีกังหันในคลองที่ผ่านไปมา อาจจะเกิดความเดือดร้อนเพราะชนกังหันส่งผลกระทบเพิ่มขึ้นอีก”*

การตอบคำถามหลังเรียนนักเรียนมีตอบได้ถูกต้องและมีแนวทางที่ชัดเจนมากขึ้น จากการตัดสินใจเลือกวิธีการที่เปลี่ยนไปและเหมาะสมกับบริบท พร้อมทั้งบอกเหตุผลที่ชัดเจนขึ้นของนักเรียนคนที่ 9 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถประเมินวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสังคมมาช่วยในการตอบคำถามมากขึ้น โดยสังเกตได้จากการให้เหตุผลสนับสนุนของนักเรียนที่เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ ประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากสาเหตุของน้ำเน่าเสียในบริบทคลองแสนแสบไม่ได้เป็นเพียงการลดลงของปริมาณออกซิเจนเท่านั้นแต่มีสารเคมีและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งต้องใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมากกว่าการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังได้แสดงเหตุผลถึงข้อจำกัดของการใช้กังหันน้ำเพราะอาจจะกีดขวางการจราจรทางน้ำได้ ทำให้นักเรียนได้คะแนนสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมสูงขึ้น

เมื่อผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนเลือกและประเมินศักยภาพของวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่มีค่าสูงเกินกำหนด โดยกำหนดเงื่อนไขการแก้ปัญหาที่รวดเร็วและมีความเป็นไปได้ด้วยการนำเสนอวิธีการสองวิธีแล้วให้นักเรียนตัดสินใจเลือกวิธีที่เป็นไปได้และอธิบายเหตุผลประกอบ วิธีที่ 1 คือการทำฝนเทียมเพื่อลดปริมาณฝุ่นละออง และวิธีที่ 2 คือ การตรวจวัดคุณภาพรถยนต์ที่วิ่งบนท้องถนน พบว่า การตอบคำถามของนักเรียนหลังเรียนเปลี่ยนไปจากก่อนเรียน ดังแสดงในตัวอย่าง

นักเรียนคนที่ 6

<u>ก่อนเรียน</u>

ก่อนเรียนนักเรียนเลือก *วิธีการตรวจวัดคุณภาพรถยนต์ โดยให้เหตุผลสนับสนุนว่า ควรแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ หากไม่มีควันดำจากรถยนต์จะช่วยลดจำนวนฝุ่นละอองได้* คำตอบของนักเรียนไม่ได้ผิดแต่เนื่องจากบริบทที่กำหนดให้คือการแก้ปัญหาที่รวดเร็วเนื่องจากสถานการณ์ฝุ่นละอองส่งผลต่อทำให้เกิดการป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจ เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้คน การแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับสถานการณ์ควรจะเป็นการทำฝนเทียมเพื่อช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองทันที

<u>หลังเรียน</u>

นักเรียนตัดสินใจเปลี่ยนวิธีโดยเลือก วิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ฝนเทียม โดยให้เหตุผลสนับสนุนว่า *“สามารถกระทำได้รวดเร็ว แก้ปัญหาได้ตรงจุด เมื่อฝนตกแล้วก็จะช่วยลดปริมาณฝุ่นในอากาศ แต่การตรวจวัดคุณภาพรถยนต์ไม่ได้กำจัดฝุ่นละอองที่มีในอากาศอยู่แล้วแต่เป็นการป้องกันไม่ให้มีฝุ่นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ”*

การตอบคำถามของนักเรียนหลังเรียนมีความถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์มากขึ้น โดยแสดงให้เห็นถึงการประเมินศักยภาพวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้พร้อมบอกเหตุผลที่สนับสนุนวิธีการที่ตัวเองเลือกได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกันสถานการณ์ที่กำหนด

ประเด็นที่ 2 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์การเลือกพฤติกรรมและเหตุผลสนับสนุนในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมตอนที่ 2 การประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในสถานการณ์ที่แสดงพฤติกรรมการเชิญชวนของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการเลือกเปลี่ยนพฤติกรรมในการตอบและให้เหตุผลสนับสนุนได้ชัดเจนแสดงให้เห็นถึงการเชิญชวนและมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตัวอย่าง

เมื่อผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ว่าพนักงานในร้ายขายอาหารที่ติดริมคลองกำลังเทเศษอาหารที่ลูกค้ากินเหลือทิ้งลงในคลอง นักเรียนพบเห็นแล้วจะปฏิบัติอย่างไร

นักเรียนคนที่ 9

<u>ก่อนเรียน</u>

นำถังขยะมาและติดป้ายให้ทิ้งเศษอาหารลงในถังขยะซึ่งถือวิธีการแก้ปัญหาแต่เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ โดยให้เหตุผลว่า *“การเข้าไปบอกโดยตรงอาจจะโดนต่อย และการไม่ซื้อเป็นวิธีที่ไม่ดี”*

<u>หลังเรียน</u>

นักเรียนเลือกพฤติกรรมที่เปลี่ยนไป กล่าวคือ นักเรียนเลือกที่จะเดินเข้าไปบอกเจ้าของร้านว่าการทิ้งขยะเป็นสิ่งที่ไม่ดี ควรกำจัดเศษอาหารด้วยวิธีการที่ถูกต้อง โดยให้เหตุผลว่า *“การเข้าไปบอกจะต้องใช้น้ำเสียงที่ดีโดยควรบอกเหตุผลว่าไม่ควรทิ้งเพราะจะทำให้เกิดน้ำเน่าเสียและเกิดผลกระทบตามมามาก”*

จากข้อความที่แสดงเหตุผลของนักเรียนเป็นการแสดงถึงการกระทำที่ตั้งใจจะแสดงออกถึงการเชิญชวนซึ่งเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ประการหนึ่งของพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการเลือก

ที่จะเข้าไปบอกเจ้าของร้านจะเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ การเปลี่ยนวิธีการเลือกพฤติกรรมและนำเสนอเหตุผลนี้ทำให้นักเรียนได้คะแนนในการประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น

เมื่อผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ว่า เมื่อต้องการเดินทางไปร้านสะดวกซื้อหน้าปากซอยซึ่งห่างจากบ้าน 500 เมตรในวันที่อากาศร้อน นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

นักเรียนคนที่ 6

<u>ก่อนเรียน</u>

นักเรียนเลือกที่จะปั่นจักรยาน โดยให้เหตุผลว่าประหยัดน้ำมัน ซึ่งเหตุผลดังกล่าวไม่ได้แสดงถึงการเป็นผู้บริโภคที่ดีและรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

<u>หลังเรียน</u>

นักเรียนเลือกปั่นจักรยาน โดยให้เหตุผลว่า เพราะการปั่นจักรยานไม่ปล่อยฝุ่นควันที่เป็นพิษออกมา นอกจากจะประหยัดเงิน ประหยัดค่าน้ำมัน ได้ออกกำลังกายสะดวกและรวดเร็ว

จากตัวอย่างดังกล่าว นักเรียนไม่ได้เปลี่ยนพฤติกรรม โดยพฤติกรรมที่เลือกเป็นพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่แล้ว แต่หลังเรียนนักเรียนเพิ่มเติมเหตุผล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและการเป็นผู้บิรโภคที่ดีอันเป็นส่วนหนึ่งของพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจนมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความมุ่งหวังเพื่อพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อศึกษาระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายภายหลังที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาและ (2) เปรียบเทียบระดับการรู้สิ่งแวดล้อมโดยเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ห้องเรียนส่งเสริมการเรียนการสอน STEM-A จำนวน 30 คน ที่ศึกษาในโรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานครใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 17 คาบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการรู้สิ่งแวดล้อมด้วยแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมที่แบ่งเป็นสองตอน ตอนที่ 1 ประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม และตอนที่ 2 ประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ข้อมูลการรู้สิ่งแวดล้อมวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระ (Dependent t-test)

1. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนมีการรู้สิ่งแวดล้อมในระดับสูงขึ้นไป โดยมีสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับสูง

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีคะแนนการรู้สิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การอภิปรายผลการวิจัย

จากการผลการวิจัยในการนำแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามาจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียน ผู้วิจัยได้อภิปรายเหตุผลต่าง ๆ ที่การจัดการเรียนการสอนดังกล่าวพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียนได้ดีในประการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีพื้นฐานและมีความคุ้นชินกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ก่อนแล้วและมีความคุ้นชินเนื่องจากเป็นห้องเรียนของโครงการความเป็นเลิศซึ่งมีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและส่งเสริมความสามารถในการทำงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม การพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษาและคุณลักษณะดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอาทิตย์ ฉิมกุล (2559) และสมรัก อินทวิมลศรี (2560) ที่กล่าวว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนากระบวนการคิดแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ต่อมาเมื่อนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาดังกล่าวได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ปรับเปลี่ยนมาเป็นแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ซึ่งเน้นสมรรถนะด้านการระบุปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทชุมชนของนักเรียนเอง การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการออกแบบและผลิตชิ้นงาน กระบวนการสืบค้นวิธีการแก้ปัญหาเพื่อแก้ปัญหาตลอดจนสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทรอบตัว กระบวนการเรียนการสอนนี้เป็นกระบวนการฝึกฝน นักเรียนอย่างต่อเนื่องตลอดปีการศึกษาทำให้การเรียนรู้เนื้อหาและกระบวนการที่ได้รับการออกแบบเพื่อจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเป็นไปได้อย่างราบรื่นและประสบผลสำเร็จและยังส่งผลให้เกิดการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมในระดับสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Heitkamp (2016) ที่ได้ข้อสรุปว่า นักเรียนที่โรงเรียนให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะมีความสามารถด้านทักษะทางปัญญา ได้แก่ การระบุประเด็นปัญหา การวิเคราะห์ประเด็นปัญหา และการหาวิธีการแก้ประเด็นปัญหาซึ่งเป็นทักษะสำคัญของกิจกรรมทางวิศวกรรมศาสตร์

ประการที่ 2 การที่นักเรียนมีระดับการรู้สิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้น เนื่องจากหลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาส่งเสริมองค์ประกอบที่จะทำให้เกิดการรู้สิ่งแวดล้อมได้ กล่าวคือ หลักการสำคัญของการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนต้องสามารถระบุปัญหาสิ่งแวดล้อมบริบทชีวิตจริง และใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการวิเคราะห์ ออกแบบชิ้นงานและทดสอบตัวต้นแบบที่เพื่อแก้ไขปัญหานั้น กิจกรรมการเรียนรู้เริ่มจากให้นักเรียนสังเกตและระบุปัญหาจากบริบทสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวนักเรียน หรือในชุมชนเป็นสิ่งที่นักเรียนต้องเผชิญในชีวิตประจำวัน ได้แก่ น้ำเสียในคลอง ฝุ่นละอองในเมืองกรุง การนำปัญหาสิ่งแวดล้อมมาเป็นจุดเริ่มต้นในการกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาวิธีการในการแก้ปัญหาและช่วยพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนในด้านการระบุประเด็นปัญหา การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา การประเมินศักยภาพของวิธีการแก้ปัญหาในแต่ละวิธี และการเลือกวิธีการนำเสนอที่เป็นไปได้มากที่สุดเพื่อใช้แก้ไขปัญหาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Febriasari and Supriatna (2017) ที่พบว่า

นักเรียนมีการรู้สิ่งแวดล้อมสูงขึ้นเมื่อนำปัญหาสิ่งแวดล้อมมาเป็นจุดเริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอน ในขณะที่ Capraro et al. (2013) ได้เสนอไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานสอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา กล่าวคือ เป็นการนำปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกของความเป็นจริงมาหาวิธีแก้ไข ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมนี้ไม่ได้ใช้เพียงแค่ความรู้ด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว โดยเฉพาะเมื่อได้นำความรู้ที่เรียนมาออกแบบและสร้างชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำมาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมแต่ยังเป็นการส่งเสริมและพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมให้นักเรียนได้ดีมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้หลักการสำคัญอีกประการหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาคือ การใช้ปัญหาที่เป็นบริบทรอบ ๆ ตัวของของนักเรียนมาเป็นตัวเริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมตามกรอบแนวคิดที่ได้เสนอไว้โดย Hollweg et al. (2011) ที่กล่าวว่าบริบทในท้องถิ่นมีความสำคัญต่อการพัฒนาให้เกิดการรู้สิ่งแวดล้อมได้ ถึงแม้ว่านักเรียนจะอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างที่หลากหลายของบริบทระดับท้องถิ่น แต่ทุกคนสามารถพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมเหมือนกัน โดยบริบทท้องถิ่นที่ต่างกันนี้เองจะเป็นตัวเริ่มต้นที่ดีและนำไปสู่บริบทตัวเมือง (Urban) บริบทภูมิภาค (Regional) ตลอดจนบริบทโลก (Global) ในลำดับต่อไป และบริบทชุมชนนี้เองเป็นตัวกำหนดการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา ในการวิจัยนี้มีการกำหนดบริบทชุมชนเกี่ยวกับฝุ่นละอองจากถนนสายใหญ่ และน้ำเสียในคลองส่งผลต่อทัศนียภาพและความเป็นอยู่ในชุมชนกลายมาเป็นปัญหาที่กระทบต่อชีวิตประจำวันของนักเรียนที่ต้องเผชิญ ความพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวนั้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเล็งเห็นถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของตนเอง นำไปสู่การอยากมีส่วนร่วมหรือเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหาและยังส่งเสริมพฤติกรรมการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย กิจกรรมการสำรวจชุมชนของนักเรียนเพื่อค้นพบปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับรู้ข้อมูลและรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของการรับผิดชอบปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนและการเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนนำไปสู่ความพยายามที่จะรับผิดชอบและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าวสอดคล้องกับ Simmons et al. (2019) ที่ได้ให้ข้อสังเกตไว้ว่า การรู้สิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับการเป็นส่วนหนึ่งของการประยุกต์ทักษะและความรู้ในการทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ดีขึ้น โดยเริ่มต้นจากความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัวของนักเรียน ครูควรส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็น กระตุ้น จัดโอกาส และจัดการเรียนการสอนนอกห้องเรียน ใช้สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นนำนักเรียนไปสู่การสำรวจและค้นพบสิ่งรอบตัวของนักเรียน

นอกจากนี้การให้นักเรียนได้ศึกษาสิ่งแวดล้อมบนพื้นฐานของความเป็นจริง เช่น สภาพปัญหาลักษณะน้ำเน่าเสียในลำคลองรอบโรงเรียน สภาพอากาศที่ย่ำแย่ของถนนสายใหญ่จากการก่อสร้าง

และฝุ่นละออง รวมถึงข่าวมลพิษทางอากาศ ค่ามลพิษทางอากาศที่ย่ำแย่ในเขตพื้นที่ที่โรงเรียนตั้งอยู่ ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเจตคติ สร้างความตระหนัก และเกิดความกังวลห่วงใยต่อสภาพแวดล้อมชุมชนของตนเอง นำไปสู่การเปลี่ยนพฤติกรรมที่มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Bloom and Fuentes (2019) และ Adkins et al. (2000) ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริง (Experiential Learning) การที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จริงในบริบทที่ตนอาศัยอยู่และนำสถานการณ์ดังกล่าวมาแก้ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการปฏิบัติของตนเองต่อสิ่งแวดล้อมและนำไปสู่การเลือกปฏิบัติพฤติกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

ทั้งนี้การนำสถานการณ์ปัญหาที่อิงบริบทในชีวิตจริงมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเอื้อให้นักเรียนคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหานั้น สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim and Kim (2016) ที่ระบุว่า การที่นักเรียนมีโอกาสได้คิดออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่อิงบริบทในชีวิตจริงด้วยตัวเองจะกระตุ้นให้นักเรียนมุ่งสืบค้นองค์ความรู้โดยใช้เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือ และในการศึกษาค้นคว้าเพื่อนำความรู้ไปใช้ในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะเอื้อให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา การที่นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการสำรวจชุมชนและพบเห็นปัญหาในชุมชนที่ตนอาศัยอยู่นั้น ทำให้สามารถระบุปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้ การนำประเด็นหรือปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงมาใช้เป็นทรัพยากรหลักในการจัดการเรียนการสอนและสามารถนำไปสู่การพัฒนาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัว นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงของโรงเรียนและชุมชนผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่ถูกจัดขึ้น ทำให้เกิดการพัฒนาความเข้าใจในเชิงลึกที่เกี่ยวกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียนและยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความเข้าใจดังกล่าวมาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในชุมชน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dalida, Malto, and Lagunzad (2018) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาที่ใช้ชุมชนและบริบทรอบตัวของนักเรียนเป็นฐานจะช่วยพัฒนาความเข้าใจและความตระหนัก เจตคติทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนซึ่งนำไปสู่การคิดวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ตนประสบในโลกของความเป็นจริงได้

ประการที่ 3 การที่นักเรียนมีระดับการรู้สิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบสอบ กระบวนการกลุ่มผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการส่งเสริมให้เกิดการรู้สิ่งแวดล้อม กล่าวคือ ขั้นตอนของการจัดการเรียน

การสอนที่นำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้นั้นมีขั้นที่ส่งเสริมตัวบ่งชี้ต่าง ๆ ของสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม ประเมินศักยภาพวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม และนำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมจัดอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงซึ่งสอดคล้องกับ Sadler, Coyle, and Schwartz (2000) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องสืบค้นและสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสภาพปัญหาของสังคมหรือสิ่งที่สังคมต้องการ โดยที่นักเรียนต้องประยุกต์ทักษะ ความรู้และประสบการณ์ในการแก้ปัญหานั้น ทำให้นักเรียนได้รับความรู้และประสบการณ์ใหม่ด้วยตัวนักเรียนเอง ในขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษานี้มีขั้นตอนหลายขั้นที่ส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นค้นหา (Research) ในขั้นตอนการสอนนี้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมสืบสอบความรู้ที่หลากหลายเน้นการลงมือปฏิบัติ (hands-on inquiry) นำไปสู่การเรียนรู้เนื้อหาที่เป็นความรู้ทางสิ่งแวดล้อม เช่น การสำรวจสภาพปัญหาแหล่งน้ำเสียในชุมชน ซึ่งถือเป็นการสำรวจปลายเปิด (open ended exploration) การทดลองตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียที่ได้ตัวอย่างมาจากในชุมชน ซึ่งถือเป็นกิจกรรมตรวจสอบข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) การสืบค้นข้อมูลและนำเสนอข้อมูลเทคโนโลยีปัจจุบันที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่าง ๆ กิจกรรมการศึกษาวีดิทัศน์อันตรายของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่มีต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกาย กิจกรรมการร่วมกันสืบค้นข้อมูล อภิปรายและนำเสนอแนวทางที่เป็นไปได้ในการแก้ไขฝุ่นละอองในอากาศอย่างยั่งยืน กิจกรรมการฝึกตรวจสอบและบอกคุณภาพอากาศโดยใช้ดัชนีการบอกคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กิจกรรมดังกล่าวเป็นการเรียนรู้แบบสืบสอบที่นักเรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง จนทำให้ค้นพบข้อความรู้ที่สำคัญในการนำไปพัฒนาวิธีการแก้ปัญหารวมถึงออกแบบและสร้างตัวต้นแบบที่นำมาใช้แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทที่นักเรียนอาศัยอยู่ การเรียนรู้แบบสืบสอบดังกล่าวเป็นการยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-Oriented Learning) และเป็นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตัวเองนี้จะส่งเสริมให้นักเรียนสร้างประสบการณ์ใหม่ที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์/ความรู้เดิมที่มี ทำให้เกิดโครงสร้างทางปัญญาที่ในระยะยาว นอกจากนี้กิจกรรมสืบสอบเหล่านี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกวิเคราะห์ประเด็นที่เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาน้ำเสียในคลองรอบโรงเรียนที่นักเรียนเห็นในชีวิตประจำวัน หรือแม้แต่มลพิษฝุ่นละอองทางอากาศ กิจกรรมสืบสอบความรู้ที่หลากหลายเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา จึงส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Goodwin (2015) ที่ได้แนะนำว่าควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่ม

โอกาสให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้เนื้อหาและสร้างความเข้าใจและตระหนักถึงคุณค่าของสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Heitkamp, 2016) ในการใช้กิจกรรมสืบสอบเชิงสิ่งแวดล้อมในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน กิจกรรมเหล่านี้จะสามารถพัฒนาความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม จิตใจ ทักษะและพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อมได้

ขั้นจินตนาการ (Imagine) ในขั้นการจัดการเรียนการสอนนี้นักเรียนทำงานเป็นทีมในการแลกเปลี่ยนความคิดระดมสมองเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่มีการสร้างแนวคิดได้มีการสนทนา ให้ความสนใจไปที่หัวข้อที่ต้องการจะพัฒนา นำไปสู่ขั้นวางแผน (Plan) ที่นักเรียนหารือความต้องการกับกลุ่มอีกครั้ง แล้วเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด เลือกวิธีการแก้ปัญหาหนึ่งวิธีแล้วพัฒนาสิ่งที่ต้องการ วางแผนเพื่อออกแบบตัวต้นแบบ เพื่อสร้างตัวต้นแบบ ตลอดจนประเมินและปรับปรุงตัวต้นแบบ เป็นหลักการของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาที่เน้นให้มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ตัดสินใจร่วมกันเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหา นักเรียนมีการสื่อสารกันเพื่อแบ่งปันแนวคิด และ การนำตัวต้นแบบมาปรับปรุงอีกครั้งในการทำงานร่วมกันนี้เอง นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันผ่านกระบวนการกลุ่ม นักเรียนจะได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติการสร้างชิ้นงานที่ออกแบบมาเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

กระบวนการเหล่านี้ทำให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ปัญหาและนำความรู้ที่ได้เรียนในขั้นค้นหามาวิเคราะห์ประเด็นสิ่งแวดล้อมที่นักเรียนระบุในขั้นถาม (Ask) ทั้งนี้การออกแบบชิ้นงานเพื่อนำมาแก้ปัญหาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างชิ้นงาน สอดคล้องกับแนวคิดของ Papert (1986) ที่กล่าวว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ดี หากมีโอกาสเรียนรู้ผ่านการออกแบบ (Learning by Design) โดยการนำความรู้นั้นไปสร้างชิ้นงานอาศัยสื่อ เทคโนโลยี วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม กระบวนการในการสร้างสรรค์ชิ้นงานช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกเผชิญสถานการณ์คิดออกแบบวิธีการและลงมือปฏิบัติเอง ส่งเสริมให้สามารถแสดงความคิดออกมาเป็นรูปธรรมที่เห็นได้ชัดเจน ทั้งนี้เมื่อนักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ จนสามารถพัฒนาชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทที่กำหนดแล้ว ถือได้ว่านักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านการทำโครงงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Karayol and Akaygun (2017) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันโดยใช้การทำโครงงานเป็นกิจกรรมหลักส่งผลต่อการพัฒนาทักษะทางสิ่งแวดล้อมและนำไปสู่การรู้สิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้ได้เน้นผู้เรียนใช้กระบวนการทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานกับสภาพน้ำเสียที่นำมาจากคลองในชุมชนรอบโรงเรียน โดยถือว่าการส่งเสริมให้นักเรียนมีความเชื่อในตัวเองว่าทุกคนมีความสามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์จริงผ่านพฤติกรรมต่าง ๆ ถือเป็น

อีกวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมได้ ทั้งส่วนบุคคลและส่วนรวม (Pe'er, Goldman, & Yavetz, 2007)

3. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

(1) การนำแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาไปจัดการเรียนการสอนเพื่อได้ประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนต้องคำนึงถึงการเตรียมความพร้อมนักเรียนให้มีความคุ้นชินกับวิธีการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ กระบวนการทำงานกลุ่ม กระบวนการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้วิธีการสืบสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา ตลอดจนการออกแบบและสร้างชิ้นงาน เมื่อนักเรียนได้มีความพร้อมด้วยกระบวนการดังกล่าวแล้ว นักเรียนจะสามารถพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมได้ง่ายขึ้น เนื่องจากไม่ต้องปรับตัวกับกระบวนการเรียนรู้ผ่านทางกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ผู้สอนอาจจะเตรียมความพร้อมพื้นฐานของความสามารถและทักษะการทำงานเหล่านี้ให้นักเรียนโดยเริ่มจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานในรายวิชาโครงงานหรือรายวิชาการค้นคว้าอิสระในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมาก่อน

(2) การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาที่เน้นการลงมือปฏิบัติในการออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทที่กำหนดให้นั้น ต้องมีการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน ต้องอาศัยการชี้แนะและกำกับดูแล ต้องมีครูผู้ช่วยงาน 2-3 คน โดยครู 1 คนสามารถช่วยแนะนำงานและดูแลการทำงานของนักเรียน 2 กลุ่มได้ และมีเวลาเพียงพอเพื่อให้นักเรียนมาปรึกษา เช่น ควรเตรียมเวลาช่วงหลังเลิกเรียนสัก 1-2 ชั่วโมงเพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้มาปรึกษาโดยเฉพาะในขั้นวางแผนและออกแบบตัวต้นแบบเป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องการคำปรึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของตัวต้นแบบมากที่สุด นอกจากนี้การเตรียมเวลาสำหรับการทดสอบและนำเครื่องมือไปปรับปรุงเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาผ่านกิจกรรรนั้นเป็นสิ่งสำคัญ การทดสอบตัวต้นแบบควรจะเตรียมเวลาอย่างน้อย 2 คาบเรียน

(3) การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ครูผู้สอนควรเชิญผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเฉพาะด้านเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ เช่น เจ้าหน้าที่ในกรมควบคุมสิ่งแวดล้อม หรือวิศวกรสิ่งแวดล้อม เพื่อมาให้ความรู้เพิ่มเติมและช่วยในขั้นการตรวจสอบและทดลองตัวต้นแบบ หรือแม้กระทั่งในการนำเสนอชิ้นงานเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สอบถามข้อสงสัยหรือข้อความรู้ที่เฉพาะเจาะจงและเปิดโอกาสให้นักเรียน

ได้รับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาชิ้นงานจากผู้เชี่ยวชาญส่งผลให้นักเรียนมองเห็นประโยชน์และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงชิ้นงานของตัวเองในลำดับต่อไป

3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

(1) ศึกษาเพิ่มเติมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking abilities) และความสามารถในการคิดเชิงออกแบบ (Design thinking abilities) เนื่องจากขณะทำกิจกรรมพบว่านักเรียนระบุประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม และวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้สืบสอบมาเมื่อทำงานกลุ่มนักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนเพื่อจะได้ปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะเหล่านี้สามารถนำไปสู่การคิดเชิงคำนวณได้ นอกจากนี้ในขั้นจินตนาการและขั้นวางแผน พบว่า นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มในการช่วยกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพ มีการแก้ปัญหาด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์กล่าวคือนักเรียนหาเหตุและผล ผลจากการแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่มนั้นจะประสบความสำเร็จได้ขึ้นอยู่กับสมาชิกทุกคนเห็นชอบร่วมกัน ผู้วิจัยเห็นว่าสามารถนำไปสู่ความสามารถในการคิดออกแบบได้ ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาน่าจะนำไปพัฒนาการคิดเชิงคำนวณและการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนขณะดำเนินกิจกรรมโดยผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่เน้นการแก้ปัญหาและคำนึงถึงผลต่อกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

(2) ศึกษาเพิ่มเติมถึงความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง (collaborative problem-solving abilities) ของนักเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาเริ่มต้นจากสถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัวของนักเรียน โดยนักเรียนจะได้รับการกระตุ้นให้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ตลอดจนสร้างชิ้นงานออกมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว กระบวนการทั้งหมดนี้ผ่านการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ขณะจัดการเรียนการสอนพบว่านักเรียนมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน แบ่งหน้าที่กันทำงานและเรียนรู้ที่จะหาวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยกัน ลักษณะดังกล่าวอาจจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังได้ ที่มีจุดเน้นคือการให้นักเรียนได้มีสมรรถนะความเข้าใจร่วมกันและแก้ไขปัญหาและสถานการณ์ต่าง ๆ ร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่ม งานวิจัยครั้งต่อไปจึงสามารถศึกษาว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังได้หรือไม่ อย่างไร โดยเฉพาะปัญหาสิ่งแวดล้อม

(3) ศึกษาเพิ่มเติมถึงความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (creative problem-solving) ของนักเรียน เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่นักเรียนต้องแก้ไข ต้องใช้กระบวนการคิดออกแบบชิ้นงานและสร้างขึ้นมาเพื่อนำไปแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ทำให้นักเรียนต้องคิดสร้างชิ้นงานใหม่จนได้เป็นนวัตกรรมที่น่าสนใจ จากการดำเนินงานวิจัยในขั้นสร้างนักเรียนช่วยกันนำเสนอแนวคิดในวิธีการต่าง ๆ ในกรองฝุ่นละออง นักเรียนกลุ่มหนึ่งได้เสนอแนวคิดการปลูกต้นไม้โดยค้นหาความรู้เรื่องต้นไม้ที่สามารถกรองฝุ่นละอองและนำมาปลูกในเครื่องกรองอากาศโดยออกแบบให้มีรูเพื่อระบายแก๊สและสามารถรดน้ำต้นไม้ได้ การที่นักเรียนคิดหาคำตอบของปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย แปลกใหม่ พิจารณาวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลบนเงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำไปสู่การพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นได้ โดยการวิจัยที่จะนำไปต่อยอดสามารถศึกษาว่าแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ โดยเฉพาะปัญหาสิ่งแวดล้อมและบริบทในชุมชนของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่เพื่อมาแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2549). *ถอดรหัสสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนจากงานวิจัย*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

คงศักดิ์ ธาตุทอง. (2541). สามมุมมองสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนมัธยมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 20*(1), 14-18.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). *การสร้างเครื่องมือวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนดล ยิ้มถนอม. (2555). *การพัฒนาโมเดลเชิงสาเหตุของพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ธีรดา หลงศิริ. (2561). *การพัฒนาหลักสูตรเรื่องสถานที่เป็นฐานเรื่องวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม: กรณีศึกษาสถานที่จังหวัดระยอง*.(ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

นิติกร อ่อนโยน. (2561). *การพัฒนาหลักสูตรนำเสนอตามโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมที่รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย*. (ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

พงศ์กรณ์ พันธุ์โยศรี. (2558). *ผลของการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่มีต่อความสามารถในการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

พัชรินทร์ ศรีคำ. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อมที่มีต่อเจตคติทางสิ่งแวดล้อมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

พิมพ์พรรณ เทพสุเมธานนท์. (2548). สิ่งแวดล้อมศึกษากับการศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย. *วารสารรามคำแหง, 22*(4).

วภิรญา เสรียศภัทร. (2559). *การปลูกฝังเจตคติทางสิ่งแวดล้อมโดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนตามแนวลัทธิเต๋า ในรายวิชาชีววิทยา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.* กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). *การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง อ้อย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. (2561). *ประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2561.* สืบค้นจาก http://www.ipsr.mahidol.ac.th/ipsr/Contents/Documents/Gazette/Gazette2018TH.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษาประเทศไทย.* สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2014/08/STEM-Manual-mung-ruang-ka.pdf

สมควร ไข่แก้ว. (2556). *การพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นแหล่งการเรียนรู้นอกห้องเรียนในจังหวัดภูเก็ตเพื่อส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

สมบุญ ศิลป์รุ่งธรรม. (2547). *อนาคตภาพหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในทศวรรษหน้า (ช่วงระหว่างปี พ.ศ.* 2547-2557). (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

สมรัก อินทวิมลศรี. (2560). *ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรงเทพมหานคร.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579*. สืบค้นจาก http://www.lampang.go.th/public60/EducationPlan2.pdf

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2561). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สืบค้นจาก http://academic.obec.go.th/newsdetail.php?id=75

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560). *รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 มกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2560.* สืบค้นจาก www.onep.go.th/wp-content/uploads/soe1-2-2560.pdf

สิขเรศ อำไพ. (2558). *การพัฒนาแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรงเทพมหานคร.

สุรชัย มีธาตุ. (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษศาสตร์*, *10*(2), 114-126.

อรอนงค์ เดชโยธิน. (2560). *การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การ*สอนแบบโครงการที่เน้นการคิดแก้ปัญหา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (*2559).* ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

Adkins, C., Carter, B., Eller, J., Heimlich, J., Lancos, J., Murakami, C., . . . Wilcox, S. (2000). *Excellence in environmental education: Guidelines for learning (K12).* Retrieved from http://resources.spaces3.com/89c197bf-e630-42b0-ad9a-91f0bc55c72d.pdf

Blackley, S., & Sheffield, R. (2016). Appraising the E in STEM Education: Creative alternatives to “Engineering”. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (formerly CAL-laborate International), 23*(3).

Bloom, M., & Fuentes, S. Q. (2019). Experiential Learning for Enhancing Environmental Literacy Regarding Energy: A Professional Development Program for Inservice Science Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 15*(6).

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & 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.

Bybee, R. W. (2010). W*hat is STEM education?* : American Association for the Advancement of Science.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*: NSTA press.

Capraro, M. R., Capraro, M. M., & Morgan, J. (2013). *STEM Project-Based Learning : An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*: Brill - Sense.

Carmi, N., Arnon, S., & Orion, N. (2015). Transforming environmental knowledge into behavior: The mediating role of environmental emotions. *The Journal of*

Environmental Education, 46(3), 183-201.

Dalida, C. S., Malto, G. A. O., & Lagunzad, C. G. B. (2018). Enhancing Students' Environmental Knowledge and Attitudes Through Community-based Learning. *KnE Social Sciences, 3*(6), 205-220.

DC Environmental Literacy Plan Workgroup. (2012). *DC Environmental literacy Plan Integrating Environmental Education into the K-12 Curriculum.* Retrieved fromhttps://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/service_content/attachments/DCELP_Final_June_2012.pdf

Disinger, J. F., & Roth, C. E. (1992). *Environmental Literacy.* Retrieved from https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED351201.pdf

Ebel, R. (1972). *Essentials of Educational Measurement* (Vol. 9).

Erdal, T. (2016). Development and use of a three-tier diagnostic test to assess high school students' misconceptions about the photoelectric effect. *Research in Science & Technological Education, 34*(2), 164-186.

Ernst, J., & Monroe, M. (2006). The effects of environment-based education on students' critical thinking skills and disposition toward critical thinking. *Environmental Education Research, 12*(3-4), 429-443.

Febriasari, L., & Supriatna, N. (2017). *Enhance Environmental Literacy through Problem Based Learning.* Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.

Genc, M., & Akilli, M. (2016). Modeling the relationships between subdimensions of environmental literacy. *Applied Environmental Education & Communication, 15*(1), 58-74.

Gero, J. S. (1990). Design prototypes: a knowledge representation schema for design. *AI magazine, 11*(4), 26.

Goldman, D., Pe'er, S., & Yavetz, B. (2017). Environmental literacy of youth movement members–is environmentalism a component of their social activism? *Environmental Education Research, 23*(4), 486-514.

Goodwin, D. (2015). *Why Choose an Inquiry-Based Approach?* Retrieved from The Environmental Literacy Council https://enviroliteracy.org/teaching-resources/ap-environmental-science-course-material/why-choose-an-inquiry-based-approach/

Heitkamp, M. A. (2016). *The Impacts Of Classroom STEM-Themed Environmental Investigations On Middle School Environmental Literacy.* (Master of Arts in Education: Natural Science and Environmental Education), Hamline University, Saint Paul, Minnesota. Retrieved from https://digitalcommons.hamline.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.co.th/&httpsredir=1&article=5224&context=hse_all

Hollweg, K. S., Taylor, J. R., Bybee, R. W., Marcinkowski, T. J., McBeth, W. C., & Zoido, P. (2011). *Developing a framework for assessing environmental literacy.* from Washington, DC: North American Association for Environmental Education

Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing Learner Behavior Through Environmental Education. *The Journal of Environmental Education, 21*(3), 8-21.

Ivanova, M., Baste, I., Bernice, L., Satishkumar, B., Gelil, A., Joyeeta, G., . . . Preston, F. (2012). *Global Environmental Outlook 5, United Nations Environment Programme: Chapter 17, Global Responses.* Retrieved from https://scholarworks.umb.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=crhsgg_faculty_pubs

Karayol, S., & Akaygun, S. (2017). *The Effect of Project Based Learning on Environmental Literacy*. Paper presented at the European Science Research Association Conference (ESERA2017), Dublin, Ireland. http://www.esera2017.org/wp-content/uploads/2017/08/ESERA-2018-Printed-Programme-14.8.17.pdf

Kaya, V. H. (2019). *Science Literacy in Regard to the Environment: Issues and Challenges.* (Doctor of Natural Sciences), Faculty Biology and Chemistry, University of Bremen.

Kim, B.-H., & Kim, J. (2016). Development and validation of evaluation indicators for teaching competency in STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12*(7), 1909-1924.

Lantz, H. B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?* https://dornsife.usc.edu/assets/sites/1/docs/jep/STEMEducationArticle.pdf

Loubser, C., Swanepoel, C., & Chacko, C. (2001). Concept formulation for environmental literacy. *South African Journal of Education, 21*(4), 317-323.

McBride, B. B., Brewer, C., Berkowitz, A., & Borrie, W. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? *Ecosphere, 4*(5), 1-20.

National Center for Technological Literacy. (2004). *The Engineering Design Process: Engineering is elementary.* Retrieved from Museum of Science, Boston https://www.eie.org/overview/engineering-design-process

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*: National Academies Press.

National Science Teachers Association. (2003). *NSTA Position Statement on Environmental Education.* Retrieved from http://static.nsta.org/pdfs/PositionStatement_EnvironmentalEd.pdf

Organization for Economic Co-operation and Development. (2013). *PISA 2015: Draft Science Framework.* Retrieved from https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf

Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). *The Future of Education and Skills Education 2030.* Retrieved from www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).

Padamsi, Z. (2017). Why Pursue STEM When We Have STSE? A Canadian Perspective. *Journal for Activist Science & Technology Education, 8*(1), 18-20.

Papert, S. (1986). *Constructionism: A new opportunity for elementary science education*: Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology

Population Reference Bureau. (2017). *World population data sheet 2017.* Retrieved from https://assets.prb.org/pdf17/2017_World_Population.pdf.

Reeve, E. M. (2015). *Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM) Education is here to say.* Retrieved from http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/08/STEM-Education-is-here-to-stay.pdf

Roth, C. (1968). On the road to conservation. *Massachusetts Audubon, 52*(4), 38-41.

Sadler, P., Coyle, H., & Schwartz, M. (2000). *Engineering Competitions in the Middle School Classroom: Key Elements in Developing Effective Design Challenges* (Vol.

9).

Simmons, Susan, C., Billy, B., Burnett, D., Carter, J., Khalil, K., . . . Steffen, P. (2019). *Guidelines for Excellence K–12 Environmental Education For educators, administrators, policy makers, and the public.* Retrieved from https://cdn.naaee.org/sites/default/files/learnerguidelines_new.pdf

Simmons, D. (1995). *The NAAEE Standards Project: Papers on the Development of Environmental Education Standards.* Retrived from https://eric.ed.gov/?id=ED406177

Soper, E., Fano, E., & Hammonds, J. (2015). *Green STEM: How environment-based education boost student engagement and academic achievement in science, technology, engineering, and math*. Retrieved from https://www.nwf.org/~/media/PDFs/Eco-schools/GreenSTEM/FINAL%20GREEN%20STEM%20GUIDEBOOK%20JUNE%203%202015.pdf

Swanepoel, C., Loubser, C., & Chacko, C. (2002). Measuring the environmental literacy of teachers. *South African Journal of Education, 22*(4), 286-292.

Szczytko, R., Stevenson, K., Peterson, M. N., Nietfeld, J., & Strnad, R. L. (2018). Development and validation of the environmental literacy instrument for adolescents. *Environmental Education Research*, 1-18.

Teach Engineering STEM Curriculum for K-12. (2016). *Engineering Design Process.* Retrieved from https://www.teachengineering.org/k12engineering/designprocess

Ua-Umakul, A., & Chauwatchatuphon, O. (2017). The Effects of Using STEM Project-Based Learning Activities on Environmental Problem-Solving Abilities of Upper Secondary School Students in Bangkok Metropolis. *Journal of Educational Science and Research (IJESR), 8*(1), 1-8.

UNESCO. (1978). *Intergovernmental Conference on Environmental Education, Tbilisi, USSR*, 14-26 October 1977: final report.

Vasquez, J., Comer, M., & Snieder, C. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Volk, T. L. (1984). Project Synthesis and Environmental Education. *Science Education, 68*(1), 23-33.

Williams, R. D. (2017). *An Assessment of Environmental Literacy Among Oklahoma Public High School Students and the Factors Affecting Students' Environmental Literacy.* (Master of Liberal Arts in Extension Studies), Harvard Extension School.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือวิจัยและ
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก จ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพชิ้นงานของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

อาจารย์ ดร.วชิระ ศรีคุ้ม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
อาจารย์ ดร.ปรัชญพงศ์ ยาศรี	สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล
อาจารย์บุญสม สานิยม	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีวัดอัปสรสวรรค์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง	สาขาวิชาวัดประเมินผล ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.จิราภรณ์ เทียมพันธ์พงศ์	ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.นิติกร อ่อนโยน	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจความสอดคล้องกันระหว่างผู้ประเมิน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพล อนันตวรสกุล	สาขาวิชาการสอนสังคมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

1. หน่วยที่ 1 “น้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน”
2. หน่วยที่ 2 “ฝุ่นละอองในเมืองกรุง”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง น้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน

ตารางจำนวนครั้ง กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อการเรียนรู้ในแต่ละคาบเรียน

แผน	ครั้งที่	กิจกรรมในขั้นตอนการสอน	สื่อการเรียนรู้
น้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน (450 นาที)	1	ขั้นถาม (30 นาที) ขั้นค้นหา (170 นาที) 1) กิจกรรมสำรวจแหล่งน้ำเสียในชุมชนคลองภาษีเจริญและเก็บตัวอย่างน้ำเน่า (70 นาที)	- ภาพและข่าวสถานการณ์แหล่งน้ำเน่าเสียในกรุงเทพมหานคร - วีดิทัศน์ “ปัญหาน้ำคลองเน่าเสียในกทม.” - แบบบันทึกการสำรวจปัญหาน้ำเสียและผลกระทบต่อชุมชน
	2	1) ปฏิบัติการทดลองตรวจสอบคุณภาพน้ำ (50 นาที) 2) สืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้ำเสีย (50 นาที)	- ใบกิจกรรมและแบบบันทึกกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำ - ใบกิจกรรมและแบบบันทึกกิจกรรมสืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
	3	ขั้นจินตนาการ (20 นาที) ขั้นวางแผน (30 นาที) ขั้นสร้างชิ้นงาน (50 นาที)	- แบบบันทึกกิจกรรมการสร้างชิ้นงาน
	4	ขั้นสร้างชิ้นงาน (ต่อ) (50 นาที) ขั้นทดสอบและประเมิน (30 นาที) ขั้นปรับปรุง และนำเสนอ (70 นาที) ทำโปสเตอร์เผยแพร่ชิ้นงาน	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

<u>หน่วยการเรียนรู้ที่ 1</u> เรื่อง น้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน

วิชา ว31282 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ระยะเวลาที่ใช้สอน 450 นาที ครูผู้สอน นายธนา เครือวงค์

---

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุปัญหาปัญหามลพิษทางน้ำในชุมชนรอบโรงเรียน (K)
2. อธิบายถึงสาเหตุของปัญหามลพิษทางน้ำในชุมชนได้ (K)
3. ยกตัวอย่างผลกระทบที่เกิดจากปัญหามลพิษทางน้ำในชุมชนได้(K)
4. อธิบายแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำในชุมชนได้ (K)
5. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำได้อย่างถูกต้อง (P)
6. ประดิษฐ์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่ใช้บำบัดน้ำเสียได้ (P)
7. ตระหนักถึงผลกระทบของมลพิษทางน้ำที่มีต่อตัวเองและชุมชนได้ (A)

2. สาระสำคัญ

1. ปัญหาสิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมีสภาวะเป็นพิษอันเป็นปัญหาต่อการดำรงชีวิตต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช ทั้งต่อสุขภาพร่างกาย จิตใจและการดำเนินชีวิต
2. มลพิษทางน้ำหรือน้ำเสีย คือน้ำที่คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากมีสิ่งเจือปนมากจนไม่เหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์ น้ำบริสุทธิ์จำนวน 1 ลิตร จะมีออกซิเจนปนอยู่ 8 มิลลิกรัม ถ้ามีน้อยกว่านี้ถือว่าเป็นน้ำเสีย
3. การตรวจสอบคุณภาพน้ำเสีย สามารถกระทำได้หลายวิธี โดยค่าที่นิยมใช้ตรวจสอบคือ (1) ค่า Dissolved Oxygen (DO) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายปนอยู่ในน้ำ ถ้าค่าออกซิเจนสูง แสดงว่าน้ำมีคุณภาพดี โดยจะมีค่าประมาณ 5-7 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้ามีอินทรียภาพในน้ำ ค่า DO จะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร การเพิ่มออกซิเจนจึงเป็นการแก้ปัญหาน้ำเน่า (2) ค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียและโพรโทซัวใช้ย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำ ถ้าหากค่า BOD สูงแสดงว่าน้ำเสื่อมคุณภาพมาก

พระราชบัญญัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต้องมีค่า BOD ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร แม่น้ำที่สะอาดจะมี BOD ประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การทิ้งสิ่งสกปรกและของเหลือใช้จากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ของเสียและสารพิษจากการเกษตรกรรม การขนถ่ายเชื้อเพลิงและวัตถุมลพิษทางเรือ การที่น้ำฝนชะล้างมลวัตถุลงสู่แหล่งน้ำ
5. ผลเสียที่เกิดจากมลพิษทางน้ำ ได้แก่ เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ ขาดแคลนน้ำดื่มใช้ที่สะอาดและปลอดภัย ทำให้พืชและสัตว์น้ำเป็นพิษหรือเป็นอันตราย ทำลายภูมิทัศน์และแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ
6. ผลกระทบจากน้ำเสียต่อระบบนิเวศในน้ำผลกระทบจากมลพิษทางน้ำทำให้ระบบนิเวศธรรมชาติถูกทำลาย หรือเสื่อมคุณภาพจนไม่เหมาะที่สิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้ ทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าและขาดออกซิเจนที่ละลายน้ำ ส่งผลให้สัตว์และพืชน้ำตายเป็นจำนวนมาก แหล่งน้ำที่มีสารพิษพวกยาฆ่าแมลง และยาปราบศัตรูพืชสะสมอยู่มาก รวมทั้งแหล่งน้ำที่มีคราบน้ำมันปกคลุม และ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ปล่อยสารพิษ และความร้อนลงสู่แหล่งน้ำ
7. การป้องกันและแก้ไขน้ำเสีย ได้แก่ การลดปริมาณการทำให้เกิดน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ (โรงงานอุตสาหกรรม แหล่งชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม เหมืองแร่) การบำบัดน้ำเสีย การประชาสัมพันธ์หรือรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักถึงคุณค่าของน้ำและร่วมมืออนุรักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. กิจกรรมการเรียนรู้

3.1 ขั้นถาม (30 นาที)

3.1.1 ครูแสดงสื่อต่อไปนี้ให้นักเรียน

(1) ภาพน้ำเสียในคลองและแม่น้ำตามแหล่งน้ำต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร

(2) ข่าว เรื่อง “ปัญหาน้ำเสียในกรุงเทพมหานครนี่หรือนครแห่งการท่องเที่ยวอเมซิ่ง กรุงเทพฯ คนมักง่ายกับเมืองน้ำเน่า”

(3) วีดิทัศน์ เรื่อง “ปัญหาน้ำคลองเน่าเสียใน กทม.”

3.1.2 ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามต่อไปนี้

(1) จากข่าวดังกล่าว เกิดปัญหาอะไรขึ้นบ้าง *(น้ำในคลองเน่าเสีย ขยะมูลฝอย มีกลิ่นเน่าเสีย น้ำไม่สามารถใช้อุปโภค บริโภคได้ สูญเสียทัศนียภาพของเมืองหลวง)*

(2) นักเรียนคิดว่าเกิดจากสาเหตุอะไร *(คนขาดจิตสำนึกทิ้งขยะในแม่น้ำลำคลอง ไม่มีระบบการจัดการน้ำที่ดี ประชาชนละเลยการจัดการขยะ)*

(3) นักเรียนเห็นสภาพปัญหาดังกล่าวแล้ว รู้สึกอย่างไร *(รู้สึดหดหู่ ไม่อยากให้เกิดภาพดังกล่าว)*

(4) นักเรียนคิดว่าปัญหาดังกล่าวจะถูกแก้ไขได้อย่างไร หรือมีวิธีการใดที่ใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ *(ตามการตอบคำถาม ความเห็นของนักเรียนในชั้น)*

(5) นักเรียนคิดว่าสภาพน้ำเสีย หรือน้ำเสื่อมโทรมไปแล้ว ส่งผลกระทบต่อสังคม ชุมชนและสิ่งแวดล้อมอย่างไร *(ชุมชนไม่มีน้ำสะอาดใช้ ทัศนียภาพไม่ดี กลิ่นไม่พึงประสงค์ ส่งผลต่อภาพลักษณ์สังคม ส่งผลเสียต่อลูกหลานในอนาคต สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมด้วยมลพิษ อาจก่อให้เกิดโรคภัยตามมา)*

(4) ชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่ หรือบริเวณรอบ ๆ โรงเรียนเกิดปัญหาดังกล่าวหรือไม่อย่างไร *(ตามการตอบคำถาม ความเห็นของนักเรียนในชั้น)*

(5) นักเรียนคิดว่าถ้าในชุมชนของนักเรียนเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าว นักเรียนจะมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร *(รณรงค์ให้แก้ที่ต้นเหตุ สร้างจิตสำนึก พัฒนาระบบการบำบัดน้ำเสีย สร้างนวัตกรรมที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่สามารถใช้ในครัวเรือนได้)*

3.1.3 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 6 กลุ่ม คละความสามารถ กลุ่มละ 5 คน

3.1.4 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งคำถามเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่ได้อภิปรายในห้องและสิ่งที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะวิธีการ หรือหลักการที่นำมาแก้ปัญหาดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 ขั้นค้นหา (170 นาที) ประกอบไปด้วย 3 กิจกรรม ดังนี้

3.2.1 กิจกรรมสำรวจแหล่งน้ำเสียในชุมชนคลองภาษีเจริญและเก็บตัวอย่างน้ำเน่า (70 นาที)

3.2.2 การปฏิบัติการทดลองตรวจสอบคุณภาพน้ำ (50 นาที)

3.2.3 กิจกรรมสืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้ำเสีย (50 นาที)

กิจกรรมที่ 1 สำรวจแหล่งน้ำเสียในชุมชนคลองภาษีเจริญและเก็บตัวอย่างน้ำเน่า

(1) ครูแจกแบบสำรวจแหล่งน้ำเสียในชุมชนรอบโรงเรียน และมอบหมายให้นักเรียนลงไปสำรวจแหล่งน้ำในชุมชนรอบโรงเรียนและพูดคุยสอบถามชาวบ้านในชุมชนในประเด็นดังนี้

1. สภาพของแหล่งน้ำในชุมชน
2. ปัญหาที่พบ ผลกระทบที่ชุมชนได้รับจากปัญหาแหล่งน้ำ
3. สาเหตุที่คาดว่าทำให้แหล่งน้ำเสีย
4. วิธีการแก้ไขปัญหาน้ำเสียในชุมชน

(2) ครูมอบหมายให้นักเรียนเก็บตัวอย่างน้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน โดยเก็บลงในขวดขนาด 1 ลิตรที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ กลุ่มละ 1 ขวดเพื่อทำกิจกรรมในคาบเรียนต่อไป

กิจกรรมที่ 2 ปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

(1) ครูสาธิตและอธิบายวิธีการตรวจสอบคุณภาพและการใช้เครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพน้ำรวมถึงข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือดังกล่าว

(2) นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติการทดลองตามใบกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำและบันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

(3) ครูนำนักเรียนอภิปรายผลการทดลองเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของหลักการตรวจคุณภาพน้ำ (ลักษณะทางกายภาพ (สี กลิ่น ค่า pH และค่า DO)

กิจกรรมที่ 3 การสืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้ำเสีย

(1) ครูจัดฐานการเรียนรู้ 3 ฐาน ดังนี้

ฐานการเรียนรู้ที่ 1 หลักการบำบัดน้ำเสีย

ฐานการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีกังหันน้ำชัยพัฒนาเพื่อบำบัดน้ำเสีย

ฐานการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยี EM Ball ในการกำจัดน้ำเสีย

(2) ครูให้สมาชิกแต่ละกลุ่มกำหนดหมายเลขประจำตัว (1-6)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยให้ หมายเลข 1 และ 2 ศึกษาฐานการเรียนรู้ที่ 1

หมายเลข 3 และ 4 ศึกษาฐานการเรียนรู้ที่ 2

หมายเลข 5 และ 6 ศึกษาฐานการเรียนรู้ที่ 3

(3) นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติตามใบกิจกรรมการสืบค้นเทคโนโลยีที่ช่วยบำบัดน้ำเสียที่ครูแจกให้ โดยให้ตัวแทนผู้เชี่ยวชาญของแต่ละกลุ่มไปศึกษาข้อมูลจากฐานการเรียนรู้ของตัวเอง แล้วกลับมาอภิปรายร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มตนเอง และบันทึกข้อมูลการอภิปรายลงในแบบบันทึกกิจกรรมประจำกลุ่ม โดยให้เวลาในการศึกษา 30 นาที

(4) ครูนำอภิปรายหลักการสำคัญของเทคโนโลยี ข้อดี ข้อจำกัดของเทคโนโลยี แล้วให้นักเรียนสรุปผลการศึกษาของกลุ่มตัวเองลงไปในสมุด

3.3 ขั้นจินตนาการ (20 นาที)

(1) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจับคู่กัน แล้วออกแบบตัวต้นแบบและร่างภาพตัวต้นแบบเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากความรู้ได้ศึกษามา ในบริบทชุมชนรอบโรงเรียน โดยนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ เทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้

(2) นักเรียนแต่ละคู่บันทึกรายละเอียดลงไปในแบบร่างตัวต้นแบบที่ครูแจกให้

(3) ครูให้นักเรียนแต่คู่ในกลุ่มนำเสนอแบบร่างตัวต้นแบบของตนเองให้สมาชิกในกลุ่มและอภิปรายข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง ของสมาชิกแต่ละคู่

3.4 ขั้นวางแผน (30 นาที)

(1) ให้สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนลงความเห็นเลือกแบบร่างตัวต้นแบบที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนรอบโรงเรียนมาที่สุด เพื่อพัฒนาและสร้างเป็นแบบร่างของกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีแบบร่างตัวต้นแบบเพียงแค่ 1 แบบเท่านั้น

(2) นักเรียนนำเสนอแบบร่างตัวต้นแบบในชั้นเรียน โดยให้สมาชิกในห้องได้อภิปรายข้อดีและข้อจำกัดร่วมกัน เพื่อเป็นแนวทางให้แต่ละกลุ่มพัฒนาแบบจำลองของตนเอง

(3) ครูให้คำแนะนำนักเรียนแต่ละกลุ่มเพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบร่างของนักเรียน

(4) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อแนะนำจากสมาชิกในชั้นเรียนและครูไปปรับปรุงแบบร่างของตนเองอีกครั้งก่อนสร้างชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(5) ครูให้นักเรียนเขียนแผนการกำหนดเวลาปฏิบัติงาน การสร้างชิ้นงาน การทดสอบ การประเมินและการปรับปรุงชิ้นงานรวมถึงขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะสร้างแบบร่างลงไปในใบงานที่ครูกำหนดไว้ให้ เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติ

3.5 ขั้นสร้างชิ้นงาน (100 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างชิ้นงานตามแบบร่างตัวต้นแบบที่ได้ออกแบบไว้และปฏิบัติตามแผนการดำเนินงานการสร้างชิ้นงานที่วางแผนไว้ในขั้นวางแผน

3.6 ขั้นทดสอบและประเมิน (30 นาที)

(1) ครูให้นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ได้ไปฝึกทดสอบน้ำเสียจากคลอง และบันทึกข้อจำกัดของตัวต้นแบบ นำข้อมูลที่ได้มานำเสนอในชั้นเรียน

(2) สมาชิกในห้องเรียนร่วมกันอภิปรายและเสนอแนะแนวทางเพิ่มเติมในการพัฒนาตัวต้นแบบของแต่ละกลุ่มให้ดีขึ้น

3.7 ขั้นปรับปรุง (70 นาที)

(1) ครูให้นักเรียนนำข้อมูลจากการทดสอบตัวต้นแบบและข้อเสนอแนะที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน มาปรับปรุงตัวต้นแบบ แล้วนำไปทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพตัวต้นแบบหลังจากการปรับปรุง

(2) ครูมอบหมายให้นักเรียนนำเสนอและเผยแพร่หลักการ แนวคิดของการออกแบบการแก้ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยี สารสนเทศในการหาสื่อออนไลน์เพื่อเผยแพร่ชิ้นงานของกลุ่ม

4. สื่อการเรียนรู้

1. ภาพและข่าวสถานการณ์น้ำเสียในแหล่งน้ำในกรุงเทพมหานคร
2. วีดิทัศน์ “ปัญหาน้ำคลองเน่าเสียใน กทม.”
3. แบบบันทึกการสำรวจปัญหาน้ำเสียและผลกระทบต่อชุมชน
4. ใบกิจกรรมและแบบบันทึกกิจกรรม “การตรวจสอบคุณภาพน้ำ”
5. ใบกิจกรรมและแบบบันทึกกิจกรรม “การสืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย”
6. แบบบันทึกกิจกรรมการสร้างชิ้นงาน

5. การประเมินการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการประเมิน	วิธีการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์
1. การตอบคำถามในชั้นเรียน	การสังเกตการตอบคำถามในห้องเรียน	แบบบันทึกกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำ แบบบันทึกกิจกรรมการสืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย	ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป
2. การออกแบบเพื่อสร้างนวัตกรรมการบำบัดน้ำเสีย	การสังเกตการออกแบบและการเขียนอธิบายในแบบบันทึกกิจกรรมการสร้างชิ้นงาน	แบบบันทึกกิจกรรมการสร้างชิ้นงาน	ออกแบบตัวต้นแบบได้เหมาะสมกับสถานการณ์ เขียนอธิบายหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆของนวัตกรรมได้ชัดเจน
3. การเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในขั้นสร้าง	การสังเกตการออกแบบและการเขียนอธิบายในแบบบันทึกกิจกรรมการสร้างชิ้นงาน	แบบบันทึกกิจกรรมการสร้างชิ้นงาน	เลือกใช้วัสดุได้คุ้มค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม*
4. การนำเสนอชิ้นงานในชั้นเรียน	การประเมินจากแบบประเมินนวัตกรรม*	แบบประเมินนวัตกรรมบำบัดน้ำเสียตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา	นำเสนอคุณสมบัติของชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษาสาธิตวิธีการใช้ชิ้นงานได้ดี

*ศึกษารายละเอียดของเกณฑ์ในการประเมินชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบประเมินนวัตกรรมบำบัดน้ำเสียตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

ประเด็นในการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก - 4	ดี - 3	พอใช้ - 2	ควรปรับปรุง - 1
1. ลักษณะและคุณสมบัติของชิ้นงาน	ชิ้นงานมีคุณสมบัติครบ 4 ประการ 1. สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 2. หลังบำบัดน้ำเสียแล้วไม่ส่งผลเสียหรือสร้างขยะต่อแหล่งน้ำ 3. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานไม่ส่งผลเสีย 4. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานมีราคาสมเหตุสมผล	ชิ้นงานมีคุณสมบัติ 3 ใน 4 ประการ 1. สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 2. หลังบำบัดน้ำเสียแล้วไม่ส่งผลเสียหรือสร้างขยะต่อแหล่งน้ำ 3. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานไม่ส่งผลเสีย 4. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานมีราคาสมเหตุสมผล	ชิ้นงานมีคุณสมบัติ 2 ใน 4 ประการ 1. สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 2. หลังบำบัดน้ำเสียแล้วไม่ส่งผลเสียหรือสร้างขยะต่อแหล่งน้ำ 3. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานไม่ส่งผลเสีย 4. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานมีราคาสมเหตุสมผล	ชิ้นงานมีคุณสมบัติ 1 ใน 4 ประการ 1. สามารถบำบัดน้ำเสียได้ 2. หลังบำบัดน้ำเสียแล้วไม่ส่งผลเสียหรือสร้างขยะต่อแหล่งน้ำ 3. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานไม่ส่งผลเสีย 4. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานมีราคาสมเหตุสมผล
2. การนำเสนอชิ้นงาน	นำเสนอได้ครบทั้ง 4 ประการ 1. คุณสมบัติของชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 2. สาธิตวิธีการใช้ชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 3. ตอบคำถามได้ทั้งหมด 4. โปสเตอร์ในการนำเสนอชิ้นงานมีความสมบูรณ์และสวยงาม	นำเสนอได้ 3 ใน 4 ประการ 1. คุณสมบัติของชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 2. สาธิตวิธีการใช้ชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 3. ตอบคำถามได้ทั้งหมด 4. โปสเตอร์ในการนำเสนอชิ้นงานมีความสมบูรณ์และสวยงาม	นำเสนอได้ 2 ใน 4 ประการ 1. คุณสมบัติของชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 2. สาธิตวิธีการใช้ชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 3. ตอบคำถามได้ทั้งหมด 4. โปสเตอร์ในการนำเสนอชิ้นงานมีความสมบูรณ์และสวยงาม	นำเสนอได้ 1 ใน 4 ประการ 1. คุณสมบัติของชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 2. สาธิตวิธีการใช้ชิ้นงานตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา 3. ตอบคำถามได้ทั้งหมด 4. โปสเตอร์ในการนำเสนอชิ้นงานมีความสมบูรณ์และสวยงาม
3. ความคิดริเริ่ม	ชิ้นงานมีความแตกต่างและไม่เคยไม่ใครทำมาก่อน	ชิ้นงานมีความแตกต่างซ้ำกับชิ้นงานอื่นในห้องเรียนไม่เกินร้อยละ 50	ชิ้นงานซ้ำกับชิ้นงานอื่นในห้องเรียนไม่เกินร้อยละ 50	ชิ้นงานซ้ำกับชิ้นงานอื่นในห้องเรียน เกินร้อยละ 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อและใบกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

สถานการณ์ เรื่อง ปัญหาน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร
นี่หรือนครแห่งการท่องเที่ยว อเมซิ่งกรุงเทพฯ คนมักง่ายกับเมืองน้ำเน่า!

กรุงเทพมหานคร เมืองสวรรค์แห่งการท่องเที่ยว สถานที่ในฝันสำหรับนักเดินทางหลายๆ คนจากทั่วทุกมุมโลก ที่เต็มไปด้วยความหลากหลายทั้งเรื่อง แสงสี เสียง และสถานบันเทิง แต่ในอีกมุมหนึ่ง กรุงเทพฯ ก็ถือเป็นเมืองแออัด ด้วยเหตุเพราะผู้คนจากทั่วทั้งประเทศ หลั่งไหลกันเข้ามาทำมาหากิน ด้วยเหตุนี้ เพียงไม่นาน จึงไม่แปลกที่ความคราคร่ำของผู้คน จะทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เพราะความมักง่ายของประชาชน สะสมเป็นมลพิษ ทั้งทางบก อากาศ และทางน้ำ โดยเฉพาะปัญหามลพิษทางน้ำ ข้อมูลของสำนักการระบายน้ำกรุงเทพฯ บันทึกว่า คลองในกรุงเทพฯ มีทั้งหมด **1,161** คลอง และคูลำกระโดง จำนวน **521** คู รวมเป็น **1,682** คูคลอง มีความยาวทั้งหมด **2,604** กิโลเมตร

ปัจจุบัน พบว่าคลองในเมืองส่วนใหญ่เน่าเสียต้นตอน้ำคลองเน่าทั่วกรุงฯ ความมักง่าย และน้ำทิ้งไม่ผ่านการบำบัดจากชุมชน'ทำอะไร ได้อย่างนั้น เมื่อในครัวเรือนมีน้ำ ที่ไม่เป็นที่ต้องการ ก็ใช้วิธีปล่อยลงสู่ลำคลองอย่างมักง่าย ข้อมูลจากสำนักการระบายน้ำ ระบุชัดว่า น้ำเสียส่วนใหญ่ที่ไม่ผ่านการบำบัด มาจากอาคารบ้านเรือน ที่พักอาศัย โรงแรม ภัตตาคาร ห้างสรรพสินค้า ตลาด โรงพยาบาล หรือ สถานประกอบการต่างๆ ซึ่งมีปริมาณน้ำทิ้งไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับกิจกรรมในแต่ละวัน พอสะสมลงในแม่น้ำลำคลองนานๆ เข้าจึงทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในเมืองกรุงซึ่งส่วนประกอบ น้ำทิ้งสารพัดชนิด ต่างๆ ที่ไหลลงสู่ลำคลองต่างๆ นั้น เชื่อว่า หากทุกคนรู้ว่ามันคืออะไร ก็คงทำรู้สึก อยากร้องอี๋! ไปด้วยความสกปรก เพราะของเสียเหล่านั้น ประกอบไปด้วย น้ำส้วมและน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ น้ำโสโครกจากท่อระบายน้ำ หรือ ผ่านระบบส้วมซึมออกมา กากของเสีย และสิ่งปฏิกูลที่ปนออกมากับน้ำทิ้ง

แบบบันทึกการสำรวจปัญหาน้ำเสียและผลกระทบต่อชุมชน

รายวิชา ว31282 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 2

กลุ่มที่ .....

ชื่อ .....นามสกุล..... เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล..... เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล..... เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล..... เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล..... เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามและปฏิบัติตามคำสั่งให้ถูกต้องและครบถ้วน

ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ชุมชนภาษีเจริญรอบโรงเรียนเกี่ยวกับปัญหามลพิษทางน้ำ แล้วบันทึกข้อมูลลงในแบบสำรวจที่เตรียมให้

แม่น้ำ / ทะเล / เขื่อน / คลอง วันที่.....เดือน.....ปี.....

เก็บโดย.....

บริเวณจุดเก็บ.....

เวลาเก็บมา	อุณภูมิอากาศ (°C)	อุณหภูมิน้ำ(°C)	กรด - ด่าง

สภาพภูมิอากาศและลักษณะลำน้ำทั่วไป.....

การไหลของน้ำ.....

สีของน้ำ ☐ เขียวอ่อน ☐ เขียวเข้ม ☐ น้ำตาลอ่อน ☐ น้ำตาลแดง ☐ ดำคล้ำ

ภาพถ่ายลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำ

ข้อมูลเกี่ยวลักษณะทางกายภาพ (กลิ่น, รายละเอียดที่มองเห็น)

.....

.....

.....

การใช้ที่ดิน	☐ แหล่งชุมชน	☐ พื้นที่เกษตรกรรม	☐ โรงงานอุตสาหกรรม
พืชน้ำ	☐ ผักตบชวา	☐ สาหร่าย	☐ พืชน้ำทั่วไป
ปริมาณ	☐ น้อย	☐ พอประมาณ	☐ หนาแน่น
ข้อสังเกต	☐ น้ำทิ้งไหลลง	☐ คราบน้ำมันบนผิวน้ำ	☐ ขยะหรือเศษอาหาร

อื่น ๆ .....

ข้อมูลจากการสอบถามและสัมภาษณ์ผู้อยู่อาศัยในชุมชน

.....

.....

เมื่อสอบถามผู้อยู่อาศัยในชุมชนแล้วพบว่าสาเหตุของปัญหามลพิษทางน้ำคือ

.....

.....

วิธีแก้ปัญหาที่ผู้อาศัยในชุมชนเสนอให้แก้ปัญหามลพิษทางน้ำ

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบกิจกรรม “การตรวจสอบคุณภาพน้ำ”

คำชี้แจง ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามใบกิจกรรม

การตรวจสอบน้ำเสียจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังนี้ คือ

การทดลองที่ 1 ตรวจหาลักษณะทางกายภาพของน้ำ

1.1 เตรียมน้ำสองแก้ว ได้แก่ น้ำประปาจากก๊อกน้ำในห้องปฏิบัติการ และตัวอย่างน้ำเสียที่นักเรียนเก็บมาจากชุมชน

1.2 ให้นักเรียนสังเกตลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างน้ำที่เก็บมา ได้แก่ สี กลิ่น ความขุ่น การตกตะกอน แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกกิจกรรม

การทดลองที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพค่า pH ของน้ำ

2.1การตรวจค่า pH ด้วยการใช้การทดสอบกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

จุ่มกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ลงไปในน้ำในบีกเกอร์ที่ 1 และ บีกเกอร์ที่ 2 แล้วบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสีและค่า pH โดยเทียบค่า pH กับฉลากข้างกล่อง

2.2 การตรวจค่า pH ด้วยการใช้เครื่อง pH meterจุ่ม pH meter ลงในน้ำในบีกเกอร์ที่ 1 และบีกเกอร์ที่ 2 อ่านค่าของ pH แล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผล

การทดลองที่ 3 การตรวจสอบค่า DO ของน้ำ

3.1 การตรวจสอบค่า DO ด้วยการใช้ $MgSO_{4(s)}$ ตักสาร $MgSO_{4(s)}$ ซึ่งเป็นของแข็งสีขาวลงไปในน้ำ และสังเกตการเกิดตะกอนขุ่นที่เกิดขึ้นแล้วบันทึกผลการทดลอง (ตะกอนขุ่นมากแสดงว่ามีปริมาณ O_2 ละลายในน้ำมาก)

3.2 การตรวจสอบค่า DO ด้วยการใช้เครื่องวัดค่า DO จุ่ม DO meter ลงในน้ำในบีกเกอร์ที่ 1 และบีกเกอร์ที่ 2 อ่านค่าของ DO แล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผล

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามหลังการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลุ่มที่ .....

แบบบันทึกกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

<u>ตารางบันทึกผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ</u>

ชนิดของตัวอย่างน้ำ	การตรวจสอบคุณภาพของน้ำ											
	ลักษณะทางกายภาพ		ค่า pH					ค่า DO				
	สี	กลิ่น	กระดาษทดสอบ	ค่าที่อ่านได้จาก pH meter				สังเกต $MgSO_{4(s)}$	ค่าที่อ่านได้จาก DO meter			
				1	2	3	เฉลี่ย		1	2	3	เฉลี่ย
บีกเกอร์ 1												
บีกเกอร์ 2												

คำถามหลังการทดลอง

1. ตัวอย่างที่เก็บมาจากแหล่งน้ำในชุมชนของนักเรียนมีคุณภาพน้ำเป็นอย่างไร *(ตอบตามผลการทดลองของนักเรียน)*

2. นักเรียนคิดว่าข้อจำกัดของการบอกคุณภาพน้ำตามวิธีกายภาพคืออะไร *(วิธีการสังเกตได้แต่เพียงภายนอก ไม่สามารถบอกได้ละเอียด และเป็นการใช้ประสาทสัมผัสอาจจะไม่แม่นยำพอ)*

3. ค่า pH ที่เหมาะสมที่ถือว่าเป็นน้ำมีคุณภาพดี ควรมีค่าเท่าไร *(6.8 -7.3)*

4. นักเรียนคิดว่าการบอกค่า pH โดยใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์มีความแตกต่างของการบอกคุณภาพของค่า pH โดยใช้ pH meter หรือไม่ อย่างไร *(มีความแตกต่างกันที่ความละเอียดและความแม่นยำ กล่าวคือ การบอกค่า pH ด้วยการใช้เครื่องมีความละเอียดในการบอกจุดทศนิยมของค่า pH ได้ ซึ่งการเทียบการใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์มาเทียบสีไม่สามารถบอกค่าทศนิยมได้ และสีอาจจะไม่ตรงกับในกล่องกระดาษที่ให้ ยากต่อการประมาณค่า pH)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. ค่า DO ย่อมาจากอะไร *(Dissolved Oxygen: ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ)*

6. ค่า DO ที่เหมาะสม ถือว่าเป็นน้ำมีคุณภาพ ควรมีค่าเท่าไหร่ *(ประมาณ 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร)*

7. นอกจากค่า DO ที่กำหนดแล้วนักเรียนคิดว่ามีวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ค่าอื่นหรือไม่ ระบุมา 2 วิธี *(ค่า BOD; Biological Oxygen Demand ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ค่า COD; Chemical Oxygen Demand ค่า TOC; Total Organic Carbon ปริมาณคาร์บอนในน้ำ)*

8. จากตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากแหล่งน้ำในชุมชน นักเรียนรู้สึกอย่างไรกับผลดังกล่าว และจะดำเนินการอย่างไรต่อไป
(หากผลที่ได้เป็นน้ำที่มีคุณภาพต่ำ หรือน้ำเสีย ต้องสร้างเครื่องมือขึ้นมาเพื่อบำบัดน้ำเสียและดำเนินการรณรงค์ด้วยวิธีการต่าง ๆ และกระตุ้นให้ผู้อาศัยในชุมชนลดการทิ้งขยะ หรือปล่อยน้ำเสียลงสู่คลอง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบกิจกรรม “การสืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้บำบัดน้ำเสีย”

คำชี้แจง

1) ให้สมาชิกแต่ละกลุ่มกำหนดหมายเลขประจำตัว (1-6)

โดยให้ หมายเลข 1 และ 2 ศึกษาฐานการเรียนรู้ที่ 1 “หลักการบำบัดน้ำเสีย”

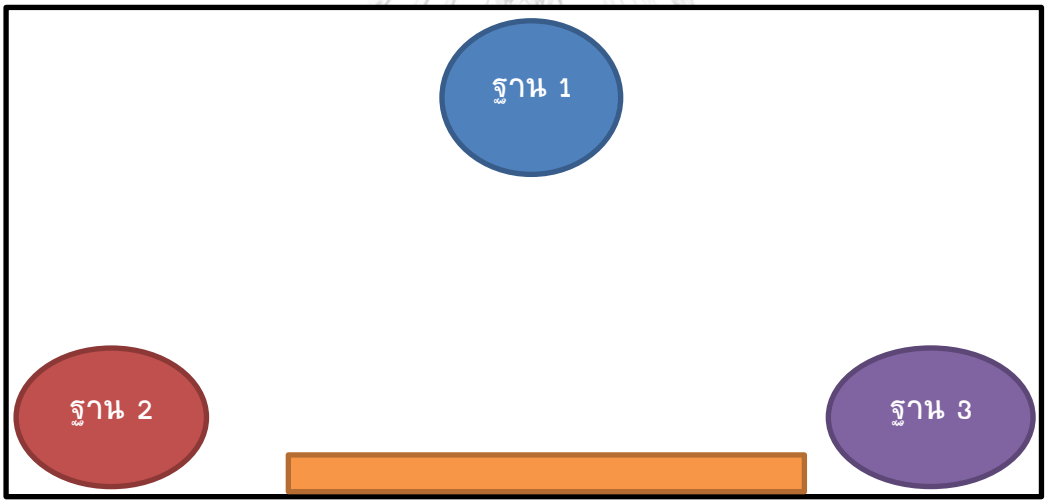
หมายเลข 3 และ 4 ศึกษาฐานการเรียนรู้ที่ 2 “เทคโนโลยีกังหันน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสีย”

หมายเลข 5 และ 6 ศึกษาฐานการเรียนรู้ที่ 3 “เทคโนโลยี EM Ball ในการกำจัดน้ำเสีย”

2) นักเรียนแต่ละคนเป็นตัวแทนผู้เชี่ยวชาญของแต่ละกลุ่มไปศึกษาข้อมูลจากฐานการเรียนรู้ของตัวเองแล้วกลับมาอภิปรายร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มตนเอง

3) นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันบันทึกข้อมูลการอภิปรายลงในแบบบันทึกกิจกรรมประจำกลุ่ม โดยให้เวลาในการศึกษา 30 นาที

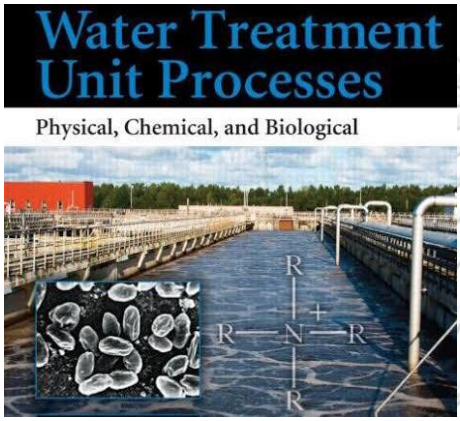
(4) ครูนำอภิปรายหลักการสำคัญของเทคโนโลยี ข้อดี ข้อจำกัดของเทคโนโลยี แล้วให้นักเรียนสรุปผลการศึกษาของกลุ่มตัวเองลงไปในสมุด



แผนผังห้องเรียนแสดงตำแหน่งของฐานการเรียนรู้

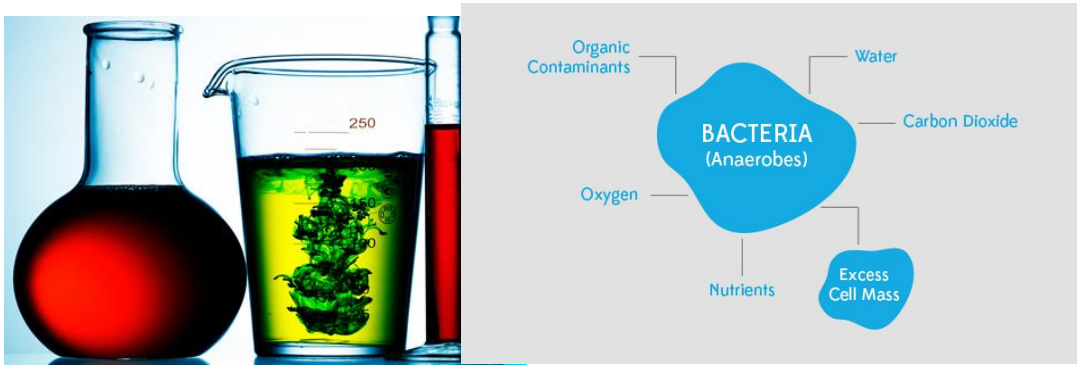
ฐานการเรียนรู้ที่ 1
หลักการบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลและบำรุงรักษาและขนาดของที่ดินที่ใช้ในการ ก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย ได้ดังนี้



1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment): เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment): เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไปและมีเชื้อโรคทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค



3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment): เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทาง ชีวภาพหรือใช้จุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

แหล่งที่มา

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). *ระบบบำบัดน้ำเสีย.* สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html#s3

ฐานการเรียนรู้ที่ 2
เรื่อง เทคโนโลยีกังหันน้ำชัยพัฒนาเพื่อบำบัดน้ำเสีย

กังหันน้ำชัยพัฒนา เป็น กังหันน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการเติมอากาศ ทำงานโดย การหมุนปั่น เพื่อ เติมอากาศให้น้ำเสียกลายเป็นน้ำดี สามารถประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสีย จากการอุปโภคของประชาชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งเพิ่มออกซิเจน ให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทางการเกษตร

ส่วนประกอบ

กังหันชัยพัฒนา เป็นเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย (สามารถลอยขึ้นและลงได้เองตามระดับน้ำ)ประกอบด้วยซองวิดน้ำ มีใบพัดที่ออกแบบเป็น ซองตักน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมูจำนวน 6 ซองแต่ละซองจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ห้องเท่าๆ กัน ทั้งหมดถูกติดตั้งบนโครงเหล็ก 12 โครงใน 2 ด้าน มีศูนย์กลางของกังหันที่เรียกว่า "เพลากังหัน" ซึ่งวางตัวอยู่บนตุ๊กตารองรับเพลา ที่ติดตั้งอยู่บนทุ่นลอย และมีระบบขับส่งกำลังด้วยเฟืองจานขนาดใหญ่ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า สำหรับขับเคลื่อนซองน้ำ ให้หมุนรอบเป็นวงกลม อยู่บนโครงเหล็กที่ยึดทุ่นทั้ง 2 ด้านเข้าไว้ด้วยกันด้านล่างของกังหันในส่วนที่จมน้ำ จะมีแผ่นไฮโดรฟอยล์ยึดปลายของทุ่นลอยด้านล่าง

การทำงาน

การเติมอากาศหรือออกซิเจนเป็นหัวใจของระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะถ้ามีออกซิเจนอยู่มาก จุลินทรีย์ก็สามารถบำบัดน้ำได้ดี และบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้น แต่ที่ความดันบรรยากาศซึ่งเป็นความดันที่ค่อนข้างต่ำ สำหรับออกซิเจนในการละลายน้ำ จึงต้องมีการเพิ่มพื้นที่สัมผัส ระหว่างอากาศกับน้ำให้ได้มากที่สุด

กังหันชัยพัฒนา เป็นกังหันน้ำที่มีโครงเป็นรูปเหลี่ยมบนทุ่นลอย และมีซองตักวิดน้ำซึ่งเจาะเป็นรูพรุน เราจึงเห็นสายน้ำพรั่งพรู จากซองวิดน้ำขณะที่กังหันหมุนวนเวียนซ้ำ ใช้หลักการวิดน้ำขึ้นไปสาดกระจายให้เป็นฝอยในอากาศ ทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศได้อย่างทั่วถึง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในอากาศสามารถละลายผสมผสานเข้าไปในน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทุกครั้งที่น้ำถูกตักขึ้นมา ออกซิเจนในอากาศจะละลายในน้ำได้ดีขึ้น เพราะพื้นที่ในการทำปฏิกิริยามีมากกว่าเดิม ทำให้น้ำเสีย ซึ่งเป็นปัญหาของแหล่งน้ำในหลายพื้นที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น

การประยุกต์ใช้งานสามารถใช้ประโยชน์เพื่อเติมอากาศให้กับน้ำหรือใช้เพื่อขับเคลื่อนน้ำได้ โดยการใช้งานทั้งในรูปแบบ ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และใช้ในรูปแบบเคลื่อนที่เพื่อเติมอากาศให้กับแหล่งน้ำขนาดใหญ่หรือตามคลองส่งน้ำที่มีความยาวมาก ซึ่งดัดแปลงได้ด้วยการใช้พลังงาน จากเครื่องยนต์ของกังหัน

แหล่งที่มา มูลนิธิชัยพัฒนา. (2560). *กังหันชัยพัฒนา.* สืบค้นจาก http://www.chaipat.or.th/chaipattana-water-turbine/chaipattana-water-turbine-rx2/2013-05-29-17-52-49/item/5813-2013-05-29-17-00-04.html

ฐานการเรียนรู้ที่ 3
เรื่อง เทคโนโลยี EM Ball ในการกำจัดน้ำเสีย

EM Ball ที่ว่านั้น EM มาจากคำว่า Effective Micro-organisms หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ โดยต้นกำเนิดนั้นมาจากทางฝั่งประเทศญี่ปุ่น โดย ศาสตราจารย์ ดร.เทรโอะ ฮิงะ (TEROU HIGA) แห่งมหาวิทยาลัยริวกิว เมืองโอกินาว่า ได้ทดลองใช้เทคนิคทางชีวภาพในการปรับสมดุลของสิ่งแวดล้อมโดยอาศัย กลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งข้อดีของมันคือ เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ และมีพลัง “Antioxidation” ซึ่งโดยปรกติแล้ว หัวเชื้อ EM ที่ได้มักจะเป็นของเหลวสีน้ำตาลกลิ่นหอมอมเปรี้ยวอมหวาน ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ แต่เนื่องจาก การใช้ EM ที่เป็นแบบน้ำนั้นจะทำให้น้ำไหลไปกับสายน้ำ จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมในพื้นที่น้ำไหล

ประโยชน์ของEM หรือจุลินทรีย์โดยทั่วไป ด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นที่นิยมกันคือใช้ในการปรับเศษอาหารจากครัวเรือน ให้กลายเป็นปุ๋ยที่มีประโยชน์ต่อพืชผักได้ช่วยปรับสภาพน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน โรงงาน โรงแรมหรือแหล่งน้ำเสียช่วยดับกลิ่นเหม็นจากกองขยะที่หมักหมมมานานได้

เมื่อพูดถึงจุลินทรีย์ EM แล้ว สามารถนำมาเป็นจุลินทรีย์ดีที่นำมาใช้ในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์หรือเป็นหัวเชื้อในการทำปุ๋ยน้ำ ปุ๋ยหมักชีวภาพ แต่อีกการใช้งานอีกแบบหนึ่งที่สามารถนำ EM มาใช้ประโยชน์นั่นก็คือ การขจัดกลิ่นและบำบัดน้ำเสีย อย่างในห้องน้ำถ้ามีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ก็ให้นำน้ำ EM ประมาณ 1 แก้ว ผสมน้ำ 1 ถังใหญ่เทลงในชักโครกและบริเวณท่อน้ำทิ้งที่ทำให้เกิดกลิ่น หรือถ้าบริเวณน้ำขังที่เน่าเสียก็สาด EM ลงไปเพื่อบำบัดน้ำเสีย ส่วนสาเหตุที่นำน้ำ EM มาขจัดกลิ่นได้เนื่องจาก EM เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัตถุเน่าเสีย สิ่งปฏิกูล และขจัดกลิ่นได้เป็นอย่างดี จะเห็นได้ว่าถ้าเราหมักมูลสัตว์ที่มีกลิ่นเหม็นแล้วเติม EM ฉีดพ่นลงไป กลิ่นเหม็นนั้นก็จะหายไปในเวลาไม่นาน ตอนนี้เราก็ได้ทราบถึงประโยชน์ของ EM แล้วนะครับ

แต่เนื่องด้วยบางครั้งบริเวณน้ำเน่าเสียเป็นบริเวณที่ไม่สามารถเทน้ำ EM ลงไปได้ เช่น บริเวณกลางหนองน้ำ กลางห้วย หนอง คลอง บึง เป็นต้น เราก็ต้องมีการทำ EM ball ไว้สำหรับโยนไปในบริเวณที่เราต้องการ เป็นการเติมจุลินทรีย์ที่ดีเพื่อให้ไปช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในบริเวณนั้นด้วย ทั้งนี้เรายังสามารถปั่นก้อน EM เพื่อนำไปโยนในนาข้าว สวนผลไม้หรือเอาไปวางที่ใต้ต้นไม้ที่เราต้องการเติมปุ๋ยและวัตถุอินทรีย์ลงดินครับ

แหล่งที่มา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (2554). *การจัดการน้ำเสียและเทคนิคการใช้ EM มีประสิทธิภาพ.* สืบค้นจาก http://www.biotec.or.th/th/index.php/ข่าวสารองค์กรปี-2554/261

กลุ่มที่ .....

แบบบันทึกกิจกรรม “การสืบค้นเทคโนโลยีที่ใช้บำบัดน้ำเสีย”

ฐานการเรียนรู้ที่ 1 หลักการบำบัดน้ำเสีย

แผนผังสรุปหลักการบำบัดน้ำเสีย

หลักการสำคัญของการบำบัดน้ำเสีย

.....

.....

ข้อดี

.....

.....

ข้อจำกัดของเทคโนโลยี

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฐานการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีกังหันน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสีย

ภาพวาดหลักการของ EM-Ball

หลักการสำคัญของเทคโนโลยี

.....

.....

ข้อดี

.....

.....

ข้อจำกัดของเทคโนโลยี

.....

.....

ฐานการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยี EM Ball ในการกำจัดน้ำเสีย

ภาพวาดหลักการของระบบบำบัดน้ำเสียตรึงฟิล์มไม่ใช้อากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หลักการสำคัญของเทคโนโลยี

.....

.....

ข้อดี

.....

.....

ข้อจำกัดของเทคโนโลยี

.....

.....

กลุ่มที่ .....

แบบบันทึกกิจกรรมการสร้างชิ้นงาน

รายวิชา ว31282 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 2

ชื่อ .....นามสกุล.....เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล.....เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล.....เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล.....เลขที่.....

ชื่อ .....นามสกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามและปฏิบัติตามคำสั่งให้ถูกต้องและครบถ้วน

1. ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขจากสถานการณ์คืออะไร

ตอบ .....

2. ความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์คืออะไร

ตอบ.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาลงในกรอบข้างล่างและอธิบายเหตุผลแสดงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ระบุความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาให้สำเร็จ

.....

.....

4. จากการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม ให้นักเรียนเลือกเพียง 1 แบบ หรือประมวลจากแบบร่างตัวต้นแบบคของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม แล้วดำเนินการดังนี้

4.1 นักเรียนเลือกใช้แบบร่างแบบใด พร้องทั้งระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างนี้

.....

.....

4.2 ระบุขั้นตอนการสร้างและวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ลงในพื้นที่ด้านล่างนี้

ขั้นตอนการสร้าง	วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้

4.3 ให้นักเรียนลงมือสร้างชิ้นงานตามแบบร่างและขั้นตอนที่เลือกไว้

5. เมื่อนักเรียนสร้างสิ่งประดิษฐ์เรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานลงในพื้นที่ด้านล่างจากนั้นลงมือตรวจสอบ

6. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สำหรับงานครั้งต่อไป

6.1 ข้อดี คือ .....

6.2 ข้อบกพร่อง คือ .....

6.3 ข้อเสนอแนะ คือ .....

7. ให้นักเรียนเขียนสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองจากการนำเสนองานของกลุ่มตนเอง

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy Test)

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ระยะการประเมิน	☐ ก่อนเรียน ☐ หลังเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมฉบับนี้ประกอบด้วยแบบวัด 2 ตอน ได้แก่

   ตอนที่ 1 การวัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม เป็นแบบสอบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ

   ตอนที่ 2 การวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นแบบวัดเลือกตอบสองระดับ จำนวน 6 ข้อ

1. ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อ โดยเขียนคำตอบในช่องว่างงที่เว้นไว้ให้
2. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 100 นาที แบ่งเป็น

   ตอนที่ 1 การวัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม ใช้เวลา 70 นาที

   (2 สถานการณ์ใหญ่ สถานการณ์ละ 35 นาที รวมเวลาทบทวน)

   ตอนที่ 2 การวัดพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ใช้เวลา 30 นาที

   (6 สถานการณ์สั้น ๆ สถานการณ์ละ 5 นาที รวมเวลาทบทวน)

3. ครูผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดตอนที่ 1 เมื่อได้ยินสัญญาณแล้วให้หยุดทำทันที จากนั้นครูผู้คุมสอบจะเก็บแบบวัดพร้อมทั้งแจกแบบวัดตอนที่ 2
4. ไม่อนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำแบบวัดก่อนได้รับอนุญาต
5. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำตอบได้จำนวนมาก มีความสมเหตุผลสมผลสอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม
6. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ
7. โปรดส่งแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมให้ครูผู้ควบคุมก่อนออกห้องสอบ

ขอให้นักเรียนทุกคนโชคดีในการสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 การประเมินสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วอย่างละเอียด

   สถานการณ์ที่ 1 “ฝ่าวิกฤติน้ำเน่าคลองแสนแสบ”

   สถานการณ์ที่ 2 “เมืองกรุงมลพิษสะสม บั่นทอนสุขภาพ”

2. เมื่ออ่านสถานการณ์เสร็จแล้วให้ตอบคำถามให้ครบทุกข้อ

สถานการณ์ที่ 1 ฝ่าวิกฤตน้ำเน่า คลองแสนแสบ

คลองแสนแสบเป็นคลองสำคัญสายหนึ่งของกรุงเทพมหานคร ที่มีความสำคัญทางระบบนิเวศน์วิทยา การคมนาคมและการระบายน้ำจากการศึกษาของกรุงเทพมหานครพบว่าคุณภาพน้ำในคลองแสนแสบมีค่า BOD อยู่ระหว่าง 10 - 36 มิลลิกรัมต่อลิตรและค่า DO ใกล้ 0 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้น้ำในคลองมีสีดำและกลิ่นเหม็น

สภาพน้ำเน่าเสียในคลองแสนแสบ เป็นผลเนื่องจากการสะสมของเสียที่ระบายมาจากชุมชน ภาคอุตสาหกรรม ลงสู่คลองโดยตรงเป็นระยะเวลายาวนานของเสียต่าง ๆ เหล่านี้ เมื่อสะสมใต้ท้องคลองเป็นจำนวนมาก จะเกิดสภาวะขาดออกซิเจน หรือไม่มีออกซิเจน สามารถทำให้เกิดซัลไฟต์หรือก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และมีสีดำ

นางสุณี ปิยะพันธุ์พงศ์ อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เปิดเผยว่า คพ. ได้ดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการเพื่อให้คลองแสนแสบใสสะอาด เข้าตรวจสอบการระบายน้ำทิ้งจากสถานประกอบการในพื้นที่ริมคลองแสนแสบ ครอบคลุมพื้นที่ 21 เขต ในกรุงเทพฯ รวม 631 แห่ง ประกอบด้วย โรงแรม อาคารชุด ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล ร้านอาหาร ตลาด และที่ดินจัดสรร ผลการตรวจสอบพบว่า มีสถานประกอบการถึง 412 แห่ง ระบายน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม เกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ซึ่งส่วนใหญ่มีปัญหาด้านเทคนิคการดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ขาดบุคลากรที่มีความรู้ และประสบการณ์ในการเดินระบบ และมีข้อจำกัดด้านโครงสร้าง พื้นที่ในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้ คพ.ได้ใช้มาตรการบังคับทางกฎหมาย โดยออกคำสั่งให้สถานประกอบการทั้ง 412 แห่ง ปรับปรุงแก้ไขระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพ ให้บำบัดน้ำทิ้งได้ตามค่ามาตรฐานภายในระยะเวลาที่กำหนดที่มา

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลเพิ่มเติมจากนางสุทธิมล เกษสมบูรณ์ ผู้อำนวยการสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรุงเทพมหานคร สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ก็ว่าได้คือ การปล่อยน้ำเสียจากครัวเรือนของชุมชน โดยหากเปรียบเทียบน้ำเน่าเสียที่ปล่อยลงสู่คลองระหว่างโรงงานอุตสาหกรรมกับชุมชน พบว่า น้ำที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะมีค่าความสกปรกเข้มแต่ปริมาณน้ำน้อย ในขณะที่ชุมชนนั้นมีค่าความสกปรกต่ำ แต่มีปริมาณน้ำมาก หากชุมชนตระหนักในเรื่องปัญหาน้ำเน่าพอสมควรก็อาจจะช่วยได้ในระดับหนึ่ง เพราะหากจะให้ กทม. แก้ปัญหาฝ่ายเดียวการทำงานก็จะล่าช้า

"การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเป็นสิ่งจำเป็นแต่ทำได้ยากภาครัฐจึงต้องหันมาให้ความรู้จริงจังกับประชาชนเพื่อลดปัญหาน้ำเสียตั้งแต่ครัวเรือนเพราะหากน้ำในครัวเรือนไม่เน่าเสียมีการบำบัดน้ำต้นทางการปล่อยน้ำเสียลงสู่คลองก็น้อยลงไปด้วยโดยกลไกการสร้างความรู้ประชาชนก็ต้องเหมาะสมกับแต่ละบริบทของชุมชนและการสร้างความรู้เพื่อแก้ปัญหาน้ำเน่าเสียต้องทำพร้อมกันทั้งเมืองเพราะทุกคลองเชื่อมต่อกันหากชาวบ้านเขตนี้พร้อมแก้ปัญหาลดน้ำเสียต้นทางแต่เขตข้างเคียงไม่พร้อมทิ้งน้ำเน่าลงคลองก็ไหลมารวมกันอยู่ดี"

ปรับข้อมูลจาก

ไทยรัฐ (2560). *กรมควบคุมมลพิษปรับสถานประกอบการทิ้งน้ำเสีย* สืบค้นจาก https://www.thairath.co.th/content/1157617

เดลินิวส์ (2560). *เปลี่ยนน้ำเน่าคลองแสนแสบสู่คลองสุดสวย.* สืบค้นจาก https://www.dailynews.co.th/bangkok/609326

1. จากข้อมูลในข่าวประเด็นทางสิ่งแวดล้อมคืออะไร ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าประเด็นดังกล่าวเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม *(ระบุประเด็นปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้)* (3 คะแนน)

*ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมคือ**ปัญหาน้ำเสียในคลองแสนแสบ** เพราะปัญหาดังกล่าวเป็นประเด็นที่เกี่ยวกับคุณภาพของน้ำโดยตรง กล่าวคือเมื่อน้ำเสียจะมีกลิ่นเน่าเหม็น*

2. นักเรียนคิดว่าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เกิดจากสาเหตุใดบ้างและหากยังไม่ได้รับการแก้ไข จะส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของคนและสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องในด้านใดบ้าง ให้ตอบสาเหตุและผลกระทบมาอย่างละ 3 ข้อ *(วิเคราะห์ประเด็นปัญหา)* (3 คะแนน)

2.1 สาเหตุ *1. การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม*

2. การทิ้งขยะจากชุมชนริมน้ำ

3. การปล่อยน้ำเสียจากน้ำที่อุปโภคจากครัวเรือนแล้ว

4. การปล่อยน้ำเสียจากการเกษตรกรรม

*2.2 ผลกระทบ 1. ด้านสุขภาพ เป็น**อันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ** ที่อาศัยในน้ำและบริเวณโดยรอบ 2. ด้านระบบนิเวศ **เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ** ทำให้พืชและสัตว์น้ำเป็นอันตราย 3. ด้านภูมิทัศน์ **ทำลายภูมิทัศน์และแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ** และสภาพความเป็นอยู่ของคนในชุมชน*

3. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ แล้วใช้เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาตอบคำถาม

นางสาววารีและนางสาวธาราทำงานเป็นนักวิชาการบำบัดน้ำเสียของสถาบันคุณภาพแห่งกรุงเทพมหานคร และได้รับเชิญให้เป็นคณะกรรมการแก้ปัญหาน้ำเสียในคลองแสนแสบตามสถานการณ์ข่าว ทั้งสองคนจึงเร่งหารือกันโดยต่างเสนอวิธีการแก้ปัญหาน้ำเสียในคลองแสนแสบดังกล่าว โดยทั้งสองเสนอวิธีการที่แตกต่างกัน ดังนี้

วิธีแก้ปัญหาของนางสาววารี

เสนอให้ใช้วิธีทางกายภาพ โดยใช้หลักการของกังหันน้ำชัยพัฒนา ทำงานโดยการหมุนปั่นเพื่อเติมแก๊สออกซิเจนให้น้ำเสียกลายเป็นน้ำดี โดยเสนอให้สถานประกอบการติดตั้งกังหันน้ำบริเวณหน้าที่ตั้งของตัวเอง โดยมีทั้งส่วนที่ติดตั้งอยู่กับที่และเคลื่อนที่ไปตามบริเวณต่าง ๆ ของคลองแสนแสบโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวขับเคลื่อน

วิธีแก้ปัญหาของนางสาวธารา

เสนอให้ใช้วิธีทางชีวภาพ โดยใช้หลักการของ EM Ball เป็นการใช้จุลินทรีย์ที่สังเคราะห์ด้วยแสงมาปรับสมดุลของแหล่งน้ำที่ไม่นิ่ง ให้สถานประกอบผลิต EM Ball ที่มีปริมาณเพียงพอและมีคุณภาพบำบัดน้ำเสียในคลองแสนแสบบริเวณที่เป็นที่ตั้งของตัวเอง และเสนอให้เรือแต่ละลำที่สัญจรไปมาในคลองแสนแสบติดถุงตาข่ายที่สามารถบรรจุ EM Ball เพื่อช่วยบำบัดน้ำเสียขณะสัญจรไปมา

จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนางสาววารีและนางสาวธารานักเรียนคิดว่าวิธีไหนที่มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด เพราะเหตุใด *(ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม)* (3 คะแนน)

*วิธีแก้ปัญหาน้ำเสียของ**นางสาวธาราถือเป็นวิธีที่มีความเป็นไปได้มากกว่า** เนื่องจากสภาพสถานการณ์ของคลองแสนแสบทำให้ต้องคำนึงถึงเหตุผลสองประการ คือ*

*(1) สภาพน้ำในคลองแสนแสบมีคุณภาพต่ำหรือ**น้ำเน่าเสียนั้นไม่ได้จากมาจากการขาดปริมาณออกซิเจนเพียงอย่างเดียว** แต่มาจากการมีปริมาณจุลินทรีย์และสิ่งปฏิกูลในน้ำในปริมาณมาก การเพิ่มปริมาณออกซิเจนเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่ใช้วิธีแก้ปัญหาที่มีศักยภาพมากพอ*

*(2) **ความเหมาะสมในสภาพการใช้งานของวิธีการบำบัดน้ำเสียกับบริบทของคลอง** เนื่องจากคลองแสนแสบเป็นคลองที่ใช้ในการคมนาคมเป็นเส้นทางหลักของกรุงเทพฯ การติดเครื่องมือพวกกังหันน้ำชัยพัฒนาอาจจะเป็นการกีดขวางการจราจรและไม่สะดวกต่อการใช้สอยได้ การแก้ปัญหาโดยใช้ EM ball อาจจะเป็นเป็นวิธีที่มีความเป็นไปได้และสะดวกกว่า*

4. หากนักเรียนต้องเป็นหนึ่งในทีมวิชาการบำบัดน้ำเสียของสถาบันคุณภาพแห่งกรุงเทพมหานคร นักเรียนจะใช้ความรู้ที่มีมาเสนอวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าวอย่างไร จงระบุรายละเอียดของวิธีดังกล่าวมาอย่างน้อย 3 ข้อ *(นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม)* (3 คะแนน)

หลักการในการแก้ปัญหาน้ำเสียในสถานการณ์คลองแสนแสบดังกล่าวคือ การใช้วิธีแก้ปัญหาหลายวิธีร่วมกันอันได้แก่

*(1) **<u>วิธีทางกายภาพ การเพิ่มปริมาณแก็สออกซิเจน</u>** พัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียของครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของระบบบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานทุก ๆ ปี ออกกฎหมายที่เกี่ยวกับการกำจัดน้ำเสียบังคับใช้อย่างเป็นระบบ*

*(2) **<u>วิธีทางชีวภาพใช้หลักการของการย่อยสลายของจุลินทรีย์</u>**มาบำบัดปริมาณน้ำเสียในคลองแสนแสบอย่างชัดเจน และกระทำกันในทุกครัวเรือนและกระตุ้นให้ภาคอุตสาหกรรมส่งเสริมการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพอย่างชัดเจน*

*(3) **<u>สร้างความตระหนัก</u>**และให้ความรู้จริงจังกับประชาชนเพื่อลดปัญหาน้ำเสียตั้งแต่ครัวเรือนเพราะหากน้ำในครัวเรือนไม่เน่าเสียมีการบำบัดน้ำต้นทางการปล่อยน้ำเสียลงสู่คลองก็น้อยลงไปด้วยโดยกลไกการสร้างความรู้ประชาชนก็ต้องเหมาะสมกับแต่ละบริบทของชุมชนและการสร้างความรู้เพื่อแก้ปัญหาน้ำเน่าเสียต้องทำพร้อมกันทั้งเมือง รวมถึงรณรงค์เรื่องการไม่ทิ้งเศษขยะลงไปในแม่น้ำลำคลอง*

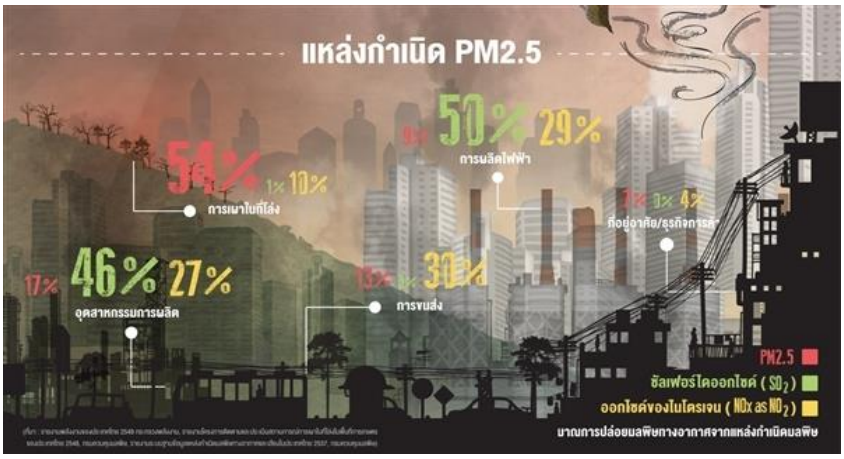
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถานการณ์ที่ 2 เมืองกรุงมลพิษสะสม บั่นทอนสุขภาพ

กรุงเทพมหานครกำลังเผชิญกับสภาพอากาศเป็นมลพิษสะสมในเมืองเพิ่มมากขึ้นทุกวัน โดยมีสาเหตุสำคัญที่ทำให้ระดับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ซึ่งเป็นตัวเลขที่เป็นปัจจัยเสี่ยงอันก่อให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพอนามัย เนื่องจากฝุ่นละอองสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนลึกสุดได้ และจะก่อให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบในระบบทางเดินหายใจ ร้อยโทวารินทร์ เดชเจริญ สมาชิกสภากรุงเทพมหานคร เปิดเผยว่าจากสภาพอากาศที่มีมลพิษสะสม ทำให้ประชาชนกำลังเจ็บป่วยจากมลพิษทางอากาศเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี สะท้อนได้จากข้อมูลศูนย์บริการสาธารณสุข กทม. พบว่าพื้นที่ กทม. มีผู้ป่วยเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจกว่า 2.3 แสนคนเพราะต้องดำเนินชีวิตอยู่กับสภาพการจราจรหนาแน่นโดยเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วน

นายเถลิงศักดิ์ เพ็ชรสุวรรณ ผอ. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กล่าวว่า "ควรรับทราบไว้ และก็ระมัดระวังระดับหนึ่ง ถ้าเราอยู่ในกลุ่มเสี่ยง ผู้ที่เป็นโรคทางเดินหายใจ ก็ระวังตัวนิดนึง คุณหมอบางท่านบอกว่าการสูดฝุ่นแบบนี้เข้าไปทำให้เลือดข้นได้ และทำให้หัวใจทำงานหนักขึ้น"

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่หลายเมืองใหญ่ ๆ ทั่วโลกกำลังเผชิญ ฝุ่น PM2.5 ในเมืองใหญ่การคมนาคมขนส่งโดยเฉพาะไอเสียจากยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่าง ๆ ทั้งดีเซลและแก๊สโซฮอล์ถือเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของ PM 2.5 การเผาในที่โล่งแจ้งและการก่อสร้างก็ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก นอกจากนี้ปัญหาโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตที่ตั้งอยู่รอบ ๆ กรุงเทพที่ปล่อยควันพิษก็ส่งผลให้อากาศมีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 ปริมาณมากเช่นกัน



นายสนธิ คชวัฒน์ เลขาธิการชมรมนักวิชาการสิ่งแวดล้อมไทย กล่าวว่า “กรุงเทพมหานครช่วงที่ผ่านมามีสภาพอากาศนิ่ง การฟุ้งกระจายในแนวราบไม่ระบาย มีลมสงบความเร็วลมต่ำ และการฟุ้งกระจายในแนวดิ่งมีน้อย ที่ระดับความสูงขึ้นไปอากาศมีอุณภูมิสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ จึงทำให้มลพิษที่พื้นดิน เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก สารเบนซิน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น ที่ออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ซึ่งมีความร้อนมากกว่าอากาศโดยรอบจะเคลื่อนที่ลอยขึ้น ในระดับหนึ่งแล้วลอยต่อไปไม่ได้เนื่องจากไปปะทะละอองน้ำและความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่อุณหภูมิสูงกว่าจึงตกลงมาปกคลุมพื้นที่ใกล้เคียงทำให้มีค่ามลพิษเกินมาตรฐานบริเวณริมถนนซึ่งเปรียบเสมือนเอาฝาชีทึบครอบอาหารร้อนๆไว้ ความร้อนก็จะกระจายอยู่ในฝาชีนั่นเอง”

นอกจากนี้แหล่งกำเนิด $PM_{2.5}$ ขนาดใหญ่อื่น ๆ เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน การผลิตทางอุตสาหกรรม ก็มีส่วนสำคัญและส่งผลต่อคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร สถานกาณ์ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ นี้ถือว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เพราะสามารถเดินทางผ่านทางเดินหายใจสู่ปอดและกระแสเลือดได้ง่าย เพิ่มโอกาสของโรคหัวใจและโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ และต้องป้องกันด้วยการสวมใส่หน้ากากอนามัยที่ได้มาตรฐานป้องกันฝุ่นขนาดเล็กโดยเฉพาะ อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาหน้าที่ภาวะมลพิษทางอากาศไม่ใช่หน้าที่ของหน่วยงานรัฐเพียงอย่างเดียว แต่เป็นเรื่องที่ประชาชนทุกคนต้องช่วยกันเปลี่ยนแปลงเพื่อทำให้ กทม. เป็นเมืองที่น่าอยู่อย่างแท้จริง

ปรับข้อมูลมาจาก

โพสต์ทูเดย์ (2561). *เมืองกรุงมลพิษสะสม บั่นทอนระบบหายใจ.* สืบค้นจาก https://www.posttoday.com/social/general/540009

ธารา บัวคำศรี (2561). *ฝุ่นพิษ PM2.5 ที่คุกคามสุขภาพของคนในกรุงเทพฯ มาจากไหน.* สืบค้นจาก http://www.greenpeace.org/seasia/th/news/blog1/pm25/blog/61132/

5. จากข้อมูลในข่าวนักเรียนคิดว่าประเด็นทางสิ่งแวดล้อมมีอะไรบ้าง ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าประเด็นดังกล่าวเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม *(ระบุประเด็นปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้)* (3 คะแนน)

ปัญหามลพิษทางอากาศ ค่าฝุ่นละอองเกินมาตรฐาน $PM_{2.5}$ *เพราะเป็นปัญหาหลักที่อาจจะทำให้ประชาชนเกิดโรคทางเดินหายใจ*

6. นักเรียนคิดว่าสาเหตุสำคัญของสภาพปัญหาดังกล่าวว่าอะไรบ้าง และหากเกิดสภาพดังกล่าวในเวลานานจะเกิดผลกระทบตามมาอย่างไร ให้ตอบมาอย่างละ 3 ข้อ

(วิเคราะห์ประเด็นปัญหา) (3 คะแนน)

สาเหตุ 1. ***การปล่อยฝุ่นพิษ****และควันพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์ในการคมนาคม*

2. *การปล่อยควัน และ****มลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม****รอบกรุงเทพมหานคร*

3. ***การเผาขยะในที่โล่งแจ้ง 4. การเผาเศษขยะและของเหลือจากการเกษตรกรรม***

ผลกระทบ 1. ***ส่งผลต่อความเป็นอยู่ในการดำเนินชีวิตประจำวัน*** *ต้องสวมใส่หน้ากากอนามัยเมื่อออกจากตัวอาคาร*

2. ***มีผลกระทบด้านสุขภาพ*** *ไม่สบาย หรือมีอาการแสบจมูก*

3. ส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ประเทศและการท่องเที่ยว

7. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ แล้วใช้เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาตอบคำถาม

จากสถานการณ์ฝุ่นละออง PM 2.5 ที่เกินค่ามาตรฐานติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันในช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2562 ทำให้ทางรัฐบาลต้องมีประกาศให้โรงเรียนและสถาบันหยุดการเรียนการสอนในวันที่ 31 มกราคม ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ นายวายุและนายเมฆา นักวิชาการด้านสภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษทางอากาศแห่งประเทศไทยได้ตัดสินใจเสนอวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีจำนวนประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจโดยประชาชน โดยเฉพาะเด็กและเยาวชนเป็นจำนวนมาก โดยทั้งสองคนเสนอแผนการแก้ไขปัญหาดังนี้

วิธีแก้ปัญหาของนายวายุ

การสร้างฝนเทียมเพื่อให้น้ำฝนลดปริมาณฝุ่นละออง โดยสใช้เครื่องบินสร้างฝนเทียมตามโครงการฝนหลวงขึ้นมาในพื้นที่วงกว้างให้ได้มากที่สุดเพื่อขจัดปริมาณฝุ่นละอองและ PM 2.5 ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร

วิธีแก้ปัญหาของนายเมฆา

เสนอให้ตรวจวัดคุณภาพรถยนต์ และให้รถที่วิ่งบนถนนและปล่อยควันดำหยุดวิ่ง และไปปรับปรุงท่อไอเสียให้มีคุณภาพได้มาตราฐานเสียก่อนจึงจะอนุญาตให้กลับมาวิ่งได้

จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนายเมฆาและนายวายุ นักเรียนคิดว่าวิธีไหนที่มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด เพราะเหตุใด *(ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม)* (3 คะแนน)

วิธีการของนายวายุ*เป็นวิธีที่เป็นไปได้และแก้ปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 ตามสถานการณ์นี้มากที่สุด เพราะ*

*(1) **<u>เป็นวิธีการที่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาได้รวดเร็ว</u>**และสามารถลดปริมาณของฝุ่นละออง PM 2.5 ได้เป็นรูปธรรม*

*(2) มีความเป็นไปได้สูงเพราะ **<u>หน่วยงานที่จัดทำฝนเทียมสามารถกระทำการได้ทันเวลากว่า</u>**วิธีของนายเมฆาเนื่องจากมาตราการนี้อาจจะใช้เวลาในการแก้ไขพอสมควรเพราะกรุงเทพมหานครมีพื้นที่กว้างและมีปริมาณรถยนต์ที่คมนาคมมาก ดังนั้นการเลือกใช้วิธีของนายวายุจึงเหมาะสมรวดเร็วกว่า*

8. ในช่วงที่ประเทศไทยกำลังจะมีการเลือกตั้งรัฐบาลใหม่ หากนักเรียนมีโอกาสเสนอให้รัฐบาลมีนโยบายหรือวิธีการแก้ไขปัญหาปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งให้ถือเป็นนโยบายที่แก้ไขได้ระยะยาว และมีความยั่งยืน นักเรียนจะเสนอหรือแนะนำรัฐบาลให้แก้ปัญหาด้วยวิธีการใด และเพราะเหตุใดจึงนักเรียนจึงคิดว่าวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่เหมาะสมและสามารถแก้ปัญหานี้ได้อย่างยั่งยืน จงระบุวิธีดังกล่าวมาอย่างน้อย 3 ข้อ *(นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม)*

(3 คะแนน)

1. ***ด้านกฎหมายและบทลงโทษ*** *ลดการปล่อยฝุ่นพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์ ยกระดับมาตราฐานของท่อไอเสียเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ การเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม เคร่งครัดตรวจสอบการปล่อยมลพิษ ดำเนินการปรับปรุงหรือปิดโรงงาน ยกระดับการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตที่ใช้พลังงานสะอาด*
2. ***ด้านการส่งเสริมพลังงานสะอาด*** *ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า หรือการลดภาษีนำเข้าหรือราคาของรถยนต์ที่ใช้พลังงานสะอาด เพื่อลดการซื้อรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน*
3. ***สร้างความตระหนักรู้ถึงอันตรายต่อฝุ่นพิษให้ทุกคนได้รับทราบอย่างทั่วถึง*** *รวมถึงวิธีการป้องกันตนเองและครอบครัวให้ปลอดภัย เพิ่มจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ เชื่อมโยงแอพพลิเคชันเพื่อส่งข้อมูลเตือนภัยคุณภาพอากาศแบบ real time และปรับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในทุกมลพิษให้เข้มงวดมากขึ้น*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 การประเมินพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

คำชี้แจง

1. ข้อสอบเป็นแบบข้อสอบสถานการณ์มีจำนวน 6 สถานการณ์
2. ในแต่ละข้อนักเรียนจะต้องตอบคำถาม 2 ตอน ได้แก่

   ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงสถานการณ์ และ

   ตอนที่ 2 อธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกตัวเลือกดังกล่าว

สถานการณ์ที่ 1 *(การจัดการเชิงนิเวศ)* (2 คะแนน)

นางสาวเจนจิราเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นหัวหน้าชุมนุมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของโรงเรียนสตรีรักษ์โลก กิจกรรมหลักของชุมชนคือการปฏิบัติ clean canal day โดยนักเรียนในชุมนุมจะเข้าไปในชุมชนคลองภาษีเจริญเพื่อเชิญชวนชาวบ้าน ผู้อาศัยในชุมชนมาช่วยกันเก็บขยะและทำความสะอาดคลองภาษีเจริญและคลองสาขารอบโรงเรียน แต่ในงานปีนี้จัดงานวันและจัดขึ้นเวลาเดียวกันกับพิธีพระราชทานปริญญาบัตร (งานวันรับปริญญา) ของพี่สาวเธอที่สมาชิกในครอบครัวทุกคนจะไปแสดงความยินดี ถ้านักเรียนเป็นนางสาวเจนจิรานักเรียนจะตัดสินใจอย่างไรด้วยเหตุผลใด

ตอนที่ 1 ตัวเลือก

- [x] 1. ไปร่วมกิจกรรม clean canal day
- [ ] 2. ไปร่วมงานรับพระราชทานปริญญาบัตรของพี่สาว
- [ ] 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

*การร่วมกิจกรรม Clean Canal Day ของชุมชนจะ**ช่วยลดปริมาณขยะ**และทำให้**แหล่งน้ำในชุมชนของเธอสะอาดขึ้น***

สถานการณ์ที่ 2 *(การเชิญชวน)* (2 คะแนน)

นางสาวพังพอนไปซื้ออาหารที่ร้านอาหารตามสั่งข้างโรงเรียนริมคลองภาษีเจริญ ขณะยืนรออาหารเธอเห็นพนักงานในร้านกำลังเทเศษอาหารที่ลูกค้ากินเหลือทิ้งลงในคลอง ถ้านักเรียนเป็นนางสาวพังพอนนักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

ตอนที่ 1 ตัวเลือก

■ 1. เดินเข้าไปบอกเจ้าของร้านว่าการทิ้งขยะหรือสิ่งปฏิกูลลงในน้ำเป็นสิ่งไม่ดี ควรกำจัดเศษอาหารด้วยการหาถังหรือภาชนะมารองก่อนนำไปกำจัดให้ถูกวิธี

☐ 2. ตัดสินใจไม่มาซื้ออาหารที่ร้านนี้อีก รวมทั้งชวนเพื่อนและคนรู้จักไม่ให้มาใช้บริการร้านนี้

☐ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

(เมื่อตอบข้อ 1) การทิ้งขยะหรือสิ่งปฏิกูลลงในแหล่งน้ำถือเป็นการเพิ่มของเสีย ซึ่งเป็น ***สาเหตุโดยตรงที่ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสีย*** *การเข้าไปพูดคุยหรือบอกกล่าวโดยตรงถือเป็นการเชิญชวนที่ชัดเจน (เมื่อตอบข้อ 2)* ***การไม่ส่งเสริมการซื้ออาหารที่ร้าน*** *หรือเชิญชวนเพื่อนไม่ให้มาซื้ออาหารที่ร้านถือเป็นการเชิญชวนทางอ้อม และสุดท้ายร้านจะไม่สามารถขายอาหารได้หากยังไม่ปรับการกำจัดอาหาร*

สถานการณ์ที่ 3 *(การเป็นผู้บริโภคที่ดี)* (2 คะแนน)

เมื่อวันก่อนถึงวันลอยกระทงนายอัมพัน ได้ดูข่าวเกี่ยวกับหัวข้อ “ผลกระทบจำนวนเศษกระทงที่เหลือหลังจากเทศกาลลอยกระทงของปีที่แล้ว” ในวันรุ่งขึ้นเพื่อนร่วมชั้นของนายอัมพัน ได้ชวนให้ไปร่วมงานลอยกระทงโดยกล่าวว่า การลอยกระทงเป็นการสืบสานวัฒนธรรมอันดีงามของไทยและเป็นการขอขมาพระแม่คงคา ถ้านักเรียนเป็นนายอัมพันนักเรียนจะทำอย่างไร

ตอนที่ 1 ตัวเลือก

☐ 1. ไปร่วมงานลอยกระทงแต่เลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติได้แก่ ส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้วยหรือขนมปัง

■ 2. ไปร่วมงานลอยกระทง แต่เลือกที่ไม่ลอยกระทง

☐ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

การลอยกระทงไม่ว่าจะใช้วัสดุธรรมชาติหรือไม่ใช้ก็ส่งผลเสีย ***สร้างขยะให้กับแหล่งน้ำ*** *นายอัมพัน ไปร่วมงานวันลอยกระทงและเลือกที่จะไม่ลอยกระทงจึงมีพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมแท้จริง*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถานการณ์ที่ 4 *(การจัดการเชิงนิเวศ)* (2 คะแนน)

นางสาวมุกดาได้รับคำสั่งจากแม่ว่าให้ไปกำจัดเศษใบไม้แห้งและขยะที่เกลื่อนบนพื้นดินเต็มข้างบ้าน เธอจึงกวาดเศษใบไม้แห้งและขยะมารวมกองกันไว้เตรียมที่จะเผา ถ้านักเรียนเป็นนางสาวมุกดานักเรียนจะตัดสินใจอย่างไร

ตอนที่ 1 ตัวเลือก

■ 1. เก็บเศษใบไม้ไว้ใช้ประโยชน์อย่างอื่น และแยกขยะไปทิ้ง

□ 2. เผาขยะและเศษใบไม้ เพื่อไม่ให้สกปรกบริเวณบ้านและให้ขยะนั้นหมด ๆ ไปจากที่บ้าน

□ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

*การเผาขยะเศษใบไม้จากธรรมชาติในที่โล่งแห้ง**จะเพิ่มปริมาณฝุ่นละออง และควันทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศต่อไปได้** การไม่เพิ่มปริมาณฝุ่นละออง และแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะช่วยให้ไม่เกิดการสร้างมลพิษทางอากาศ*

สถานการณ์ที่ 5 *(การเชิญชวน)* (2 คะแนน)

นางสาวเสี่ยวเหลียงเป็นคนไทยเชื้อสายจีน ที่บ้านเป็นครอบครัวจีนใหญ่ที่อาม่าและญาติผู้ใหญ่คนอื่น ๆ ปฏิบัติตามประเพณีจีนอย่างเคร่งครัด ทุก ๆ ในช่วงของวันตรุษจีนจะมีเทศกาลเผากระดาษเงินกระดาษทองเพราะมีความเชื่อว่าเป็นการนำเงินไปสู่บรรพบุรุษที่ล่วงลับไปแล้วเพื่อไปใช้ในปรโลกปีนี้ก็เช่นเดียวกันทางบ้านก็จะมารวมกันเพื่อเผากระดาษเงินกระดาษทอง ถ้านักเรียนเป็นนางสาวเสี่ยวเหลียงนักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

ตอนที่ 1 ตัวเลือก

■ 1. โน้มน้าวให้อาม่าและญาติผู้ใหญ่ไม่ประกอบพิธีเผากระดาษเงินกระดาษทอง โดยยกเรื่องข่าว PM2.5 ขึ้นมาสนับสนุน

□ 2. เผากระดาษเงินกระดาษทองตามปกติ แต่เชิญชวนให้ทุกคนในบ้านสวมหน้ากาก N95 เมื่อออกไปทำพิธีเผากระดาษให้บรรพบุรุษ

□ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

*การเผากระดาษในที่โล่ง**แจ้งถือเป็นการเพิ่มปริมาณเขม่าควันและมลพิษให้กับอากาศ***

สถานการณ์ที่ 6 *(การเป็นผู้บริโภคที่ดี)* (2 คะแนน)

นางสาวนวลจิตร ต้องการเดินไปซื้อของที่ร้านสะดวกซื้อหน้าปากซอยซึ่งห่างจากบ้านประมาณ 500 เมตร วันนี้เป็นวันที่อากาศร้อนมาก ถ้านักเรียนเป็นนางสาวนวลจิตรนักเรียนจะทำอย่างไร

ตอนที่ 1 ตัวเลือก ☐ 1. เลือกเดินทางไปโดยใช้มอเตอร์ไซต์ไป ■ 2. เลือกเดินทางไปโดยปั่นจักรยาน ☐ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....
ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก *การเลือกที่จะเดินทางโดยใช้จักรยานแทนที่นั่งวินมอเตอร์ไซต์นั้นเป็น* ***การลดการปล่อยแก๊สและควันที่เกิดจากการเผาไหม้สู่บรรยากาศ***

สิ้นสุดข้อคำถามในแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

สรุปคะแนนรวมของนักเรียน

ตอนที่ 1 คะแนนที่ได้.....
ตอนที่ 2 คะแนนที่ได้.....
คะแนนรวมการรู้สิ่งแวดล้อม คิดเป็นร้อยละ .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือวิจัยและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา
2. คุณภาพของแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม
3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษามีการตรวจสอบคุณภาพ ได้ผลดังตารางที่ 24

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	
	1	2
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้		
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้	1	1
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดกรีนสะเต็มศึกษา	1	1
2. จุดประสงค์การเรียนรู้		
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1
2.3 สนับสนุนให้เกิดการรู้สิ่งแวดล้อม	1	1
3. เนื้อหา สาระ		
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1	1
4. การจัดการเรียนรู้		
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	1	1
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	1	1
4.5 ขั้นตอนการสอนสามารถส่งเสริมการรู้สิ่งแวดล้อม	1	1
5. สื่อการเรียนรู้		
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1
6. การประเมินการเรียนรู้		
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. คุณภาพของแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

แบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้มีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

2.1 คุณภาพข้อสอบรายข้อ พิจารณาจาก ความตรงเชิงเนื้อหา, ความยาก, อำนาจจำแนก

2.2 คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับ พิจารณาจากความเที่ยงของแบบวัด

2.3 ความเป็นปรนัยของการตรวจให้คะแนน พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

1) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำนิยามของตัวชี้วัดสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อที่	รายการประเมิน	IOC	ความหมาย
ตอนที่ 1 สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม			
1	ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	1	วัดได้สอดคล้อง
2	วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	1	วัดได้สอดคล้อง
4	นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	1	วัดได้สอดคล้อง
5	ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	1	วัดได้สอดคล้อง
6	วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
8	นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	1	วัดได้สอดคล้อง
ตอนที่ 2 พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม			
1	การจัดการเชิงนิเวศ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2	การเชิญชวน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	การเป็นผู้บริโภคที่ดี	1	วัดได้สอดคล้อง
4	การจัดการเชิงนิเวศ	1	วัดได้สอดคล้อง
5	การเชิญชวน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
6	การเป็นผู้บริโภคที่ดี	1	วัดได้สอดคล้อง

ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index; CVI) คือ 0.86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ความยาก (Difficulty; p) และอำนาจจำแนก (Discrimination; r)

ตารางที่ 22 ค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r)

ข้อที่	รายการประเมิน	p	r	ความหมาย
สมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อม				
1	ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.67	0.27	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
2	วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.50	0.27	ยากปานกลาง จำแนกได้ดี
3	ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.33	0.27	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
4	นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.43	0.47	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
5	ระบุประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.77	0.20	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
6	วิเคราะห์ประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.65	0.23	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
7	ประเมินศักยภาพของวิธีการที่ใช้แก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.43	0.27	ยากปานกลาง จำแนกได้ดี
8	นำเสนอและแสดงให้เห็นถึงการกระทำในการแก้ไขประเด็นทางสิ่งแวดล้อม	0.43	0.33	ยากปานกลาง จำแนกได้ดี
พฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม				
1	การจัดการเชิงนิเวศ	0.45	0.30	ยากปานกลาง จำแนกได้ดี
2	การเชิญชวน	0.90	0.20	ง่าย จำแนกได้พอใช้
3	การเป็นผู้บริโภคที่ดี	0.40	0.80	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
4	การจัดการเชิงนิเวศ	0.70	0.40	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
5	การเชิญชวน	0.50	0.60	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
6	การเป็นผู้บริโภคที่ดี	0.85	0.30	ง่าย จำแนกได้ดี
	ค่าความเที่ยง	0.85		

*ข้อคำถามที่มีความยากระดับ 0.20-0.80 และ มีอำนาจจำแนก 0.20ถือว่าเครื่องมือมีคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับ พิจารณาจากความเที่ยงของแบบความสอดคล้องภายใน ด้วยวิธีคำนวณค่า **Cronbach's Alpha** พบว่าแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม**นี้**มีค่าความเที่ยง เท่ากับ **0.85** แปลผลได้ว่าความเที่ยงมีค่าระดับสูง **(Ebel, 1972)**

2.3 ความเป็นปรนัย **(Objectivity)** พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (**Rater Agreements Index: RAI)** โดยรายงานผลได้ตามตารางที่ **23** ดังนี้

ตารางที่ 23 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	**ดัชนีความสอดคล้อง**	**ความหมาย**
ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 กับผู้วิจัย	0.86	คุณภาพดี
ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2 กับผู้วิจัย	0.85	คุณภาพดี
ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 กับคนที่ 2	0.91	คุณภาพดี

ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินที่ถือว่ายอมรับได้ว่าการตรวจโดยแบบวัดนี้มีคุณภาพคือตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป (สุรชัย มีธาตุ, 2547)

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

ดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ (Index of Objective Congruence; IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือทั้งฉบับ (The Content Validity Index)

$$CVI = \frac{\sum IOC}{N}$$

$\sum IOC$ หมายถึง ผลรวมของค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อคำถาม

N หมายถึง จำนวนข้อคำถามทั้งหมด

1.2 ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน RAI

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{n=1}^{N}\left|R_{1nk} - R_{2nk}\right|}{KN(I-1)}$$

R_{mnk} หมายถึง คะแนนทเดจากผูบประเมนคนท m ของนกเรยนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

R_{1nk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 1 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

R_{2nk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 2 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

K หมายถึง พฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

I หมายถึง จำนวนคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้

1.3 ค่าความยาก (Difficult Index; p)

สูตรที่ใช้คำนวณค่าความยากในข้อสอบอัตนัย

$$P = \frac{\sum H + \sum L}{I \times (N_H + N_L)}$$

$\sum H$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

$\sum L$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง นักเรียนในกลุ่มสูง

N_L หมายถึง คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

I หมายถึง คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

1.4 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index; r)

สูตรที่ใช้คำนวณค่าอำนาจจำแนกในข้อสอบอัตนัย

$$D = \frac{\sum H - \sum L}{I \times \left(\frac{N_H + N_L}{2} \right)}$$

$\sum H$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

$\sum L$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง นักเรียนในกลุ่มสูง

N_L หมายถึง คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

I หมายถึง คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

1.5 ค่าความเที่ยง (reliability)

ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency)

สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอรนบาก (Cronbach, 1951)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}[1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} S_i^2}{S_t^2}]$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

K หมายถึง จำนวนข้อสอบทั้งหมด

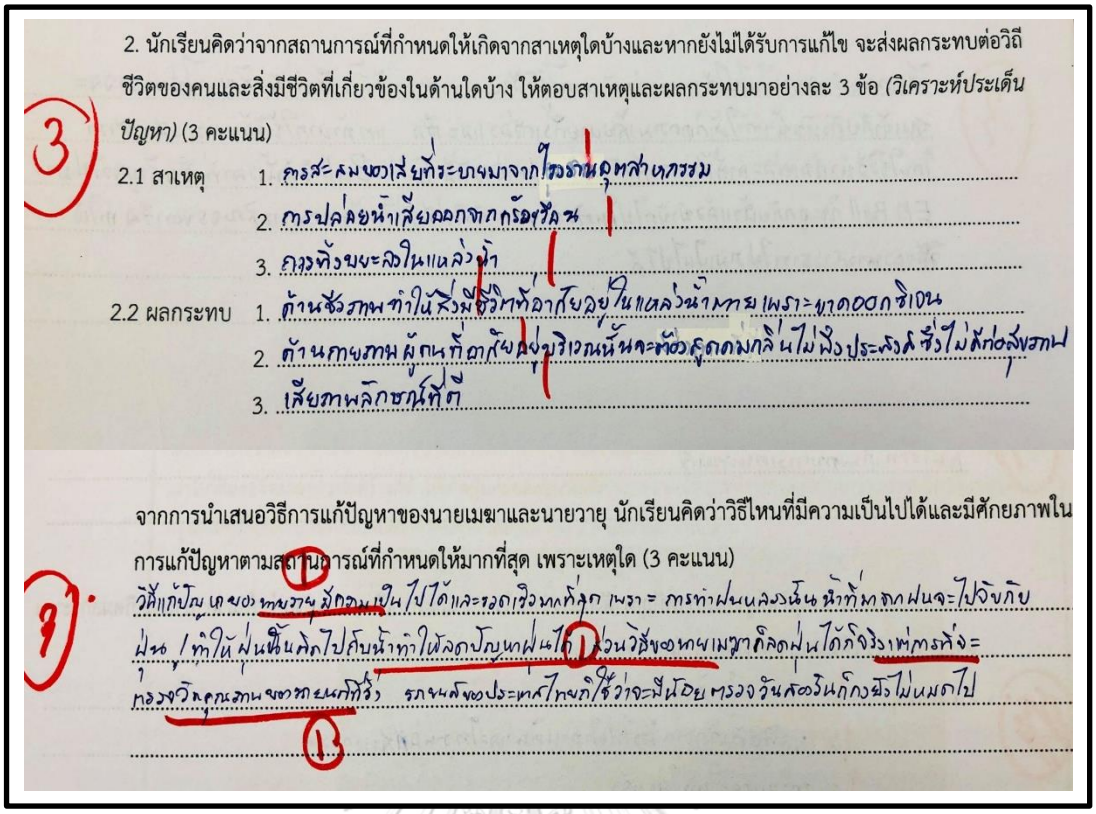
S_i หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการสอบรายข้อของผู้สอบทั้งหมด

S_t หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนของผู้สอบทั้งหมด

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดการรู้สิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



2. นักเรียนคิดว่าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เกิดจากสาเหตุใดบ้างและหากยังไม่ได้รับการแก้ไข จะส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของคนและสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องในด้านใดบ้าง ให้ตอบสาเหตุและผลกระทบมาอย่างละ 3 ข้อ *(วิเคราะห์ประเด็นปัญหา)* (3 คะแนน)

3

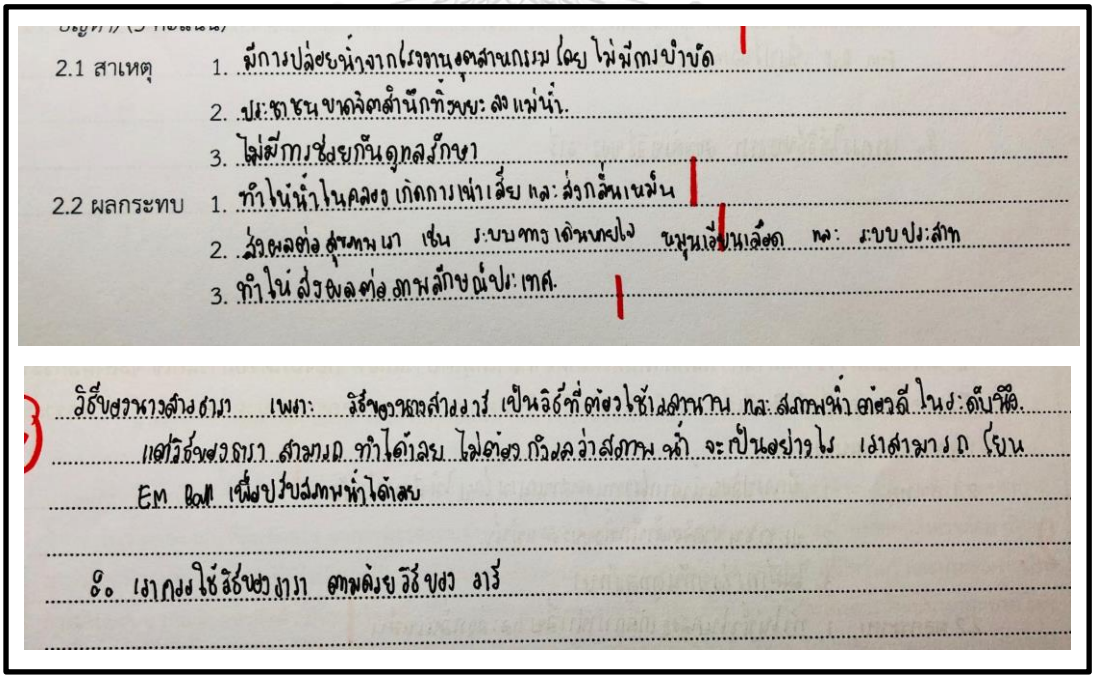
2.1 สาเหตุ
1. การสะสมของเสียที่ระบายมาจากโรงงานอุตสาหกรรม
2. การปล่อยน้ำเสียออกจากครัวเรือน
3. การทิ้งขยะลงในแหล่งน้ำ

2.2 ผลกระทบ
1. ด้านชีวภาพทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตาย เพราะขาดออกซิเจน
2. ด้านกายภาพ ผู้คนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นจะต้องดื่มกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งไม่ดีต่อสุขภาพ
3. เสียภาพลักษณ์ที่ดี

จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนายเมฆาและนายวายุ นักเรียนคิดว่าวิธีไหนที่มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด เพราะเหตุใด (3 คะแนน)

3

วิธีแก้ปัญหาของนายเมฆาและนายวายุ มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพมากที่สุด เพราะ = การทำฝนหลวงนั้น น้ำที่มาจากฝนจะไปจับกับฝุ่น ทำให้ฝุ่นนั้นตกไปกับน้ำทำให้ลดปัญหาฝุ่นได้ ส่วนวิธีของนายเมฆาก็ลดฝุ่นได้ดีจริงเพราะการที่จะทองวิเคราะห์คุณภาพของนายนั้นดีกว่า รถยนต์ของประเทศไทยก็ใช้ว่าจะมีน้อย ทองวันต่อวันก็กังวลไม่หมดไป



2.1 สาเหตุ
1. มีการปล่อยน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม โดย ไม่มีการบำบัด
2. ประชาชนขาดจิตสำนึกทิ้งขยะ ลงแม่น้ำ.
3. ไม่มีการช่วยกันดูแลรักษา

2.2 ผลกระทบ
1. ทำให้น้ำในคลอง เกิดการเน่าเสีย และส่งกลิ่นเหม็น
2. ส่งผลต่อ สุขภาพ เช่น ระบบการเดินหายใจ หมุนเวียนเลือด และ ระบบประสาท
3. ทำให้ ส่งผลต่อ ภาพลักษณ์ประเทศ.

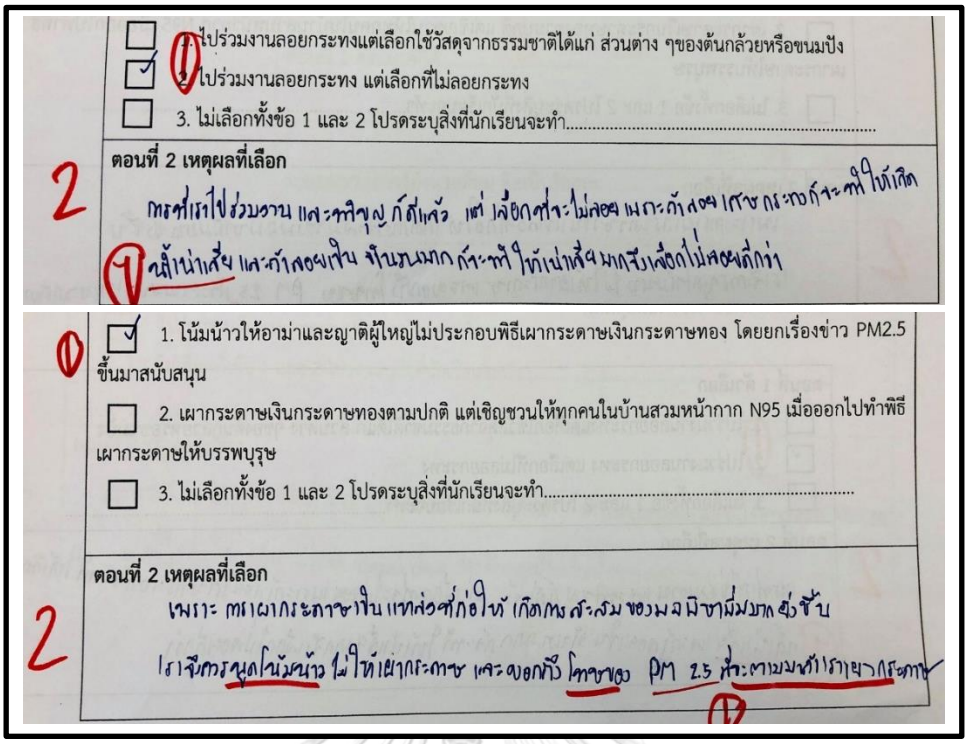
3

วิธีของนายเมฆา เพราะ วิธีของนายวายุ เป็นวิธีที่ต้องใช้เวลานาน และสภาพน้ำต้องดี ในระดับหนึ่ง แต่วิธีของนายเมฆา สามารถ ทำได้เลย ไม่ต้องกังวลว่าสภาพน้ำ จะเป็นอย่างไร เราสามารถ ใช้ EM Ball เพื่อปรับสภาพน้ำได้เลย

ข้อ เราควรใช้วิธีของนายเมฆา ตามด้วยวิธีของ นายวายุ

แผนภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ **21**

แผนภาพที่ 14 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ **21**



☐ 1. ไปร่วมงานลอยกระทงแต่เลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติได้แก่ ส่วนต่าง ๆของต้นกล้วยหรือขนมปัง

☑ 2. ไปร่วมงานลอยกระทง แต่เลือกที่ไม่ลอยกระทง

☐ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

การที่เราไปร่วมงาน และทำบุญก็ดีแล้ว แต่เลือกที่จะไม่ลอย เพราะกลัวลอยเศษกระทงก็จะทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย และกลัวลอยเป็นขยะมาก ก็จะทำให้เน่าเสียมากขึ้น เลือกไม่ลอยดีกว่า

☑ 1. โน้มน้าวให้อาม่าและญาติผู้ใหญ่ไม่ประกอบพิธีเผากระดาษเงินกระดาษทอง โดยยกเรื่องข่าว PM2.5 ขึ้นมาสนับสนุน

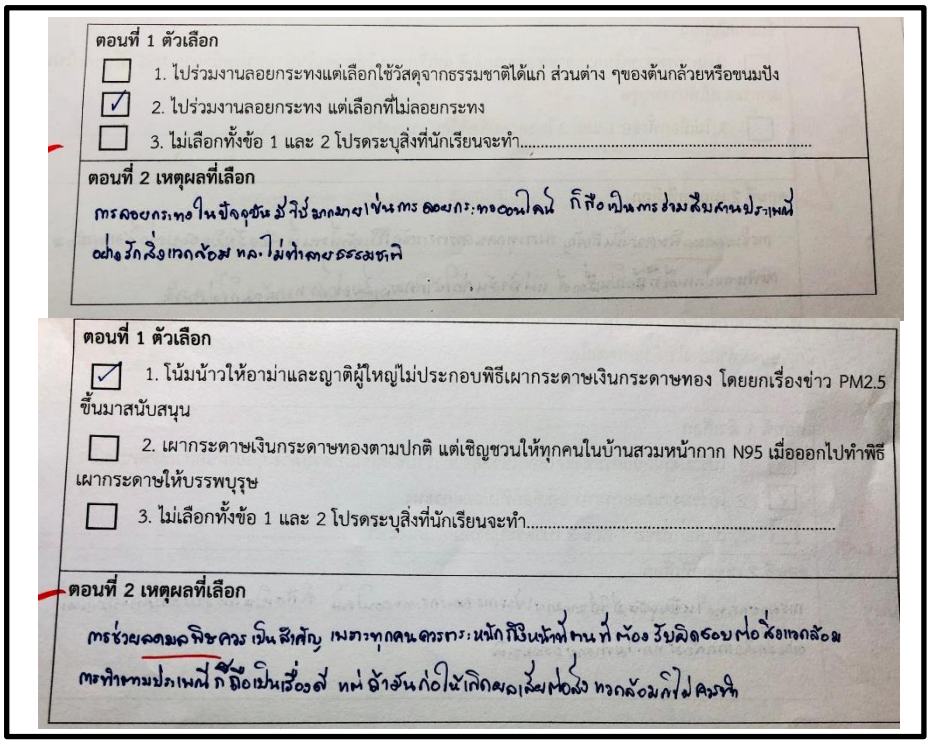
☐ 2. เผากระดาษเงินกระดาษทองตามปกติ แต่เชิญชวนให้ทุกคนในบ้านสวมหน้ากาก N95 เมื่อออกไปทำพิธีเผากระดาษให้บรรพบุรุษ

☐ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

เพราะ การเผากระดาษเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดการสะสมของมลพิษมีมากขึ้น เราจึงการชวนโน้มน้าว ไม่ให้เผากระดาษ และลดปริมาณของ PM 2.5 เพราะตามความเป็นจริงการเผากระดาษ

แผนภาพที่ 15 ตัวอย่างคำตอบด้านพฤติกรรมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 21



ตอนที่ 1 ตัวเลือก

☐ 1. ไปร่วมงานลอยกระทงแต่เลือกใช้วัสดุจากธรรมชาติได้แก่ ส่วนต่าง ๆของต้นกล้วยหรือขนมปัง

☑ 2. ไปร่วมงานลอยกระทง แต่เลือกที่ไม่ลอยกระทง

☐ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

การลอยกระทงในปัจจุบัน มีวิธีมากมาย เช่น การลอยกระทงออนไลน์ ก็สือเป็นการช่วยลดคนประเพณีต่อรักสิ่งแวดล้อม และไม่ทำลายธรรมชาติ

ตอนที่ 1 ตัวเลือก

☑ 1. โน้มน้าวให้อาม่าและญาติผู้ใหญ่ไม่ประกอบพิธีเผากระดาษเงินกระดาษทอง โดยยกเรื่องข่าว PM2.5 ขึ้นมาสนับสนุน

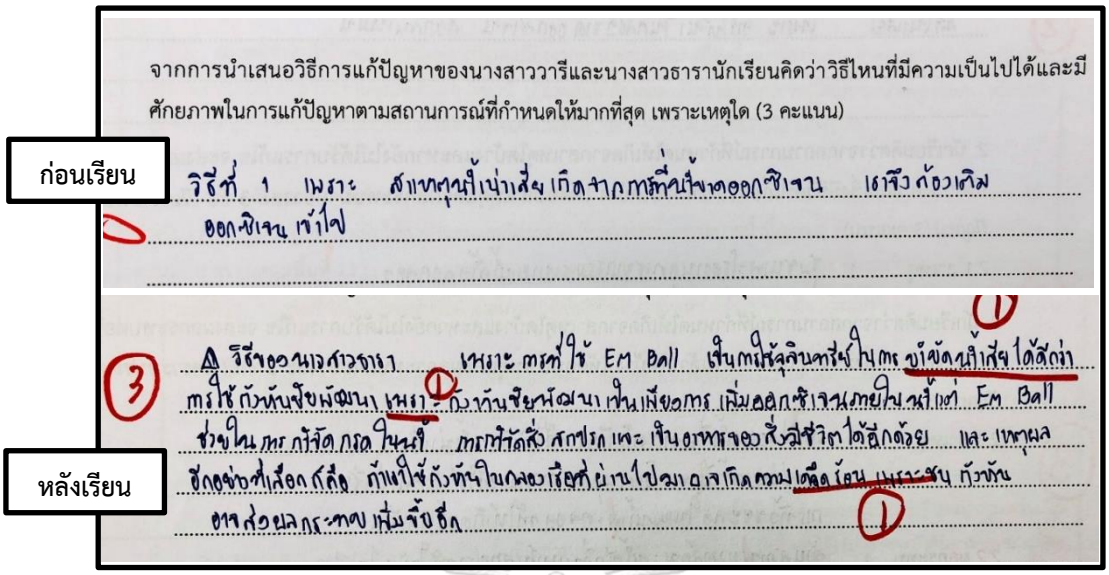
☐ 2. เผากระดาษเงินกระดาษทองตามปกติ แต่เชิญชวนให้ทุกคนในบ้านสวมหน้ากาก N95 เมื่อออกไปทำพิธีเผากระดาษให้บรรพบุรุษ

☐ 3. ไม่เลือกทั้งข้อ 1 และ 2 โปรดระบุสิ่งที่นักเรียนจะทำ.....

ตอนที่ 2 เหตุผลที่เลือก

การช่วยลดมลพิษควรเป็นสิ่งสำคัญ เพราะทุกคนควรตระหนักถึงหน้าที่ตนที่ต้องรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การทำตามประเพณีก็ถือเป็นเรื่องดี แต่ถ้าอันก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมก็ไม่ควรทำ

แผนภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ **30**

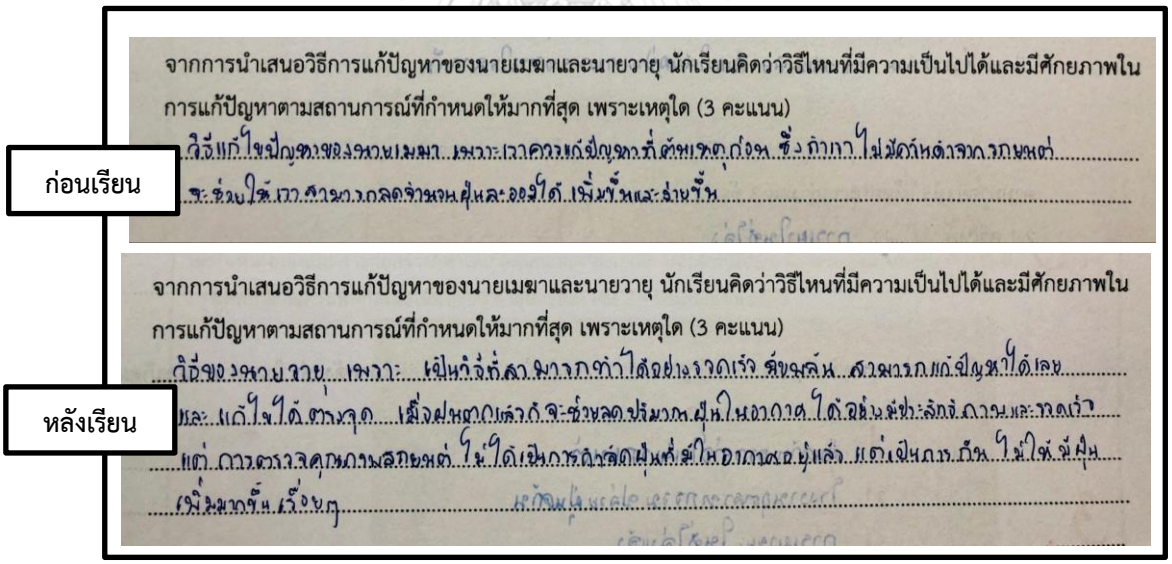


จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนางสาววารีและนางสาวธารานักเรียนคิดว่าวิธีไหนที่มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด เพราะเหตุใด (3 คะแนน)

วิธีที่ 1 เพราะ สาเหตุน้ำเน่าเสีย เกิดจากการที่น้ำทองออกซิเจน เราจึงต้องเติมออกซิเจนเข้าไป

วิธีของนางสาวธารา เพราะ การใช้ Em Ball เป็นการใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าการใช้กังหันชัยพัฒนา เพราะ กังหันชัยพัฒนาเป็นเพียงการเติมออกซิเจนภายในน้ำแต่ Em Ball ช่วยในการกำจัดกลิ่นในน้ำ การทำลายสิ่งสกปรก และเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตได้อีกด้วย และเหตุผลที่เลือกกลิ่น ถ้าใช้กังหันในคลองเรียกที่ผ่านไปมาอาจเกิดความเดือดร้อน เพราะเสียงกังหันอาจส่งผลกระทบเพิ่มขึ้นอีก

แผนภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 9 เปรียบเทียบก่อนและหลังเรียน



จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนายเมฆาและนายวายุ นักเรียนคิดว่าวิธีไหนที่มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด เพราะเหตุใด (3 คะแนน)

วิธีแก้ไขปัญหาของนายเมฆา เพราะเราควรแก้ปัญหาที่ต้นเหตุก่อน ซึ่งกำจัดไม่ได้จากภายนอก จะช่วยให้เราสามารถลดจำนวนฝุ่นละอองได้ เพิ่มขึ้นและลดขึ้น

จากการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของนายเมฆาและนายวายุ นักเรียนคิดว่าวิธีไหนที่มีความเป็นไปได้และมีศักยภาพในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด เพราะเหตุใด (3 คะแนน)

วิธีของนายวาย เพราะ เป็นวิธีที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ยั่งยืน สามารถแก้ปัญหาได้เลย และแก้ไขได้ต่างๆ เมื่อฝนตกแล้วก็จะช่วยลดปริมาณฝุ่นในอากาศได้ ยั่งยืนช่วยลดความเร่งด่วน แต่ การตรวจสุขภาพลูกยหต่ ไม่ได้เป็นการกำจัดฝุ่นที่มีในอากาศอยู่แล้ว แต่เป็นการป้องกันไม่ให้มีฝุ่นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

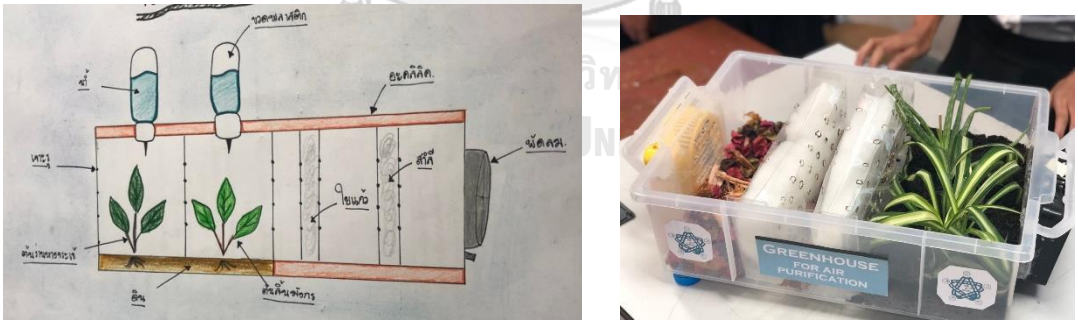
แผนภาพที่ 18 ตัวอย่างคำตอบด้านสมรรถนะการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนคนที่ 6 เปรียบเทียบก่อนและหลังเรียน

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างภาพชิ้นงานนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภาพที่ 19 ตัวอย่างชิ้นงานเครื่องบำบัดน้ำเสียที่นักเรียนได้จัดทำขึ้น
หน่วยการเรียนรู้ที่ **1** เรื่องน้ำเสียในคลองรอบโรงเรียน



แผนภาพที่ 20 ตัวอย่างชิ้นงานเครื่องกรองฝุ่นละอองที่นักเรียนได้จัดทำขึ้น
หน่วยการเรียนรู้ที่ **2** เรื่องฝุ่นละอองในเมืองกรุง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ธนา เครือวงค์
วัน เดือน ปี เกิด	30 มกราคม 2531
สถานที่เกิด	เชียงราย
วุฒิการศึกษา	1. ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป-ชีววิทยา (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554 2. ศิลปศาสตรบัณฑิต (ภาคภาษาอังกฤษ) วิชาเอกภาษาอังกฤษ หลักสูตรนานาชาติ (เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง) สถาบันการศึกษานานาชาติ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558
รางวัลที่ได้รับ	1. นิสิตปฏิบัติการสอนดีเด่น (วิชาเอกชีววิทยา) ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2552 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2. นิสิตปฏิบัติการสอนดีเด่น (วิชาเอกชีววิทยา) ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2553 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3. ทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY