



การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม  
โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี

ที่ 3

โดย

นายธรรนต์ นิยมญาติ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการสอนสังคมศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทาง  
สิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกลูก สำหรับ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการสอนสังคมศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต  
ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร  
ปีการศึกษา 2564  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT AND SYSTEM THINKING ABILITY ON  
THE ENVIRONMENTAL POLLUTION BY USING THE CRYSTAL-BASED  
INSTRUCTIONAL MODEL FOR MATTHAYOMSUKSA 3 STUDENTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Education (TEACHING SOCIAL STUDIES)  
Department of Curriculum and Instruction  
Graduate School, Silpakorn University  
Academic Year 2021  
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โดย ธรนนต์ นียมญาติ

สาขาวิชา การสอนสังคมศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญพนา พ่วงแพ

---

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริวรรณ วณิชวัฒน์วรชัย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญพนา พ่วงแพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ ดร.กัลยา เทียนวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์อนงค์พร สมานชาติ)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัยธร วิชัยดิษฐ์ )

60262303 : การสอนสังคมศึกษา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทบัณฑิต

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบตกผลึก, มลพิษทางสิ่งแวดล้อม, ความสามารถในการคิดเชิงระบบ

นาย ธนนต์ นิยมญาติ: การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญพอน พ่วงแพ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก 3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/5 จำนวน 36 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก 2) แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม และ 4) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก โดยเรียงตามลำดับเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ประเด็นที่นักเรียนเห็นด้วยมากเป็นลำดับที่ 1 คือ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ลำดับที่ 2 คือ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และลำดับที่ 3 คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

60262303 : Major (TEACHING SOCIAL STUDIES)

Keyword : CRYSTAL-BASED LEARNING, ENVIRONMENTAL POLLUTION, SYSTEMATIC THINKING ABILITY

MR. THATHANON NIYOMYART : THE STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT AND SYSTEM THINKING ABILITY ON THE ENVIRONMENTAL POLLUTION BY USING THE CRYSTAL-BASED INSTRUCTIONAL MODEL FOR MATTHAYOMSUKSA 3 STUDENTS THESIS  
ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR PHENPHANOR PHUANGPHAE, Ph.D.

The purposes of this research were : 1) To compare the learning achievements on environmental pollution of Mathayomsuksa 3 students before and after teaching management by using the Crystal-Based Learning process 2) To compare the systematic thinking abilities of Mathayomsuksa 3 students before and after teaching by using the Crystal-Based Learning process 3) To study the opinions of Mathayomsuksa 3 students towards learning management by using the Crystal-Based Learning process. The sample group used in this research was 36 students of 3/5 Prommanusorn Phetchaburi School, Muang District, Phetchaburi province, 2nd semester, academic year 2020. The instruments used in this research consisted of: 1) Lesson Plan by using Crystal-Based Learning process 2) Systematic Thinking ability Test on Environmental Pollution 3) Educational Achievement Test on Environmental Pollution 4) A questionnaire on the opinions of students towards teaching management by using the Crystal-Based Learning process. Data were analyzed by using mean and standard deviation and Dependent t-test.

The results were shown as follows :

1. The learning achievement of Mathayomsuksa 3 students by using Crystal-Based learning process, after studying was significantly higher than before at the .05 level
2. The systematic thinking ability of Mathayomsuksa 3 students by using Crystal-Based learning process, after studying was significantly higher than before at the .05 level
3. The opinions of the students towards teaching management by using the Crystal-Based Learning process, overall, the average was in a very agreeable level. When considering each aspect, found that the most agreeable issue was a term of learning benefits, the second was the learning atmosphere, and the third was the learning activities.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาและอนุเคราะห์ช่วยเหลือ จาก ผศ.ดร.เพ็ญพนา พ่วงแพ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รศ.อนงค์พร สมานชาติ และ อาจารย์ ดร.กัลยา เทียนวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมผู้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นทำวิจัยจนสำเร็จ เรียบร้อย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย ประธานกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.วินัยธร วิชัยดิษฐ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการทำวิจัยและ แก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อนันต์ ปันอินทร์ ดร.หริณวิทย์ กนกศิลป์ธรรม และ ดร.ปทุมวันช ทัทพรวัช ผู้เชี่ยวชาญ ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถ ดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบคุณผู้บริหารและครูโรงเรียนพรหมมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี คุณครูอภิเชษฐ บัญศรี ว่าที่ร้อยตรีศิวนนท์ เส็งศรี ว่าที่ร้อยตรีสมมาตร ทับทิมแก้ว คุณครูสกุญญา ตลิ่งจิตร คุณครูปรีชา ศรีทวี คุณครูเสาวรส บุพพรรณ คุณครูรัฐพล ศรีธรรม คุณครูสรวิทย์ นุชถาวร คุณครูวสันต์ สังข์ดี คุณครูณัฐวุฒิ แก้วเกิด คุณครูคุณภาพ มีเจริญ และคุณครูปารมี เลี้ยวสกุลเลิศ ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือใน ทุก ๆ ด้านแก่ผู้วิจัยเสมอมา และขอขอบใจนักเรียนทุกคนที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่กรุณามอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2563 ระดับปริญญาโทให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศิลปากรสถาบันอันเป็นที่รักยิ่ง และคณาจารย์ระดับปริญญาตรีและ ปริญญาโททุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และหล่อหลอมให้ผู้วิจัยมีจิตวิญญาณแห่งนั กการศึกษา

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่ออุทัย คุณแม่สมใจ และครอบครัวนิยมนูชาติทุกคน ที่เป็น กำลังใจในการเรียนและการดำเนินชีวิตของผู้วิจัยตลอดมา กระทั่งสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

นาย ธชนนต์ นิยมญาติ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย .....	6
คำถามของการวิจัย.....	8
สมมติฐานของการวิจัย.....	9
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	9
ขอบเขตของการวิจัย.....	9
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	9
ตัวแปรที่ศึกษา.....	10
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	10
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....	10
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	11
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	12
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	13



หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม.....	14
หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัด เพชรบุรี.....	19
โครงสร้างหลักสูตรสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี....	20
คำอธิบายรายวิชาสังคมศึกษา และโครงสร้างรายวิชา ส23103.....	22
ภูมิศาสตร์.....	26
ความหมายของภูมิศาสตร์.....	26
ความสำคัญของวิชาภูมิศาสตร์.....	27
โครงความคิดทางภูมิศาสตร์ (The Five Themes of Geography).....	28
มลพิษทางสิ่งแวดล้อม.....	30
ความหมายของสิ่งแวดล้อม.....	30
ความหมายของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม.....	30
สาเหตุและแหล่งกำเนิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม.....	31
ประเภทของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม.....	34
กรณีศึกษามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้.....	48
กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (Crystal-based).....	56
ความหมายของกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก.....	56
แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก.....	58
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก.....	62
การคิดเชิงระบบ (Systematic Thinking).....	68
ความหมายของการคิดเชิงระบบ.....	68
แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ.....	72
หลักการของการคิดเชิงระบบ.....	76

ทักษะที่มีความจำเป็นต่อผู้เรียนในการฝึกการคิดเชิงระบบ .....	89
ความจำเป็นและความสำคัญของการคิดเชิงระบบ .....	94
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	97
งานวิจัยภายในประเทศ .....	97
งานวิจัยต่างประเทศ .....	104
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	106
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย .....	106
ตัวแปรที่ศึกษา.....	106
แบบแผนการวิจัย.....	107
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	107
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	108
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล .....	121
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและการวิเคราะห์ข้อมูล .....	122
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	124
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก .....	124
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปี ที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก .	125
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาค้นคว้าความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก .....	127
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	131
สรุปผลการวิจัย.....	132
อภิปรายผล.....	132
ข้อเสนอแนะ .....	142

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ .....	142
ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป.....	143
รายการอ้างอิง .....	144
ภาคผนวก.....	152
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	153
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	154
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	198
ภาคผนวก ง รูปภาพประกอบการวิจัย.....	247
ประวัติผู้เขียน.....	249



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างหลักสูตรสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ...	21
ตารางที่ 2 รายละเอียดหน่วยการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (สาระภูมิศาสตร์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	23
ตารางที่ 3 กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สาระรายวิชาภูมิศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	25
ตารางที่ 4 แหล่งกำเนิดมูลฝอยและลักษณะมูลฝอยที่เกิดขึ้น.....	41
ตารางที่ 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก.....	67
ตารางที่ 6 กิจกรรมส่งเสริมการคิดเชิงระบบ .....	85
ตารางที่ 7 ความสามารถในการคิดเชิงระบบ .....	88
ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับระดับพุทธิพิสัยของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม.....	109
ตารางที่ 9 การกำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก .....	114
ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ .....	117
ตารางที่ 11 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย.....	123
ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอน แบบตกผลึก .....	124
ตารางที่ 13 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบในแต่ละด้าน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก .....	125
ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก .....	126

ตารางที่ 15 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก..... 127

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของ แผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 1..... 155

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของ แผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 2..... 157

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของ แผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 3..... 159

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของ แผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 4..... 161

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม..... 163

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตร ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20..... 178

ตารางที่ 22 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอน แบบตกผลึก ..... 181

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของ แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ..... 183

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 ..... 192

ตารางที่ 25 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก .....	194
ตารางที่ 26 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของ แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอน แบบตกผลึก .....	196



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย .....	8
ภาพที่ 2 องค์ประกอบของความเป็นระบบ.....	75
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผลแบบเป็นวงจร.....	78
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม .....	112
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้ กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	116
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม.....	119
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก.....	121





## บทที่ 1 บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อำนวยความสะดวกสบายให้แก่ชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์มากขึ้น ขณะเดียวกันอันตรายที่มีต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ อันเนื่องมาจากความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมได้ทวีมากขึ้นเช่นกัน เช่น น้ำเสีย อากาศเป็นพิษ ดินเสื่อมคุณภาพ กองขยะ และเศษเหลือต่าง ๆ ที่ทับถมมากขึ้นทุกวัน รวมทั้งปัญหาประชากรที่กำลังจะล้นโลก ประเทศที่มั่งคั่งในทางเศรษฐกิจที่ได้พัฒนาความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรม กำลังเผชิญกับสถานการณ์ปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม(นิวัติ เรืองพานิช, 2556, p. 309) ซึ่งวิกฤตการณ์มลพิษทางสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ นับวันยิ่งทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยสภาพเหตุการณ์ที่ทุกคนบนโลกนี้มีส่วนทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว ซึ่งอัล กอร์ (2550, p. 8) ได้กล่าวว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอารยธรรมของมนุษย์กับโลกถูกปรับเปลี่ยนโฉมหน้าไปอย่างสิ้นเชิงเนื่องจากปัจจัยหลากหลาย เช่น จำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การปฏิวัติทางเทคโนโลยี ทำให้เห็นว่า วิกฤตการณ์มลพิษทางสิ่งแวดล้อม เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการกระทำโดยมนุษย์ที่เป็นตัวการสำคัญสอดคล้องกับสมพร เทพสิทธา (2537, p. 44) ได้กล่าวสนับสนุนว่า สาเหตุหลักของปัญหาสิ่งแวดล้อมมีอยู่หลายประการ เช่น การเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว การใช้ทรัพยากรอย่างไม่ระมัดระวัง ความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว การใช้เทคโนโลยีในทางที่ผิดทำให้เกิดการพัฒนาที่ไม่สมดุล ประชาชนไม่มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม พฤติกรรมของมนุษย์มีความมั่งคั่งและเห็นแก่ตัว คำนึงถึงแต่ประโยชน์ส่วนตน

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ได้กล่าวไว้ว่า ในการดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการสร้างเสริมคุณธรรม จริยธรรม จำเป็นอย่างยิ่งที่ภาคการศึกษาต้องเข้ามามีบทบาทสำคัญในการให้ความรู้ ทักษะ สร้างทัศนคติ และความตระหนักแก่ผู้เรียนและคนทุกช่วงวัย ในเรื่องความสำคัญของการพัฒนาและเติบโตในสังคมที่รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถปรับตัวในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติอย่างรวดเร็วและรุนแรง มีคุณธรรม จริยธรรม และรับผิดชอบต่อในการกระทำของตน และน้อมนำแนวคิดตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสู่การปฏิบัติในการดำเนินชีวิต พร้อมทั้งเสริมสร้างศักยภาพของบุคลากรด้านการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่สามารถปรับตัวได้ในสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงและการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, p. 126) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวด 1 มาตรา 7 กล่าวว่าในกระบวนการเรียนรู้ต้องมุ่งปลูกฝังจิตสำนึกที่ถูกต้องเกี่ยวกับการรู้จักรักษาผลประโยชน์ส่วนรวมและของประเทศชาติ รวมทั้งส่งเสริมศาสนา ศิลปวัฒนธรรมของชาติ การกีฬา ภูมิปัญญาท้องถิ่น ภูมิปัญญาไทย และความรู้อันเป็นสากล ตลอดจนจนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



รู้จักพึ่งตนเอง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่รู้ และเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, p. 5) จึงมีความจำเป็นที่ควรทำให้ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจที่ถูกต้อง ในเรื่องความเสื่อมโทรมทางสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กล่าวถึงคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่น ในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก คือ การมีวินัยและใฝ่เรียนรู้ (วินัย วีระพัฒนานนท์, 2539, p. 14) ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาของวิชาสังคมศึกษาในสาระภูมิศาสตร์ ซึ่งตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระภูมิศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ได้กล่าวถึง สาระภูมิศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ ลักษณะทางกายภาพของโลก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการสร้างสรรค์ วิธีการดำเนินชีวิต เพื่อให้รู้เท่าทันปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถใช้ทักษะ กระบวนการ ความสามารถ ทางภูมิศาสตร์ และเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมตามสาเหตุและปัจจัย อันจะนำไปสู่การปรับใช้ในการดำเนินชีวิต(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, p. 2)

สาระภูมิศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์สามารถบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ ได้ เช่น ประวัติศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้ง ได้พิจารณาเห็นว่า ปัจจุบันประเทศไทยและพื้นที่ต่าง ๆ ของโลกเกิดความเสื่อมโทรมด้านกายภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และมีผลกระทบอย่างรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนั้นกระแสโลกาภิวัตน์ ความทันสมัยของวิทยาการและเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ที่เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มีมากขึ้น ตลอดจนการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อการสร้างความยั่งยืน ซึ่งการเรียนรู้เพียงสาระภูมิศาสตร์ไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและบางครั้งเกิดขึ้นโดยคาดการณ์ไม่ได้ เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกให้เกิดกับตัวนักเรียนและให้นักเรียนถ่ายทอดไปยังคนใกล้ชิด ในครอบครัวและเพื่อนๆ มนุษย์ในทุกภูมิภาค จึงเกิดความตระหนักในสถานการณ์ทางสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, p. 2) ซึ่งสอดคล้องกับ Bowman and Cox (1974, p. 183) ที่กล่าวถึงการเรียนรู้ในเรื่องปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในภูมิภาคต่างๆ ของโลก จำเป็นอย่างยิ่งเพราะในปัจจุบันทั่วโลกได้ให้ความสนใจ ในสถานการณ์ของทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นในทุกๆภูมิภาคต่าง ๆ และจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติมากมาย ถ้านักเรียนไม่ได้ตระหนักถึงมลพิษทางสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่มีความเสื่อมโทรมบนโลก นักเรียนก็จะยังทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่ได้ใส่ใจสิ่งแวดล้อม เพราะนักเรียนบางคนอาจจะคิดว่ามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นบนโลกนั้น ไม่ได้เกิดในประเทศไทยของเรา ไม่ได้เกิดในภูมิภาคเอเชีย คงไม่ส่งผลกระทบต่อตนเองแน่นอน ซึ่งไม่ได้ตระหนักว่า การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมของโลกในภูมิภาคใด ๆ ก็ตาม ปัญหานั้น ๆ ก็จะส่งผลไปทั่วทั้งโลกเช่นกัน

การเรียนรู้เนื้อหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปอเมริกาใต้ นั้น เนื่องจากการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมจากทวีปอเมริกาเหนือและทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งเป็นทวีปที่มีที่ตั้งของการทำอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จำนวนมาก เป็นทวีปที่มีปัจจัยในการก่อมลพิษทางสิ่งแวดล้อมขึ้น และส่งผลกระทบต่อการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติไปยังทวีปเอเชีย โดยเฉพาะปรากฏการณ์ เอลนีโญและลานีญา (El Nino and La Nina) ทำให้สภาพอากาศของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ให้มีความแปรปรวน เกิดความแห้งแล้ง ฝนไม่ตกตามฤดูกาล (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556, p. 27) การที่น้ำแข็งขั้วโลกละลายในมหาสมุทรอาร์กติกทางตะวันตกเฉียงเหนือของแคนาดา ส่งผลให้ปริมาณน้ำทะเลทั่วโลกสูงขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556, p. 25) การเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม มนุษย์จึงต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมหรือปรับเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่รอดได้ (กนก จันทรา, 2561, p. 11) ซึ่งตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระภูมิศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม มาตรฐาน 5.1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตัวชี้วัดข้อที่ 2 คือ วิเคราะห์สาเหตุการเกิดภัยพิบัติและผลกระทบในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปอเมริกาใต้ และมาตรฐาน 5.2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตัวชี้วัดข้อที่ 3, 4 และข้อที่ 5 คือ สืบค้น อภิปรายประเด็นปัญหาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางกายภาพกับมนุษย์ที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปอเมริกาใต้ วิเคราะห์แนวทางการจัดการภัยพิบัติและการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปอเมริกาใต้ที่ยั่งยืน ระบุความร่วมมือระหว่างประเทศที่มีผลต่อการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม(กระทรวงศึกษาธิการ , 2560, pp. 14-25) เพื่อสร้างความตระหนักถึงผลกระทบที่ตามมาจากการที่ธรรมชาติสิ่งแวดล้อม ถูกทำลายลงและต้องการปลูกจิตสำนึกในการรับผิดชอบต่อส่วนรวม การปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม โดยในการเรียนการสอนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก จึงต้องมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหา อย่างลึกซึ้ง ทั้งในด้านทักษะความรู้และการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และเกิดจิตสำนึกในการรักธรรมชาติและคิดถึงส่วนรวมเป็นสำคัญ

การที่จะทำให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจในเรื่องมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้นั้น ผู้เรียนจะต้องสามารถวิเคราะห์ ค้นหาสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์ผลกระทบที่ตามมา และส่งผลกระทบต่อตนเองอย่างไร เพื่อได้สร้างความรู้สึกรู้สึกในเรื่องปัญหาที่อยู่ใกล้ตัวเรานั้น ไม่ได้ห่างไกลตัวอย่างที่คิด และผู้เรียนมักมุ่งเน้นมองปัญหาที่ใกล้ตัวและจะสนใจเพียงแค่ปัญหาที่ตนเองได้รับผลกระทบโดยตรง แต่หารู้ไม่ว่า สิ่งที่เกิดขึ้นบริเวณอื่นนั้น การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมอย่างใดอย่างหนึ่งนั้น ล้วนเกี่ยวพันกันเสมอ ส่งผลถึงกันเสมอ ทั้งนี้สาเหตุที่สำคัญของมลพิษทางสิ่งแวดล้อมเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง ขาดเจตคติ การนึกคิด ค่านิยมที่เอื้อต่อสิ่งแวดล้อม(สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2558, p. 87) จึงจะต้องพัฒนาคนให้มีแนวคิด

ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมให้คงอยู่อย่างยั่งยืน จะต้องให้ความรู้แก่คนทุกระดับในสังคม เนื่องจากทุกคนมีส่วนร่วมในการใช้ทรัพยากรและมีส่วนร่วมทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ควรปลูกฝังจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้ผู้เรียน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, p. 14) โดยเฉพาะการสร้างความสามารถในเรื่องการคิดที่ให้ความสำคัญกับการมองอย่างเป็นระบบเพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกัน การฟังพาดูอาศัยกัน ซึ่งในปัจจุบันผู้เรียนมีความบกพร่องในการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ วิริยะ ฤชชัยพานิช (2548, p. 33) กล่าวว่าการศึกษาของไทยมุ่งเน้นให้นักเรียนทำคะแนนดี ๆ การเรียนการสอน จึงเป็นการฝึกท่องจำเวลาสอบก็ท่องเข้าไปสอบไม่ฝึกให้คิดให้สงสัย และหาคำตอบ โรงเรียนมีหน้าที่ในการสนับสนุนเด็กให้เรียนรู้ในสิ่งที่ตนเองถนัด ส่งเสริมให้เด็กรู้จักคิดและรู้จักแก้ปัญหา พัฒนาเด็กให้มีวิสัยทัศน์ มีความคิดก้าวหน้าและประสบความสำเร็จในชีวิต ในการที่จะทำให้ผู้เรียนมองเห็นปัญหาที่ใกล้ตัวเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนั้น จึงควรพัฒนาการคิดเชิงระบบ ดังที่ Senge (1999, p. 12) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ (Systematic Thinking) บูรณาการวินัยทั้งหมดเข้าด้วยกัน เป็นวินัยที่เชื่อมโยงองค์ความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติ ถ้าปราศจากการคิดเชิงระบบจะทำให้ขาดแรงจูงใจในการเชื่อมโยงวินัยทั้งหมดในลักษณะของความเป็นองค์รวม และขาดความเข้าใจเรื่องการก้าวไปสู่อนาคตจากภาวะที่เป็นอยู่ วิเคราะห์ในภาพรวมถึงความสัมพันธ์เป็นไปตามเป้าหมายของสาระภูมิศาสตร์ตามกระบวนการทางภูมิศาสตร์ ที่ให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะทางกายภาพของโลก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม ที่ก่อให้เกิดการสร้างสรรค์วิถีการดำเนินชีวิต เพื่อให้รู้เท่าทันและปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, p. 2)

จากผลการวิจัยเรื่อง การศึกษาความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างความสามารถการคิดเชิงระบบ ในรายวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลปรากฏว่า นักเรียนมีความความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างความสามารถการคิดเชิงระบบในรายวิชาสังคมศึกษาอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.66$ , S.D. = 0.80 สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเห็นความสำคัญและความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างความสามารถการคิดเชิงระบบในรายวิชาสังคมศึกษา (ธนนต์ นิยมญาติ , 2565) นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนและนักเรียนของโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ถึงการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระภูมิศาสตร์ พบว่าการสอนเนื้อหาภูมิศาสตร์ส่วนใหญ่ให้นักเรียนจำเนื้อหาวิชา ไม่ได้มุ่งเน้นให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักการแก้ปัญหา และทำความเข้าใจเป็นความรู้ของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในเนื้อหาวิชา และส่งผลต่อการปลูกฝังการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและแก้ไขปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่ได้ผลอย่างถาวร ควรดำเนินการโดยใช้การศึกษาเข้ามาปลูกฝังความคิดให้กับมนุษย์ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวิธีการที่เหมาะสมกับผู้เรียนมาช่วยในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (Crystal-based Learning) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มุ่งให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ มองความสัมพันธ์ที่ส่งผลกระทบต่อกันและกัน และสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ที่คงทนถาวร เข้าใจในประเด็นการศึกษา เพื่อใช้ในการดำเนินชีวิต และแก้ไขปัญหาได้จริงตามที่ อลิศรา ชูชาติ และคณะ (2549, p. 54) กล่าวว่า กระบวนการเรียนการสอน แบบตกผลึกเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจใคร่รู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย โดยนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่าสกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจของผู้ที่ศึกษา สอดคล้องกับไพฑูริย์ สีนาร์ตน์ (2557, p. 118) ได้กล่าวถึง การตกผลึกทางปัญญาช่วยให้ผู้เรียนในการประเมินค่าองค์ความรู้ที่ศึกษาหรือสร้างขึ้นใหม่ มาทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ครบถ้วน รอบด้าน รู้ถึงเหตุผลเบื้องหลังจนประจักษ์อย่างชัดเจนในความรู้นั้น พร้อมบูรณาการเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างสมบูรณ์ Voutsina (2012, pp. 366-381) กล่าวว่า เด็กที่มีความสามารถในการคิด จะมีความสามารถในการเรียนรู้สถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว กระบวนการเรียนการสอนแบบการตกผลึกทางปัญญาจะช่วยการเรียนรู้สถานการณ์ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้ดีและช่วยพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบ ซึ่งกระบวนการเรียนการสอนแบบการตกผลึกทางปัญญาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่ตนเองสนใจใคร่รู้ จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย โดยนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า ซึ่งเป็นการพัฒนาความสามารถทางการคิดเชิงระบบให้เกิดแก่ผู้เรียน แล้วสกัดออกมาเป็นความรู้ความเข้าใจที่คงทนแก่นักเรียน และออกมาเป็นผลงานที่สะท้อนความคิดเชิงระบบ ตามขั้นตอนของการสร้างวงจรปัญหาตามเหตุและผล ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความสามารถในการคิดเชิงระบบ ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม ทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักในเรื่องมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



### กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัย ดังนี้

#### กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (Crystal-based Learning)

เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจใคร่รู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย โดยนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็นองค์ความรู้ความเข้าใจที่คงทนแก่นักเรียนและออกมาเป็นผลงาน ซึ่งจะถูกนำมาอภิปรายร่วมกับเพื่อนและครูผู้สอนเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าข้อความรู้ที่ได้มานั้นถูกต้องและชัดเจนเพียงใดกระบวนการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการเรียนรู้ การค้นคว้า การคิดวิเคราะห์ การนำข้อความรู้มาเรียบเรียงเป็นงานเขียนเชิงวิชาการ การนำเสนอ การอภิปรายและการแก้ไขจนเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในสิ่งที่ตนศึกษาก่อให้เกิดการตกผลึกทางความคิด อลิศรา ชูชาติ และคณะ (2549, p. 54) โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกได้มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนสำคัญ ไว้ดังนี้

อลิศรา ชูชาติ และคณะ (2549, p. 54) อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผนและเรียนรู้การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง (Plan and Learn: Self-Regulated Learning/Self-Directed Learning)

วางแผน (Plan) ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้โดยกำหนดประเด็นหลักของการเรียนในแต่ละหน่วยตามความสนใจภายใต้คำแนะนำของผู้สอน

เลือก (Choose) ผู้เรียนเลือกหัวข้อย่อยที่ตนสนใจเป็นพิเศษและวางโครงร่างของหัวข้อย่อยให้ชัดเจนพร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาเพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

ค้นคว้า (Search) ผู้เรียนค้นคว้าข้อมูลในหัวข้อย่อยที่เลือก โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้านแหล่งการเรียนรู้ และแนวทางการสืบค้นข้อมูล

เขียน (Write) ผู้เรียนเขียนงานจากการศึกษาค้นคว้าเชิงวิเคราะห์ในรูปแบบงานเขียนเชิงวิชาการ

ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย: การเรียนรู้แบบร่วมมือและการเรียนรู้ร่วมกัน (Present and Discuss: Cooperative Learning/Collaborative Learning)

นำเสนอ (Present) ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่ตนไปศึกษาค้นคว้าในรูปการณเขียนเชิงวิชาการและการบรรยาย

อภิปราย (Discuss) ผู้เรียนร่วมอภิปรายถึงสิ่งที่นำเสนอกับเพื่อนร่วมชั้นโดยผู้เรียนรับฟัง  
ข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขงานเขียนเชิงวิชาการครั้งต่อไป

ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้: การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง  
(Gather and Revise: Self-Regulated Learning/Self Directed Learning)

ประมวล (Gather) ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลจากการอภิปรายในชั้นเรียนพร้อมทั้ง  
หาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสร้างความสมบูรณ์ของงานเขียนเชิงวิชาการ

ปรับแก้ (Revise) ผู้เรียนพัฒนางานเขียนเชิงวิชาการตามข้อมูลที่ได้รวบรวม  
ประมวล และค้นคว้าเพื่อสร้างสรรค์รูปแบบงานเขียนที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ฉบับที่ 2)

ขั้นที่ 4 ตกผลึก: การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง (Crystalize:  
Self- Regulated Learning/Self-Directe Learning)

นำเสนอ (Present) ผู้เรียนนำเสนองานเขียนเชิงวิชาการในชั้นเรียนซึ่งได้ผ่านการปรับแก้  
มาแล้ว เพื่ออภิปรายร่วมกัน

ประเมิน (Assess) ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองตามโครงร่างที่กำหนดไว้

สรุป (Conclude) ผู้เรียนสรุปผลการทำงาน เป็นงานเขียนเชิงวิชาการฉบับสมบูรณ์

อุไรรัตน์ สำเร็จวงศ์ (2549, p. 54) ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก  
มี 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 วางแผนและเรียนรู้: การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง  
ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย: การเรียนรู้แบบร่วมมือและการเรียนรู้ร่วมกัน ขั้นที่ 3 ประมวลและ  
ปรับแก้ : การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง และขั้นที่ 4 ตกผลึก: การเรียน  
แบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง

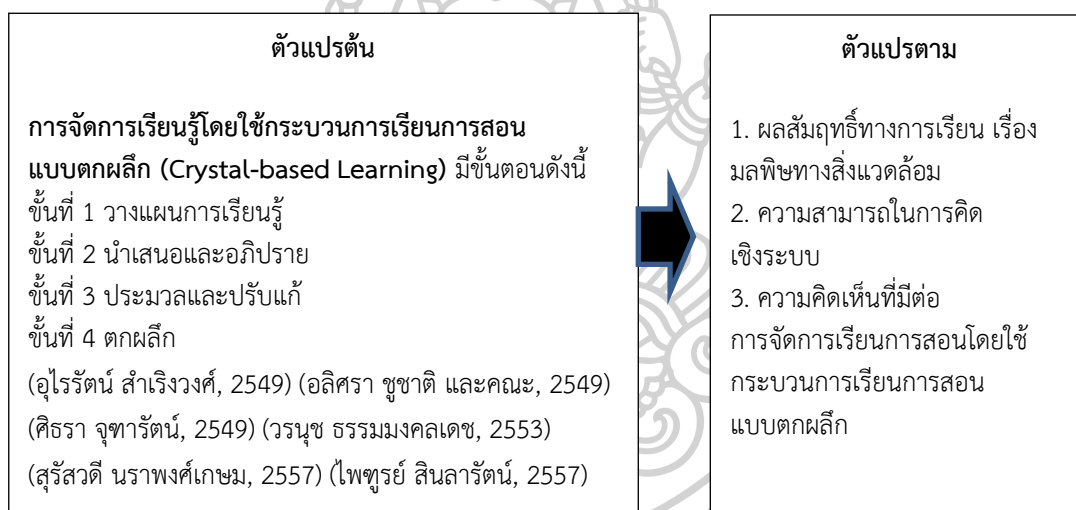
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิด หลักการ และขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้  
กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ผู้วิจัยได้ประยุกต์กระบวนการจัดการเรียนรู้เป็น 4 ขั้นตอน  
คือ ขั้นที่ 1 วางแผนการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้  
(สร้างผลงาน) และขั้นที่ 4 ตกผลึก

**ความสามารถในการคิดเชิงระบบ (Systematic Thinking)** ตามที่ Senge (2001,  
p. 12) ได้ให้แนวคิดไว้ว่า การคิด เชิงระบบมีความสำคัญที่เกี่ยวพันกับการคิดในลักษณะเชื่อมโยง  
คิดแบบภาพรวมมองเห็นภาพทั้งหมด รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมองเส้นปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ  
ของระบบทำให้ความสัมพันธ์เชิงลึกและความสัมพันธ์แนวกว้าง รวมทั้งความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน  
ซึ่งมกรพันธ์ จุฑะรสก (2551, p. 50) ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้การคิดเชิงระบบนั้น  
ประกอบด้วย 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การวิเคราะห์ปัจจัยย่อย 3) หาความสัมพันธ์ระหว่าง  
ปัจจัยย่อย และ 4) สังเคราะห์วงจรปัญหา สอดคล้องกับ แอนเดอร์สันและจอห์นสัน (Anderson &  
Johnson, 1997, pp. 34-38) ได้อธิบายกิจกรรมขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้การคิดเชิงระบบ

ประกอบด้วย 1) การกำหนดรูปแบบของปัญหา 2) การบ่งชี้ตัวแปรหลักในสถานการณ์ 3) การสร้างกราฟพฤติกรรมของตัวแปรตลอดช่วงเวลา และ 4) การสร้างแผนภูมิวงรอบเหตุและผล

ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาใช้ ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความสามารถการคิดเชิงระบบ เป็นวิธีที่ผู้เรียน เกิดความรู้จากการวิเคราะห์ สังเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ศึกษาเรื่องราวที่ตนเองสนใจและเกิดขึ้นจริงมาเป็นเครื่องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ที่คงทน ถาวร ผ่านการตกผลึกทางปัญญา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้เกิดทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ

### ขั้นตอนการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

### คำถามของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่
2. ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่
3. ความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก อยู่ในระดับใด

### สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียน
3. ความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกอยู่ในระดับมาก

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

### ขอบเขตของการวิจัย

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรีที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 6 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 285 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/5 จำนวน 36 คน โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม



## ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable) คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

2.2.2 ความสามารถในการคิดเชิงระบบ

2.2.3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

## เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาจัดการเรียนการสอนนำมาจากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้ภูมิศาสตร์ มาตรฐาน ส 5.2 ตัวชี้วัดที่ ส 5.2 ม.3/2, ส 5.2 ม.3/3 และ ส 5.2 ม.3/4 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องมลพิษทางสิ่งแวดล้อม จำนวน 12 คาบ ประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่

3.1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 มลพิษทางน้ำ

3.2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มลพิษทางอากาศ

3.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

3.4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 มลพิษทางดิน

## ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาในการดำเนินการทดลองสอน 3 คาบต่อสัปดาห์ จำนวน 12 คาบ คาบละ 50 นาที โดยทำการสอน รวม 4 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

## นิยามศัพท์เฉพาะ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของศัพท์เฉพาะไว้ดังนี้

**1. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก** หมายถึง แบบแผนของการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจ โดยนำเอาข้อมูลมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่าหาความสัมพันธ์เชิงระบบ และสกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจที่คงทน โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย **ขั้นที่ 1 วางแผนการเรียนรู้** ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาและประเด็นหลัก ๆ ของรายวิชา และออกแบบการเรียนรู้ **ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย** ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่ตนไปศึกษาค้นคว้า และร่วมอภิปรายถึงสิ่งที่นำเสนอกับเพื่อนร่วมชั้น **ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้** ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลจากการอภิปรายในชั้นเรียน มาพัฒนาผลงาน และ **ขั้นที่ 4 ตกผลึก** ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลงานตามข้อมูลที่ได้รวบรวม ประมวล และค้นคว้า เพื่อให้ผลงานมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

**2. ความสามารถในการคิดเชิงระบบ** หมายถึง ระดับในการมองปัญหาหรือสภาพการณ์ บางอย่างด้วยการค้นหารูปแบบ ความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรที่เป็นปัจจัย ต้นเหตุแห่งปัญหาและพยายามที่จะเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบและความสัมพันธ์นั้น โดยมี 4 รูปแบบ คือ (1) การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสถานการณ์ บริบทเรื่องที่กำลังศึกษา เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา (2) พิจารณาองค์ประกอบย่อย เป็นการวิเคราะห์ระบบที่มีส่วนประกอบย่อย โดยการวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหาพิจารณาว่า องค์ประกอบย่อยในระบบมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร (3) คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ เป็นการอธิบายผลของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งที่แสดงการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่างๆ จนเป็นวงจรย้อนกลับของระบบมามายังจุดเริ่มต้น และ (4) สร้างวงจรย้อนกลับของระบบมามายังจุดเริ่มต้น แสดงความสัมพันธ์สะท้อนให้เห็นปัญหาที่แท้จริงที่ผ่านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ นำมาเชื่อมโยงกัน ซึ่งได้จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก และจากการใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

**3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ วัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งวัดจากแบบทดสอบที่เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

**4. มลพิษทางสิ่งแวดล้อม** หมายถึง สภาวะสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์ และทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมขาดคุณภาพที่จะเกื้อกูลต่อการดำรงชีวิตและทำให้การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางสิ่งแวดล้อมนั้นลดลงหรือไม่สามารถนำมาใช้ ได้แก่ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย มลพิษทางดิน

**5. ความคิดเห็น** หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

**6. นักเรียน** หมายถึง ผู้ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี อำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

#### **ประโยชน์ที่ได้รับ**

1. เป็นแนวทางให้ครูในการเลือกใช้เทคนิคการสอน การคิดเชิงระบบไปปรับปรุงการเรียนการสอนการคิดเชิงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
2. เป็นแนวทางสำหรับครูในการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนการสอน เพื่อสร้างความสามารถการคิดเชิงระบบในการใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
3. เป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอนวิชาอื่น ๆ
4. เป็นแนวทางในการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบครั้งต่อไป

## บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้รวบรวมเอกสารและสรุป เพื่อใช้เป็นแนวทางการวิจัยในครั้งนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม
  - 1.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี
  - 1.2 โครงสร้างหลักสูตรสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี
  - 1.3 คำอธิบายรายวิชา และโครงสร้างรายวิชา ส 23103
2. ภูมิศาสตร์
  - 2.1 ความหมายของภูมิศาสตร์
  - 2.2 ความสำคัญของวิชาภูมิศาสตร์
  - 2.3 โครงความคิดทางภูมิศาสตร์ (The Five Themes of Geography)
3. มลพิษทางสิ่งแวดล้อม
  - 3.1 ความหมายของสิ่งแวดล้อม
  - 3.2 ความหมายของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม
  - 3.3 สาเหตุและแหล่งกำเนิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม
  - 3.4 ประเภทของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม
  - 3.5 กรณีศึกษามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้
4. กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (Crystal-based)
  - 4.1 ความหมายของกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
  - 4.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
  - 4.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
5. การคิดเชิงระบบ (Systematic Thinking)
  - 5.1 ความหมายของการคิดเชิงระบบ
  - 5.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ
  - 5.3 หลักการของการคิดเชิงระบบ
  - 5.4 ทักษะที่มีความจำเป็นต่อผู้เรียนในการฝึกการคิดเชิงระบบ
  - 5.5 ความจำเป็นและความสำคัญของการคิดเชิงระบบ

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 6.1 งานวิจัยภายในประเทศ

### 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

## หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติ ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษา ตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

### หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล
2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ
3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น
4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัด การเรียนรู้
5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์ (กระทรวงศึกษาธิการ , 2551, pp. 3-6)

### จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง
2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต
3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย
4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข
5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

### สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

### สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรอง เพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม
2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้ มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม



4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และ การอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

### คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

### ทำไมต้องเรียนสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

สังคมโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตลอดเวลา กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ว่ามนุษย์ดำรงชีวิตอย่างไร ทั้งในฐานะปัจเจกบุคคล และการอยู่ร่วมกันในสังคม การปรับตัวตามสภาพแวดล้อม การจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการพัฒนา เปลี่ยนแปลงตามยุคสมัย กาลเวลา ตามเหตุปัจจัยต่าง ๆ ทำให้เกิดความเข้าใจในตนเอง และผู้อื่น มีความอดทน อดกลั้น ยอมรับในความแตกต่าง และมีคุณธรรม สามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในการดำเนินชีวิต เป็นพลเมืองดีของประเทศชาติ และสังคมโลก

## เรียนรู้อะไรในสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมว่าด้วยการอยู่ร่วมกันในสังคมที่มีความเชื่อมสัมพันธ์กัน และมีความแตกต่างกันอย่างหลากหลาย เพื่อช่วยให้สามารถปรับตนเองกับบริบทสภาพแวดล้อม เป็นพลเมืองดี มีความรับผิดชอบ มีความรู้ ทักษะ คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม โดยได้กำหนดสาระต่าง ๆ ไว้ดังนี้

ศาสนา ศีลธรรมและจริยธรรม แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับศาสนา ศีลธรรม จริยธรรม หลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ การนำหลักธรรมคำสอนไปปฏิบัติในการพัฒนาตนเอง และการอยู่ร่วมกันอย่างสันติสุข เป็นผู้กระทำความดี มีค่านิยมที่ดีงาม พัฒนาค่านิยมของตนเองอยู่เสมอร่วมทั้งบำเพ็ญประโยชน์ต่อสังคมและส่วนรวม

หน้าที่พลเมือง วัฒนธรรม และการดำเนินชีวิต ระบบการเมืองการปกครองในสังคมปัจจุบันการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข ลักษณะและความสำคัญ การเป็นพลเมืองดี ความแตกต่างและความหลากหลายทางวัฒนธรรม ค่านิยม ความเชื่อ ปลูกฝังค่านิยมด้านประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข สิทธิ หน้าที่ เสรีภาพ การดำเนินชีวิตอย่างสันติสุขในสังคมไทยและสังคมโลก

เศรษฐศาสตร์ การผลิต การแจกจ่าย และการบริโภคสินค้าและบริการ การบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ การดำรงชีวิตอย่างมีดุลยภาพ และการนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ประวัติศาสตร์ เวลาและยุคสมัยทางประวัติศาสตร์ วิธีการทางประวัติศาสตร์ พัฒนาการของมนุษยชาติจากอดีตถึงปัจจุบัน ความสัมพันธ์และเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ผลกระทบที่เกิดจากเหตุการณ์สำคัญในอดีต บุคคลสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในอดีต ความเป็นมาของชาติไทย วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย แหล่งอารยธรรมที่สำคัญของโลก

ภูมิศาสตร์ ลักษณะของโลกทางกายภาพ ลักษณะทางกายภาพ แหล่งทรัพยากร และภูมิอากาศของประเทศไทย และภูมิภาคต่างๆ ของโลก การใช้แผนที่และเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ ความสัมพันธ์กันของสิ่งต่าง ๆ ในระบบธรรมชาติ ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น การนำเสนอข้อมูลภูมิสารสนเทศ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน



## สาระภูมิศาสตร์

ลักษณะของโลกทางกายภาพ ลักษณะทางกายภาพ แหล่งทรัพยากร และภูมิอากาศของประเทศไทย และภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก การใช้แผนที่และเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ความสัมพันธ์กันของสิ่งต่างๆ ในระบบธรรมชาติ ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น การนำเสนอข้อมูลภูมิสารสนเทศ การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

### สาระที่ 5 ภูมิศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

#### มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ส 5.2 เข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ก่อให้เกิดการสร้างสรรค์วัฒนธรรม มีจิตสำนึกและมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

#### ตัวชี้วัด

ส 5.2 ม.3/2 ระบุแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้

ส 5.2 ม.3/3 สืบค้น อภิปรายประเด็นปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้

ส 5.2 ม.3/4 วิเคราะห์เหตุและผลกระทบต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ ที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย

#### คุณภาพผู้เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓

ได้เรียนรู้และศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปของโลก โดยการศึกษาประเทศไทยเปรียบเทียบกับประเทศในภูมิภาคต่าง ๆ ในโลก เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่องการอยู่ร่วมกันอย่างสันติสุข

ได้เรียนรู้และพัฒนาให้มีทักษะที่จำเป็นต่อการเป็นนักคิดอย่างมีวิจารณญาณได้รับการพัฒนาแนวคิด และขยายประสบการณ์ เปรียบเทียบระหว่างประเทศไทยกับประเทศในภูมิภาคต่าง ๆ ในโลก ได้แก่ เอเชีย โอเชียเนีย แอฟริกา ยุโรป อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ ในด้านศาสนา คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม ความเชื่อ ขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม การเมืองการปกครอง ประวัติศาสตร์และภูมิศาสตร์ ด้วยวิธีการทางประวัติศาสตร์ และสังคมศาสตร์

ได้รับการพัฒนาแนวคิดและวิเคราะห์เหตุการณ์ในอนาคต สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิตและวางแผนการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม

หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี

### วิสัยทัศน์

โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรีเป็นองค์กรชั้นนำ ทำงานเป็นมาตรฐานสากล สร้างคนให้มีศักยภาพเป็นพลโลก “A Leading Organization International Standard Working Developing the Potential as World Citizen”

### พันธกิจ

1. ส่งเสริม ให้ผู้เรียน เก่ง ดี มีภาวะผู้นำ บนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ร่วมกันรับผิดชอบต่อสังคมโลก
2. พัฒนาบุคลากร ให้เป็นแบบอย่างที่ดี เป็นครูมืออาชีพ มีคุณภาพตามมาตรฐานสากล
3. พัฒนาระบบการบริหารให้ได้มาตรฐานสากล บนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง
4. พัฒนาสิ่งแวดล้อม ให้เอื้อต่อการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ สะอาด ปลอดภัย ไร้มลพิษ มีชีวิตชีวา เสริมคุณค่าความรู้ ซึมซับสู่คุณธรรม บนพื้นฐานหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง
5. พัฒนาหลักสูตร ให้มีความหลากหลาย ใส่ใจความเป็นไทย ก้าวไกลสู่สากล

### เป้าประสงค์

นักเรียน มีคุณธรรม จริยธรรม น้อมนำ หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีความเป็นเลิศด้านวิชาการและเทคโนโลยี มีสุขภาพดีทั้งร่างกายและจิตใจ มีทักษะการดำรงชีวิต สามารถสื่อสาร 2 ภาษา ถิ่นทางความคิด ผลิตงานสร้างสรรค์ มีภาวะผู้นำ ร่วมกันรับผิดชอบต่อสังคมโลก

### สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม
2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

### โครงสร้างหลักสูตรสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี พุทธศักราช 2561 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2561) เป็นหลักสูตรที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ ตามมาตรฐานที่เป็นสากล มีทักษะการคิดขั้นสูง เสพข้อมูลข่าวได้อย่างมีวิจารณญาณ สามารถอยู่ร่วม และทำงานร่วมกับผู้อื่นที่มีความหลากหลายทางเชื้อชาติ ความเชื่อ และแนวคิดได้อย่างมีความสุข สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อการผลิตนวัตกรรม มีจิตสำนึกสาธารณะ มีความรักและศรัทธา ในความเป็นไทย หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ตลอดจนยืนหยัดมั่นในการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

#### เป้าประสงค์หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนได้รับการปลูกฝังจริยธรรม สมรรถนะ และคุณลักษณะ อันพึงประสงค์มีการพัฒนาเต็มตามศักยภาพ มีทักษะชีวิต มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตดี นำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นแนวทางการดำเนินชีวิต เป็นผู้นำที่ดีของสังคม และมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้และการสื่อสารอย่างหลากหลาย ผู้เรียนมีศักยภาพเป็นพลโลก (World Citizen)

2. เพื่อให้สถานศึกษามีระบบการบริหารและจัดการศึกษาด้วยระบบคุณภาพ (Quality System Management) เพื่อรองรับการกระจายอำนาจอย่างทั่วถึง

3. เพื่อให้บุคลากรทุกคนมีทักษะวิชาชีพในการพัฒนาการเรียนการสอนและใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีที่ทันสมัยยกระดับการจัดการเรียนการสอนเทียบเคียงมาตรฐานสากล (World Class Standard)

4. เพื่อให้การใช้งบประมาณและทรัพยากรของทุกหน่วยงานเป็นไปตามเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

ตารางที่ 1 โครงสร้างหลักสูตรสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี

กลุ่มสาระการเรียนรู้/กิจกรรม	เวลาเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			เวลาเรียน ระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย
	ม. 1	ม. 2	ม.3	ม. 4-6
กลุ่มสาระการเรียนรู้				
ภาษาไทย	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (6 นก.)
คณิตศาสตร์	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (6 นก.)
วิทยาศาสตร์	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (6 นก.)
สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม	160 (4 นก.)	160 (4 นก.)	160 (4 นก.)	340 (8 นก.)
สุขศึกษาและพลศึกษา	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	120 (3 นก.)
ศิลปะ	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	120 (3 นก.)
การงานอาชีพและเทคโนโลยี	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	120 (3 นก.)
ภาษาต่างประเทศ	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (3 นก.)
รวมเวลาเรียน (พื้นฐาน)	880 (22 นก.)	880 (22 นก.)	880 (22 นก.)	1,640 (41 นก.)
• รายวิชาเพิ่มเติม		240 (6 นก.)		2,200 (55 นก.)
• กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน				
กิจกรรมแนะแนว				
กิจกรรมนักเรียน	120	120	120	360
- ลูกเสือ เนตรนารี ยุวกาชาด				
- ชุมนุม				
กิจกรรมเพื่อสังคมและ สาธารณประโยชน์				
รวมเวลากิจกรรมพัฒนาผู้เรียน	120	120	120	360
รวมเวลาเรียน	1,240 ชั่วโมง/ปี			3,840 (96 นก.)

ที่มา: โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี (2562)

### คำอธิบายรายวิชาสังคมศึกษา และโครงสร้างรายวิชา ส23103

ศึกษาการใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์ในการรวบรวม วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ และสังคมของทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและสังคมของทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ การก่อเกิดสิ่งแวดล้อมใหม่ทางสังคมอันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ และทางสังคมของทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและประเด็นปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ สาเหตุและผลกระทบที่ประเทศไทยได้รับจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ และเสนอแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

ศึกษา วิเคราะห์กลไกราคาตลาดในระบบเศรษฐกิจ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการพัฒนาประเทศ บทบาทหน้าที่ของรัฐบาลในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ การค้าและการลงทุนระหว่างประเทศ การรวมกลุ่มทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศ องค์กรระหว่างประเทศ

โดยใช้กระบวนการกลุ่ม การคิดวิเคราะห์ การฝึกปฏิบัติ การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย สร้างความคิดรวบยอด เทคนิคแผนผังความคิด นำภูมิปัญญาท้องถิ่น สภาพปัญหาชีวิตสภาพแวดล้อมมาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้

เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ มีคุณธรรม จริยธรรม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ด้านความรักชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ ซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงานอยู่อย่างพอเพียงและมีจิตสาธารณะ เห็นคุณค่าและมีจิตสำนึกในการร่วมมือกันแก้ปัญหา

#### ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ส 3.1 ตัวชี้วัด ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3

มาตรฐาน ส 3.2 ตัวชี้วัด ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4, ม.3/5

มาตรฐาน ส 5.1 ตัวชี้วัด ม.3/1, ม.3/2

มาตรฐาน ส 5.2 ตัวชี้วัด ม.3/1, ม.3/2, ม.3/3, ม.3/4

รวมทั้งหมด 14 ตัวชี้วัด

### หน่วยการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม โดยแบ่งเป็นรายวิชาสังคมศึกษา ใช้เวลาเรียน 60 คาบเรียน/ภาคเรียน สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน ซึ่งหลักสูตรสถานศึกษาของทางโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ได้กำหนดให้มีการเรียนสาระวิชาภูมิศาสตร์ จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ ทั้งหมด 30 คาบเรียน/ภาคเรียน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดหน่วยการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (สาระภูมิศาสตร์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	เรื่อง	เวลาเรียน
1	เครื่องมือทางภูมิศาสตร์	ส5.1 ม.3/1	- ประเภทของเครื่องมือทางภูมิศาสตร์	3
			- แนวทางการใช้เครื่องมือและการนำเสนอข้อมูล	1
2	ภูมิศาสตร์ทวีปอเมริกาเหนือ	ส5.1 ม.3/1, 3/2	- สภาพแวดล้อมทางกายภาพของทวีปอเมริกาเหนือ	3
			- ลักษณะทางประชากรของทวีปอเมริกาเหนือ	1
			- ลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรมของทวีปอเมริกาเหนือ	1
			- ลักษณะทางเศรษฐกิจของทวีปอเมริกาเหนือ	1
3	ภูมิศาสตร์ทวีปอเมริกาใต้	ส5.1 ม.3/1, 3/2	- สภาพแวดล้อมทางกายภาพของทวีปอเมริกาใต้	3
			- ลักษณะทางประชากรของทวีปอเมริกาใต้	1
			- ลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรมของทวีปอเมริกาใต้	1
			- ลักษณะทางเศรษฐกิจของทวีปอเมริกาใต้	1



ตารางที่ 2 รายละเอียดหน่วยการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (สาระภูมิศาสตร์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ต่อ)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	เรื่อง	เวลา เรียน
4	มลพิษทางน้ำ	ส5.2 ม. 3/1, 3/2, 3/3, 3/4	- สาเหตุของมลพิษทางน้ำ - ผลกระทบของมลพิษทางน้ำ และการส่งผล ต่อประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ	3
5	มลพิษทางอากาศ	ส5.2 ม. 3/1, 3/2, 3/3, 3/4	- สาเหตุของมลพิษทางอากาศ - ผลกระทบของมลพิษทางอากาศ และ การส่งผลต่อประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทาง อากาศ	3
6	มลพิษที่เกิดจากขยะ มูลฝอยและของเสีย อันตราย	ส5.2 ม. 3/1, 3/2, 3/3, 3/4	- สาเหตุของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย และของเสียอันตราย - ผลกระทบของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย และของเสียอันตราย และการส่งผลต่อ ประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิด จากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย	3
7	มลพิษทางดิน	ส5.2 ม. 3/1, 3/2, 3/3, 3/4	- สาเหตุของมลพิษทางดิน - ผลกระทบของมลพิษทางดิน และการ ส่งผลต่อประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางดิน	3
ทดสอบ				2
<b>รวมทั้งหมด</b>				<b>30</b>

จากตารางที่ 2 ทางผู้วิจัยได้นำสาระวิชาภูมิศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 มลพิษทางน้ำ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มลพิษทางอากาศ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 มลพิษทางดิน มาจัดการเรียนการสอน เพื่อทำการวิจัยและพัฒนาการเรียนการสอนของครู โดยนำสาระการเรียนรู้ดังกล่าวมากำหนดการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกเป็นจำนวน 12 คาบเรียน ซึ่งเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 เรื่องดังนี้ สาเหตุของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ผลกระทบของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อประเทศไทย การป้องกันแก้ไขมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สารระยววิชาภูมิศาสตร์  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เรื่อง	รวม (คาบเรียน)
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 มลพิษทางน้ำ	1. สาเหตุของมลพิษทางน้ำ 2. ผลกระทบของมลพิษทางน้ำ และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย 3. ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ	3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มลพิษทางอากาศ	1. สาเหตุของมลพิษทางอากาศ 2. ผลกระทบของมลพิษทางอากาศ และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย 3. ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ	3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย	1. สาเหตุของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย 2. ผลกระทบของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย 3. ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย	3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 มลพิษทางดิน	1. สาเหตุของมลพิษทางดิน 2. ผลกระทบของมลพิษทางดิน และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย 3. ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางดิน	3
<b>รวม</b>		<b>12</b>



## ภูมิศาสตร์

ความเข้าใจเกี่ยวกับคำว่าภูมิศาสตร์ มักจะหมายถึง การเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม ป่าไม้ แม่น้ำ ซึ่งอันที่จริงนั้น ภูมิศาสตร์ มีความหมายหลากหลาย เพื่อให้การวิจัย เกิดประสิทธิภาพ จึงได้มีการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากนักวิชาการหลาย ๆ ท่าน ดังนี้

### ความหมายของภูมิศาสตร์

มนัส สุวรรณ (2541, p. 1) กล่าวว่า ภูมิศาสตร์ (Geography) ตามคำศัพท์มาจากศัพท์ 2 คำ คือ Geo ในภาษากรีกแปลว่า “เกี่ยวข้องกับโลก” และ Graphy มาจากศัพท์ในภาษาละติน Graphia ซึ่งหมายถึง ศาสตร์ที่ว่าด้วย “ภาพ หรือลักษณะ” เมื่อรวมคำศัพท์ทั้งสองเข้าด้วยกัน จึงมีความหมายว่า “การศึกษาเรื่องของโลกและลักษณะต่างๆ บนพื้นโลก รวมถึงการกระจายของ สิ่งมีชีวิตมนุษย์และผลที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมของมนุษย์”

สรรค์ใจ กลิ่นดาว (2542, p. 1) กล่าวว่า ภูมิศาสตร์ หรือ Geography มาจากรากศัพท์ Geo ซึ่งหมายถึงโลก และ Graphy หมายถึง การเขียน ดังนั้น Geography จึงหมายถึง การเขียน เรื่องราวเกี่ยวกับโลกที่มุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับพื้นที่

ประเสริฐ วิทยารัฐ (2545, p. 10) อธิบายว่า ภูมิศาสตร์ หมายถึง ศาสตร์ที่เกี่ยวกับพื้นที่ หรือภูมิศาสตร์ คือ การศึกษาถึงการจัดระบบของพื้นที่ทั้งในด้านรูปแบบและกระบวนการ การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการของพื้นที่อันมีผลต่อมนุษย์ ซึ่งอาศัยอยู่บนพื้นที่นั้น ๆ อันรวมเป็นการบูรณาการทางพื้นที่ ใช้วิธีการทางปฏิสัมพันธ์ทางพื้นที่ด้านมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่วนใหญ่ เกี่ยวข้องกับลักษณะสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และวัฒนธรรมในพื้นที่ และส่งผลออกมา ทางด้านความเหมือนและความแตกต่างทางพื้นที่

ไพบุลย์ บุญไชย (2549, p. 2) อธิบายว่า ภูมิศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ความหมาย คือ ประการแรก นักภูมิศาสตร์ศึกษารูปแบบของสรรพสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ในฐานะ ที่เป็นสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ ทั้งสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น และ ประการที่สอง นักภูมิศาสตร์มุ่งที่การจัดการทางพื้นที่ของมนุษย์ ระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับ สภาพแวดล้อม โดยพยายามแสวงหาวิธีการปรับปรุงการใช้พื้นที่และทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพและ เน้นถึงบทบาทในการจัดการพื้นที่ให้เหมาะสม

พวงเพชร ธนสิน (2555, pp. 1-2) กล่าวว่า ภูมิศาสตร์ คือ การศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏอยู่บนพื้นโลก หรือปรากฏการณ์ที่เกิดบนพื้นที่ ณ ช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง เช่น การกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตบนโลก รูปแบบการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในพื้นที่ต่าง ๆ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เป็นต้น โดยการศึกษาทางภูมิศาสตร์จะเป็นการศึกษาที่วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างเป็นเหตุเป็นผล เพื่ออธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์เชิงพื้นที่ รวมทั้งการวิเคราะห์คาดการณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์เชิงพื้นที่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

กิตติคุณ รุ่งเรือง (2556, pp. 11-22) กล่าวว่า ภูมิศาสตร์ คือการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติกับสิ่งแวดล้อมทางสังคมที่ปรากฏอยู่ในดินแดนต่างๆของโลก

จากความหมายที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ภูมิศาสตร์ หมายถึง การศึกษาเรื่องราวเหตุการณ์ทางธรรมชาติและมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันเป็นระบบระหว่างสิ่งแวดล้อมกับมนุษย์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกทุกชีวิต

### ความสำคัญของวิชาภูมิศาสตร์

วิชาภูมิศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งวิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ ซึ่งพิจารณาเห็นว่าปัจจุบันประเทศไทย และพื้นที่ต่าง ๆ ของโลกเกิดภาวะวิกฤตด้านกายภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และมีผลกระทบอย่างรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ และเพื่อการสร้างความยั่งยืนทางอนาคต วิชาภูมิศาสตร์จึงมีความสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, p. 2)

วันเพ็ญ วรรณโณมล (2542, p. 128) ได้กล่าวว่า วิชาภูมิศาสตร์มีความสำคัญต่อผู้เรียนคือ ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถนำความคิดรวบยอด หลักการพื้นฐานไปใช้ในการดำเนินชีวิต พัฒนาทักษะการเรียนรู้ ได้แก่ การสังเกต การบันทึก การแปลความหมายหรือข้อมูล เน้นเรื่อง การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นปัญหาระดับโลก โดยบรรจุเนื้อหาในสาระภูมิศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจต่อภูมิภาคต่างๆของโลก ช่วยให้เกิดทัศนคติที่ดีต่อประเทศชาติและโลก อีกทั้งผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น การฝึกคิดอย่างมีเหตุผลและแก้ปัญหาโดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ รู้จักการควบคุมธรรมชาติ ดัดแปลงและพัฒนาธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ตลอดจนทำให้ภูมิศาสตร์สอดคล้องกับชีวิตด้วยการเรียนในเรื่องใกล้ตัวไปสู่ไกลตัว เช่น ทิศทาง จังหวัด ประเทศของเรา เพื่อนบ้าน ทวีป และโลกของเรา

(กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, p. 2) วิชาภูมิศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะทางกายภาพของโลก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม ที่ก่อให้เกิดการสร้างสรรค์วิถีการดำเนินชีวิต เพื่อให้รู้เท่าทัน ปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถใช้ทักษะ กระบวนการ ความสามารถทางภูมิศาสตร์ และเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมตามสาเหตุและปัจจัยอันจะนำไปสู่การปรับใช้ในการดำเนินชีวิต

สรุปได้ว่า ความสำคัญของวิชาภูมิศาสตร์ คือการทำให้มนุษย์ได้เข้าใจในธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น สำหรับการปรับตัว เตรียมพร้อม ป้องกัน รับมือสิ่งที่ธรรมชาติได้สร้างสรรค์ขึ้น เพื่อการดำรงชีวิตอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ อย่างยั่งยืน

### โครงความคิดทางภูมิศาสตร์ (The Five Themes of Geography)

กนก จันทรา (2561, pp. 9-13) ได้อธิบายถึงประเด็นสำคัญของภูมิศาสตร์ประกอบด้วย 5 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ที่ตั้ง (Location) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ บนผิวโลก ซึ่งต้องอาศัยการอธิบายด้วยที่ตั้งสัมบูรณ์ และที่ตั้งสัมพัทธ์ ประกอบการระบุตำแหน่ง และการกระจายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา

2. สถานที่ (Place) เป็นการศึกษาสิ่งที่เกิดขึ้นบนพื้นที่หนึ่ง ที่มีลักษณะแตกต่างไปจาก สิ่งที่เป็นแบบเดียวกันในอีกสถานที่อื่น เป็นการศึกษาเพื่อพิจารณาลักษณะสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และมนุษย์ ว่ามีลักษณะเฉพาะอย่างไร แตกต่างจากสถานที่อื่น ๆ บนโลกนี้ได้อย่างไร โดยการอธิบาย จะเป็นไปสองลักษณะ คือ ลักษณะทางกายภาพของสถานที่ (Physical Characteristic of Place) เป็นการศึกษาสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรณีภาค อุทกภาค บรรยากาศ ภูมิภาคและชีวภาค รวมไปถึงการศึกษาลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ดิน น้ำ พืชพรรณธรรมชาติและ สัตว์ ส่วนลักษณะทางมนุษย์ของสถานที่ (Human Characteristic of Place) เป็นการศึกษา สภาพแวดล้อมที่เกิดจากความคิดและการกระทำของมนุษย์ รวมไปถึงการใช้ที่ดิน การกระจายและความหนาแน่นของประชากร แบบรูปของภาษา ศาสนา ศิลปวัฒนธรรม การเมืองการปกครอง ระบบขนส่งและคมนาคม

การศึกษาเกี่ยวกับสถานที่ ต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับที่ตั้ง ช่วยในการตอบคำถามว่า “สถานที่นี้อยู่ที่ไหนและทำไมถึงอยู่ที่นี่” นักเรียนสามารถสังเกตพื้นที่โดยรอบสถานที่ และอธิบาย ลักษณะทางกายภาพและกิจกรรมของมนุษย์ด้วยการสังเกตด้วยตาหรือจากการอ่านแผนที่และ การใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์

3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม (Human/Environment Interaction) เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ 3 ลักษณะ ดังนี้

3.1 มนุษย์ปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อม (Human Adapt to the Environment) มนุษย์ปรับตัวหรือปรับเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม เช่น ในเขตทะเลทราย นิยมสร้างบ้านดินเพราะไม่มีไม้ในปริมาณที่มากพอในการสร้าง และผนังที่หนาของบ้านดินจะช่วยดูดซับความร้อนในเวลากลางวัน ทำให้ห้องเย็น นอกจากนี้ผนังที่หนา ยังทำให้ความร้อนผ่านไปได้ช้า เมื่อถึงเวลากลางคืนที่มีอากาศเย็น อุณหภูมิในบ้านดินก็จะอบอุ่นสบาย ประชากรในเขตหนาว แต่งตัวเสื้อผ้าที่หนาเพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกาย

3.2 มนุษย์ปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อม (Human Modify the Environment) มนุษย์เข้าไปแก้ไขเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ตนอยู่รอด เช่น การสร้างโพลเดอร์ (Polder) ของประเทศเนเธอร์แลนด์เพื่อระบายน้ำออกจากตอนในประเทศ เพราะพื้นที่ของประเทศตั้งอยู่ต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง การวางระบบชลประทานในเขตทะเลทรายของประเทศอิสราเอลเพื่อเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก

3.3 มนุษย์พึ่งพิงสิ่งแวดล้อม (Human Depend on the Environment) มนุษย์มีความจำเป็นต้องอาศัยสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่รอดได้ สิ่งแวดล้อมเกื้อหนุนค่าจุนชีวิตของมนุษย์ เช่น มนุษย์ใช้แม่น้ำเพื่อการเพาะปลูกและการคมนาคม

4. การเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนที่ (Change and Movement) เป็นการศึกษาว่าพื้นที่ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด เกิดจากปัจจัยใดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเลื่อนไหลทางความคิด ประชากร ทรัพยากร สินค้า แรงงานที่มีต่อกันระหว่างพื้นที่ จะเห็นได้ว่าปัจจุบันวิถีชีวิตของมนุษย์ที่กระจายในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก สามารถเชื่อมโยงไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ได้จากการเดินทาง การติดต่อสื่อสาร การติดต่อค้าขายได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น นอกจากนี้ยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากระบบกายภาพ เช่น ระบบลมโลก ระบบกระแสน้ำในมหาสมุทร โดยการเคลื่อนที่จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะทางความสามารถในการเข้าถึงและการเชื่อมต่อกัน

5. ภูมิภาค (Region) เป็นการศึกษาภูมิภาคว่าลักษณะเฉพาะของภูมิภาคนั้นคืออะไร ได้รับอิทธิพลปัจจัยใดบ้าง ที่ก่อให้เกิดลักษณะเฉพาะของภูมิภาคนี้ขึ้นมา มีลักษณะเหมือนกันหรือแตกต่างกันกับภูมิภาคอื่นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเหมือนกันหรือแตกต่างกัน

### มลพิษทางสิ่งแวดล้อม

การศึกษาเรื่อง สิ่งแวดล้อม เป็นการสร้างความเข้าใจในสิ่งที่อยู่รอบๆตัวของมนุษย์ อาจจะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้นก็ได้ ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจและสามารถมีเป้าหมายในการศึกษาที่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเนื้อเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ดังนี้

#### ความหมายของสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2545a, p. 16) ได้ให้ความหมายของสิ่งแวดล้อมไว้ว่า สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น

เกษม จันทรแก้ว (2530, p. 3) ได้ให้ความหมายของสิ่งแวดล้อมไว้ว่า คือ สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต รวมทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น อีกทั้งอาจเป็นทั้งรูปธรรมและนามธรรมหรืออาจกล่าวอย่างง่าย ๆ ว่าคือ สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเรา

วินัย วีระวัฒนานนท์ (2530, p. 191) ได้ให้ความหมายของสิ่งแวดล้อมไว้ว่า คือ สิ่งที่อยู่โดยรอบสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและสังคม ซึ่งเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของมนุษย์

ลาวัณย์ วิจารณ์ และคณะ (2540, p. 2) ได้ให้ความหมายของสิ่งแวดล้อมไว้ว่า คือ สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา มีทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ทั้งที่สัมผัสจับต้องและมองเห็นได้ หรือไม่สามารถสัมผัสจับต้องมองไม่เห็น

(จิราภรณ์ คชเสนี, 2547, p. 1) ได้ให้ความหมายของสิ่งแวดล้อมไว้ว่า สิ่งแวดล้อม คือ สถานะและปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ล้อมรอบสิ่งมีชีวิต มีหน้าที่หลักคือ การให้และการรองรับ การถ่ายทอด สสาร พลังงานและข้อมูลแก่สิ่งมีชีวิต

สรุปได้ว่า สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นที่อยู่รอบๆ ตัวเรา ทั้งที่สัมผัสจับต้องและมองเห็นได้หรือไม่สามารถสัมผัสจับต้องได้

#### ความหมายของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

ณรงค์ ฅ เชียงใหม่ (2525, p. 6) ได้ให้ความหมายของมลพิษทางสิ่งแวดล้อมไว้ว่า คือ สิ่งแวดล้อมที่ทำให้สุขภาพร่างกาย จิตใจและสังคมเลวลง เกิดการเจ็บป่วย ไม่มีเรี่ยวแรง เกิดความไม่พึงพอใจ สิ้นหวัง และเกิดความหวาดหวั่นวิตกกังวลหรือไม่มีความมั่นคงปลอดภัย สิ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบเหล่านี้ อาจเกิดขึ้นได้โดยตรงต่อมนุษย์หรือโดยทางอ้อม



ปองจิต แจ่มจรัส (2534, pp. 36-37) ได้ให้คำจำกัดความมลพิษทางสิ่งแวดล้อม คือ สภาวะที่สิ่งแวดล้อมมีอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำ อากาศ ฯลฯ ถูกปะปนหรือปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม (Pollutants) และทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม หรือจากธรรมชาติ โดยเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงหรือคุณภาพเสื่อมโทรมลง ยังผลให้การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางสิ่งแวดล้อมนั้นลดลงไปด้วยหรือใช้ประโยชน์ไม่ได้เลย รวมทั้งผลที่มีต่อสุขภาพอนามัย

อุดมศักดิ์ สิริพิงษ์ (2547, p. 34) มลพิษทางสิ่งแวดล้อม หมายถึง ปัญหาความเสื่อมโทรมในเชิงคุณภาพและปริมาณของสิ่งแวดล้อมทั้งที่เป็นสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมทางเศรษฐกิจและสังคม โดยมีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการพัฒนา

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (2558: 2) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า “มลพิษ” “ภาวะมลพิษ” และ “ของเสีย” ไว้ว่า “มลพิษ” หมายความว่า ของเสีย วัตถุอันตราย วัตถุมีพิษ สารพิษและมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษหรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้ความหมายรวมถึงรังสีความร้อน แสง เสียง กลิ่น ความสั่นสะเทือนหรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดมลพิษด้วย “มลพิษทางสิ่งแวดล้อม” (Environmental Pollution) หมายถึง สิ่งแวดล้อมที่ทำให้สุขภาพทางร่างกาย จิตใจ สังคม เลวลง เกิดการเจ็บป่วยไม่มีเรี่ยวแรง เกิดความ ไม่พอใจสิ้นหวัง และเกิดความหวาดหวั่น วิตกกังวล หรือไม่มีความปลอดภัย รู้สึกว่ามีอันตรายเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้

สรุปได้ว่า มลพิษทางสิ่งแวดล้อม หมายถึง สภาวะสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในธรรมชาติ ถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งไม่บริสุทธิ์ และทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมขาดคุณภาพที่จะเกื้อกูลต่อการดำรงชีวิตและทำให้การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางสิ่งแวดล้อมนั้นลดลงไปด้วยหรือใช้ประโยชน์ไม่ได้เลย

### สาเหตุและแหล่งกำเนิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

มิชัย วรสายัณห์ (2535, pp. 156-158) ได้แบ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม (Environment Pollution) แยกออกได้ดังต่อไปนี้

1. การเพิ่มจำนวนของประชากร เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากทำให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการดำรงชีวิตขั้นพื้นฐานเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น พื้นที่ทำการเกษตร เป็นเหตุให้มีการบุกรุกทำลายป่าที่ควรสงวนไว้เพื่อรักษาความสมดุลของธรรมชาติ เป็นต้น นอกจากนั้นการเพิ่มจำนวนประชากรยังเพิ่มปัญหาทางด้านน้ำโสโครก ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูลของเน่าเสีย ฯลฯ ซึ่งเกิดจากความสะดวกสบาย ไม่มีระเบียบวินัย ขาดความรับผิดชอบของมนุษย์ เป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษด้านต่าง ๆ และเป็นบ่อเกิดของเชื้อโรค ซึ่งทำลายสุขภาพอนามัยของมนุษย์



2. การขยายตัวของเมือง การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ โดยไม่มีการวางแผนและจัดทำผังเมืองล่วงหน้าจะเกิดปัญหาด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น การใช้ที่ดินที่ไม่เป็นแบบแผน ปัญหาการจราจร การขาดแคลนด้านสาธารณูปโภคและการบริหารโดยทั่ว ๆ ไป การกำจัดสิ่งโสโครกและสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เป็นต้น

การขยายตัวของเมืองโดยปกติมักจะควบคุมไปกับการขยายตัวทางอุตสาหกรรม เนื่องจาก การอุตสาหกรรมจะได้รับประโยชน์จากการใกล้ชิดกับเมืองที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีตลาดการคมนาคมและบริการพื้นฐานต่าง ๆ อยู่แล้ว การสร้างโรงงานอุตสาหกรรมในเขตที่อยู่อาศัยของชุมชน โดยขาดการวางแผนหรือการควบคุมที่มีประสิทธิภาพจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย อากาศเสีย รวมทั้งสารพิษที่โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยออกมาซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยทั่วไป

3. การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ มาใช้อย่างไม่เหมาะสมและไม่ระมัดระวัง นอกจากจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองและสูญเปล่าของทรัพยากรแล้ว ยังเกิดปัญหามลพิษต่าง ๆ อีกมากมาย การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตทางการเกษตร เช่น การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง ทำให้คุณภาพของดินเสื่อมโทรม ดินเป็นพิษ นอกจากนั้นสารมลพิษดังกล่าวยังกระจายตัวลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง เป็นสาเหตุให้น้ำเสีย สารมลพิษที่ตกค้างอยู่ในอาหารและผลิตทางการเกษตร ยังเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น ปวดท้อง ท้องร่วง เป็นโรคมะเร็ง และถ้าได้รับสารเป็นพิษชนิดรุนแรงและมีจำนวนมากอาจตายด้วยระบบหายใจล้มเหลวทางด้านอุตสาหกรรมสารบางอย่างที่ใช้ในการผลิต เช่น ตะกั่วปรอท สารหนู ฯลฯ เป็นพิษร้ายต่อสุขภาพอนามัยและยากต่อการกำจัดส่วนที่ตกค้างอยู่ให้หมดสิ้นไป สารพิษเหล่านี้นอกจากทำให้เกิดอาการ อาเจียน ปวดท้อง ตับอักเสบ กระจกหู ประสาทพิการแล้วยังอาจทำให้เสียชีวิตได้

ปองจิต แจ่มจรัส (2534, pp. 38-46) กล่าวว่า ปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมนั้นมีความแตกต่างกันทั้งลักษณะหรือประเภทของปัญหาและระดับความรุนแรงของปัญหา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละท้องที่หรือแต่ละสถานที่ เนื่องจากเพราะกิจกรรมหรือการพัฒนาทางด้านต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน กิจกรรมที่มนุษย์กระทำขึ้นในแต่ละท้องที่ก็แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างประเทศไทยกับประเทศที่พัฒนาแล้วในยุโรปหรืออเมริกา ลักษณะและระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมย่อมแตกต่างกัน ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรประมาณร้อยละ 80 ของประเทศเป็นกสิกร ลักษณะของปัญหามลพิษส่วนมากจึงเกิดจากกิจกรรมการเกษตรเป็นเบื้องต้น การใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลง เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรจะทำให้ผลตกค้างของพวกสารพิษและในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งในแหล่งน้ำธรรมชาติ ดินและอากาศ และการพัฒนาของประเทศไทยในปัจจุบัน ได้เริ่มมีการพัฒนาและส่งเสริมทางด้านอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น ฉะนั้นในปัจจุบัน ลักษณะและระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยจึงเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม กิจกรรมอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และมลพิษทางเสียง เป็นต้น

สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ในยุโรป หรือสหรัฐอเมริกา โดยมากจะเป็นประเทศอุตสาหกรรม ฉะนั้นปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมส่วนมากที่เกิดขึ้นจะมีสาเหตุมาจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นส่วนใหญ่ สารมลพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติ อากาศจะแตกต่างจากประเทศเกษตรกรรมและการที่ประเทศที่พัฒนาแล้วเหล่านี้ได้ใช้เทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วยในการควบคุมปัญหา จึงทำให้ระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมแตกต่างไปจากประเทศที่กำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทยหรือประเทศด้อยพัฒนาอื่น ๆ

ในประเทศไทยส่วนใหญ่แล้วปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จะมีขอบเขตพื้นที่ที่จำกัด ไม่ได้มีปัญหาคกระจายทั่วไปทั้งประเทศ ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นก็ไม่เหมือนกัน และระดับความรุนแรงของปัญหาก็แตกต่างกัน โดยมากแล้วมลพิษทางสิ่งแวดล้อมจะมีปัญหาเฉพาะในเมืองใหญ่ ๆ เช่น กรุงเทพมหานครหรือย่านอุตสาหกรรม เช่น ในเขตติดต่อบริเวณกรุงเทพมหานครกับสมุทรปราการ หรือในพื้นที่ลุ่มน้ำที่สำคัญ ๆ ของประเทศ เช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน และแม่กลอง เป็นต้น

สวัสต์ โนนสูง (2546, pp. 7-8) ได้แบ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมไว้ 2 ทาง คือ

#### 1. สาเหตุทางตรง

1.1 เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ตัวอย่างได้แก่ การก่อสร้างถนนและอาคารทำให้เกิดปัญหาฝุ่นผงในอากาศ การเผาหญ้าหรือฟางในไร่นาทำให้เกิดควัน การทำเหมืองแร่ทำให้เกิดฝุ่นผงและตะกอนดิน การใช้สารเคมีทางการเกษตรทำให้มีสารพิษตกค้างในดิน ในน้ำและพืชผลการถลุงแร่และใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงทำให้เกิดฝุ่นผงและก๊าซพิษ และการทิ้งขยะ

1.2 เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ เช่น ดินถล่ม ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหวทำให้เกิดฝุ่นผงและควัน การเกิดฝนตกทำให้น้ำในแหล่งน้ำสกปรก เนื่องจากมีตะกอนดินและซากอินทรีย์วัตถุมากผิดปกติ เป็นต้น

#### 2. สาเหตุทางอ้อม

2.1 การเพิ่มประชากร (Population Growth) โดยแนวโน้มของการเพิ่มประชากรโลกยังคงสูง ทำให้เกิดเกิดการขยายตัวของสังคมที่ต้องใช้ทรัพยากรเพื่อการอยู่อาศัยมากขึ้น และทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา

2.2 ปัญหาทางเศรษฐกิจ (Economic Problem) ความยากจนเป็นเหตุให้มนุษย์ต้องใช้ทรัพยากรมากขึ้นโดยไม่คำนึงผลเสีย ไม่มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจพอที่จะแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ถ้าหากมีฐานะทางเศรษฐกิจดีก็จะใช้ทรัพยากรมากเกินความจำเป็นขึ้นพื้นฐานจนก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

2.3 ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and Technological Advance) ความก้าวหน้าทางวิทยาการจะเป็นตัวเร่งให้เกิดการขาดแคลนทรัพยากร และปัญหาสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมเพราะมนุษย์สามารถสำรวจและนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้มากและรวดเร็วขึ้น ขณะเดียวกันก็ก่อให้เกิดมลพิษให้มากตามไปด้วย

มลพิษทางสิ่งแวดล้อมแบ่งออกได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะหรือคุณสมบัติ ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม โอกาสและความเป็นไปได้ในการเกิดการปนเปื้อนมลพิษที่ปนเปื้อน กิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน โดยทั่วไปแล้วชนิดของมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ แบ่งออกตามธรรมชาติที่เป็นสื่อหรือเป็นตัวกลางนั้น ก่อนที่จะเกิดผลกระทบต่อมนุษย์หรือสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

#### ประเภทของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

สวัสดี โนนสูง (2546, pp. 8-9) ได้จำแนกประเภทมลพิษทางสิ่งแวดล้อมไว้ดังนี้

##### 1. การจำแนกประเภทตามชนิดของมลพิษ ที่สำคัญมีดังนี้คือ

- 1.1 มลพิษทางน้ำ
- 1.2 มลพิษทางอากาศ
- 1.3 มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย
- 1.4 มลพิษทางดิน

##### 2. การจำแนกประเภทตามระดับของปัญหา มี 4 ประเภท คือ

2.1 มลพิษที่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับท้องถิ่น (Local-level Environmental Problems) มีผลกระทบเฉพาะบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งมลพิษ เช่น ปัญหาฝุ่นละอองจากโรงงาน ปัญหาน้ำเสียรอบโรงงาน และปัญหาเครื่องจักรเครื่องยนต์ของโรงงานส่งเสียงดัง

2.2 มลพิษที่มีผลเสียในระดับประเทศ (Country-level Environmental Problems) เป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อมวลชนและความมั่นคงของประเทศจนรัฐบาลต้องให้ความสำคัญเพื่อการแก้ไข เช่น ปัญหา เช่น ปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า การพังทลายของดิน และแม่น้ำเน่าเสีย

2.3 มลพิษที่ทำให้เสียหายในระดับทวีป (Continental-level Environmental Problems) เกิดขึ้นกับกลุ่มประเทศที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น ภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิกมีปัญหาป่าไม้ถูกทำลาย ในยุโรปมีปัญหาหมอกควันพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม และแอฟริกามีปัญหาดินเสื่อมโทรม

2.4 มลพิษที่ทำให้เกิดความเสียหายในระดับโลก (Global-level Environmental Problems) เป็นมลพิษที่มีผลกระทบต่อชีวมวลหรือต่อหลายภูมิภาค ดังเช่น การที่ประชากรโลกเพิ่มขึ้น สัตว์ป่าสูญพันธุ์ ปრაกฏการณ์ เอลนีโญ การที่ชั้นโอโซนของบรรยากาศถูกทำลายและ ปრაกฏการณ์เรือนกระจก

จากการจำแนกประเภทมลพิษทางสิ่งแวดล้อมข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปประเภทของมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้ 5 ประเภท คือ 1) มลพิษทางน้ำ 2) มลพิษทางอากาศ 3) มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย และ 4) มลพิษทางดิน

### มลพิษทางน้ำ (Water Pollution)

ความหมายของมลพิษทางน้ำ

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต (2525, p. 116) กล่าวถึงความหมายของมลพิษทางน้ำไว้ว่า คือ น้ำ ที่มีสภาพความสกปรกผิดไปจากธรรมชาติโดยการเติมบางสิ่งบางอย่างลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่อาศัยบริเวณนั้นไม่สามารถรับน้ำตามธรรมชาติที่ควรได้รับ

ราตรี ภาวรา (2543, p. 176) ได้ให้คำจำกัดความมลพิษทางสิ่งแวดล้อมทางน้ำ หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือน้ำที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมที่ไม่พึงปรารถนาปนเปื้อน ทำให้เกิดการเสียหายต่อการใช้ประโยชน์

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2545b, pp. 74-75) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำไว้ว่า น้ำเสีย คือ น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่แหล่งน้ำนั้น ๆ เช่น ทำให้น้ำเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นต้น

จากความหมายข้างต้น สรุปความหมายของมลพิษทางน้ำได้ว่า มลพิษทางน้ำ หมายถึง น้ำที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยมีสารพิษประเภทต่าง ๆ ที่ไม่พึงปรารถนามาเจือปนลงในแหล่งน้ำ จึงทำให้เกิดอันตรายมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น ๆ

สาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำ

อำนาจ เจริญศิลป์ (2543, pp. 51-53) กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้น้ำเสียมี 6 ประการ คือ

1. เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น สัตว์ถ่ายมูลทิ้งไว้บนดิน เมื่อฝนตกลงมาจะชะล้างมูลสัตว์เหล่านั้นไหลลงไปยังแหล่งน้ำ พืชที่ตายหรือสลัดใบ ใบพืชที่ร่วงหล่นทับถมอยู่บนพื้นดิน น้ำฝนจะชะล้างเอาซากพืชเหล่านั้นลงไปแช่ขังในแหล่งน้ำด้วย

2. เกิดจากสิ่งโสโครกและสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ได้แก่ เศษอาหาร ขยะมูลฝอย ของเสียที่มนุษย์ขับถ่ายออกมา สิ่งเหล่านี้ถ้าปล่อยทิ้งลงไปใ้ในแม่น้ำจะทำให้เน่าเสียเกิดขึ้น นอกจากนี้ ผงซักฟอกต่าง ๆ ที่ใช้ทำการซักล้าง เมื่อปล่อยลงไปใ้ในน้ำจะทำให้เกิดน้ำเสียเช่นเดียวกัน

3. การเลี้ยงสัตว์ สัตว์เลี้ยงที่อยู่ตามคอก เช่น หมู เป็ด ไก่ หรือสัตว์เลี้ยงที่ปล่อยเป็นฝูง อยู่ตามทุ่งหญ้า เช่น วัว ควาย แพะ แกะ เป็นต้น สัตว์เหล่านี้จะมีส่วนทำให้น้ำเสีย เช่น ฝูงสัตว์ เวลาปล่อยลงไปกินน้ำและอาบน้ำตามแม่น้ำลำคลองหรือหนองบึงต่าง ๆ นั้น จะทำให้ดินบริเวณ ชายฝั่งพังทลาย อันเป็นเหตุทำให้น้ำขุ่น ในขณะที่สัตว์ลงไปอาบน้ำและกินน้ำในแหล่งน้ำ มันจะถ่าย สิ่งโสโครกลงไปด้วย ทำให้น้ำเสียเกิดขึ้น

4. การทำเหมืองแร่ จะทำให้น้ำเสียเกิดขึ้นก็เนื่องจากน้ำที่นำไปใช้ฉีดหรือหล่อลื่น เครื่องจักรในการขุดแร่ธาตุจะขุ่นข้น ซึ่งน้ำจะมีพวกดินโคลน ดินตะกอนกรวดทรายไหลลงมาสู่ลำน้ำ

5. การทำเกษตรผิดวิธี เช่น การทำไร่เลื่อนลอย การเพาะปลูกตามภูมิประเทศที่มีความลาดเอียง แต่ไม่ทำการเพาะปลูกแบบขั้นบันได หรือการเพาะปลูกแบบร่องที่เป็นแนวขวางกัน ความลาดเอียงของภูมิประเทศ การไม่รู้จักปลูกพืชคลุมดินหรือการปลูกพืชบางชนิดที่สามารถป้องกันการพังทลายของดินเมื่อฝนตกลงมา เช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น

6. โรงงาน นับว่าเป็นสาเหตุใหม่และทำให้เกิดปัญหามากในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม และแม้แต่กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาการอุตสาหกรรมก็ตาม โดยโรงงานจะปล่อยพวกของเสียต่าง ๆ รวมทั้งแร่บางชนิดไปกับน้ำที่ระบายออกจากโรงงาน

ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางน้ำ

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534, p. 38) กล่าวว่าผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางน้ำ มีดังต่อไปนี้

1. ทำให้เกิดการสูญเสียการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ น้ำเสียเป็นอันตรายต่อการอุปโภค และไม่สามารถนำน้ำมาใช้เพื่อการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม

2. ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ น้ำเสียจะมีสารเคมีหรือสิ่งปฏิกลต่าง ๆ ปะปนอยู่ ซึ่งอาจจะมีอันตรายต่อสัตว์น้ำทำให้ตายหรือสูญเสียพันธุ์ได้

3. เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและโรคระบาดหลายชนิด เช่น อหิวาตกโรค ไข้ไทฟอยด์ โรคบิด ที่เกิดจากน้ำสกปรกเป็นพาหะ ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และถ้าน้ำนั้นมีสารพิษเจือปนอยู่สารพิษเหล่านั้นก็จะสะสมตัวอยู่ในสัตว์และพืชน้ำ เมื่อเราบริโภคเข้าไปทำให้เป็นโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคมินามาตะ เป็นต้น

4. ทำให้เกิดความเดือดร้อน รำคาญและบั่นทอนสุขภาพ เนื่องจากน้ำเน่าเสีย จะส่งกลิ่นเหม็นรบกวนผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ๆ และผู้สัญจรไปมาด้วย

5. ทำให้เกิดความสกปรกและความไม่น่าดู ทำให้ชุมชนขาดความสวยงามและขาดสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ



## มลพิษทางอากาศ (Air Pollution)

ความหมายของมลพิษทางอากาศ

กรมอนามัย (2535, p. 35) ได้ให้คำจำกัดความของมลพิษทางอากาศ หมายถึง สิ่งแปลกปลอมอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างเจือปนอยู่ในอากาศรอบ ๆ ตัวเรา เป็นระยะเวลาต่อเนื่องในปริมาณ สูงกว่าระดับปกติ จนทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และพันธุ์พืชหรือทรัพย์สินอื่น ๆ เป็นการบั่นทอนสุขภาพอนามัย สภาพอาคารมีการผุพังทรุดโทรมเร็วกว่าปกติ

กรมควบคุมมลพิษ (2543, p. 1) ได้อธิบายความหมายของมลพิษทางอากาศไว้ว่า หมายถึง ภาวะของอากาศ ซึ่งมีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอเป็นระยะเวลานานพอที่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช และวัสดุต่าง ๆ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2547, p. 1) ได้อธิบายความหมายของมลพิษทางอากาศไว้ว่า หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณมากพอและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่าง ๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากมนุษย์หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซ หดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (2558: 454) ได้อธิบายความหมายของมลพิษทางอากาศไว้ว่า หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นไอเสียด กลิ่นควัน ก๊าซ เขม่า ฝุ่นละออง หรือมลสารอื่นที่มีสภาพละเอียด บางเบา จนสามารถรวมตัวอยู่ในบรรยากาศได้

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะที่อากาศมีการปนเปื้อนของสารพิษทางอากาศ ในปริมาณที่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพอนามัยของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอื่น

สาเหตุการเกิดมลพิษทางอากาศ

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ et al. (2541, pp. 148-150) ได้ร่วมกันกล่าวถึงสาเหตุของมลพิษทางอากาศไว้ว่าเกิดจาก 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

1. แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่มนุษย์สร้างขึ้น ที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้ในการดำรงชีวิต ซึ่งยังแบ่งได้ตามลักษณะของกิจกรรมได้หลายอย่าง ได้แก่ การสันดาปเชื้อเพลิง การผสมหรือการบด การโม่ การผลิต การแปรรูป การระเหยหรือการรั่ว การฟุ้งกระจาย และการเผาไหม้ต่าง ๆ เป็นต้น

2. แหล่งที่เกิดมลพิษทางอากาศโดยธรรมชาติ

2.1 ภูเขาไฟ

2.2 ไฟไหม้ป่า

2.3 การนำเปื้อนและการหมักสารอินทรีย์



ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ (2556, pp. 5-7) กล่าวว่า แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศโดยทั่วไปแบ่งออกได้ 2 ประเภทดังนี้

1. แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของธรรมชาติ เช่น อนุภาคฝุ่นจากไฟไหม้ป่าจากการระเบิดของภูเขาไฟ อนุภาคเกลือทะเล

2. แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของคน เป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคนและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมีดังนี้

2.1 โรงงาน เช่น โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม โรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ โรงงานผลิตกระดาษ โรงกำจัดขยะและโรงสีข้าว

2.2 การจราจร เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถไฟและเรือ

2.3 การทำเหมืองแร่ เช่น การระเบิดหินและการม่หิน

2.4 การก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างถนน อาคารบ้านเรือนและตึก

2.5 การทำการเกษตร เช่น การเผาพื้นที่ การฉีดยาฆ่าแมลงและกำจัดศัตรูพืช การเผาเศษพืชหลังการเก็บเกี่ยว

ผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศ

รวีวรรณ ชินะตระกูล (2540, pp. 31-34) กล่าวถึงผลของมลพิษทางอากาศต่อสิ่งแวดล้อม มีดังต่อไปนี้

1. ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน เนื่องจากสิ่งเจือปนในอากาศมีหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ต่างกันไป ดังนั้นความเสียหายต่อทรัพย์สินที่เกิดขึ้น เนื่องจากอากาศเป็นพิษก็ย่อมขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนนั้น ๆ เป็นสิ่งสำคัญ เช่น การผุกร่อนของโลหะ จะเกิดขึ้นจากพวกกรดชนิดต่างๆ ที่สำคัญมากก็คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นกรดกำมะถัน เนื่องจากพวกไอน้ำในอากาศ นอกจากนั้นก็ยังมีก๊าซไฮโดรเจน ฟลูออไรด์และก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ซึ่งรวมตัวกับไอน้ำในอากาศจะมีสภาพเป็นกรดและกรดต่าง ๆ เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับโลหะก่อให้เกิดการกัดกร่อนเสียหายขึ้นได้ นอกจากนั้นพวกโลหะแล้วทรัพย์สินจำพวกยาง ก็จะมีสภาพเปราะและเปื่อยยุ่ย สีที่ทาอาคาร มักจะเป็นพวกส่วนผสมของตะกั่วก็จะเสื่อมสภาพเมื่อถูกกรดหรือต่างจากปฏิกิริยาของสิ่งเจือปนที่มากับอากาศเป็นพิษ แม้แต่โรงงานทอผ้าหรือโรงงานปั่นด้าย สีที่ย้อมเส้นด้ายก็จะเสื่อมคุณภาพและซีดลงเมื่อตากไว้ในสภาวะของอากาศสกปรก

2. ทำอันตรายต่อพืช สิ่งเจือปนในอากาศสกปรกโดยเฉพาะก๊าซต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ คลอรีน ไนโตรเจนไดออกไซด์ แอมโมเนีย นอกจากนั้น ละอองไอของปรอทและเอทิลีนก็เป็นก๊าซพิษโดยธรรมชาติที่มีอันตรายสูงต่อพืช เช่น ทำให้สีเขียวของ ใบพืชถูกทำลายเป็นสีเหลือง ใบพืชจะแห้งเหี่ยว เน่า มีสีน้ำตาลหรือเป็นรอยเหมือนถูกไฟลวก ทำให้เสื่อมสภาพและตายไปในที่สุด

3. ทำความสกปรกให้แก่พื้นผิวต่าง ๆ เนื่องจากอากาศสกปรกจะมีพวกฝุ่นละออง เขม่าควันและวัตถุขนาดเล็ก ๆ ปะปนอยู่ด้วย จึงทำให้พื้นผิวของอาคารสกปรกต้องล้างหรือ ทาสี เกิดการเปลี่ยนแปลงในการซักฟอกและชำรุดเสียหายในเวลาอันรวดเร็วกว่าปกติ

4. ทำให้ท้องฟ้ามืด ทั้งนี้เพราะว่าอากาศสกปรกจะมีพวกเขม่าควันและฝุ่นละออง ทำให้เกิดการปิดกั้นแสงสว่างมากกว่าปกติ ถ้ามีพวกละอองฝุ่น เขม่าและควันจำนวนมาก ย่อมก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

5. จำกัดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากพวกละอองฝุ่นและเขม่าควันจะ ทำให้ลดการมองเห็นลง เพราะความเข้มของแสงถูกปิดกั้น ลักษณะนี้จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้โดยง่าย

6. รบกวนต่อการผลิตและบริการ ที่เห็นได้ชัดเจนอีกอย่างหนึ่งก็คือ เนื่องจากจำกัด การมองเห็นของสายตา ก่อให้เกิดการเลื่อนเวลาของยานพาหนะที่ใช้เดินทาง โรงงานอุตสาหกรรม จะต้องจ่ายเงินเพิ่มมากขึ้นในการกำจัดสิ่งสกปรกจากปล่องควัน ทำให้เพิ่มต้นทุนของการผลิตให้สูงขึ้น และโรงงานบางชนิดผลผลิตที่เกิดขึ้นจะได้รับการกระทบกระเทือนได้โดยตรงจากการทำอันตรายของ สารพิษในอากาศ เช่น ยางพารา เส้นด้ายทอผ้า และการย้อมสี ฯลฯ

7. ทำอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ ผู้ที่ได้รับสารพิษจากอากาศอาจเป็นอันตรายต่อ สุขภาพได้ใน 2 ลักษณะ คือ อาการอย่างเฉียบพลัน โดยที่ร่างกายรับเอาสารพิษที่รุนแรงเข้าไปหรือ มีปริมาณมากพอที่จะก่อให้เกิดอันตรายถึงตายได้ทันทีและอาการเรื้อรัง โดยที่สารพิษสะสมอยู่ใน ร่างกายเป็นเวลานาน ทำให้เกิดโรคเรื้อรังต่อระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท หรือก่อให้เกิดความพิการตลอดชีวิต

### **มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย**

ความหมายของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

อดิศักดิ์ ทองไข่มุกด์ และคณะ (2541, p. 11) ได้กล่าวถึงปัญหามูลฝอยว่า หมายถึง เศษของเหลือใช้จากกิจกรรมต่างๆ ทั้งในชุมชน โรงงาน และอื่นๆ ซึ่งนับวันจะเป็นปัญหาใหญ่ที่ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องดำเนินการแก้ไข ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของการพัฒนาประเทศและ ความเจริญทางด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง

ลาวัญย์ วิจารณ์ และคณะ (2540, p. 205) ได้กล่าวถึงความหมายของขยะมูลฝอยว่า หมายถึง ของเหลือทิ้ง สารหรือวัสดุใดที่ไม่ได้ใช้หรือใช้ไม่ได้แล้ว อาจอยู่ในรูปของแข็ง หรือกึ่งของแข็ง ซึ่งมีที่มาจากทั้งขบวนการผลิตด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม และจากการใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งในบ้านเรือน ร้านค้า และสถานพยาบาล รวมทั้งกากตะกอน และสิ่งตกค้างที่เหลือจากสิ่งเหล่านั้นด้วย

อาณัติ ต๊ะปินตา (2553, p. 4) ได้กล่าวถึงความหมายของขยะมูลฝอยว่า คือ เป็นเศษสิ่งของที่ผ่านการใช้งานมาแล้วและถูกทิ้งขว้างเพื่อนำไปกำจัดต่อไป

การจำแนกประเภทมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์ และคณะ (2541, p. 21) ได้จำแนกประเภทของขยะมูลฝอยสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น

1. จำแนกตามลักษณะกิจกรรมของแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย ได้แก่ มูลฝอยจากชุมชน (Community Waste) เช่น ที่พักอาศัย ธุรกิจ พาณิชยกรรม สถานที่ราชการ สถานที่สาธารณะ ระบบสาธารณสุข ภาครัฐ ฯลฯ มูลฝอยจากอุตสาหกรรม (Industrial Waste) เช่น และมูลฝอยจากการเกษตรกรรม (Agricultural Waste)

2. จำแนกตามลักษณะความเป็นอันตรายต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ มูลฝอยทั่วไป (General Waste) และของเสียอันตราย (Hazardous Waste)

3. จำแนกตามลักษณะสมบัติของมูลฝอย ได้แก่ มูลฝอยแห้ง (Refuse) เช่น กระดาษ พลาสติก แก้ว ผ้า โลหะ หนัง ยาง ฯลฯ มูลฝอยเปียก (Garbage) เช่น เศษผัก ผลไม้ เศษอาหาร ฯลฯ มูลฝอยที่เผาไหม้ได้ (Combustible Waste) มูลฝอยที่เผาไหม้ไม่ได้ (Non-combustible Waste) และของเสียอันตราย (Hazardous Waste)

สาเหตุการเกิดมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์ และคณะ (2541, p. 20) กล่าวว่า แหล่งกำเนิดมูลฝอยที่สำคัญ ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ธุรกิจ ร้านค้า สถานที่ราชการ สถานที่ก่อสร้าง สถานที่สาธารณะ สถานที่ตั้งระบบสาธารณสุขประเภทต่าง ๆ โรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เป็นต้น ซึ่งปริมาณและลักษณะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เหล่านี้ จะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะประเภทกิจกรรม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แหล่งกำเนิดมลพิษและลักษณะมลพิษที่เกิดขึ้น

แหล่งกำเนิด	ลักษณะกิจกรรม/สถานที่	ลักษณะมลพิษ
ที่พักอาศัย	บ้านเดี่ยว ตึกแถว อพาร์ทเมนต์ อาคารชุด ฯลฯ	เศษอาหาร กระดาษ กล่อง พลาสติก เศษผ้า หนัง ยาง กระเบื้อง ขวดแก้ว เศษใบไม้ กิ่งไม้ ของเสียอันตรายจากบ้านเรือน เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟฟ้า แบตเตอรี่รถยนต์ ฯลฯ และ เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ
ธุรกิจการค้า	ร้านค้า ภัตตาคาร ตลาด สำนักงาน โรงแรม สถานเริงรมย์ ฯลฯ	กระดาษ กล่อง พลาสติก เศษอาหาร แก้ว ไม้ กระป๋อง ของเสียอันตรายจากบ้านเรือน
สถานที่ราชการ	โรงเรียน โรงพยาบาล เรือนจำ ที่ทำการของหน่วยงานราชการ ต่าง ๆ	เช่นเดียวกับธุรกิจการค้า
สถานที่ก่อสร้าง	สถานที่ที่กำลังมีการก่อสร้างหรือ รื้อถอน การข่มถนนหรือ ทางเดินเท้าชำรุด	เศษไม้ เศษเหล็ก เศษหิน คอนกรีต ฝุ่นดิน ฯลฯ
สถานที่ตั้งระบบ สาธารณสุขโรค	โรงผลิตน้ำประปา โรงบำบัดน้ำเสีย เตาเผามูลฝอย ฯลฯ	กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเฝ้าจากการเผา ฯลฯ
สถานที่สาธารณะ	ถนน ที่จอดรถ สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ ชายหาด สถานที่ ท่องเที่ยวต่าง ๆ ฯลฯ	เศษกระดาษ พลาสติก กระป๋อง เศษใบไม้ กิ่งไม้ ฝุ่นดิน ฯลฯ
อุตสาหกรรม	อุตสาหกรรมก่อสร้าง ทอผ้า ฟอกย้อม อุตสาหกรรมเคมี โรงกลั่นน้ำมัน ฯลฯ	ของเสียจากขบวนการผลิต (ขึ้นอยู่กับประเภท โรงงาน) เศษโลหะ ของเสียอันตราย มูลฝอย จากคนงาน เช่น เศษอาหาร กระดาษ ฯลฯ
การเกษตรกรรม	ไร่ นา สวน ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ฯลฯ	เศษผลผลิต เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด มูลฝอยจากการบริโภค อุบโรคของเกษตรกร เช่น เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก ของเสีย อันตราย เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ใช้สารเคมีที่ใช้ใน การเกษตร

อาณัติ ต๊ะปินตา (2553, p. 15) กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกากของเสียว่าการที่กากของเสียไม่ว่าจะเป็นขยะมูลฝอยหรือของเสียอันตรายจะมีปริมาณมากหรือน้อย พบว่ามีสาเหตุอันเนื่องมาจากปัจจัยหลาย ๆ ประการ ซึ่งปัจจัยทั้งหลายเหล่านี้เมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วก็จะส่งผลต่อปริมาณกากของเสียที่เกิดขึ้น ณ ชุมชนใดชุมชนหนึ่ง หรือ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งแตกต่างกันไป ปัจจัยดังกล่าวประกอบไปด้วยสภาวะทางเศรษฐกิจของครัวเรือน ของชุมชน ตลอดจนสภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้ยังได้แก่ ขนาดของครัวเรือน จำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในชุมชน และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความแตกต่างของฤดูกาล วัฒนธรรม ความเป็นอยู่ของประชาชน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อปริมาณการเกิดของเสีย

ผลกระทบของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

อาณัติ ต๊ะปินตา (2553, pp. 38-42) กล่าวถึงปัญหาของขยะมูลฝอยที่ส่งผลต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมไว้ดังนี้

1. มลพิษต่อแหล่งน้ำ ปัญหามลพิษทางน้ำซึ่งมีสาเหตุมาจากจากปนเปื้อนโดยกากของเสียในแหล่งน้ำนั้นๆ อาจสรุปได้ดังนี้

1.1 ทำให้น้ำในแหล่งน้ำสาธารณะต่าง ๆ เกิดการเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็นอันเนื่องมาจากการย่อยสลายของอินทรีย์จำพวกเศษอาหาร เศษหญ้าและใบไม้ ซากสัตว์และมูลสัตว์ต่าง ๆ ฯลฯ ซึ่งถูกเททิ้งลงสู่แหล่งน้ำนั้นเป็นประจำ จนทำให้คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมและไม่ปลอดภัยต่อการนำมาใช้เพื่อการอุปโภค รวมทั้งไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำต่าง ๆ ด้วย

1.2 ทำให้แม่น้ำลำคลองต่าง ๆ เป็นแหล่งสะสมของขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามขบวนการทางธรรมชาติ เช่น กุ้งพลาสติก โฟม เศษแก้วและกระป๋องบรรจุอาหาร และเครื่องใช้ต่าง ๆ เป็นต้น ขยะเหล่านี้เมื่อถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็อาจจะจมลงไปสะสมกันอยู่ใต้พื้นน้ำเป็นจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวได้

1.3 ทำให้แหล่งน้ำกลายเป็นที่เพาะพันธุ์ของเชื้อโรคต่าง ๆ อันเนื่องมาจากการสะสมและการเน่าเสียของขยะ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคระบาดทางน้ำที่จะนำไปสู่โรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารได้ เช่น โรคท้องร่วงและโรคไทฟอยด์ เป็นต้น

1.4 ทำให้แหล่งน้ำเกิดการสะสมของสารพิษที่ปะปนมากับของเสียอันตรายจากชุมชนหรือจากเกษตรกรรม เช่น กระป๋องฉีดยากันยุง มด แมลงสาบ และกระป๋องบรรจุสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ของเสียอันตรายที่เล็ดติดตามมากับภาชนะเหล่านี้จะปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำและเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำนั้นได้

1.5 ทำให้ราษฎรระบายน้ำหรือท่อระบายน้ำในเขตเทศบาลหรือเขตชุมชนเมือง โดยเฉพาะเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น เช่น กรุงเทพมหานคร เกิดการอุดตันและเป็นสาเหตุของน้ำท่วมขังได้ เนื่องจากมีเศษขยะต่าง ๆ ที่ทิ้งขว้างลงไปในที่สาธารณะไปขวางกั้นการไหลของน้ำ



1.6 ทำให้สภาพภูมิทัศน์ของแหล่งน้ำโดยเฉพาะในสถานที่ท่องเที่ยวทางน้ำขาดความสวยงามและสร้างความเสียหายต่อธุรกิจการท่องเที่ยวได้ ทั้งนี้เนื่องจากมีขยะมูลฝอยสะสมอยู่และทำให้แหล่งน้ำนั้นเน่าเสียได้

2. มลพิษต่ออากาศ ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการที่มีขยะมูลฝอยหรือของเสียอันตรายปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมอาจจำแนกได้ดังต่อไปนี้

2.1 ทำให้เกิดควันเสียอันเนื่องมาจากการเผาขยะที่กองทิ้งไว้ในที่โล่ง หรือเกิดการเผาขยะที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากต่าง ๆ ทางการเกษตร (Open Burning) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศ รวมทั้งเป็นสาเหตุของความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับการเผาขยะได้

2.2 ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนจากกองขยะที่เททิ้งไว้บนพื้น หรือจากสถานที่ฝังกลบขยะที่ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้คนที่อาศัยอยู่ในชุมชนใกล้เคียงได้

2.3 ทำให้เกิดปัญหาก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs) จากขยะที่มีการกองทับถมกันเป็นเวลานาน และเกิดการย่อยสลายตามขบวนการทางธรรมชาติในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Condition) ซึ่งจะเป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)

2.4 ทำให้เกิดขี้เถ้า (Ash) ที่เกิดจากเตาเผาในสถานที่กำจัดขยะอันตรายหรือของเสียอันตราย ซึ่งขี้เถ้าที่ฟุ้งกระจายไปในอากาศอาจมีสารพิษจำพวก Heavy metals และ Dioxins เจือปนอยู่ด้วย

2.5 ฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะจะทำให้เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจของประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

3. มลพิษต่อดิน กากของเสียทั้งที่เป็นขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย หากมีการกำจัดอย่างไม่ถูกวิธีแล้ว ย่อมมีโอกาสปนเปื้อนลงไปในดินและก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมาได้ ซึ่งอาจจำแนกได้ดังต่อไปนี้

3.1 ทำให้พื้นดินที่เป็นสถานที่ฝังกลบขยะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้โดยเฉพาะทางการเกษตร

3.2 ทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอย (Leachate) ลงสู่พื้นดินซึ่งอาจมีสารมลพิษต่าง ๆ จากกองขยะเจือปนไปด้วย หรืออาจทำให้สภาพความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินเปลี่ยนแปลงไป

3.3 ขยะที่มีของเสียอันตราย เช่น ถ่านไฟฉาย ซากแบตเตอรี่ ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ฯลฯ เมื่อนำไปฝังกลบในดินก็จะทำให้มีโลหะหนักในดินมากขึ้นซึ่งเป็นผลเสียต่อระบบนิเวศในดิน



4. มลพิษต่อน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินอยู่ลึกลงไปจากน้ำผิวดินก็อาจได้รับผลกระทบจากปัญหาขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายเช่นเดียวกัน โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.1 เกิดการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอย (Leachate) สู้ชั้นน้ำใต้ดิน ทำให้น้ำใต้ดินในบริเวณที่มีกองขยะหรือสถานที่ฝังกลบตั้งอยู่มีคุณภาพด้อยลง และเสี่ยงต่อการนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการบริโภค

4.2 ขยะที่มีของเสียอันตราย เช่น ถ่านไฟฉาย ซากแบตเตอรี่ ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ฯลฯ อาจเป็นแหล่งของโลหะหนักที่ปนเปื้อนน้ำใต้ดินได้เช่นเดียวกัน

### มลพิษทางดิน (Soil Pollution)

ความหมายของมลพิษทางดิน

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา และคณะ (2559, p. 4) ได้ให้ความหมายของมลพิษทางดินว่า หมายถึง ภาวะการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษของดิน (Soil Pollutant) มากเกินขีดจำกัด จนมีอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย ตลอดจนการเจริญเติบโตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์

นันทวุฒิ จำปางาม (พฤษภาคม-กรกฎาคม 2561, p. 98) ได้ให้ความหมายของมลพิษทางดินว่า หมายถึง ดินที่เสื่อมค่าไปจากเดิมและหรือมีสารมลพิษเกินขีดจำกัดจนเป็นอันตรายต่อสุขภาพและพละอนามัย ตลอดจนการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ทั้งโดยตรงและทางอ้อม โดยการกระทำของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ก่อให้เกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม รวมถึงสร้างความเสียหายในภาคการเกษตรที่เป็นแหล่งวัตถุดิบส่งต่อในภาคอุตสาหกรรม นอกจากผลกระทบจะต่อสภาพแวดล้อมยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอนามัยของสิ่งมีชีวิตการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต

วรารักษ์ จานโอ (2554, p. 7) ได้สรุปความหมายของมลพิษทางดินว่า หมายถึง ดินที่มีปัญหาเสื่อมคุณค่าไปจากสภาพเดิมตามธรรมชาติคุณสมบัติทั้งทางเคมีกายภาพ ชีววิทยา ฟลิกสแปรเปลี่ยนไปจากธรรมดาที่ควรจะเป็น มีสารไม่พึงประสงค์หรือสารพิษปนเปื้อนเกินขีดจำกัดจนทำให้ไม่เหมาะต่อการนำมาใช้ประโยชน์ อาจก่อให้เกิดความรำคาญ เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต

สาเหตุการเกิดมลพิษทางดิน

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา และคณะ (2559, p. 8) กล่าวถึงสารมลพิษในดินมีแหล่งกำเนิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นสำคัญ แหล่งกำเนิดสารพิษแต่ละแห่ง ทำให้เกิดสารมลพิษที่แตกต่างกัน การใช้สารเคมีฆ่าศัตรูพืชทำให้ดินเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่มีผลตกค้างนาน เช่น สารประเภทคลอรีนอินทรีย์ (Organo chlorine) สารฆ่าศัตรูพืชประเภทอนินทรีย์ มักจะใช้ธาตุพิษเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น สารหนู ทองแดง และปรอท ซึ่งมีธาตุที่อยู่ในรูปของสารพิษในดินได้นาน

การใช้ปุ๋ยเคมีและการทำไถพรวนที่ไม่เหมาะสม เป็นการแพร่กระจายธาตุปุ๋ย และอนุภาคแขวนลอยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งการกร่อนของดินจากการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสม เช่น การเพาะปลูกพืชที่ขาดสิ่งปกคลุมผิวดิน การทำเหมืองเปิด ก็ทำให้เกิดการแพร่กระจายดังกล่าวได้เช่นกัน นอกจากนี้แล้วการกร่อนหน้าดินในปริมาณมากจะทำให้อนุภาคขนาดทรายหรือกรวด เคลื่อนทับถมทางน้ำ ทำให้การระบายน้ำลดลงและอาจรุนแรงถึงขั้นทำลายที่อยู่อาศัยหรือสถานที่วางไข่ของปลาได้เช่นกัน

การใช้ดินที่ไม่ถูกต้อง ที่ทำให้เกิดการเร่งให้ดินเป็นด่าง เช่น การใช้ปูนที่มากเกินไปหรือการใช้ปุ๋ยที่มีฤทธิ์ดกค้างเป็นต่างเป็นเวลานาน การทำนาเกลือ อาจทำให้เกิดการสะสมเกลือบริเวณผิวดิน ทำให้ไม่สามารถปลูกพืชได้ผล ทำให้แหล่งน้ำในบริเวณดังกล่าวมีคุณภาพลดลงจนถึงขั้นไม่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ ในกรณีที่มีเกลือบริเวณผิวดินมาก เมื่อมีการไหลของเกลือไปกับน้ำไหลบ่า จะทำให้ดินและแหล่งน้ำข้างเคียงมีการสะสมเกลือเพิ่มขึ้นได้ในสภาพที่ดินเป็นกรด หากดินนั้นมีปริมาณซัลเฟตในดินสูง จะทำให้ดินและน้ำในแหล่งนั้นเป็นกรดจัด ทำให้ธาตุอาหารพืชที่ละลายได้น้อยในสภาพกรด โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสเกิดการขาดแคลนและในสภาพเช่นนี้เหล็กและอะลูมิเนียมซึ่งละลายได้ดีอาจมีมากในสารละลายดินจนถึงระดับเป็นพิษต่อพืชได้

การใช้ดินเป็นแหล่งทิ้งวัสดุเหลือใช้และการทิ้งน้ำที่มีสารพิษในปริมาณสูงลงไปในดิน เป็นการสะสมสารมลพิษในดินได้เช่นกัน ส่วนสารมลพิษจะเป็นชนิดใดขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุเหลือใช้ หรือน้ำทิ้งชนิดนั้น ตัวอย่างเช่น วัสดุเหลือใช้ในการเกษตรหรือน้ำทิ้งจากบ้านเรือน อาจเป็นการสะสมสารพิษประเภทอินทรีย์ของไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัส แต่หากเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม ขยะจากตัวเมือง หรือน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อาจจะเป็นการสะสมธาตุพิษหรือสารพิษประเภทอินทรีย์ในดิน เป็นต้น

วรารณณ์ จานโอ (2554, pp. 8-9) กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดมลพิษทางดิน มีดังต่อไปนี้

#### 1. มลพิษทางดินจากสารเคมี

สารเคมีหรือสารพิษที่ส่งผลให้เกิดมลพิษทางดิน มักจะเป็นสารเคมีหรือสารพิษที่เป็นโลหะหนักจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีโอกาสปนเปื้อนสู่ดินได้ง่าย เช่น ตะกั่ว แคดเมียมปรอท สังกะสีเหล็ก และแมงกานีส เป็นต้น การที่มนุษย์นำโลหะหนักมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น การผลิตแบตเตอรี่ การถลุงโลหะ การผลิตสี และการทำเหมืองแร่ ฯลฯ ส่งผลให้มีสารเคมีที่เป็นโลหะหนักถูกถ่ายเทออกสู่พื้นดินเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพื้นดินบริเวณที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหรือพื้นดินบริเวณอื่นที่เป็นแหล่งรองรับสารเคมีเหล่านี้ จนทำให้พื้นดินเสื่อมคุณภาพและส่งผลกระทบต่อประชาชนผู้อาศัยในบริเวณนั้นถึงขั้นเสียชีวิต

## 2. มลพิษทางดินจากของเสียหรือสิ่งปฏิกูล

ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดของเสียหรือสิ่งปฏิกูลอื่นนอกเหนือจากของเสียที่ปนเปื้อนสารเคมี การทิ้งของเสียหรือสิ่งปฏิกูลเหล่านี้สู่พื้นดินมักจะเป็นอาหารของเชื้อโรคที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น อุตสาหกรรมอาหารมักมีการใช้จุลินทรีย์ เช่น ยีสต์และแบคทีเรียช่วยในการผลิต จุลินทรีย์เหล่านี้หากถูกปล่อยทิ้งออกมาก็จะเป็นอาหารอย่างดีของเชื้อโรคที่อาศัยอยู่ในดิน ทำให้เชื้อโรคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและอาจทำให้เกิดโรคติดต่อได้ นอกจากนี้หากมีการทิ้งของเสียหรือสิ่งปฏิกูลสะสมเป็นเวลานานก็อาจทำให้เกิดการเน่าเสียและทำให้ดินเสื่อมคุณภาพได้

## 3. มลพิษทางดินจากน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งที่ถูกปล่อยออกจากภาคอุตสาหกรรม แบ่งได้เป็นน้ำเสียและน้ำที่มีอุณหภูมิสูงสำหรับน้ำเสีย เป็นน้ำที่มาจากกระบวนการชะล้างผ่านสารเคมีหรือผ่านการใช้ประโยชน์แล้วจึงมักปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคและสารพิษ หากมีการปล่อยลงสู่พื้นดินก็จะทำให้ดินปนเปื้อนเชื้อโรคและสารพิษไปด้วย ส่วนน้ำที่มีอุณหภูมิสูง แม้อาจจะได้ปนเปื้อนเชื้อโรคและสารพิษ แต่ก็มีผลกระทบทำให้เนื้อดินหรือสิ่งมีชีวิตในดินเกิดความเปลี่ยนแปลงโดยเสื่อมคุณภาพลงและหากเกิดเป็นระยะเวลาานก็จะทำให้ยากแก่การฟื้นฟูที่ดินให้กลับสู่สภาพดีดั้งเดิม

## 4. มลพิษทางดินจากอากาศเสีย

ในแหล่งที่มีโรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่นหรือมีการจราจรที่คับคั่งจะมีสารพิษจากท่อไอเสียของโรงงานและรถยนต์ที่ถูกปล่อยออกมาฟุ้งกระจายในอากาศสูงกว่าบริเวณอื่น สารพิษเหล่านี้เมื่อปลิวตกลงสู่พื้นดินก็จะเกิดการสะสมในดิน เมื่อมีปริมาณมากก็จะทำให้กลายเป็นมลพิษขึ้นในดินได้

### ผลกระทบของมลพิษทางดิน

วารสาร จานโอ (2554, pp. 10-12) กล่าวถึงผลกระทบของการเกิดมลพิษทางดินในด้านต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

#### 1. ผลกระทบของสารพิษตกค้างในห่วงโซ่อาหาร (Food Chain)

พืชและสัตว์ส่วนใหญ่มักจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากภาวะมลพิษที่เกิดขึ้นในดิน โดยพืชที่เพาะปลูกอยู่บนพื้นดินที่ปนเปื้อนมลพิษจะดูดซับสารพิษไปสะสมเกินกว่าระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์ เมื่อมนุษย์บริโภคพืชเหล่านี้ทำให้ต้องรับสารพิษเข้าไปในร่างกาย สำหรับสัตว์ก็เช่นเดียวกัน โดยส่วนใหญ่สัตว์มักจะอาศัย กินอาหารรวมทั้งกินพืชที่มีสารพิษ และนอนบนพื้นดิน สัตว์จึงมีโอกาสสัมผัสและได้รับพิษมากกว่ามนุษย์อย่างไม่มีทางหลีกเลี่ยง เมื่อสัตว์สะสมพิษไว้และมนุษย์บริโภคเนื้อสัตว์ที่มีพิษเป็นอาหาร ก็ย่อมได้รับสารพิษด้วยเช่นกันซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจะเกิดเป็นลูกโซ่ต่อ ๆ กันไป สารพิษเหล่านี้จะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อและเลือดของมนุษย์มีรายงานว่า น้ำนมมารดาที่ใช้เลี้ยงทารกอาจมีปริมาณสารพิษ เช่น ดีดีทีตกค้างจนเป็นอันตรายต่อทารกได้

#### 2. ผลกระทบของสารพิษต่ออากาศ น้ำ และน้ำใต้ดิน

มลพิษที่ปนเปื้อนในดิน เป็นมลสารที่ก่อให้เกิดปัญหาทางอากาศ โดยการฟุ้งกระจายของเม็ดดินในรูปของฝุ่นก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ซึ่งทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางสายตาระบบทางเดินหายใจของมนุษย์มีปัญหาและยังทำให้พืชลดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ดินยังปลดปล่อยสารประกอบที่ระเหยได้สู่บรรยากาศ เช่น การปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนียโดยขบวนการ DE nitrification การย่อยสลายของอินทรีย์สารต่าง ๆ ในดินจะปลดปล่อยสารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซต่าง ๆ จากดินที่เกิดปัญหามลพิษเหล่านี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกด้วย นอกจากนี้เมื่ออนุภาคของดินถูกพัดพาหรือปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดิน คุณภาพของแหล่งน้ำก็จะแปรเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบและส่วนผสมของอนุภาคดินเหล่านั้น เช่น อนุภาคดินที่มีเชื้อโรค แหล่งน้ำนั้นก็จะมีเชื้อโรค อนุภาคดินมีสารพิษ แหล่งน้ำนั้นก็จะมีสารพิษ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำสะสมพิษที่มีอยู่ในแหล่งน้ำจนเกิดเป็นพิษแกสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ และเกิดการสะสมพิษตามห่วงโซ่อาหาร

สุธาสนี อึ้งสูงเนิน (มกราคม – เมษายน 2558, pp. 57-60) กล่าวว่า ในการเพาะปลูก เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตั้งแต่ก่อนปลูกจนกระทั่งถึงเก็บผลผลิต ดินจึงเป็น แหล่งรองรับสารเหล่านี้โดยตรง สาเหตุเหล่านี้ทำให้ได้ผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมลดน้อยลง ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในน้ำที่อุปโภคและบริโภค ยิ่งเกษตรกรมีความถี่ในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชมาก จะทำให้อินทรีย์วัตถุในดิน รวมถึงสิ่งมีชีวิตถูกทำลาย และผลกระทบ มลพิษทางดินที่มีผลต่อมนุษย์ในทางอ้อมคือ การได้รับจากการดื่มน้ำที่มีสารพิษปะปนหรือรับประทาน อาหารจากพืชผักที่ปลูกในดิน ที่มีการสะสมตัวของสารที่มีพิษ และในส่วนของสัตว์นั้นจะเป็นพิษ คล้ายคลึงกับมนุษย์ แต่สัตว์จะมีโอกาสได้รับพิษมากกว่า เพราะกินนอน ชุดคู้ยหาอาหารจากดิน โดยตรง

### กรณีศึกษามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้

วิโรจน์ เอี่ยมเจริญ and อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ (2555, pp. 60-62) ได้อธิบายถึงมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ ไว้ดังนี้

1. มลพิษทางอากาศ การที่ทวีปอเมริกาเหนือมีโรงงานอุตสาหกรรมและยานพาหนะจำนวนมาก โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกาและเม็กซิโก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา ซึ่งแม้จะมีมาตรการควบคุมที่เข้มงวด แต่ปริมาณที่มีมากก็ส่งผลให้บริเวณเขตเมืองใหญ่มีมลพิษทางอากาศอย่างรุนแรง และเป็นตัวการที่ทำให้การเกิดฝนกรดในทวีปอเมริกาเหนือมีความรุนแรงมากขึ้นด้วย

2. มลพิษทางน้ำและการขาดแคลนน้ำสะอาด จำนวนประชากรในเขตเมืองมากกว่า 10 ล้านคน ในทวีปอเมริกาเหนือประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค และปัญหานี้ยังทวีความรุนแรงในพื้นที่ที่เป็นเขตทะเลทรายของเม็กซิโก รวมทั้งประเทศในภูมิภาคแคริบเบียนที่มีสภาพเป็นเกาะ มีแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติน้อย และมีการผสมของน้ำเค็ม หลายพื้นที่มีปัญหาการกำจัดน้ำเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม อาคารบ้านเรือน ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องระบายสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ นอกจากนี้ปัญหามลพิษทางน้ำอันเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี การใช้สารปราบศัตรูพืช ซึ่งถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำสะอาด การทิ้งสารเคมีลงในน้ำ รวมทั้งอุบัติเหตุจากการขุดเจาะน้ำมัน

3. ที่ดินเสื่อม เป็นปัญหาในเม็กซิโก อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ อันเนื่องมาจากที่ดินมีการชะล้างพังทลายสูง การปลูกพืชชนิดเดียวกันซ้ำที่เป็นเวลานาน การทำไร่เลื่อนลอยของชนเผ่าต่าง ๆ ประชากรที่ยากจนขาดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องการบำรุงดิน การใช้ปุ๋ยเคมีในการกำจัดศัตรูพืช และบางส่วนไปบุกรุกทำลายป่าเพื่อหาที่ดินเพาะปลูกแหล่งใหม่



4. ขยะและสิ่งปฏิกูล มลพิษประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมาจากประเทศผู้บริโภครายใหญ่ของโลก เช่น สหรัฐอเมริกา และเม็กซิโก ที่ส่งผลให้สร้างขยะและสิ่งปฏิกูลออกมาจำนวนมาก ปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตเมืองใหญ่ที่มีประชากรหนาแน่น ซึ่งในการจัดการขยะและสิ่งปฏิกูลบางส่วนจะส่งไปกำจัดในโรงงาน แต่ส่วนมากยังคงตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม ถูกเผาทำลาย หรือกลบฝังลงในดิน พื้นที่หลายแห่งของเมืองมีกองขยะหลงเหลืออยู่ซึ่งได้ส่งผลให้เกิดมลพิษ

สมมต สมบูรณ์ et al. (2555, pp. 84-96) ได้กล่าวถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ ไว้ดังนี้

1. การตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการขยายตัวของพื้นที่ทางการเกษตร เขตชุมชนเมือง และการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมของประเทศ โดยเฉพาะป่าแอมะซอนในทวีปอเมริกาใต้ที่ถูกทำลายไปอย่างมากจากการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว มีการทำป่าไม้อย่างกว้างขวาง มีการสร้างเส้นทางคมนาคมขนส่งทางบก เพื่อความสะดวกในการขนส่งสินค้า ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการสูญพันธุ์และการลดจำนวนลงของสัตว์ป่าและความหลากหลายทางชีวภาพ และยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและทำให้เกิดมลพิษทั้งทางน้ำและอากาศอีกด้วย

การแผ้วถางป่า เพื่อขยายพื้นที่การเกษตร เป็นอีกสาเหตุสำคัญที่ทำให้พื้นที่ป่าถูกทำลาย โดยเฉพาะแถบบริเวณป่าแอมะซอน ส่งผลทำให้ดินเสื่อมโทรม แหล่งต้นน้ำขาดหาย การทำลายพื้นที่ป่าและเผาป่า ได้ส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศปีละหลายล้านตัน ส่งผลเกิดมลพิษทางอากาศ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนตามมา

2. ปัญหามลพิษทางอากาศ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการขยายตัวของเขตเมือง โรงงานอุตสาหกรรม และการตัดไม้ทำลายป่า โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ฝนกรด เกิดจากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในรถยนต์มากถึงร้อยละ 60 ที่เหลือเกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งฝนกรดทำให้สิ่งมีชีวิตในทะเลสาบกว่า 150,000 แห่งในทวีปอเมริกาเหนือตายเพราะทะเลสาบเป็นพิษ นอกจากนี้ฝนกรดยังทำให้เกิดหมอกเป็นพิษ ซึ่งเกิดจากฝนกรดที่มีปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับรังสีจากดวงอาทิตย์ เป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์จากโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและพืชที่ได้รับผลกระทบจำนวนมาก



2.2 สารเคมีและของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะปล่อยสารเคมีและขยะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากถึง 5 ล้านตัน ทำให้สภาพอากาศในปัจจุบันปนเปื้อนไปด้วยสารพิษจากก๊าซชนิดต่าง ๆ ทั้งก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งทำให้เกิดฝนกรดและก๊าซเรือนกระจก ซึ่งทำให้อากาศแปรปรวน และส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ความอยู่รอดของสัตว์และพืชชนิดต่าง ๆ และมีผลต่อทรัพยากรน้ำ คือ อาจส่งผลให้น้ำเป็นพิษได้อีกด้วย

2.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ซึ่งทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้เป็นทวีปที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก หรือทำให้เกิดภาวะโลกร้อนอันดับต้น ๆ ของโลก โดยมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 23 จากทั่วโลก โดยส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาสู่อากาศ มีสาเหตุมาจากการใช้และการผลิตพลังงานไฟฟ้า รองลงมาเป็นไอเสียจากระบบคมนาคมขนส่งและการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ การใช้ที่ดินมากเกินไปและการตัดไม้ทำลายป่า ก็ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศส่งผลกระทบต่อมา ดังนี้

2.3.1 คลื่นความร้อน จากภาวะโลกร้อนที่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ประชาชนเสียชีวิต พื้นที่ทางการเกษตรเสียหายอย่างหนัก และสัตว์เลี้ยงในฟาร์มปศุสัตว์ตายไปมากมาย เกิดไฟป่าอย่างรุนแรง

2.3.2 ภัยแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยลงส่งผลต่อระบบการเกษตร มีอัตราการขยายตัวของพื้นที่ทะเลทราย และก่อให้เกิดไฟป่าอย่างรุนแรง และบริเวณแม่น้ำแอมะซอนเหือดแห้งจนไม่สามารถใช้ในการเดินทางทางน้ำได้ สัตว์ป่าหลายชนิดต้องขาดแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหาร บางชนิดอยู่ในภาวะเสี่ยงที่จะสูญพันธุ์

2.3.3 ธารน้ำแข็งละลายและชายฝั่งถูกกัดเซาะ

อุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปริมาณธารน้ำแข็งในขั้วโลกเหนือและในอะแลสกาตกลงอย่างมาก มีผลทำให้น้ำทะเลมีระดับสูงขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณมหาสมุทรอาร์ติก และมหาสมุทรแอตแลนติก ซึ่งส่งผลให้แนวชายฝั่งทะเลทางด้านตะวันออกของทวีป มีอัตราการกร่อนมากขึ้น ทำให้ระบบนิเวศ และแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลตามแนวชายฝั่งได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง นอกจากนี้ น้ำแข็งบนเทือกเขาแอนดีสในประเทศเปรูและเทือกเขาแอนดีสทางตอนใต้ละลายและลดลงอย่างรวดเร็ว แนวชายฝั่งทะเลเสี่ยงต่อการกร่อน เมื่อระดับน้ำทะเลสูงขึ้น และพายุไซโคลนพัดเข้าโจมตีบ่อยครั้ง ทำให้เกิดโรคระบาด

3. ปัญหามลพิษทางน้ำ น้ำตามแม่น้ำลำธาร และน้ำในทะเลสาบในทวีปอเมริกาเหนือ เต็มไปด้วยสารพิษ ไม่สะอาดและไม่มีคุณภาพที่ดีพอสำหรับมนุษย์รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เนื่องจากสาเหตุหลัก ๆ มาจากการเพิ่มของจำนวนประชากรในทวีป ทำให้มีปริมาณการปล่อยน้ำเสียจากบ้านเรือนมากขึ้น เกิดความต้องการในการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมันและก๊าซธรรมชาติมากขึ้น การใช้สารเคมีในพื้นที่การเกษตร ซึ่งดินที่ถูกชะล้างจะมีสารปนเปื้อนและธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยเคมี ปะปนลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงมากเกินกว่าที่สิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีสารเคมีอันตราย โดยเฉพาะสารปรอทที่ได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงาน

นอกจากนี้ ประชาชนที่บริโภคพืชที่ได้รับสารพิษจากน้ำเสีย ก็จะทำให้เกิดปัญหาสุขภาพตามมา โดยในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา มีประชากรถึงร้อยละ 71 ที่ได้รับสารพิษจากการบริโภคพืชผักที่ได้รับสารพิษจากน้ำเสีย

4. มลพิษในดินและการกร่อนของหน้าดิน ประชากรในทวีปอเมริกาใต้ประกอบอาชีพการเกษตรมากที่สุด แต่ระบบการทำเกษตรโดยส่วนใหญ่ยังด้อยประสิทธิภาพ มีการใช้สารเคมีจำนวนมากในการเพาะปลูก และมีการถางป่าและตัดต้นไม้เป็นจำนวนมากเพื่อขยายพื้นที่หรือย้ายพื้นที่ทางการเกษตร มีการทำลายพื้นที่ป่าผืนน้อยอย่างป่าแอมะซอนเพื่อขยายพื้นที่ไร่ ทำให้ดินขาดความชุ่มชื้นและเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ความลาดชันของพื้นที่ที่มีมากและการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศก็มีผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน โดยมีพื้นที่หน้าดินในทวีปถูกกัดเซาะและพังทลายไปจำนวนมาก

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2556, p. 25) ได้อธิบายปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมและภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ไว้ดังนี้

#### 1. มลพิษทางน้ำ

1.1 ปปรากฏการณ์น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ในอดีตมหาสมุทรอาร์กติกมีน้ำแข็งหนาแน่นปกคลุมอยู่บริเวณผิวน้ำทะเล นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 เป็นต้นมา น้ำแข็งที่ปกคลุมได้ละลายหายไปครึ่งหนึ่ง และต่อมาในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2548 พบว่า มีก้อนน้ำแข็งมหึมาขนาด 66 ตารางกิโลเมตร หนาประมาณ 37 เมตร แตกออกจากกันที่บริเวณชายฝั่งเกาะแห่งหนึ่งในมหาสมุทรอาร์กติกทางตะวันตกเฉียงเหนือของแคนาดา นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 จนถึงปัจจุบัน พ.ศ. 2553 ปริมาณน้ำแข็งที่ละลายเพิ่มมากขึ้นเป็นเท่าตัว นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าภาวะโลกร้อนเป็นสาเหตุให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่อาศัยในแนวชายฝั่งระดับเดียวกับน้ำทะเลหรือต่ำกว่าระดับน้ำทะเล

2. มลพิษทางอากาศ จากการทำนุรักษ์ช่วยกันเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงและการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม มีส่วนทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและภาวะโลกร้อน

พระมหามันัส กิตติสาโร และคณะ (2560, pp. 298-336) ได้กล่าวถึงปัญหาวิกฤตการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ไว้ ดังนี้

ปัญหาวิกฤตการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือ

1. ปัญหาทรัพยากรดิน ดินในทวีปอเมริกาเหนือส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ยกเว้นดินในเขตอากาศหนาวเย็นทางตอนเหนือของทวีป ซึ่งจะปกคลุมด้วยหิมะและน้ำแข็ง ทำให้ไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ นอกจากนี้ดินแดนในประเทศเม็กซิโก และบริเวณอเมริกากลางลดความอุดมสมบูรณ์ลง มีการชะล้างและพังทลายของดินสูง นอกจากนี้การใช้สารเคมีในการเพาะปลูกและการปลูกพืชชนิดเดียวกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมลง และมีธาตุอาหารในดินต่ำ

2. ปัญหาทรัพยากรน้ำ ทวีปอเมริกาเหนือมีแหล่งน้ำประเภทแม่น้ำและทะเลสาบอยู่มาก ทางตอนเหนือของทวีป แต่ปัจจุบันเกิดปัญหาน้ำเน่าเสียจากการปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่ได้บำบัดจากโรงงานอุตสาหกรรมและสารเคมีจากการทำการเกษตรลงแหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก เช่น แหล่งน้ำในบึงเอเวอร์เกลดส์ รัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา ในอดีตเคยเป็นแหล่งลุ่มน้ำประเภทน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์นานาชนิด แต่ปัจจุบันถูกคุกคามโดยกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการระบายน้ำเสียทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ นอกจากนี้ยังมีการรั่วไหลของน้ำมันในทะเลที่เกิดจากการขุดเจาะของมนุษย์ เช่น แท่นขุดเจาะน้ำมันดีทวอเตอร์ ฮอไรซอน ที่ระเบิดเมื่อวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2553 ทำให้น้ำมันดิบรั่วไหลลงสู่ทะเล สร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศเป็นอย่างมาก

3. ปัญหามลพิษทางอากาศ

3.1 ปัญหาคลื่นความร้อน เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากสภาวะอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าปกติ โดยจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูร้อนของวันที่ใกล้เคียงกับวันที่อากาศมีอุณหภูมิสูงสุดในรอบปี ซึ่งอาจมีความชื้นสูงร่วมด้วย มักเกิดในบริเวณที่มีการพัดผ่านของลมร้อนจากบริเวณทะเลทราย เช่น ในปี พ.ศ. 2551 บริเวณภาคตะวันออกของประเทศสหรัฐอเมริกา ประสบปัญหาคลื่นความร้อนรุนแรง มีอุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส ทำให้มีผู้เสียชีวิตกว่า 160 คน คลื่นความร้อนในประเทศแคนาดา ส่งผลให้อุณหภูมิในช่วงเดือนมกราคมเพิ่มสูงขึ้นจาก -23 องศาเซลเซียส เป็น 0 องศาเซลเซียส

3.2 ปัญหาอากาศเย็นรุนแรง มีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เอลนีโญ เช่น ลมหนาวจากขั้วโลกพัดกระหน่ำเมืองทางตอนกลางของประเทศแคนาดา ทำให้มีอุณหภูมิลดลงถึง -45 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในพื้นที่ด้านตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกาตกลงถึงจุดเยือกแข็ง รวมถึงทำให้ลาเวกัส ในรัฐเนวาดา ซึ่งเป็นพื้นที่ทะเลทรายที่แห้งแล้งที่สุดในทวีป ต้องเผชิญกับหิมะตกหนักครั้งแรกในรอบ 30 ปี มีหิมะปกคลุมหนาประมาณ 7.5 ฟุต จากสภาพอากาศเย็นรุนแรง ทำให้การยกเลิกเที่ยวบินของสหรัฐอเมริกา และพืชผลทางการเกษตรเสียหาย

ปัญหาวิกฤตการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาใต้

1. ปัญหาทรัพยากรดิน ดินในทวีปอเมริกาใต้ร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งทวีปมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่วนที่เหลือจะเป็นดินที่อยู่ในพื้นที่สูงชัน มีการพังทลายของหน้าดินสูง และดินในเขตทุ่งหญ้าซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก นอกจากนี้พื้นที่ที่เคยเพาะปลูกพืชชนิดเดียวกันมาเป็นเวลานาน ทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรม ขาดธาตุอาหารในดิน และผลจากการใช้สารเคมี เช่น ปัญหาดินเสื่อมโทรม ปัญหาทะเลทรายขยายตัวในประเทศอาร์เจนตินา

2. ปัญหาทรัพยากรน้ำ ทวีปอเมริกาใต้มีแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่เป็นแม่น้ำสายใหญ่และแควสาขา แต่เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น จึงทำให้ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ กลายเป็นปัญหาภัยแล้งตามมา เช่น แม่น้ำแอมะซอนในประเทศบราซิล เกิดความแห้งแล้งจนเกิดเกาะแก่งกลางน้ำมากมาย

3. ปัญหามลพิษทางอากาศ

3.1 ปัญหาคลื่นความร้อน (Heat Wave) จากปรากฏการณ์เอลนีโญในทวีปอเมริกาใต้ เช่น เมืองรีโอเดอจาเนโร ประเทศบราซิล ประสบปัญหาคลื่นความร้อนร้ายแรงที่สุดในรอบ 50 ปี คือมีอุณหภูมิสูงถึง 46.3 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าในทะเลทรายสะฮารา และสูงเป็นลำดับที่ 2 ของโลกรองจากเมืองอาดา ประเทศกานา โดยคลื่นความร้อนได้ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก

3.2 ปัญหาคลื่นความเย็น (Cold Wave) คลื่นความเย็น คือ สภาวะอากาศที่อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว ภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งมีปัญหาคลื่นความเย็นในทวีปอเมริกาใต้ เช่น ทะเลทรายอาตากามา ประเทศชิลี ประสบปัญหาคลื่นความเย็น ส่งผลให้เกิดหิมะตกหนักในรอบ 20 ปี และเกิดฝนตกหนักในรอบ 60 ปี ซึ่งทะเลทรายอาตากามาได้ชื่อว่าเป็นพื้นที่ที่แห้งแล้งที่สุดในโลก แต่กลับเกิดอุทกภัยประกอบกับมวลอากาศเย็นจัด ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

Neal Fann (2016, p. 70) ได้กล่าวถึง มลพิษที่เกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และวิธีการกำกับดูแลเพื่อกำหนดการลดระดับมลพิษโอโซนในอนาคตที่ทำได้ยากขึ้นเนื่องจากสภาพทางอุตุนิยมวิทยาเอื้อต่อการก่อตัวของโอโซนมากขึ้น นอกจากนี้จะลด การปล่อยก๊าซเพิ่มเติมของสารตั้งต้นของโอโซน การเพิ่มขึ้นของสภาพภูมิอากาศในโอโซนจะทำให้เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรจากอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ

Chris Dolce and Jonathan Erdman (2020) ได้อธิบายถึงมลพิษทางอากาศ เป็นฝุ่นจากทะเลทรายซาฮาราทวีปแอฟริการู้จักกันในชื่อของ Saharan Air Layer (SAL) จำนวนมหาศาลที่แพร่กระจายสู่สหรัฐอเมริกา ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้คน แต่เป็นปุ๋ยชั้นดีให้ป่า-เติมเต็มหาดทราย โดยฝุ่นจากทะเลทรายซาฮาราเคลื่อนตัวเข้าสู่สหรัฐอเมริกาหลังจากที่เดินทางมากกว่า 5,000 ไมล์ จากแอฟริกาตะวันตก ทะเลแคริบเบียน และอ่าวของเม็กซิโก โดยจะเกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน และต้นฤดูใบไม้ร่วง ซึ่งฝุ่นทรายเหล่านี้จะลอยอยู่ใน layer จากพื้นโลกประมาณ 1,500 - 6,000 เมตร จากการพยากรณ์ของ NASA เชื่อว่าฝุ่นทรายดังกล่าวจะยังคงส่งผลกระทบต่อในทางตอนใต้ของสหรัฐต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงวันจันทร์ และฝุ่นบางส่วนอาจกระจายไปทางภาคตะวันตก และภาคเหนือของสหรัฐได้ โดยการแพร่กระจายของฝุ่นจะเกิดขึ้นตลอดช่วงสุดสัปดาห์นี้ ในสหรัฐซึ่งอาจส่งผลให้ท้องฟ้ามีมัว คุณภาพอากาศที่ย่ำแย่ซึ่งเกิดจากฝุ่นสามารถส่งผลกระทบต่อโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด และปอดอุดกั้นเรื้อรังได้ ที่สำคัญมันอาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยโควิด 19 แต่ข้อดีของฝุ่นทราย คือ ปุ๋ยชั้นดีให้แก่กลุ่มป่าแอมะซอน และช่วยเติมเต็มชายหาดในทะเลแคริบเบียน

Artem Cheprasov (2021) ได้กล่าวถึง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาร้ายแรงทั่วทวีปอเมริกาเหนือ ได้แก่มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และมลพิษทางดิน

ในประเทศแคนาดาได้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ โดยมีสาเหตุการเกิดจากการปล่อยน้ำเสีย โรงงานอุตสาหกรรม ของเสียจากเขตเทศบาลที่มาจากโรงบำบัดน้ำเสียได้ทำการทิ้งน้ำเสียและสิ่งปฏิกูลที่ไม่ผ่านการบำบัดกว่า 150 พันล้านลิตรทุกปี นอกจากนี้ในประเทศแคนาดายังมีแหล่งน้ำปนเปื้อนมากมายที่ได้รับผลจากฝนกรด การกัดเซาะชายฝั่ง การตกตะกอนตามธรรมชาติ ตัวอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อแหล่งน้ำของแคนาดาคือโรงงานถลุงแร่ในรัฐออนตาริโอที่ถูกกล่าวหาว่าทิ้งสารพิษลงในแหล่งน้ำในท้องถิ่นตั้งแต่ปี 2506 โดยที่โรงงานดังกล่าวอยู่ระหว่างการตรวจสอบกระบวนการกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ได้มาตรฐาน ซึ่งทางประเทศแคนาดาพยายามแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ โดยการพัฒนากฎระเบียบกำหนดมาตรฐานการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม การตรวจสอบคุณภาพน้ำเพื่อดูว่ามีสารปนเปื้อนอะไรอยู่บ้างและสามารถแก้ไขปัญหาได้ที่ไหน แคนาดายังพยายามป้องกันมลพิษโดยการควบคุมว่าสารใดที่สามารถใช้ในอุตสาหกรรมได้บ้าง และออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม



มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือ ไม่เพียงแค่ว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น แต่สาเหตุการเกิดมลพิษทางอากาศส่วนใหญ่อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยสาเหตุที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติจะเกิดจากไฟป่า ในส่วนการกระทำของมนุษย์ได้แก่ รถยนต์ เครื่องบิน โรงงานอุตสาหกรรม และโรงไฟฟ้า ซึ่งผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ จะสามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ จนก่อให้เกิดโรคมะเร็งปอด จากเหตุการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้นทางตะวันตกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกาในช่วงฤดูร้อนปี 2559 ให้ระดับมลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้ภาครัฐสั่งให้ผู้คนอยู่ในบ้านเพื่อไม่ให้เกิดภาวะผิดปกติระบบทางเดินหายใจอันเป็นผลมาจากหมอกควัน นอกจากนี้ ในเมืองลอสแอนเจลิสซึ่งมีมลพิษทางอากาศสูงที่สุดในประเทศ มีสาเหตุมาจากเมืองมีการจราจรที่คับคั่ง มีรถยนต์จำนวนมากบนท้องถนน ก่อให้เกิดก๊าซพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบอยู่ตลอดเวลา ซึ่งทางประเทศสหรัฐอเมริกาได้ดำเนินการแก้ไขปัญหามลพิษดังกล่าว โดยการลดปริมาณสารเคมีที่เป็นพิษในน้ำมันเบนซินเพื่อให้รถยนต์ขับสารพิษออกสู่อากาศน้อยลง ส่งเสริมการพัฒนาแหล่งพลังงานทางเลือกที่สะอาดกว่าเช่นลมและแสงอาทิตย์เพื่อลดปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดจากสถานที่ต่าง ๆ เช่น โรงไฟฟ้า

มลพิษทางดินที่เกิดขึ้นในประเทศเม็กซิโก เกิดจากการทำเหมืองแร่ ก่อให้เกิดสารเคมีที่มีพิษทุกชนิดและสารธรรมชาติที่เป็นพิษเช่นตะกั่วสารหนูโครเมียมและอื่น ๆ อีกมากมายได้แทรกซึมเข้าไปสู่ดินในพื้นที่โดยรอบ

สรุปได้ว่า มลพิษที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ ได้แก่ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย และมลพิษทางดิน



## กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (Crystal-based)

### ความหมายของกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

อลิศรา ชูชาติ และคณะ (2549, p. 54) อธิบายความหมายกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกไว้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึก คือ การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจใคร่รู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย โดยนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจของผู้ที่ศึกษาผ่านงานเขียนเชิงวิชาการ งานเขียนดังกล่าวจะถูกนำมาอภิปรายร่วมกับเพื่อนและครูผู้สอน เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าข้อความรู้ที่ได้มานั้นถูกต้องและชัดเจนเพียงใด กระบวนการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการเรียนรู้ การค้นคว้า การคิดวิเคราะห์ การนำข้อความรู้มาเรียบเรียงเป็นงานเขียนเชิงวิชาการการนำเสนอ การอภิปรายและการแก้ไขจนเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในสิ่งที่ตนศึกษาก่อให้เกิดการตกผลึกทางความคิด

อุไรรัตน์ สำเร็จวงศ์ (2549, p. 57) กล่าวว่า การสอนโดยวิธีสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาคือ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจใคร่รู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย โดยนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจของผู้ที่ศึกษาผ่านงานเขียนเชิงวิชาการงานเขียนดังกล่าวถูกนำมาอภิปรายร่วมกับเพื่อนและครูผู้สอนเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้นั้นมีความถูกต้องและชัดเจนเพียงใด

อมรรัตน์ วัฒนาร (2551, p. 6) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้วิธีการสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้มีการสร้างผลงานอันเกิดจากการตกผลึกทางความคิดหรือทางปัญญา การจัดการเรียนรู้แบบนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์ความรู้ด้วยความคิดของตัวผู้เรียนด้วยการรวบรวม ทำความเข้าใจ สรุป วิเคราะห์ และสังเคราะห์จากการศึกษาของตนเอง

ไพฑูรย์ สีนลรัตน์ และคณะ (2551, p. 35) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองเป็นการเรียนรู้ที่ผู้สอนต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องในสิ่งที่เรียน

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (2554, p. 35) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบตกผลึกทางปัญญา เป็นแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ และพัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเอง หรือรวมทั้งมีการฝึกและปฏิบัติในสภาพจริงของการทำงาน มีการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับสังคมและการประยุกต์ มีการจัดกิจกรรมและกระบวนการเรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินและสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ รวมทั้งต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2557, pp. 117-118) กล่าวว่า การตกผลึกทางปัญญา (Crystallization) เป็นความสามารถของผู้เรียนที่จะประเมินค่างานวิชาการหรือองค์ความรู้ที่ได้ศึกษาหรือสร้างขึ้น มาใหม่ แล้วนำมาทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้งครบถ้วน รอบด้าน รู้ถึงเหตุผลเบื้องหลังทั้งในทางการเมือง นานาชาติ หรือเศรษฐกิจ จนประจักษ์อย่างชัดเจนในความรู้สึกนั้น พร้อมบูรณาการเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างสมบูรณ์เพื่อเป็นฐานแนวคิดใหม่ได้ การเรียนการสอนแบบตกผลึกทางปัญญา (Crystal-Based Instruction) จึงเป็นกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เด็กตกผลึกทางปัญญาในเนื้อหาหรือวิชาที่เรียน

สุรัสวดี นราพงศ์เกษม (2557, p. 25) กล่าวว่า การสอนโดยวิธีตกผลึกทางปัญญาเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมข้อมูล การทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินและนำเสนอความรู้ในรูปแบบของงานเขียน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญา เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ และพัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมนำเอาข้อมูลมาทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจของตนเอง

## แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

การจัดการเรียนการสอนแบบตกผลึก เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีพื้นฐานมาจากแนวคิดด้านการเรียนการสอนจำนวน 4 รูปแบบ คือ 1. การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง (Self – Regulated Learning) 2. การเรียนรู้แบบนำตนเอง (Self – Direct Learning) 3. การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) 4. การเรียนรู้แบบร่วมกัน (Collaborative Learning)

### 1.การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง (Self – Regulated Learning)

นอร์ตัน ฮอร์สตี (2544, p. 31) กล่าวว่า การพัฒนาการกำกับตนเองของนักเรียน ครูต้องช่วยให้นักเรียนใช้ความยืดหยุ่นในกระบวนการทางปัญญา โดยนักเรียนจะต้องรู้ความสามารถของตนเองให้ถูกต้องเพื่อจะตั้งเป้าหมายที่เหมาะสม จากนั้นนักเรียนต้องเลือกกลวิธีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งครูต้องเข้ามาบิบทบาทในการให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียน สุดท้ายนักเรียนจะต้องบันทึกและจดจำการกระทำของตนเอง ในระหว่างขั้นตอนการบันทึกนี้ นักเรียนจะมีการเปรียบเทียบความก้าวหน้ากับเป้าหมาย ซึ่งเป็นกระบวนการภายในและขึ้นอยู่กับความพยายามของตัวนักเรียน

จันท์เพ็ญ เชื้อพานิช (2549, p. 80) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ผู้เรียนมีบทบาทเชิงรุกทั้งทางการคิด การพัฒนาแรงจูงใจในการเรียนและการดำเนินการเรียนรู้ การเรียนการสอนตามแนวคิดนี้มี 3 ระยะเวลา คือ 1) ผู้เรียนวางแผน วิเคราะห์งาน กำหนดเป้าหมายและกลวิธีการเรียน 2) ควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนเองและคิดตามความก้าวหน้าในการทำงานของตน และ 3) ประเมินผลการเรียนรู้ตลอดทุกระยะต้องมีการคิดไตร่ตรองเชื่อมโยงผลการเรียนรู้กับเป้าหมายที่กำหนดไว้

สิรินทร์ ลัดดาภิรมย์ บุญเชิดชู (2559, p. 15) กล่าวว่าโดยสรุปว่า องค์ประกอบและกระบวนการกำกับตนเอง มีการกำหนดไว้ 4 ประการ คือ การตั้งเป้าหมาย การสังเกตตนเอง การตัดสินตนเองและการแสดงปฏิกิริยาต่อตนเอง ส่วนกระบวนการกำกับตนเอง ประกอบด้วย กระบวนการสังเกตตนเอง กระบวนการตัดสินตนเองและการแสดงปฏิกิริยาต่อตนเอง โดยการจัดตั้งเป้าหมายอยู่ในกระบวนการสังเกตตนเอง กระบวนการกำกับตนเองเริ่มต้นจากการที่บุคคลต้องรู้ว่าตนเองกำลังทำอะไรอยู่ และใช้ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการสังเกตตนเองมาเป็นข้อมูลในการตั้งเป้าหมาย ติดตาม ตรวจสอบและประเมินการกระทำพฤติกรรมของตน จากนั้นจะเป็นกระบวนการตัดสินตนเอง โดยนำข้อมูลที่ได้อามาเปรียบเทียบกับเป้าหมายหรือมาตรฐานที่ตั้งไว้พฤติกรรมจะประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่นำมาประเมิน โดยเปรียบเทียบพฤติกรรมกับกลุ่มอ้างอิงทางสังคม คุณค่าของกิจกรรมและการอนุমানพฤติกรรม จากนั้นนำมาสู่การแสดงปฏิกิริยาต่อตนเองที่ตอบสนองต่อผลการประเมินพฤติกรรมของตนเองทั้งทางบวกและทางลบ ซึ่งกระบวนการกำกับตนเองเป็นกลไกที่ทำให้บุคคลคงระดับการแสดงออกและการแสดงพฤติกรรมที่เป็นมาตรฐาน

Pintrich (1995 อ้างถึงใน ศิธรา จุฑารัตน์, 2549, p. 36), 2549 กล่าวถึงลักษณะ การเรียนแบบกำกับตนเองใน 3 ด้าน คือ ด้านพฤติกรรม ด้านแรงจูงใจและอารมณ์ และด้านความรู้ ความเข้าใจ โดยนักเรียนที่มีการเรียนแบบกำกับตนเอง มักจะเริ่มต้นด้วยตนเองและทำงานได้ต่อเนื่อง เป็นพิเศษ และมักจะมีปฏิภริยาโต้ตอบกับประสิทธิภาพและผลสรุปของงาน

กล่าวสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของ การเรียนการสอน ผู้เรียนมีบทบาทเชิงรุกทั้งทางด้านการคิด ซึ่งครูมีบทบาทช่วยให้นักเรียน ใช้ความยืดหยุ่นในกระบวนการทางปัญญา และนักเรียนจะต้องบันทึกและจดจำการกระทำของตนเอง ในระหว่างขั้นตอนการบันทึกนี้ นักเรียนจะมีการเปรียบเทียบความก้าวหน้ากับเป้าหมายหรือ มาตรฐานที่ตั้งไว้

## 2. การเรียนรู้แบบนำตนเอง (Self - Direct Learning)

วรนุช ธรรมมงคลเดช (2553, p. 46) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนแบบนำตนเอง เป็นกระบวนการศึกษาของผู้เรียน โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความต้องการในการเรียน การกำหนด จุดมุ่งหมายในการเรียน การวางแผนการเรียน การแสวงหาแหล่งวิทยาการและการประเมินผล ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยที่ครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกต้องมีบทบาทในการร่วมปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิด เป็นแหล่งความรู้ตามที่ต้องการ มีความสัมพันธ์อันดีกับผู้เรียน มีส่วนร่วม ในการถ่ายโอนบทบาทการเรียนการสอนและสนับสนุนให้ผู้เรียนคิดอย่างมีระบบและแจ่มแจ้ง

อรอนงค์ สุดสวาด (2559, p. 34) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยการนำตนเองอยู่บนพื้นฐาน ของแนวคิดดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนแต่ละคนสามารถเสริมสร้างศักยภาพของตนเองให้รับผิดชอบต่อการตัดสินใจ เกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง
2. การเรียนรู้โดยการนำตนเอง เป็นการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและเป็นคุณลักษณะ ที่จะยังคงอยู่ในตัวผู้เรียนทุกคนและทุกสถานการณ์
3. การเรียนรู้โดยการนำตนเองไม่ใช่การเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องแยกตนเองออกจากกลุ่ม
4. ผู้เรียนที่เรียนโดยการนำตนเองจะสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ทั้งด้านที่เป็นความรู้และ ทักษะไปสู่สถานการณ์การเรียนรู้อื่นๆ ได้
5. การเรียนโดยการนำตนเองสามารถบูรณาการกับกิจกรรม แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เข้ามาสู่การเรียนรู้ของผู้เรียนได้
6. บทบาทสำคัญของครูที่มีต่อการเรียนรู้โดยการนำตนเองของนักเรียนคือ การเป็นที่ปรึกษาการประเมินผลการเรียนรู้และการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

7. สถานศึกษาบางแห่งจัดโปรแกรมการเรียนรู้โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในสิ่งที่ตนเองสนใจ (Open Learning program) การเรียนรู้แบบเอกัตบุคคลกรณีวัตกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ

กล่าวสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบนำตนเอง เป็นกระบวนการศึกษาของผู้เรียนที่ต้องวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนของตนเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างศักยภาพให้ตัวผู้เรียน รับผิดชอบต่อการตัดสินใจของตน ซึ่งครูผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้ให้คำปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิด ถ่ายโอนความรู้และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการคิด

### 3. การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)

วีณา ประชากุล and ประสาท เนื่องเฉลิม (2553, pp. 205-206) ได้เสนอแนวคิดว่า หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากกว่า การแข่งขันกัน การแข่งขันก่อให้เกิดสภาพการณ์แพ้ – ชนะ ต่างจากการร่วมมือกันซึ่งก่อให้เกิดสภาพการณ์ชนะ – ชนะ อันเป็นสภาพการณ์ที่ดีกว่าทั้งทางด้านจิตใจและสติปัญญา หลักการเรียนรู้แบบร่วมมือ 5 ประการมีดังต่อไปนี้

1. การเรียนรู้ต้องอาศัยหลักพึ่งพา โดยถือว่าทุกคนมีความสำคัญเท่าเทียมกันและจะต้องพึ่งพากันเพื่อความสำเร็จร่วมกัน
2. การเรียนรู้ที่ดีต้องอาศัยการหันหน้าเข้าหากัน มีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ข้อมูลและการเรียนรู้ต่างๆ
3. การเรียนรู้ร่วมกันต้องอาศัยทักษะทางสังคม โดยเฉพาะทักษะในการทำงานร่วมกัน
4. การเรียนรู้ร่วมกันควรมีการวิเคราะห์กระบวนการกลุ่มที่ใช้ในการทำงาน
5. การเรียนรู้ร่วมกันจะต้องมีผลงานหรือมีผลสัมฤทธิ์ทั้งรายบุคคลและรายกลุ่มที่สามารถตรวจสอบและวัดประเมินได้ หากผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้แบบร่วมมือกัน นอกจากจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางด้านเนื้อหาสาระต่างๆ ได้กว้างขึ้นและลึกซึ้งขึ้นแล้ว ยังสามารถช่วยพัฒนาผู้เรียนทางด้านสังคมและอารมณ์มากขึ้นด้วย รวมทั้งมีโอกาสได้ฝึกฝนพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอีกมาก

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553: 124) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนมีความรู้ความสามารถต่างกัน ได้ร่วมมือกันทำงานกลุ่มด้วยความตั้งใจและเต็มใจรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ในกลุ่มของตน ทำให้งานของกลุ่มดำเนินไปสู่เป้าหมายของงานได้

สรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือ เน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากกว่า การแข่งขันทุกคนมีความสามารถที่ต่างกัน ต้องพึ่งพาซึ่งกันและกัน เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทำงาน เพื่อให้งานของกลุ่มดำเนินไปสู่เป้าหมายของงานได้



#### 4. การเรียนรู้แบบร่วมกัน (Collaborative Learning)

จันทรเพ็ญ เชื้อพานิช (2549, pp. 85-88) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่เกิดจากผู้เรียนร่วมมือ ร่วมใจกันศึกษาค้นคว้าและปฏิบัติงาน เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายอย่างเต็มความสามารถ เน้นการเรียนรู้ ร่วมกันโดยมีการยอมรับในบทบาทหน้าที่ของกันและกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และแลกเปลี่ยน ความรู้และความคิดเห็นกัน วิธีการเรียนรู้ร่วมกันนี้ผู้เรียนร่วมกันนี้ ผู้เรียนร่วมกันเรียนตั้งแต่ ชั้นเล็กประเศต้นปัญหา วางแผนดำเนินงาน รวมทั้งการวัดและประเมินผลงาน

Johnson and Johnson (1986, pp. 31-32) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบร่วมกันเป็น การเรียนรู้ที่มีกิจกรรมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่มเล็ก ไม่ใช่การเพิ่มความน่าสนใจของผู้มีส่วน ร่วม แต่จะสนับสนุนในเรื่องของการคิดวิเคราะห์ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนด้วยกันทำให้ เป็นโอกาสที่จะปลูกฝังให้เกิดการอภิปรายร่วมกัน และมีความรับผิดชอบกับการเรียนรู้ของตนเอง

Matthews (1996, pp. 101-102) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบร่วมกัน เป็นการเรียนรู้ที่ เกิดขึ้นในขณะที่ผู้เรียนและคณะได้ทำงานร่วมกัน เพื่อสร้างความรู้ร่วมกัน อีกทั้งเป็นศาสตร์การสอนที่ มีศูนย์กลางอยู่ที่การสร้างความรู้ร่วมกัน และเป็นกระบวนการที่อุดมไปด้วยความรู้และการขยาย ความมากขึ้น

สรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมกัน เป็นการเรียนรู้ที่สนับสนุนในเรื่องของการคิดวิเคราะห์ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน โดยที่ผู้เรียนร่วมกันทำกิจกรรม มีการยอมรับในบทบาท หน้าที่ของกันและกันเพื่อสร้างความรู้ร่วมกัน

การเรียนการสอนโดยการตกลึกทางปัญญา เป็นกระบวนการเรียนการสอนที่เป็น การเรียนรู้แบบกำกับตนเองเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำตนเอง โดยการสรรค์สร้างความรู้ ความคิดด้วยตนเอง ผ่านการรวบรวม ทำความเข้าใจ สรุป วิเคราะห์ และ สังเคราะห์จากการศึกษา โดยมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมมือปะทะทำกิจกรรมร่วมกัน จนสกัดออกมา เป็นข้อความรู้จนประจักษ์อย่างชัดเจน



### ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

อลิศรา ชูชาติ และคณะ (2549, p. 54) ได้อธิบายขั้นตอนกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 วางแผนและเรียนรู้การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง (Plan and Learn: Self-Regulated Learning/Self-Directed Learning)

วางแผน (Plan) ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้โดยกำหนดประเด็นหลักของการเรียนในแต่ละหน่วยตามความสนใจภายใต้คำแนะนำของผู้สอน

เลือก (Choose) ผู้เรียนเลือกหัวข้อย่อยที่ตนสนใจเป็นพิเศษและวางโครงร่างของหัวข้อย่อยให้ชัดเจน พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาเพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

ค้นคว้า (Search) ผู้เรียนค้นคว้าข้อมูลในหัวข้อย่อยที่เลือก โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้านแหล่งการเรียนรู้ และแนวทางการสืบค้นข้อมูล

เขียน (Write) ผู้เรียนเขียนงานจากการศึกษาค้นคว้าเชิงวิเคราะห์ในรูปแบบงานเขียนเชิงวิชาการ

#### ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย: การเรียนรู้แบบร่วมมือและการเรียนรู้ร่วมกัน (Present and Discuss: Cooperative Learning/Collaborative Learning)

นำเสนอ (Present) ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่ตนไปศึกษาค้นคว้าในรูปการเขียนเชิงวิชาการและการบรรยาย

อภิปราย (Discuss) ผู้เรียนร่วมอภิปรายถึงสิ่งที่นำเสนอกับเพื่อนร่วมชั้นโดยผู้เรียนรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขงานเขียนเชิงวิชาการครั้งต่อไป

#### ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้: การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง (Gather and Revise: Self-Regulated Learning/Self Directed Learning)

ประมวล (Gather) ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลจากการอภิปรายในชั้นเรียนพร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสร้างความสมบูรณ์ของงานเขียนเชิงวิชาการ

ปรับแก้ (Revise) ผู้เรียนพัฒนางานเขียนเชิงวิชาการตามข้อมูลที่ได้รวบรวม ประมวล และค้นคว้าเพื่อสร้างสรรค์รูปแบบงานเขียนที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ฉบับที่ 2)

#### ขั้นที่ 4 ตกผลึก: การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง (Crystalize: Self-Regulated Learning/Self-Directe Learning)

นำเสนอ (Present) ผู้เรียนนำเสนองานเขียนเชิงวิชาการที่ผ่านการปรับแก้แล้วต่อชั้นเรียนเพื่ออภิปรายร่วมกัน

ประเมิน (Assess) ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองตามโครงร่างที่กำหนดไว้

สรุป (Conclude) ผู้เรียนสรุปผลการทำงาน เป็นงานเขียนเชิงวิชาการฉบับสมบูรณ์ กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกนี้เหมาะสำหรับการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาสาระและข้อเท็จจริงขององค์ความรู้ต่าง ๆ ในกรณีที่ผู้เรียนมีระดับการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ครูสามารถแนะผู้เรียนให้นำเสนอและอภิปรายงานเขียนของตนกับครูและเพื่อนร่วมชั้น (ขั้นที่ 2) รวมถึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำข้อความรู้ที่ได้จากการอภิปรายมาใช้เพื่อปรับแก้ในงานเขียน (ขั้นที่ 3) ให้เกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นโดยกระบวนการในขั้นที่ 2 และ 3 นี้สามารถจัดกระทำซ้ำจนกว่าจะได้ผลผลิตที่เป็นไปตามโครงร่างที่ผู้เรียนได้กำหนดไว้ สำหรับกรณีที่ผู้เรียนเป็นจำนวนมาก การนำเสนอผลงานในขั้นที่ 4 อาจมีการปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม เช่น การให้ผู้เรียนนำเสนองานเขียนเชิงวิชาการต่อผู้สอนแทนเพื่อนร่วมชั้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันมิให้เกิดปัญหาเรื่องการสอนเป็นเวลา

บทบาทและหน้าที่ของครูผู้สอนในรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึก คือ เป็นผู้คอยให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนในการวางแผนการเรียนรู้ เสนอแนะหรือจัดเตรียมแหล่งข้อมูลที่เอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสอนทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ เช่น วิธีการเขียนรายงานเชิงวิชาการ การนำเสนอผลงาน และการนำอภิปรายในชั้นเรียน เป็นต้น

อุไรรัตน์ สำเร็จวงศ์ (2549, p. 54) ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นที่ 1 วางแผนและเรียนรู้:** การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง

1.1 วางแผน (Plan): ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้โดยกำหนดประเด็นหลักของการเรียนในแต่ละหน่วย ตามความสนใจภายใต้คำแนะนำของผู้สอน

1.2 เลือก (Choose): ผู้เรียนเลือกหัวข้อย่อยที่ตนสนใจเป็นพิเศษ และวางโครงร่างหัวข้อย่อยให้ชัดเจน พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาเพื่อศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเอง

1.3 ค้นคว้า (Search): ผู้เรียนค้นคว้าข้อมูลในหัวข้อย่อยที่เลือก โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้านแหล่งการเรียนรู้และสืบค้นข้อมูล

1.4 เขียน (Write): ผู้เรียนเขียนงานจากการศึกษาค้นคว้าเชิงวิเคราะห์ในรูปแบบงานเขียนเชิงวิชาการ (ถือเป็นงานฉบับที่ 1)

**ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย:** การเรียนรู้แบบร่วมมือและการเรียนรู้ร่วมกัน

2.1 นำเสนอ (Present): ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่ตนไปศึกษาค้นคว้าในรูปการเขียนเชิงวิชาการและการบรรยาย

2.2 อภิปราย (Discuss): ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงสิ่งที่นำเสนอกับเพื่อนร่วมชั้น โดยผู้เรียนรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขงานเขียนเชิงวิชาการครั้งต่อไป

### ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้: การเรียนแบบกำกับตนเองและการเรียนแบบนำตนเอง

3.1 ประมวล (Gather): ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลจากการอภิปรายในชั้นเรียน พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสร้างความสมบูรณ์ของงานเขียนเชิงวิชาการ

3.2 ปรับแก้ (Revise): ผู้เรียนพัฒนางานเขียนเชิงวิชาการตามข้อมูลที่ได้รวบรวมประมวล และค้นคว้าเพื่อสร้างสรรค์รูปแบบงานเขียนที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ถือเป็นงานฉบับที่ 2)

### ขั้นที่ 4 ทบทวน: การเรียนแบบกำกับตนเอง และการเรียนแบบนำตนเอง

4.1 นำเสนอ (Present): ผู้เรียนนำเสนองานเขียนเชิงวิชาการที่ผ่านการปรับแก้แล้วต่อชั้นเรียนเพื่ออภิปรายร่วมกัน

4.2 ประเมิน (Assess): ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองตามโครงร่างที่กำหนดไว้

4.3 สรุป (Conclude): ผู้เรียนสรุปผลการทำงานเป็นงานเขียนเชิงวิชาการฉบับสมบูรณ์

ศิธา จุฑารัตน์ (2549, pp. 46-47), วรรณุช ธรรมมงคลเดช (2553, pp. 53-54) และ สุรัสวดี นราพงศ์เกษม (2557, pp. 32-33) กล่าวในแนวทางเดียวกันว่า การเรียนการสอนแบบตกลูกทางปัญญาไว้สอดคล้องกันว่า การจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

### ขั้นที่ 1 วางแผนและเรียนรู้ โดยการเรียนแบบกำกับตนเองและการนำตนเองมีองค์ประกอบดังนี้

1. วางแผน (Plan) ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้โดยกำหนดประเด็นหลักของการเรียนในแต่ละหน่วยตามความสนใจภายใต้คำแนะนำของผู้สอน

2. เลือก (Choose) ผู้เรียนเลือกหัวข้อย่อยที่ตนสนใจเป็นพิเศษ และวางโครงร่างของหัวข้อย่อยให้ชัดเจน พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาเพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

3. ค้นคว้า (Search) ผู้เรียนค้นคว้าข้อมูลในหัวข้อย่อยที่เลือก โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้านแหล่งการเรียนรู้และแนวทางการสืบค้นข้อมูล

4. เขียน (Write) ผู้เรียนเขียนรายงานจากการศึกษาค้นคว้าเชิงวิเคราะห์ในรูปแบบงานเขียนเชิงวิชาการ

ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือและการเรียนรู้แบบร่วมกันมีองค์ประกอบดังนี้

1. นำเสนอ (Present) ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่ตนไปศึกษาค้นคว้า ในรูปแบบการเขียนเชิงวิชาการและการบรรยาย จากนั้นเปิดโอกาสให้ชั้นเรียนอภิปรายร่วมกัน

2. อภิปราย (Discuss) ผู้เรียนรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์จากชั้นเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขงานเขียนเชิงวิชาการครั้งต่อไป

**ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้** โดยการเรียนแบบกำกับตัวเองและการเรียนแบบนำตนเอง มีองค์ประกอบดังนี้

1. ประมวล (Gather) ผู้เขียนรวบรวมข้อมูลจากการอภิปรายในชั้นเรียน พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อสร้างความสมบูรณ์ของงานเขียนเชิงวิชาการ
2. ปรับแก้ (Revise) ผู้เรียนพัฒนางานเขียนเชิงวิชาการตามข้อมูลที่ได้รวบรวมประมวลและค้นคว้า เพื่อสร้างสรรค์รูปแบบงานเขียนที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

**ขั้นที่ 4 ทดผลึก** โดยการเรียนแบบกำกับตนเองและการนำตนเอง มีองค์ประกอบดังนี้

1. นำเสนอ (Present) ผู้เรียนนำเสนองานเขียนเชิงวิชาการที่ผ่านการปรับแก้แล้วต่อชั้นเรียนเพื่ออภิปรายร่วมกัน
  2. ประเมิน (Assess) ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองตามโครงร่างที่กำหนดไว้
  3. สรุป (Conclude) ผู้เรียนสรุปผลการทำงาน เป็นงานเขียนเชิงวิชาการฉบับสมบูรณ์
- ในกรณีที่ผู้เรียนมีระดับการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ครูผู้สอนสามารถนำขั้นที่ 2 และ 3 มาจัดกระทำซ้ำจนกว่าจะได้ผลตามโครงร่างที่กำหนดไว้ และในกรณีที่ผู้เรียนมาก การนำเสนอผลงานในขั้นที่ 4 อาจเป็นการนำเสนองานเขียนเชิงวิชาการต่อครูผู้สอน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเรื่องเวลาในการจัดการเรียนการสอน

ไพฑูริย์ สีนลาร์ตัน (2557, pp. 119-120) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญา มีแนวคิดหลัก ดังนี้

**ขั้นที่ 1 การพัฒนางาน** หลังจากบอกจุดมุ่งหมาย จึงมีการทำความเข้าใจเนื้อหาและประเด็นหลักๆ ของรายวิชา ว่าครอบคลุมประเด็นสำคัญอะไรบ้าง แล้วจัดแบ่งประเด็นออกเป็นประเด็นหลักประมาณ 4-5 ประเด็น ประเด็นหนึ่งอาจจะมี 3-5 คนศึกษา ถ้าจะให้ศึกษาเป็นรายบุคคลก็อาจเพิ่มประเด็นได้ โดย 4-5 ประเด็น ได้เลือกแล้วให้ผู้เรียนไปศึกษา วิเคราะห์เอกสารแนวคิดตามประเด็นต่างๆ เหล่านั้นให้กว้างขวางที่สุดเท่าที่จะกว้างได้ โดยศึกษาจากงานวิจัยต่าง ๆ ประกอบด้วยก็ได้ เมื่อได้ประเด็น ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ในแง่มุมต่างๆ ร่วมกับเพื่อน เป็นกระบวนการวิเคราะห์เนื้อหาอย่างเข้มข้น (Criticizing The Knowledge) เสร็จแล้วให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดในประเด็นต่างๆ นั้น แยกเป็นทีละประเด็น แล้วให้เขียนประเด็นต่างๆ เหล่านั้นออกมาเป็นผลงานในรูปแบบที่เป็นงานเขียนตามแนวคิดของตนเองที่ได้ผ่านการกลั่นกรอง วิเคราะห์เจาะลึกจนตกผลึกทางความคิดของตนเองในขั้นแรก

**ขั้นที่ 2 การทดสอบ** เมื่อเขียนงานเสร็จแล้วและแน่ใจว่าเป็นความคิดตกผลึกของผู้เรียนแล้ว ผู้เรียนแต่ละคนนำเสนอในกลุ่มเพื่อให้เพื่อนผู้เรียนในกลุ่มได้ช่วยกันวิเคราะห์ วิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง และดำเนินการในลักษณะนี้ไปแต่ละคน คนละประเด็นจนครบ 4-5 ประเด็นที่วางไว้แต่ต้น เมื่อจบแต่ละประเด็นของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนควรจะต้องประเมินเชิงให้ค่า(Value) และชี้แนะในเชิงเนื้อหาและกระบวนการเขียนของแต่ละคนให้ชัดเจน ให้เห็นถึงจุดอ่อน จุดแข็งแต่ละคนเพื่อการเรียนรู้และการปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อ ๆ ไป ซึ่งการเขียนประเด็นต่างๆ เหล่านี้อาจจะเป็นประเด็นใหญ่หรือเล็กก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสมและการตกลงกันของผู้เรียน ผู้สอน และควรจะต้องให้ครอบคลุมประเด็นที่เป็นเนื้อหาของรายวิชานั้น ๆ อย่างครบถ้วน

**ขั้นที่ 3 การปรับแก้** เมื่อวิเคราะห์ วิเคราะห์ชัดเจนแล้ว ผู้เรียนจะต้องนำงานเขียนชิ้นนั้นไปปรับแก้ด้วยการทบทวนทำความเข้าใจจนชัดเจนให้มีความเข้มข้น มีความคมคายมากยิ่งขึ้น เชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ ให้ชัดเจนขึ้น เมื่อสะท้อนปรับแก้แล้ว ก็จะต้องนำผลงานมานำเสนอในชั้นเรียนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้เพื่อนและผู้สอนสะท้อนชัดเจน มีความเข้มข้นและความจริงจังอีกครั้งหนึ่ง โดยประเด็นวิจารณ์จะต้องแสดงเหตุผลความรู้ ข้อมูลเบื้องหลังของเรื่องนั้นอย่างชัดเจน มองเห็นแนวทางของการประยุกต์ใช้

**ขั้นที่ 4 การตกผลึก** เมื่อปรับแก้งานที่ตกผลึกของตนเองแล้ว ถ้ายังไม่แน่ใจอาจนำไปสู่การวิเคราะห์วิจารณ์ในชั้นเรียนได้อีก

**ขั้นที่ 5 ความสละสลวย** ควรให้มีการปรับแก้อีกครั้งหนึ่ง จากความคิดที่ตกผลึกแล้ว แสดงออกอย่างชัดเจน สละสลวย เข้าใจประเด็นใหม่ ๆ ที่ชัดเจน

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูล ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

อลิศรา ชูชาติ และคณะ (2549)	อุไรรัตน์ สำเร็จวงศ์ (2549)	ศิธรา จุฑารัตน์ (2549)	วรรณช ธรรมมงคลเดช (2553)	สุรัสวดี นราพงศ์ เกษม (2557)	ไพฑูรย์ สินลาร์ตัน (2557)	ผู้วิจัย
ขั้นที่ 1 วางแผนและ เรียนรู้การ เรียนแบบ กำกับตนเอง และการเรียน แบบนำตนเอง	ขั้นที่ 1 วางแผนและ เรียนรู้	ขั้นที่ 1 วางแผนและ เรียนรู้	ขั้นที่ 1 วางแผน และเรียนรู้	ขั้นที่ 1 วางแผนและ เรียนรู้	ขั้นที่ 1 การพัฒนา งาน	ขั้นที่ 1 วางแผน การเรียนรู้
ขั้นที่ 2 นำเสนอและ อภิปราย: การ เรียนรู้แบบ ร่วมมือและ การเรียนรู้ ร่วมกัน	ขั้นที่ 2 นำเสนอและ อภิปราย	ขั้นที่ 2 นำเสนอและ อภิปราย	ขั้นที่ 2 นำเสนอ และอภิปราย	ขั้นที่ 2 นำเสนอและ อภิปราย	ขั้นที่ 2 การ ทดสอบ	ขั้นที่ 2 นำเสนอ และ อภิปราย
ขั้นที่ 3 ประมวลและ ปรับแก้: การ เรียนแบบ กำกับตนเอง และการเรียน แบบนำตนเอง	ขั้นที่ 3 ประมวลและ ปรับแก้	ขั้นที่ 3 ประมวลและ ปรับแก้	ขั้นที่ 3 ประมวล และปรับแก้	ขั้นที่ 3 ประมวลและ ปรับแก้	ขั้นที่ 3 การ ปรับแก้	ขั้นที่ 3 ประมวล และปรับแก้
ขั้นที่ 4 ตก ผลึก: การเรียน แบบกำกับ ตนเองและการ เรียนแบบนำ ตนเอง	ขั้นที่ 4 ตก ผลึก	ขั้นที่ 4 ตก ผลึก	ขั้นที่ 4 ตกผลึก	ขั้นที่ 4 ตก ผลึก	ขั้นที่ 4 การ ตกผลึก ขั้นที่ 5 ความ สละสลวย	ขั้นที่ 4 ตก ผลึก



จากตารางที่ 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวมานั้น ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์และสรุปขั้นตอนได้ดังนี้ ขั้นที่ 1 วางแผนการเรียนรู้ ทำความเข้าใจเนื้อหาและประเด็นหลัก ๆ ของรายวิชา ว่าครอบคลุมประเด็นสำคัญอะไรบ้าง ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้น โดยรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขผลงานในครั้งต่อไป ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้ โดยการรวบรวมข้อมูลจากการอภิปรายในชั้นเรียนมาพัฒนาผลงาน และขั้นที่ 4 ตกผลึกเป็นการนำเสนอผลงานที่ผ่านการสร้างสรรค์ต่อชั้นเรียนเพื่อการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติม และสร้างสรรค์ผลงานตามข้อมูลที่ได้รวบรวม ประมวล และค้นคว้า เพื่อให้ผลงานมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

## การคิดเชิงระบบ (Systematic Thinking)

### ความหมายของการคิดเชิงระบบ

มนตรี แยมกสิกร (2546, pp. 26-27) ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบ หมายถึงรูปแบบการคิดอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่สามารถมองปัญหาหรือสภาพการณ์บางอย่างด้วยการค้นหา รูปแบบ ความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรที่เป็นปัจจัย ต้นเหตุแห่งปัญหาและพยายามที่จะเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบและ ความสัมพันธ์นั้น เพื่อที่จะให้บรรลุตามวิสัยทัศน์และภารกิจที่มุ่งหวัง

ฝ่ายวิชาการเอ็กซ์เพอร์เน็ท (2546, p. 9) ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ว่าเป็นการคิดในภาพรวมทั้งระบบ (Systems Thinking) เป็นอีกวิธีคิดหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งในยุคสมัยปัจจุบัน ผู้ที่จะชนะ/ผู้ที่พ่ายแพ้ ผู้ที่จะชนะตนเอง/จะชนะผู้อื่น ล้วนแล้วแต่เป็นที่ประจักษ์ว่ามีเรื่องของตัวระบบ (System) เป็นเครื่องตัดสิน จนแทบจะกล่าวเป็นสัจธรรมได้เลยว่า “ใด ๆ ในโลก ล้วน...เป็นระบบ”

วิจารณ์ พาณิชย์ (2547, pp. 23-24) ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบว่าเป็นการมองเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งของต่าง ๆ ปัจจัยต่าง ๆ และซ้อนทับกันเป็นวง ๆ โดยให้นึกถึงหัวหอมที่ซ้อนกันเป็นกลีบ ๆ ซึ่งจะมีอนุระบบอยู่ภายในระบบซ้อนเข้าไปเรื่อย ๆ และจะมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างส่วน ๆ ที่อยู่ต่างชั้นกันด้วยซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์ที่ยุ่งเหยิง การมองเชิงระบบจะต้องเห็นภาพรวมของระบบและแยกย่อยไปที่แต่ละจุดของระบบได้จึงเป็นการมองในลักษณะตานกและตาหอน เห็นถึงความซับซ้อนและปฏิสัมพันธ์ระหว่างส่วนเหล่านั้น ที่เป็นปฏิสัมพันธ์ที่ไม่ได้นิ่งอยู่กับที่แต่เคลื่อนไปตามกาลเวลาและบริบทที่เปลี่ยนแปลง

มกราพันธ์ จูฑะรสก (2551, p. 66) ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ว่าเป็นการมองใน “ระบบซ้อน ระบบ” มีหลายชั้นและมี “ระบบเชื่อมโยงกับระบบ” เป็นระบบที่มีปฏิสัมพันธ์ซับซ้อนในการคิดเป็นระบบ สรรพสิ่งทั้งหลายเป็นเสมือนหรือคล้ายกับ “มีชีวิตร” (Organic) สามารถเข้ามารวมตัวกันได้เองก่อกำเนิดระบบได้เองที่เรียกว่า Self-organized และเมื่อมารวมกันและสร้างความสัมพันธ์กันแล้ว ผลที่ได้จะไม่ใช่ผลบวก และเมื่อแยกผลรวมออกจากกันผลที่ได้ก็จะไม่ใช่ผลลบเช่นกัน วิธีคิดแบบ “ลดทอนส่วน” (Reductionism) จะนำมาใช้ไม่ได้ผลเช่น การแบ่งข้างออกเป็น 2 ส่วน จะไม่ได้ข้าง 2 ตัว เป็นต้น

ปิยนาด ประยูร (2548, p. 39) การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยการมองที่ภาพรวมทั้งหมดของสิ่งนั้น แล้วจึงพิจารณาส่วนประกอบย่อย ๆ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อย ๆ ทั้งหมดภายในระบบนั้นซึ่งจะช่วยให้ผู้คิดสามารถเข้าใจทั้งภาพรวมทั้งหมด เข้าใจองค์ประกอบย่อย ๆ ทั้งหมดในระบบ และสามารถเข้าใจความสัมพันธ์เข้าใจผลกระทบ และเข้าใจผลย้อนกลับที่เกิดขึ้นจากการคงอยู่ของระบบนั้น

พรพรรณ ภูมิภู (2548, p. 1) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ คือ ความคิดที่มีความเข้าใจเชื่อมโยง มีความเชื่อในทฤษฎีระบบเป็นพื้นฐานในสมอง คนปกติมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบในสรรพสิ่งที่อยู่ในโลกที่สอดคล้องกับทฤษฎีระบบอยู่แล้ว เพียงแต่ความสามารถในการทำได้ดีในระดับความเข้มข้นของระบบแตกต่างกัน

วิชุดา เจริญสม (2549, p. 24) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง รูปแบบการคิดที่เกิดจากการมองเห็นภาพรวมของเหตุการณ์หนึ่งเกิดจากส่วนประกอบย่อย ๆ ภายในเหตุการณ์นั้นมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ไม่ใช่เกิดจากการรวมกันของส่วนประกอบย่อย ๆ เพียงอย่างเดียว และเมื่อส่วนประกอบย่อย ๆ เพียงอย่างเดียว และเมื่อส่วนประกอบย่อยหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอาจจะส่งผลให้ส่วนประกอบย่อยอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไป หรือเหตุการณ์รวมทั้งหมดเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

มาเรียม นิลพันธ์ (2553, p. 12) ให้ความหมายว่า การคิดเชิงระบบ คือ การคิดเชื่อมโยง ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นเป็นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่อง และแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนด

พชรมณต์ หมวดนุ้ม (2555, p. 37) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ คือ การคิดเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและจัดระบบข้อมูลองค์ความรู้ที่ได้จากการคิดวิเคราะห์และคิดสังเคราะห์อย่างเป็นลำดับขั้นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่องและเป็นเหตุเป็นผล

จิรนนท์ ขาดิชัยนันท์ (2557, p. 64) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ คือ การพิจารณาปัญหาโดยรวมในเชิงระบบ เพื่อให้เห็นปฏิสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างกัน หรือพึ่งพาคือกัน ซึ่งไม่ใช่ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง แต่เป็นความสัมพันธ์ที่เป็นโครงข่ายและเชื่อมต่อระหว่างกันเป็นวงกลม

นิยม กิมานุวัฒน์ (2559, p. 61) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่ที่คิดเกี่ยวกับเหตุการณ์ สถานการณ์ต่างๆ ในลักษณะของความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบย่อยและเป็นการคิดในลักษณะของภาพรวม

ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2559, p. 4) การคิดเชิงระบบ (Systematic) หมายถึง แนวทางหรือวิธีการที่ถูกกำหนดหรือวางแผนไว้ล่วงหน้าอย่างเป็นระบบ

กนก จันทรา (2561, p. 108) ได้อธิบายการคิดเชิงระบบ คือ การคิดที่หลากหลายแบบมารวมในการแก้ปัญหา โดยอาศัยการเชื่อมโยงองค์ประกอบย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์ เป็นลำดับขั้นตอน มองเห็นภาพรวมของปัญหาหรือสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนให้คลี่คลาย นอกจากนี้ การคิดเชิงระบบไม่ได้มุ่งเพื่อการแก้ปัญหาเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปสู่การตัดสินใจในการกระทำสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วย

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2561, p. 104) การคิดเชิงระบบ คือ การคิดอย่างมีระบบระเบียบ ร้อยเรียงเหตุผลอย่างเป็นขั้นตอน ชัดเจนไม่คลุมเครือ

Senge (1999, p. 90) การคิดเชิงระบบ คือรูปแบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบ ซึ่งรวมทั้งระดับขั้นของการทำให้กระบวนการทำงานดำเนินไปได้ เจตคติ มุมมอง คุณภาพของผลผลิต แนวทางการตัดสินใจที่ได้สร้างขึ้นและปัจจัยอีกหลายร้อยปัจจัย

Anderson and Johnson (1997, p. 17) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบเป็นภาษาชนิดหนึ่ง ที่เสนอแนวทางการสื่อสารเกี่ยวกับพลวัต (Dynamic) ของการเกี่ยวพันซึ่งกันและกันกับความซับซ้อน ทั้งนี้เพราะว่าปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมิใช่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเพียงแบบเชิงเส้นตรง หากแต่ว่าปัญหาส่วนใหญ่จะมีเหตุที่โยงใยเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน เป็นความสัมพันธ์ที่เป็นวงรอบ (Circular Relationship)

Daniel Aronson (1998, p. 33) ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ว่าเป็นการคิดที่สนใจการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างส่วนต่าง ๆ ภายในระบบซึ่งนำไปสู่การเกิดเป็นพฤติกรรม โดยการขยายมุมมองของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ให้กว้างขึ้นใหญ่ขึ้น ผลลัพธ์จะได้เป็นข้อสรุปที่แตกต่างกันไปโดยเฉพาะ เมื่อสิ่งที่ศึกษานั้นเป็นระบบที่ซับซ้อนหรือมีการป้อนกลับทั้งจากภายในระบบและนอกระบบ

Kay and Foster (1999, p. 68) ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบ ว่าเป็นการศึกษาวิธีการคิดแบบองค์รวมที่ทำให้รู้ถึงกระบวนการ และโครงสร้างของตัวระบบในรูปแบบของการนำเข้าเอาออก เปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ที่รวมกันเป็นระบบในลักษณะของวงกลมที่มีการป้อนกลับ

Management (1999, p. 47) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบเป็นการค้นหาแบบแผนความสัมพันธ์ ตลอดจนการเรียนรู้วิธีการที่จะส่งเสริมหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบแผนเพื่อทำให้วิสัยทัศน์และภารกิจมีความสมบูรณ์มากที่สุด

Sweeney (1999, p. 8) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ เป็นแขนงวิชาที่การมองปัญหาแบบองค์รวม และเพื่อที่จะเข้าใจแบบแผนของการเกิดเป็นระบบและเหตุการณ์รอบ ๆ ตัวที่เราเห็นได้ การคิดเชิงระบบยังได้นำเสนอกรอบการทำงานเพื่อการนิยามปัญหา การตั้งคำถามที่ชาญฉลาด และการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ เพราะว่าการคิดเชิงระบบปฏิบัติการภายใต้การใช้พลังของเครื่องมือเป็นสำคัญ

Bartlett (2012, p. 15) การคิดที่เป็นระบบ คือการคิดที่รวมกันของการคิดวิเคราะห์ และการคิดสังเคราะห์ การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ หรือสถานการณ์ การคิดสังเคราะห์เป็นการคิดย้อนกลับหลังจากการแยกส่วนช่วยให้เข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน

Joseph O' Conner and Lan McDermott (อ้างถึงใน วีรุฒิ มาฆะศิริรานนท์ & ณัฐพงศ์ เกศมาริช, 2549) ให้ความหมายว่า เป็นการคิดแบบองค์รวมโดยตระหนักถึงองค์ประกอบย่อยที่มีความสัมพันธ์และมีหน้าที่เชื่อมต่อกันอยู่เป็นปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง

Frijfjob Capra (อ้างถึงใน มกราพันธุ์ จุฑะรสก, 2551, p. 25) สรุปความหมายของวิธีคิดเชิงระบบ (System Thinking) ว่าองค์รวมเป็นมากกว่าผลรวมขององค์ประกอบของมัน

สรุปได้ว่า ความสามารถการคิดเชิงระบบ หมายถึง ระดับในการมองปัญหาหรือสภาพการณ์บางอย่างด้วยการค้นหารูปแบบ ความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรที่เป็นปัจจัย ต้นเหตุแห่งปัญหาและพยายามที่จะเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบและความสัมพันธ์นั้น เริ่มจากการคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ พิจารณาองค์ประกอบย่อยคิดป้อนกลับเรื่องราว การเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ และสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมาอย่างต่อเนื่อง

### แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ

ปิยนารถ ประยูร (2548, pp. 22-23) ได้กล่าวถึง แนวคิดของ Fritjof Capra ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์และเป็นนักคิดคนสำคัญ ได้สร้างทฤษฎีใหม่ที่ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีระบบ (System Theory) หรือวิธีคิดเชิงระบบ (System Thinking) ที่เป็นประโยชน์ในการสร้างสรรค์ปัญญาให้ผู้สนใจศึกษานำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์กับสังคมมนุษย์ เขาจบปริญญาเอกด้านฟิสิกส์ นอกจากเป็นนักวิทยาศาสตร์แล้ว ยังเป็นนักทฤษฎีเกี่ยวกับระบบมีความสนใจในปรัชญาและศาสนาตะวันออกเป็นอย่างมาก ยิ่งหนังสือของเขาจึงเป็นหนังสือเชิงวิชาการที่ได้รับความนิยมสูง ได้แก่ The Tao of Physics เป็นหนังสือเล่มแรกทีกล่าวถึงผลทางด้านปรัชญาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างมากของหลักการและแนวคิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นสาขาที่เขาเริ่มต้งงานวิจัยส่วนหนึ่ง เล่มที่สองคือ The Turning Point (จุดเปลี่ยนแห่งศตวรรษ) แสดงให้เห็นว่าเหตุใดการปฏิวัติในวงการฟิสิกส์ยุคใหม่จึงเป็นลางบอกเหตุว่ากำลังจะมีการปฏิวัติในลักษณะเดียวกันในวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ และการเปลี่ยนแปลงทำนองเดียวกันในด้านโลกทัศน์และระบบคุณค่าของสังคม เขาได้ทำการสำรวจการเปลี่ยนแปลงเชิงกระบวนทัศน์ (Paradigm Shifts) ในวิชาชีววิทยา การแพทย์ จิตวิทยา และเศรษฐศาสตร์ ทำให้เกิดความตระหนักว่าสาขาทั้งหมดนี้เกี่ยวข้องกันกับชีวิต การเขียนในหนังสือ The Turning Point นั้น ไม่ได้เป็นทฤษฎีว่าระบบชีวิตซึ่งประสานต่อเนื่องกัน แต่เป็นวิธีการคิดแบบใหม่เกี่ยวกับชีวิต ทั้งนี้รวมถึงการรับรู้ ภาษาใหม่และแนวคิด หนังสือเล่มล่าสุดของเขาคือ The Hidden Connections (โยงใยที่ซ่อนเร้น ในปี ค.ศ. 2002) เป็นหนังสือที่ ศ.นพ.ประเวศ วะสี เน้นให้เห็นว่าเป็นหนังสือที่ว่าด้วยความเป็นจริงตามธรรมชาติโดยเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบาย “เน้นความจริงทั้งหมด” ธรรมชาตินั้นเชื่อมโยงความเป็นจริงทั้งหมดทั้งสิ้น

แนวคิดของ Fritjof Capra เกี่ยวข้องกับทฤษฎีระบบ (Systems Theory) เมื่อปี ค.ศ. 1997 ในหัวเรื่อง “ข่ายใยแห่งชีวิต” เป็นการประมวลกรอบแนวคิดให้เกิดความเข้าใจชีวิตในมิติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเขาใช้เวลาในการพัฒนาและลงรายละเอียด สังเคราะห์ สนทนา ถกเถียงกับนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากนักรานนับสิบปีก่อนที่จะถอดออกมาเป็นหนังสือ The Web of Life (ข่ายใยแห่งชีวิต)

Fritjof Capra ได้นำวิธีคิดเชิงระบบมาทำความเข้าใจในเรื่องของชีวิตและนำเสนอให้เห็นว่า วิสัยทัศน์ใหม่ที่ว่าด้วยระบบชีวิตนี้จะเปลี่ยนวิถีที่เราสัมพันธ์กันและกัน และวิถีที่เราสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม วิถีในด้านสุขภาพ ตลอดจนมุมมองขององค์กรธุรกิจ ระบบการศึกษา สถาบันทางสังคม และระบบการเมืองต่าง ๆ ทำให้เราช่วยกันสร้างชุมชนที่ยั่งยืนและช่วยให้เข้าใจธรรมชาติของพืช สัตว์ ระบบนิเวศ



วิธีคิดเชิงระบบแสดงให้เห็นว่า “องค์กรรวมเป็นมากกว่าผลรวมขององค์ประกอบของมัน” หัวใจหลักของทฤษฎีใหม่คือ ชีวิตทั้งหลายล้วนดำรงอยู่เป็นระบบ ในลักษณะของโยงใยกันเป็นข่าย โดยระบบนิเวศเป็นระบบที่ใหญ่และสำคัญมากที่สุด โดยเชื่อว่าการเข้าถึงความจริงในระบบนิเวศ จะทำให้เข้าใจในระบบทั้งหลาย เนื่องจากเชื่อว่าการจัดระบบองค์กรของระบบนิเวศ คือ หลักการจัดองค์กรของระบบชีวิตทุกระบบ มนุษย์ในฐานะระบบชีวิตหนึ่งของระบบใหญ่ ซึ่งต้องจัดแบบแผนของระบบนิเวศ ในทัศนะของ Capra กล่าวถึง ระบบนิเวศ คือ การพูดถึง “ชุมชน” (Community)

ดังนั้น แนวคิดของ Fritjof Capra จึงเป็นการนำเสนอวิธีใหม่และการย้ายกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) ที่ทำให้เกิดข้อถกเถียงในการให้น้ำหนักปัจจัยหรือตัวแปรด้านอื่น ๆ ที่เข้ามากระทบกับกระบวนทัศน์และกระบวนทัศน์เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งจากปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยเท่านั้น

พชรมณท์ หมวดนุ้ม (2555, pp. 42-43) ได้กล่าวถึง แนวคิดของ Joseph O' Conner and Lan McDermott ไว้ดังนี้

Joseph O' Conner and Lan McDermott ได้เขียนหนังสือชื่อ “The Art of Systems Thinking” ซึ่งแปลเป็นภาษาไทย “หวังใจนักคิด” โดยวีรวิฑูร มาฆะศิริรานนท์ และ ณัฐพงศ์ เกศมาริช เป็นหนังสือที่ผู้แปลเทียบเคียงกับคำไทยว่า “หัวใจนักปราชญ์” “สุ จิ ปุ ลิ” เป็นการเปิดประตูสู่การพัฒนาารูปแบบการคิด (Mental Model) วิธีคิดและวิธีเขียนแม่แบบในระบบ (Systems Archetypes) อย่างง่าย ๆ ที่จะช่วยให้ทุกคนเข้าใจตนเอง เข้าใจผู้อื่น เข้าใจระบบและเข้าใจในความเป็นไปของโลกอื่นจะทำให้ทุก ๆ คน และทุกองค์การได้ก้าวสู่ความเป็นเลิศในองค์กรเรียนรู้

Joseph O' Conner and Lan McDermott ได้ให้ความหมายของระบบว่า “ระบบ คือ การดำรงอยู่คงไว้ได้ทั้งมวลด้วยการทำงานของส่วนต่างๆ ของร่างกายเป็นตัวอย่างที่เราเห็นได้อย่างชัดเจนอันหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยหลาย ๆ อวัยวะมาอยู่ร่วมกัน ทำหน้าที่สัมพันธ์กัน...” และแก่นแท้ของระบบคือ การดำรงอยู่ คงไว้ได้ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ที่ต่างกัน ทำหน้าที่ปฏิสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องและได้ให้ความหมายการคิดเชิงระบบ เป็นการคิดในลักษณะเป็นวงมากกว่าที่จะเป็นเส้นตรง การเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ จะก่อให้เกิดวงจรการป้อนกลับของระบบมาอยู่ที่จุดเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง โดยข้อมูลนั้นก็จะมีอิทธิพลต่อขั้นตอนต่อไปในพฤติกรรมของระบบ



นิยม กิมานุวัฒน์ (2559, p. 66) ได้กล่าวถึงแนวคิดของ Barry Richmond ไว้ดังนี้

Barry Richmond เขียนหนังสือชื่อ “Systems Thinking: Critical Thinking Skills for the 1990s and Beyond” โดยกล่าวว่า ความเชื่อมโยงระหว่างระบบย่อย (Subsystem) ในทางกายภาพ สังคมและนิเวศวิทยา ทำให้ภาพความเป็นจริงของเรานั้นเข้มข้นขึ้น แต่เป็นที่น่าเสียดายที่วิวัฒนาการด้านการคิดของเราตามไม่ทันระดับการพึ่งพาที่เกิดขึ้นนี้ ผลที่ตามมาคือปัญหายังคงดำรงอยู่ถึงแม้เราจะเข้าไปแทรกแซงก็ตาม

ดังนั้น เพื่อหารากของปัญหา เราต้องพัฒนาระบบการศึกษาใน 3 มิติคือ 1) กระบวนการศึกษา 2) กระบวนทัศน์ทางความคิด และ 3) อุปกรณ์การเรียน ซึ่งการเชื่อมโยงของมิติทั้ง 3 ประการนี้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่ขึ้นกับผู้เรียนที่ผู้เรียนจะอยู่ในสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างการเรียนรู้โดยสัญชาตญาณและความเข้าใจในเรื่องระบบการพึ่งพากันอย่างซับซ้อนโดยมีส่วนร่วมในประสบการณ์ตรง แต่อุปสรรคหลักในแง่มุมมองคือ ศักยภาพที่มีอยู่อย่างจำกัดในการถ่ายโอนกรอบการคิดเชิงระบบสู่ผู้ให้การศึกษาและผู้เรียน

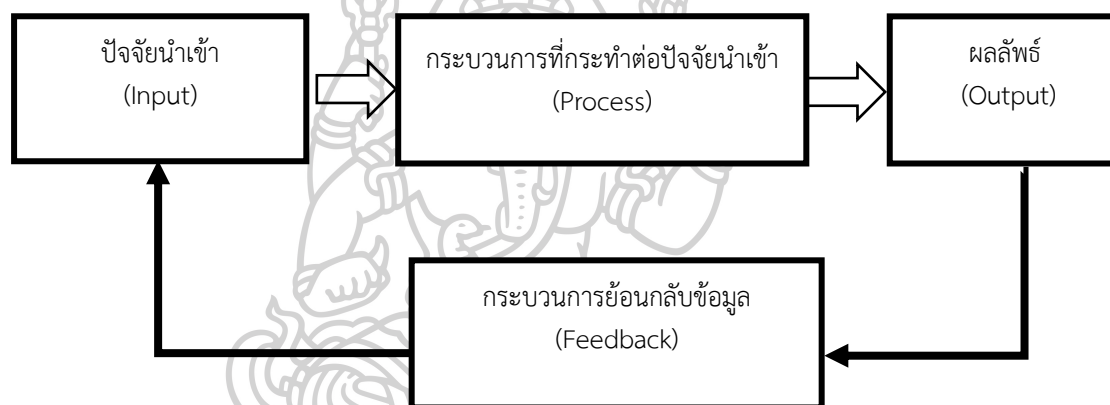
หากมองการคิดเชิงระบบในบริบทที่กว้างขึ้นจากทักษะทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณพร้อม ๆ กับตระหนักถึงความสำคัญของทักษะการคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ เราจะสามารถทำความเข้าใจในเรื่องราวต่างๆได้ในระยะเวลาอันสั้น

ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2559, p. 6) กล่าวว่า ทฤษฎีระบบ (System Theory) เชื่อว่าทุกสิ่งทุกอย่างในจักรวาล (Universe) ล้วนเป็นระบบและเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่มีขอบเขตกว้างทั้งสิ้น ทฤษฎีระบบจัดจำแนกองค์ประกอบของความเป็นระบบ ออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนที่เป็นปัจจัยนำเข้า เรียกว่า (Inputs)
2. ส่วนที่เป็นกระบวนการที่กระทำต่อจากปัจจัยนำเข้า เรียกว่า (Process)
3. ส่วนที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการ (Outputs) หลังจากได้รับปัจจัยนำเข้านั้น ๆ
4. กระบวนการย้อนกลับข้อมูล (Feedback) คือ ข้อมูลที่จำเป็นต้องถูกสะท้อนกลับไปยังปัจจัยนำเข้า เพื่อปรับปรุงปัจจัยนำเข้าให้ดีขึ้น กระบวนการทำงานจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลผลิตที่ได้จากระบบก็จะมีคุณภาพสูงขึ้น ระบบทั้งหมดก็จะพัฒนาได้อย่างไม่หยุดยั้ง

Jordan (1998) ทฤษฎีระบบ (System theory) เชื่อว่าทุกสิ่งทุกอย่างในจักรวาล (Universe) ล้วนเป็นระบบและเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่มีขอบเขตกว้างกว่าทั้งสิ้น ทฤษฎีระบบจัดจำแนกองค์ประกอบของความเป็นระบบออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนที่เป็นปัจจัยนำเข้า เรียกว่า (Inputs)
2. ส่วนที่เป็นกระบวนการที่กระทำต่อปัจจัยนำเข้า เรียกว่า (Process)
3. ส่วนที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการ (Outputs) หลังจากได้รับปัจจัยนำเข้านั้น ๆ
4. กระบวนการย้อนกลับข้อมูล (Feedback) คือ ข้อมูลที่จำเป็นต้องถูกสะท้อนกลับไปยังปัจจัยนำเข้า เพื่อปรับปรุงปัจจัยนำเข้าให้ดีขึ้น กระบวนการทำงานจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลผลิตที่ได้จากระบบก็จะมีคุณภาพสูงขึ้น ระบบทั้งระบบก็พัฒนาต่อไปได้อย่างไม่หยุดยั้ง ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของความเป็นระบบ

การพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ตามแนวคิดทฤษฎีระบบสามารถคิดได้หลากหลายมิติที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้ได้ผลของการคิดที่แตกต่างกันด้วย เช่น ถ้าพิจารณาเพียงหน่วยย่อยที่สุดของระบบเพียงระบบเดียว อันประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลผลิต และกระบวนการย้อนกลับ อาจช่วยให้เราสามารถเข้าใจระบบ 1 ระบบนั้นได้อย่างชัดเจน สามารถอธิบายได้เลยว่า ระบบนั้นถูกนำเข้าไปปัจจัยอะไรเข้าสู่ระบบ ระบบดำเนินการจัดกระทำอย่างไรต่อปัจจัยที่ถูกนำเข้าสู่ระบบดังกล่าวนี้ ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตอะไรออกมาจากระบบและถ้าต้องการให้ระบบนี้สามารถดำรงอยู่และดำเนินกระบวนการของระบบต่อไปได้ในอนาคต ข้อมูลย้อนกลับคืออะไร การพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ในมุมมองแบบนี้เหมาะกับการทำความเข้าใจระบบทั่วไป (General System) ที่ไม่ซับซ้อน (Simple System) ได้อย่างชัดเจน แต่ในการคิดพิจารณา ระบบจำนวนมากที่อยู่ร่วมกันอย่างซับซ้อน อาจต้องอาศัยแนวคิดทฤษฎีระบบที่ซับซ้อนเป็นหลักในการพิจารณา

Senge (2001) ได้ให้แนวคิดไว้ว่า การคิดเชิงระบบมีความสำคัญที่เกี่ยวกับการคิดในลักษณะเชื่อมโยง คิดแบบภาพรวมมองเห็นภาพทั้งหมด รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมองเห็นปฏิสัมพันธ์ต่างๆ ของระบบทำให้ความสัมพันธ์เชิงลึกและความสัมพันธ์แนวกว้าง รวมทั้งความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน และการคิดเชิงระบบทำให้บุคคลก้าวเข้าไปสู่ความเป็นองค์รวมที่มีความซับซ้อน ตามธรรมชาติแล้วมนุษย์มีความสามารถในการสร้างข่าวสารมากกว่าการรับข่าวสาร มีความต้องการที่จะสร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นมากกว่าจะบริหารจัดการแต่เพียงผู้เดียว และมีความพยายามที่จะเปลี่ยนแปลงมากกว่าการคงสภาพเดิมไว้ ดังนั้นการคิดเชิงระบบคือแนวทางแก้ไขปัญหาโดยการพึ่งพาซึ่งกันและกัน การคิดเชิงระบบคือการมองภาพโครงสร้าง (Structure) ในสถานการณ์ซับซ้อนและการทำความเข้าใจกับพลังการเปลี่ยนแปลงระดับสูง ซึ่งเป็นผลมาจากพลังแห่งการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

จากแนวคิดและทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้น การคิดเชิงระบบมีความเกี่ยวข้องกับการคิดในลักษณะเชื่อมโยง รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมองเห็นปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ เริ่มจากปัจจัยนำเข้าที่เข้ามาสู่กระบวนการและได้ดำเนินการจัดการกระทำต่อปัจจัยที่นำเข้า จนกลายเป็นผลที่ตามมา ส่งผลความสัมพันธ์แนวกว้างไปยังองค์ประกอบต่างๆ

#### หลักการของการคิดเชิงระบบ

อุทัย บุญประเสริฐ (2539, pp. 14-15) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการเชิงระบบในภาพรวมสรุปเป็นขั้นตอนสำคัญ ๆ ไว้ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. จะต้องทราบปัญหาที่จะต้องแก้ไขให้แจ้งชัดว่าเป็นปัญหาของระบบนั้นที่แท้จริง (Need Identification and Objective Setting)
2. คิดหาวิธีการหรือแนวทางเลือก (Alternative) ในการแก้ไขอันเป็นผลมาจากการวิเคราะห์ระบบและทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบ ตลอดจนข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีต่อการทำงานของระบบ
3. เลือกวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่พิจารณาว่าเหมาะสมที่สุด ดีที่สุดและนำออกปฏิบัติ (Designing and Implementing)
4. ประเมินผลการปฏิบัติ (Evaluation) เพื่อทราบผลและเพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับ
5. รับข้อมูลป้อนกลับและปรับระบบต่อไป (Feedback and Modification)

มนตรี แยมกลีกร (2546, pp. 26-27) ได้ให้หลักการการคิดเชิงระบบไว้ว่า

1. เป็นการคิดที่มอง “องค์รวม” การคิดแบบมอง “องค์รวม” เปรียบเทียบได้กับว่า เมื่อเวลาที่เกิดปัญหาขึ้น คนทั่วไปมักจะมุ่งความสนใจไปที่เหตุการณ์เฉพาะหน้าที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้น การมอง ในลักษณะดังกล่าวเป็นมุมมองที่แคบทำให้สามารถรับรู้ได้แต่เพียงผลของความเปลี่ยนแปลงว่าเกิดขึ้น จากส่วนไหนที่เป็นผลโดยตรงเท่านั้น แต่หลักการการคิดเชิงระบบจะเสนอให้มีการมองย้อนหลังไปจาก ณ จุดที่เกิดปัญหาและมองเป็นภาพใหญ่หรือมองภาพแบบองค์รวม ทั้งนี้เพราะปัญหาที่เกิดขึ้น อาจจะเกี่ยวข้องกับส่วนอื่น ๆ ในระบบ การพยายามค้นหาแหล่งของปัญหาที่อาจจะเกี่ยวโยงมาจากส่วนอื่นจะเป็นการมองที่ครอบคลุมรอบคอบและรอบด้าน

2. เป็นการสร้างความสมดุลระหว่างมุมมองระยะสั้นและระยะยาว ความคาดหวังในความสำเร็จของการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์งาน บางครั้งอาจมีมุมมองว่าควรคาดหวังให้กิจกรรมนั้น สำเร็จในระยะเวลานั้นสั้นหรือสำเร็จในระยะยาว การคิดเชิงระบบมีแนวคิดว่าการพิจารณาว่า พฤติกรรมที่จะนำไปสู่ความสำเร็จระยะสั้น หรือความสำเร็จระยะสั้นที่ถูกทำให้เกิดขึ้นในทันทีทันใดนั้น บางครั้งอาจจะเป็นสิ่งทีกลับไปทำลายความสำเร็จในระยะยาวก็ได้ แต่ในที่นี้มีได้หมายความว่า การพิจารณาสร้างสมดุลระหว่างการยอมที่จะมีผลของความสำเร็จที่น้อยกว่าในระยะสั้น เพื่อหวังผลความสำเร็จในระยะยาวอาจจะเป็นสิ่งที่จะต้องพยายามสร้างความสมดุลให้ได้

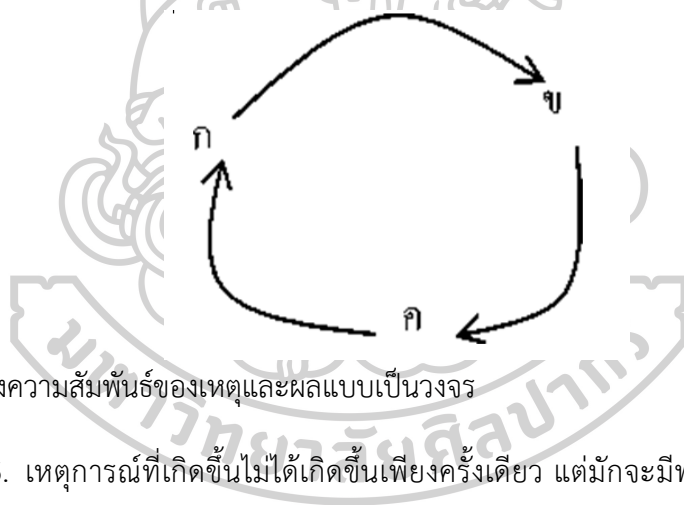
3. ยอมรับในความมีพลวัต ความสลับซับซ้อนและความเกี่ยวพันกันของธรรมชาติของระบบ สรรพสิ่งในโลกล้วนมีระบบมีความซับซ้อน มีพลวัตและมีความเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกัน หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าสิ่งต่าง ๆ มีความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ชีวิตมีแต่ความยุ่งเหยิงและทุกสิ่งที่มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน การแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ผู้ปฏิบัติย่อมมีความตั้งใจที่จะทำให้ง่าย ไม่ซับซ้อนจัดลำดับหรือทำงานกับปัญหาทีละปัญหา การคิดเชิงระบบจะพยายามจัดลำดับสร้างความสัมพันธ์ในลักษณะที่พิจารณาถึงความเชื่อมโยงอย่างสมเหตุสมผลซึ่งจะเป็นการใช้ความคิดในเชิงสังเคราะห์อย่างมีเหตุมีผลยอมรับในความสัมพันธ์ของระบบต่าง ๆ

4. ยอมรับและใช้ข้อมูลทั้งจากปัจจัยที่วัดได้จากเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การคิดเชิงระบบยอมรับและใช้ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงระบบทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เป็นเชิงคุณภาพ

5. ทุกส่วนมีส่วนสนับสนุนระบบในภาพรวม การคิดเชิงระบบจะถือว่าทุกส่วนของระบบล้วนแต่มีความสำคัญต่อภาพรวมทั้งหมดของระบบแต่ละส่วนย่อยจะต้องปฏิบัติภารกิจของส่วนตนอย่างเต็มกำลังความสามารถ ระวังเสมอว่าทุกส่วนที่เป็นองค์ประกอบย่อยของระบบมีความสำคัญ และการทำหน้าที่ของแต่ละส่วนย่อยจะมีผลต่อส่วนรวม แม้ว่าส่วนรวมจะส่งผลกลับมายังแต่ละส่วนย่อยด้วยก็ตาม

ปิยนาก ประยูร (2548, pp. 31-39) ได้ให้หลักการของการคิดเชิงระบบ ไว้ว่า

1. สิ่งที่เราเห็นนั้นมันเป็น “กอง” หรือเป็น “ระบบ” ระบบนั้นต้องประกอบจากสองส่วนหรือมากกว่านั้นเสมอ และ “กอง” ก็จะประกอบด้วยสองหรือมากกว่าเช่นกัน แต่ใน “กอง” นั้นไม่ว่าจะเพิ่มเข้าไปหรือเอาออกมา สิ่งนั้นไม่ได้เปลี่ยนแปลงอันใดในทางคุณภาพ
2. ความเป็นองค์รวม “เหนือกว่า” ความเป็นผลรวม “คุณสมบัติ” ของระบบรวมหรือ “คุณภาพ” ของระบบใหญ่แตกต่างไปจากคุณสมบัติของส่วนย่อย การวัดคุณภาพของระบบใหญ่ไม่ได้มาจากการวัดปริมาณของส่วนย่อยที่บวกเพิ่มเข้าไป
3. มีจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมาย ระบบต่าง ๆ ล้วนมีจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของตน ในความสัมพันธ์กับระบบใหญ่ที่ตนเป็นส่วนหนึ่งในนั้น
4. รูปร่างของเหตุและผลเป็นวงจร ความสัมพันธ์ของเหตุและผลแม้จะความสัมพันธ์ทางเดียว แต่เป็นความสัมพันธ์ทางเดียวอันมาจากลักษณะเป็นความสัมพันธ์ที่วนกลับมา (Feedback) ความสัมพันธ์ของหลักการการคิดเชิงระบบ ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผลแบบเป็นวงจร

5. เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว แต่มักจะมีพฤติกรรมของระบบที่มีอะไรคล้าย ๆ กัน

ปิยนาก ประยูร (2548, pp. 37-52) ได้นำเสนอแนวคิดสำคัญของวิธีคิดเชิงระบบสามารถนำไปปฏิบัติได้ ดังนี้

1. การคิดเชิงระบบ คือการคิดเชิงเครือข่าย (Networks) สามารถนำองค์ประกอบของระบบต่าง ๆ มาเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้ การเชื่อมโยงเครือข่ายของระบบนั้น เป็นคุณสมบัติของระบบที่มีชีวิต ซึ่งทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบเครือข่าย การคิดเชิงระบบจึงต้องมองเห็นถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันภายในระบบนั้น

2. ระบบต่าง ๆ จะซ้อนกัน ในระบบใหญ่ยังมีระบบย่อยลงมาเป็นชั้น จะเห็นได้ว่าระบบซ้อนระบบนั้น มีความเชื่อมโยงกันหมด การที่จะเข้าใจสิ่งใดได้จึงต้องเห็นความเชื่อมโยงนั้น นอกจากความสัมพันธ์เชื่อมโยงแล้ว ระบบยังมีการซ้อนกันเป็นชั้น และเชื่อมโยงต่อกัน สามารถส่งผลกระทบถึงกันหมดเพียงจะกระทบมากหรือน้อยไม่เท่าเทียมกัน

3. การคิดเชิงระบบ คือ การคิดแบบสัมพันธ์กับบริบท คิดถึงสัมพันธ์ภาพระหว่างตัวเรากับระบบสิ่งแวดล้อม ต้องทำความเข้าใจกับสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบสิ่งนี้ เพื่อที่จะสามารถทำความเข้าใจหรือวิเคราะห์คุณสมบัติของสิ่งนั้น หรือระบบนั้นได้อย่างถูกต้อง การวิเคราะห์คุณสมบัติของบริบทก็เพื่อให้เข้าใจระบบทั้งหมด แต่เลือกวิเคราะห์ว่าบริบทไหนจำเป็น และเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ แล้วตัดบริบทที่ไม่จำเป็นออกไปบ้าง เพื่อให้ขอบเขตการวิเคราะห์นั้นชัดเจนขึ้น

4. การคิดเชิงระบบจะต้องจับความสัมพันธ์หรือการปฏิสัมพันธ์ให้ได้ หัวใจอยู่ที่การเชื่อมความสัมพันธ์ป้อนกลับ (Feedback) ระหว่างองค์ประกอบหรือส่วนต่าง ๆ เส้นแห่งความสัมพันธ์สำคัญมากเพราะหากเป็นวิธีคิดแบบกลไกหรือคิดแบบแยกส่วน จะทำให้มองเป็นปัญหา คือ ปัญหาแล้วแก้ให้ตรงจุด เช่น ถ้าจะแก้ปัญหาคือความยากจน วิธีคิดแบบกลไก ก็จะแก้ที่ความยากจน คือ ทำให้หายจน แต่ถ้ามองไปที่เส้นความสัมพันธ์จะพบว่า มีเรื่องวัฒนธรรมถูกทำลาย คนหันไปหาวัฒนธรรมใหม่ ซึ่งนำไปสู่การทำลายสิ่งแวดล้อมและนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ลดลง ทำให้คนทำมาหากินลำบากขึ้น สิ่งที่มาคือปัญหาสังคมและปัญหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษามีไม่พอ การแก้ปัญหาด้วยการทำให้คนมีการศึกษามากขึ้น แก้เรื่องระบบนิเวศไม่ให้อุณหภูมิทำลายซึ่งสำคัญมาก การมองต้องมองเห็นเส้นทางความสัมพันธ์นี้ว่ามีความสำคัญมากกว่าตัวปัญหาเอง

5. วิธีคิดเชิงระบบ คือ การคิดอย่างเป็นกระบวนการระบบที่มีชีวิตจะมีการเคลื่อนไหวไม่หยุดนิ่ง มีการเติบโต มีพัฒนาการ มีวิวัฒนาการ โครงสร้างของระบบที่มีชีวิตจึงไม่เคยแยกออกจากกระบวนการ ไม่ว่าจะ เป็นกระบวนการพัฒนา กระบวนการเรียนรู้ กระบวนการเติบโต กระบวนการเป็นหลักเกณฑ์สำคัญของการอธิบายระบบ กระบวนการระบบนั้นอยู่ในกิจกรรมของระบบ อยู่ในองค์ประกอบของระบบ ดังนั้น กระบวนการจึงช่วยให้การเชื่อมโยงของส่วนต่าง ๆ ต่อเนื่องกันแยกออกจากกันไม่ได้ และกระบวนการเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เราเข้าใจระบบมากขึ้นได้

วัลย์พร ประสานพันธ์ (2559, p. 13) และจิรนนท์ ชาติชัยนานนท์ (2557, pp. 67-68) กล่าวว่า โดยทั่วไปลักษณะเฉพาะของการคิดเชิงระบบแสดงออกมาโดยหลักการเหล่านี้

1. การคิดภาพใหญ่ (Big Picture) ผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบต้องพิจารณาภาพใหญ่เพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดของปัญหาโดยการถอยห่างออกจากจุดที่สนใจเฉพาะ เพื่อเปิดมุมมองของสิ่งที่สนใจให้กว้างมากขึ้น การมองภาพใหญ่ทำให้มีโอกาสค้นพบการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิผลมากขึ้น



2. การสร้างสมดุลของมุมมองทั้งในระยะสั้นและระยะยาว สิ่งที่น่าไปสู่ความสำเร็จในระยะสั้นอาจทำลายความสำเร็จในระยะยาวได้ ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุดคือการหาแนวทางการปฏิบัติหรือการแก้ปัญหาที่พิจารณาทั้งภายในระยะสั้นและระยะยาวอย่างสมดุล นอกจากนั้นแล้วสิ่งที่สำคัญคือการตระหนักในผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในทุก ๆ ทางเลือก

3. การคำนึงถึงธรรมชาติของระบบที่เป็นพลวัต ซับซ้อนและพึ่งพาอาศัยกัน เนื่องจากระบบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีความยุ่งเหยิง เชื่อมต่อกัน ดังนั้นการคิดเชิงเส้นตรงจึงมีข้อจำกัดและทำให้เกิดปัญหาได้เมื่อต้องแก้ปัญหา ดังนั้นต้องให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทั้งหมดทั้งในและนอกระบบ

4. การให้ความสนใจกับตัวแปรทั้งที่วัดได้และวัดไม่ได้ การคิดเชิงระบบสนับสนุนการใช้ข้อมูลจากตัวแปรที่วัดได้ในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

5. การตระหนักว่าเราเป็นส่วนหนึ่งของระบบเสมอ มีอิทธิพลต่อระบบเหล่านั้นเท่าๆ กับที่เราได้รับอิทธิพลจากระบบ เนื่องจากเรามีหน้าที่ในระบบนั้นๆ เราจึงมีส่วนร่วมและมีบทบาทต่อการเกิดปัญหาและพฤติกรรมต่าง ๆ ในระบบ ได้แก่ 1) การแก้ปัญหาของเราทำให้เกิดผลต่อเนื่องที่ไม่ได้ตั้งใจในเวลาต่อมา 2) การตั้งสมมติฐานของเราทำให้นำไปสู่ปัญหาเมื่อนำไปใช้จริง สมมติฐานของเรานี้เรียกว่า Mental Model หรือแบบจำลองความคิด ซึ่งหมายความถึงวิธีการมองโลกในมุมมองของเรา ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนการตัดสินใจของเรา และ 3) คุณค่าและความเชื่อของเรา (Values and Beliefs) ที่เรายึดถืออย่างมั่นคงและลึกซึ้งจะเป็นตัวปิดกั้นการหาแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องได้

กนก จันทรา (2561, p. 109) ได้อธิบายการคิดเชิงระบบจะประกอบด้วยหลักการองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ

1. การวิเคราะห์ความเชื่อมโยง เป็นการวิเคราะห์ระบบที่มีส่วนประกอบย่อย โดยการวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา พิจารณาว่าองค์ประกอบย่อยในระบบมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร จนสามารถอธิบายแนวโน้มและแบบแผนของเหตุการณ์นั้น

2. การคิดป้อนกลับของเรื่องราว เป็นการอธิบายผลของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่แสดงการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่างๆ จนเป็นวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น

วิธีสอนเพื่อฝึกคิดเชิงระบบ

1. ฝึกนำหลักการมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล
2. ฝึกคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น
3. ฝึกคิดแบบวงกลม เป็นการฝึกคิดการเชื่อมต่อกันระหว่างส่วนต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดวงจรย้อนกลับ (Feedback Loop) เป็นการสะท้อนข้อมูลกลับมาที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง

4. ฝึกวิเคราะห์ผลกระทบ (Side Effect) ที่เกิดขึ้นทั้งทางบวกและทางลบ ทั้งระยะสั้น และระยะยาว

5. ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักเปรียบเทียบระหว่างการมองแยกส่วนและการมองภาพรวม พิจารณาความแตกต่างของผลลัพธ์จากการมองทั้งสองแบบ หลีกเลี่ยงการคิดทางตรง

มกราพันธ์ จุฑะรสก (2551, p. 50) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ การสอนคิดเชิงระบบ ไว้ว่า ในการฝึกคิดเชิงระบบนั้น ก่อนจะให้ผู้เรียนเรียนรู้กระบวนการคิดเชิงระบบในแต่ละขั้นตอน ครูผู้สอนควรสร้างบรรยากาศความเป็นกัลยาณมิตร หมายถึง บรรยากาศที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกผ่อนคลาย โดยใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ที่เน้นเป็นกันเอง สนุกสนาน เป็นการยกประเด็นที่ใกล้ตัวผู้เรียนที่อยู่ในความสนใจในแต่ละช่วงเวลา เหมาะสมกับวัย หรือให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือกลุ่ม ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ ประมาณ 5-10 นาที แต่มีข้อแม้ว่า กิจกรรมนั้นต้องไม่ใช่กระบวนการคิดที่ทำให้ผู้เรียนวิตกกังวล เพื่อให้สมองของผู้เรียนปลอดโปร่ง พร้อมทั้งจะรับข้อมูลใหม่ที่จะได้จากกระบวนการเรียนรู้ การคิดเชิงระบบในแต่ละขั้นตอน โดยจัดลำดับการเรียนรู้ให้ผู้เรียนตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประเด็นปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ความสามารถเดิมจากการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องที่กำลังคิด ผนวกเข้ากับประสบการณ์ในเรื่องนั้น โดยการวิเคราะห์บริบทเรื่องที่กำลังคิด เพื่อนำความคิดไปสู่เป้าหมายของการคิดและกำหนดวัตถุประสงค์ของกิจกรรมให้ชัดเจน พร้อมทั้งใช้สติกำกับเพื่อให้ได้ความคิดที่มีคุณภาพ ซึ่งขั้นนี้ผู้สอนต้องหมั่นตรวจสอบกระบวนการคิดของผู้เรียนว่า ยังคงดำเนินกระบวนการร่วมกับกลุ่มในเรื่องที่กำลังคิดอยู่หรือไม่ โดยอาศัยการสังเกตและซักถามเป็นบางจังหวะ แต่ต้องไม่รบกวนกิจกรรมกลุ่ม พร้อมทั้งตอบข้อซักถามบางครั้งที่ผู้เรียนสงสัย แต่ไม่ใช่ให้คำตอบกับผู้เรียน

2. การวิเคราะห์ปัจจัยย่อย การเรียนรู้ในขั้นนี้ ผู้เรียนต้องทบทวนสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการใช้แผนผังความคิด แยกแยะองค์ประกอบของประเด็นปัญหา เพื่อศึกษาดูว่าแต่ละปัจจัยย่อยมีความเป็นเหตุเป็นผลกันหรือไม่ โดยอาศัยข้อความรู้ หลักการ ประสบการณ์ในเรื่องที่กำลังศึกษานั้น เข้ามาประกอบเสมอ

3. หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยย่อยที่ผ่านการพิจารณาความสมเหตุสมผลมาแล้ว เป็นการเริ่มกระบวนการเรียนรู้ความเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อยแต่ละตัวว่ามีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันหรือในทิศทางผกผันกันกลับทิศทางกัน เพื่อนำไปสู่การกำหนดสมมติฐานในเรื่องที่กำลังคิด ในขั้นตอนนี้ผู้สอนต้องให้ผู้เรียนใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping) หรือแผนผังมโนคติทางความคิด (Concept Mapping) มาร่วมด้วยก็ได้

4. สังเคราะห์วงจรปัญหา ขั้นตอนนี้ เป็นการเรียนรู้การเขียนวงจรเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรอย่างน้อย 2 ตัวแปร หรือมากกว่า ซึ่งแสดงความสัมพันธ์จะปรากฏด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยง สะท้อนให้เห็นปัญหาที่แท้จริงที่ผ่านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ นำมาเชื่อมโยง โดยลักษณะของวงจรความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยจะเป็นวงจรที่เชื่อมโยงร้อยเรียงต่อเนื่องกัน จนสุดท้ายจะมีข้อมูลย้อนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นของปัญหา ปรากฏผลเป็นรูปธรรมที่สามารถเรียนรู้ร่วมกันได้ของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม พร้อมทั้งครูผู้สอนสามารถประเมินผลของความคิดของผู้เรียนได้ชัดเจนขึ้น

Anderson and Johnson (1997, pp. 34-38) ได้ให้หลักการคิดเชิงระบบดังนี้

1. การคิดภาพใหญ่ (Big Picture) ผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบต้องพิจารณาภาพใหญ่เพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดของปัญหาโดยการถอยห่างจากจุดที่สนใจเฉพาะเพื่อเปิดมุมมองของสิ่งที่สนใจให้กว้างขึ้น การมองภาพใหญ่ ทำให้มีโอกาสค้นพบการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. การสร้างสมดุลของมุมมองทั้งในระยะสั้นและระยะยาว สิ่งที่น่าไปสู่ความสำเร็จในระยะสั้น อาจทำลายความสำเร็จในระยะยาวได้ ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุด คือ การหาแนวทางการปฏิบัติหรือการแก้ปัญหาที่พิจารณาทั้งในระยะสั้นและระยะยาวอย่างสมดุล นอกจากนั้นแล้วสิ่งสำคัญ คือ ตระหนักในผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในทุก ๆ ทางเลือก

3. การคำนึงถึงธรรมชาติของระบบที่มีความเป็นพลวัต ซับซ้อนและพึ่งพาอาศัยกัน เนื่องจากระบบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีความยุ่งเหยิง เชื่อมต่อกัน ดังนั้นการคิดเชิงเส้นตรงจึงมีข้อจำกัด และทำให้เกิดปัญหาได้เมื่อต้องแก้ปัญหา ดังนั้นต้องให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทั้งหมดทั้งในและนอกตัวระบบ

4. การให้ความสนใจกับตัวแปรทั้งที่วัดได้และวัดไม่ได้ การคิดเชิงระบบสนับสนุนการใช้ข้อมูลจากตัวแปรที่วัดได้ในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

5. การตระหนักว่าเราเป็นส่วนหนึ่งของระบบเสมอ มีอิทธิพลต่อระบบเท่า ๆ กับที่ได้รับอิทธิพลจากระบบ เนื่องจากเรามีหน้าที่ในระบบนั้น เราจึงมีส่วนร่วมและมีบทบาทต่อการเกิดปัญหาและพฤติกรรมต่าง ๆ ในระบบ ได้แก่ 1) การแก้ปัญหาของเราทำให้เกิดผลต่อสิ่งที่ไม่ได้ตั้งใจในเวลาต่อมา 2) การตั้งสมมติฐานของเราทำให้นำไปสู่ปัญหาเมื่อนำไปใช้จริง สมมติฐานของเราเรียกว่า Mental Model หรือแบบจำลองความคิด ซึ่งหมายถึงความถึงวิธีการมองโลกในมุมมองของเรา ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนการตัดสินใจของเรา และ 3) คุณค่าและความเชื่อของเรา (Values and Beliefs) ที่เรายึดถืออย่างมั่นคงและลึกซึ้งจะเป็นตัวปิดกั้นการหาแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องได้

ซึ่งมีกิจกรรมหลัก 2 กิจกรรมหลัก ดังนี้

1. การกำหนดโครงสร้างเชิงระบบ มีขั้นตอนย่อยคือ การกำหนดรูปแบบของปัญหา การบ่งชี้ตัวแปรหลักในสถานการณ์ และการสร้างกราฟพฤติกรรมตลอดช่วงเวลาของตัวแปร

### 1.1 การกำหนดรูปแบบของปัญหา

ปัญหาที่นำมากำหนดต้องมีลักษณะ 1) เป็นปัญหาเรื้อรังและเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก 2) เป็นปัญหาที่มีระยะเวลายาวนานเพียงพอที่จะมีภูมิหลัง 3) เป็นปัญหาที่หลาย ๆ คน พยายามแก้ไข แต่ไม่ได้ผล หรืออาจหยุดลงชั่วคราว 4) เป็นปัญหาที่ไม่สามารถบ่งชี้เหตุผลที่เห็นได้อย่างชัดเจนกับรูปแบบพฤติกรรมตลอดช่วงเวลานั้น และ 5) รูปแบบพฤติกรรมของปัญหาตลอดช่วงเวลาเป็นรูปร่างใดรูปร่างหนึ่งที่มีมักพบกัน สำหรับข้อความของปัญหามักประกอบด้วย 1) พฤติกรรม 2) ลักษณะของพฤติกรรมตลอดช่วงเวลา 3) หน่วยวัดพฤติกรรมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรตลอดช่วงเวลา และ 4) กรอบเวลาของพฤติกรรม ตัวอย่างเช่น ณ ห้องปฏิบัติการตรวจเลือด ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ตัวอย่างเพิ่มเป็น 2 เท่า ตลอด 8 เดือนที่ผ่านมา

### 1.2 การบ่งชี้ตัวแปรหลักในสถานการณ์

ตัวแปรเป็นองค์ประกอบของปัญหาซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลา มีแนวทางในการสร้าง คือ 1) ทำรายการตัวแปรทั้งหมดที่สมเหตุสมผล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ให้มากที่สุดและนำมาจัดเป็นกลุ่ม และ 2) ตัดรายการตัวแปรที่ไม่สำคัญออกให้เหลือตัวแปรที่สำคัญ โดยการรวมตัวแปรบางส่วนไว้ด้วยกันได้ หรือตัดตัวแปรที่ไม่ได้เชื่อมโยงกับปัญหาออก และพิจารณาตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหามากที่สุด ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มักจะมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน จากนั้นกำหนดชื่อตัวแปรโดย 1) ใช้คำนามหรือนามวลี ไม่ใช่คำกริยาหรือกริยาวิเศษณ์ เช่น รายได้ ระดับประสบการณ์ของนักวิชาการสาธารณสุข 2) ชื่อของตัวแปรมีความเหมาะสมกับวลี เช่น ระดับของปริมาณของ 3) ชื่อตัวแปรต้องมีความเป็นบวกหรือเป็นกลาง เช่น ความพึงพอใจต่อการทำงาน ขวัญกำลังใจ และ 4) ตัวแปรที่กำหนดอาจเป็นตัวแปรเชิงรูปธรรมหรือตัวแปรนามธรรมก็ได้

1.3 การสร้างกราฟพฤติกรรมของตัวแปรตลอดช่วงเวลา (Behavior Over Time: BOT) กราฟสามารถนำไปสู่สมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และสามารถนำไปสร้างกราฟเพิ่มเติม ที่นำไปสู่ความเข้าใจปัญหาที่ลึกซึ้ง ขั้นตอนการสร้างกราฟมีดังนี้

1.3.1 การเลือกขอบเขตของเวลา ขอบเขตของเวลามีความสำคัญเนื่องจากมีผลกระทบต่อปริมาณและประเภทของข้อมูลในการสร้างกราฟ ดังนั้นจึงควรเลือกตัวแปรด้วยวัฏจักรของเวลาที่ยาวนานที่สุดและกำหนดแกนของเวลาเป็นช่วงคือ ช่วงเวลาปัจจุบัน ช่วงเวลาก่อนหน้า ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มติดตามพฤติกรรมของตัวแปร และช่วงเวลาก่อนหน้าที่มากขึ้น และทำนายลักษณะแนวโน้มของกราฟที่จะเกิดขึ้นในอนาคตถ้าหากสิ่งแวดล้อมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.3.2 การวาดภาพร่างของกราฟ ผู้สร้างกราฟควรสร้างกราฟตัวแปรหลัก ๆ ไว้ในกราฟเดียวกัน เพื่อให้มองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เช่นการแปรผันที่ขนานกัน การแปรผกผัน และผลกระทบที่มีการหน่วงของเวลา และระบุชื่อกำกับเส้นให้ชัดเจน และจัดให้ขอบเขตของเวลาอยู่ในแกนนอน

1.3.3 การตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ของตัวแปร หลังจากการสร้างกราฟจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด อาจทำให้เกิดการสร้างกราฟตัวแปรใหม่เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดให้ชัดเจนขึ้น

2. การสร้างแผนภูมิวงรอบเหตุและผล (Causal Loop Diagrams: CLD) เมื่อจะสร้างแผนภูมิต้องทำความเข้าใจกับวงจรการป้อนกลับ (Feedback Loop) ดังนี้

2.1 การป้อนกลับ (Feedback) คือ การตอบสนองจากผลการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นการเชื่อมต่อ 2 ทาง (Two-way Link) การป้อนกลับจึงเป็นวงจร การคิดเชิงระบบมีลักษณะเป็นการป้อนกลับแบบวงกลม (Thinking in Circles) (O'Conner and McDermott, 1997: 52) การป้อนกลับนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหลายรูปแบบ เช่น การทบทวนหรือการประเมินผลงานประจำปี เป็นผลสะท้อนอย่างหนึ่งที่ทำให้บุคคลเปลี่ยนวิธีการทำงาน หรืออาจเป็นแรงจูงใจให้บรรลุความสำเร็จในขั้นที่สูงขึ้น หรืออาจทำให้ท้อใจได้เช่นกัน วงจรการป้อนกลับจึงมีความสำคัญต่อชีวิตของบุคคล การป้อนกลับเป็นพื้นฐานของระบบ เนื่องจากหากไม่มีการป้อนกลับจะไม่มีระบบการป้อนกลับก่อให้เกิดท่วงโซ่ หรือวัฏจักรแห่งเหตุและผล (Cause and Effect) ซึ่งเป็นสิ่งที่จะสร้างแนวโน้มให้เกิดการกระทำใด ๆ ที่ตามมาและผลที่ได้ออกมาจะกลายเป็นเหตุอีกครั้งเป็นวัฏจักร ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเหตุหนึ่งก็จะก่อให้เกิดผลตามมาในอนาคต การป้อนกลับมีหลายลักษณะดังนี้

2.2 การป้อนกลับเสริมแรง (Reinforcing Feedback) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใดเข้าไปสู่ระบบจะกลับไปทำให้ระบบเกิดความเปลี่ยนแปลงมากขึ้นกว่าเดิมในทิศทางเดียวกัน การป้อนกลับเสริมแรงเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งในทิศทางเฉพาะ ในลักษณะเมื่อตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากเท่าใด ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงมากขึ้นอีก การเสริมแรงเป็นตัวขับเคลื่อนระบบไปในทิศทางที่อาจดีขึ้น (Virtuous Cycle) หรือเลวลง (Vicious Cycle) ได้

2.3 การป้อนกลับสมดุล (Balancing Feedback) เป็นสิ่งสกัดกั้นความเปลี่ยนแปลงภายใต้สถานการณ์หนึ่งและกลายเป็นความเปลี่ยนแปลงในอีกรูปแบบหนึ่งแม้เพียงส่วนที่เหลือของระบบ เป็นวงจรที่ต้านการเปลี่ยนแปลง (Resist Change) และทำให้ระบบนั้นมีเสถียรภาพหรือสมดุลความสมดุลของระบบเกิดจาก 1) สิ่งที่มีอยู่ในระบบ 2) สถานการณ์ในปัจจุบัน และ 3) สิ่งที่ระบบต้องการเพื่อความสมดุล กล่าวได้ว่าวงสมดุล (Balancing Feedback Loop) คือการกระทำที่ลดความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ระบบเป็นอยู่ กับสิ่งที่ระบบควรจะเป็น หรือที่ต้องการให้เป็น



2.4 ความหน่วงของเวลา (Delay) เป็นสิ่งสำคัญที่แฝงอยู่ในระบบ ไม่ใช่ทั้งสิ่งดีและไม่ใช้ทั้งสิ่งร้าย ความหน่วงของเวลาทำให้ไม่สามารถคาดการณ์พฤติกรรมของระบบได้ และทำให้ความพยายามในการควบคุมพฤติกรรมสับสน

จากหลักการของการคิดเชิงระบบในข้างต้น สามารถนำมาสรุปกิจกรรมในการคิดเชิงระบบเป็นกิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยของการคิดเชิงระบบ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 กิจกรรมส่งเสริมการคิดเชิงระบบ

กิจกรรมหลัก	กิจกรรมย่อย
1. การกำหนดรูปแบบของปัญหา	การกำหนดรูปแบบของปัญหา
2. การบ่งชี้ตัวแปรหลักในสถานการณ์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำรายการตัวแปรทั้งหมดที่สมเหตุสมผลที่จะรวมเข้าไว้ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพให้มากที่สุด และจัดเป็นกลุ่ม</li> <li>2. ตัดรายการตัวแปรที่ไม่สำคัญออก ให้เหลือตัวแปรที่สำคัญโดยการรวมตัวแปรบางส่วนไว้ด้วยกันได้ หรือตัดตัวแปรที่ไม่ได้เชื่อมโยงกับปัญหาออก และพิจารณาตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหามากที่สุด ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มักจะมี ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน</li> <li>3. กำหนดชื่อตัวแปร (สามารถใช้ทั้งตัวแปรเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ)</li> </ol>
3. การสร้างกราฟพฤติกรรมของตัวแปรตลอดช่วงเวลา	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเลือกขอบเขตของเวลา</li> <li>2. การวาดภาพร่างของกราฟ</li> <li>3. การตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ของตัวแปร</li> </ol>
4. สร้างแผนภูมิวงรอบเหตุและผล	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสร้างวงรอบการป้อนกลับ (ตัวแปรและเส้นเชื่อมโยงตัวแปร)</li> <li>2. กำหนดความสัมพันธ์ของเหตุและผลระหว่างตัวแปรต่าง ๆ (สัญลักษณ์ S และ O)</li> <li>3. กำหนดความหน่วงของเวลา</li> </ol>

จากตารางที่ 6 กิจกรรมส่งเสริมการคิดเชิงระบบประกอบด้วย กิจกรรมหลักที่ต้องมีการกำหนดรูปแบบของปัญหา เพื่อให้รู้ว่าปัญหานั้นคืออะไร จากนั้นเป็นการบ่งชี้ตัวแปรหลักในสถานการณ์ของปัญหานั้นๆ ว่ามีตัวแปรใดบ้างในการก่อให้เกิดสถานการณ์ดังกล่าว และสร้างกราฟพฤติกรรมของตัวแปร เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ในอนาคต จนสรุปเป็นแผนภูมิวงรอบเหตุและผลหาความสัมพันธ์เหตุและผลของตัวแปร



ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2559, pp. 10-12) การคิดเชิงระบบเป็นกระบวนการของการคิด เกิดจากความต่อเนื่องของพฤติกรรมความคิดหลายลักษณะ เริ่มต้นตั้งแต่ ส่วนการนำเข้า ส่วนกระบวนการ ส่วนผลผลิต และส่วนการย้อนกลับของข้อมูล ซึ่งอาจจะต้องเกิดพฤติกรรมความคิดหลายลักษณะในแต่ละส่วนของกระบวนการคิดเชิงระบบ ซึ่งมี 6 ลักษณะ ดังนี้ คิดอย่างมีหลัก (Principles) คิดอย่างมีเหตุผล (Relational) คิดอย่างมีการจัดระเบียบ (Regulative) คิดอย่างมีรูปแบบ (Mental Model) คิดอย่างมีกรอบ (Frame) และคิดอย่างมีวัตถุประสงค์ (Objective)

1. คิดอย่างมีหลัก (Principles) หมายถึง พฤติกรรมความคิดโดยผู้ที่คิดพยายามยึดบางสิ่งบางอย่างเป็นแนวทางสำคัญในการคิด ซึ่งจำแนกหลักที่บุคคลทั่วไปนิยมยึดถือเป็นแนวทางการคิดได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

1.1 หลักธรรมชาติ (Natural Law) เป็นหลักการที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือธรรมชาติเป็นผู้สร้าง เช่น น้ำเกิดจากการรวมตัวของไฮโดรเจน 2 ส่วน กับออกซิเจน 1 ส่วน น้ำได้รับความร้อนถึง 100 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอน้ำลอยสู่อากาศ ไอน้ำที่ลอยอยู่ในอากาศเมื่อรวมตัวกัน ลอยไปกระทบอากาศที่เย็นจะเกิดการควบแน่น ทำให้ไอน้ำเปลี่ยนสภาพเป็นหยดน้ำและตกสู่พื้นดินกลายเป็นน้ำฝน

1.2 หลักทั่วไป (General Principle) หมายถึง หลักการต่าง ๆ ที่มนุษย์คิดขึ้นเพื่อปกป้องและคุ้มครองตนเอง เช่น หลักการพื้นฐานการเอาตัวรอดด้วยการอยู่อาศัยในบ้าน การผลิตยาเพื่อรักษาอาการเจ็บป่วย การสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกสบายในการดำรงชีวิตประจำวัน

1.3 หลักวิชาเฉพาะ (Specific Science) หมายถึง หลักการที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อนำไปใช้ได้เฉพาะกับบางสิ่งบางอย่างเท่านั้น ไม่สามารถนำหลักการเฉพาะไปเป็นหลักหรือเป็น แนวทางการคิดเรื่องอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบเครื่องยนต์ที่ออกแบบให้มีหัวเทียนเหมาะสำหรับการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

2. คิดเชิงความสัมพันธ์ (Relational) หมายถึง พฤติกรรมความคิดโดยการมองภาพรวมสังเกตความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตของระบบเรื่องเดียวกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการอย่างสมเหตุสมผล มากกว่าการคิดทีละขั้นตอน (Step by Step) ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถมองเห็นภาพรวมทั้งหมดได้ชัดเจนนัก

3. คิดอย่างมีการจัดระเบียบ (Regulative) หมายถึง พฤติกรรมความคิดโดยเปรียบเทียบเพื่อจัดกลุ่ม เรียงลำดับ แบ่งแยกองค์ประกอบภายในระบบที่มีจำนวนมากให้เป็นระเบียบซึ่งมีวิธีการคิดดังนี้

3.1 จัดกลุ่ม (Grouping) หมายถึง การกำหนดเกณฑ์คุณสมบัติเฉพาะตัว เพื่อรวมกลุ่ม เพื่อจัดจำแนกข้อมูลที่มีเข้าไปใส่เป็นสมาชิกในกลุ่ม ตามเกณฑ์คุณสมบัติที่กำหนดขึ้นในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เช่น กลุ่มยาที่มีฤทธิ์ทำลายประสาท กลุ่มยาที่มีฤทธิ์ทำลายตับ และกลุ่มยาฆ่าเชื้อ

3.2 จัดหมวดหมู่ (Category) หมายถึง การจัดกลุ่มข้อมูลที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กัน อยู่ภายใต้กลุ่มเดียวกัน เพื่อง่ายต่อการค้นหาข้อมูลและดูเนื้อหาในเรื่องที่เกี่ยวข้อง ทำได้โดยการระบุหมวดหมู่ของเรื่องนั้น สิ่งนั้นภายใต้เนื้อหาหัวข้อที่สัมพันธ์กัน เช่น รายจ่ายค่าตอบแทน และรายจ่ายค่าเช่าซื้อ

3.3 จัดประเภท (Classification) หมายถึง การแบ่งแยกประเภท เพื่อแยกออกเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ มักใช้กับการแบ่งแยกประเภทสิ่งที่มีจำนวนมากและมีลักษณะที่หลากหลาย

Richmond (2000, อ้างถึงใน พงศ์นที สัตยเทวา, 2555, pp. 25-26) ได้ระบุถึงกระบวนการคิดเชิงระบบว่ามีขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

1. ระบุและนิยามปัญหาให้ชัดเจน
2. กำหนดสมมติฐานหรือสร้างแบบจำลอง
3. การทดสอบสมมติฐานหรือการทดสอบแบบจำลอง
4. การปฏิบัติหรือการสื่อสารเพื่อการเปลี่ยนแปลง

จากหลักการความสามารถการคิดเชิงระบบที่นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสังเคราะห์ ดังตารางที่ 7



ตารางที่ 7 ความสามารถในการคิดเชิงระบบ

อุทัย บุญประเสริฐ (2539)	มนตรี แย้มกสิกร (2546)	ปิยนารถ ประยูร (2548)	มกราพันธุ์ จตุระสกล (2551)	กนก จันทร์ (2561)	Anderson and Johnson (1997)	Richmond (2000)	สรุป
1. จะต้อง ทราบปัญหาที่ จะต้องแก้ไขให้ แจ่มชัด	1. มอง ปัญหาเป็น ภาพใหญ่ หรือมอง ภาพแบบ องค์รวม	1. การคิดเชิง เครือข่าย	1. การกำหนด ประเด็นปัญหา	1. คิด วิเคราะห์ความ เชื่อมโยงของ สถานการณ์	1. การกำหนด รูปแบบของ ปัญหา	1. ระบุและ นิยามปัญหา ให้ชัดเจน	1. คิด วิเคราะห์ ความ เชื่อมโยงของ สถานการณ์
2. คิดหาวิธีการ ในการแก้ไข	2. พิจารณา การ แก้ปัญหา ระยะสั้น และระยะ ยาว	2. การมอง ระบบใหญ่สู่ ระบบย่อย	2. การ วิเคราะห์ ปัจจัยย่อย	2. พิจารณา องค์ประกอบ ย่อย	2. การบังคับตัว แปรหลักใน สถานการณ์	2. กำหนด สมมติฐาน	2. พิจารณา องค์ประกอบ ย่อย
3. เลือกวิธีการ ใดวิธีการหนึ่ง	3. หาความ สัมพันธ์ เชื่อมโยง อย่างสมเหตุ สมผล	3. การคิด สัมพันธ์กับ บริบท สิ่งแวดล้อม	3. หาความ สัมพันธ์ ระหว่าง ปัจจัยย่อย	3. คิดย้อนกลับ เรื่องราว การเชื่อมต่อ ระหว่าง ส่วนต่าง ๆ	3. การสร้าง กราฟ พฤติกรรมของ ตัวแปรตลอด ช่วงเวลา	3. การ ทดสอบ สมมติฐาน หรือการ ทดสอบ แบบจำลอง	3. คิด ย้อนกลับ เรื่องราว การ เชื่อมต่อ ระหว่างส่วน ต่าง ๆ
4. ประเมินผล การปฏิบัติ		4. การคิดเชิง สัมพันธ์และ ย้อนกลับ ระหว่าง ส่วนประกอบ	4. สังเคราะห์ วงจรปัญหา	4. สร้างวงจร ย้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	4. การสร้าง แผนภูมิวงรอบ เหตุและผล	4. การปฏิบัติ หรือการ สื่อสาร เพื่อการ เปลี่ยนแปลง	4. สร้างวงจร ย้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น
5. รับข้อมูล ย้อนกลับและ ปรับระบบ ต่อไป		5. การคิด อย่างเป็น กระบวนการ					

จากตารางที่ 7 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนการคิดเชิงระบบจากนักวิชาการหลายท่าน โดยขั้นตอนของ กนก จันทรา (2561, p. 109) มีความสอดคล้องกับเนื้อหาทางภูมิศาสตร์และการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบมากที่สุด เนื่องจากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับมลพิษทางสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ จะเป็นการศึกษาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และนำสถานการณ์นั้นมาพิจารณาถึงองค์ประกอบที่เข้ามาเกี่ยวข้องจนก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งการเชื่อมโยงการก่อให้เกิดผลกระทบไปยังสถานการณ์มลพิษต่าง ๆ มี 4 ขั้นตอน ที่ช่วยในการศึกษามลพิษทางสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบได้ คือ 1) คิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ 2) พิจารณาองค์ประกอบย่อย 3) คิดย้อนกลับเรื่องราว การเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ และ 4) สร้างวงจรย้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น โดยการให้ผู้เรียนย้อนกลับความคิดของตนเอง Feedback กลับมายังครูผู้สอนถึงเนื้อหาในการเรียน ว่าคิดอย่างไร และให้ผู้เรียนเชื่อมโยงแต่ละองค์ประกอบส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบถัดไปและส่งผลกระทบกลับมาถึงองค์ประกอบแรกอย่างไร

### ทักษะที่มีความจำเป็นต่อผู้เรียนในการฝึกการคิดเชิงระบบ

Tony Buzan(2000: 6, อ้างถึงใน พชรมณต์ หมวดนุ้ม, 2555, p. 47) ได้เสนอกฎเกณฑ์ของแผนผังทางปัญญา (Mind Map Laws) การสร้างแผนผังทางปัญญามีกฎเกณฑ์กำหนดลักษณะพื้นฐานไว้ 2 ส่วน คือ

1. กฎเกณฑ์เทคนิค (Techniques) แผนผังทางปัญญาเป็นเครื่องมือที่อาศัยเทคนิคที่ช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการคิดเพิ่มขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะพื้นฐานที่ต้องมีแผนผังทางปัญญาทุกแผนผัง ดังนี้

1.1 ใช้การเน้น (Use Emphasis) ผู้สร้างแผนผังทางปัญญาจะเน้นถึงความสำคัญของความคิดในแผนผังโดยผ่านทางองค์ประกอบต่าง ๆ

1.2 ใช้การเชื่อมโยงสัมพันธ์ (Use Association) ในการสร้างแผนผังทางปัญญาต้องอาศัยความเชื่อมโยงของความคิดที่สามารถถ่ายทอดออกมาด้วยการใช้เทคนิคต่าง ๆ

2. กฎเกณฑ์แบบแผนของแผนผังทางปัญญา (Layout) การสร้างแผนผังทางปัญญานอกจากใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อช่วยให้แผนผังมีประสิทธิภาพแล้ว ยังต้องอาศัยการวางรูปแบบของแผนผังที่ดีอีกด้วย ได้แก่ การใช้การเรียงลำดับชั้นของความคิด (Use Hierarchy) ในการสร้างแผนผังทางปัญญาต้องมีการเรียงลำดับการคิดก่อนหรือหลังในเรื่องต่าง ๆ และการใช้การเรียงลำดับเกี่ยวกับตัวเลข (Use Numerical Order) การสร้างแผนผังทางปัญญาในงานบางอย่าง เช่น การพูดการเรียงความและการตอบข้อสอบ ต้องมีลำดับชั้นในการเขียนหรือการพูดตัวเลขเป็นสัญลักษณ์ที่จะอ้างอิงถึงขั้นตอนได้เป็นอย่างดี

วัลย์พร ประสานพันธ์ (2559, pp. 29-35) และพชรภรณ์ หมวดน่วม (2555, pp. 47-50) ได้เสนอแนวคิดไว้ว่า ในการฝึกคิดเชิงระบบนั้นควรฝึกทักษะที่มีความจำเป็น ดังนี้

1. การลากเส้น (Causal Loops) เป็นวิธีการลากเส้นเพื่อค้นหาความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ค้นหาสาเหตุและผลในการเกิดขึ้นขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบ และการค้นหาความเป็นเหตุเป็นผลไม่ใช่การนำองค์ประกอบต่าง ๆ มากองรวมกัน ผู้สอนจะต้องใช้วิธีการลากเส้นในรูปแบบของการตั้งคำถามถึงซึ่งทำให้เกิดปัจจัยหรือองค์ประกอบนั้น การตั้งคำถามจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแต่ละส่วน ทำให้เห็นความเชื่อมโยงของความคิดว่า เพราะสิ่งนั้นมีสิ่งนี้จึงเกิดขึ้นได้อย่างไร การค้นหาเหตุด้วยวิธีการลากเส้น จึงเป็นหนึ่งในวิธีการฝึกฝนของวิธีคิดอย่างเป็นระบบและเป็นพื้นฐาน การเล่าเรื่องโดยการลากเส้น ดังตัวอย่างหนึ่งในวิธีการลากเส้น คือ

1.1 วิธีการลากเส้นเราจะเริ่มจากผลลัพธ์สุดท้ายที่คาดหวัง แล้วเขียนผลลัพธ์นั้นลงไปในกระดาษ

1.2 ตั้งคำถามย้อนกลับง่าย ความสำเร็จตามผลลัพธ์นั้นมีปัจจัยอะไรบ้าง โดยเลือกเฉพาะคำตอบที่สำคัญ วาดลงไปบนกระดาษเพื่อให้การลากเส้นชัดเจน ไม่สับสน

1.3 สุดท้ายจะได้รูปภาพที่บ่งบอกถึงสาเหตุของความสำเร็จของผลลัพธ์

2. ทักษะการตั้งคำถาม (Inquiry) การจะตั้งคำถามได้ลึกซึ้ง แหวมคม ผู้ตั้งคำถามต้องใส่ใจในเรื่องที่กำลังศึกษาเรียนรู้และจับประเด็นได้เป็นอย่างดี มีความละเอียดอ่อนและไวในการรู้ สามารถตั้งคำถามที่จะนำไปสู่ความจริงที่ต้องการค้นหาได้ ดังนั้นการจัดกระบวนการเรียนการสอนจะต้องเน้นกระบวนการสืบสวน (Inquiry-Based Instruction) ซึ่งมีดังต่อไปนี้

2.1 หลักการ การสืบสวนด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) เป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการแสวงหาข้อความรู้ต่าง ๆ คำถามที่เหมาะสมจึงจะสามารถนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบข้อความรู้ใหม่ ๆ ได้

2.2 นิยาม การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการสืบสวน หมายถึง การคิดเป็นการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบด้วยตนเอง ผู้สอนเพียงแต่อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเท่านั้น

2.3 ตัวบ่งชี้ ต้องมีกระบวนการเรียนรู้ กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการวิเคราะห์ในเรื่องที่เรียนจนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการสืบเสาะหาคำตอบได้ด้วยตนเอง ผู้สอนพัฒนาทักษะที่จำเป็นแก่ผู้เรียนได้ทักษะการสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์สิ่งที่อ่าน การสังเคราะห์ข้อมูล การสรุปผลและนำเสนอและการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

3. ทักษะการคิดทบทวน (Reflection) คือ การคิดไตร่ตรองในเรื่องราวใด ๆ อย่างครุ่นคิดพินิจพิเคราะห์ ซึ่งต้องใช้ความสงบและมีสมาธิ เมื่อเราทำสิ่งใดหรือมีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้น เราควรให้เวลาใคร่ครวญด้วยจิตใจที่สงบ ไม่มีความโกรธหรืออารมณ์อื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง อาจทำให้เราค้นพบบางสิ่งบางอย่างที่ซ่อนอยู่บางอย่างที่เราไม่อาจมองเห็นด้วยสายตาแต่เราสัมผัสได้ เมื่อมีความสงบ ความมีสมาธิเข้ามาท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงที่ดูเหมือนสับสน โลกมีการหมุนอยู่ตลอดเวลา ทุกอย่างมีการเปลี่ยนแปลง หากเราตามการเปลี่ยนแปลงอย่างรู้เท่าทัน มีสติ พินิจพิเคราะห์ในเหตุการณ์ที่เข้ามาในชีวิต เมื่อเผชิญสถานการณ์นั้นให้การหยุดคิดเพื่อครุ่นคิด ผึกฝนตนเองบ่อยๆ ใช้ทักษะการคิด ทบทวนในทุกวัน ทุกครั้งเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมต่างๆ ก็จะทำให้ค้นพบความเป็นเหตุเป็นผลที่ซ่อนอยู่ที่แม้แต่ตัวเราเองก็อาจคาดไม่ถึงคำถามที่คนจะฝึกทักษะการคิด ทบทวนจะต้องถามตนเองเสมอ คือ ทำอย่างไรจึงจะระงับอารมณ์โกรธหรืออารมณ์อื่น ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องได้ พุทธศาสนาสอนการฝึกสติด้วยการนั่งสมาธิ พิจารณาไตร่ตรองแต่ไม่ได้หมายความว่า ศาสนาอื่นจะทำได้ เพราะการฝึกสติให้กำหนดรู้ไม่ใช่หลักศาสนาใดศาสนาหนึ่งเพียงแต่เราจะนำมาใช้ด้วยวิธีการใดๆ ที่จะทำให้จิตใจจดจ่อกับกิจกรรมที่เราทำ

4. ทักษะการนำเสนอ (Advocacy) การนำเสนอ การผลักดันความคิด การเปิดเผย อธิบายความคิด มักเกี่ยวข้องกับ “ภาษา” เสมอ เพราะภาษาจะเป็นสื่อในการอธิบายความคิดหรือระบบความคิดที่ซับซ้อนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ไม่เพียงแต่การใช้ภาษาพูดเท่านั้น แต่วิธีคิดอย่างเป็นระบบ จะต้องฝึกการให้คำอธิบายด้วยการลากเส้นด้วยภาพวาดด้วยการเล่าเรื่อง เพียงแต่เราต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมหากเราอธิบายเรื่องที่ซับซ้อนด้วยการแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงว่าอะไรไปสู่อะไร มีผลลัพธ์ออกมาอย่างไรบ้างด้วยถ้อยคำที่กระชับ เข้าใจง่ายและมีภาพรวม จะทำให้เรื่องที่ดูเหมือนจะยากกลายเป็นเรื่องง่าย ๆ ดังนั้นการพัฒนาทักษะการนำเสนอการคิดอย่างเป็นระบบ ครู/ผู้สอนต้องพัฒนาทักษะกระบวนการให้เป็น “วิทยากรกระบวนการ (Facilitator)” ให้ผู้เรียนได้กระทำการคิดด้วยตนเองและสะท้อนผลการทบทวนการคิดนั้นบ่อย ๆ ทุกช่วงกระบวนการเรียนรู้หรือฝึกให้ผู้เรียน นำการครุ่นคิดไปใช้กับชีวิตประจำวัน โดยการนำหลักการ ทักษะการตั้งคำถาม ทักษะการคิดทบทวน และทักษะการนำเสนอความคิดของตนมาใช้อย่างถ่องแท้กับสิ่งที่ได้เรียนรู้เช่นเดียวกับหลักพระพุทธศาสนาที่เรียกว่า “โยนิโสมนสิการ” คือ การคิดแบบแยกแยะ พิจารณาสีต่าง ๆ อย่างมีสติอยู่เสมอจะทำให้เราไม่ผิดพลาดง่าย ๆ หรือทำผิดซ้ำแล้วซ้ำอีก แต่ตรงกันข้ามจะทำให้คนเราบรรลุเป้าหมายตามวิสัยทัศน์ที่วางไว้เป็นอย่างดี



5. การป้อนกลับของเรื่องราว (Feedback) การป้อนกลับ หมายถึง การตอบสนองจากผลของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นดั่งการเชื่อมต่อ 2 ทาง (Two Way Link) การป้อนกลับเป็นวงจร ฉะนั้นการคิดในลักษณะที่มีการป้อนกลับจึงเป็นเสมือนการคิดเป็นแบบวงกลม (Thinking in Circles) นั่นเอง การค้นพบวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ของแนวคิดไซเบอร์เนติกส์ (Cybernetics) เกี่ยวกับการเชื่อมโยงของระบบในลักษณะที่แต่ละองค์ประกอบส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบถัดไป จนกระทั่งองค์ประกอบสุดท้าย “ป้อน” ผลกระทบ “กลับ” มาถึงองค์ประกอบแรก ของระบบเรียกว่า การป้อนกลับ (Feedback)

ในวงการต่าง ๆ มักใช้คำนี้ เช่น วงการสื่อสารมวลชนที่เมื่อสื่อสารไปยังผู้รับสารแล้ว จะมีการ Feedback จากผู้รับสารว่าเป็นอย่างไร การป้อนกลับซึ่งเป็นการสื่อสาร 2 ทางในกระบวนการเรียนรู้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนก็เช่นกัน เมื่อผู้สอนได้บรรยายเนื้อหาให้กับผู้เรียนแล้ว จำเป็นต้องให้ผู้เรียน Feedback กลับมาว่าคิดอย่างไร การให้ข้อมูลป้อนกลับจะช่วยประเมินการคิดของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี แต่ในสังคมไทยมักจะมีปัญหาในการกล้าแสดงความคิดเห็นของผู้เรียน ดังนั้นครูควรกระตุ้นและสร้างบรรยากาศที่เป็นมิตรเพื่อให้ผู้เรียนกล้าแสดงออกและบอกกับผู้เรียนว่า คำตอบที่ถูกต้องที่สุดไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว

5.1 วงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหรือระหว่างสิ่งต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่ทางเดียว (One Way) เพียงแต่การป้อนกลับไม่ได้ป้อนกลับอย่างเฉียบพลัน แต่อาจป้อนกลับแบบเจียบ ๆ แล้วผลของการป้อนกลับก็จะมีผลแตกต่างกัน คำวิจารณ์ใด ๆ ที่มีอยู่ประจำในชีวิตประจำวันนั้น จริง ๆ แล้วก็คือ ข้อมูลที่อยู่ในกระบวนการของการป้อนกลับ (Feedback) โดยเป็นที่ยอมรับว่าจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การทบทวนหรือการประเมินผลงานประจำปีก็เป็นผลสะท้อนอย่างหนึ่งที่จะทำให้บุคคลต้องเปลี่ยนวิธีการทำงานหรืออาจจะเป็นแรงจูงใจให้เขาบรรลุความสำเร็จในขั้นที่สูงขึ้นไปอีกหรือไม่อาจจะทำให้เขาขาดกำลังใจหรือท้อแท้

5.2 การป้อนกลับแบบเพิ่มทวีคูณ (Reinforcing Feedback) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการป้อนกลับของระบบได้เพิ่มขยายมากกว่าตอนต้น การขยายกำลังออกไปในทิศทางเดียวกัน ยิ่งมีการป้อนกลับมากขึ้นเพียงใดมันก็จะยิ่งขยายกำลังไปเรื่อย ๆ

การป้อนกลับแบบเพิ่มกำลังทวีคูณ มีทั้งทางบวก (ด้านดี) และทางลบ (ด้านไม่ดี) หากมองในทางบวก เช่น เรามีวิทยากรฝึกอบรมที่มีความสามารถในการถ่ายทอดเรื่องการพัฒนาคุณภาพการคิดอยู่ 5 คน แล้ววิทยากรทั้ง 5 คนนี้ ไปฝึกคนอื่นอีกคนละ 10 คน ก็จะมีคนเข้าใจ และอบรมวิธีการพัฒนาคุณภาพการคิดได้ถึง 50 คน เป็นต้น

ดังนั้นการฝึกฝนวิธีคิดการป้อนกลับ จะช่วยให้เข้าใจเหตุการณ์ต่าง ๆ และทำให้เราเห็นว่าบางเรื่องเป็นเหตุการณ์เล็ก ที่เกิดขึ้นคล้ายกับ “น้ำผึ้งหยดเดียว” แต่อาจทำให้เหตุการณ์บานปลายและลุกลามได้ เพราะคนขาดความสนใจ แต่หากเรารู้เรื่องการป้อนกลับแบบเพิ่มกำลังทวีคูณ จะทำให้เราแก้ไขเหตุการณ์เล็ก ๆ ได้ทันเวลา ไม่รอเหตุการณ์บานปลายจนกระทั่งกลายเป็นเหตุการณ์ใหญ่

5.3 การป้อนกลับแบบสมดุล (Balancing Feedback) เป็นการป้อนกลับตรงกันข้ามกับการป้อนกลับแบบเพิ่มกำลังทวีคูณ เพราะการป้อนกลับแบบนี้จะไม่ทำให้เกิดการบานปลาย แต่จะทำให้ผลกระทบน้อยลงและกลับคืนสู่สมดุล หรือการป้อนกลับแบบสมดุลจะพบเห็นในระบบธรรมชาติ เช่น เมื่อถึงฤดูแล้งต้นไม้ในป่าต่างสลัดใบ เพื่อให้การใช้น้ำลดลง เนื่องจากฤดูแล้งมีปริมาณน้ำน้อย แต่เมื่อถึงฤดูฝนต้นไม้ในป่าต่างเขียวชอุ่มเพราะมีน้ำมาช่วยให้พื้นดินชุ่มชื้นและต้นไม้ต่างมีน้ำหล่อเลี้ยง ดังนั้นสิ่งเหล่านี้เป็นวัฏจักรของธรรมชาติ แต่ในขณะเดียวกันหากต้นไม้ถูกตัดทำลายสภาพของดินก็จะเปลี่ยนแปลงแห้งแล้ง ความชุ่มชื้นในดินก็จะหายไป หากต้องการคืนความชุ่มชื้นให้ดินก็ต้องรักษาป่าไว้

การป้อนกลับแบบสมดุล เทียบได้กับการรักษาความสมดุลของธรรมชาติ ซึ่งจะดีไม่ตื้นขึ้นขึ้นอยู่กับสถานการณ์ แต่ความสมดุลของธรรมชาติมักจะเป็นเรื่องดี เช่น การปลูกป่าทดแทน การงดจับสัตว์น้ำในฤดูวางไข่ แต่มนุษย์มักฝืนธรรมชาติจนทำให้ธรรมชาติเสียสมดุล และอาจเกิดการขยายกำลังในธรรมชาติเพื่อจะคืนความสมดุลอีกครั้ง มนุษย์จึงต้องเจอกับปรากฏการณ์น้ำป่า ไฟป่า ความแห้งแล้ง เพื่อที่จะให้ธรรมชาติได้ฝึกล้อมเลียวยาตนเองให้คืนสู่ความสมดุลอีกครั้ง

ส่วนการป้อนกลับแบบสมดุลในด้านลบ เช่น ระบบราชการ บางหน่วยงานบางองค์กร เวลาที่มีกลุ่มคนที่อยากจะทำสิ่งดี ๆ ให้เกิดขึ้นก็จะมีบางพวกคอยต่อต้านเอาไว้ทำให้การขับเคลื่อนที่จะทำสิ่งดี ๆ เป็นไปได้ยาก แนวคิดเรื่องการปฏิรูประบบราชการหรือแนวคิดเรื่องการปฏิรูปขององค์กรให้เป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ จึงยังไม่ประสบความสำเร็จเพราะว่าระบบโดยส่วนใหญ่จะยังรักษาระบบเดิมไว้ไม่ให้ใครมาทำลาย การเปลี่ยนแปลงจึงเป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะระบบที่เกี่ยวข้องกับคนส่วนมากและมีแนวคิดที่หลากหลาย แต่หาความลงตัวแบบสร้างสรรค์ร่วมกันไม่ได้

สรุปได้ว่า ทักษะในการฝึกการคิดเชิงระบบที่ผู้เรียน ควรฝึก ได้แก่ 1) การลากเส้นเพื่อเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ 2) การตั้งคำถามเพื่อเป็นแนวทางไปสู่คำตอบ ค้นหาสิ่งที่สนใจในการศึกษาได้ตรงประเด็น 3) การคิดทบทวน ตรวจสอบ พิจารณาความถูกต้อง ความเป็นเหตุเป็นผล 4) การนำเสนอ โดยการการอธิบายเล่าเรื่องราว โดยใช้การลากเส้นภาพวาด ซึ่งจะต้องนำเสนอด้วยถ้อยคำกระชับ เข้าใจง่ายและมองเห็นภาพรวม 5) การย้อนกลับเรื่องราว เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบ เป็นการประเมินการคิดของผู้เรียน

### ความจำเป็นและความสำคัญของการคิดเชิงระบบ

พชรมณท์ หมวดนุ่น (2555, pp. 51-52) ได้กล่าวถึงความสำคัญและประโยชน์จากการคิดเชิงระบบไว้ว่า การคิดเชิงระบบจะทำให้ผู้เรียนคิดได้มากกว่าการคิดวิเคราะห์ เพราะการคิดวิเคราะห์จะต้องมีสมมติฐานว่า ขณะศึกษานั้น สรรพสิ่งจะหยุดนิ่ง ทำให้ถอดองค์ประกอบของสิ่งที่น่าสนใจวิเคราะห์ออกได้เป็นส่วน ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบมิได้เป็นสิ่งสำคัญ แต่ในความเป็นจริงแล้ว โลกเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็ระบบชีวิต ระบบครอบครัว ระบบทำงาน ระบบสังคม ระบบชุมชน การคิดเชิงระบบจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดที่ต่างไปจากเดิม คือ

1. มองเห็นโลกรอบตัวเองเป็นองค์รวมมากกว่าการเห็นเพียงเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง เห็นความเป็นกระบวนการที่เป็นพลวัตมากกว่าภาพนิ่งของชีวิต (Snapshots)
2. เห็นและเกิดความตระหนักว่าส่วนย่อยของระบบมันทำงานร่วมกันอย่างไร แทนที่จะมองเป็น “การสะสม” (Collection) โดยไม่มีการเกี่ยวข้องปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน
3. เห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยว่ามีอิทธิพลต่อแบบแผนพฤติกรรมและเหตุการณ์ได้อย่างไร
4. ช่วยให้เราเข้าใจชีวิตที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
5. ช่วยให้เราเข้าใจผลกระทบที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่างเวลา ที่มีอิทธิพลต่อกัน แม้ว่าเหตุการณ์แรกเกิดขึ้นนานแล้ว
6. ทำให้รู้ว่าอะไรที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา ล้วนขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเราในระบบขณะนั้นด้วย
7. เกิดการทำลายสมมติฐานเดิมของเราที่พยายามเข้าถึงความจริงที่ว่า โลกทำงานอย่างไร (How the World Works) เป็นการตั้งคำถามที่รอการตรวจสอบภาพจำลองความคิด (Mental Models) ที่เรามีต่อโลก ซึ่งภาพจำลองความคิดแบบเดิม จะทำให้เรา “จำกัด” ศักยภาพของตนในการจะเข้าถึงความจริงได้
8. ทำให้เราเริ่มคิดว่า ผลการกระทำของตนเองจะมีผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวต่อระบบอย่างไรบ้าง

9. หากคิดเป็นระบบ เราจะไม่หาแพะรับบาป แต่จะหาวิธีการที่จะช่วยแก้ปัญหาด้วยตนเองในฐานะที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสิ่งนั้น ด้วยการตั้งคำถามใหม่ ว่าเราจะช่วยกันแก้ปัญหาที่เรามี ส่วนเกี่ยวข้องได้อย่างไร

วัลย์พร ประสานพันธ์ (2559, p. 39) พชรมณต์ หมวดนุ้ม (2555, pp. 51-52) และ ชัยวัฒน์ ธีระพันธ์ (2548, p. 38) กล่าวถึง การคิดเชิงระบบในการทำงานเกี่ยวกับว่าจะทำให้เราคิดได้มากกว่า “การคิดวิเคราะห์” เพราะหากผู้สอนได้ฝึกตนเองให้เกิดการเรียนรู้แล้วย่อมเกิดคุณูปการจากการฝึกฝน เกิดสติ ปัญญา จริยธรรม คุณธรรม หากเราคิดใช้วิธีคิดเชิงระบบจะทำให้เราคิดได้ครบถ้วน มองเห็นภาพรวมทั้งหมด คาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถ่องแท้ในการแก้ปัญหาหลายประการ ดังนี้

1. มองเห็นโลกรอบตัวเป็นองค์รวม
2. ตระหนักถึงการทำงานของส่วนย่อยของระบบว่าทำงานอย่างไรและมองเห็นว่าระบบไม่ใช่การสะสม (Collection) องค์ประกอบต่าง ๆ ไว้ด้วยกัน
3. มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยต่าง ๆ ในระบบว่ามีอิทธิพลต่อแบบแผนพฤติกรรม (Pattern of Behavior) และเหตุการณ์ของระบบได้อย่างไร
4. มีความเข้าใจ “ชีวิต” ว่ามีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ไม่หยุดนิ่ง
5. การเข้าใจเหตุการณ์หนึ่ง ย่อมส่งผลต่ออีกเหตุการณ์หนึ่งถึงแม้จะอยู่ต่างช่วงเวลากัน
6. ทำให้เราเข้าใจว่า “เรา” เป็นส่วนหนึ่งของระบบ
7. ทำให้เกิดการตั้งคำถามกับตนเองตลอดเวลาเพื่อการตรวจสอบสมมติฐานเดิม ทำให้ไม่จำกัดศักยภาพในภาพเดิม ๆ
8. ตระหนักถึงการกระทำของตนที่ย่อมส่งผลต่อคนอื่น ๆ ไม่ว่าจะระยะสั้นหรือระยะยาว
9. ทำให้เกิดความรับผิดชอบต่อการกระทำของตนแทนที่จะหาแพะรับบาปเมื่อเกิดผลที่ไม่ต้องการ แต่จะหาวิธีการที่จะช่วยแก้ปัญหาด้วยตนเอง ในฐานะที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสิ่งนั้น ด้วยการตั้งคำถามใหม่ว่า เราจะช่วยแก้ปัญหาที่เรามีส่วนเกี่ยวข้องได้อย่างไรด้วยเริ่มที่มองความรับผิดชอบของตน

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2561, pp. 104-105) ได้กล่าวถึงความจำเป็นของการคิดอย่างเป็นระบบ ไว้ดังนี้

1. เข้าใจเหตุและผลของสิ่งที่เกิดขึ้น
2. มีหลักในการคิด มีเหตุผลหนักแน่นรองรับเรื่องต่างๆ อย่างสอดคล้องตลอดทาง
3. อธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ว่า ใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไหร่ อย่างไร เพราะเหตุใด
4. เข้าใจโลกและสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น เข้าใจความแตกต่างการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
5. วิเคราะห์อดีต เข้าใจปัจจุบัน และคาดการณ์อนาคตได้
6. รู้ว่าเมื่อสิ่งนี้เกิดขึ้น อะไรจะเกิดขึ้นตามมา เพราะเหตุใด

Senge (1999, p. 12) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดเชิงระบบ ที่มีต่อองค์กรแห่งการเรียนรู้ไว้ในหนังสือ “The Fifth Discipline” ว่าเป็นวินัยประการที่ 5 ของวินัยทั้งหมดสำหรับการเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ (Learning Organization) เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1. การคิดเชิงระบบเป็นวินัยที่บูรณาการวินัยทั้งหมดเข้าด้วยกัน เป็นวินัยที่เชื่อมองค์ความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติ ถ้าปราศจากการคิดเชิงระบบ จะทำให้ขาดแรงจูงใจในการเชื่อมโยงวินัยทั้งหมดในลักษณะของความเป็นองค์รวม และขาดความเข้าใจเรื่องการก้าวไปสู่อนาคตจากภาวะที่เป็นอยู่

2. หัวใจขององค์กรแห่งการเรียนรู้คือการเปลี่ยนความคิดจากการมองตนเองแยกจากโลกมาสู่การเชื่อมโยงตนเองเข้าหาโลก และเปลี่ยนจากการมองว่าปัญหาเกิดจากใครบางคนหรือบางสิ่งมาเป็นการมองว่าการกระทำที่มาจากความคิดของตนเป็นตัวทำให้เกิดปัญหาได้อย่างไร

3. สาเหตุที่การคิดเชิงระบบเป็นวินัยประการที่ 5 เนื่องจากการคิดเชิงระบบเป็นรากฐานที่นำไปสู่ทุกวินัยแห่งการเรียนรู้ ซึ่งต้องตระหนักถึงการเปลี่ยนความคิดจากการมองแยกส่วนเป็นการมองภาพรวม เปลี่ยนจากการมองว่าบุคคล คือผู้ที่ต้องการความช่วยเหลือมาเป็นการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในความเป็นจริง จากการใช้ปฏิกริยาตอบสนองมาเป็นการนำเสนอภาพอนาคตการคิด เชิงระบบจึงเป็นหลักการพื้นฐานขององค์กรแห่งการเรียนรู้ว่าคิดเกี่ยวกับโลกอย่างไร

4. การคิดเชิงระบบเป็นภาษาสากล เป็นเครื่องมือการแก้ปัญหาที่ทรงพลังสำหรับการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดในเรื่องราวหรือประเด็นที่ซับซ้อน ภาษาสำหรับการคิดเชิงระบบเป็นภาษาวงกลมที่แสดงถึงเหตุและผล โดยที่ปัจจัยทั้งหลายนั้นอาจเป็นทั้งเหตุและผลในตัวเอง เครื่องมือของการคิดเชิงระบบทั้ง Causal Loop Diagram, Archetypes and Computer Model จึงเป็นการนำเสนอเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทั้งสิ้น

5. การคิดเชิงระบบเป็นทั้งวิธีการ หลักการ และเครื่องมือที่ทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ของสรรพสิ่ง และมองว่าแต่ละสิ่งนั้น คือ ส่วนหนึ่งของกระบวนการ

สรุป ความจำเป็นและความสำคัญของการคิดเชิงระบบ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดได้อย่างครบถ้วน เข้าใจเหตุผลของสิ่งที่เกิดขึ้นบนโลกและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ มองเห็นความสัมพันธ์ของเหตุการณ์เรื่องราว เพื่อเกิดความตระหนักถึงการกระทำของตนที่ส่งผลต่อคนอื่น ๆ และเกิดความรับผิดชอบต่อสังคมส่วนรวม



## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้างานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกและการคิดเชิงระบบ ดังนี้

### งานวิจัยภายในประเทศ

#### งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

ศิธร จุฑารัตน์ (2549, pp. 78-81) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวรรณคดีไทยและความสามารถทางการอ่านอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิชาวรรณคดีไทยและความสามารถทางการอ่านอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดีไทยหลังเรียนของผู้ที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ผู้เรียนมีความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนของผู้ที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดีไทยของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วรรณช ธรรมมงคลเดช (2553, pp. 83-94) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการสอนการออกแบบผ้าพิมพ์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาในหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลการสอนการออกแบบผ้าพิมพ์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาในหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาในหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิตชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาออกแบบสิ่งทอ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ผลการเรียนรู้เรื่องการออกแบบผ้าพิมพ์หลังเรียนของนักศึกษาในหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิตที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึก มีคะแนนเฉลี่ยทางด้านทักษะพุทธิพิสัยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในด้านทักษะพิสัยและด้านจิตพิสัย มีผลการเรียนรู้อยู่ในระดับดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสอนการออกแบบผ้าพิมพ์โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึก ทำให้นักศึกษามีพัฒนาการเรียนรู้ในด้านกระบวนการคิดที่เป็นระบบความสามารถในการออกแบบและพฤติกรรมในชั้นเรียนได้ดีขึ้น



มโนทย์ ชูพรหม (2554, pp. 101-106) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม การคิดวิเคราะห์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิก ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิกมีความคงทนในการเรียนรู้นานกว่า

สุรัสวดี นราพงศ์เกษม (2557, pp. 71-73) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการเขียนบทความโดยใช้วิธีสอนแบบสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญา สำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนบทความของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ก่อนและหลังการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญา และศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนแบบสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษารายวิชา 2100102 การพัฒนาทักษะการพูดและการเขียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญา มีความสามารถในการเขียนบทความสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักศึกษามีความพึงพอใจต่อวิธีการสอนแบบสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาในระดับมาก

อรอนงค์ สุดสวาด (2559, pp. 86-89) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สถานการณ์และวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมและทักษะการประเมินของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สถานการณ์และวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมและทักษะการประเมินของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และทักษะการประเมินของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญา ในภาพรวมมีพัฒนาการทักษะการประเมินเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับในด้านการจำแนกแยกแยะข้อมูลมีคะแนนครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 4 เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ โดยคะแนนครั้งที่ 1 น้อยสุด เมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่นๆ แต่มีพัฒนาการที่ดีขึ้นในครั้งต่อ ๆ ไป

ในด้านการตรวจสอบยืนยันความจริง มีคะแนนครั้งที่ 1 สูงกว่าด้านการจำแนกแยกแยะข้อมูล แต่น้อยกว่าด้านการกำหนดเกณฑ์ โดยมีคะแนนเท่ากันในครั้งที่ 2 และ 3 แต่ในครั้งที่ 4 คะแนนด้านการตรวจสอบยืนยันความจริงน้อยกว่าด้านจำแนกแยกแยะข้อมูล และด้านการกำหนดเกณฑ์ มีคะแนนครั้งที่ 1 สูงสุด และมีคะแนนเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ โดยในครั้งที่ 4 สรุปได้ว่า ผลคะแนนด้านการจำแนกแยกแยะข้อมูลสูงสุด รองลงมาคือด้านการกำหนดเกณฑ์ และด้านการตรวจสอบยืนยันความจริง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกในข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น จึงเหมาะสมในการนำมาพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

#### งานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ

สรลาลี โชติติลล (2548, pp. 53-55) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยรูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูงของนักเรียนด้วยรูปแบบการสอนแบบ STIM และเปรียบเทียบทักษะกระบวนการคิดระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนแบบ STIM กับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย แบ่งกลุ่มทดลองจำนวน 50 คน ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการสอนแบบ STIM และกลุ่มควบคุมจำนวน 50 คน ได้รับการสอนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบประเมินผลทักษะความคิด โดยประเมินจากแผนที่ความคิดของนักเรียนก่อนการทดลองและหลังการทดลอง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ANCOVA ผลการศึกษาพบว่า คะแนนทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงจากแบบประเมินทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงของนักเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มทดลองและคะแนนของกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมใจ เจียรพงษ์ (2553, p. 91) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมและการคิดอย่างเป็นระบบ วิชาการสื่อสารทางการพยาบาล โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผนการสอนแบบบูรณาการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมและการคิดอย่างเป็นระบบ วิชาการสื่อสารทางการพยาบาล และเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พัฒนาการกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและพัฒนาคุณลักษณะคุณธรรมจริยธรรมของผู้เรียน 3 ด้าน ได้แก่ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และความเอื้ออาทร กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551

วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนีขอนแก่น จำนวน 117 คน มีการดำเนินการวิจัย 2 วงจรวิจัย คือ วงจรที่ 1 เตรียมความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียนให้มีความรู้และความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยสอดแทรกคุณธรรมและการคิดอย่างเป็นระบบ และวงจรที่ 2 พัฒนาผู้เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรม และการคิดอย่างเป็นระบบ เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินการคิดอย่างเป็นระบบ แบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลด้านคุณธรรมจริยธรรมและแบบบันทึกการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำหนดเกณฑ์รอบรู้ในเนื้อหาอย่างน้อยร้อยละ 60 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) สำหรับผลการวิจัยจากวงจรวิจัยที่ 1 พบว่าทีมผู้สอนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมและการคิดอย่างเป็นระบบ และมีแผนการสอนแบบบูรณาการที่ได้รับการปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เรียนทุกคนได้รับการเตรียมความพร้อมโดยเข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาคิดอย่างเป็นระบบ และสุนทรียสนทนา วงจรการวิจัยที่ 2 ผลจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 1) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผู้เรียนสามารถสอบผ่านเกณฑ์รอบรู้ในเนื้อหา ร้อยละ 60 คิดเป็นร้อยละ 88.03 2) ด้านพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ นักศึกษาผ่านเกณฑ์รอบรู้ในเนื้อหา ร้อยละ 92.21 และ 3) ด้านคุณธรรมจริยธรรม ความรับผิดชอบและความเอื้ออาทร พบว่าผ่านเกณฑ์รอบรู้ในเนื้อหาอย่างน้อยร้อยละ 100 ทุกคน นักศึกษาให้ข้อคิดเห็นว่าการจัดการเรียนการสอนมีความหลากหลายสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีมาใช้ในชีวิตจริงในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ และสะท้อนให้เห็นคุณลักษณะคุณธรรมจริยธรรม จากการพฤติกรรมซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และเอื้ออาทร

พงศันที สัตยเทวา (2555, pp. 53-80) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาโดยใช้แนวคิดการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาตามแนวคิดการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิผลการพัฒนาโปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาที่พัฒนาขึ้นกลุ่มตัวอย่างเป็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย จำนวน 60 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองใช้โปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาโดยใช้แนวคิดการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาแบบปกติ 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แผนการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาตามแนวคิดการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ

แบบวัดการคิดเชิงระบบและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ เจตคติและการปฏิบัติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) โปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น และ 2) การประเมินประสิทธิผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสุขศึกษาของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสุขศึกษาของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมสร้างการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้

พชรณธ์ หมวดนุ้ม (2555, pp. 103-109) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเพื่อเชื่อมโยงการเขียน โดยใช้เทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน วัดศาลาแดง จำนวน 34 คน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟิก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟิก โดยภาพรวมอยู่ในระดับ เห็นด้วยมาก โดยมีความเห็นว่าการเรียนรู้ด้วยการสร้างผังกราฟิกช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น คิดเป็นลำดับต่อเนื่อง ไม่สับสน วิเคราะห์ และสังเคราะห์ความรู้ด้วยตนเองได้ และคิดอย่างมีขั้นตอน เกิดทักษะการคิดเชิงระบบ

จิรนนท์ ขาดิชัยนานนท์ (2557, pp. 219-230) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบของนักศึกษาศาสนาธรรมสุโขทัย วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพรูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบ ชื่อว่า “FIEDCDR Model” ทำให้นักศึกษามีทักษะการคิดเชิงระบบหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษามีวินัยในตนเองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคุณลักษณะจิตสาธารณะหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วลัยพร ประสานพันธ์ (2559, pp. 185-188) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชฎาราม (พิบูลสงคราม) กรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนว และ 2) เปรียบเทียบการคิดเชิงระบบและของกลุ่มควบคุมที่ใช้กิจกรรมแนะแนวปกติ รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6



จำนวน 1 ห้องเรียน โรงเรียนวัดราชบูรณะนิคมธรรม (พิบูลสงคราม) กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มและสุ่มอย่างง่าย เพื่อแบ่งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบทดสอบการคิดเชิงระบบ และ 2) ชุดกิจกรรมแนะแนว เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้ชุดกิจกรรมแนะแนว เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ มีความคิดเชิงระบบสูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 และ 2) ภายหลังการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดเชิงระบบสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นิยม กิมาวุฒัน (2559, pp. 129-130) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอน เพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน และเปรียบเทียบกระบวนการคิดเชิงระบบก่อนและหลังใช้ รูปแบบการสอน กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 42 จำนวน 33 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) แบบประเมินพฤติกรรมกระบวนการคิดเชิงระบบ และ 4) แบบวัดกระบวนการคิดเชิงระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกณฑ์ประสิทธิผลและการทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา 2) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 และ 3) กระบวนการคิดเชิงระบบของนักเรียนหลังใช้รูปแบบการสอนมีคะแนนสูงกว่าก่อนใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2560, pp. 63-67) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 3) เปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 4) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มผู้ให้ข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ  
จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 21 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ  
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ  
แบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน t-test แบบไม่อิสระต่อกันและ  
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
มีประสิทธิภาพเท่ากับ 75.84/75.24 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม  
ศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่  
ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ  
หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ  
ความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามี  
ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบข้างต้น สรุปได้ว่าการพัฒนา  
ความสามารถการคิดเชิงระบบสามารถทำได้ดี ถ้ามีกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมและส่งเสริม  
กระบวนการคิดมีการฝึกคิดอย่างมีความสัมพันธ์ มองเห็นภาพรวมทั้งหมดให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียน  
เข้าใจโลกและสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น





## งานวิจัยต่างประเทศ

### งานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ

Mayer (1989, pp. 240-246) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสามารถในการคิดเชิงระบบกับการอธิบายตัวอย่างในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกคิดเป็นระบบ สามารถอ่านเพื่ออธิบายข้อมูลในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลการอ่านข้อมูลที่ตีพิมพ์ ผู้เรียนจะต้องมีข้อมูลความรู้ทางวิชาการและมีความเข้าใจในการคิดเป็นระบบ

Kirk and Huff (1996, p. ED401461) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการคิดเชิงระบบประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นกิจกรรมที่เรียกว่า “ลูกหิน (Pellets)” เป็น ขั้นที่หนึ่งช่วยให้นักเรียนค้นพบเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของการคิดเชิงระบบเพื่อการแก้ปัญหาในการทำงาน ขั้นที่สองเป็นกิจกรรมที่เรียกว่า “ระบบเขาวงกต (A Mazing System)” และขั้นที่สามเรียกว่า “ความร่วมมือการแก้ปัญหาที่ดีกว่า (Better Solution Incorporated)” ทั้งสามขั้นตอนจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาและทดสอบระบบของตนเองที่สร้างขึ้น

Kambiz (2004, pp. 21-28) ได้ศึกษาเรื่องความเชื่อมโยงระหว่างการคิดเชิงระบบกับการตัดสินใจ วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือเพื่อศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างการคิดเชิงระบบกับการตัดสินใจโดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตามรูปแบบข้อจาก มีกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาจากโรงเรียนธุรกิจศึกษา จำนวน 10 คน ซึ่งมีอายุตั้งแต่ 21-25 ปี ผลการวิจัยพบว่า ระดับของการคิดเชิงระบบมีความเชื่อมโยงกับการตัดสินใจ โดยผู้ที่สามารถตัดสินใจได้ดีและทำความเข้าใจในระบบปัญหาและระบบสถานการณ์นั้น ๆ ก่อนที่จะทำการตัดสินใจลงมือปฏิบัติ ในทางกลับกันสำหรับผู้ตัดสินใจได้ไม่ดีนั้น จะมีระบบการคิดเชิงระบบที่ไม่ดี นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่าการคิดเชิงระบบที่ผู้ประสบความสำเร็จในการปฏิบัติจะประกอบไปด้วย การวางกรอบแนวความคิดรวบยอด การวางแผนและการลงมือกระทำ

Derek (2006, p. 3) ได้ดำเนินการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของการคิดเชิงระบบในการให้ความหมายเกี่ยวกับขอบแนวคิดของการคิดเชิงระบบ การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยระหว่างการวิจัยเชิงคุณภาพและสถิติการวิจัยหลายตัวแปร ในการสืบเสาะหากลไกทางการคิดเชิงระบบในการนำไปประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยพบว่า 1) จากการศึกษาวรรณกรรมแสดงให้เห็นว่ายังมีความคลุมเครือเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบและถูกนำไปใช้อย่างคลุมเครือ 2) การศึกษาในเชิงวิธีการแสดงให้เห็นว่าในการศึกษาเชิงพรรณนายังมีน้อยและการพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้มีความเที่ยงตรงยังทำได้ยาก 3) ผลของการใช้สถิติในการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยมีความเชื่อมั่นในระดับสูง 4) การทดสอบค่าทางสถิติในการให้คะแนนกลุ่มตัวอย่างมีความสำคัญน้อยมาก อาจชี้ให้เห็นว่าเนื่องจากโครงสร้างของการคิดเชิงระบบกว้างเกินไป และยังเป็นเรื่องที่ยากในการแยกแยะระหว่างการทำงานเป็นกลุ่ม และ 5) ใน 25% ของกลุ่มตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า

ได้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบผ่านการริเริ่มการตั้งคำถาม การมีส่วนร่วมในการแนะนำเกี่ยวกับประเด็นที่ยังไม่ชัดเจนเกี่ยวกับบางแง่มุมของการคิดเชิงระบบ ข้อค้นพบของงานวิจัยในครั้งนี้ แสดงถึงข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความจำเป็นของการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยใน 4 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ หลักทฤษฎี การดำเนินงาน การใช้เชิงประจักษ์และทางการศึกษา ซึ่งทฤษฎีของการคิดเชิงระบบ สนับสนุนให้ขั้นแรกต้องเกิดความพยายามเหล่านี้และมีกรอบแนวคิดสำหรับการปฏิบัติทางการศึกษา

จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ว่า ผู้เรียนมีความจำเป็นในการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบ เนื่องจากเป็นการคิดเชิงระบบมีความสำคัญช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดได้อย่างครบถ้วน เข้าใจเหตุผลของสิ่งที่เกิดขึ้นบนโลกและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ มองเห็นความสัมพันธ์ของเหตุการณ์เรื่องราว เพื่อเกิดความตระหนักถึงการกระทำของตนที่ส่งผลต่อคนอื่นๆ และเกิดความรับผิดชอบต่อสังคมส่วนรวม และควรนำกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาใช้ในการพัฒนาความสามารถของผู้เรียน เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนแบบผลึก เป็นการสอนที่ผู้เรียนจะเกิดความรู้จากการวิเคราะห์สังเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทำให้พัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียน เสริมสร้างประสิทธิภาพทางการเรียนและพัฒนาทักษะการดำรงชีวิตให้อยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถการคิดเชิงระบบเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3” เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียน การสอนแบบตกผลึกเพื่อ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอน แบบตกผลึก และ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่ผู้วิจัยสร้างโดยมีวิธีการ ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 มี 6 ห้องเรียน จำนวน 285 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/5 จำนวน 36 คน โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

#### ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น (Independent Variable) คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียน การสอนแบบตกผลึก

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม
2. ความสามารถในการคิดเชิงระบบ
3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียน การสอนแบบตกผลึก

### แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตามแบบแผนการวิจัยก่อนทดลอง (Pre-experimental Designs) แบบกลุ่มเดียวสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (The One-Group Pretest-Posttest Design) (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, p. 114)

T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>
----------------	---	----------------

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัยมีความหมายดังนี้

T<sub>1</sub> หมายถึง การสอบก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

X หมายถึง จัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

T<sub>2</sub> หมายถึง การสอบหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 ฉบับ เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ กำหนดการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

2. แผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ซึ่งประกอบด้วยบทเรียน จำนวน 4 หน่วย รวม 4 แผน ใช้เวลาสอน 12 คาบเรียน มีดังนี้  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มลพิษทางน้ำ (สาเหตุของมลพิษทางน้ำ, ผลกระทบของมลพิษทางน้ำและการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย, ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ) ใช้เวลา 3 คาบเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มลพิษทางอากาศ (สาเหตุของมลพิษทางอากาศ, ผลกระทบของมลพิษทางอากาศและการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย, ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ) ใช้เวลา 3 คาบเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย (สาเหตุของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย, ผลกระทบของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายและการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย, ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย) ใช้เวลา 3 คาบเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มลพิษทางดิน (สาเหตุของมลพิษทางดิน, ผลกระทบของมลพิษทางดินและการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย, ร่วมมือรักษ โลกแก้ไขปัญหามลพิษทางดิน) ใช้เวลา 3 คาบเรียน

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 ฉบับ เพื่อใช้วัดความสามารถในการคิดเชิงระบบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

4. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก จำนวน 1 ฉบับ มีจำนวน 20 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก จำนวน 10 ข้อ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดช่วงความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด รวม 20 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามปลายเปิด เกี่ยวกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการเรียนรู้ จำนวน 1 ข้อ

#### **การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาสาระ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ กำหนดการให้คะแนน คือ ตอบถูกต้อง 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน



ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับระดับพุทธิพิสัยของ  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานการ เรียนรู้/ ตัวชี้วัด	เนื้อหา	จุดประสงค์/เนื้อหา	พุทธิพิสัย						รวม
			การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	
ส5.2 ม. 3/1,3/2, 3/3, 3/4	มลพิษ ทางน้ำ	1. วิเคราะห์สาเหตุของมลพิษทางน้ำ	-	4	-	2	-	-	6
		2. วิเคราะห์ผลกระทบมลพิษทางน้ำและ การส่งผลกระทบต่อประเทศไทย	-	1	-	2	-	-	3
		3. นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา มลพิษทางน้ำ	1	4	-	5	1	-	11
ส5.2 ม. 3/1,3/2, 3/3, 3/4	มลพิษทาง อากาศ	1. วิเคราะห์สาเหตุของมลพิษทางอากาศ	-	1	-	3	-	-	4
		2. วิเคราะห์ผลกระทบมลพิษทางอากาศ และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย	-	1	-	3	-	-	4
		3. นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา มลพิษทางอากาศ	1	-	-	2	1	-	4
ส5.2 ม. 3/1,3/2, 3/3, 3/4	มลพิษที่ เกิดจาก ขยะมูล ฝอยและ ของเสีย อันตราย	1. วิเคราะห์สาเหตุของมลพิษที่เกิดจาก ขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย	1	2	-	3	-	-	6
		2. วิเคราะห์ผลกระทบมลพิษที่เกิดจาก ขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายและการ ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย	-	1	-	1	-	-	2
		3. นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย อันตราย	1	-	-	4	-	2	7

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับระดับพุทธิพิสัยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	เนื้อหา	จุดประสงค์/เนื้อหา	พุทธิพิสัย						รวม
			การจำ	การเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	การวิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์	
ส5.2 ม. 3/1,3/2, 3/3, 3/4	มลพิษ ทางดิน	1. วิเคราะห์สาเหตุของมลพิษทางดิน	1	2	-	2	-	-	5
		2. วิเคราะห์ผลกระทบมลพิษทางดินและการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย	-	1	-	-	1	-	2
		3. นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา มลพิษทางดิน	1	2	-	1	-	2	6
รวม			6	19	-	28	3	4	60

1.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำ

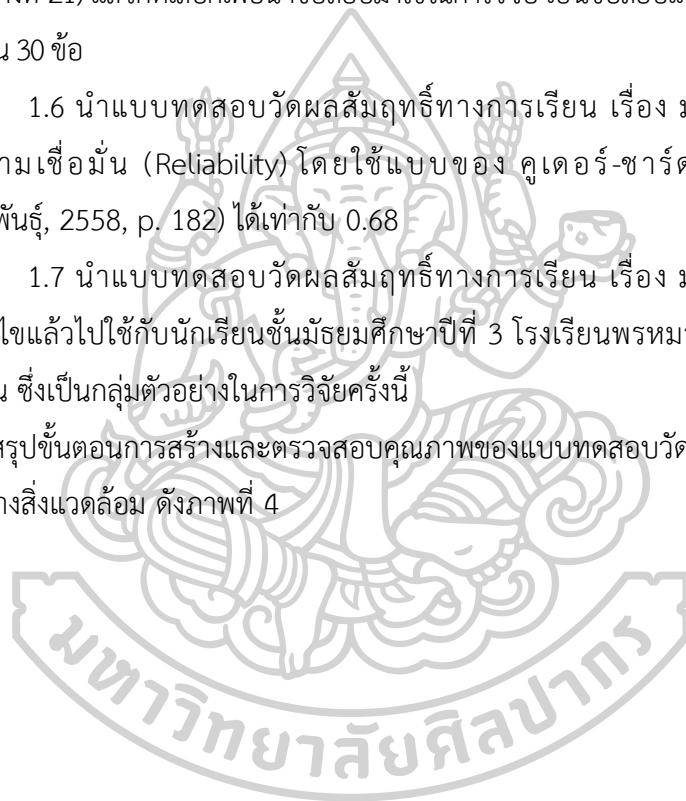
1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาสังคมศึกษา (สิ่งแวดล้อมศึกษา) 1 คน ด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม 1 คน และด้านการวัดและประเมินผลทางสังคมศึกษา 1 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางภาษาและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีเกณฑ์ในการพิจารณา (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, pp. 176-177) ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (IOC) เท่ากับ 1.00

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Tryout) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี อำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ที่เคยเรียน ในรายวิชานี้ จำนวน 30 คน และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยตรวจสอบหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายชื่อ พบว่า ข้อสอบข้อที่ 3,8,24,25 มีค่าความยากง่าย (p) ไม่อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20-0.80 ข้อสอบข้อที่ 7,9,10,11,12,15,18,20,26,30,32,34,35,38,39,50,55,56,60 มีค่าอำนาจจำแนก (r) น้อยกว่า 0.20 แสดงว่า มีข้อสอบอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 37 ข้อ (รายละเอียดตาม ภาคผนวก ตารางที่ 21) แล้วคัดเลือกเพื่อนำข้อสอบมาใช้ในการวิจัย เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

1.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้แบบของ คูเดอร์-ซาร์ดสัน จากสูตร KR-20 (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, p. 182) ได้เท่ากับ 0.68

1.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 36 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

สรุปขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 4





ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง  
มลพิษทางสิ่งแวดล้อม

2. แผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

2.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.3 ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกจาก เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผนการเรียนรู้ ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาและประเด็นหลักๆ ของ รายวิชา ว่าครอบคลุมประเด็นสำคัญอะไรบ้าง ออกแบบโครงร่าง ระบุหัวข้อย่อยให้ชัดเจน พร้อมทั้ง ระบุระยะเวลาเพื่อศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และออกแบบการเรียนรู้ภายใต้คำแนะนำของผู้สอน

ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปรายเรียนรู้ ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่ตนไปศึกษาค้นคว้า และร่วมอภิปรายถึงสิ่งที่นำเสนอกับเพื่อนร่วมชั้น โดยรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขผลงานในครั้งต่อไป

ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้ ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลจากการอภิปรายในชั้นเรียน มาพัฒนาผลงาน

ขั้นที่ 4 ตกผลึก ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่ผ่านการสร้างสรรค์ต่อชั้นเรียน เพื่อการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติม และสร้างสรรค์ผลงานตามข้อมูลที่ได้ รวบรวม ประมวล และค้นคว้า เพื่อให้ผลงานมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 หน่วย จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 12 คาบเรียน โดยแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วยกิจกรรมขั้นต่าง ๆ โดยผู้วิจัยใช้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก



ตารางที่ 9 การกำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เรื่อง	รวม (คาบเรียน)
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 มลพิษทางน้ำ	- ความหมายและสาเหตุของมลพิษทางน้ำ - ผลกระทบของมลพิษทางน้ำ และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ	3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มลพิษทางอากาศ	- ความหมายและสาเหตุของมลพิษทางอากาศ - ผลกระทบของมลพิษทางอากาศ และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ	3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 มลพิษที่เกิดจากขยะ มูลฝอยและของเสีย อันตราย	- ความหมายและสาเหตุของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย - ผลกระทบของมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย	3
หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 มลพิษทางดิน	- ความหมายสาเหตุของมลพิษทางดิน - ผลกระทบของมลพิษทางดิน และการส่งผลกระทบต่อประเทศไทย - ร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางดิน	3
รวม		12

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาสังคมศึกษา (สิ่งแวดล้อมศึกษา) 1 คน ด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม 1 คน และด้านการวัดและประเมินผลทางสังคมศึกษา 1 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางภาษาและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่ามีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, pp. 176-177)

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัด

จากสูตร

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

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวชี้วัด

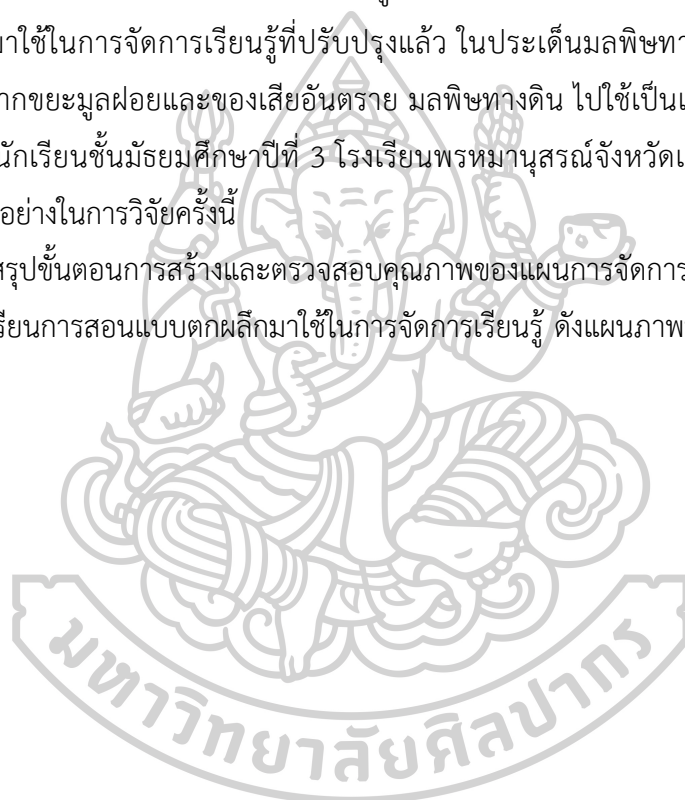
$\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับตัวชี้วัด (IOC) เท่ากับ 1.00

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้ว ในประเด็นมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย มลพิษทางดิน ไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยโดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 36 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

สรุปขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังแผนภาพที่ 5





ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาใช้ในการจัดการเรียนรู้

3. แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย

3.2 วิเคราะห์เนื้อหาสาระ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบแบบปรนัย จำนวน 4 ตัวเลือก 20 ข้อ ซึ่งวัดความสามารถ 4 ด้าน ได้แก่ 1). การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ 2) พิจารณาองค์ประกอบย่อย 3) คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ และ 4) สร้างวงจรย้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น ดังตารางที่ 10  
ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ

เนื้อหา	ความสามารถในการคิดเชิงระบบ				รวม
	การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์	พิจารณาองค์ประกอบย่อย	คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง	สร้างวงจรย้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น	
มลพิษทางน้ำ	2	2	2	4	10
มลพิษทางอากาศ	2	2	2	4	10
มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย	2	2	2	4	10
มลพิษทางดิน	2	2	2	4	10
<b>รวม</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>40</b>

3.3 นำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข แบบทดสอบตามคำแนะนำ

3.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาสังคมศึกษา (สิ่งแวดล้อมศึกษา) 1 คน ด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม 1 คน และด้านการวัดและประเมินผลทางสังคมศึกษา 1 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางภาษาและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่า มีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีเกณฑ์ในการพิจารณา(มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, pp. 176-177) ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ (IOC) เท่ากับ 1.00

3.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Tryout) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี อำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ที่เคยเรียน ในรายวิชานี้มาก่อน จำนวน 33 คน และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของ แบบทดสอบ โดยตรวจสอบหาค่าความยากง่าย (p) ตามเกณฑ์ระหว่าง 0.20-0.80 คือข้อ 2-5,8,10,13,14,17,19,21,23,25-28,30,32-34,37,39 ผลการตรวจสอบค่าความยากง่าย พบว่า ข้อที่ 1,15,22,24,29,35,36,38,40 มีค่าความยากง่าย (p) ไม่อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20-0.80 และข้อสอบ ข้อที่ 6,7,9,11,12,16,18,20,31 มีค่าอำนาจจำแนก (r) น้อยกว่า 0.20 แสดงว่า มีข้อสอบอยู่ในเกณฑ์ 22 ข้อ (ภาคผนวก) แล้วคัดเลือกเพื่อนำข้อสอบมาใช้ในการวิจัย เป็นข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, p. 178)

3.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้แบบของคูเตอร์-ริชาร์ดสัน จากสูตร KR-20 ได้เท่ากับ 0.84 (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, p. 182)

3.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ที่ปรับปรุงแก้ไขในประเด็นของกรณีตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ข้อคำถามที่ให้สอดคล้องกับขั้นตอน ของกระบวนการเกิดความสามารถการคิดเชิงระบบ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน พรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 36 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

สรุปขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิด เชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ  
เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม



4. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก โดยมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

4.1 ศึกษารูปแบบของแบบสอบถามความคิดเห็น วิธีการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็น จากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก จำนวน 1 ฉบับ โดยสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก 3 ด้านคือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) มีระดับ 5 ระดับ ปรับปรุงมาจากแบบของลิเคิร์ต (Likert) ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

4.3 นำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4.4 นำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาสังคมศึกษา (สิ่งแวดล้อมศึกษา) 1 คน ด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม 1 คน และด้านการวัดและประเมินผลทางสังคมศึกษา 1 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางภาษาและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่ามีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีเกณฑ์ในการพิจารณา (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558, pp. 176-177) ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (IOC) เท่ากับ 1.00

4.5 นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วในประเด็นด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ไปสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

สรุปขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

#### การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยตนเองตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการทดลอง เป็นขั้นที่ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ดังนี้
  - 1.1 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่
    - 1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
    - 1.1.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม
    - 1.1.3 แบบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม
    - 1.1.4 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน

โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

1.2 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและอธิบายวิธีการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกมาช่วยในการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบบทบาทหน้าที่ของนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมแก่นักเรียนกลุ่มทดลอง

1.3 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม

2. ขั้นทดลอง การวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 รวม 12 คาบ โดยผู้วิจัยสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 5 แผน และประเมินความสามารถของนักเรียนโดยผ่านผลงานที่นักเรียนทำขึ้นหลังจากเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน

3. ขั้นหลังการทดลอง หลังจากการเรียนรู้ครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ แต่ทั้ง 5 แผน ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.1 ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม

3.2 นักเรียนทำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

#### **การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและการวิเคราะห์ข้อมูล**

1. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือสำหรับการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ

1.2 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน จากสูตร KR-20

1.3 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน จากสูตร KR-20

1.4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ

2. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงระบบ ก่อนและหลังเรียนโดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบค่าที (t-test) แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent)

2.2 ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 11 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	การวิเคราะห์ข้อมูล
1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก	ทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังเรียน	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังเรียน	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent)
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก	ทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังเรียน	แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังเรียน	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent)
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก	สอบถามความคิดเห็น โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก	แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ Content Analysis สำหรับข้อเสนอแนะหรือความคิดเห็น

## บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีรายละเอียด ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ตามลำดับ ต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียน การสอนแบบตกผลึก

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบ ตกผลึก

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการ จัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

**ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 12 ดังนี้

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอน แบบตกผลึก

ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	จำนวน นักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนน เฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	t	p
ทดสอบก่อนเรียน	36	30	15.22	1.44	-22.139	.000
ทดสอบหลังเรียน	36	30	22.25	2.26		

-p < .05

จากตารางที่ 12 สรุปได้ว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ( $\bar{X} = 22.25$ , S.D. = 2.26) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ( $\bar{X} = 15.22$ , S.D. = 1.44) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

## ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

ตารางที่ 13 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบในแต่ละด้าน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

ความสามารถในการคิดเชิงระบบ	ทดสอบก่อนเรียน		ทดสอบหลังเรียน	
	( $\bar{X}$ )	(S.D.)	( $\bar{X}$ )	(S.D.)
คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านการคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์	1.78	0.42	2.72	0.51
คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านการพิจารณาองค์ประกอบย่อย	1.94	0.40	2.81	0.62
คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านการคิดป้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่างๆ	2.00	0.41	3.11	0.46
คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบการสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น	4.91	0.64	6.36	0.95
รวม	10.64	1.02	15.00	1.72

จากตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบในแต่ละด้านของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก โดยคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านการคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ ก่อนเรียน ( $\bar{X} = 1.78$ , S.D. = 0.42) หลังเรียน ( $\bar{X} = 2.72$ , S.D. = 0.51) ด้านการพิจารณาองค์ประกอบย่อย ก่อนเรียน ( $\bar{X} = 1.94$ , S.D. = 0.40) หลังเรียน ( $\bar{X} = 2.81$ , S.D. = 0.62) ด้านการคิดป้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่างๆ ก่อนเรียน ( $\bar{X} = 2.00$ , S.D. = 0.41) หลังเรียน ( $\bar{X} = 3.11$ , S.D. = 0.46) ด้านการสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น ก่อนเรียน ( $\bar{X} = 4.91$ , S.D. = 0.64) หลังเรียน ( $\bar{X} = 6.36$ , S.D. = 0.95) ซึ่งมีรายละเอียดผลคะแนนภาพรวมดังตารางที่ 14 ดังนี้



ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

ความสามารถในการคิดเชิงระบบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t	p
ทดสอบก่อนเรียน	36	20	10.64	1.02	-19.934	.000
ทดสอบหลังเรียน	36	20	15.00	1.72		

จากตารางที่ 14 สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ( $\bar{X} = 15.00$ , S.D. = 1.72) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ( $\bar{X} = 10.64$ , S.D. = 1.02) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ในครั้งนี้ ได้สะท้อนถึงผลของการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนผ่านการทำกิจกรรมในชั้นเรียนอันเกิดจากการคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ นำมาพิจารณาองค์ประกอบย่อย คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่างๆ และสามารถสร้างวงจรย้อนกลับของระบบมาอย่างจุดเริ่มต้นผ่านการสร้างชิ้นงานและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังนี้

**หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง มลพิษทางน้ำ** นักเรียนยังสับสนต่อกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก และการวิเคราะห์เนื้อหาของมลพิษทางน้ำตามความสามารถการคิดเชิงระบบยังใช้เวลาอันเนื่องมาจากการเรียนชั่วโมงแรก การนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียนยังเน้นการอ่านตามสิ่งที่ได้จดบันทึกมา และยังไม่ค่อยกล้าวิพากษ์งานของเพื่อนร่วมชั้นเรียน อาจจะเนื่องด้วยความไม่มั่นใจว่าจะต้องวิพากษ์งานในทิศทางรูปแบบใด

**หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง มลพิษทางอากาศ** นักเรียนมีความกระตือรือร้นเพิ่มมากขึ้นจากการศึกษาสถานการณ์ตัวอย่างและจากวีดิทัศน์ที่ครูผู้สอนนำมาให้นักเรียนได้ศึกษาและเห็นสภาพจริง สามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบย่อยหาสาเหตุการเกิดปัญหาได้ตรงเป้าหมาย การคิดย้อนกลับเรื่องราวถึงผลกระทบที่ตามมาเป็นไปตามเนื้อหาและตรงประเด็น สามารถร่วมกันวิพากษ์และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเสริมสร้างงานร่วมกันได้

**หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย** นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา เนื่องจากเป็นปัญหามลพิษที่อยู่ใกล้ตัว การพิจารณาองค์ประกอบย่อยสามารถกระทำได้ดี มีการค้นหาสาเหตุ ผลกระทบคิดย้อนกลับเรื่องราว และสร้างวงจรย้อนกลับแก้ไขปัญหา มลพิษได้ดี การนำเสนอน่าสนใจ มีการเล่าประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษดังกล่าวที่นักเรียนได้พบเจอ

**หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง มลพิษทางดิน** นักเรียนสามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์มลพิษทางดินจากสถานการณ์ตัวอย่าง จนนำมาสู่การพิจารณาถึงองค์ประกอบที่ก่อให้เกิดมลพิษ นำไปสู่การคิดย้อนกลับถึงผลกระทบที่ตามมาและสร้างเป็นวงจรย้อนกลับในการแก้ไขปัญหา ออกแบบผลงานที่น่าสนใจ และนำเสนอได้ดี ดังภาพที่ 8

### ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 15 ดังนี้

ตารางที่ 15 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น	ลำดับที่
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.25	0.69	เห็นด้วยมาก	5
1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยในการให้นักเรียนฝึกคิดอย่างมีขั้นตอนทำให้เกิดความสามารถการคิดเชิงระบบ				
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์เป็นลำดับและช่วยให้คิดเชื่อมโยงต่อเนื่อง	4.33	0.63	เห็นด้วยมาก	3
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาองค์ประกอบย่อยของเรื่องราว และคิดย้อนกลับเรื่องราวของสถานการณ์	4.33	0.68	เห็นด้วยมาก	3

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น	ลำดับที่
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดย้อนกลับเรื่องราวและการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ	4.28	0.66	เห็นด้วยมาก	4
5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างวงจรย้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้นเป็นโครงสร้างทางความคิดของตนเอง	4.28	0.66	เห็นด้วยมาก	4
6. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจ	4.42	0.73	เห็นด้วยมาก	2
7. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกส่งเสริมให้นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบและตัดสินใจร่วมกับผู้อื่น	4.44	0.80	เห็นด้วยมาก	1
8. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่คงทน ได้ความรู้ที่ถูกต้องจากการร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์	4.33	0.76	เห็นด้วยมาก	3
<b>รวมด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>	<b>4.33</b>	<b>0.32</b>	<b>เห็นด้วยมาก</b>	<b>3</b>
<u>ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้</u>				
9. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับนักเรียน	4.58	0.65	เห็นด้วยมากที่สุด	2
10. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู	4.50	0.69	เห็นด้วยมากที่สุด	4

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น	ลำดับที่
11. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง	4.56	0.65	เห็นด้วยมากที่สุด	3
12. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนานและมีความสุข	4.61	0.59	เห็นด้วยมากที่สุด	1
<b>รวมด้านบรรยากาศในการเรียนรู้</b>	<b>4.56</b>	<b>0.35</b>	<b>เห็นด้วยมากที่สุด</b>	<b>2</b>
<u>ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้</u>	4.36	0.68	เห็นด้วยมาก	3
13. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่าง ๆ	4.36	0.68	เห็นด้วยมาก	3
14. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาสังคมศึกษาได้ดี	4.72	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด	1
15. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.64	0.59	เห็นด้วยมากที่สุด	2
<b>รวมด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้</b>	<b>4.57</b>	<b>0.45</b>	<b>เห็นด้วยมากที่สุด</b>	<b>1</b>
<b>รวม</b>	<b>4.44</b>	<b>0.20</b>	<b>เห็นด้วยมาก</b>	

จากตารางที่ 15 พบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ( $\bar{X} = 4.44$ , S.D. = 0.20) โดยเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ดังนี้ 1) ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.57$ , S.D. = 0.45) 2) ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.35) 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.33$ , S.D. = 0.32) ซึ่งแต่ละด้านมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาสังคมศึกษาได้ดี ( $\bar{X} = 4.72$ , S.D. = 0.51) ลำดับที่ 2 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ( $\bar{X} = 4.64$ , S.D. = 0.59) ลำดับที่ 3 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่าง ๆ ( $\bar{X} = 4.36$ , S.D. = 0.68)

ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนานและมีความสุข ( $\bar{X} = 4.61$ , S.D. = 0.59) ลำดับที่ 2 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับนักเรียน ( $\bar{X} = 4.58$ , S.D. = 0.65) ลำดับที่ 3 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.65) ลำดับที่ 4 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและนักเรียนกับครู ( $\bar{X} = 4.50$ , S.D. = 0.69)

ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบและตัดสินใจร่วมกันกับผู้อื่น ( $\bar{X} = 4.44$ , S.D. = 0.8) ลำดับที่ 2 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจ ( $\bar{X} = 4.42$ , S.D. = 0.73) ลำดับที่ 3 เท่ากัน 3 ข้อ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ เป็นลำดับและช่วยให้คิดเชื่อมโยงต่อเนื่อง ( $\bar{X} = 4.33$ , S.D. = 0.63) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาองค์ประกอบย่อยของเรื่องราว และคิดย้อนกลับเรื่องราวของสถานการณ์ ( $\bar{X} = 4.33$ , S.D. = 0.68) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่คงทน ได้ความรู้ที่ถูกต้องจากการร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์ ( $\bar{X} = 4.33$ , S.D. = 0.76) ลำดับที่ 4 เท่ากัน 2 ข้อ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดย้อนกลับเรื่องราวและการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ ( $\bar{X} = 4.28$ , S.D. = 0.66) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้นเป็นโครงสร้างทางความคิดของตนเอง ( $\bar{X} = 4.28$ , S.D. = 0.66) ลำดับที่ 5 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยในการให้นักเรียนฝึกคิดอย่างมีขั้นตอนทำให้เกิดความสามารถการคิดเชิงระบบ ( $\bar{X} = 4.25$ , S.D. = 0.69)



## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/5 จำนวน 36 คน โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ซึ่งประกอบด้วยบทเรียน จำนวน 4 หน่วย รวม 4 แผน 2) แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 4) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสถิติค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าที (t-test) แบบ Dependent



### สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถสรุปผลการวิจัยดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก โดยเรียงตามลำดับเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ประเด็นที่นักเรียนเห็นด้วยมากเป็นอันดับที่ 1 คือ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ลำดับที่ 2 คือ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และลำดับที่ 3 คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

### อภิปรายผล

ผลการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ และพัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมนำเอาข้อมูลมาทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจของตนเองส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในวิชาภูมิศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ สุรัสวดี นราพงศ์เกษม (2557, p. 25) กล่าวว่า การสอนโดยวิธีตกผลึกทางปัญญาเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมข้อมูล การทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินและนำเสนอความรู้ในรูปแบบของงานเขียน ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบงานเขียนของนักเรียนให้นักเรียนสรุปความรู้ความเข้าใจออกมาในรูปแบบของผังความคิด ช่วยให้ผู้เรียนจัดความรู้ที่ได้รับได้เป็นระบบอยู่ในรูปแบบที่สามารถอธิบายและจดจำได้ง่าย

ดังเห็นได้จากแผนการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ปรับปรุงตาม คำเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ และผ่านการตรวจหาคุณภาพ ส่งผลให้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภายในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ซึ่งทุกขั้นตอนของ การจัดการเรียนรู้มีส่วนส่งเสริมกระบวนการคิดและทำความเข้าใจให้ตกผลึกออกมา ส่งผลให้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น ดังนี้ ขั้นที่ 1) วางแผนการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียน วางแผนการเรียนรู้ในกลุ่มตนเองโดยกำหนดประเด็นหลักของการเรียนในแต่ละหน่วยตามความสนใจ เพื่อทำการศึกษาค้นคว้า จากใบความรู้ที่กำหนดให้ วิดีทัศน์ หนังสือเรียน และสรุปออกมาเป็นผลงาน แบบร่างของสรุปข้อมูลและลงใบงาน จากนั้นนักเรียนจะได้ปฏิบัติกิจกรรมในขั้นที่ 2) นำเสนอและ อภิปราย เป็นการนำเสนอผลงานที่ได้ไปค้นคว้าตามหัวข้อจากขั้นที่ 1 โดยผู้เรียนจะรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่างๆจากเพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ตามขั้นตอนของขั้นที่ 3) ประมวลและปรับแก้ เป็นการนำข้อวิพากษ์วิจารณ์ ข้อคำถามข้อเสนอ ความรู้ที่ควรเพิ่มเติมจากการนำเสนอในขั้นที่ 2 มาพัฒนาผลงานให้สมบูรณ์ ครอบคลุมเรื่องราวที่ ศึกษาค้นคว้า จนนำไปสู่ขั้นที่ 4) ตกผลึก เป็นการนำเสนอผลงานที่ผ่านการสร้างสรรค์ต่อชั้นเรียน เพื่อการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติม เสริมให้สมบูรณ์แบบ และสร้างสรรค์ ผลงานตามข้อมูลที่ได้รวบรวม ประมวล และค้นคว้าออกมาเป็นแผนผังความคิดที่มีความสมบูรณ์ ยิ่งขึ้น

จากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกเป็นกระบวนการเรียน การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ และพัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมนำเอาข้อมูลมาทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็น ข้อความรู้ตามความเข้าใจของตนเองส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ สอดคล้องกับผลการวิจัย ของศิธา จุฑารัตน์ (2549, pp. 78-81) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน แบบตกผลึกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิสิตวชิรชนคดีไทยและความสามารถในการอ่านอย่างมี วิจัยญาณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลของ การใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิสิตวชิรชนคดีไทยและ ความสามารถในการอ่านอย่างมีวิจัยญาณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวชิรชนคดีไทยหลังเรียนของผู้ที่เรียนด้วยรูปแบบ การเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับ วรณุช ธรรมมงคลเดช (2553, pp. 83-94) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการสอนการออกแบบผ้าพิมพ์ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาในหลักสูตร

ศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้เรื่องการออกแบบผ้าพิมพ์หลังเรียนของนักศึกษาในหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิตที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกมีคะแนนเฉลี่ยทางด้านทักษะพุทธิพิสัยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับมโนทย์ ชูพรหม (2554, p. 101) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม การคิดวิเคราะห์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกร่วมกับเทคนิคการใช้ ผังกราฟิก ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบตกผลึกร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สอดคล้องกับ อรอนงค์ สุดสวาด (2559, pp. 86-89) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สถานการณ์และวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมและทักษะการประเมินของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แนวความคิดการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญา ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสถานการณ์และวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมและทักษะการประเมินของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แนวความคิดการจัดการเรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงระบบ ดังที่ Senge (1999, p. 90) กล่าวไว้ว่า การคิดเชิงระบบ คือการมองรูปแบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆในระบบ ซึ่งรวมทั้งระดับขั้นของการทำให้กระบวนการทำงานดำเนินไปได้เจตคติ มุมมอง คุณภาพของผลผลิต แนวทางการตัดสินใจที่ได้สร้างขึ้นและปัจจัยอีกหลายร้อยปัจจัย เกี่ยวพันกับการคิดในลักษณะเชื่อมโยง คิดแบบภาพรวมมองเห็นภาพทั้งหมด รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมองเส้นปฏิสัมพันธ์ต่างๆ ของระบบทำให้ความสัมพันธ์เชิงลึกและความสัมพันธ์แนวกว้าง รวมทั้งความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน สอดคล้องกับกนก จันทรา (2561, p. 108) ได้กล่าวว่า การคิดเชิงระบบเป็นการคิดที่หลากหลายแบบ มารวมในการแก้ปัญหา โดยอาศัยการเชื่อมโยงองค์ประกอบย่อยที่มีความสัมพันธ์ เป็นลำดับขั้นตอน มองเห็นภาพรวมของปัญหาหรือสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนให้คลี่คลาย นอกจากนี้ การคิดเชิงระบบไม่ได้มุ่งเพื่อการแก้ปัญหาเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปสู่การตัดสินใจในการกระทำสิ่งต่างๆ ได้ด้วย สอดคล้องกับมาเรียม นิลพันธุ์ (2553, p. 12) ได้อธิบายไว้ว่า การคิดเชิงระบบ เป็นการคิดเชื่อมโยง ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นเป็นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่อง และแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนด ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบ ตกผลึกเป็น

การเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจโดยนำเอาข้อมูลมาคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า ตามหลักการของการคิดเชิงระบบที่ต้องใช้การคิดหลากหลาย แบบหาความสัมพันธ์เชิงระบบ และสกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจที่คงทน ตามกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ตามที่อุไรรัตน์ สำเร็จวงศ์ (2549, p. 57) กล่าวว่า การสอนแบบตกผลึก เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ในสิ่งที่ตนเองสนใจใคร่รู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย โดยนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจของผู้ที่ศึกษาผ่านงานเขียน เชิงวิชาการ งานเขียนดังกล่าวถูกนำมาอภิปรายร่วมกับเพื่อนและครูผู้สอนเพื่อเป็นการตรวจสอบว่า ข้อมูลที่ได้มานั้นมีความถูกต้องและชัดเจนเพียงใด สอดคล้องกับสุรัสวดี นราพงศ์เกษม (2557, p. 25) กล่าวว่า การสอนโดยวิธีตกผลึกทางปัญญาเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็น สำคัญ โดยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้ ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมข้อมูล การทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินและ นำเสนอความรู้

2. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้น ให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ พัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมนำเอาข้อมูล มาทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า ซึ่งใช้กระบวนการคิดที่หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับ Senge (2001) ได้กล่าวไว้ว่า การคิดเชิงระบบมีความสำคัญที่เกี่ยวพันกับการคิดใน ลักษณะเชื่อมโยง คิดแบบภาพรวมมองเห็นภาพทั้งหมด รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ และ มองเส้นปฏิสัมพันธ์ต่างๆ ของระบบทำให้ความสัมพันธ์เชิงลึกและความสัมพันธ์แนวกว้าง รวมทั้ง ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน สอดคล้องกับ พชรมณต์ หมวดนุ้ม (2555, p. 37) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ คือ การคิดเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและจัดระบบข้อมูลองค์ความรู้ที่ ได้จากการคิดวิเคราะห์และคิดสังเคราะห์อย่างเป็นลำดับขั้นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่อง และเป็นเหตุเป็นผล โดยสุรัสวดี นราพงศ์เกษม (2557, p. 25) กล่าวว่า การสอนโดยวิธีตกผลึก ทางปัญญาเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ ผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการรวบรวมข้อมูล การทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมิน ทั้งนี้ในการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบ จะต้องมีการพัฒนาความคิดให้ผู้เรียน รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ ของระบบ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก



แต่ละขั้นตอน ประกอบด้วย 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ รูปแบบที่ 2 พิจารณาองค์ประกอบย่อย รูปแบบที่ 3 คิดป้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ และ รูปแบบที่ 4 สร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผนการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้ในกลุ่มตนเอง โดยกำหนดประเด็นหลักของการเรียนในแต่ละหน่วยตามความสนใจ เพื่อทำการศึกษาค้นคว้าโดยการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์มลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่ครูกำหนดให้ จากใบความรู้ คลิปวิดีโอ หนังสือเรียน จากนั้น พิจารณาองค์ประกอบย่อยขององค์ประกอบต่างๆที่ก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมนั้นๆ พร้อมทั้งคิดป้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ ถึงผลกระทบที่ตามมาของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น เพื่อทำการแก้ไขหรือป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม เพื่อสรุปออกมาเป็นผลงานแบบร่างของสรุปข้อมูล ซึ่งในคาบเรียนชั่วโมงมลพิษทางน้ำ ที่เป็นชั่วโมงเรียนแรกของการวิจัย ผู้เรียนยังติดขัดในเรื่องการวิเคราะห์และอภิปรายในกลุ่ม ยังมีแนวทางในการวิเคราะห์ที่ยังไม่ตรงตามเป้าหมาย ครูผู้สอนจึงเข้าไปช่วยขยายความรู้และชี้แนะแนวทางในการวิเคราะห์ ให้ตรงประเด็น

ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปราย เป็นการนำเสนอผลงานที่ได้ไปค้นคว้าให้กับเพื่อนร่วมชั้นของผู้เรียนตามกิจกรรมในขั้นที่ 1 โดยผู้เรียนจะรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่างๆจากเพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ในช่วงแรกของคาบการนำเสนอ ผู้เรียนจะเน้นการอ่านจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ทำให้การนำเสนอขาดความน่าสนใจ จึงได้ดำเนินการปรับแก้ไข ให้นำเสนอเป็นขั้นตอน เป็นระบบที่วิเคราะห์ตามลำดับถึงเหตุการณ์เหตุนี้เกิดจึงก่อให้เกิดผลที่ตามมา

ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้ เป็นการนำข้อวิพากษ์วิจารณ์ ข้อคำถาม ข้อเสนอความรู้ที่ควรเพิ่มเติมจากการนำเสนอในขั้นที่ 2 มาพัฒนาผลงานให้สมบูรณ์ ครอบคลุมเรื่องราวที่ศึกษาค้นคว้าให้พิจารณาองค์ประกอบย่อยขององค์ประกอบต่างๆที่ก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ที่ได้รับจากการอภิปรายนำเสนอ พร้อมทั้งคิดป้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ ถึงผลกระทบที่ตามมาของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้นอีกครั้ง เพื่อเป็นการตรวจสอบข้อมูลและทำการแก้ไขสรุปออกมาเป็นผลงาน

ขั้นที่ 4) ตกผลึก เป็นการนำเสนอผลงานที่ผ่านการสร้างสรรค์ต่อชั้นเรียนเพื่อการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติม เสริมให้สมบูรณ์แบบ และสร้างสรรค์ผลงานตามข้อมูลที่ได้รวบรวม ประมวล และค้นคว้าออกมาเป็นแผนผังความคิดที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกลูกที่พัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียนนั้น คือ ขั้นที่ 1 วางแผนการเรียนรู้ และขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้ โดยผู้เรียนต้องวิเคราะห์ความเชื่อมโยงสถานการณ์มลพิษ พิจารณาองค์ประกอบย่อยขององค์ประกอบต่างๆที่ก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมนั้นๆ พร้อมทั้งคิดป้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ

ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบได้ดี ตามแนวคิดทฤษฎีของของแบร์รี่ ริชมอนด์ (Barry Richmond) ซึ่งกล่าวไว้ว่าความเชื่อมโยงระหว่างระบบย่อย (Subsystem) ในทางกายภาพ สังคมและนิเวศวิทยา ทำให้ภาพความเป็นจริงของเรานั้นซับซ้อนขึ้น ดังนั้น เพื่อหารากของปัญหา เราต้องพัฒนาระบบการศึกษาใน 3 มิติคือ 1) กระบวนการศึกษา โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกลูก 2) กระบวนทัศน์ทางความคิด วิธีคิดอย่างใช้เหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดอย่างเป็นระบบ และ 3) อุปกรณ์การเรียนที่สนับสนุนการพัฒนาผู้เรียน ซึ่งการเชื่อมโยงของมิติทั้ง 3 ประการนี้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่ชี้แนะผู้เรียนที่ผู้เรียนจะอยู่ในสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้เพื่อสร้างการเรียนรู้โดยสัญชาตญาณและความเข้าใจในเรื่องระบบการพึ่งพากันอย่างซับซ้อนโดยมีส่วนร่วมในประสบการณ์ตรง สอดคล้องกับ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (2554, p. 35) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบตกลูกทางปัญญา เป็นแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ และพัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเอง หรือรวมทั้งมีการฝึกและปฏิบัติในสภาพจริงของการทำงาน มีการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับสังคมและการประยุกต์ มีการจัดกิจกรรมและกระบวนการเรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินและสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ รวมทั้งต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบตามที่พชรมณท์ หมวดนุ้ม (2555, p. 37) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ คือ การคิดเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและจัดระบบข้อมูลองค์ความรู้ที่ได้จากการคิดวิเคราะห์และคิดสังเคราะห์อย่างเป็นลำดับขั้นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่องและเป็นเหตุเป็นผล

ทั้งนี้ ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของสรลาลี โชติติติก (2548, p. ง) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยรูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูงของนักเรียนด้วยรูปแบบการสอนแบบ STIM และเปรียบเทียบทักษะกระบวนการคิดระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนแบบ STIM กับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ ผลการศึกษาพบว่า คะแนนทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงจากแบบประเมินทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงของนักเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มทดลองและคะแนนของกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน



อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมใจ เจียรพงษ์ (2553, p. 91) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนด้วยการจัด การเรียนการสอนแบบบูรณาการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรมและการคิดอย่างเป็นระบบ วิชาการสื่อสารทางการพยาบาล โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผลการวิจัยจากวงจรการวิจัยที่ 1 พบว่าทีมผู้สอนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมและการคิดอย่างเป็น ระบบ และมีแผนการสอนแบบบูรณาการที่ได้รับการปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เรียนทุกคนได้รับการเตรียมความพร้อมโดยเข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ และสุนทรียสนทนา วงจรการวิจัยที่ 2 ผลจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 1) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผู้เรียนสามารถสอบผ่านเกณฑ์รอบรู้ในเนื้อหาร้อยละ 60 คิดเป็นร้อยละ 88.03 2) ด้านพัฒนา ทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ นักศึกษาผ่านเกณฑ์รอบรู้ในเนื้อหาร้อยละ 92.21 และ 3) ด้านคุณธรรมจริยธรรม ความรับผิดชอบและความเอื้ออาทร พบว่าผ่านเกณฑ์รอบรู้ในเนื้อหา อย่างน้อยร้อยละ 100 ทุกคน นักศึกษาให้ข้อคิดเห็นว่า การจัดเรียนการสอนมีความหลากหลาย สามารถเชื่อมโยงทฤษฎีมาใช้ในชีวิตจริงในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ และสะท้อนให้เห็น คุณลักษณะคุณธรรมจริยธรรม จากการพฤติกรรมซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และเอื้ออาทร ซึ่งสอดคล้องกับ พงศ์นที สัตยเทวา (2555, pp. 53-80) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมการจัดการเรียนรู้ สุขศึกษาโดยใช้แนวคิดการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงระบบและ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) โปรแกรม การจัดการเรียนรู้สุขศึกษาที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และ 2) การประเมินประสิทธิผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดเชิงระบบและ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสุขศึกษาของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนสุขศึกษาของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาที่พัฒนาขึ้นสามารถ เสริมสร้างการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ ซึ่งสอดคล้องกับพชรมณฑท์ หมวดนุ่น (2555, pp. 103-109) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนา ความสามารถในการคิดเชิงระบบเพื่อเชื่อมโยงการเขียน โดยใช้เทคนิคผังกราฟิกของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดศาลาแดง จำนวน 34 คน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิด เชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟิก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟิก โดยภาพรวมอยู่ในระดับ เห็นด้วยมาก โดยมีความเห็นว่าการเรียนรู้ด้วยการสร้างผังกราฟิกช่วยให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ

เนื้อหาที่เรียนมากขึ้น คิดเป็นลำดับต่อเนื่อง ไม่สับสน วิเคราะห์ และสังเคราะห์ความรู้ด้วยตนเองได้ และคิดอย่างมีขั้นตอน เกิดทักษะการคิดเชิงระบบ สอดคล้องกับจิรพันธ์ ชาติชัยนันทน์ (2557, pp. 219-230) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบของ นักศึกษาสาธารณสุขศาสตร์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพรูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบ ชื่อว่า “FIEDCDR Model” ทำให้นักศึกษามีทักษะการคิดเชิงระบบหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษามีวินัยในตนเองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคุณลักษณะจิตสาธารณะหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ วลัยพร ประสานพันธ์ (2559: ง) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชบุรณนิมมธรรม (พิบูลสงคราม) กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) นักเรียนกลุ่ม ทดลองที่ใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ มีความคิดเชิงระบบสูงกว่าก่อน การใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ภายหลังจากใช้ชุดกิจกรรม แนะแนวเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดเชิงระบบสูงกว่านักเรียนกลุ่ม ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับนิยม กิमानุวัฒน์ (2559, pp. 129-130) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา 2) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ ที่ตั้งไว้คือ 80/80 และ 3) กระบวนการคิดเชิงระบบของนักเรียนหลังใช้รูปแบบการสอนมีคะแนนสูง กว่าก่อนใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับกาญจนาพร โคนชัยภูมิ (2560, pp. 63-67) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพเท่ากับ 75.84/75.24 2) นักเรียนที่ได้รับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษา มีความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และ 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ หลังการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ Mayer (1989, pp. 240-246) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสามารถของการคิดเชิงระบบ กับการอธิบายตัวอย่างในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกคิดเป็นระบบ

สามารถอ่านเพื่ออธิบายข้อมูลในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลการอ่านข้อมูลที่คืนนี้ ผู้เรียนจะต้องมีข้อมูลความรู้ทางวิชาการและมีความเข้าใจในการคิดเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับ Kirk and Huff (1996, p. ED401461) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการคิดเชิงระบบ ประกอบด้วย ขั้นตอน 3 ขั้นตอนโดยขั้นตอนแรกเป็นกิจกรรมที่เรียกว่า “ลูกหิน (Pellets)” เป็นขั้นที่หนึ่งช่วยให้นักเรียนค้นพบเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของการคิดเชิงระบบเพื่อการแก้ปัญหาในการทำงาน ขั้นที่สองเป็นกิจกรรมที่เรียกว่า “ระบบเขาวงกต (A Mazing System)” และขั้นที่สามเรียกว่า “ความร่วมมือการแก้ปัญหาที่ดีกว่า (Better Solution Incorporated)” ทั้งสามขั้นตอนจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาและทดสอบระบบของตนเองที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับ Kambiz (2004, pp. 21-28) ได้ศึกษาเรื่องความเชื่อมโยงระหว่างการคิดเชิงระบบกับการตัดสินใจ วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือเพื่อศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างการคิดเชิงระบบกับการตัดสินใจโดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตามรูปแบบข้อวามมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาจากโรงเรียน ธุรกิจศึกษา จำนวน 10 คน ซึ่งมีอายุตั้งแต่ 21-25 ปี ผลการวิจัยพบว่า ระดับของการคิดเชิงระบบมีความเชื่อมโยงกับการตัดสินใจ โดยผู้ที่สามารถตัดสินใจได้ดีและทำความเข้าใจในระบบปัญหาและระบบสถานการณ์นั้น ๆ ก่อนที่จะทำการตัดสินใจลงมือปฏิบัติ ในทางกลับกันสำหรับผู้ที่ไม่ตัดสินใจได้ ไม่นั้น จะมีระบบการคิดเชิงระบบที่ไม่ดี นอกจากนี้ งานวิจัยยังพบว่าการคิดเชิงระบบที่ผู้ประสบความสำเร็จในการปฏิบัติจะประกอบไปด้วย การวางกรอบแนวความคิดรวบยอด การวางแผนและการลงมือกระทำ สอดคล้องกับ Derek (2006, p. 3) ได้ดำเนินการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของการคิดเชิงระบบในการให้ความหมายเกี่ยวกับกรอบแนวคิดของการคิดเชิงระบบ การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยระหว่างการวิจัยเชิงคุณภาพและสถิติการวิจัยหลายตัวแปร ในการสืบเสาะหากลไกทางการคิดเชิงระบบในการนำไปประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยพบว่า 1) จากการศึกษาวรรณกรรมแสดงให้เห็นว่ายังมีความคลุมเครือเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบและถูกนำไปใช้อย่างคลุมเครือ 2) การศึกษาในเชิงวิธีการแสดงให้เห็นว่าในการศึกษาเชิงพรรณนายังมีน้อยและการพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้มีความเที่ยงตรงยังทำได้ยาก 3) ผลของการใช้สถิติในการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยมีค่าความเชื่อมั่นในระดับสูง 4) การทดสอบค่าทางสถิติในการให้คะแนนกลุ่มตัวอย่างมีความสำคัญน้อยมาก อาจชี้ให้เห็นว่าเนื่องจากโครงสร้างของการคิดเชิงระบบกว้างเกินไป และยังเป็นเรื่องที่ยากในการแยกแยะระหว่างการทำงานเป็นกลุ่ม และ 5) ใน 25% ของกลุ่มตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า ได้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบผ่านการริเริ่มการตั้งคำถาม การมีส่วนร่วมในการแนะนำเกี่ยวกับประเด็นที่ยังไม่ชัดเจนเกี่ยวกับบางแง่มุมของการคิดเชิงระบบ ข้อค้นพบของงานวิจัยในครั้งนี้ แสดงถึงข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความจำเป็นของการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยใน 4 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ หลักทฤษฎี การดำเนินงาน การใช้เชิงประจักษ์และทางการศึกษา ซึ่งทฤษฎีของการคิดเชิงระบบสนับสนุนให้ขั้นแรกต้องเกิดความพยายามเหล่านี้และมีกรอบแนวคิดสำหรับการปฏิบัติทางการศึกษา

3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งหากพิจารณาเป็นรายด้านตามลำดับพบว่า ประเด็นที่นักเรียนเห็นด้วยมากเป็นอันดับที่ 1 คือ ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ เพราะกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนเองสนใจใคร่รู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย โดยนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า สกัดออกมาเป็นข้อความรู้ตามความเข้าใจของตนเอง ดังที่ ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2557, pp. 117-118) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบตกผลึกทางปัญญา (Crystal-Based Instruction) เป็นกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้แตกผลึกทางปัญญาในเนื้อหาหรือวิชาที่เรียน จากองค์ความรู้ที่ได้ศึกษาหรือสร้างขึ้นใหม่ แล้วนำมาทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้งซึ่งครบถ้วนรอบด้าน รู้ถึงเหตุผลเบื้องหลัง จนประจักษ์อย่างชัดแจ้งในความรู้สึกลึกซึ้ง พร้อมบูรณาการเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อเป็นฐานแนวคิดใหม่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรัสวดี นราพงศ์เกษม (2557, p. 71) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการเขียนบทความโดยใช้วิธีสอนแบบสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญา สำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อวิธีการสอนแบบสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาในระดับมาก ลำดับที่ 2 คือ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เป็นการนำสิ่งนักเรียนสนใจมาร่วมกันศึกษา สร้างสรรค์นักเรียนมีอิสระทางความคิดและสร้างองค์ความรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเกิดความเข้าใจและตกผลึกออกมาเป็นชิ้นงานที่สะท้อนความเข้าใจ ดังที่อมรรัตน์ วัฒนาร (2551, p. 6) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้วิธีการสร้างผลงานจากการตกผลึกทางปัญญาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้มีการสร้างผลงานอันเกิดจากการตกผลึกทางความคิดหรือทางปัญญา การจัดการเรียนรู้แบบนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์ความรู้ ด้วยความคิดของตัวเองเรียนด้วยการรวบรวม ทำความเข้าใจ สรุป วิเคราะห์ และสังเคราะห์จากการศึกษาของตนเอง และลำดับที่ 3 คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ที่ว่านักเรียนมีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกอยู่ในระดับมากขึ้นไป เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก มีขั้นตอนในการวางแผนการเรียนรู้หลายขั้นตอน ซึ่งจะต้องค้นหาสิ่งที่ตนเองสนใจ และรวบรวมข้อมูลนำมาเสนอในชั้นเรียนและอภิปรายถึงองค์ความรู้ร่วมกัน และทำการประมวลปรับแก้องค์ความรู้ให้ชัดเจนและถูกต้อง จนตกผลึกออกมาเป็นผลงานและเป็นความรู้ที่เข้าใจของตัวนักเรียนเองซึ่งการจัดการกระบวนการเหล่านี้ต้องถูกจำกัดในเรื่องของเวลา ทำให้นักเรียนไม่มีอิสระในการทำกิจกรรมได้อย่างเต็มที่



### ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อค้นพบและแนวคิดที่เป็นข้อเสนอแนะดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

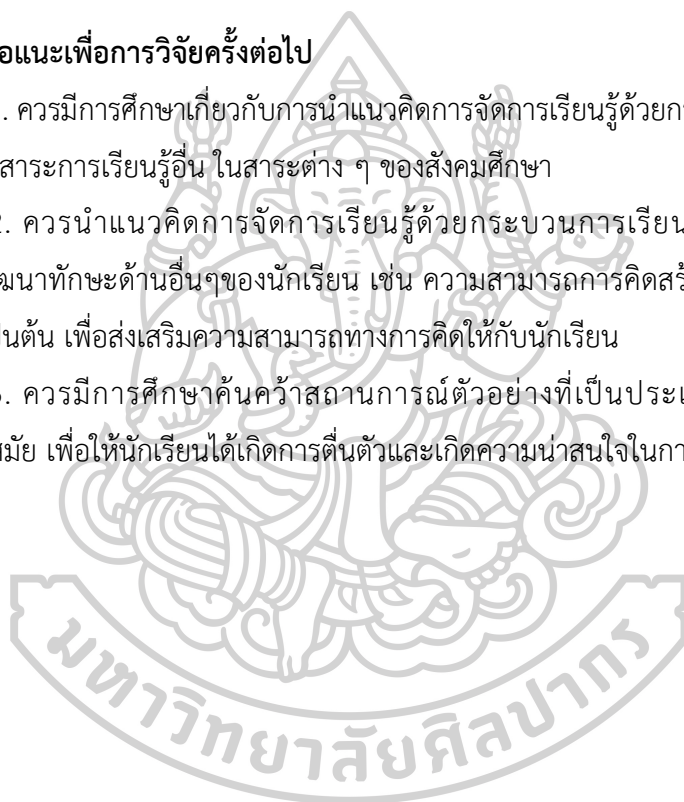
1. จากผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ( $\bar{X}$  = 22.25 , S.D. = 2.26) ซึ่งยอมรับสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ ดังนั้นผู้ที่นำไปใช้สามารถนำการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกไปพัฒนาต่อยอดร่วมกับเทคนิคการสอนอื่นๆ เพื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ โดยการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกในชั่วโมงการจัดการเรียนรู้ชั่วโมงแรก จะต้องให้นักเรียนได้เข้าใจในรูปแบบของกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก และการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 รูปแบบ นักเรียนควรร่วมกันวิเคราะห์ศึกษาในประเด็นเนื้อหาก่อน เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนสามารถคิดเชิงระบบได้ถูกต้องและตรงประเด็น และควรส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังข้อคำถามข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่าง ๆ จากเพื่อนร่วมชั้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปปรับปรุงแก้ไข

2. จากผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ( $\bar{X}$  = 15.00, S.D. = 1.72) ซึ่งครูผู้สอนจะต้องจัดสรรเวลาเพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ดี เนื้อหาไม่ควรซับซ้อน เนื่องจากขั้นตอนการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงระบบต้องใช้เวลา นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า อย่างเป็นระบบ และสะท้อนออกมาเป็นชิ้นงานเป็นงานเขียนวิชาการ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนตกผลึกเป็นผลงานวิชาการ แผนผังความคิด แต่ถ้าผู้สนใจจะนำไปประยุกต์ใช้ สามารถออกแบบภาระงานในการตกผลึกที่หลากหลายรูปแบบได้ จะช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดในหลายด้าน

3. ผลการวิจัยพบว่า ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก เป็นวิธีหนึ่งที่พัฒนาความสามารถของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดเป็นระบบ โดยในด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบและตัดสินใจร่วมกันกับผู้อื่น เป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยมาก ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนสามารถเน้นในกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มให้นักเรียนได้ทำงานและร่วมกันตัดสินใจร่วมกับผู้อื่น

### ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกในสาระการเรียนรู้อื่น ในสาระต่าง ๆ ของสังคมศึกษา
2. ควรนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกไปใช้ในการพัฒนาทักษะด้านอื่นๆของนักเรียน เช่น ความสามารถการคิดสร้างสรรค์ มีวิจารณญานรู้เท่าทันสื่อ เป็นต้น เพื่อส่งเสริมความสามารถทางการคิดให้กับนักเรียน
3. ควรมีการศึกษาค้นคว้าสถานการณ์ตัวอย่างที่เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจ ประเด็นที่ทันสมัย เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการตื่นตัวและเกิดความน่าสนใจในการศึกษา





## รายการอ้างอิง

- Anderson, V., & Johnson, L. (1997). *Systems Thinking Basics: from Concepts to Causal Loops*. Pegasus Communications Inc.
- Artem Cheprasov. (2021). *Pollution in North America: Water, Air & Land*. Retrieved 23 มีนาคม from <https://study.com/academy/lesson/pollution-in-north-america-water-air-land.html>
- Bowman, & Cox, M. L. (1974). *Journal of Environmental Education*. Assessing College Student Attitude Toward Environmental Issues.
- Chris Dolce, & Jonathan Erdman. (2020). *Massive Saharan Dust Plume Spreads Into the U.S. After Completing a 5,000-Mile Journey From Africa*. Retrieved 23 มีนาคม from <https://weather.com/storms/hurricane/news/2020-06-21-saharan-dust-sal-caribbean-gulf-of-mexico-us-forecast>
- Daniel Aronson. (1998). *Overview of Systems Thinking*. Retrieved 19 ธันวาคม from <http://www.thinking.net>
- Derek, A. C. (2006). *Systems Thinking*. Ithaca. Cornell University.
- Johnson, R. T., & Johnson, D. W. (1986). *Action research : Cooperative learning in the science classroom*. Science and Children.
- Kambiz, E. M. (2004). Links Between Systems Thinking and Complex Decision Making. *System Dynamics Review*, 20, 21-28.
- Kay, J. J., & Foster, J. A. (1999). *About Teaching Systems Thinking*. University of Waterloo.
- Kirk, J. J., & Huff, S. (1996). *Thinking Systems: The First to Becoming a Learning Organization*. ERIC.
- Management, C. f. S. (1999). "Architects in Strategic and Social Change." in *System Thinking and Learning: Executive Briefing and Seminar*. Pleasantville Press.
- Mayer, R. E. (1989). *Systematic Thinking Fostered by Illustrations in Scientific Text*. University of California.
- Neal Fann. (2016). *THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON HUMAN HEALTH IN THE UNITED STATES : A Scientific Assessment*. U.S.A.: Global Change Research

Program.

Senge, P. M. (1999). *The fifth discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Random House Business Books.

Senge, P. M. (2001). *Systems Thinking and Organizational Learning: Acting Locally and Thinking Globally in the Organization of the Future*. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. Retrieved 3 ตุลาคม from <http://www.sciencedirect.com/science>.

Sweeney, L. B. (1999). *Guidelines for Daily System Thinking Practice*. Pegasus Communications.

Voutsina, C. (2012). Procedural and Conceptual Changes in Young Children's Problem Solving. *Journal Articles*. (Reports-Research)

กนก จันทรา. (2561). การรู้เรื่องภูมิศาสตร์: ถอดบทเรียนประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ภูมิศาสตร์ในชั้นเรียนที่เสริมสร้างการเรียนรู้ภูมิศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2543). คู่มือปฏิบัติการสำหรับเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษในการตรวจสอบโรงงานอุตสาหกรรม. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2547). ตำราบำบัดมลพิษทางอากาศ. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2545a). ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม (5 ed.). กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2545b). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมอนามัย. (2535). คู่มือเจ้าหน้าที่สาธารณสุข เล่ม 4 การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศและเสียง. กระทรวงสาธารณสุข.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระภูมิศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กิตติคุณ รุ่งเรือง. (2556). การจัดการเรียนการสอนสาระภูมิศาสตร์. บริษัทสุวีริยาสาส์นจำกัด.

- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2561). คิดเป็นระบบ: *Systematized Thinking*. ซัคเซส พับลิชชิง จำกัด. เกษม จันทรแก้ว. (2530). วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2549). นวัตกรรมการศึกษาไทย: รูปแบบการเรียนการสอนนวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรนนท์ ซาดิซัยนานนท์. (2557). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบของ นักศึกษาสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร]. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม.
- จิราภรณ์ คชเสนี. (2547). มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม (3 ed.). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ ธีระพันธ์. (2548). วิธีคิดกระบวนการ. พิษณุไทย ออฟเซต.
- ณรงค์ ณ เชียงใหม่. (2525). มลพิษสิ่งแวดล้อม. โอเดียนสโตร์.
- นวรรตน์ หัสดี. (2544). ผลการใช้เมตาคognitionขึ้นเพื่อกำกับและควบคุมตนเองในการเรียนของนักเรียน โครงการการศึกษาพิเศษ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันทวุฒิ จำปางาม. (พฤษภาคม-กรกฎาคม 2561). การฟื้นฟูมลพิษทางดินที่ปนเปื้อนจากของเสีย อันตรายจากภาคอุตสาหกรรม. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 12(2).
- นิยม กิมานุวัฒน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา]. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นิวัติ เรืองพานิช. (2556). การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (5 ed.). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประจักษ์ ปฏิทัศน์. (2559). การคิดเชิงระบบและความคิดสร้างสรรค์ (*Systematic and Creative Thinking*). โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์ จำกัด.
- ประเสริฐ วิทยารัฐ. (2545). ภูมิศาสตร์กายภาพประเทศไทย. พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ปองจิต แจ่มจำรัส. (2534). ปัญหาและการควบคุมสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. วารสารประชากร.
- ปิยนาด ประยูร. (2548). *Systems Thinking* วิธีคิดกระบวนการ. โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อ ชุมชนเป็นสุข (สรส.).
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. (2525). แหล่งน้ำกับมลภาวะ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฝ่ายวิชาการเอ็กซ์เปอร์เน็ท. (2546). เทคนิคการคิดและจำอย่างเป็นระบบ-*Systematic Thinking & Mind Mapping* (3 ed.). ไทยวัฒนาพานิช.

- พงศ์นที สัตยเทวา. (2555). การพัฒนาโปรแกรมการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาโดยใช้แนวคิดการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พชรมณต์ หมวดนุ้ม. (2555). การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเพื่อเชื่อมโยงการเขียนโดยใช้เทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มหาวิทยาลัยศิลปากร]. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พรพรรณ ภูมิภู. (2548). การคิดเชิงระบบ. อุปนายกสมาคมนักฝึกอบรมแห่งประเทศไทย สถาบันพัฒนาข้าราชการพลเรือน.
- พระมหามันัส กิตติสารโร และคณะ. (2560). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.
- พวงเพชร ธนสิน. (2555). ภูมิศาสตร์กายภาพแนวบูรณาการ.
- ไพฑูรย์ สีนลารัตน์. (2557). หลักและเทคนิคการสอนระดับอุดมศึกษา. วี.พรีนท์ (1991) จำกัด.
- ไพฑูรย์ สีนลารัตน์ และคณะ. (2551). คู่มือการเปลี่ยนผ่านการศึกษาตามหลัก "สัตตศिला". พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- ไพบุลย์ บุญไชย. (2549). ภูมิศาสตร์กายภาพเบื้องต้น. โอเดียนสโตร์.
- ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ. (2560). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม]. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- มกราพันธ์ จุฑารสก. (2551). การคิดอย่างเป็นระบบ: การประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน. โครงการสวัสดิการวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก.
- มนตรี แยมกสิกร. (2546). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร]. วิทยานิพนธ์การศึกษาดุสิต บัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- มนัส สุวรรณ. (2541). เทคนิคเชิงปริมาณสำหรับวิชาภูมิศาสตร์ (2 ed.). โอ.เอส. พรีนติ้งเฮาส์.
- มโนทย์ ชูพรหม. (2554). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม การวิเคราะห์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการ

- เรียนการสอนตถกถลักร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิก มหาวิทยาลัยทักษิณ]. ปรินญาการศึกษา  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- มาเรียม นิลพันธุ์. (2553). วิธีวิจัยทางการศึกษา (3 ed.). มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- มาเรียม นิลพันธุ์. (2558). วิธีวิจัยทางการศึกษา (9 ed.). มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- มีชัย วรสายัณห์. (2535). มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม. โอเดียนสโตร์.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2540). การศึกษากระบวนการสิ่งแวดล้อม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. ภาพพิมพ์.
- ราตรี ภารา. (2543). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. อักษราพิพัฒน์.
- โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี. (2562). หลักสูตรสถานศึกษาหลักสูตรการเรียนรู้อิงสังคมศึกษา  
ศาสนาและวัฒนธรรม ปีการศึกษา 2562. โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี อำเภอเมือง  
เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี.
- ลาวัญญ์ วิจารณ์ และคณะ. (2540). มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม. อูษาการพิมพ์.
- วรนุช ธรรมมงคลเดช. (2553). ผลของการสอนการออกแบบผ้าพิมพ์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน  
แบบตถกถลักรที่มีต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในหลักสูตรศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย]. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศิลปศึกษา คณะครุศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วราภรณ์ จานโอ. (2554). ปัญหามาตรการทางกฎหมายเกี่ยวกับมลพิษทางดินจากภาคอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. วิทยานิพนธ์ปริญญานิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขากฎหมาย  
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วลัยพร ประสานพันธ์. (2559). ผลการใช้ชุดกิจกรรมแนะแนวเพื่อสร้างการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้น  
ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชฎกนิยมนธรรม (พิบูลสงคราม) กรุงเทพมหานคร  
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช]. การศึกษาค้นคว้าอิสระระดับปริญญาศึกษาศาสตร  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วันเพ็ญ วรณโกมล. (2542). การสอนสังคมในระดับมัธยมศึกษา (2 ed.). สถาบันราชภัฏธนบุรี.
- วิจารณ์ พาณิชย์. (2547). โรงเรียนแห่งคุณภาพและการสร้างสรรค์. สำนักนโยบายและแผนการศึกษา  
สทศ. .
- วิชุดา เจริญสม. (2549). การสร้างชุดกิจกรรมโดยใช้สื่อเกมคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการ  
คิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี].  
วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุ  
ศาสตร์อุตสาหกรรมเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วินัย วีระพัฒนานนท์. (2530). สิ่งแวดล้อมศึกษา. โอเดียนสโตร์.



- วินัย วีระพัฒนานนท์. (2539). สิ่งแวดล้อมศึกษา. คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วิริยะ ฤชชัยพานิช. (2548). การศึกษายุคนี้ต่างจากอดีต. วารสารการศึกษา(30 มิถุนายน- มิถุนายน 2548), 20.
- วีโรจน์ เอี่ยมเจริญ, & อภิสัทธี เอี่ยมหน่อ. (2555). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ภูมิศาสตร์ ม. 3. อักษรเจริญทัศน์.
- วีณา ประชากุล, & ประสาท เนื่องเฉลิม. (2553). รูปแบบการเรียนการสอน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วีรวุฒิ มาฆะศิริานนท์, & ณัฐพงศ์ เกศมาริช. (2549). *Joseph O' Conner and Ian McDermott* เขียนหัวใจนักคิด (*The Art of Systems Thinking*). (7 ed.). เอ็กซ์เปอร์เน็ท.
- ศิรรา จุฑารัตน์. (2549). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบตลกผลึก ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวรรณคดีไทย และความสามารถทางการอ่านอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, พัฒนา มุลพฤษ, & อารังรัตน์ มุ่งเจริญ. (2541). การป้องกันและควบคุมมลพิษ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2556). มลพิษทางอากาศ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภมาศ พินิจศักดิ์พัฒนา และคณะ. (2559). มลพิษทางดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมใจ เจียรพงษ์. (2553). การพัฒนาผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมและการคิดอย่างเป็นระบบ วิชาการสื่อสารทางการพยาบาล.
- สมพร เทพสิทธิ์า. (2537). ศาสนากับสิ่งแวดล้อม "เอกสารการประชุมทางวิชาการของราชบัณฑิตยสถาน เรื่องสิ่งแวดล้อม: ผลกระทบต่อสังคมไทย". วิกตอรี เพาเวอร์พอยท์ จำกัด.
- สมมต สมบูรณ์, ชะอ้อน ศรีทอง, & จุลพงษ์ อุดมพรพิบูล. (2555). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ภูมิศาสตร์ ม.3. ไทยวัฒนาพานิช.
- สรรคี่ใจ กลิ่นดาว. (2542). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: หลักการเบื้องต้น. คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สราลี โชติดีติก. (2548). การพัฒนาการคิดขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยรูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ มหาวิทยาลัยบูรพา]. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สวัสดิ์ โนนสูง. (2546). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2 ed.). โอเดียนสโตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2558). พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (6 ed.). องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2556). หนังสืออ่านเพิ่มเติม เรื่อง ภัยพิบัติทางธรรมชาติ ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2554). คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายในสถานศึกษา ระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2553. ภาพพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2534). คุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลักของประเทศไทยใน ศตวรรษที่ผ่านมา (พ.ศ. 2524-2533). กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579. พริกหวาน กราฟฟิค จำกัด.
- สิรินทร์ ลัดดาภิรมย์ บุญเชิดชู. (2559). รายงานการวิจัย การพัฒนาความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ ของนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษาปฐมวัยโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบกำกับตนเอง. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุธาสนี อึ้งสูงเนิน. (มกราคม – เมษายน 2558). ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัด ศัตรูพืช. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 9(1), 57-60.
- สุรัสวดี นราพงศ์เกษม. (2557). การพัฒนาความสามารถในการเขียนบทความโดยใช้วิธีสอนแบบสร้าง ผลงานจากการตกผลึกทางปัญญา สำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ ยะลา มหาวิทยาลัยทักษิณ]. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาภาษาไทย มหาวิทยาลัย ทักษิณ.
- อดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์ และคณะ. (2541). การจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล. เอ็นไวร์ คอนเซ็ปต์ จำกัด.
- อมรรัตน์ วัฒนาร. (2551). การจัดการเรียนการสอนแบบตกผลึกในระดับบัณฑิตศึกษา (*Crystal-based Approach in Graduate Level*).
- อรอนงค์ สุตสวาด. (2559). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สถานการณ์และวิกฤตการณ์ สิ่งแวดล้อมและทักษะการประเมินของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แนวการจัดการจัดการ เรียนรู้แบบตกผลึกทางปัญญา มหาวิทยาลัยศิลปากร]. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาสังคมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อลิศรา ชูชาติ และคณะ. (2549). นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- อัล กอร์. (2550). โลกที่ไม่มีใครอยากฟัง *An Inconvenient Truth* (คุณากร วาณิชยวิรุฬห์, Trans.; 3 ed.). มติชน.
- อานัติ ต๊ะปินตา. (2553). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย.
- อำนาจ เจริญศิลป์. (2543). การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม = *Management of*

*natural Resources and Environment.* โอเดียนสโตร์.

อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์. (2547). กฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม. วิญญูชน.

อุทัย บุญประเสริฐ. (2539). รายงานการสัมมนาหลักและแนวทางในการบริหารโรงเรียนอย่างเป็นระบบ.

สวางคนิวาส.

อุไรรัตน์ สำเร็จวงศ์. (2549). นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.







ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ



### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. อาจารย์ ดร.อนันต์ ปั่นอินทร์ | อาจารย์ประจำสาขาวิชาสังคมศึกษา<br>คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร<br>ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาสังคมศึกษา<br>(สิ่งแวดล้อมศึกษา) |
| 2. ดร.ปยุตต์ ทัฬหวัช            | ครูชำนาญการ<br>โรงเรียนราชินีบูรณะ<br>ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระ<br>สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม               |
| 3. ดร.หริณวิทย์ กนกศิลปธรรม     | ครูชำนาญการ<br>โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย<br>ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทาง<br>สังคมศึกษา                              |





ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 1

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
<b>องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้</b>					
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนตามรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>ข้อสรุปทั่วไป</b>					
1. สร้างข้อสรุปทั่วไปได้ครอบคลุมเนื้อหา มีความถูกต้องและชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน สามารถวัดพฤติกรรมได้	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สาระการเรียนรู้</b>					
1. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การจัดลำดับของสาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
3. เน้นกระบวนการคิด การวางแผน การลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้</b>					
1. ใช้สื่อสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และคุ่มค่า	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาชัดเจนมากขึ้น	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. เลือกใช้สื่อเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การวัดและการประเมินผล</b>					
1. การวัดและประเมินสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การวัดและประเมินสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. มีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินที่ชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 2

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
<b>องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้</b>					
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนตามรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>ข้อสรุปทั่วไป</b>					
1. สร้างข้อสรุปทั่วไปได้ครอบคลุมเนื้อหา มีความถูกต้องและชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน สามารถวัดพฤติกรรมได้	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สาระการเรียนรู้</b>					
1. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การจัดลำดับของสาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
3. เน้นกระบวนการคิด การวางแผน การลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้</b>					
1. ใช้สื่อสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และคุ่มค่า	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาชัดเจนมากขึ้น	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. เลือกใช้สื่อเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การวัดและการประเมินผล</b>					
1. การวัดและประเมินสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การวัดและประเมินสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. มีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินที่ชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00



ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 3

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
<b>องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้</b>					
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนตามรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>ข้อสรุปทั่วไป</b>					
1. สร้างข้อสรุปทั่วไปได้ครอบคลุมเนื้อหา มีความถูกต้องและชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน สามารถวัดพฤติกรรมได้	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สาระการเรียนรู้</b>					
1. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การจัดลำดับของสาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
3. เน้นกระบวนการคิด การวางแผน การลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้</b>					
1. ใช้สื่อสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และคุ่มค่า	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาชัดเจนมากขึ้น	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. เลือกใช้สื่อเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การวัดและการประเมินผล</b>					
1. การวัดและประเมินสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การวัดและประเมินสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. มีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินที่ชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 4

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
<b>องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้</b>					
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนตามรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>ข้อสรุปทั่วไป</b>					
1. สร้างข้อสรุปทั่วไปได้ครอบคลุมเนื้อหา มีความถูกต้องและชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน สามารถวัดพฤติกรรมได้	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สาระการเรียนรู้</b>					
1. สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การจัดลำดับของสาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนที่ 4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
3. เน้นกระบวนการคิด การวางแผน การลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>สื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้</b>					
1. ใช้สื่อสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และคุ่มค่า	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาชัดเจนมากขึ้น	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. เลือกใช้สื่อเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>การวัดและการประเมินผล</b>					
1. การวัดและประเมินสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การวัดและประเมินสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. มีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินที่ชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถอธิบายสภาพปัญหา มลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	1. ข้อใดไม่ใช่ปัญหามลพิษทางน้ำ (เข้าใจ) <b>ก. น้ำมีอุณหภูมิสูงตามธรรมชาติ</b> ข. น้ำมีเชื้อแบคทีเรียและไวรัสปนเปื้อน ค. น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ ง. น้ำมีตะกอนดินและทรายเจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก	+1	+1	+1	3.00	1.00
นักเรียนสามารถอภิปรายสาเหตุและผลกระทบของปัญหา มลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	2. ข้อใด คือกิจกรรมที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษทางน้ำมากที่สุด (วิเคราะห์) ก. การเลี้ยงโคนม ข. การทำประมงพื้นบ้าน ค. การบุกรุกตัดไม้ทำลายป่า <b>ง. การทำกิจการโรงงานฟอกย้อม</b>	+1	+1	+1	3.00	1.00
	3. ข้อใดเป็นสาเหตุที่ทำให้ประเทศบราซิลประสบปัญหามลพิษทางน้ำ (วิเคราะห์) <b>ก. การตัดไม้ทำลายป่า</b> ข. การฉีดยาปราบศัตรูพืช ค. การทิ้งขยะลงท่อระบายน้ำ ง. การทำฟาร์มปศุสัตว์ใกล้แม่น้ำ	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	4. ข้อใดเป็นผลกระทบจากมลพิษทางน้ำที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรสัตว์ป่า (เข้าใจ) ก. เกิดปัญหาต้นไม้ในป่าล้มตาย ข. เกิดปัญหาโรคระบาดจากเชื้อโรค ค. เกิดปัญหาการขยายพันธุ์ของสัตว์ป่า ง. ป่าเกิดปัญหาขาดแคลนแหล่งที่อยู่อาศัย	+1	+1	+1	3.00	1.00
	5. ข้อใด คือ ปัญหามลพิษทางน้ำที่มีผลกระทบต่อตัวประชาชนในปานามากที่สุด (วิเคราะห์) ก. เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและโรคระบาดหลายชนิด ข. สถานที่ท่องเที่ยวและพักผ่อนหย่อนใจริมแหล่งน้ำถูกทำลาย ค. แหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพ ทำให้สัตว์น้ำตาย การประมงได้รับผลกระทบ ง. การสูญเสียการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ เกิดอันตรายต่อการอุปโภคบริโภค	+1	+1	+1	3.00	1.00




ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถระบุความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างถูกต้อง	<p>6. ข้อใดคือความร่วมมือในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรทางน้ำ (จำ)</p> <p>ก. อนุสัญญา MARPOL 73/78</p> <p>ข. อนุสัญญารอตเตอร์ดัม</p> <p>ค. อนุสัญญาด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ</p> <p>ง. อนุสัญญาว่าด้วยการค้าสัตว์ป่าและป่าที่ใกล้สูญพันธุ์</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00
นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสม	<p>7. ข้อใดคือแนวทางในการนำมาใช้แก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสมที่สุด (วิเคราะห์)</p> <p>ก. ติดตั้งเครื่องกลเติมอากาศ</p> <p>ข. ไม่ทิ้งขยะและของเสียอันตรายลงสู่แหล่งน้ำ</p> <p>ค. สร้างมาตรการการขนส่งทางน้ำที่มีมาตรฐาน</p> <p>ง. ออกกฎหมายควบคุมโรงงานในการปล่อยน้ำเสีย</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถระบุความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างถูกต้อง	8. การจัดโครงการปลูกป่าและอนุรักษ์ป่าไม้บนพื้นที่สูง ถือว่าเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรทางน้ำหรือไม่ เพราะเหตุใด (ประเมินค่า) ก. เป็น เพราะ แหล่งน้ำมีต้นกำเนิดจากบริเวณภูเขา ข. เป็น เพราะ ป่าไม้ช่วยดูดซับสารพิษที่ตกค้างตามบริเวณพื้นที่ต่างๆ ค. ไม่เป็น เพราะ ทรัพยากรน้ำเกิดจากน้ำบาดาล ง. ไม่เป็น เพราะ ทรัพยากรป่าไม้ไม่ได้มีผลต่อทรัพยากรทางน้ำ	+1	+1	+1	3.00	1.00
นักเรียนสามารถวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	9. ซ้อโต เป็นกิจกรรมของมนุษย์ ที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ (เข้าใจ) ก. การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง ข. โรงงานไฟฟ้าพลังน้ำ ค. การระเบิดภูเขา ง. การเผาไร่	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	10. ข้อใด คือสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ทวีปอเมริกาเหนือเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ (วิเคราะห์) <b>ก. โรงงานและยานพาหนะ</b> ข. การทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ค. การใช้สารเคมีในการทำเกษตร ง. ไฟป่าและการกำจัดขยะของใช้ของประชาชน	+1	+1	+1	3.00	1.00
	11. บริเวณหมายเลขใด ในทวีปอเมริกาเหนือเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศมากที่สุด (วิเคราะห์)  ก. หมายเลข 1 บริเวณประเทศแคนาดา ข. หมายเลข 2 บริเวณประเทศสหรัฐอเมริกา <b>ค. หมายเลข 3 บริเวณประเทศเม็กซิโกและอเมริกากลาง</b> ง. หมายเลข 4 บริเวณหมู่เกาะในทะเลแคริบเบียน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	12. ข้อใดไม่ใช่ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางสภาพภูมิอากาศของทวีปอเมริกาเหนือต่อประเทศไทย (เข้าใจ) ก. การเพิ่มต้นทุนราคาสินค้าของไทย ข. การกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม ค. สินค้าและเทคโนโลยีนำเข้ามีราคาสูงขึ้น ง. สินค้าและเทคโนโลยีที่ส่งออกจากไทยมีราคาสูงขึ้น	+1	+1	+1	3.00	1.00
	13. การเกิดปัญหามลพิษทางอากาศส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของชาวอเมริกันในเรื่องใดมากที่สุด (วิเคราะห์) ก. เกิดฝนกรด ทำลายต้นไม้ ข. สูญเสียทัศนียภาพอันสวยงาม ค. เกิดโรคเรื้อรังต่อระบบทางเดินหายใจ ง. พื้นผิวของอาคารถูกฝุ่นจับเป็นคราบดำ	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศได้อย่างเหมาะสม	14. ข้อใด คือ การแก้ปัญหามลพิษทางอากาศที่ไม่ถูกต้องที่สุด (จำ) ก. กำจัดวัชพืชที่ทำลายต้นไม้ใหญ่ด้วยการใช้สารเคมี					
	ข. ภาครัฐควบคุมการปล่อยของเสียจากโรงงาน ค. ติดตาม ผู้ปล่อยก๊าซมลพิษ ง. การใช้พลังงานหมุนเวียนแทนน้ำมัน	+1	+1	+1	3.00	1.00
	15. ข้อใด คือ แนวทางแก้ปัญหามลพิษทางอากาศที่เหมาะสมที่สุด (วิเคราะห์)					
	ก. สร้างรถไฟฟ้า ข. ใช้รถโดยสารสาธารณะ ค. เข้าร่วมโครงการปลูกป่า ง. ให้ความรู้การจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศได้อย่างเหมาะสม	<p>16. การใช้ยานพาหนะที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และทำความสะอาดเครื่องยนต์อยู่เสมอ เป็นการกระทำที่ช่วยลดการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้หรือไม่ อย่างไร (ประเมิน)</p> <p>ก. ได้ เนื่องจาก การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์จะปล่อยสารเจือปนในปริมาณที่น้อยลง</p> <p>ข. ได้ เนื่องจาก การที่เครื่องยนต์สะอาดตลอดเวลาทำให้มีความเร็วในการขับเคลื่อน</p> <p>ค. ไม่ได้ เนื่องจาก การใช้เครื่องยนต์ในรูปแบบใดก็ตาม ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษตามมา</p> <p>ง. ไม่ได้ เนื่องจาก ปริมาณการใช้ยานพาหนะมีมาก ทำให้สารเจือปนมีมากเช่นกัน</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00



ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถอธิบายประเด็นปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายจากการปฏิสัมพันธ์ที่มนุษย์กระทำในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	17. ข้อใด มีความหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย (เข้าใจ) ก. ของเหลือใช้ที่นำมาแปรรูป ข. สิ่งของที่ชำรุดและรอการซ่อม ค. ของเหลือทิ้ง วัสดุที่ไม่ได้ใช้ และใช้ไม่ได้แล้ว ง. เศษสิ่งของที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว และถูกนำไปใช้ต่อ	+1	+1	+1	3.00	1.00
นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	18. ข้อใด คือ สาเหตุของการเกิดปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายในสหรัฐอเมริกา (วิเคราะห์) ก. โรคระบาดทำให้สัตว์จำนวนมากล้มตาย ข. การเกิดพายุเฮอริเคนพัดทำลายอาคารบ้านเรือน ค. อัตราการเพิ่มของประชากรและการขยายตัวของอุตสาหกรรม ง. วัสดุในการผลิตสิ่งของไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้มีอายุการใช้งานน้อย	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	19. ข้อใด คือ สถานที่ที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่สำคัญ (วิเคราะห์) ก. สถานที่ก่อสร้าง ข. ย่านธุรกิจการค้า ค. ที่พักอาศัยของมนุษย์ ง. พื้นที่ทำการเกษตรกรรม	+1	+1	+1	3.00	1.00
	20. ข้อใด ไม่ใช่ผลที่ตามมาของการเกิดปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ (เข้าใจ) ก. สัตว์ป่าล้มตาย ข. ส่งผลให้เกิดมลพิษทางน้ำ ค. ส่งผลกระทบต่ออากาศที่มีกลิ่นเหม็น ง. ดินบริเวณแหล่งทิ้งขยะมีสารเคมีปนเปื้อน	+1	+1	+1	3.00	1.00


ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	21. ข้อใดคือ ผลกระทบของปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยที่ส่งผลต่อมนุษย์มากที่สุด (วิเคราะห์) ก. สภาพภูมิทัศน์ของแหล่งน้ำขาดความสวยงาม ข. พื้นดินปนเปื้อนไม่สามารถทำการเกษตรได้ ค. ขาดแคลนแหล่งน้ำสะอาดในการบริโภค ง. ก่อความเสียหายต่อธุรกิจการท่องเที่ยว	+1	+1	+1	3.00	1.00
นักเรียนสามารถระบุความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายได้อย่างถูกต้อง	22. ข้อใดเป็นความร่วมมือในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการของเสียอันตราย (จำ) ก. อนุสัญญาบาเซล ข. อนุสัญญาไซเตส ค. อนุสัญญาว่าด้วยการค้าสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ ง. อนุสัญญาว่าด้วยการคุ้มครองมรดกโลกทางวัฒนธรรมและธรรมชาติ	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายได้อย่างเหมาะสม	23. ประชากรในชุมชนฮาวานา ประเทศคิวบา ควรใช้วิธีการในการกำจัดปัญหาขยะประเภทมูลสัตว์และซากพืชซากสัตว์ให้เหมาะสมได้อย่างไร (คิดสร้างสรรค์) ก. ขุดหลุมฝัง ข. นำไปทำปุ๋ย ไร่ใช้ใส่ต้นไม้ ค. ปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ ง. ทิ้งลงถังขยะที่ทางหน่วยงานภาครัฐจัดสรรไว้	+1	+1	+1	3.00	1.00
นักเรียนสามารถอธิบายสภาพปัญหามลพิษทางดินที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	24. ข้อใด ไม่ใช่ความหมายของปัญหามลพิษทางดิน (เข้าใจ) ก. สภาวะที่ดินที่ไม่ได้ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพเนื้อดิน ข. สภาวะการปนเปื้อนด้วยสารพิษในดินมากเกินไปจนขีดจำกัด ค. สภาวะความสกปรกซึ่งเกิดจากการเติมหรือทิ้งสิ่งใดๆ ลงไปในดิน ง. สภาวะที่ดินเสื่อมคุณภาพไปจากเดิมและหรือมีสารพิษปนเปื้อนเกินขีดจำกัด	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถอธิบายสภาพปัญหา มลพิษทางดินที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	<p>25. จากภาพที่กำหนดให้ ข้อใด คือ ปัญหามลพิษที่จะเกิดขึ้นมากที่สุด จากกิจกรรมในภาพ (วิเคราะห์)</p>  <p>ก. มลพิษทางดิน ข. มลพิษทางน้ำ ค. มลพิษทางอากาศ ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00
นักเรียนสามารถอภิปรายสาเหตุและผลกระทบของปัญหา มลพิษทางดินที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	<p>26. ประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาใต้เกิดมลพิษทางดินเนื่องจากมีสารเคมีปนเปื้อนมาก เพราะสาเหตุใด (วิเคราะห์)</p> <p>ก. การพัฒนาและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ข. การขยายตัวทางเศรษฐกิจ ค. การคมนาคมขนส่ง ง. การทำเกษตรกรรม</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางดินที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง	27. ข้อใด คือ ผลกระทบจากปัญหามลพิษทางดิน ที่มีผลต่อมนุษย์มากที่สุด (เข้าใจ) <b>ก. เกิดทุพภิกขภัย ผลผลิตทางการเกษตรลดลง</b> ข. ภัยแล้ง ขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรกรรม ค. ขาดแคลนที่ดินสำหรับเป็นที่อยู่อาศัย ง. พื้นที่ทะเลทรายขยายพื้นที่มากขึ้น	+1	+1	+1	3.00	1.00
	28. การเกิดปัญหามลพิษทางดิน มีความสัมพันธ์กับภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด (ประเมิน) ก. มีผล เนื่องจาก ดินช่วยดูดซับความร้อนเอาไว้ เมื่อดินเสื่อมทำให้การดูดซับความร้อนลดลง <b>ข. มีผล เนื่องจาก ทำให้ทรัพยากรป่าไม้ขาดสารอาหารในการเจริญเติบโตและล้มตาย</b> ค. ไม่มีผล เนื่องจาก ปัญหามลพิษทางดิน ไม่มีความสัมพันธ์กับปัญหาภาวะโลกร้อน ง. ไม่มีผล เนื่องจาก ภาวะโลกร้อนเกิดจากก๊าซที่ปล่อยลอยอยู่ในอากาศ	+1	+1	+1	3.00	1.00



ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเด็นการประเมิน ข้อคำถาม	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษทางดินที่ได้เหมาะสม	29. ข้อใด เป็นแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรดินที่ไม่ถูกวิธี (วิเคราะห์) ก. สร้างฝายบนภูเขาสำหรับกักเก็บน้ำ สร้างความชุ่มชื้น <b>ข. ส่งเสริมให้มีการสำรวจและสัมปทานเหมืองแร่โลหะ</b> ค. ปลุกหญ้าแฝก ลดการพังทลายของหน้าดิน ง. ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการทำเกษตร	+1	+1	+1	3.00	1.00
	30. วิธีการใด เป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางดินได้อย่างสร้างสรรค์และเหมาะสม (คิดสร้างสรรค์) ก. ใช้รถไถทำการไถขุดพลิกหน้าดิน ข. ปล่อยน้ำท่วมขังเพื่อการชะล้างหน้าดิน <b>ค. ใช้น้ำหมักรดหน้าดินและปลูกพืชตระกูลถั่ว</b> ง. ใช้สารเคมีพ่นหน้าดินเพื่อบำรุงและใช้เวลาพักฟื้นไม่นาน	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	สรุปความหมาย
1	0.64	0.25	ใช้ได้
2	0.74	0.32	ใช้ได้
3	0.18	0.50	ใช้ไม่ได้
4	0.61	0.31	ใช้ได้
5	0.71	0.87	ใช้ได้
6	0.55	0.67	ใช้ได้
7	0.74	0.10	ใช้ไม่ได้
8	0.85	0.41	ใช้ไม่ได้
9	0.33	0.18	ใช้ไม่ได้
10	0.75	0.11	ใช้ไม่ได้
11	0.37	0.08	ใช้ไม่ได้
12	0.74	0.11	ใช้ไม่ได้
13	0.39	0.45	ใช้ได้
14	0.21	0.34	ใช้ได้
15	0.33	0.16	ใช้ไม่ได้
16	0.30	0.63	ใช้ได้
17	0.71	0.67	ใช้ได้
18	0.76	0.14	ใช้ไม่ได้
19	0.59	0.35	ใช้ได้
20	0.64	0.14	ใช้ไม่ได้
21	0.72	0.61	ใช้ได้
22	0.74	0.35	ใช้ได้
23	0.66	0.47	ใช้ได้
24	0.17	0.46	ใช้ไม่ได้
25	0.92	0.22	ใช้ไม่ได้
26	0.31	0.18	ใช้ไม่ได้

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	สรุปความหมาย
27	0.49	0.25	ใช้ได้
28	0.74	0.65	ใช้ได้
29	0.21	0.31	ใช้ได้
30	0.58	0.14	ใช้ไม่ได้
31	0.55	0.42	ใช้ได้
32	0.34	0.13	ใช้ไม่ได้
33	0.72	0.36	ใช้ได้
34	0.26	0.11	ใช้ไม่ได้
35	0.54	0.12	ใช้ไม่ได้
36	0.58	0.37	ใช้ได้
37	0.56	0.59	ใช้ได้
38	0.77	0.16	ใช้ไม่ได้
39	0.41	0.06	ใช้ไม่ได้
40	0.52	0.75	ใช้ได้
41	0.58	0.66	ใช้ได้
42	0.32	0.55	ใช้ได้
43	0.59	0.26	ใช้ได้
44	0.46	0.31	ใช้ได้
45	0.39	0.56	ใช้ได้
46	0.51	0.46	ใช้ได้
47	0.55	0.34	ใช้ได้
48	0.69	0.67	ใช้ได้
49	0.54	0.32	ใช้ได้
50	0.32	0.19	ใช้ไม่ได้
51	0.51	0.35	ใช้ได้
52	0.68	0.45	ใช้ได้

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	สรุปความหมาย
53	0.61	0.22	ใช้ได้
54	0.55	0.64	ใช้ได้
55	0.53	0.19	ใช้ไม่ได้
56	0.43	0.17	ใช้ไม่ได้
57	0.49	0.52	ใช้ได้
58	0.54	0.65	ใช้ได้
59	0.52	0.74	ใช้ได้
60	0.33	0.17	ใช้ไม่ได้

#### หมายเหตุ

- ข้อสอบข้อที่ 3,8,24,25 มีค่าความยากง่าย (p) ไม่อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20-0.80 จึงตัดออก
- ข้อสอบข้อที่ 7,9,10,11,12,15,18,20,26,30,32,34,35,38,39,50,55,56,60 มีค่าอำนาจจำแนก (r) น้อยกว่า 0.20 จัดเป็นข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกเด็กเก่งและเด็กอ่อนได้จึงตัดออก
- เนื่องจากมีข้อสอบเกินจำนวนที่ต้องการจึงตัดออกแบบเจาะจง 7 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1,2,4,5,13,17,21
- รวมตัดข้อสอบออกทั้งหมด 30 ข้อ และคงเหลือข้อสอบจำนวน 30 ข้อ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้เท่ากับ 0.68

ตารางที่ 22 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	13	20
2	15	20
3	15	22
4	16	21
5	14	19
6	15	22
7	16	22
8	15	23
9	14	21
10	17	27
11	15	21
12	16	22
13	16	28
14	14	21
15	14	19
16	20	25
17	16	22
18	15	24
19	15	23
20	13	22
21	12	23
22	16	21
23	18	28
24	16	25
25	17	21
26	14	19

ตารางที่ 22 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
27	16	22
28	15	22
29	15	20
30	15	24
31	15	22
32	16	24
33	15	23
34	14	20
35	15	21
36	15	22
ก่อนเรียน	$\bar{X} = 15.22, S.D. = 1.436$	
หลังเรียน	$\bar{X} = 22.25, S.D. = 2.260$	





ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม

พฤติกรรมบ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
การคิดวิเคราะห์ ความเชื่อมโยง ของสถานการณ์	1. จากข่าวข้างต้นเป็นสภาพปัญหา มลพิษประเภทใด ก. มลพิษทางดิน ข. มลพิษทางน้ำ ค. มลพิษทางอากาศ ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย	+1	+1	+1	3.00	1.00
พิจารณา องค์ประกอบ ย่อย	2. ข้อใดเป็นสาเหตุองค์ประกอบที่ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษตามกรณี ตัวอย่างข้างต้นมากที่สุด ก. โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสียลง สู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ข. การขาดจิตสำนึกของผู้ประกอบการ ธุรกิจการท่องเที่ยว ค. การทิ้งขยะติดเชื้อจาก สถานพยาบาลลงสู่แหล่งน้ำ ง. การดำเนินชีวิตของประชาชนที่ขาด จิตสำนึก	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
คิดย้อนกลับ เรื่องราวการ เชื่อมต่อระหว่าง ส่วนต่าง ๆ	3. กรณีตัวอย่างปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในข้อใดมาก ที่สุด ก. ทศนิยมถูกทำลาย ข. เกิดเชื้อโรคและโรคระบาดหลาย ชนิด ค. ไม่สามารถนำน้ำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ง. สัตว์น้ำตาย ส่งผลกระทบต่อผู้ที่ ประกอบอาชีพประมง	+1	+1	+1	3.00	1.00
สร้างวงจร ย้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	4. มาตรการข้อใด เป็นการแก้ไข ปัญหาและป้องกันการเกิดมลพิษทาง สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของกรณีตัวอย่าง ที่ประชาชนทุกภาคส่วนควรให้ความ ร่วมมือ ก. การปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม ข. การร่วมกันก่อสร้างระบบบำบัดน้ำ เสียในชุมชน ค. การจ่ายเงินเพื่อรักษาสุขภาพของ ตนเองให้แข็งแรง ง. การใช้ธรรมชาติโดยสร้างบ่อดิน และมีการปลูกพืชประเภทผักตบชวา	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
คิดย้อนกลับ เรื่องราวการ เชื่อมต่อระหว่าง ส่วนต่าง ๆ	3. กรณีตัวอย่างปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในข้อใดมาก ที่สุด ก. ทศนิยมถูกทำลาย ข. เกิดเชื้อโรคและโรคระบาดหลาย ชนิด ค. ไม่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ง. สัตว์น้ำตาย ส่งผลกระทบต่อผู้ที่ ประกอบอาชีพประมง	+1	+1	+1	3.00	1.00
สร้างวงจร ย้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	4. มาตรการข้อใด เป็นการแก้ไข ปัญหาและป้องกันการเกิดมลพิษทาง สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของกรณีตัวอย่าง ที่ประชาชนทุกภาคส่วนควรให้ความ ร่วมมือ ก. การปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม ข. การร่วมกันก่อสร้างระบบบำบัดน้ำ เสียในชุมชน ค. การจ่ายเงินเพื่อรักษาสุขภาพของ ตนเองให้แข็งแรง ง. การใช้ธรรมชาติโดยสร้างบ่อดิน และมีการปลูกพืชประเภทผักตบชวา	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรม บ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
สร้างวงจร ป้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	5. นักเรียนจะมีแนวทางใดในการแก้ไขปัญหา มลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ที่สุด ก. ควบคุมจำนวนประชากร ข. จัดสร้างเครื่องกลเติมอากาศ ค. จัดโครงการให้ความรู้กับชาวบ้าน ง. ออกกฎหมายควบคุมโรงงานในการปล่อยน้ำ เสีย	+1	+1	+1	3.00	1.00
การคิด วิเคราะห์ ความ เชื่อมโยงของ สถานการณ์	6. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นเป็นสภาพปัญหา มลพิษประเภทใด ก. มลพิษทางดิน ข. มลพิษทางน้ำ ค. มลพิษทางอากาศ ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย	+1	+1	+1	3.00	1.00
พิจารณา องค์ประกอบ ย่อย	7. ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของสาเหตุที่ทำให้เกิด ปัญหามลพิษในกรณีตัวอย่างข้างต้น ก. การขนส่งคมนาคม ข. โรงงานอุตสาหกรรม ค. การกำจัดขยะของใช้ของประชาชน ง. สารอินทรีย์ระเหยง่ายของวัตถุเคมีภัณฑ์	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรม บ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
คิดป้อนกลับ เรื่องราวการ เชื่อมต่อ ระหว่างส่วน ต่าง ๆ	8. กรณีตัวอย่างทางปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ไม่ ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสุขอนามัยในข้อใด ก. มะเร็งปอด ข. ภาวะโรคหัวใจ ค. โรคหลอดเลือดสมอง ง. ผิวหนังอักเสบ เกิดผื่นคัน	+1	+1	+1	3.00	1.00
สร้างวงจร ป้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	9. จากกรณีตัวอย่างดังกล่าว ส่งผลตามกลับมา ในข้อใดที่ร้ายแรงมากที่สุด ก. เกิดโรคเรื้อรังต่อระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากอากาศไม่บริสุทธิ์ ข. มนุษย์ขาดอาหาร เนื่องจากต้นไม้ไม่สามารถ สังเคราะห์แสงได้ ค. สิ่งมีชีวิตล้มตายเนื่องจากปัญหาฝุ่นควันและ มลพิษนอกบ้าน ง. เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง เนื่องจากทัศนียภาพไม่ ชัดเจน	+1	+1	+1	3.00	1.00
สร้างวงจร ป้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	10. มาตรการข้อใด ไม่ใช่การกระทำที่เป็นการ แก้ไขปัญหาและป้องกันการเกิดมลพิษทาง สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของกรณีตัวอย่างข้างต้น ก. พัฒนาพลังงานสะอาด ข. ลดการใช้รถยนต์ชั่วคราว ค. รมรงค์ปลูกป่า เพิ่มพื้นที่สีเขียว ง. จำกัดจำนวนประชากรในเมืองใหญ่	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
การคิดวิเคราะห์ ความเชื่อมโยง ของสถานการณ์	11. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นเป็นสภาพ ปัญหามลพิษประเภทใด ก. มลพิษทางดิน ข. มลพิษทางน้ำ ค. มลพิษทางอากาศ ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย	+1	+1	+1	3.00	1.00
พิจารณา องค์ประกอบ ย่อย	12. ข้อใดเป็นสาเหตุองค์ประกอบที่ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษตามกรณี ตัวอย่างข้างต้นมากที่สุด ก. การเผาทำลายสิ่งปฏิกูล ข. วัสดุในการผลิตไม่ได้มาตรฐาน ค. พฤติกรรมการบริโภคนิยมของ ประชากร ง. ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี	+1	+1	+1	3.00	1.00
คิดย้อนกลับ เรื่องราวการ เชื่อมต่อระหว่าง ส่วนต่าง ๆ	13. ข้อใด ไม่ใช่ผลกระทบที่ตามมา ของกรณีตัวอย่างปัญหามลพิษที่ เกิดขึ้น ก. เกิดมลพิษทางอากาศ ข. ขาดที่ดินในการอยู่อาศัย ค. ภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้น ง. ดินบริเวณแหล่งทิ้งขยะมีสารเคมี ปนเปื้อน	+1	+1	+1	3.00	1.00



ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
สร้างวงจร ป้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	14 แนวทางการแก้ปัญหาข้อใดแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมที่สุด ก. ใช้กฎหมายควบคุม ข. ยึดหลักการ Recycle ค. จัดสรรที่ดินในการกำจัดขยะ ง. ติดตั้งตาข่ายดักขยะบริเวณปลายท่อน้ำทิ้ง	+1	+1	+1	3.00	1.00
สร้างวงจร ป้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	15. ถ้านักเรียนเป็นชาวอเมริกัน นักเรียนจะมีแนวทางใดในการแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมที่สุด ก. ควบคุมการบริโภคของตนเอง ข. ปฏิบัติตามหลักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม 7 R ค. สนับสนุนการส่งออกขยะไปยังประเทศจีนเพื่อเผาทำลาย ง. ระดมเงินทุนในการจัดการขยะโดยเรียกเก็บเงินจากภาคธุรกิจเอกชน	+1	+1	+1	3.00	1.00
การคิดวิเคราะห์ ความเชื่อมโยง ของสถานการณ์	16. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นเป็นสภาพปัญหามลพิษประเภทใด ก. มลพิษทางดิน ข. มลพิษทางน้ำ ค. มลพิษทางอากาศ ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
พิจารณา องค์ประกอบ ย่อย	17. ข้อไม่ใช่องค์ประกอบของสาเหตุที่สำคัญ ต่อการเกิดปัญหามลพิษในกรณีตัวอย่างข้างต้น ก. การใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงใน การเกษตร ข. การรั่วซึมของสารเคมีจากการฝัง กลบขยะ ค. การทำไร่เลื่อนลอย ง. สภาวะฝนกรด	+1	+1	+1	3.00	1.00
คิดย้อนกลับ เรื่องราวการ เชื่อมต่อระหว่าง ส่วนต่าง ๆ	18. กรณีตัวอย่างทางปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบในข้อใดมากที่สุด ก. ขาดแคลนแหล่งน้ำจืดในการบริโภค ข. ประชากรไม่มีพื้นที่อยู่อาศัย ค. การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ง. สภาวะอากาศเป็นพิษ	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ ความสามารถ การคิดเชิง ระบบ	ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\sum R$	IOC
		1	2	3		
สร้างวงจร ป้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	19. ข้อใดเป็นผลกระทบต่อมนุษย์ใน ทางอ้อมของกรณีตัวอย่างทางปัญหา มลพิษดังกล่าว <b>ก. สุขภาพอ่อนแอจากการบริโภค พืชผลทางการเกษตรที่ปลูกในดินที่ ปนเปื้อน</b> ข. พืชน้ำขาดออกซิเจนและตายใน ที่สุด เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศในน้ำ ค. การทำเกษตรกรรมได้ผลผลิต ลดลงไปจากเดิม ง. ทรัพยากรดินเกิดความเป็นกรด-ด่าง	+1	+1	+1	3.00	1.00
สร้างวงจร ป้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น	20. แนวทางใดเป็นการแก้ไขปัญหา มลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่าง เหมาะสมที่สุด <b>ก. จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและ ปลูกไม้ยืนต้นปกคลุมดินบนคันนา</b> ข. จัดการผันน้ำสะอาดเข้าสู่พื้นที่ ทำ การแช่ทิ้งไว้และระบายน้ำออก ค. การใช้สารเคมีปรับสภาพธาตุ อาหารของทรัพยากรดิน ง. การขุดเจาะนำน้ำใต้ดินที่เค็มมา ระบายทิ้งลงแม่น้ำ	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเตอร์-ริชาร์ดสัน KR-20

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	สรุปความหมาย
1	0.11	0.57	ใช้ไม่ได้
2	0.76	0.41	ใช้ได้
3	0.32	0.44	ใช้ได้
4	0.64	0.38	ใช้ได้
5	0.71	0.87	ใช้ได้
6	0.75	0.11	ใช้ไม่ได้
7	0.74	0.10	ใช้ไม่ได้
8	0.74	0.35	ใช้ได้
9	0.68	0.11	ใช้ไม่ได้
10	0.48	0.35	ใช้ได้
11	0.42	0.09	ใช้ไม่ได้
12	0.71	0.18	ใช้ไม่ได้
13	0.31	0.30	ใช้ได้
14	0.29	0.44	ใช้ได้
15	0.16	0.21	ใช้ไม่ได้
16	0.56	0.18	ใช้ไม่ได้
17	0.73	0.62	ใช้ได้
18	0.54	0.14	ใช้ไม่ได้
19	0.47	0.31	ใช้ได้
20	0.45	0.14	ใช้ไม่ได้
21	0.72	0.59	ใช้ได้
22	0.87	0.41	ใช้ไม่ได้
23	0.66	0.47	ใช้ได้
24	0.17	0.46	ใช้ไม่ได้
25	0.78	0.36	ใช้ได้
26	0.68	0.23	ใช้ได้

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน KR-20 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	สรุปความหมาย
27	0.64	0.25	ใช้ได้
28	0.74	0.32	ใช้ได้
29	0.17	0.52	ใช้ไม่ได้
30	0.61	0.31	ใช้ได้
31	0.29	0.16	ใช้ไม่ได้
32	0.78	0.25	ใช้ได้
33	0.55	0.26	ใช้ได้
34	0.25	0.46	ใช้ได้
35	0.17	0.74	ใช้ไม่ได้
36	0.18	0.22	ใช้ไม่ได้
37	0.23	0.32	ใช้ได้
38	0.15	0.51	ใช้ไม่ได้
39	0.66	0.35	ใช้ได้
40	0.17	0.46	ใช้ไม่ได้

#### หมายเหตุ

- ข้อสอบข้อที่ 1,15,22,24,29,35,36,38,40 มีค่าความยากง่าย (p) ไม่อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.20-0.80 จึงตัดออก
  - ข้อสอบข้อที่ 6,7,9,11,12,16,18,20,31 มีค่าอำนาจจำแนก (r) น้อยกว่า 0.20 จัดเป็นข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกเด็กเก่งและเด็กอ่อนได้จึงตัดออก
  - เนื่องจากมีข้อสอบเกินจำนวนที่ต้องการ จึงตัดออกแบบเจาะจง 2 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1,25
  - รวมตัดข้อสอบออกทั้งหมด 20 ข้อ และคงเหลือข้อสอบจำนวน 20 ข้อ
- นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้เท่ากับ 0.84

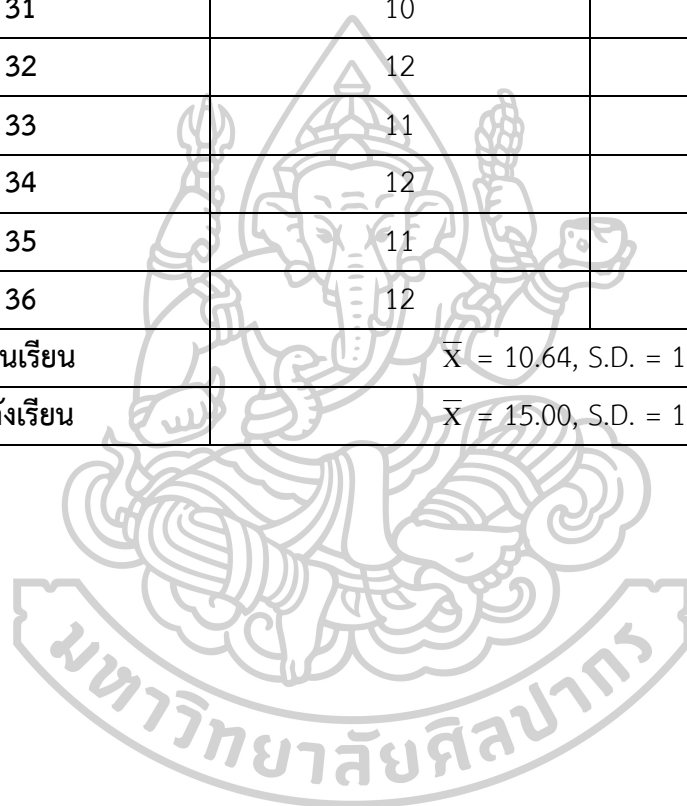
ตารางที่ 25 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	9	12
2	10	13
3	11	16
4	11	15
5	10	14
6	8	12
7	10	14
8	10	16
9	10	13
10	9	14
11	10	14
12	11	17
13	12	19
14	12	14
15	11	15
16	11	13
17	10	16
18	12	18
19	11	14
20	10	14
21	11	16
22	9	13
23	10	15
24	10	14
25	12	15
26	11	15



ตารางที่ 25 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
27	10	14
28	12	18
29	11	14
30	11	17
31	10	16
32	12	14
33	11	15
34	12	17
35	11	17
36	12	17
ก่อนเรียน	$\bar{X} = 10.64, S.D. = 1.018$	
หลังเรียน	$\bar{X} = 15.00, S.D. = 1.724$	



ตารางที่ 26 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
<b>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยในการให้นักเรียนฝึกคิดอย่างมีขั้นตอนทำให้เกิดความสามารถการคิดเชิงระบบ	+1	+1	+1	3.00	1.00
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ เป็นลำดับและช่วยให้คิดเชื่อมโยงต่อเนื่อง	+1	+1	+1	3.00	1.00
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาองค์ประกอบย่อยของเรื่องราว และคิดย้อนกลับเรื่องราวของสถานการณ์	+1	+1	+1	3.00	1.00
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดย้อนกลับเรื่องราวและการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ	+1	+1	+1	3.00	1.00
5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้นเป็นโครงสร้างทางความคิดของตนเอง	+1	+1	+1	3.00	1.00
6. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจ	+1	+1	+1	3.00	1.00
7. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกส่งเสริมให้นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบและตัดสินใจร่วมกันกับผู้อื่น	+1	+1	+1	3.00	1.00
8. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่คงทน ได้ความรู้ที่ถูกต้องจากการร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์	+1	+1	+1	3.00	1.00

ตารางที่ 26 ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
<b>ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้</b>					
9. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับนักเรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00
10. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู	+1	+1	+1	3.00	1.00
11. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง	+1	+1	+1	3.00	1.00
12. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน และมีความสุข	+1	+1	+1	3.00	1.00
<b>ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้</b>					
13. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่าง ๆ	+1	+1	+1	3.00	1.00
14. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาสังคมศึกษาได้ดี	+1	+1	+1	3.00	1.00
15. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	+1	+1	+1	3.00	1.00

### ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ โดยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
2. แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
4. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอน  
แบบตกผลึก



## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

(ตัวอย่าง)

สาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม      โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี  
 รายวิชา ส 23101 สังคมศึกษา      ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3  
 ภาคเรียนที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 มลพิษทางน้ำ      จำนวน 3 คาบ  
 ผู้สอน นายธนนต์ นิยมญาติ

### 1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

#### มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ส 5.2 เข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่ก่อให้เกิดการสร้างสรรควิถีการดำเนินชีวิต มีจิตสำนึกและมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

#### ตัวชี้วัด

ม.3/3 สืบค้น อภิปรายประเด็นปัญหา จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางกายภาพกับมนุษย์ที่เกิดขึ้น ในทวีปอเมริกาเหนือ และทวีปอเมริกาใต้

ม.3/4 วิเคราะห์แนวทาง การจัดการภัยพิบัติ และการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือ และ ทวีปอเมริกาใต้ อย่างยั่งยืน

ม.3/5 ระบุความร่วมมือระหว่างประเทศ ที่มีผลต่อการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

### 2. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แต่การกระทำของมนุษย์ที่ขาดการวางแผน ทิ้งน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ ไม่มีการจัดการที่ถูกต้อง ทำให้กลายเป็นวิกฤติการณ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำและส่งผลกระทบต่ออุปโภคบริโภคของสิ่งมีชีวิตทุกชีวิต

### 3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายสภาพปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถอภิปรายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสม
4. นักเรียนสามารถระบุความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างถูกต้อง

### 4. สารการเรียนรู้

#### มลพิษทางน้ำ (Water Pollution)

##### ความหมายของมลพิษทางน้ำ

มลพิษทางน้ำ คือ น้ำ ที่มีสภาพความสกปรกผิดไปจากธรรมชาติโดยการเติมบางสิ่งบางอย่างลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่อาศัยบริเวณนั้นไม่สามารถรับน้ำตามธรรมชาติที่ควรได้รับ

มลพิษทางน้ำ หมายถึง น้ำในแม่น้ำลำคลองหรือแหล่งน้ำอื่นๆ ที่ถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม ทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงจากเดิมหรือจากธรรมชาติ โดยเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงหรือคุณภาพเสื่อมโทรมลงจนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและยอมเป็นอันตรายต่อสุขภาพประชาชนได้

มลพิษสิ่งแวดล้อมทางน้ำ หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือน้ำที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมที่ไม่พึงปรารถนาปนเปื้อน ทำให้เกิดการเสียหายต่อการใช้ประโยชน์

มลพิษทางน้ำหรือน้ำเสีย คือ น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่แหล่งน้ำนั้น ๆ เช่น ทำให้น้ำเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นต้น

##### การจำแนกประเภทมลพิษทางน้ำ

1. น้ำเน่า ซึ่งเป็นน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ มีสีดำคล้ำ สกปรกเหม็น อันตรายต่อการบริโภคและการประมง และทำให้แหล่งน้ำสูญเสียคุณค่าทางด้านการพักผ่อนหย่อนใจ เป็นเพราะมีสารอินทรีย์สารพัดอย่างถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ
2. น้ำเป็นพิษ ได้แก่ น้ำที่มีสารเป็นพิษ เช่น สารประกอบของปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม เจือปนในน้ำปริมาณมากพอที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสัตว์น้ำ
3. น้ำที่มีเชื้อโรค ได้แก่ น้ำที่มีเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส เป็นเชื้ออหิวาตกโรค เชื้อบิด เชื้อไข้ไทฟอยด์ เจือปนอยู่ เป็นต้น



4. น้ำขุ่นข้น ได้แก่ น้ำที่มีตะกอนดินและทรายเจือปนอยู่เป็นจำนวนมากจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์

5. น้ำร้อน ได้แก่ น้ำที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนจากน้ำทิ้ง จนมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำหล่อเย็นจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตและการแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

6. น้ำที่มีกัมมันตรังสี ได้แก่ น้ำที่มีสารกัมมันตภาพรังสีเจือปนในระดับที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่นน้ำที่ใช้ระบายความร้อนจากโรงงานที่ใช้พลังงานปรมาณู

7. น้ำกร่อย ได้แก่ น้ำจืดที่เสื่อมคุณภาพ เนื่องจากการละลายของเกลือในดินหรือน้ำ ใต้ทะเลไหลหรือซึมเข้าเจือปน

8. น้ำที่มีคราบน้ำมัน ได้แก่ น้ำที่มีน้ำมันหรือไขมันเจือปนอยู่มาก

#### สาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำ

1. จากสิ่งโสโครกและสิ่งปฏิกูลต่างๆ ได้แก่ เศษอาหาร ขยะมูลฝอย น้ำทิ้งจากอาคาร บ้านเรือน ของเสียที่มนุษย์ขับถ่ายออกมา สิ่งเหล่านี้ถ้าปล่อยทิ้งลงไปใต้น้ำจะทำให้เน่าเสียเกิดขึ้น นอกจากนี้ ผงซักฟอกต่าง ๆ ที่ใช้ทำการซักล้าง เมื่อปล่อยลงไปใต้น้ำจะทำให้เกิดน้ำเสียเช่นเดียวกัน

2. จากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีสารพิษทางน้ำปะปนอยู่หลายชนิดแล้วแต่ประเภทของอุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารและโรงงานฆ่าสัตว์ น้ำทิ้งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ จะทำให้น้ำเน่าเสียเช่นเดียวกับน้ำจากแหล่งชุมชน โรงงานผลิตสารเคมี น้ำทิ้งจะประกอบด้วยสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เคมีภัณฑ์จากการผลิต ซึ่งอาจมีโลหะเป็นพิษหรือสารพิษต่าง ๆ ซึ่งอาจทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำหยุดการเจริญเติบโต อาจถึงแก่ความตายได้ทันที หรือมีการสะสมสารพิษไว้ในร่างกายเพิ่มขึ้นเรื่อย จนทำให้เกิดอันตรายในระยะต่อมา นอกจากนั้นยังมีความร้อนที่เกิดจากการหล่อเย็นในขบวนการอุตสาหกรรมอีกด้วย

3. จากการเกษตรกรรม พืชยาฆ่าแมลง ยากำจัดศัตรูพืช ปุ๋ย ซึ่งถูกชะลงสู่แหล่งน้ำ การเลี้ยงสัตว์ สัตว์เลี้ยงที่อยู่ตามคอก เช่น หมู เป็ด ไก่ หรือสัตว์เลี้ยงที่ปล่อยเป็นฝูงอยู่ตามทุ่งหญ้า เช่น วัว ควาย แพะ แกะ เป็นต้น สัตว์เหล่านี้จะมีส่วนทำให้น้ำเสีย เช่น ฝูงสัตว์เวลาปล่อยลงไปกินน้ำและอาบน้ำตามแม่น้ำลำคลองหรือหนองบึงต่าง ๆ นั้น จะทำให้ดินบริเวณชายฝั่งพังทลาย อันเป็นเหตุทำให้น้ำขุ่น ในขณะที่สัตว์ลงไปอาบน้ำและกินน้ำในแหล่งน้ำ มันจะถ่ายสิ่งโสโครกลงไปด้วย

4. จากการคมนาคมขนส่งทางน้ำ ได้แก่ ปัญหาจากน้ำมันบนผิวน้ำ เช่น กรณีที่เรือขนส่งน้ำมันเกิดชนกันในทะเล ทำให้น้ำมันลอยเป็นฝ้า ปกคลุมผิวน้ำเกลือเกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำและปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง เป็นต้น

### ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางน้ำ

1. ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม น้ำเสียมีผลกระทบต่อป่าชายเลน แหล่งปะการังและนกน้ำชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะป่าชายเลนและแหล่งปะการังนั้นมีความสำคัญมากต่อระบบนิเวศในพื้นที่ชายฝั่ง โดยเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและพืชมากมายหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อสภาพชายหาดและอุทยานแห่งชาติทางทะเลซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ

2. ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยอาจทำให้เกิดการระบาดของโรคติดต่อได้ เนื่องจากมีโรคติดต่อหลายชนิดที่เกิดจากน้ำสกปรก เช่น โรคท้องร่วง อหิวาตก โรคบิด และไทฟอยด์ เป็นต้น นอกจากนี้โลหะหนักและสารเป็นพิษต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม

3. ผลกระทบต่อการผลิตน้ำเพื่อการบริโภค เมื่อแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณภาพ ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของการใช้ต้องมากขึ้น

4. ผลกระทบต่อการประมง เมื่อแหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพลง จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ อาจทำให้สัตว์น้ำตายโดยทันทีหรือลดจำนวนลง เนื่องจากไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่และแพร่พันธุ์ได้ รวมทั้งจะเกิดอันตรายต่อมนุษย์ด้วยถ้านำสัตว์น้ำจากแหล่งน้ำนั้นมาบริโภค

5. ผลกระทบในด้านความสวยงามและการพักผ่อนหย่อนใจ แม่น้ำลำคลองชายทะเลและแหล่งน้ำอื่น ๆ ที่สวยงาม เมื่อเกิดความเน่าเสียสกปรกก็จะส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวและการพักผ่อนหย่อนใจของมนุษย์ นอกจากจะเกิดความไม่น่าดูแล้ว อาจก่อให้เกิดปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนสร้างความรำคาญได้

### สถานการณ์มลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปอเมริกาใต้

มลพิษทางน้ำและการขาดแคลนน้ำสะอาด จำนวนประชากรในเขตเมืองมากกว่า 10 ล้านคน ในทวีปอเมริกาเหนือประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค และปัญหานี้ยิ่งทวีความรุนแรงในพื้นที่ที่เป็นเขตทะเลทรายของเม็กซิโก รวมทั้งประเทศในภูมิภาคแคริบเบียนที่มีสภาพเป็นเกาะ มีแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติน้อย และมีการผสมของน้ำเค็ม หลายพื้นที่มีปัญหาการกำจัดน้ำเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม อาคารบ้านเรือน ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องระบายสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ นอกจากนี้ปัญหามลพิษทางน้ำอันเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี การใช้สารปราบศัตรูพืช ซึ่งถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำสะอาด การทิ้งสารเคมีลงในน้ำ รวมทั้งอุบัติเหตุจากการขุดเจาะน้ำมัน

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน/ทักษะกระบวนการ

1. ความสามารถในการสื่อสาร
  - 1.1 ทักษะการอธิบาย
  - 1.2 ทักษะการนำเสนอ
2. ความสามารถในการคิด
  - 2.1. ทักษะการคิดเชิงระบบ
  - 2.2 ทักษะการคิดวิเคราะห์
  - 2.3 ทักษะการให้เหตุผล
3. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี
  - 3.1 ทักษะการใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์

## 6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน

## 7. การวัดและประเมินผล

ขอบเขตการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	ผู้ประเมิน
<b>1.ความรู้</b> <b>มลพิษทางน้ำ</b> 1. สาเหตุของมลพิษทางน้ำ 2. ผลกระทบของมลพิษทางน้ำและการส่งผลต่อประเทศไทย 3. ความร่วมมือรักษ โลกแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ	-การตอบคำถาม -การทำชิ้นงาน	-คำถาม - วีดีโอ เรื่อง Human Water Pollution   Biology   Ecology - ฟังความคิด เรื่อง มลพิษทางน้ำ - ใบงานที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ เรื่อง มลพิษทางน้ำ	ครู

<b>2.สมรรถนะสำคัญ ของผู้เรียน/ทักษะ กระบวนการ</b>			
1.ทักษะการอธิบาย 2.ทักษะการนำเสนอ 3.ทักษะการคิดเชิง ระบบ 4.ทักษะการคิด วิเคราะห์ 5.ทักษะการให้เหตุผล 6.ทักษะการใช้ เครื่องมือทาง ภูมิศาสตร์	- การสังเกตพฤติกรรม -การตอบคำถาม	-แบบสังเกตพฤติกรรม -คำถาม	ครู/นักเรียน
<b>3. คุณลักษณะอันพึง ประสงค์</b>			
1.มีวินัย 2.ใฝ่เรียนรู้ 3.มุ่งมั่นในการทำงาน	- การสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	ครู

### 8. ชิ้นงาน/ภาระงาน

- ผังความคิด เรื่อง มลพิษทางน้ำ

## 9. เกณฑ์การวัดและการประเมินผล ฝั่งความคิด เรื่อง มลพิษทางน้ำ (10 คะแนน)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	ดีที่สดุ (4)	ดีมาก (3)	ดี(2)	พอใช้(1)	ปรับปรุง(0)
1.สาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำ	- พิจารณาองค์ประกอบของสาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำได้อย่างน้อย 4 สาเหตุ	- พิจารณาองค์ประกอบของสาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำได้อย่างน้อย 3 สาเหตุ	- พิจารณาองค์ประกอบของสาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำได้ 2 สาเหตุ	- พิจารณาองค์ประกอบของสาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำได้จำนวน 1 สาเหตุ	พิจารณาองค์ประกอบของสาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำไม่ได้เลย
2. ผลกระทบของปัญหา มลพิษทางน้ำ	-	- วิเคราะห์เชื่อมโยงปัญหา มลพิษทางน้ำกับการส่งผลที่ตามมา และผลกระทบต่อประเทศไทยได้อย่างน้อย 3 ประเด็น	- วิเคราะห์เชื่อมโยงปัญหา มลพิษทางน้ำกับการส่งผลที่ตามมา และผลกระทบต่อประเทศไทยได้ 2 ประเด็น	- วิเคราะห์เชื่อมโยงปัญหา มลพิษทางน้ำกับการส่งผลที่ตามมา และผลกระทบต่อประเทศไทยได้ 1 ประเด็น	- วิเคราะห์เชื่อมโยงปัญหามลพิษทางน้ำกับการส่งผลที่ตามมา และผลกระทบต่อประเทศไทยไม่ได้เลย
3. ความร่วมมือรักษโลกแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ	-	- ระบุแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสมอย่างน้อย 3 ข้อ	- ระบุแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสมอย่างน้อย 2 ข้อ	- ระบุแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสม 1 ข้อ	- ระบุแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำไม่ได้เลย

เกณฑ์การตัดสิน : ผ่านเกณฑ์ระดับพอใช้ (5)

เกณฑ์การวัดและการประเมินผล แบบประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบของผังความคิด  
(16 คะแนน)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก(4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. การคิด วิเคราะห์ความ เชื่อมโยงของ สถานการณ์	- วิเคราะห์ สถานการณ์เพื่อ กำหนดประเด็น ศึกษาเกี่ยวกับ สถานการณ์มลพิษ ทางสิ่งแวดล้อม อย่างน้อย 4 ประเด็น	- วิเคราะห์ สถานการณ์เพื่อ กำหนดประเด็น ศึกษาเกี่ยวกับ สถานการณ์มลพิษ ทางสิ่งแวดล้อมอย่าง น้อย 3 ประเด็น	- วิเคราะห์ สถานการณ์เพื่อ กำหนดประเด็น ศึกษาเกี่ยวกับ สถานการณ์มลพิษ ทางสิ่งแวดล้อมอย่าง น้อย 2 ประเด็น	- วิเคราะห์ สถานการณ์เพื่อ กำหนดประเด็น ศึกษาเกี่ยวกับ สถานการณ์มลพิษ ทางสิ่งแวดล้อมอย่าง น้อย 1 ประเด็น
2. พิจารณา องค์ประกอบย่อย	- พิจารณา องค์ประกอบของ สาเหตุการเกิด มลพิษทาง สิ่งแวดล้อมในแต่ ละประเภท ได้ อย่างน้อย 4 สาเหตุ	- พิจารณา องค์ประกอบของ สาเหตุการเกิดมลพิษ ทางสิ่งแวดล้อมในแต่ ละประเภท ได้ 3 สาเหตุ	- พิจารณา องค์ประกอบของ สาเหตุการเกิดมลพิษ ทางสิ่งแวดล้อมในแต่ ละประเภท ได้ 2 สาเหตุ	- พิจารณา องค์ประกอบของ สาเหตุการเกิดมลพิษ ทางสิ่งแวดล้อมในแต่ ละประเภท ได้ 1 สาเหตุ หรือไม่ได้เลย



<p>3. คิดย้อนกลับ เรื่องราวการ เชื่อมต่อระหว่าง ส่วนต่าง ๆ</p>	<p>- วิเคราะห์เรื่องราว เชื่อมต่อ ความสัมพันธ์ ระหว่าง องค์ประกอบย่อย และผลที่ตามมา ของมลพิษทาง สิ่งแวดล้อมได้ สอดคล้องกันทุก องค์ประกอบ</p>	<p>- วิเคราะห์เรื่องราว เชื่อมต่อ ความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ประกอบย่อย และผลที่ตามมาของ มลพิษทาง สิ่งแวดล้อมได้ สอดคล้องกันแต่ไม่ ครบองค์ประกอบ</p>	<p>- วิเคราะห์เรื่องราว เชื่อมต่อ ความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ประกอบย่อย และผลที่ตามมาของ มลพิษทาง สิ่งแวดล้อมไม่ สอดคล้องกัน</p>	<p>- ไม่สามารถ วิเคราะห์เรื่องราว เชื่อมต่อ ความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ประกอบย่อย และผลที่ตามมาของ มลพิษทาง สิ่งแวดล้อม</p>
<p>4. สร้างวงจร ย้อนกลับของ ระบบมายัง จุดเริ่มต้น</p>	<p>- สร้างวงจร เชื่อมโยง ความสัมพันธ์ ระหว่าง องค์ประกอบที่ วิเคราะห์มาได้อย่าง สมเหตุสมผล ครบถ้วนชัดเจน</p>	<p>- สร้างวงจรเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ประกอบที่ วิเคราะห์มาได้อย่าง สมเหตุสมผล</p>	<p>- สร้างวงจรเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ประกอบที่ วิเคราะห์มาได้</p>	<p>- ไม่สามารถสร้าง วงจรเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ประกอบที่ วิเคราะห์มาได้เลย</p>

เกณฑ์การตัดสิน : ผ่านเกณฑ์ระดับพอใช้ (8)

## 10. กิจกรรมการเรียนรู้

### ขั้นที่ 1 วางแผน (ชั่วโมงที่ 1)

1. นักเรียนศึกษาคลิป์วิดีโอ เรื่อง Human Water Pollution | Biology | Ecology และร่วมกันตั้งคำถามและร่วมกันอภิปรายตอบคำถามดังต่อไปนี้



“วิดีโอที่นักเรียนดู เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับอะไร” (มลพิษทางน้ำ, น้ำเสีย, น้ำเน่า)

“การที่เกิดมลพิษทางน้ำ หรือน้ำเน่าเสีย ส่งผลต่อนักเรียนหรือไม่ อย่างไร” (ส่งผล เนื่องจากมนุษย์ต้องใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำทั้งอุปโภค บริโภค)

“นักเรียนรู้ได้อย่างไร ว่าทรัพยากรน้ำเกิดความเสื่อมโทรม เกิดการเน่าเสีย” (สัตว์น้ำตาย น้ำมีกลิ่นเหม็น น้ำมีสีที่เปลี่ยนไป)

“จงร่วมกันให้ความหมายคำนิยามเกี่ยวกับ มลพิษทางน้ำ พร้อมทั้งครูช่วยสรุปความหมายของมลพิษทางน้ำ” (มลพิษทางน้ำ หมายถึง น้ำที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยมีสารพิษประเภทต่าง ๆ ที่ไม่พึงปรารถนามาเจือปนลงในแหล่งน้ำ จึงทำให้เกิดอันตรายมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นๆ) (Obj.1, ทักษะการคิดวิเคราะห์, ทักษะการอธิบาย)

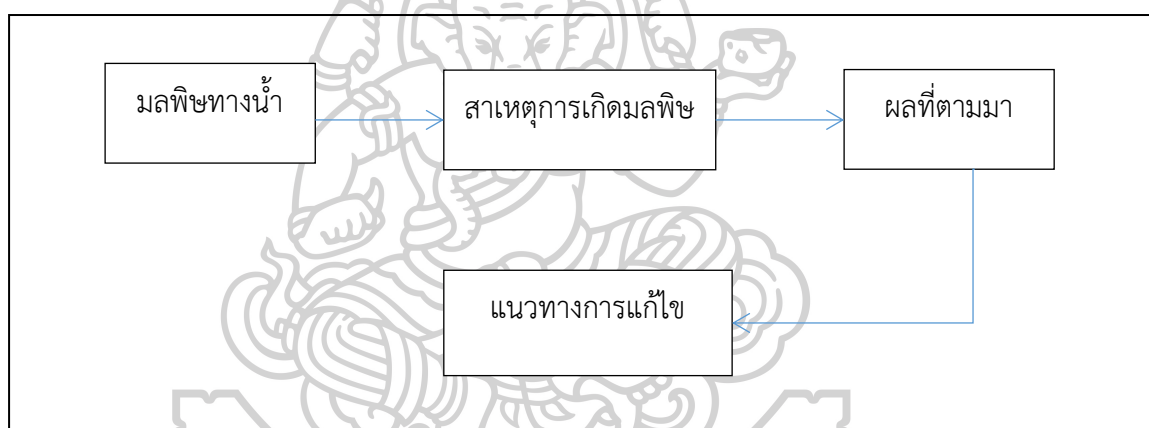
2. ครูผู้สอนอธิบายเกี่ยวกับ ขั้นตอน วิธีการ และการปฏิบัติตนในการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกและประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับ

3. นักเรียนแบ่งกลุ่มจำนวนสมาชิกประมาณ 5-6 คน เพื่อร่วมกันศึกษาหาข้อมูล ค้นคว้าจากห้องสมุด อินเทอร์เน็ต หนังสือเรียนรายวิชาสังคมศึกษา ใบความรู้เรื่องปัญหามลพิษทางน้ำ และวิเคราะห์ ในสถานการณ์ปัญหามลพิษทางน้ำภายในกลุ่มตนเอง โดยให้ระบุข้อมูลที่ได้จากการศึกษาลงในใบงานที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ เรื่อง มลพิษทางน้ำ ตามหัวข้อต่อไปนี้ (Obj.2, Obj.3, Obj.4, ทักษะการคิดเชิงระบบ, ทักษะการคิดวิเคราะห์, ทักษะการใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์)

- วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อกำหนดประเด็นศึกษา
- สาเหตุของปัญหามลพิษทางน้ำ
- ผลกระทบหรือผลที่ตามมาของปัญหามลพิษทางน้ำ
- แนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำหรือการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ โดยครูผู้สอน

คอยตอบคำถามและให้คำปรึกษาให้แก่นักเรียน

4. นักเรียนแต่ละกลุ่ม รับกระดาษ จากครูผู้สอน จากนั้นนำข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับประเด็นปัญหามลพิษทางน้ำที่ศึกษาค้นคว้าและร่วมกันวิเคราะห์ โดยใช้การวิเคราะห์แบบภาพรวมเชื่อมโยงความสัมพันธ์สาเหตุของปัญหา ผลที่ตามมาและแนวทางการแก้ไข มาเขียนเป็นชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์เป็นผังความคิดและออกแบบวงจรปัญหาเพื่อนำเสนอในชั่วโมงถัดไป (*ทักษะการคิดเชิงระบบ*)



## ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปรายเรียนรู้ (ชั่วโมงที่ 2)

5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผังความคิดของกลุ่มตนเองที่หน้าชั้นเรียนเกี่ยวกับประเด็นปัญหามลพิษทางน้ำ โดยใช้เวลานำเสนอแต่ละกลุ่ม ไม่เกิน 5 นาที (*Obj.2, Obj.3, Obj.4, ทักษะการอธิบาย, ทักษะการนำเสนอ*)

6. เมื่อนักเรียนนำเสนอครบทุกกลุ่ม ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันวิพากษ์ผลงานร่วมกัน เพื่อซักถาม แลกเปลี่ยนความคิด เสนอแนะผลงานผังความคิดของกลุ่มอื่นๆ โดยต้องชี้แจงพร้อมให้เหตุผลในการเสนอแนะ เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษา (*ทักษะการคิดวิเคราะห์, ทักษะการอธิบาย*)

7. ครูผู้สอนอธิบาย ตอบข้อสงสัยและให้คำแนะนำเพิ่มเติม

### ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้ (สร้างผลงาน)

8. ครูผู้สอนให้นักเรียนนำผังความคิดไปร่วมกันปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาผลงานของกลุ่มตนเอง โดยนำข้อมูลที่เพื่อนร่วมชั้นและครูผู้สอนได้เสนอแนะไปประมวลความรู้ และหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสร้างความสมบูรณ์ของผลงาน (*Obj.2, Obj.3, Obj.4, ทักษะการคิดวิเคราะห์, ทักษะการใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์*)

9. นักเรียนแต่ละกลุ่ม พัฒนาผลงานตามข้อมูลที่ได้รวบรวม มาประมวลและค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหามลพิษทางน้ำเพื่อสร้างสรรค์ผลงานที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

10. นักเรียนร่วมกันประเมินตรวจสอบผลงานของกลุ่มตนเอง ในด้านข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า ให้มีความครอบคลุมและครบถ้วนตามประเด็นการศึกษา

### ขั้นที่ 4 ตกลงผล (ชั่วโมงที่ 3)

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ ผลงานที่ผ่านการปรับแก้แล้วต่อชั้นเรียน และร่วมกันวิเคราะห์ผลงาน เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ ในประเด็นของปัญหามลพิษทางน้ำ (*Obj.2, Obj.3, Obj.4, ทักษะการอธิบาย, ทักษะการนำเสนอ*)

12. นักเรียนอภิปรายและตอบคำถามร่วมกัน เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลจากการวิพากษ์ผลงาน ในประเด็นเกี่ยวกับปัญหามลพิษทางน้ำ เพื่อให้นักเรียนได้ผลงานฉบับสมบูรณ์ ผ่านคำถามเพื่อการสะท้อนความคิดดังต่อไปนี้ (*Obj.1, Obj.2, Obj.3, Obj.4, ทักษะการวิเคราะห์, ทักษะการอธิบาย*)

“ทรัพยากรน้ำเกิดความเสื่อมโทรม มีปัจจัยมาจากสาเหตุใด” (การกระทำของมนุษย์ที่ขาดการวางแผนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้ถูกวิธี การทิ้งน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำของโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เกิดวิกฤติการณ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำและส่งผลกระทบต่อการอุปโภคบริโภคของสิ่งมีชีวิตทุกชีวิต)

“ทรัพยากรน้ำมีความสำคัญ ต่อมนุษย์หรือไม่ อย่างไร” (มีความสำคัญ เนื่องจาก มนุษย์ต้องใช้น้ำในการอุปโภค บริโภค การใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ จะมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ)

“ในเมื่อทรัพยากรน้ำมีความสำคัญ นักเรียนมีแนวทางอย่างไร ในการรักษาทรัพยากรน้ำให้อยู่อย่างยั่งยืน” (ศึกษาหาความรู้ในการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีคุณภาพ ประหยัดน้ำ ร่วมกันดูแลป่าต้นน้ำและแหล่งน้ำในชุมชน )

## 11. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานภูมิศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. วีดีโอ เรื่อง Human Water Pollution | Biology | Ecology
3. ใบความรู้เรื่อง ปัญหามลพิษทางน้ำ

## 12. รายการอ้างอิง

- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2535). **ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- ณรงค์ ณ เชียงใหม่. (2525). **มลพิษสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. (2525). **แหล่งน้ำกับมลภาวะ**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ริเรืองรอง รัตนวิไลสกุล. (2542). **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เรณู หอมหวาน. (2537). **การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ**. กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิโรจน์ เอี่ยมเจริญ. (2553). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานภูมิศาสตร์ ม.3**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์ จำกัด.
- สถาบันกวดวิชาติวเตอร์พอยท์. (2557). **สรุปสังคม มัธยมปลาย**. กรุงเทพฯ : กรีนไลฟ์ พรินติ้งเฮาส์.
- สุธีลา ตูลยะเสถียร และคณะ. (2548). **มลพิษทางสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: รวมสาส์น.
- อำนาจ เจริญศิลป์. (2543). **การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม = Management of natural Resources and Environment**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

### 13. สรุปผลการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 วางแผน

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 นำเสนอและอภิปรายเรียนรู้

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ประมวลและปรับแก้

.....

.....

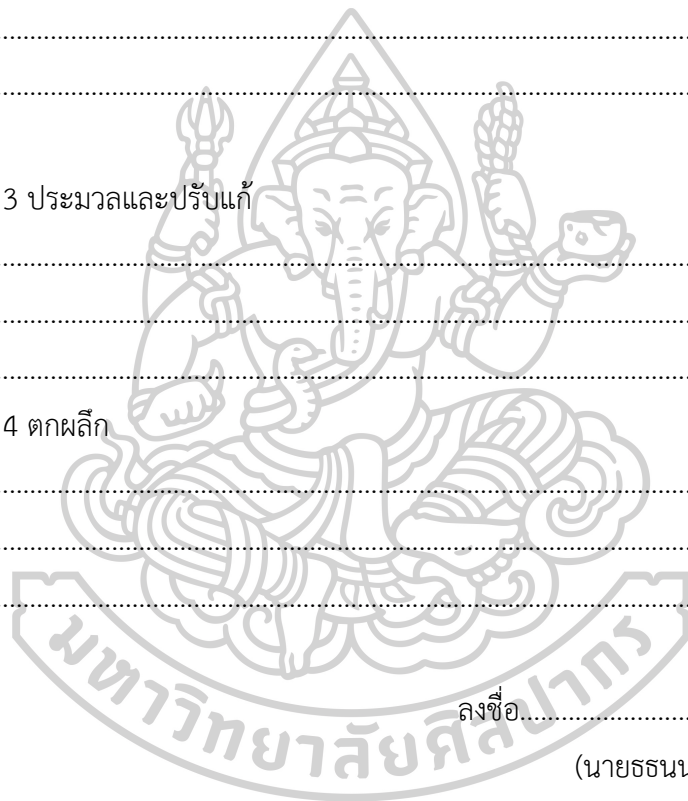
.....

ขั้นที่ 4 ตกลงผลึก

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายธรรนนต์ นียมญาติ)







ใบงานที่ 1 การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์  
เรื่อง มลพิษทางน้ำ

ผลการเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายสภาพปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถอภิปรายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนศึกษาข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนด และวิเคราะห์ตอบคำถามถึงสภาพปัญหามลพิษทางน้ำตามหัวข้อที่กำหนดให้

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

มลพิษทางน้ำและการขาดแคลนน้ำสะอาด จำนวนประชากรในเขตเมืองมากกว่า 10 ล้านคน ในทวีปอเมริกาเหนือประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค และปัญหานี้ยังทวีความรุนแรงในพื้นที่ที่เป็นเขตทะเลทรายของเม็กซิโก รวมทั้งประเทศในภูมิภาคแคริบเบียนที่มีสภาพเป็นเกาะ มีแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติน้อย และมีการผสมของน้ำเค็ม หลายพื้นที่มีปัญหาการกำจัดน้ำเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม อาคารบ้านเรือน ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องระบายสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ นอกจากนี้ปัญหามลพิษทางน้ำอันเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี การใช้สารปราบศัตรูพืชซึ่งถูกฝนชะล้างลงสู่แหล่งน้ำสะอาด การทิ้งสารเคมีลงในน้ำ รวมทั้งอุบัติเหตุจากการขุดเจาะน้ำมัน



ที่มา : วิโรจน์ เอี่ยมเจริญ. (2553). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานภูมิศาสตร์ ม.3 .พิมพ์ครั้งที่ 7.กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์ จำกัด.

1. มลพิษทางน้ำ หมายถึง

.....

.....

.....

2. พิจารณาองค์ประกอบของสาเหตุการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม.....

.....

.....

.....

3. ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบมลพิษทางสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดผลที่ตามมาอย่างไรบ้าง

.....

.....

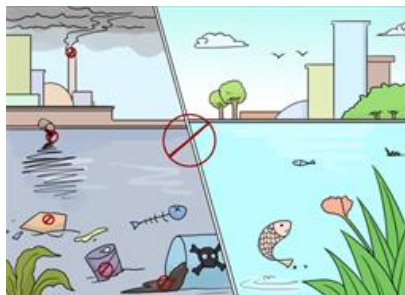
.....

4. นักเรียนจะมีวิธีการหรือแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าวอย่างไร

.....

.....

.....



## ใบความรู้เรื่อง ปัญหามลพิษทางน้ำ

### มลพิษทางน้ำ (Water Pollution)

#### ความหมายของมลพิษทางน้ำ

มลพิษทางน้ำ คือ น้ำ ที่มีสภาพความสกปรกผิดไปจากธรรมชาติโดยการเติมบางสิ่งบางอย่างลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่อาศัยบริเวณนั้นไม่สามารถรับน้ำตามธรรมชาติที่ควรได้รับ

มลพิษทางน้ำ หมายถึง น้ำในแม่น้ำลำคลองหรือแหล่งน้ำอื่นๆ ที่ถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม ทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงจากเดิมหรือจากธรรมชาติ โดยเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงหรือคุณภาพเสื่อมโทรมลงจนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและยอมเป็นอันตรายต่อสุขภาพประชาชนได้

มลพิษสิ่งแวดล้อมทางน้ำ หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือน้ำที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมที่ไม่พึงปรารถนาปนเปื้อน ทำให้เกิดการเสียหายต่อการใช้ประโยชน์

มลพิษทางน้ำหรือน้ำเสีย คือ น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป น้ำเสียก็ให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่แหล่งน้ำนั้น ๆ เช่น ทำให้น้ำเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นต้น

#### การจำแนกประเภทมลพิษทางน้ำ

1. น้ำเน่า ซึ่งเป็นน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ มีสีดำคล้ำ สกปรกเหม็น อันตรายต่อการบริโภคและการประมง และทำให้แหล่งน้ำสูญเสียคุณค่าทางด้านการพักผ่อนหย่อนใจ เป็นเพราะมีสารอินทรีย์สารพัดอย่างถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ
2. น้ำเป็นพิษ ได้แก่ น้ำที่มีสารเป็นพิษ เช่น สารประกอบของปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม เจือปนในน้ำปริมาณมากพอที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสัตว์น้ำ
3. น้ำที่มีเชื้อโรค ได้แก่ น้ำที่มีเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส เป็นเชื้ออหิวาตกโรค เชื้อบิด เชื้อไข้ไทฟอยด์ เจือปนอยู่ เป็นต้น
4. น้ำขุ่นข้น ได้แก่ น้ำที่มีตะกอนดินและทรายเจือปนอยู่เป็นจำนวนมากจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์
5. น้ำร้อน ได้แก่ น้ำที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนจากน้ำทิ้ง จนมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำหล่อเย็นจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตและการแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ
6. น้ำที่มีกัมมันตรังสี ได้แก่ น้ำที่มีสารกัมมันตภาพรังสีเจือปนในระดับที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่นน้ำที่ใช้ระบายความร้อนจากโรงงานที่ใช้พลังงานปรมาณู

7. น้ำกร่อย ได้แก่ น้ำจืดที่เสื่อมคุณภาพ เนื่องจากการละลายของเกลือในดินหรือน้ำใต้ทะเลไหลหรือซึมเข้าเจือปน
8. น้ำที่มีคราบน้ำมัน ได้แก่ น้ำที่มีน้ำมันหรือไขมันเจือปนอยู่มาก

### สาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำ

1. จากสิ่งโสโครกและสิ่งปฏิกูลต่างๆ ได้แก่ เศษอาหาร ขยะมูลฝอย น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน ของเสียที่มนุษย์ขับถ่ายออกมา สิ่งเหล่านี้ถ้าปล่อยทิ้งลงไปแม่น้ำจะทำให้เน่าเสียเกิดขึ้น นอกจากนี้ ผงซักฟอกต่าง ๆ ที่ใช้ทำการซักล้าง เมื่อปล่อยลงไปแม่น้ำจะทำให้เกิดน้ำเสียเช่นเดียวกัน



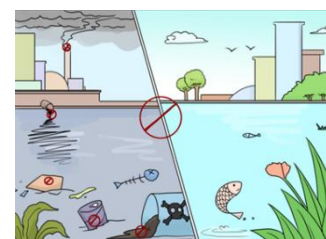
2. จากโรงงานอุตสาหกรรม จะมีสารพิษทางน้ำปะปนอยู่หลายชนิดแล้วแต่ประเภทของอุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารและโรงงานฆ่าสัตว์ น้ำทิ้งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ จะทำให้น้ำเน่าเสียเช่นเดียวกับน้ำจากแหล่งชุมชน โรงงานผลิตสารเคมี น้ำทิ้ง จะประกอบด้วยสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เคมีภัณฑ์จากการผลิต ซึ่งอาจมีโลหะเป็นพิษหรือสารพิษต่าง ๆ ซึ่งอาจทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำหยุดการเจริญเติบโต อาจถึงแก่ความตายได้ทันที หรือมีการสะสมสารพิษไว้ในร่างกายเพิ่มขึ้นเรื่อย จนทำให้เกิดอันตรายในระยะต่อมา นอกจากนั้นยังมีความร้อนที่เกิดจากการหล่อเย็นในกระบวนการอุตสาหกรรมอีกด้วย

3. จากการเกษตรกรรม พืชยาฆ่าแมลง ยากำจัดศัตรูพืช ปุ๋ย ซึ่งถูกชะลงสู่แหล่งน้ำ การเลี้ยงสัตว์ สัตว์เลี้ยงที่อยู่ตามคอก เช่น หมู เป็ด ไก่ หรือสัตว์เลี้ยงที่ปล่อยเป็นฝูงอยู่ตามทุ่งหญ้า เช่น วัว ควาย แพะ แกะ เป็นต้น สัตว์เหล่านี้จะมีส่วนทำให้น้ำเสีย เช่น ฝูงสัตว์เวลาปล่อยลงไปกินน้ำและอาบน้ำตามแม่น้ำลำคลองหรือหนองบึงต่าง ๆ นั้น จะทำให้ดินบริเวณชายฝั่งพังทลาย อันเป็นเหตุทำให้น้ำขุ่น ในขณะที่สัตว์ลงไปอาบน้ำและกินน้ำในแหล่งน้ำ มันจะถ่ายสิ่งโสโครกลงไปด้วย

4. จากการคมนาคมขนส่งทางน้ำ ได้แก่ ปัญหาจากน้ำมันบนผิวน้ำ เช่น กรณีที่เรือขนส่งน้ำมันเกิดชนกันในทะเล ทำให้มีน้ำมันลอยเป็นฝ้า ปกคลุมผิวน้ำเกลือเกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำและปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง เป็นต้น

### ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางน้ำ

1. ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม น้ำเสียมีผลกระทบต่อป่าชายเลน แหล่งปะการังและ นกน้ำชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะป่าชายเลนและแหล่งปะการังนั้นมีความสำคัญมากต่อระบบนิเวศในพื้นที่ชายฝั่ง โดยเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและพืชมากมายหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อสภาพชายหาดและอุทยานแห่งชาติทางทะเล ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ



2. ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยอาจทำให้เกิดการระบาดของโรคติดต่อได้ เนื่องจากมีโรคติดต่อหลายชนิดที่เกิดจากน้ำสกปรก เช่น โรคท้องร่วง อหิวาตกโรคบิดและไทฟอยด์ เป็นต้น นอกจากนี้โลหะหนักและสารเป็นพิษต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม

3. ผลกระทบต่อการผลิตน้ำเพื่อการบริโภค เมื่อแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณภาพ ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของการใช้ต้องมากขึ้น

4. ผลกระทบต่อการประมง เมื่อแหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพลง จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ อาจทำให้สัตว์น้ำตายโดยทันทีหรือลดจำนวนลง เนื่องจากไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่และแพร่พันธุ์ได้ รวมทั้งจะเกิดอันตรายต่อมนุษย์ด้วยถ้านำสัตว์น้ำจากแหล่งน้ำนั้นมาบริโภค

5. ผลกระทบในด้านความสวยงามและการพักผ่อนหย่อนใจ แม่น้ำลำคลองชายทะเลและแหล่งน้ำอื่น ๆ ที่สวยงาม เมื่อเกิดความเน่าเสียสกปรกก็จะส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวและการพักผ่อนหย่อนใจของมนุษย์ นอกจากจะเกิดความไม่น่าดูแล้ว อาจก่อให้เกิดปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนสร้างความรำคาญได้





## การแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ

1. ให้ความรู้แก่ประชาชน ประชาชนทั่วไปควรมีส่วนช่วยในการแก้ไขปัญหาน้ำเสีย ดังนั้นจึงควรชี้แจงและแนะนำให้ประชาชนได้ทราบถึงภัยที่เกิดขึ้นจากน้ำเสีย ให้รู้จักทำทางระบายน้ำของตนเองขึ้นใช้ รู้จักเก็บและกำจัดขยะมูลฝอย รวมทั้งสิ่งปฏิกูลต่างๆ ด้วยวิธีการที่ถูกต้อง

2. การกำจัดน้ำสกปรกจากแหล่งชุมชน วิธีการกำจัดสิ่งสกปรกต่างๆ ตามย่านชุมชนนั้น ถ้าเป็นของแข็งควรแยกเก็บไว้ต่างหาก อย่าเทลงไปปะปนในน้ำ ส่วนที่เป็นสิ่งสกปรกต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำนั้นก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งลงในแหล่งน้ำควรทำให้สะอาดก่อนโดยใช้วิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การทำให้เจือจาง ตัวอย่างเช่น การใส่ผงคลอรีนลงในน้ำสกปรก แล้วจึงปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้ความสกปรกของน้ำเจือจางและเกิดการฟอกตัว เพื่อให้น้ำสะอาดในทางธรรมชาติต่อไป

2.2 การกำจัดน้ำสกปรกจากถังส้วม ในสภาพปัจจุบัน ประชากรที่อาศัยอยู่ตามริมฝั่งแม่น้ำจะถ่ายสิ่งปฏิกูลต่างๆ รวมทั้งอุจจาระและปัสสาวะลงในน้ำ เพื่อความสะดวกและประหยัดเงินในการต้องเสียค่าใช้จ่าย เพื่อจ้างเทศบาลมาดูดส้วมที่เต็ม การกระทำดังกล่าวจะทำให้เกิดน้ำเสียจากสิ่งปฏิกูลมากขึ้น การใช้วิธีการกำจัดน้ำสกปรกจากถังส้วมนั้น อาจทำได้โดยวิธีการปล่อยน้ำให้ไหลไปตามท่อระบายที่สร้างไว้ในดิน ท่อที่วางไว้นี้จะมีการเจาะรูเป็นระยะๆ ไว้เมื่อน้ำไหลไปตามท่อก็จะค่อย ๆ ซึมลงสู่พื้นดินเบื้องล่าง

2.3 การทำบ่อซึมซับรับน้ำสกปรก เป็นวิธีกำจัดน้ำเสียอีกวิธีหนึ่ง โดยการขุดหลุมให้ลึกประมาณ 2 – 5 เมตร แล้วค้ำด้วยอิฐ ทราย และทรายไว้ในหลุมที่ขุดนั้น เพื่อให้น้ำสกปรกซึมผ่านไปได้

3. การเพิ่มปริมาณน้ำลงในแหล่งน้ำ น้ำที่ปล่อยลงมาเสริมเสริมนี้จะช่วยทำให้ความเข้มข้นของความสกปรกในน้ำลดน้อยลง ในช่วงฤดูแล้งความสกปรกของน้ำตามแม่น้ำลำคลองจะมีอัตราสูงมากถ้ามีการเพิ่มระดับให้สูงขึ้น แล้วจึงค่อยๆ ระบายน้ำออกไปให้เข้ากับจังหวัดน้ำขึ้นน้ำลง สิ่งสกปรกต่างๆ จะไหลเข้าสู่ทะเลได้สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งจะไม่ตกตะกอนค้างจนทำให้น้ำเสียเกิดขึ้นในแม่น้ำลำคลองได้

4. การกำจัดน้ำสกปรกจากเหมืองแร่ วิธีการแก้ไขอย่างง่าย ๆ ก็คือ ทำให้เขื่อนปิดกั้นทางน้ำไว้ไม่ให้ น้ำนั้นไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง หรือการขุดบ่อพักน้ำสกปรกไว้ จากนั้นก็ใช้สารต่าง ๆ เช่น สารส้มกวน เพื่อให้ น้ำตกตะกอนก่อนจะปล่อยน้ำลงสู่แม่น้ำในแหล่งน้ำ

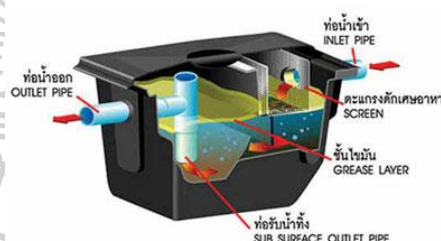
5. การกำจัดน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์ ไม่ควรปล่อยให้สัตว์ลงไปดื่ม หรือว่ายน้ำเล่นในแหล่งน้ำ ถ้าจะใช้น้ำเพื่อให้สัตว์ดื่มหรืออาบ ควรทำบ่อหรือสระแยกต่างหาก แล้วสูบน้ำจากแหล่งน้ำขึ้นไปแช่ชั่งเอาไว้

6. การกำจัดน้ำเสียออกจากน้ำที่ขุ่นข้น อันเนื่องมาจากการทำการเกษตรผิดวิธี

7. การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม อาจจะทำได้ดังต่อไปนี้

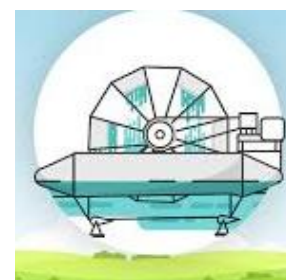
7.1 ปล่อยให้ น้ำสกปรกระเหย วิธีการนี้โดยการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมข้างไว้ในบ่อหรือสถานที่ที่เตรียมไว้ จากนั้นปล่อยให้ น้ำนั้นค่อยๆ ระเหยไป และปล่อยให้ สารที่ผสมอยู่ในน้ำตกตะกอนแห้งอยู่ในสถานที่ทำไว้ แล้วก็ค่อยนำสารเหล่านั้นไปทิ้งยังบริเวณอื่นต่อไป

7.2 โดยการแยกเอากากออก หลังจากนั้นก็ให้นำเอา น้ำที่แยกเอากากสิ่งสกปรกออกมาแล้วผสมสารเคมี เพื่อให้ น้ำสะอาดแล้วจึงปล่อยน้ำนั้นลงในแหล่งน้ำต่อไป



7.3 ในสารเคมี เพื่อทำให้สิ่งสกปรกในน้ำตกตะกอน เช่น ของเสียที่ผสมอยู่ในน้ำมีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อเติมสารที่เป็นด่างลงไป จะทำให้สารเหล่านั้นมีสภาพเป็นกลาง แล้วจึงปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำต่อไป วิธีนี้จะให้มากในโรงงานทอผ้า และโรงงานทำกระดาษ เป็นต้น

7.4 การเติมอากาศ วิธีการแบบนี้ทำโดยการพ่นน้ำขึ้นไปให้เป็นฝอยในอากาศ เพื่อจะให้อากาศรวมตัวขึ้นกับน้ำมากยิ่งขึ้น หรืออาจใช้อากาศพ่นเข้าไปใต้น้ำ เพื่อจะให้จำนวนอากาศออกซิเจนในน้ำเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อจะให้พวกจุลินทรีย์เล็กๆ เพาะตัวและเจริญเติบโตในน้ำอย่างรวดเร็ว และมีจำนวนมากพอที่จะช่วยทำลายสิ่งสกปรกในน้ำได้



7.5 ทำน้ำให้เย็นเสียก่อนที่จะปล่อยลงแหล่งน้ำ โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้น้ำช่วยระบายความร้อน ดังนั้นน้ำที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม แม้ว่าบางครั้งจะไม่มีสารที่ทำให้ น้ำเน่าเสียแต่น้ำก็ยังมีอุณหภูมิสูง ถ้าปล่อยให้น้ำชนิดนี้ลงไป ในแหล่งน้ำ จะทำให้นิเวศวิทยาของสัตว์และพืชที่อาศัยอยู่ในน้ำเน่าเสียไป พืชและสัตว์บางชนิดอาจจะตายได้

7.6 ไม่สมควรเทศบาลเคมีที่มีพิษลงในน้ำ เป็นต้นว่า สารเคมีจากผงซักฟอก ยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ยาสระผม และของเสียอื่นๆ เพราะสารเคมีนี้จะไปทำลายแบคทีเรียหลายชนิด พืชและสัตว์ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่จะช่วยกำจัดสารสกปรกที่อยู่ในน้ำ

7.7 การใช้น้ำหมุนเวียน เป็นการนำเอาน้ำทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือช่วยแก้ปัญหาน้ำโสโครก โดยให้ตะกอนที่แขวนลอยมากับน้ำสกปรกตกตะกอนลงมายังบริเวณถังพักไขมันต่างๆ ที่ผสมอยู่ในน้ำจะลอยอยู่ข้างบน จากนั้นน้ำก็จะส่งไปยังถังสำหรับย่อยที่อยู่ใต้ดินในถังเหล่านี้มีแบคทีเรียจะช่วยทำให้ปฏิกิริยาการสลายตัว เมื่อปฏิกิริยาหมดแล้ว น้ำนั้นก็ส่งไปตามท่อลงสู่ทะเลต่อไป

#### อ้างอิง :

- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2535). **ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- ณรงค์ ณ เชียงใหม่. (2525). **มลพิษสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. (2525). **แหล่งน้ำกับมลภาวะ**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ริเรืองรอง รัตนวิไลสกุล. (2542). **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เรณู หอมหวาน. (2537). **การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ**. กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิโรจน์ เอี่ยมเจริญ. (2553). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานภูมิศาสตร์ ม.3**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์ จำกัด.
- สถาบันกวดวิชาติวเตอร์พอยท์. (2557). **สรุปสังคม มัธยมปลาย**. กรุงเทพฯ : กรีนไลฟ์ พรินติ้งเฮาส์.
- สุธีลา ตุลยะเสถียร และคณะ. (2548). **มลพิษทางสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: รวมสาส์น.
- อำนาจ เจริญศิลป์. (2543). **การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม = Management of natural Resources and Environment**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.



แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

**ชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้ สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถการคิดเชิงระบบ เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ใน 4 ด้าน คือ 1) การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ 2) พิจารณาองค์ประกอบย่อย 3) คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ 4) สร้างวงจรย้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น

2. แบบทดสอบฉบับนี้มีลักษณะ เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 40 นาที

3. ให้นักเรียนอ่านกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่อง ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ



อ่านกรณีตัวอย่างต่อไปนี้ และตอบคำถามข้อ 1-5

### สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐฯ เตือนรัฐแคลิฟอร์เนียถึงการจัดการมลพิษทางน้ำที่ล้นหลาม

ในจดหมายเมื่อวันพฤหัสบดีที่ผ่านมา สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม กล่าวว่า น้ำดื่มที่ประชากรจำนวนมากกว่า 8 แสนคนใช้บริโภคอยู่นั้นมีอันตรายเนื่องจากมลพิษทางน้ำ สาเหตุเบื้องต้นคาดว่าเกิดจากการเพิ่มจำนวนของประชากรชาวไร่บ้าน

สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐฯ ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในแคลิฟอร์เนียรวมถึงเมืองใหญ่ ๆ เช่น ลอสแอนเจลิสและซานฟรานซิสโก จำนวนของประชากรชาวไร่บ้านที่เพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงกับสิ่งแวดล้อม

นายแอนดรูว์ วิลเลอร์ (Andrew Wheeler) ผู้อำนวยการสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐฯ ได้กล่าวไว้ในจดหมายและยังระบุในรายงานเกี่ยวกับพวกชาวไร่บ้านที่มีกัมมฤทธิกรรมขับถ่ายอุจจาระบนทางเท้าโดยไม่รู้สึกละอายต่อการกระทำเช่นนี้เลย

สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐฯ ประมาณการว่าน้ำดื่มที่ประชาชนมากกว่า 8 แสนกำลังดื่มอยู่มีความเสี่ยงด้านความสะอาด และจดหมายฉบับนี้ได้ถูกส่งไปยังรัฐบาลของ นายกาวิ้น นิวซัม (Gavin Newsom) โดยมีใจความระบุว่า ระบบน้ำในเมืองแคลิฟอร์เนียจำนวน 202 ระบบ ไม่ผ่านมาตรฐานทางสุขภาพถึง 665 เท่าในช่วง ไตรมาสที่ผ่านมา

จากข้อมูลและรายงานของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐฯ มีความกังวลว่ารัฐไม่สามารถใช้กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของแคลิฟอร์เนียได้ตามที่กำหนดได้ โดยความเสียหายนี้จะถูกชดใช้ด้วยการที่ประชาชนในแคลิฟอร์เนียจะต้องจ่ายเงินเพื่อรักษาสุขภาพของตนเองจากการได้รับผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐฯ ให้เวลาภายใน 30 วัน จะต้องมีการชี้แจงจากแคลิฟอร์เนียว่าจะมีการแก้ไขปัญหาอย่างไร โดยได้ขอให้เจ้าหน้าที่คิดหาหนทางในการแก้ไขไว้โดยที่อาจจะสามารถทำได้ทันทีโดยตรง และโดยที่ไม่ต้องเสนอเป็นลายลักษณ์อักษรไว้อีกทางหนึ่งด้วย

สุดท้าย ผู้อำนวยการสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐฯ กล่าวว่า พวกเขามีความสามารถและได้รับการสนับสนุนทางการเงินอย่างดี และหวังว่าพวกเขาจะสามารถทำตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่รัฐบาลกลางกำหนดได้ที่มา : แพลและเรียบเรียงจาก <https://www.usnews.com/news/national-news/articles/2019-09-26/>

1. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นเป็นสภาพปัญหามลพิษประเภทใด (การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์)

- ก. มลพิษทางดิน
- ข. มลพิษทางน้ำ
- ค. มลพิษทางอากาศ
- ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย

2. ข้อใดเป็นสาเหตุองค์ประกอบที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษตามกรณีตัวอย่างข้างต้นมากที่สุด (พิจารณาองค์ประกอบย่อย)

- ก. โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ
- ข. การขาดจิตสำนึกของผู้ประกอบการธุรกิจการท่องเที่ยว
- ค. การทิ้งขยะติดเชื้อจากสถานพยาบาลลงสู่แหล่งน้ำ
- ง. การดำเนินชีวิตของประชาชนที่ขาดจิตสำนึก

3. กรณีตัวอย่างปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในข้อใดมากที่สุด (คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ)

- ก. ทักษะสุขภาพถูกทำลาย
- ข. เกิดเชื้อโรคและโรคระบาดหลายชนิด
- ค. ไม่สามารถนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค
- ง. สัตว์น้ำตาย ส่งผลกระทบต่อผู้ที่ประกอบอาชีพประมง

4. มาตรการข้อใด เป็นการแก้ไขปัญหาและป้องกันการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของกรณีตัวอย่างที่ประชาชนทุกภาคส่วนควรให้ความร่วมมือ (สร้างวงจรย้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น)

- ก. การปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม
- ข. การร่วมกันก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียในชุมชน
- ค. การจ่ายเงินเพื่อรักษาสุขภาพของตนเองให้แข็งแรง
- ง. การใช้ธรรมชาติโดยสร้างบ่อดิน และมีการปลูกพืชประเภทผักตบชวา



5. นักเรียนจะมีแนวทางใดในการแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมที่สุด (สร้างวงจรป้อนกลับของระบบมาอย่างจุดเริ่มต้น)

- ก. ควบคุมจำนวนประชากร
- ข. จัดสร้างเครื่องกลเติมอากาศ
- ค. จัดโครงการให้ความรู้กับชาวบ้าน
- ง. ออกกฎหมายควบคุมโรงงานในการปล่อยน้ำเสีย

อ่านกรณีตัวอย่างต่อไปนี้ และตอบคำถามข้อ 6-10

### ปฏิภานานาชาติทวงคืนอากาศบริสุทธิ์ ในวันที่โลกต้องเผชิญวิกฤตมลพิษขั้นสุด

3 ล้านราย/ปี คือสถิติที่องค์การอนามัยโลก (WHO) ประเมินตัวเลขผู้เสียชีวิตทั่วโลกจากปัญหาฝุ่นควันและมลพิษนอกบ้าน ขณะที่ผลสำรวจจาก The Lancet วารสารทางการแพทย์ ชี้ว่า มีผู้เสียชีวิตจากปัญหามลภาวะในปี 2015 อยู่ที่ 9 ล้านคน ในจำนวนนี้ผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่อยู่ในประเทศยากจน เช่น บังกลาเทศ โชมเลีย ขณะที่บรูไน สวีเดน มียอดผู้เสียชีวิตจากปัญหานี้ต่ำที่สุด

ปัญหาฝุ่นควัน ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในประเทศยากจนหรือประเทศกำลังพัฒนาที่มักเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม แต่ยังมีกับประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น อังกฤษ สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก อิตาลี และอื่นๆ รวมทั้งประเทศที่มีประชากรหนาแน่นอย่างจีนและอินเดีย

สาเหตุหลักมาจากฝุ่นละอองในอากาศ ทั้งจากควันรถบนท้องถนน โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องแปลงเชื้อเพลิงเป็นพลังงาน เช่น โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป และโรงงานไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิล ทั้งหมดนี้เป็นเหตุให้เกิดภาวะโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง มะเร็งปอด ปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) สมองเสื่อม และอื่นๆ

นอกจากควันพิษในอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม ยังมีสาเหตุการตายอื่นๆ ที่เกิดจากการปนเปื้อนสารเคมีในอาหาร ภาชนะที่ใช้ และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดภายในบ้าน เช่น น้ำยาซักผ้า สเปรย์ ซึ่งมีสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound: VOC) เป็นตัวการหนึ่งในการปลดปล่อยมลพิษ เทียบเท่ากับที่รถยนต์บนท้องถนนปล่อยควันพิษออกมา นอกจากนี้ งานวิจัยจาก WHO ระบุว่า ยังมีผู้คนอีก 1.8 ล้านคน/ปี เสียชีวิตเนื่องจากท้องร่วง เพราะบริโภคน้ำไม่สะอาด

วิกฤตมลภาวะทางอากาศ นับเป็นวิกฤตที่ทั่วโลกต่างให้ความสนใจและออกมาตราการเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหา หลายประเทศมีแคมเปญรณรงค์ตั้งแต่ลดการใช้รถยนต์ชั่วคราว ตั้งเป้าเป็นเมืองปลอดรถถาวร กระทั่งประเทศจีนก็มีการประกาศต่อสู้กับมลพิษ ด้วยการชุนโยบายฟังกพลังงานสะอาด และถึงขั้นจำกัดจำนวนประชากรในเมืองใหญ่ ที่มา : <https://greennews.agency/?p=16436>

6. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นเป็นสภาพปัญหามลพิษประเภทใด (การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์)

- ก. มลพิษทางดิน
- ข. มลพิษทางน้ำ
- ค. มลพิษทางอากาศ
- ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย

7. ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษในกรณีตัวอย่างข้างต้น (พิจารณาองค์ประกอบย่อย)

- ก. การขนส่งคมนาคม
- ข. โรงงานอุตสาหกรรม
- ค. การกำจัดขยะของใช้ของประชาชน
- ง. สารอินทรีย์ระเหยง่ายของวัตถุเคมีภัณฑ์

8. กรณีตัวอย่างทางปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสุขอนามัยในข้อใด (คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ)

- ก. มะเร็งปอด
- ข. ภาวะโรคหัวใจ
- ค. โรคหลอดเลือดสมอง
- ง. ผิวหนังอักเสบ เกิดผื่นคัน

9. จากกรณีตัวอย่างดังกล่าว ส่งผลตามกลับมาในข้อใดที่ร้ายแรงมากที่สุด (สร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น)

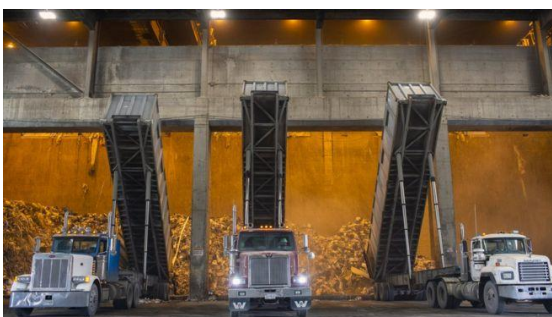
- ก. เกิดโรคเรื้อรังต่อระบบทางเดินหายใจเนื่องจากอากาศไม่บริสุทธิ์
- ข. มนุษย์ขาดอาหาร เนื่องจากต้นไม้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้
- ค. สิ่งมีชีวิตล้มตายเนื่องจากปัญหาฝุ่นควันและมลพิษนอกบ้าน
- ง. เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง เนื่องจากทัศนียภาพไม่ชัดเจน

10. มาตรการข้อใด ไม่ใช่การกระทำที่เป็นการแก้ไขปัญหาและป้องกันการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของกรณีตัวอย่างข้างต้น (สร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น)

- ก. พัฒนาพลังงานสะอาด
- ข. ลดการใช้รถยนต์ชั่วคราว
- ค. รณรงค์ปลูกป่า เพิ่มพื้นที่สีเขียว
- ง. จำกัดจำนวนประชากรในเมืองใหญ่

อ่านกรณีตัวอย่างต่อไปนี้ และตอบคำถามข้อ 11-15

### สหรัฐอเมริกาติดลำดับในวิกฤตการณ์ขยะโลก



โลกของเราผลิตขยะมากกว่า 2 ล้านล้านตันในทุก ๆ ปี ซึ่งขยะจำนวนนี้สามารถใส่สระว่ายน้ำขนาดมาตรฐานโอลิมปิกได้ถึง 8 แสนสระว่ายน้ำ เมื่อเทียบกับจำนวนประชากรต่อหัวทั่วโลก ประชากรชาวอเมริกันถือว่าแย่ที่สุด เพราะชาวอเมริกันผลิตขยะมากกว่าประชากรโลกถึง 3 เท่าทั้งขยะพลาสติกและอาหาร เมื่อพูดถึงการนำไปรีไซเคิล ประเทศสหรัฐอเมริกาสามารถรีไซเคิลได้แค่ 35% ของขยะทั้งหมด ซึ่งน้อยกว่าประเทศอื่นๆในโลก ส่วนประเทศที่ทรงพลังด้านการรีไซเคิลมากที่สุดคือ เยอรมัน ซึ่งสามารถรีไซเคิลได้มากถึง 68 %

จากการวิเคราะห์และวิจัยโดย เวอร์ริสค์ มาเปิ้ลคร็อฟ (Verisk Maplecroft) นักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญด้านความเสี่ยงของโลก พบว่าพลเมืองของสหรัฐ สร้างขยะ 773 กิโลกรัมต่อคนต่อปี หรือประมาณ 12% ของขยะทั่วโลก เทียบเป็น 3 เท่าของครอบครัวคนจีนและมากกว่าประชากรของเอธิโอเปีย ส่วนประเทศทางยุโรปประกอบไปด้วย เนเธอร์แลนด์ สวิสเซอร์แลนด์ ฝรั่งเศส และเยอรมัน ผลิตประมาณ 482 กิโลกรัมต่อคนต่อปี

สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่พัฒนาแล้วเพียงแห่งเดียวที่มีการสร้างของเสียที่เกินความสามารถในการรีไซเคิล นอกจากนี้ยังมีความคิดเห็นจากผู้ร่วมศึกษา โดย เนลล์ สมิธ (Niall Smith) กล่าวว่า สหรัฐฯจัดการเรื่องนี้ไม่ตรงกับที่ความสัมพันธ์ของการสร้างขยะกับการรีไซเคิลไม่สัมพันธ์กัน และเมื่อเปรียบเทียบรายได้กับสิ่งที่เกิดขึ้น พบว่าไม่ได้แสดงให้เห็นว่าคนที่มียาได้ดี ไม่ได้มีความตระหนักถึงเรื่องสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นเลยและเมื่อพูดถึงการรีไซเคิลขยะของสหรัฐอเมริกาพบว่า ปัญหาเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการเมืองและโครงสร้างพื้นฐาน

เวริสก์ เมเปิ้ลครอฟท์ (Verisk Mapelcroft) กล่าวว่า คุณจะเห็นได้จากการสำรวจแล้วว่า โครงสร้างพื้นฐานของสหรัฐฯ ไม่ได้มีการเตรียมพร้อมในเรื่องของการรีไซเคิล นอกจากนี้ ขยะจากอเมริกาจำนวนมากมันไม่สามารถส่งออกยังประเทศจีนเพื่อเผาทิ้งได้ เพราะไม่ได้มีการลงทุนไว้ก่อนหน้านี้

การปฏิเสศการนำเข้าขยะของประเทศต่างๆไม่ว่าจะเป็นจีน ไทย เวียดนาม มาเลเซีย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับโลก และประเทศอย่างฟิลิปปินส์ก็มีความตึงเครียดเกี่ยวกับการตีกลับตู้คอนเทนเนอร์ขนขยะมากกว่า 69 ตู้กลับไปยังประเทศแคนาดา หลังจากการเปลี่ยนแปลงกฎการนำเข้าขยะ วิลล์ นิโคลส์ (Will Nichols) ได้กล่าวว่า ประเทศทางเอเชียไม่ต้องการเป็นพื้นที่ทิ้งขยะของโลกอีกต่อไป

รายงานของเวริสก์ (Verisk) กล่าวไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงครั้งนี้อาจจะทำให้เกิดปัญหาตามมา โดยเฉพาะเรื่องของธุรกิจต่างๆในสหรัฐอเมริกา เวริสก์ (Verisk) คาดหวังว่าทางรัฐบาลจะแก้ปัญหาขยะโดยเรียกเก็บเงินจากภาคธุรกิจเอกชน

ที่มา : [https:// https://www.bbc.com/news/science-environment](https://www.bbc.com/news/science-environment)

11. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นเป็นสภาพปัญหามลพิษประเภทใด (การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์)

- ก. มลพิษทางดิน
- ข. มลพิษทางน้ำ
- ค. มลพิษทางอากาศ
- ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย

12. ข้อใดเป็นสาเหตุองค์ประกอบที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษตามกรณีตัวอย่างข้างต้นมากที่สุด (พิจารณาองค์ประกอบย่อย)

- ก. การเผาทำลายสิ่งปฏิกูล
- ข. วัสดุในการผลิตไม่ได้มาตรฐาน
- ค. พฤติกรรมการบริโภคนิยมของประชากร
- ง. ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

13. ข้อใด ไม่ใช่ผลกระทบที่ตามมาของกรณีตัวอย่างปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น (คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ)

- ก. เกิดมลพิษทางอากาศ
- ข. ขาดที่ดินในการอยู่อาศัย
- ค. ภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้น
- ง. ดินบริเวณแหล่งทิ้งขยะมีสารเคมีปนเปื้อน

14. แนวทางการแก้ปัญหาข้อใดแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมที่สุด (สร้างวงจรป้อนกลับของระบบมาอย่างจุดเริ่มต้น)

- ก. ใช้กฎหมายควบคุม
- ข. ยึดหลักการ Recycle
- ค. จัดสรรที่ดินในการกำจัดขยะ
- ง. ติดตั้งตาข่ายดักขยะบริเวณปลายท่อน้ำทิ้ง

15. ถ้านักเรียนเป็นชาวอเมริกัน นักเรียนจะมีแนวทางใดในการแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมที่สุด (สร้างวงจรป้อนกลับของระบบมาอย่างจุดเริ่มต้น)

- ก. ควบคุมการบริโภคของตนเอง
- ข. ปฏิบัติตามหลักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม 7 R
- ค. สนับสนุนการส่งออกขยะไปยังประเทศจีนเพื่อเผาทำลาย
- ง. ระดมเงินทุนในการจัดการขยะโดยเรียกเก็บเงินจากภาคธุรกิจเอกชน

อ่านกรณีตัวอย่างต่อไปนี้ และตอบคำถามข้อ 16-20

มลพิษในดินเกิดจากการปนเปื้อนของสารเคมีและมลพิษต่างๆ ในปริมาณที่สูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อทั้งพืช สัตว์ มนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันมลพิษในดินทำให้พื้นที่การเกษตรหลายแห่งในหลายประเทศประสบกับปัญหาหน้าดินแตกระแหง ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุไม่ว่าจะเป็นการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงในการเกษตร การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสู่ผิวดิน การรั่วซึมของสารเคมีจากการฝังกลบขยะ การรั่วไหลของน้ำมันจากยานพาหนะและเครื่องจักรกลการเกษตร การรั่วไหลของกัมมันตภาพรังสี และสภาวะฝนกรด ภาวะการณ์ต่างๆ เหล่านี้ส่งผลให้ดินมีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน ทำให้ดินขาดธาตุอาหารและไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก



มลพิษในดินที่เกิดขึ้นนั้น นอกจากจะส่งผลกระทบต่อการทำเกษตรกรรมแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

#### ผลกระทบต่อมนุษย์

สารเคมีปนเปื้อนที่ตกค้างในดินสามารถถ่ายทอดสู่มนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งสารเคมีปนเปื้อนเหล่านี้หากสะสมในร่างกายในปริมาณหนึ่งจะเป็นสาเหตุของโรคร้ายแรงต่างๆ อย่างมะเร็งได้ การสัมผัสดินที่มีสารเคมีปนเปื้อนตกค้างอย่างเบนซินและพอลิคลอริเนตไบฟีนิลเป็นประจำ อาจมีความเสี่ยงทำให้เกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวและมะเร็งตับได้ ผลกระทบจากมลพิษในดินยังสามารถถ่ายทอดสู่มนุษย์ได้ทางอ้อมแม้ว่าเราจะได้สัมผัสกับดินโดยตรง ซึ่งเกิดจากการใช้ดินที่มีสารเคมีหรือ โลหะหนักปนเปื้อนในการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร พืชจะดูดซับสารเคมีและโลหะหนักเหล่านั้นมาเก็บไว้ เมื่อนำพืชผลทางการเกษตรเหล่านั้นมาบริโภคก็จะทำให้สารเคมีและโลหะหนักเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกาย สารโลหะหนักส่วนใหญ่ที่พบตกค้างอยู่ในดินและก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ ได้แก่ สารตะกั่วและสารปรอท สารสองตัวนี้หากสะสมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากจะก่อให้เกิดอันตรายต่อตับและไต



### ผลกระทบต่อสัตว์

สารเคมีปนเปื้อนที่ตกค้างในดินทำให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่มีลำตัวเป็นข้อปล้อง (arthropods) และจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารในธรรมชาติ ทำให้ห่วงจรห่วงโซ่อาหารถูกทำลาย ผู้ผลิตไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ผู้บริโภคในแต่ละลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหารขาดแหล่งอาหาร เป็นสาเหตุการตายและการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหารในที่สุด

### ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สารเคมีที่ตกค้างและปนเปื้อนอยู่ในดินนั้น สามารถก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและน้ำได้ การเกิดมลพิษทางอากาศจากสารเคมีที่ตกค้างในดินเกิดจากการระเหยตัวของสารประกอบต่างๆ เช่น ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งสารสองชนิดนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก นอกจากนี้การระเหยของสารประกอบซัลเฟอร์ยังก่อให้เกิดภาวะฝนกรดซึ่งเมื่อตกลงสู่พื้นดินจะทำให้พื้นที่อุดมสมบูรณ์ได้รับผลกระทบทางด้านเคมี มีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรด้อยคุณภาพลง การเกิดมลพิษทางน้ำจากสารเคมีจำพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดิน หากสารสองชนิดนี้มีในปริมาณมากเกินไปและถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำซึ่งทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้มากกว่าปกติ ส่งผลให้พืชน้ำขาดออกซิเจนและตายในที่สุด เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศในน้ำ สารปนเปื้อนในดินยังส่งผลให้สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนแปลงไปจนเป็นสาเหตุทำให้ต้นไม้ยืนต้นตาย

ปัญหามลพิษในดินนั้น เป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมนุษย์ต้องพึ่งพาอาศัยดินในการเพาะปลูก มีการคาดการณ์ว่าในอีก 40 ปีข้างหน้า ประชากรมนุษย์จะเพิ่มมากขึ้นอีกราว 2 พันล้านคน จึงจำเป็นที่จะต้องเพิ่มปริมาณผลผลิตทางการเกษตรอย่างน้อยประมาณ 40% ให้เพียงพอต่อประชากรที่เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากพื้นที่การเกษตรที่อุดมสมบูรณ์และเหมาะสมแก่การเพาะปลูกนั้นเหลืออยู่ประมาณ 11 % บนพื้นผิวโลกเท่านั้น ดังนั้นเราจึงควรให้ความสำคัญในการอนุรักษ์ดินและหันมาทำการเกษตรแบบยั่งยืนเพื่อลดการเกิดมลพิษทางดิน

ที่มา : บทความเรื่อง Soil Pollution <http://www.everythingconnects.org/soil-pollution.html>

16. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นเป็นสภาพปัญหามลพิษประเภทใด (การคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์)

- ก. มลพิษทางดิน
- ข. มลพิษทางน้ำ
- ค. มลพิษทางอากาศ
- ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย

17. ข้อไม่ใช่องค์ประกอบของสาเหตุที่สำคัญ ต่อการเกิดปัญหามลพิษในกรณีตัวอย่างข้างต้น (พิจารณาองค์ประกอบย่อย)

- ก. การใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงในการเกษตร
- ข. การรั่วซึมของสารเคมีจากการฝังกลบขยะ
- ค. การทำไร่เลื่อนลอย
- ง. สภาวะฝนกรด

18. กรณีตัวอย่างทางปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบในข้อใดมากที่สุด (คิดย้อนกลับเรื่องราวการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ)

- ก. ขาดแคลนแหล่งน้ำจืดในการบริโภค
- ข. ประชากรไม่มีพื้นที่อยู่อาศัย
- ค. การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต
- ง. สภาวะอากาศเป็นพิษ

19. ข้อใดเป็นผลกระทบต่อมนุษย์ในทางอ้อมของกรณีตัวอย่างทางปัญหามลพิษดังกล่าว (สร้างวงจรย้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น)

- ก. สุขภาพอ่อนแอจากการบริโภคพืชผลทางการเกษตรที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อน
- ข. พืชน้ำขาดออกซิเจนและตายในที่สุด เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศในน้ำ
- ค. การทำเกษตรกรรมได้ผลผลิตลดลงไปจากเดิม
- ง. ทรัพยากรดินเกิดความเป็นกรด-ด่าง

20. แนวทางใดเป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมที่สุด  
(สร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น)

- ก. จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและปลูกไม้ยืนต้นปกคลุมดินบนคันนา
- ข. จัดการผันน้ำสะอาดเข้าสู่พื้นที่ ทำการแช่ทิ้งไว้และระบายน้ำออก
- ค. การใช้สารเคมีปรับสภาพธาตุอาหารของทรัพยากรดิน
- ง. การขุดเจาะนำน้ำใต้ดินที่เค็มมาระบายทิ้งลงแม่น้ำ

1. ข 2. ง 3. ค 4. ก 5. ค 6. ค 7. ค 8. ง 9. ค 10. ค  
11. ง 12. ค 13. ข 14. ข 15. ข 16. ก 17. ค 18. ค 19. ก 20. ก



**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อวัดผลการเรียนรู้ มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก
2. แบบทดสอบฉบับนี้มีลักษณะ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ
3. ให้นักเรียนตอบคำถาม โดยให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

**มลพิษทางน้ำ**

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. นักเรียนสามารถอธิบายสภาพปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถอภิปรายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสม
4. นักเรียนสามารถระบุความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างถูกต้อง

**ตัวชี้วัด**

- ม.3/3 สืบค้น อภิปรายประเด็นปัญหา จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางกายภาพกับมนุษย์ที่เกิดขึ้น ในทวีปอเมริกาเหนือ และทวีปอเมริกาใต้
- ม.3/4 วิเคราะห์แนวทาง การจัดการภัยพิบัติ และการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ในทวีปอเมริกาเหนือ และ ทวีปอเมริกาใต้ อย่างยั่งยืน
- ม.3/5 ระบุความร่วมมือระหว่างประเทศ ที่มีผลต่อการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

1. ข้อใดไม่ใช่ปัญหามลพิษทางน้ำ (เข้าใจ)
  - ก. น้ำมีอุณหภูมิสูงตามธรรมชาติ
  - ข. น้ำมีเชื้อแบคทีเรียและไวรัสปนเปื้อน
  - ค. น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ
  - ง. น้ำมีตะกอนดินและทรายเจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก
2. ข้อใด คือกิจกรรมที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษทางน้ำมากที่สุด (วิเคราะห์)
  - ก. การเลี้ยงโคนม
  - ข. การทำประมงพื้นบ้าน
  - ค. การบุกรุกตัดไม้ทำลายป่า
  - ง. การทำกิจการโรงงานฟอกย้อม
3. ข้อใดเป็นสาเหตุที่ทำให้ประเทศบราซิลประสบปัญหามลพิษทางน้ำ (วิเคราะห์)
  - ก. การตัดไม้ทำลายป่า
  - ข. การฉีดยาปราบศัตรูพืช
  - ค. การทิ้งขยะลงท่อบายน้ำ
  - ง. การทำฟาร์มปศุสัตว์ใกล้แม่น้ำ
4. ข้อใดเป็นผลกระทบจากมลพิษทางน้ำที่ส่งผลต่อทรัพยากรสัตว์ป่า (เข้าใจ)
  - ก. เกิดปัญหาต้นไม้ในป่าล้มตาย
  - ข. เกิดปัญหาโรคระบาดจากเชื้อโรค
  - ค. เกิดปัญหาการขยายพันธุ์ของสัตว์ป่า
  - ง. ป่าเกิดปัญหาขาดแคลนแหล่งที่อยู่อาศัย
5. ข้อใด คือ ปัญหามลพิษทางน้ำที่มีผลกระทบต่อตัวประชาชนในป่านามากที่สุด (วิเคราะห์)
  - ก. เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและโรคระบาดหลายชนิด
  - ข. สถานที่ท่องเที่ยวและพักผ่อนหย่อนใจริมแหล่งน้ำถูกทำลาย
  - ค. แหล่งน้ำเสื่อมคุณภาพ ทำให้สัตว์น้ำตาย การประมงได้รับผลกระทบ
  - ง. การสูญเสียการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ เกิดอันตรายต่อการอุปโภคบริโภค
6. ข้อใด คือ การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำที่เหมาะสมมากที่สุด (จำ)
  - ก. ปลุกจิตสำนึกให้ความรู้การใช้ทรัพยากรน้ำ
  - ข. คุ้มครอง ป้องกัน บำรุง รักษาทรัพยากรน้ำ
  - ค. การกำหนดระยะห่างการตั้งโรงงานกับแหล่งน้ำ
  - ง. การกำหนดเขตพื้นที่แหล่งน้ำสำหรับใช้และห้ามใช้

7. ข้อใดคือแนวทางในการนำมาใช้แก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำได้อย่างเหมาะสมที่สุด (วิเคราะห์)
- ติดตั้งเครื่องกลเติมอากาศ
  - ไม่ทิ้งขยะและของเสียอันตรายลงสู่แหล่งน้ำ
  - สร้างมาตรการการขนส่งทางน้ำที่มีมาตรฐาน
  - ออกกฎหมายควบคุมโรงงานในการปล่อยน้ำเสีย
8. การจัดโครงการปลูกป่าและอนุรักษ์ป่าไม้บนพื้นที่สูง ถือว่าเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรทางน้ำหรือไม่ เพราะเหตุใด (ประเมินค่า)
- เป็น เพราะ แหล่งน้ำมีต้นกำเนิดเกิดจากบริเวณภูเขา
  - เป็น เพราะ ป่าไม้ช่วยดูดซับสารพิษที่ตกค้างตามบริเวณพื้นที่ต่างๆ
  - ไม่เป็น เพราะ ทรัพยากรน้ำเกิดจากน้ำบาดาล
  - ไม่เป็น เพราะ ทรัพยากรป่าไม้ไม่ได้มีผลต่อทรัพยากรทางน้ำ

### มลพิษทางอากาศ

#### วัตถุประสงค์

- นักเรียนสามารถอภิปรายประเด็นปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
- นักเรียนสามารถวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
- นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศได้อย่างเหมาะสม

#### ตัวชี้วัด

ม.3/3 สืบค้น อภิปรายประเด็นปัญหา จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางกายภาพกับมนุษย์ที่เกิดขึ้น ในทวีปอเมริกาเหนือ และทวีปอเมริกาใต้

ม.3/4 วิเคราะห์แนวทาง การจัดการภัยพิบัติ และการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ในทวีปอเมริกาเหนือ และ ทวีปอเมริกาใต้ อย่างยั่งยืน

9. ข้อใดเป็นกิจกรรมของมนุษย์ ที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ (เข้าใจ)

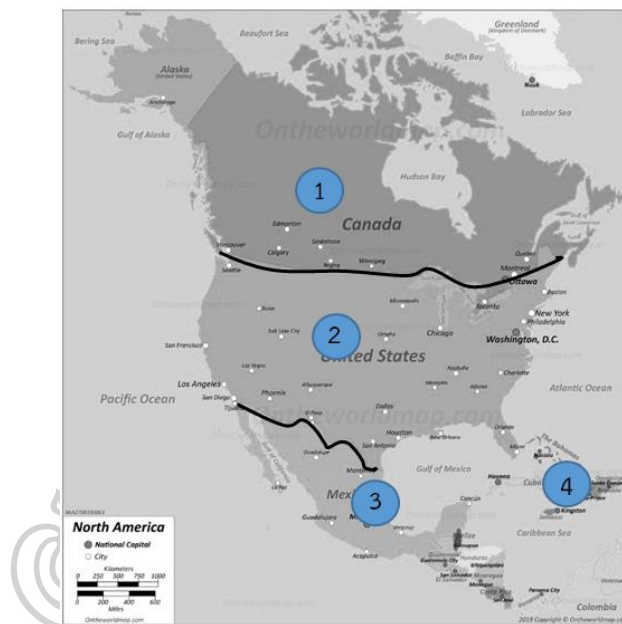
- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| ก. การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง | ข. โรงงานไฟฟ้าพลังน้ำ |
| ค. การระเบิดภูเขา     | ง. การเผาไร่          |



10. ข้อใด คือสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ทวีปอเมริกาเหนือเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ (วิเคราะห์)

- ก. โรงงานและยานพาหนะ
- ข. การทดลองอาวุธนิวเคลียร์
- ค. การใช้สารเคมีในการทำการเกษตร
- ง. ไฟป่าและการกำจัดขยะของใช้ของประชาชน

11. บริเวณหมายเลขใด ในทวีปอเมริกาเหนือเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศมากที่สุด (วิเคราะห์)



- ก. หมายเลข 1 บริเวณประเทศแคนาดา
- ข. หมายเลข 2 บริเวณประเทศสหรัฐอเมริกา
- ค. หมายเลข 3 บริเวณประเทศเม็กซิโกและอเมริกากลาง
- ง. หมายเลข 4 บริเวณหมู่เกาะในทะเลแคริบเบียน

12. ข้อใดไม่ใช่ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางสภาพภูมิอากาศของทวีปอเมริกาเหนือต่อประเทศไทย (เข้าใจ)

- ก. การเพิ่มต้นทุนราคาสินค้าของไทย
- ข. การกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม
- ค. สินค้าและเทคโนโลยีนำเข้ามามีราคาสูงขึ้น
- ง. สินค้าและเทคโนโลยีที่ส่งออกจากไทยมีราคาสูงขึ้น

13. การเกิดปัญหามลพิษทางอากาศส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของชาวอเมริกันในเรื่องใดมากที่สุด (วิเคราะห์)

- ก. เกิดฝนกรด ทำลายต้นไม้
- ข. สูญเสียทัศนียภาพอันสวยงาม
- ค. เกิดโรคเรื้อรังต่อระบบทางเดินหายใจ
- ง. พื้นที่ของอาคารถูกฝุ่นจับเป็นคราบดำ

14. ข้อใด คือ การแก้ปัญหามลพิษทางอากาศที่ไม่ถูกต้องที่สุด (จำ)

- ก. กำจัดวัชพืชที่ทำลายต้นไม้ใหญ่ด้วยการใช้สารเคมี
- ข. ภาครัฐควบคุมการปล่อยของเสียจากโรงงาน
- ค. ติดตาม ผู้ปล่อยก๊าซมลพิษ
- ง. การใช้พลังงานหมุนเวียนแทนน้ำมัน

15. ข้อใด คือ แนวทางแก้ปัญหามลพิษทางอากาศที่เหมาะสมที่สุด (วิเคราะห์)

- ก. สร้างรถไฟฟ้า
- ข. ใช้รถโดยสารสาธารณะ
- ค. เข้าร่วมโครงการปลูกป่า
- ง. ให้ความรู้การจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ

16. การใช้ยานพาหนะที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และทำความสะอาดเครื่องยนต์อยู่เสมอ เป็นการกระทำที่ช่วยลดการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้หรือไม่ อย่างไร (ประเมิน)

- ก. ได้ เนื่องจาก การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบูรณ์จะปล่อยสารเจือปนในปริมาณที่น้อยลง
- ข. ได้ เนื่องจาก การที่เครื่องยนต์สะอาดตลอดเวลาทำให้มีความเร็วในการขับเคลื่อน
- ค. ไม่ได้ เนื่องจาก การใช้เครื่องยนต์ในรูปแบบใดก็ตาม ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษตามมา
- ง. ไม่ได้ เนื่องจาก ปริมาณการใช้ยานพาหนะมีมาก ทำให้สารเจือปนมีมากเช่นกัน

## มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

### วัตถุประสงค์

1. นักเรียนสามารถอภิปรายประเด็นปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายจากการปฏิสัมพันธ์ที่มนุษย์กระทำในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถอธิบายสาเหตุและผลกระทบของปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายได้อย่างเหมาะสม
4. นักเรียนสามารถระบุความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายได้อย่างถูกต้อง

### ตัวชี้วัด

- ม.3/3 สืบค้น อภิปรายประเด็นปัญหา จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางกายภาพกับมนุษย์ที่เกิดขึ้น ในทวีปอเมริกาเหนือ และทวีปอเมริกาใต้
- ม.3/4 วิเคราะห์แนวทาง การจัดการภัยพิบัติ และการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือ และ ทวีปอเมริกาใต้ อย่างยั่งยืน
- ม.3/5 ระบุความร่วมมือระหว่างประเทศ ที่มีผลต่อการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม
17. ข้อใด มีความหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย (เข้าใจ)
- ก. ของเหลือใช้ที่นำมาแปรรูป
  - ข. สิ่งของที่ชำรุดและรอการซ่อม
  - ค. ของเหลือทิ้ง วัสดุที่ไม่ได้ใช้ และใช้ไม่ได้แล้ว
  - ง. เศษสิ่งของที่ผ่านการใช้งานมาแล้วและถูกนำไปใช้ต่อ
18. ข้อใด คือ สาเหตุของการเกิดปัญหามลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายในสหรัฐอเมริกา (วิเคราะห์)
- ก. โรคระบาดทำให้สัตว์จำนวนมากล้มตาย
  - ข. การเกิดพายุเฮอริเคนพัดทำลายอาคารบ้านเรือน
  - ค. อัตราการเพิ่มของประชากรและการขยายตัวของอุตสาหกรรม
  - ง. วัสดุในการผลิตสิ่งของไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้มีอายุการใช้งานน้อย



## มลพิษทางดิน

### วัตถุประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายสภาพปัญหาหมลพิษทางดินที่ที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถอภิปรายสาเหตุและผลกระทบของปัญหาหมลพิษทางดินที่ที่เกิดขึ้นในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถวิเคราะห์แนวทางการจัดการปัญหาหมลพิษทางดินที่ได้เหมาะสม

### ตัวชี้วัด

ม.3/3 สืบค้น อภิปรายประเด็นปัญหา จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางกายภาพกับมนุษย์ที่เกิดขึ้น ในทวีปอเมริกาเหนือ และทวีปอเมริกาใต้

ม.3/4 วิเคราะห์แนวทาง การจัดการภัยพิบัติ และการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในทวีปอเมริกาเหนือ และ ทวีปอเมริกาใต้ อย่างยั่งยืน

24. ข้อใด ไม่ใช่ความหมายของปัญหาหมลพิษทางดิน (เข้าใจ)

- ก. สภาวะที่ดินที่ไม่ได้ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพเนื้อดิน
- ข. สภาวะการปนเปื้อนด้วยสารพิษในดินมากเกินไปจนจำกัด
- ค. สภาวะความสกปรกซึ่งเกิดจากการเติมหรือทิ้งสิ่งใดๆ ลงไปในดิน
- ง. สภาวะที่ดินเสื่อมคุณภาพไปจากเดิมและหรือมีสารพิษปนเปื้อนเกินขีดจำกัด

25. จากภาพที่กำหนดให้ ข้อใด คือ ปัญหาหมลพิษที่จะเกิดขึ้นมากที่สุด จากกิจกรรมในภาพ (วิเคราะห์)



- |                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| ก. มลพิษทางดิน   | ข. มลพิษทางน้ำ              |
| ค. มลพิษทางอากาศ | ง. มลพิษที่เกิดจากขยะมูลฝอย |

26. ประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาใต้ เกิดมลพิษทางดินเนื่องจากมีสารเคมีปนเปื้อนมาก เพราะสาเหตุใด (วิเคราะห์)
- ก. การพัฒนาและวิจัยทางวิทยาศาสตร์      ข. การขยายตัวทางเศรษฐกิจ  
ค. การคมนาคมขนส่ง      ง. การทำเกษตรกรรม
27. ข้อใด คือ ผลกระทบจากปัญหามลพิษทางดิน ที่มีผลต่อมนุษย์มากที่สุด (เข้าใจ)
- ก. เกิดทุพภิกขภัย ผลผลิตทางการเกษตรลดลง  
ข. ภัยแล้ง ขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรกรรม  
ค. ขาดแคลนที่ดินสำหรับเป็นที่อยู่อาศัย  
ง. พื้นที่ทะเลทรายขยายพื้นที่มากขึ้น
28. การเกิดปัญหามลพิษทางดิน มีความสัมพันธ์กับภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด (ประเมิน)
- ก. มีผล เนื่องจาก ดินช่วยดูดซับความร้อนเอาไว้ เมื่อดินเสื่อมทำให้การดูดซับความร้อนลดลง  
ข. มีผล เนื่องจาก ทำให้ทรัพยากรป่าไม้ขาดสารอาหารในการเจริญเติบโตและล้มตาย  
ค. ไม่มีผล เนื่องจาก ปัญหามลพิษทางดิน ไม่มีความสัมพันธ์กับปัญหาภาวะโลกร้อน  
ง. ไม่มีผล เนื่องจาก ภาวะโลกร้อนเกิดจากก๊าซที่ล่องลอยอยู่ในอากาศ
29. ข้อใด เป็นแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรดินที่ไม่ถูกวิธี (วิเคราะห์)
- ก. สร้างฝายบนภูเขาสำหรับกักเก็บน้ำ สร้างความชุ่มชื้น  
ข. ส่งเสริมให้มีการสำรวจและสัมปทานเหมืองแร่โลหะ  
ค. ปลูกหญ้าแฝก ลดการพังทลายของหน้าดิน  
ง. ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการทำการเกษตร
30. วิธีการใด เป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางดินได้อย่างสร้างสรรค์และเหมาะสม (คิดสร้างสรรค์)
- ก. ใช้รถไถทำการไถขุดพลิกหน้าดิน  
ข. ปล่อยน้ำท่วมขังเพื่อการชะล้างหน้าดิน  
ค. ใช้น้ำหมักรดหน้าดินและปลูกพืชตระกูลถั่ว  
ง. ใช้สารเคมีพ่นหน้าดินเพื่อบำรุงและใช้เวลาพักฟื้นไม่นาน



1. ก 2. ง 3. ก 4. ข 5. ง 6. ข 7. ข 8. ก 9. ข 10. ก  
11. ค 12. ง 13. ค 14. ก 15. ง 16. ก 17. ค 18. ค 19. ค 20. ก  
21. ค 22. ค 23. ข 24. ก 25. ก 26. ง 27. ก 28. ข 29. ข 30. ค



**แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้  
โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก**

**คำชี้แจง**

แบบสอบถามฉบับนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนเพียงช่องเดียว โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

**ตอนที่ 1** ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก จำนวน 15 ข้อ โดยมีระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ซึ่งใช้ตัวเลขระดับต่างๆ แทนความหมาย ดังนี้

- |   |             |                    |
|---|-------------|--------------------|
| 5 | หมายความว่า | เห็นด้วยมากที่สุด  |
| 4 | หมายความว่า | เห็นด้วยมาก        |
| 3 | หมายความว่า | เห็นด้วยปานกลาง    |
| 2 | หมายความว่า | เห็นด้วยน้อย       |
| 1 | หมายความว่า | เห็นด้วยน้อยที่สุด |

**ตอนที่ 2** ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการเรียนรู้ จำนวน 1 ข้อ

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
<u>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</u>					
1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยในการให้นักเรียนฝึกคิดอย่างมีขั้นตอนทำให้เกิดความสามารถการคิดเชิงระบบ					
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสถานการณ์ เป็นลำดับและช่วยให้คิดเชื่อมโยงต่อเนื่อง					
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาองค์ประกอบย่อยของเรื่องราว และคิดย้อนกลับเรื่องราวของสถานการณ์					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถคิดป้อนกลับเรื่องราวและการเชื่อมต่อบetween ส่วนต่าง ๆ					
5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้นเป็นโครงสร้างทางความคิดของตนเอง					
6. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ในสิ่งที่ตนสนใจ					
7. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึกส่งเสริมให้นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบและตัดสินใจร่วมกันกับผู้อื่น					
8. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจที่คงทน ได้ความรู้ที่ถูกต้องจากการร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์					
<b>ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้</b>					
9. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับนักเรียน					
10. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู					
11. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
12. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนานและมีความสุข					
ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ 13. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ช่วยให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังข้อคำถาม ข้อวิพากษ์วิจารณ์ต่าง ๆ					
14. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาสังคมศึกษาได้ดี					
15. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบตกผลึก ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					

ตอนที่ 2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ง รูปภาพประกอบการวิจัย





## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ธนนต์ นิยมญาติ
วัน เดือน ปี เกิด	16 มีนาคม 2535
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2547 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนตรุณาราชบุรี พ.ศ.2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์ จังหวัดราชบุรี พ.ศ.2558 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเอกสังคมศึกษา คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม
ที่อยู่ปัจจุบัน	35/15 หมู่ที่ 5 ตำบลบ้านหม้อ อำเภอเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี
ผลงานตีพิมพ์	บทความวิจัย เรื่อง "ความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างความสามารถการ คิดเชิงระบบ ในรายวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น"ในวารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 (มกราคม 2565-มิถุนายน 2565)

